物理星空

高中物理
题型全练一本通
必修第一册

拔高首选 强效提分

学生讲义册



目录

第一讲：描述质点运动——1 6

考点一：质点 6

题型一：条件判断 6

考点二：参考系 6

题型一：概念辨析 7

题型二：相对运动分析 7

考点三：时间与时刻 8

题型一：概念辨析 9

题型二：时间与时刻的判断 9

考点四：坐标系 10

题型一：概念辨析 10

考点五：标量与矢量 10

题型一：概念辨析 11

考点六：路程与位移 11

题型一：概念辨析 11

题型二：位移与路程的计算 12

第二讲：描述质点运动——速度与加速度 14

考点一：速度 14

题型一：概念辨析 14

题型二：速度与速率的计算 15

题型三：两个平均速度的计算公式 16

考点二、速度变化量 18

考点三：加速度（速度变化率） 18

题型一：概念辨析 18

题型二：加速度的计算 19

题型三：加速减速的判断 20

第三讲：描述质点运动——常规图像与打点计时器 21

考点一：x-t 图像 21

题型一：理解 x-t 图像的物理意义 21

题型二：利用 x-t 图像分析质点运动规律 22

考点二：v-t 图像 23

题型一：理解 v-t 图像的物理意义 23

题型二：利用 v-t 图像解决实际问题 24

题型三：图像综合应用 25

考点三：打点计时器 26

题型一：利用打点计时器测量加速度 27

题型二：利用现代技术测量加速度 30

跟踪练习（一） 32

第四讲：匀变速直线运动基本规律及推论 35

考点一：匀变速直线运动 35

题型一：概念辨析 35

考点二：四大基本公式（知三求二） 36

题型一：理解基本公式 36

题型二：利用基本公式进行简单计算 37

题型三：两种匀减速运动——刹车问题与双向可逆问题 39

考点三：中间时刻速度等于平均速度 42

题型一：利用平均速度求加速度与速度 42
题型二：利用平均速度求位移 43
考点四：中间位置速度 44
题型一：利用中间位置速度公式 44
题型二：非中间位置速度公式推导应用 45
考点五：逐差相等公式：$\Delta x=aT^2$ 45
第五讲：初速度为零的匀变速直线运动规律及应用 47
题型一：等时间规律的应用 47
题型二：等位移规律的应用 48
题型三：利用规律判断初始位置 49
题型四：逆向思维的应用 49
跟踪练习（二） 51
第六讲：自由落体与竖直上抛 55
考点一：自由落体 55
题型一：基础题型 55
题型二：反应时间问题 56
题型三：滴水问题 57
题型四：频闪照相问题 58
题型五：过窗问题 59
题型六：最后 1s、最后 1m 问题 60
考点二：竖直上抛 61
题型一：基础题型 61
题型二：竖直上抛中的对称问题与多解问题 63
题型三：竖直上抛的相遇问题 63
题型四：竖直上抛的相对运动问题 64
第七讲：追击相遇专题 65
题型一：高速追低速 66
题型二：低速追高速 68
题型三：避免碰撞 70
题型四：追击猎物 73
题型五：接力赛 74
题型六：多次相遇 75
第八讲：图像专题 78
题型一：v-t 图像 78
题型二：特殊 v-t 图像：0-v-0 模型 80
题型三：x-t 图像 81
题型四：a-t 图像 83
题型五：图形转换 85
题型六：其他特殊图像 87
题型七：图像中的追及相遇问题 90
跟踪练习（三） 93
第九讲：三大基本力——重力、弹力、摩擦力 97
考点一：力的基本性质 97
题型一：概念辨析 97
考点二：重力 98
题型一：概念辨析 98
题型二：重力三要素 99
考点三：弹力 100

题型一：概念辨析 100
题型二：弹力方向 102
题型三：弹簧弹力分析 104
题型四：弹力的大小——胡克定律 105
题型五：弹簧的串并联 107
考点四：摩擦力 109
题型一：概念辨析 109
题型二：静摩擦与动摩擦 110
题型三：摩擦力方向 111
题型四：摩擦力的大小 113
题型五：静摩擦力突变 116
题型六：受力分析 117
跟踪练习（四） 122
第十讲：力的合成与分解 126
考点一：力的合成 126
题型一：概念辨析 127
题型二：二力合成 128
题型三：多力合成 130
考点二：力的分解 132
题型一：正交分解 133
题型二：对一个已知力分解情况分析 136
题型三："死结"与"活结"、"死杆"与"活杆" 137
考点三：牛顿第三定律 139
题型一：概念辨析 140
考点四：受力分析 141
题型一：单体受力分析 141
题型二：多体受力分析 142
题型三：整体法与隔离法 144
题型四：解答题 146
第十一讲：共点力平衡问题 151
考点一：静态平衡 151
题型一：单体静态平衡 151
题型二：多体静态平衡 154
题型三：立体问题 155
考点二：动态平衡 157
题型一：解析法 157
题型二：图解法 158
题型三：静摩擦力反向 159
题型四：相似三角形 160
题型五：正弦定理（拉密定理） 162
题型六：晾衣杆问题 164
考点三：平衡中的临界与极值问题 166
题型一：临界问题 167
题型二："tanα"模型 169
第十二讲：实验专题 171
考点一：探究弹簧弹力和弹簧形变量的关系 171
考点二：验证力的平行四边形法则 175
跟踪练习（五） 179

第十三讲：牛顿运动定律 184
考点一：牛顿第一运动定律 184
题型一：理想实验 184
题型二：概念辨析 185
题型三：惯性 186
考点二：牛顿第二运动定律 187
题型一：概念辨析 188
考点三：基本单位制 189
题型一：基本概念 189
题型二：验证表达式准确性 190
考点四：两类动力学问题 191
题型一：已知运动求受力情况 191
题型二：已知受力求情运动况 193
题型三：多过程问题 194
第十四讲：探究力与加速度的关系 196
题型一：探究加速度与力的关系 198
题型二：探究加速度与质量的关系 200
题型三：创新实验 202
跟踪练习（六） 210
第十五讲：牛顿运动定律应用（一） 214
考点一：瞬时加速度问题 214
题型一：轻绳与弹簧中的突变 214
题型二：接触面弹力突变 216
题型三：部分加速度相同 217
题型四：切向加速度 218
考点二：等时圆模型 219
题型一：等时圆 220
题型二：等时三角形 221
题型三："等路程"问题 223
考点三：超重与失重 224
题型一：基础应用 225
题型二：电梯问题 226
题型三：下蹲与起跳 227
第十六讲：牛顿运动定律应用（二） 228
考点一：连接体问题 228
题型一："内力公式"的应用 229
题型二：加速度相同 232
题型三：加速度不同 234
考点二：临界问题 236
题型一："gtanθ"与"$\frac{g}{tan\theta}$"模型 236
题型二：绳连接体中的临界问题 239
题型三：弹簧中的临界问题 240
题型四：板块中的临界问题 242
考点三：极值问题 243
考点四：其他问题 246
第十七讲：牛顿运动定律应用（三）——图像专题 249
题型一：v-t 图，x-t 图 249

题型二：a-t 图 251
题型三：F-t 图 251
题型四：F-a 图 253
题型五：其他图像 254
跟踪练习(七) 256
第十八讲：牛顿运动定律应用（四） 262
考点一：传送带问题 262
题型一：同向水平传送带 262
题型二：反向水平传送带 265
题型三：倾斜传送带--同向下行传送带 268
题型四：倾斜传送带--反向上行传送带 271
题型五：倾斜传送带--同向上行传送带 273
题型六：倾斜传送带--反向下行传送带 278
考点二：板块问题 281
题型一:无外力 F 下的水平板块 282
题型二:有外力 F 下的水平板块 286
题型三:单板+多块 288
题型四:单块+多板 293
题型五:多次碰撞 296
考点三：倾斜板块问题 297
题型一:无外力 F 下的倾斜板块 297
题型二:有外力 F 下的倾斜板块 299
题型三:多次碰撞 302
考点四：竖直面类板块问题 303
跟踪练习(八) 306

第一讲：描述质点运动——1

考点一：质点

1.定义：用来代替物体的具有质量的点，是一种理想化物理模型，实际并不存在。

2.质点是忽略了物体大小和形状的有质量的点，不同于几何中的“点”仅表示空间中的某一位置

解题要点：物体能否被看作质点是看物体的形状、大小是否影响所研究的问题，与物体本身无关。

题型一：条件判断

【精选例题】

【例 1】（多选题）下列叙述正确的是（　　）

A．月亮和太阳一样，都是“东升西落”。这是以地面为参考系来描述的

B．求火车穿过北盘江大桥的时间时可以把火车看成质点

C．质量、体积很大的物体一定不能看作质点

D．在某些情况下，可以把地球看作质点

【例 2】下面关于质点的说法正确的是（　　）

A．研究和观察日食现象时可把太阳看作质点　　B．研究地球的公转时可把地球看作质点

C．研究地球的自转时可把地球看作质点　　D．原子很小，因此把原子看作质点

【变式训练】

1．以下比赛项目中，可将运动员视为质点的是（　）






A．蹦床技巧　　B．场地自行车 4 千米追逐赛　　C．体操　　D．击剑

考点二：参考系

1.定义：在描述一个质点的运动时，用来作为参考的质点。通常以地面为参考系.

2.参考系的“两性”：任意性与同一性

(1)任意性：参考系的选取原则上是任意的，选取不同的物体作为参考系，对同一质点运动的描述可能不同。

(2)同一性：比较不同质点的运动必须选同一参考系。

解题要点：被选做参考系的物体，假定不动。

题型一：概念辨析

【精选例题】

【例 1】（多选题）以下说法正确的是（ ）

A．参考系就是不动的物体

B．任何情况下，只有地球才是最理想的参考系

C．不选定参考系，就无法研究某一物体是怎样运动的

D．同一物体的运动，对不同的参考系可能有不同的观察结果

【变式训练】

2．（多选题）下列说法正确的是(　　)

A．参考系就是绝对不动的物体

B．只有选好参考系以后，物体的运动才能确定

C．同一物体的运动，相对于不同的参考系，观察的结果可能不同

D．我们平常所说的楼房是静止的，是以地球为参考系的

题型二：相对运动分析

【精选例题】

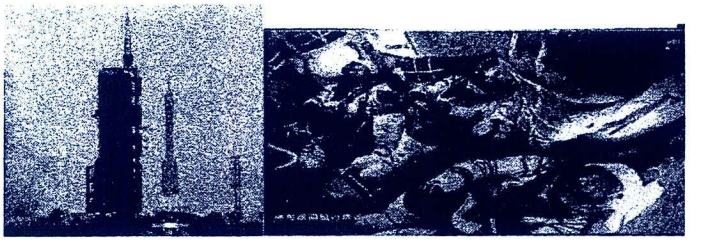
【例 1】2023 年 5 月 30 日，搭载神舟十六号载人飞船的长征二号 F 遥十六运载火箭，在酒泉卫星发射中心成功发射。图中所示的是火箭上升和此过程中航天员在舱内的情境，下列说法正确的是（　　）

A．以地面为参照物，发射塔是运动的

B．以发射塔为参照物，火箭是静止的

C．以舱内的航天员为参照物，火箭是静止的

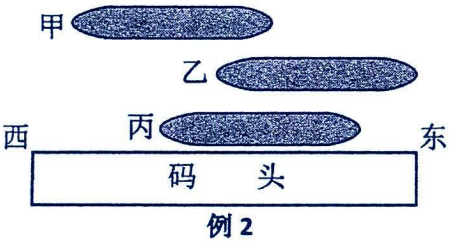
D．以舱内的航天员为参照物，发射塔是静止的



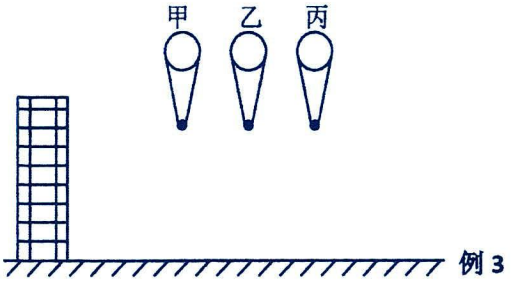
【例 2】图为甲、乙、丙三艘客船在一个码头上的情景图，其中甲船上的乘客看到乙船向东运动，乙船上的乘客看到丙船和码头都向东运动，丙船上的乘客看到甲船向西运动，那么码头上的人看到三艘船的运动情况是（）

A．三艘船都向东运动　　B．甲船向东运动，其余两艘船向西运动

C．丙船可能向东运动，也可能向西运动　　D．乙船可能向东运动



例 2



例 3

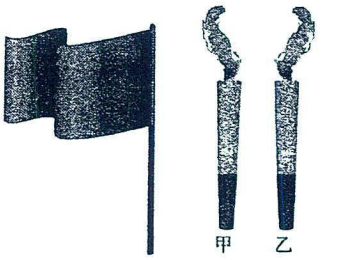
【例 3】（多选题）甲、乙、丙三架观光电梯，甲中乘客看一高楼在向下运动，乙中乘客看甲在向下运动，丙中乘客看甲、乙都在向上运动，这三架电梯相对地面的运动情况可能是（　　）

A．甲向上、乙向下、丙不动　　B．甲向上、乙向上、丙不动

C．甲向上、乙向上、丙向下　　D．甲向上、乙向上、丙也向上，但比甲、乙都慢

【变式训练】

1．（多选题）沙滩篝火晚会中，甲、乙两人手拿火把在运动，观察到同一地点的彩旗和甲、乙两人所拿的火把火焰如图所示。关于甲、乙两人相对于静止旗杆的运动情况，下列说法正确的是（　　）



A．甲、乙两人一定都在向右运动

B．乙一定在向左运动，且向左运动的速度大于风速

C．甲一定向右运动，乙一定向左运动

D．甲可能静止，可能向右运动，还可能向左运动，但向左运动的运动速度小于风速

2．甲、乙、丙三人各乘一架直升机，甲看到楼房匀速上升，乙看到甲匀速上升，丙看到乙匀速下降，甲看到丙匀速上升。那么，甲、乙和丙相对于地面的运动情况不可能是（　　）

A．甲、乙匀速下降，且$v_{甲}<v_{乙}$，丙停留在空中

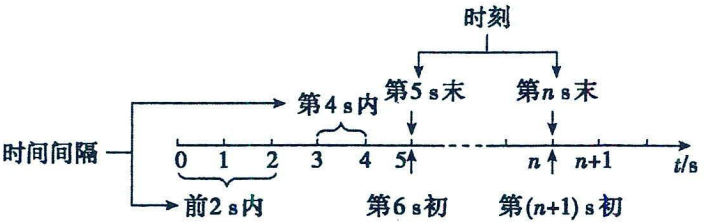
B．甲、乙匀速下降，且$v_{甲}<v_{乙}$，丙匀速上升

C．甲、乙匀速下降，且$v_{甲}<v_{乙}$，丙匀速下降，且$v_{丙}<v_{甲}$

D．甲、乙匀速下降，且$v_{甲}>v_{乙}$，丙匀速下降，且$v_{丙}>v_{甲}$

考点三：时间与时刻

1．时间轴上表示时间间隔与时刻



2.时间与时刻的区别与联系

	时刻	时间间隔
区别	（1）一瞬时，状态量。 （2）在时间轴上用一个点表示。 （3）有先后、早晚的区分，无长短之分。	（1）两时刻之间的间隔，过程量。 （2）在时间轴上用线段表示。 （3）有长短之分，无先后、早晚之分。
联系	(1)用t_1和t_2分别表示先后两个时刻，Δt表示两个时刻之间的时间间隔，则$\Delta t=t_2-t_1$。 (2)时间轴上的两个点无限靠近时，它们间的时间间隔就会趋于0，时间间隔就趋于时刻了。	

题型一：概念辨析

【精选例题】

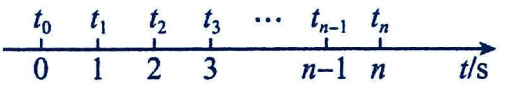
【例 1】在如图所示的时间轴上，以 $t_0=0$ 为计时起点，下列说法中正确的是（　）

A．t_2 表示时刻，称为第 2s 末或前 3s 初

B．t_1～t_2 表示时间间隔，称为第 1s 内

C．t_0～t_2 表示时间间隔，称为前 2s 或第 2s 内

D．t_{n-1}～t_n 表示时间间隔，称为第 ns 内



【例 2】下列关于时间间隔和时刻的说法中，正确的是（　　）

A．时间间隔和时刻的区别在于长短不同，长的是时间间隔，短的是时刻

B．3 秒内和第 3 秒的时间间隔一样长

C．第 3 秒末和第 4 秒初是两个不同的时刻

D．第 3 秒内和第 4 秒内经历的时间间隔相等

【变式训练】

1．（多选题）关于时间间隔和时刻，下列说法中正确的是（　　）

A．第 4 s 末就是第 5 s 初，指的是时刻

B．第 5 s 初指的是时间间隔

C．物体在 5 s 内指的是物体在第 4 s 末到第 5 s 初这 1 s 的时间间隔

D．物体在第 5 s 内指的是物体在 4 s 末到 5 s 末这 1 s 的时间间隔

题型二：时间与时刻的判断

【精选例题】

【例 1】关于时间间隔和时刻，下列说法中正确的是（　　）

A．火车站广播道：“从贵阳开往北京的 D636 次列车将于 17 点 55 分到达本站 2 号站台，停车 5 分钟，请旅客做好登车准备”，这里的 17 点 55 分是指时间间隔

B．第 8s 末指的是时间间隔

C．在有些情况下，时间间隔就是时刻，时刻就是时间间隔

D．上午第一节课从 8：00 开始上课，这里的 8：00 是指时刻

【变式训练】

1．以下说法中的“时间”指时刻的是(　　)

A．在第 15 届亚洲杯中国对阵科威特的比赛中，凭借张琳芃和邓卓翔分别在第 58 分钟和第 67 分钟的进球，国足以 2:0 击败对手

B．刘翔在广州亚运会男子 110 米栏决赛中以 13 秒 09 的成绩勇夺金牌

C．我国实行每周工作 40 小时的劳动制度

D．我国发射的“神舟七号”载人飞船环绕地球运行 68.5 小时后，在内蒙古主着陆场成功着陆

2．关于时间间隔和时刻，以下说法中正确的是（　　）

A．2021 年 12 月 31 日上午八点半，沁源一中全体学生在操场举行会议，此处指的是时间间隔

B．一中运动会 100m 赛跑的最好成绩是 12.8s，此处指的是时刻

C．在 2019 年 12 月 12 日下午组织的拔河比赛中，高二高三教师队的僵持时间为 65 秒，此处指时间间隔

D．本次物理考试的考试时间为 90 分钟，此处指的是时刻

考点四：坐标系

1.定义：为了定量的描述质点的位置及位置变化，需要在参考系上建立适当的坐标系。

2.坐标系三要素：原点、正方向、单位长度。

3.分类：一维坐标系（直线坐标系）、二维坐标系（平面直角坐标系）、三维坐标系（立体空间坐标系）。

题型一：概念辨析

【精选例题】

【例 1】关于坐标系，下列说法中正确的是(　　)

A．建立坐标系，是为了定量地描述物体的位置及位置的变化

B．在建立坐标系时只需要确定正方向即可，与规定的正方向同向为正，与规定的正方向反向则为负

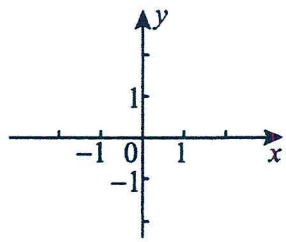
C．只能在水平方向建立直线坐标系

D．建立好直线坐标系后，可以用(x，y)表示物体的位置

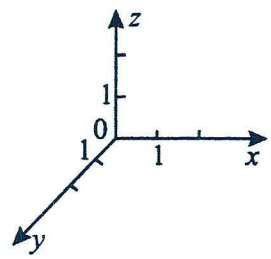
【变式训练】

1．在数学中，坐标系有以下几种：数轴、平面直角坐标系、平面极坐标系、柱坐标系等，在高中物理学习中一般要用到以下三种坐标系，则下列说法正确的是（　）

数轴



平面直角坐标系



三维坐标系

A．建立坐标系是为了定量描述物体的位置及位置变化 B．建立坐标系是为了定量描述物体的运动及运动快慢

C．研究物体沿斜面滑下时，必须建立平面直角坐标系 D．研究物体沿直线竖直落下时，必须建立三维坐标系

考点五：标量与矢量

1.标量：只有大小没有方向的物理量，如：质量，温度，路程。

2.矢量。既有大小又有方向的物理量，如：力。

3.标量遵循算术计算法则；矢量遵循平行四边形法则。

4.注意：（1）矢量的方向一般通过正负来反应；（2）描述一个矢量必须包含大小、方向两个方面；（3）矢量相同必定是大小、方向均相同。

题型一：概念辨析

【精选例题】

【例 1】下列物理量中是矢量的是（　　）

A．温度　　B．质量　　C．位移　　D．时间

【例 2】下列关于矢量和标量的说法正确的是（　　）

A．矢量和标量没有严格的区别，同一个物理量可以是矢量，也可以是标量　　B．矢量都是有方向的

C．时间、时刻是标量，路程是矢量　　D．初中学过的电流是有方向的量，所以电流是矢量

【变式训练】

1．下列有关矢量、标量的说法正确的是（　　）

A．物体先向东运动 3 m，再向北运动 2 m，物体的总位移是 5 m

B．物体先向东运动 3 s，再向北运动 2 s，物体的总运动时间是 5 s

C．-10 m 的位移比 5 m 的位移小

D．-10℃比 5℃的温度高

考点六：路程与位移

1.路程是质点运动轨迹的长度，它是标量.

2.位移是由初位置指向末位置的有向线段，它是矢量.（**只管始末位置**）

3.区别与联系

区别：位移是矢量，方向由初位置指向末位置；路程是标量，没有方向

联系：位移、路程均描述质点运动的空间特征。

位移、路程均为过程量，对应于一段时间间隔。

位移的大小小于等于相应的路程；只有在单向直线运动中，位移的大小等于路程

题型一：概念辨析

【精选例题】

【例 1】关于位移和路程，下列说法正确的是（　　）

A．位移是矢量，有方向，而路程是标量，无方向

B．位移用来描述直线运动，路程用来描述曲线运动

C．位移不仅取决于物体的初末位置，还取决于物体实际运动的路径

D．物体做直线运动时，位移的大小等于路程

【例 2】下列关于位移和路程的说法正确的是（　　）

A．位移和路程总是大小相等，但位移是矢量，路程是标量

B．位移是描述直线运动的，路程是描述曲线运动的

C．位移只取决于初末位置，而路程还与实际运动的路线有关

D．物体的路程总大于位移的大小

【变式训练】

1．关于位移和路程，下列四种说法中正确的是（　　）

A．位移其实就是路程

B．位移用来描述直线运动，路程用来描述曲线运动

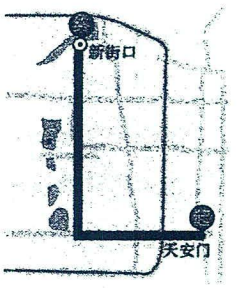
C．位移取决于物体的始末位置，路程取决于物体实际通过的路线

D．物体只要做直线运动，位移和路程在大小上就相等，只是位移有方向，是矢量，路程无方向，是标量

题型二：位移与路程的计算

【精选例题】

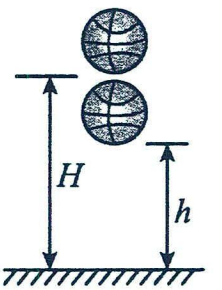
【例 1】某一天，张明陪同父母参观故宫博物院后，驾车从天安门到新街口，行车路线如图中黑线所示。图中显示，他们沿长安街向正西方向行驶了 3.0km，在西单路口转向正北方向继续行驶了 4.0km 后，到达目的地。在这个过程中，张明驾驶汽车证过的路程和发生位移的大小分别是（　）



A．3.0km，4.0km　　B．3.0km，7.0km

C．7.0km，5.0km　　D．5.0km，7.0km

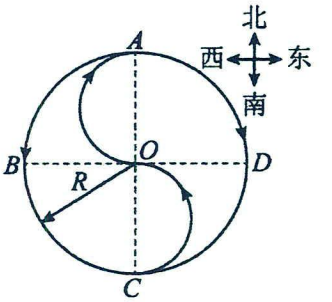
【例 2】如图，一只篮球从离地 $H=2.5\text{m}$ 高度处由静止下落，与地面发生碰撞后反弹至离地 $h=1.8\text{m}$ 的高度处。以向上为位移正方向，在该过程中，篮球通过的路程和位移分别是（　）



A．4.3m,0.7m　　B．4.3m,–0.7m

C．–4.3m,0.7m　　D．–4.3m,–0.7m

【例 3】杜甫的《八阵图》中写到“功盖三分国，名成八阵图”，八阵图在民间影响极为深远。一个人晨练，按图示路线做半径 $R=8\text{m}$ 的八阵图运动，中央的“S”部分是两个直径为 R 的半圆。他从 A 点出发沿曲线 ADCOABC 行进，则从出发到他第二次经过 C 点时的位移 x 为（　）



A．$x=16\text{m}$，正南方向　　B．$x=24\pi\text{m}$，东偏南 45° 方向

C．$x=24\pi\text{m}$，正南方向　　D．$x=16\text{m}$，东偏南 45° 方向

【变式训练】

1．煤矿安检员在一次巡检中，乘坐矿井电梯从 A 井竖直向下运动了 120 m 到达井底，然后在井底又沿着水平隧道向东走了 160 m 到达 B 井，最后从 B 井乘坐电梯竖直向上返回地面。若 A、B 两个井口恰在同一水平面上，则此次巡检中安检员（　　）

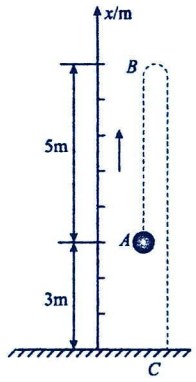
A．发生的位移是 200 m，方向向东；通过的路程是 160 m

B．发生的位移是 400 m，方向向东；通过的路程是 160 m

C．发生的位移是 160 m，方向向东；通过的路程是 400 m

D．发生的位移是 160 m，方向向东；通过的路程是 200 m

2．如图，从高出地面 3m 的 A 点竖直向上抛出一个小球，它上升 5m 后到达 B 点，然后回落，最后到达地面 C。以竖直向上为正方向，下列叙述正确的是（　　）



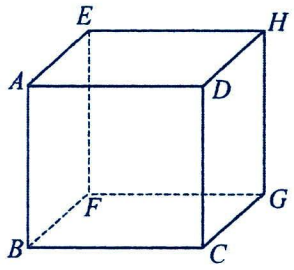
A．若取地面 C 为坐标原点，A 点的坐标 x_A=3m，整个过程中，小球的位移为 0

B．无论选择 A、B、C 中的哪一点作为坐标原点，整个过程中，小球的位移都等于-3 m

C．从 A 到 B 的位移大于从 B 到 C 的位移，因为正数大于负数

D．因为位移是矢量，从 A 到 B 的位移与从 B 到 C 的位移的大小无法比较

3．（多选题）如图所示，在一个棱长为 a 的立方体木箱上，一辆可操控的小车沿着木箱的表面，选择一条最短的路线，由顶角 A 点处运动到 G 点处。小车运动过程中保持速度大小为 v 不变，则下列说法正确的是（　　）



A．小车运动的路程为 3a　　B．小车运动的位移为$\sqrt{3}a$

C．小车运动的位移为$\sqrt{5}a$　　D．小车运动的时间为$\frac{\sqrt{5}a}{v}$

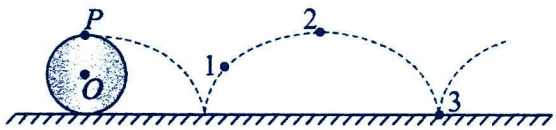
4．如图所示，中心为 O 的硬币在桌面上沿直线向右匀速滚动，虚线为硬币边缘最高点 P 的运动轨迹，位置 2 为轨迹最高点，位置 3 为轨迹与桌面接触点。下列说法正确的是（　　）

A．硬币滚动一周，P 点与 O 点位移大小相等

B．P 点运动到位置 1 时速度方向为水平向右

C．P 点运动到位置 2 时向心加速度大小为零

D．P 点运动到位置 3 时的速度与 O 点的速度相同



第二讲：描述质点运动——速度与加速度

考点一：速度

1.定义：反应质点运动快慢的物理量，它是矢量。

2.定义式：$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$。

3.描述质点运动快慢的四个物理量

（1）平均速度：质点发生的位移与发生这段位移所用时间之比，即 $\overline{v}=\frac{\Delta x}{\Delta t}$，是矢量，其方向就是对应位移的方向.

（2）瞬时速度：运动质点在某一时刻或经过某一位置的速度，是矢量，其方向是质点在这一时刻的运动方向或运动轨迹的切线方向.

（3）速率：指瞬时速度的大小，是标量.

（4）平均速率：质点运动的路程与通过这段路程所用时间的比值，大于或等于平均速度的大小，只有在单向直线运动中.

解题要点：速度均为矢量；速率均为标量

题型一：概念辨析

【精选例题】

【例 1】关于速度的定义式$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$，以下叙述不正确的是（　）

A．物体做匀速直线运动时，速度 v 与运动的位移 Δx 成正比，与运动时间 Δt 成反比

B．速度 v 的大小与运动的位移 Δx 和时间 Δt 都无关

C．此速度定义式适用于任何运动

D．速度是表示物体运动快慢及方向的物理量

【例 2】公路上常有交通管理部门设置的如图所示的限速标志，这是告诫驾驶员在这一路段驾驶车辆时（　　）

A．平均速度的大小不得超过这一规定数值　　B．平均速率的大小不得超过这一规定数值

C．必须以这一规定速率行驶　　D．汽车上的速度计指示值不得超过这一规定数值



【变式训练】

1．下列关于速度的说法中，正确的是（　）

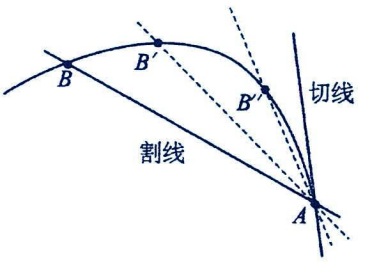
A．速度是表示物体运动快慢的物理量，它既有大小，又有方向

B．平均速度就是速度的平均值，它只有大小没有方向

C．汽车以速度 v_1 经过某一路标，子弹以速度 v_2 从枪口射出，v_1 和 v_2 均指平均速度

D．运动物体经过某一时刻（或某一位置）的速度，叫瞬时速度，它是标量

2．物理学在长期的发展进程中，形成了一整套系统的研究问题的思想方法。【例】比值定义法、极限思想、等效替代法、类比法、微元法等。这些思想方法极大地丰富了人们对物质世界的认识，拓展了人们的思维方式。如图中的曲线是某一质点的运动轨迹。若质点在一段时间内从 B 点运动到 A 点，当 B 点越来越靠近 A 点时，质点的平均速度方向将越来越接近 A 点的切线方向。当 B 点与 A 点的距离接近 0 时，质点在 A 点的速度方向沿过 A 点的切线方向。下列说法中不正确的是（　　）



A．平均速度和瞬时速度的方向总是一致的

B．平均速度的方向与位移方向总是一致的

C．当Δt→0 时，平均速度趋于瞬时速度

D．瞬时速度的定义用到极限的思想方法

3．有关瞬时速度、平均速度、平均速率，以下说法正确的是（　　）

A．平均速度是物体在一段时间内位移与所用时间的比值，方向沿运动轨迹的切线方向

B．瞬时速度是指物体在某一位置或某一时刻的速度

C．做匀速直线运动的物体，瞬时速度的大小不变，方向可能变化

D．物体做变速运动时，平均速度是指物体通过的路程与所用时间的比值

题型二：速度与速率的计算

【精选例题】

【例 1】为了提高百米赛跑运动员的成绩，教练员分析了运动员跑百米全程的录像带，测得：运动员在前 7s 内跑了 63m，第 10s 末到达终点时的速度为 10.3m/s，则下列说法正确的有（　　）

A．运动员在第 7s 末的瞬时速度为 9m/s

B．运动员在前 10s 内的平均速度为 10.3m/s

C．运动员在第 10s 末到达终点时的速度为瞬时速度

D．运动员在全过程中做匀速直线运动

【例 2】在某次伐木工攀爬大赛中，伐木工甲和乙同时开始攀爬，伐木工甲率先爬到顶端，结果却是乙第一个返回到出发点，则（　　）

A．全过程中，甲、乙的平均速度一样大

B．甲在最高点的速度一定大于乙在最高点的速度

C．向上爬的过程中，经过中点时甲的速度一定大于乙的速度

D．从顶端返回的过程中，甲的平均速度一定大于乙的平均速度

【例 3】一质点绕半径为 R 的圆匀速运动了半周，所用时间为 t。在此过程中该质点的（　　）

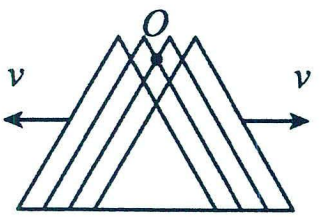
A．位移大小为πR，速率为 $\frac{\pi R}{t}$

B．位移大小为 2R，速率为 $\frac{\pi R}{t}$

C．位移大小为πR，速度为 $\frac{2R}{t}$

D．位移大小 2R，速率为 $\frac{2R}{t}$

【例 4】如图所示，纸面内有两个完全相同的薄等边三角形板重叠放置，其底边位于同一水平直线上。若两三角板同时沿底边所在的水平直线分别向左和向右匀速运动，速率均为v，则在两三角板完全分开之前腰上交点 O 的速度大小为（　　）



A．v　　B．$\frac{\sqrt{3}}{2}v$　　C．$\sqrt{3}v$　　D．$2v$

【变式训练】

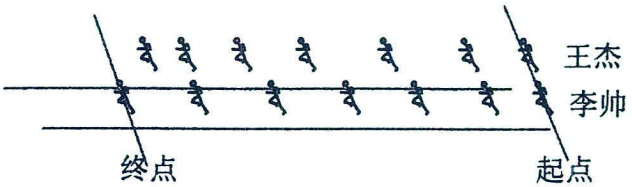
1．（多选题）在学校举行的秋季运动会 20 人乘 60 米迎面接力项目比赛的最后一棒中，高一 1 班王杰与高一 2 班李帅并排站立，他们同时接到队友的接力棒（不计两位同学的反应时间），接到棒后，他们立即起步，用频闪照相机记录下他们在 60 米内的运动情况，下列分析正确（　　）

A．全程王杰所用的时间大于李帅所用的时间

B．撞线时王杰的瞬时速度一定大于李帅的瞬时速度

C．全程王杰的平均速度小于李帅的平均速度

D．撞线时王杰的瞬时速度一定小于李帅的瞬时速度



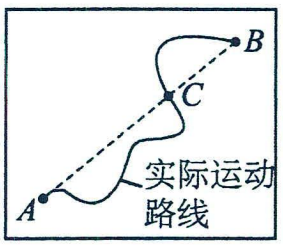
2．如图所示为某选手在一次训练中的路线图，他先用地图计算出出发地 A 和目的地 B 的直线距离为 9km，实际从 A 运动到 B 用时 5min，赛车上的里程表指示的里程数增加了 15km，当他经过某路标 C 时，车内速度计指示的示数为 150km/h，那么可以确定的是（　　）

A．整个过程中赛车的平均速率为 108km/h

B．整个过程中赛车的平均速度大小为 180km/h

C．若赛车手原路返回用时也为 5min，则来回平均速度相同

D．赛车经过路标 C 时的瞬时速度大小为 150km/h



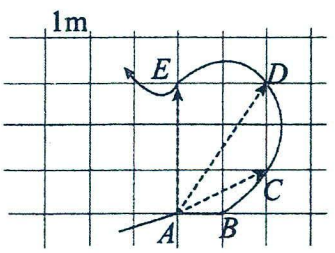
3．（多选题）如图所示，物体沿曲线轨迹的箭头方向运动，AB、ABC、ABCD、ABCDE 四段曲线轨迹运动所用的时间分别是：1s、2s、3s、4s，下列说法正确的是（　　）

A．物体在 AB 段的平均速度为 1m/s

B．物体在 ABC 段的平均速度为$\frac{\sqrt{5}}{2}$m/s

C．AB 段的平均速度比 ABC 段的平均速度更能反映物体处于 A 点时的瞬时速度

D．物体在 B 点的速度等于 AC 段的平均速度



题型三：两个平均速度的计算公式

【精选例题】

【例 1】在 2023 年中国山地自行车联赛第三站（渭源站）中，云南山地自行车队团结一致，勇夺 3 金 1 银 2 铜。若某辆自行车在某段时间内做单向直线运动，在整段时间内的平均速度大小$\bar{v}=10\text{m/s}$，前三分之二时间内的平均速度大小$\bar{v}_1=12\text{m/s}$，则后三分之一时间内的平均速度大小为（　　）

A．2m/s　　B．3m/s　　C．4m/s　　D．6m/s

【例 2】（多选题）某同学骑自行车沿一直斜坡从坡底到坡顶，再从坡顶到坡底往返一次，已知上坡时的平均速度大小为 4 m/s，下坡时的平均速度大小为 6 m/s，则此同学往返一次（　　）

A．平均速率为 5 m/s　　B．平均速率为 4.8 m/s

C．平均速度大小为 5 m/s　　D．平均速度大小为 0

【例 3】（多选题）甲、乙两人同时由位置 A 沿直线运动到位置 B，甲先以速度 v_1 匀速运动了前一半路程，然后以速度 v_2 匀速运动了后一半路程；乙在由位置 A 运动到位置 B 的过程中，前一半时间内运动速度为 v_1，后一半时间内运动速度为 v_2，则（　）

A．甲的平均速度的大小为 $\frac{v_1+v_2}{2}$　　B．甲的平均速度的大小为 $\frac{2v_1v_2}{v_1+v_2}$

C．乙的平均速度的大小为 $\frac{v_1+v_2}{2}$　　D．乙的平均速度的大小为 $\frac{2v_1v_2}{v_1+v_2}$

【变式训练】

1．2008 年 8 月 18 日，何雯娜在国家体育馆结束的奥运女子蹦床决赛中以 37.80 分为中国蹦床队夺得，成中国蹦床史上首枚金牌。蹦床运动可简化为如下往复直线运动：从出发点向上运动到最高点再落回原处，向上运动的平均速率为 v_1，下落的平均速率为 v_2，则往返全程的平均速度的大小和平均速率分别是（　　）

A．$\frac{v_1+v_2}{2},\frac{v_1+v_2}{2}$　　B．$\frac{v_1-v_2}{2},\frac{v_1-v_2}{2}$　　C．0，$\frac{v_1-v_2}{v_1+v_2}$　　D．0，$\frac{2v_1v_2}{v_1+v_2}$

2．小船以速度 v 从河边 A 处沿河岸划行至 B 处又返回 A 处。不计船掉头时间，若河水不流动时往返时间为 t，那么河水流速为 v_0 时，往返 A、B 一次的时间为（　）

A．$\frac{v^2}{v^2-v_0^2}t$　　B．$\frac{v^2}{v^2+v_0^2}t$　　C．$\frac{v}{v-v_0}t$　　D．$\frac{v}{v+v_0}t$

3．一质点沿直线做单向运动，从 A 位置运动到 B 位置。

(1)若前 $\frac{2}{5}$ 时间内平均速度为 4m/s，后 $\frac{3}{5}$ 时间内平均速度为 6m/s，则全过程的平均速度为多大？

(2)若前 $\frac{2}{5}$ 位移的平均速度为 4m/s，后 $\frac{3}{5}$ 位移的平均速度为 6m/s，则全过程的平均速度为多大？

考点二、速度变化量

1.定义：表示速度变化的大小和方向，它是矢量。

2.定义式：$\Delta v=v-v_0$

3.注意：计算过程中取正方向。

考点三：加速度（速度变化率）

1.定义：质点速度的变化量与发生这一变化所用时间的比值，它是矢量。

2.定义式：$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$，单位：$m/s^2$。

3.物理意义：反应质点速度变化快慢的物理量

4．方向：与Δv的方向一致，与质点运动初、末速度v_0、v方向无关。

5.加速度与质点运动的关系：

(1)a和v同向⟶ a不变，v随时间均匀增加；a增大，v增加得越来越快；a减小，v增加得越来越慢

(2)a和v反向⟶ a不变，v随时间均匀减小；a增大，v减小得越来越快；a减小，v减小得越来越慢

6.速度、速度变化量、加速度的对比

物理量	速度v	速度的变化量Δv	加速度a
物理意义	表示运动的快慢和方向	表示速度变化的大小和方向	表示速度变化的快慢和方向，即速度的变化率
公式	$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$	$\Delta v=v-v_0$	$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$
方向	与Δx相同，与加速度方向无关。	由质点的初末速度决定，与加速度方向相同。	与Δv相同，与v不一定相同
单位	m/s	m/s	m/s^2
关系	三者无必然联系，v很大，Δv可以很小，甚至为0，a可大可小		

解题要点：a只与$\frac{\Delta v}{\Delta t}$有关，与$v_0$、$v_t$、$\Delta v$均无关。

题型一：概念辨析

【精选例题】

【例1】伽利略是第一个提出并研究加速度概念的科学家，关于加速度与速度，下列说法中正确的是（　　）

A．速度大小不变的物体，加速度不一定为零 B．加速度是描述物体速度变化大小的物理量

C．速度为零，加速度一定为零　　D．物体速度方向向东，加速度方向一定不能向北

【例 2】下列说法不正确的是（　　）

A．物体运动的加速度等于 0，而速度却不等于 0

B．两物体相比，一个物体的速度变化量比较大，而加速度比较小

C．物体具有向东的加速度，而速度的方向却向西

D．物体做加速直线运动，加速度与速度方向可以相反

【例 3】（多选题）跳伞运动员打开伞后运动员以 $a=-4m/s^2$ 的加速度直线下降（选初速度的方向为正方向），则在运动员下降的过程中（　　）

A．物体的加速度方向与速度方向相反，物体的速度在减小

B．物体的加速度方向与速度方向相同，物体的速度在减小

C．任意一秒内，这一秒末的速度比前一秒初的速度小 4m/s

D．任意一秒内，这一秒末的速度比前一秒末的速度小 4m/s

【变式训练】

1．下列关于加速度的说法中，正确的是（　　）

A．物体速度越大，其加速度一定越大　　B．物体速率不变，其加速度一定为零

C．物体做曲线运动，其加速度一定变化　　D．物体速度变化越快，其加速度一定越大

2．（多选题）物体 A 的加速度为 $2m/s^2$，物体 B 的加速度为 $-3m/s^2$ 下列说法正确的是（　　）

A．物体 A 的加速度比物体 B 的加速度大　　B．物体 A 的速度变化比物体 B 的速度变化慢

C．物体 A 的速度一定在增加　　D．物体 B 的速度可能在增加

3．在物理学中，速度变化的快慢定义为加速度 a，而加速度变化的快慢被定义为“jerk”，我国力学界已采用“加加速度”这一中译名，用 j 表示加加速度，即 $j=\frac{\Delta a}{\Delta t}$。下列说法正确（　）

A．j 与 Δa 成正比，与 Δt 成反比　　B．j 的方向总是与 Δa 的方向一致

C．若某运动物体的 j 是正值，则该物体的速度增大　　D．若某运动物体的 j 增大，则该物体的加速度 a 增大

题型二：加速度的计算

【精选例题】

【例 1】某场篮球比赛中，篮球以 9m/s 的速度飞来，碰到运动员的手后又以 6m/s 的速度反向弹回，篮球与运动员的接触时间为 0.3s，则篮球在这段时间内的平均加速度大小是（　）

A．$10m/s^2$　　B．$20m/s^2$　　C．$30m/s^2$　　D．$50m/s^2$

【例 2】（多选题）一物体做加速度不变的直线运动，某时刻速度的大小为 4m/s，1s 后速度的大小为 10m/s。则在这 1s 内，下列说法中正确的是（　　）

A．速度变化量的大小一定等于 6m/s　　B．速度变化量的大小可能等于 6m/s

C．加速度的大小一定等于 $14m/s^2$　　D．加速度的大小可能等于 $14m/s^2$

【变式训练】

1．在一次蹦床比赛中，运动员从高处自由落下，以大小为 8m/s 的竖直速度着网，与网作用后，沿着竖直方向以大小为 10m/s 的速度弹回，已知运动员与网接触的时间Δt=1.0s，那么运动员在与网接触的这段时间内加速度的大小和方向分别为（　　）

A．2.0m/s²，竖直向下　　B．8.0m/s²，竖直向上　　C．10.0m/s²，竖直向下　　D．18.0m/s²，竖直向上

2．（多选题）一物体做加速度不变的直线运动，某时刻速度的大小为 4m/s，2s 后速度的大小为 8m/s。在这 2s 内该物体的（　　）

A．速度变化量的大小可能大于 8m/s　　B．速度变化量的大小可能小于 4m/s

C．加速度的大小可能大于 $4\mathrm{m/s^2}$　　D．加速度的大小可能小于 $2\mathrm{m/s^2}$

题型三：加速减速的判断

【精选例题】

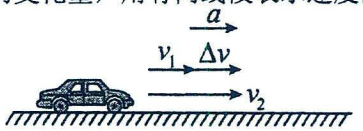
【例 1】下列说法中正确的是（　　）

A．加速度增大，速度一定增大　　B．速度为零，加速度也一定为零

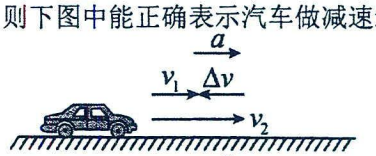
C．速度变化越大，加速度越大　　D．速度变化越快，加速度越大

【例 2】汽车在平直的路面上做直线运动，初速度是 v_1，经过一段时间Δt 后速度变为 v_2，用Δv 表示Δt 时间内速度的变化量，用有向线段表示速度的变化量Δv。则下图中能正确表示汽车做减速运动的是（　　）

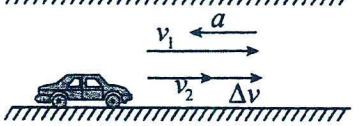
A.



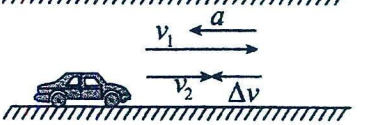
B.



C.

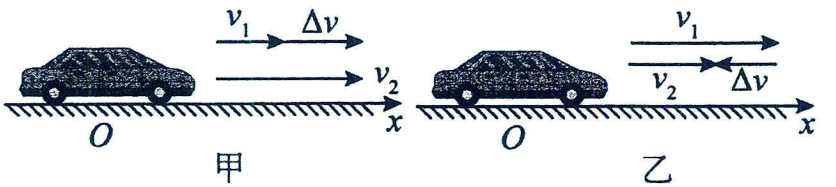


D.



【变式训练】

1．如图所示是研究汽车速度变化时所画出的示意图，汽车的初速度为 v_1，末速度为 v_2，速度的变化量为 Δv，加速度为 a。下列说法正确的是（　　）



A．汽车的速度越大，加速度一定越大　　B．汽车的加速度越大，速度变化量一定越大

C．图甲中汽车做加速运动，其 a 与 Δv 方向相同　　D．图乙中汽车做减速运动，其 a 与 Δv 方向相反

2．（多选题）根据给出的速度、加速度的正负，对具有下列运动性质物体的判断正确的是(　)

A．$v_0<0$、$a>0$，物体做加速运动　　B．$v_0<0$、$a<0$，物体做加速运动

C．$v_0>0$、$a<0$，物体先做减速运动后加速运动　　D．$v_0>0$、$a=0$，物体做匀速运动

第三讲：描述质点运动——常规图像与打点计时器

考点一：x-t 图像

1.物理意义：反应质点位移随时间的变化关系，直观表示质点在任意时刻的位置。

2.图像意义：

①倾斜直线表示匀速直线运动，曲线表示变速直线运动。

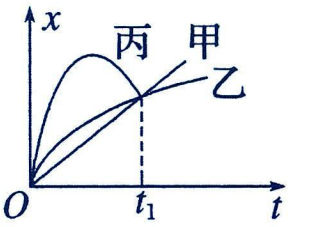
②交点表示两质点相遇，拐点表示质点运动方向改变。

③斜率的正负表示质点运动方向，斜率的绝对值表示质点运动快慢。

④面积无实际意义。

⑤横截距表示运动开始时刻，纵截距表示初始位置。

⑥注意：不反应质点运动轨迹，不能表示曲线运动。



题型一：理解 x-t 图像的物理意义

【精选例题】

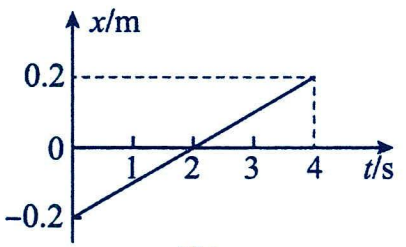
【例 1】质点沿直线运动，位移一时间图像如图所示，关于质点的运动，下列说法中正确的是（　）

A．2s 末质点的位移为零，前 2s 内位移为“一”，后 2s 内位移为“+”，所以 2s 末质点改变了运动方向

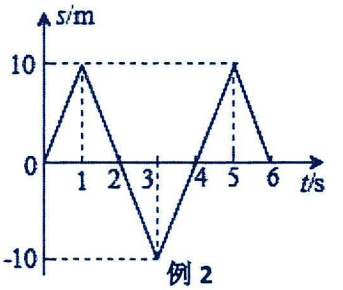
B．2s 末质点的位移为零，该时刻质点的速度为零

C．质点做匀速直线运动，速度大小为 0.1m/s，方向与规定的正方向相同

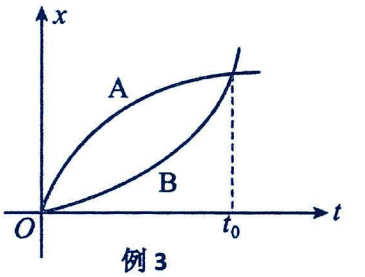
D．质点在 4s 内的位移大小为 0.4m，位移的方向与规定的正方向相反



例 1



例 2



例 3

【例 2】某物体沿直线运动的 s—t 图象如图所示，由图可以看出物体（ ）

A．沿直线向一个方向运动　　B．沿直线做往复运动

C．做匀速直线运动　　D．做匀变速直线运动

【例 3】如图为 A、B 两辆汽车在平直公路上运动的位移—时间图像，则在 0-t_0 时间内，下列说法正确是（　　）

A．A、B 的速度越来越大　　B．A、B 间的距离越来越大

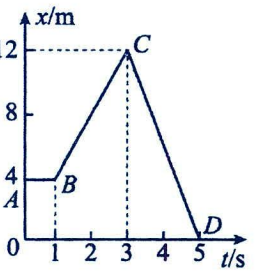
C．任一时刻，A、B 速度不可能相等　　D．A、B 的平均速度相等

【变式训练】

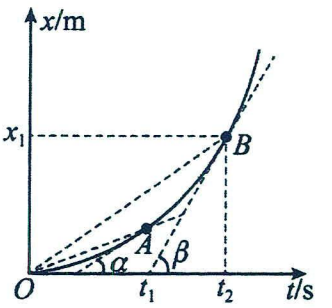
1．（多选题）如图是一辆汽车做直线运动的 x--t 图像，对于相应的线段所表示的运动，下列说法正确的是（　　）

A．AB 段表示汽车静止　　B．BC 段发生的位移为 12m

C．汽车在 C 点掉头　　D．5s 末汽车离出发点的距离最大



2．某物体沿直线运动的位移—时间图像如图，图像中有 A、B 两点，通过两点的曲线的切线与 t 轴的夹角分别为α和β，两点和 O 点的连线与 t 轴的夹角分别记为$\angle AOt$和$\angle BOt$。那么下列关于斜率的理解正确的是（　　）



A．物体经过 A 点的速度等于$\tan\alpha$m/s

B．从开始到物体经过 A 点的平均速度等于$\tan\angle AOt$ m/s

C．物体经过 B 点的速度等于$\tan\angle BOt$ m/s

D．物体经过 B 点时的速度为$\frac{x_1}{t_2-t_1}$m/s

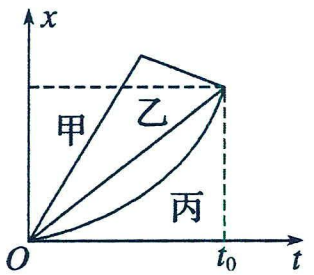
题型二：利用 x-t 图像分析质点运动规律

【精选例题】

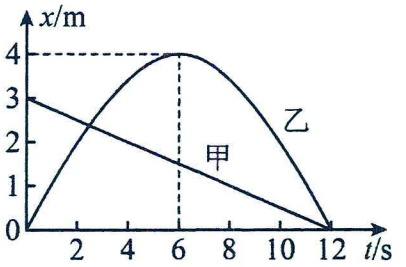
【例 1】如图所示是甲。乙。丙三个物体相对同一位置的位移—时间图像，它们向同一方向开始运动，则在时间t_0内，下列说法正确的是（　　）

A．它们的平均速度相等　　B．甲的平均速度最大

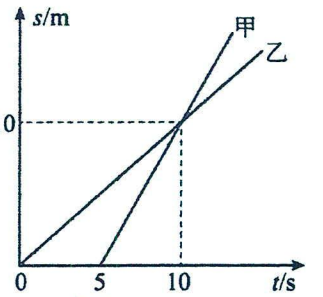
C．它们的平均速率相等　　D．乙的平均速度最小



例 1



例 2



例 3

【例 2】（多选题）甲、乙两质点在相邻平行直线轨道上运动的$x-t$图像如图所示，其中甲的图线是直线，乙的图线是抛物线。在 0~12s 内，下列说法正确的是（　　）

A．乙做曲线运动　　B．甲的平均速度等于乙的平均速度

C．某一时刻甲、乙的速度相同　　D．乙先做匀减速运动再反向做匀加速运动

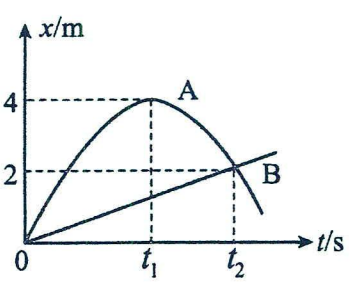
【例 3】甲、乙二人沿同一条平直公路从同一地点出发同向运动，如图所示为二人运动的 s-t 图像。下列从图中得到的信息正确的是（　）

A．0s 到 10s 内，二人都做匀速直线运动　　B．10s 时，二人的速度相同

C．5s 时，甲乙相距 5m　　D．0s 到 10s 内，甲的平均速度大于乙的平均速度

【变式训练】

1．A、B 两个物体的位移—时间图像如图所示，则以下说法正确的是（　　）



A．t_1时刻，A、B 两物体的速度都为 0

B．$0\sim t_2$内，A 的平均速度等于 B 的平均速度

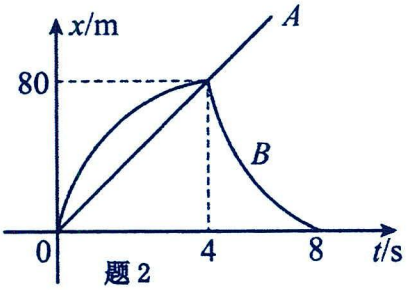
C．$0\sim t_2$内，A 的路程等于 B 的路程

D．t_2时刻，A、B 两物体的速度方向相同

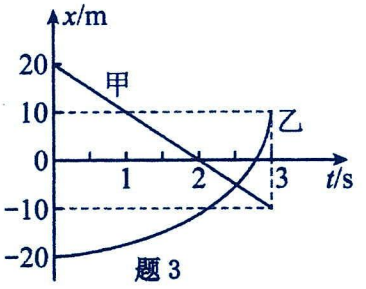
2．如图所示是A、B两质点从同一地点运动的$x-t$图象，A质点的图象为直线，B质点的图象为曲线，两图象在$t=4$s时相交，则下列说法正确的是（　　）

A．A、B两质点在4s末相距最远　　B．A质点做匀加速直线运动

C．在0～4s内，质点B的通过的路程大于80m　　D．B质点在前4s做减速运动，后4s也做减速运动



题2



题3

3．（多选题）如图所示为甲、乙两物体沿同一直线运动的$x-t$图像，下列说法正确的是（　）

A．$t=2$s时甲物体的运动方向发生改变　　B．$t=2.5$s时两物体到达同一位置

C．0~3s内乙物体的速度逐渐增大　　D．0~3s内某时刻两物体的速度大小相等

考点二：v-t图像

1.物理意义：反应质点速度随时间的变化关系，直观表示质点在任意时刻的速度。

2.图像意义：

①倾斜直线表示匀变速直线运动，曲线表示非变速直线运动。

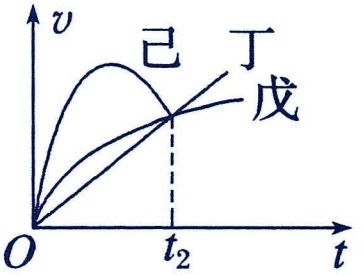
②交点表示两质点速度相同，拐点表示质点加速度方向改变。

③斜率的正负表示质点加速度方向，其绝对值表示质点加速度的大小。

④面积反应质点的位移。

⑤横截距表示速度为零的时刻，纵截距表示初始速度。

⑥注意：不反应质点运动轨迹，不能表示曲线运动。



题型一：理解v-t图像的物理意义

【精选例题】

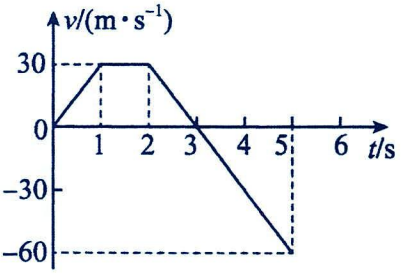
【例1】若某物体做直线运动的$v-t$图像如图所示，则下列说法正确的是（　　）

A．$t=3$s时物体运动的速度方向发生改变

B．$t=3$s时物体运动的加速度方向发生改变

C．$t=5$s时物体离出发点最远

D．$t=3$s时物体的加速度为零



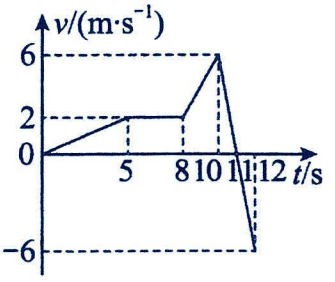
【例2】如图所示为一个质点做直线运动的v—t图像，则下列说法正确的是（　　）

A．质点在0~5s内的位移为10m

B．质点在整个运动过程中，10~12s内的加速度最大

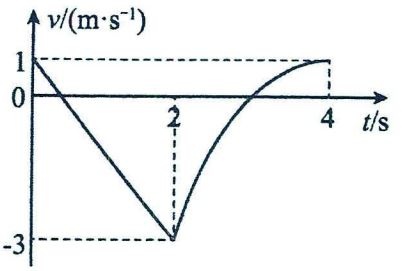
C．质点在10s末离出发点最远

D．质点在8~12s内的平均速度为4m/s



【变式训练】

1．如图所示是某质点运动的$v-t$图像，下列判断不正确的是（　　）



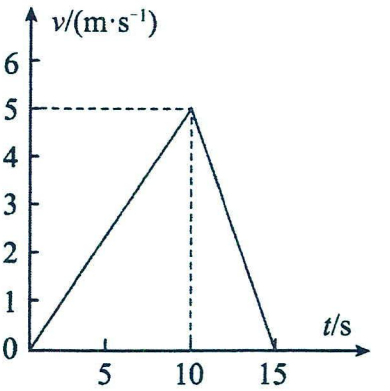
A．0~2s，质点的总位移为负值

B．2~4s 内，质点的加速度方向未发生改变

C．2~4s 内，质点加速度先减小后增大

D．0~2s 内，质点的加速度大小和方向均不变

2．做直线运动的物体的$v-t$图像如图所示，由图像可知（　　）



A．前 10s 物体的加速度为 0.5m/s²，后 5s 物体的加速度为-1m/s²

B．15s 末物体回到出发点

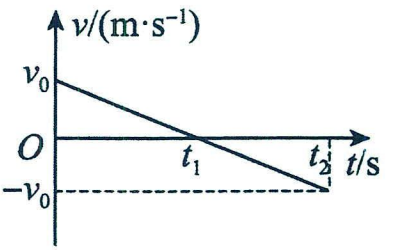
C．15s 内物体位移为 75m

D．前 10s 内的平均速度大于 10s~15s 的平均速度

题型二：利用 v-t 图像解决实际问题

【精选例题】

【例 1】一辆小车以一定速度冲上光滑斜面后回到原处，其 v-t 图像如图。下列说法正确的是（）



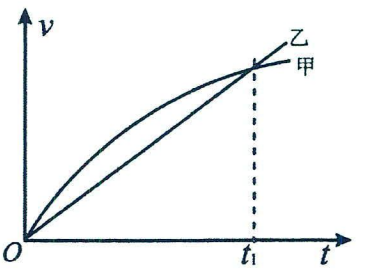
A．小车上升过程和下降过程的加速度大小相同，方向相反

B．小车上升过程和下降过程的位移相同

C．上升到最高点时，小车的瞬时速度和加速度都为零

D．运动过程中，小车在任何相等时间内的速度变化量都相同

【例 2】（多选题）参加学校春季运动会百米赛跑的两位同学甲和乙，起跑后的速度随时间变化的图像如图所示，则在$0\sim t_1$时间内（　　）



A．甲的加速度总比乙大　　B．甲总跑在乙的前面

C．甲的平均速度比乙大　　D．甲做匀加速运动

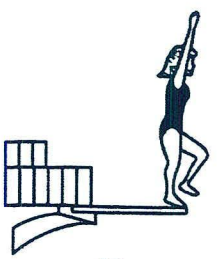
【例 3】如图甲所示，某运动员在参加跳水比赛时，假设运动员做竖直上抛运动，从运动员离开跳板瞬间开始计时，取竖直向下为正方向，该运动员重心的竖直速度随时间变化的图像如图乙所示。不计空气阻力，下列说法正确的是（　　）

A．在$0\sim t_1$和$t_1\sim t_2$时间内加速度方向相反

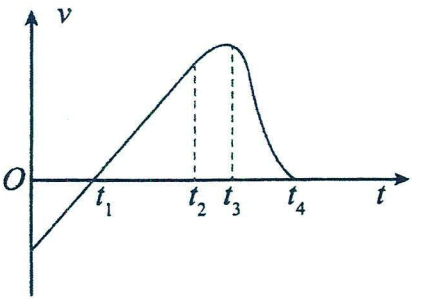
B．在t_2时刻运动员重心到达最高点

C．在t_3时刻运动员重心速度反向

D．在t_4时刻运动员重心入水深度最大



甲



乙

【变式训练】

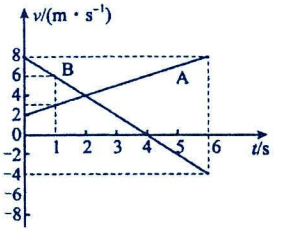
1．A、B 是做匀变速直线运动的两个物体，其速度—时间图像如图，则以下说法错误的是（）

A．A 做初速度 v_0=2m/s，加速度 a=1m/s² 的匀加速直线运动

B．4s 后，B 沿反方向做匀减速运动

C．t=1s 时，A 的速度大小为 3m/s，方向沿正方向

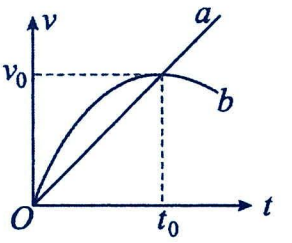
D．t=6s 时，B 的速度大小为 4m/s，方向沿负方向



2．在同一条平直公路上，甲、乙两车在同一停止线并排等待红灯，绿灯亮起后同时启动，其速度—时间图像分别为图中直线 a 和曲线 b，由图可知（　　）

A．在 0～t_0 时间内，两车距离先增大后减小　　B．在 0～t_0 时间内，两车位移相同

C．在 0～t_0 时间内，b 车加速度逐渐减小　　D．在 0～t_0 时间内，两车的平均速度相同



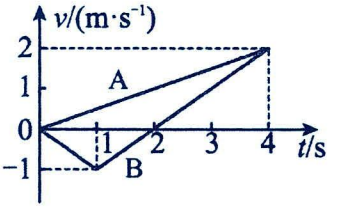
题型三：图像综合应用

【精选例题】

【例 1】（多选题）两质点 A、B 从同一地点开始运动的速度—时间图像如图，下列说法正确（）

A．质点 A 的加速度大小为 0.5m/s²　　B．t=1s 时，质点 B 的运动方向发生改变

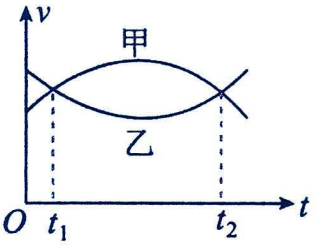
C．t=2s 时，质点 B 的加速度方向不变　　D．B 的加速度始终为 1m/s²



【例 2】（多选题）甲、乙两汽车在同一条平直公路上同向运动，其速度—时间图象分别如图中甲、乙两条曲线。已知两车在 t_2 时刻并排行驶。下列说法正确的是（　　）

A．两车在 t_1 时刻也并排行驶　　B．在 t_1 时刻甲车在后，乙车在前

C．甲车的加速度大小先增大后减小　　D．乙车的加速度大小先减小后增大



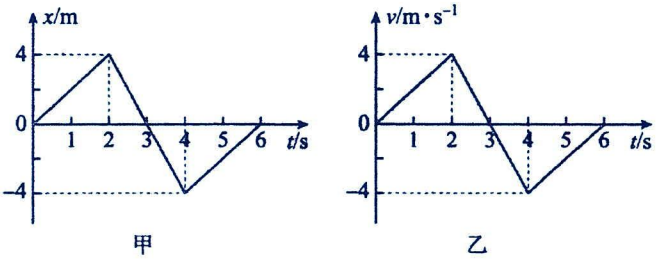
【例 3】甲、乙两物体从同一点开始沿一直线运动，甲和乙的运动图像如图，下列说法中正确（）

A．甲、乙均在 3s 末回到出发点，距出发点的最大距离均为 4m

B．0~2s 内与 4~6s 内，甲的速度等大、反向

C．0~6s 内，甲、乙的运动方向均改变一次

D．6s 内甲的路程为 16m，乙的路程为 12m

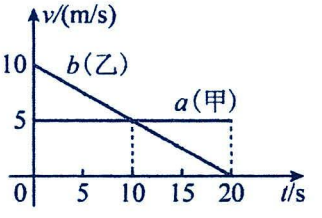


【变式训练】

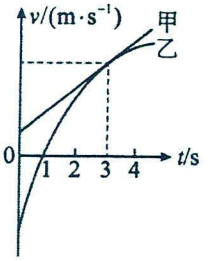
1．甲乙两辆汽车在平直的公路上沿同一方向做直线运动，t=0 时刻同时经过公路旁的同一个路标。在描述两车运动的 v—t 图中（如图），直线 a、b 分别描述了甲乙两车在 0~20 秒的运动情况。关于两车之间的位置关系，下列说法正确的是（　　）

A．在 0~10 秒内两车逐渐靠近　　B．在 10~20 秒内两车逐渐远离

C．在 5~15 秒内两车的位移相等　　D．在 t=10 秒时两车在公路上相遇



2．甲乙两人在同一平直公路上运动的$v-t$图像如图所示，下列说法正确的是（　）



A．0～3s内甲的位移大于乙的位移

B．0～3s内甲的位移小于乙的位移

C．无法判断0～3s内甲、乙谁的位移较大

D．0～3s内$t=3$s时乙的速度最小

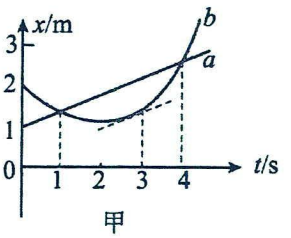
3．（多选题）如图所示，甲、乙两个图像分别表示四个物体沿同一直线的运动情况，a、c为直线，b、d为曲线，3s末，b、d物体图线的斜率分别与a、c物体图线的斜率相同，下列说法正确的是（　　）

A．3s末，a、b两物体的速度相等，c、d两物体的加速度相等

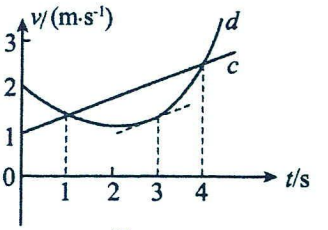
B．a、b在1s末相遇，c、d也在1s末相遇

C．c、d两物体在1～4s内c的平均速度大

D．四个物体的运动方向一直都相同



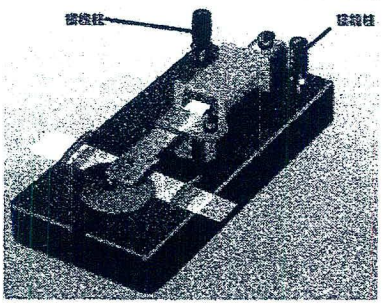
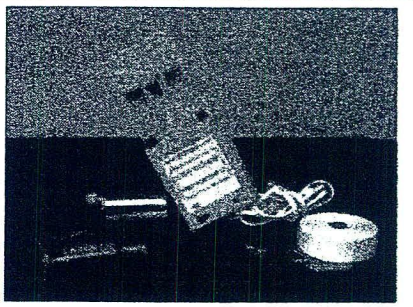
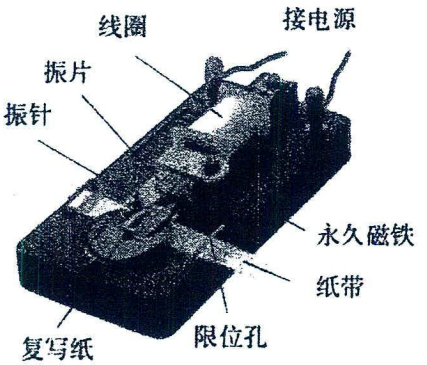
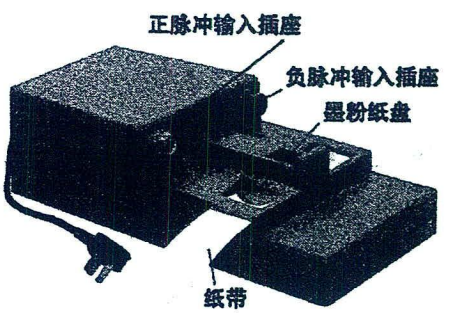
甲



乙

考点三：打点计时器

1.两类打点计时器

	电磁打点计时器	电火花打点计时器
		
		 电火花计时器
电源性质	8V交流电源	220V交流电源
打点频率	50Hz，打点时间间隔0.02s	50Hz，打点时间间隔0.02s
大点方式	利用振针振动通过复写纸复印打点	利用放电针高压放电使墨粉在纸带上成点
阻力来源	纸带与限位孔、限位盘的摩擦；振针与纸带打点接触时的摩擦	纸带与限位孔、限位盘的摩擦
记录信息	时间、位移	时间、位移
优劣	电火花计时器比电磁打点计算器更准确	

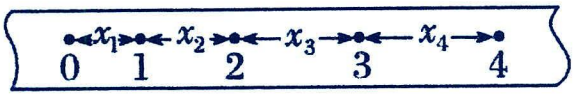
2.打点计时器的使用

（1）固定装置，安装纸带；

（2）启动电源，用手水平拉动纸带，在纸带上打出一行小点，随即关闭电源。

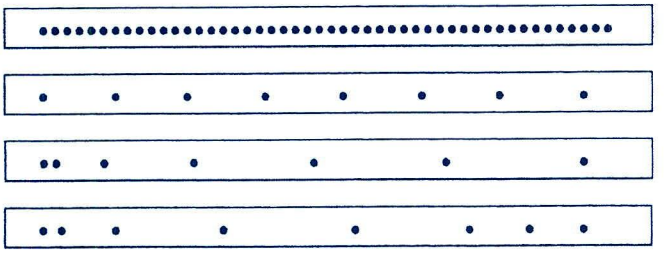
（3）取下纸带，从能看清楚的某个点开始往后每间隔 n 个点依次标记 1、2、3…n，如图。

（4）用刻度尺测量从起点到对应点的位移 x，标为 x_1、x_2、x_3…x_n，如图。



（5）打出的点越密集，说明质点运动越慢。

（6）打出的点间距相等，说明质点做匀速直线运动，如图。



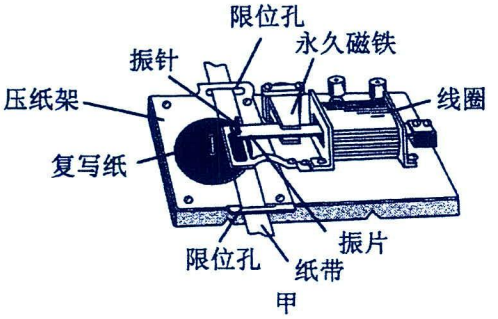
（7）常见问题分析

现象	原因	调节的方法
打点不清晰	1、振针过高 2、电压过低，振幅太小 3、复写纸用得太久	1、把振针适当调低 2、调高电压 3、换新的复写纸
打的不是点，是短线	1、振针过低 2、所加电压太高，使振幅过大	1、把振针适当调高一些 2、适当调低电压
打双点	振针松动	把振针固定好

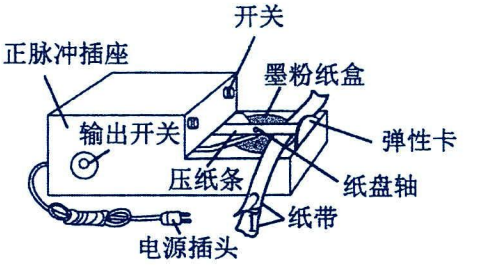
题型一：利用打点计时器测量加速度

【精选例题】

【例 1】图中的甲、乙两种打点计时器是高中物理实验中常用的，请回答下面的问题：



甲



乙

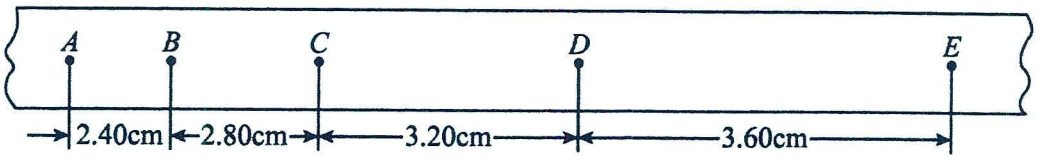
(1)图中打点计时器乙的工作电压为_____（填“交流”或“直流”）_____V。若提供的实验器材中同时有甲、乙两个打点计时器，优先选用_____（填“甲”或“乙”）。

(2)在“测量匀变速运动物体的加速度”实验中，打点计时器打出的一条纸带如图所示。A、B、C、D、E为我们在纸带上所选的计数点。每相邻的两个计数点之间有四个小点未画出（已知打点计时器打点频率为50Hz）。计算结果保留三位有效数字，试求：

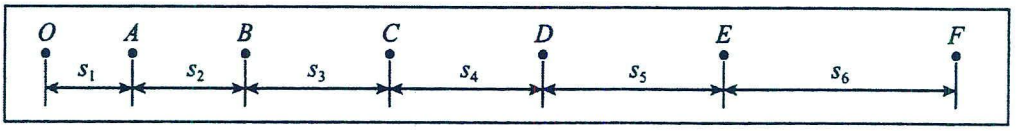
①打点计时器打下D点时小车的瞬时速度，v_D =_____m/s；

②小车的加速度a=_____m/s^2；

③若实验中使用的电源实际频率为49Hz，但是做实验的同学并不知情，由此将导致加速度测量值比实际值____（选填“偏大”或“偏小”）。



【例2】小开同学在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中，用打点计时器记录了被小车拖动的纸带的运动情况，在纸带上确定出O、A、B、C、D、E、F共7个计数点，相邻计数点间的距离如图所示，测出计数点间的距离分别为s_1=1.51cm，s_2=1.98cm，s_3=2.45cm，s_4=2.93cm，s_5=3.40cm，s_6=3.88cm，已知打点计时器的频率为f=50Hz，每两个相邻的计数点之间还有4个计时点未画出。



(1)以下关于实验的说法不正确的是（　　）

A．在进行实验时，应先释放小车，再打开电源

B．打点计时器应接在交流电源上

C．打点计时器每隔0.02s打一个点

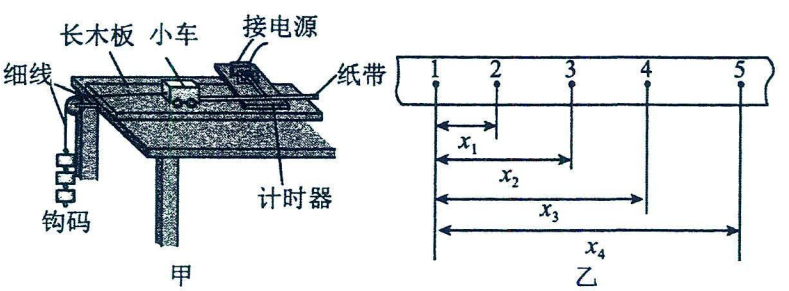
D．舍去纸带上密集的点，利用点迹清晰、点间间隔适当的一部分进行测量、计算

E．释放小车时，应将其靠近打点计时器，以便打出更多的点进行研究

(2)打D点时小车的速度v_D=_____m/s；小车的加速度a=_____m/s。（计算结果均保留两位有效数字）

【变式训练】

1．某实验小组研究小车匀变速直线运动规律的实验装置如图甲所示，打点计时器的工作频率为50Hz。纸带上计数点的间距如图乙所示，相邻两个计数点之间还有四个计时点未标出。



(1)下列操作中正确的有（　　）

A．在释放小车前，小车要靠近打点计时器　B．打点计时器应放在长木板的有滑轮一端

C．应先接通电源，后释放小车　　D．电火花计时器应使用低压交流电源

(2)图乙中标出的相邻两计数点的时间间隔 T=_____s。

(3)计数点 3 对应的瞬时速度大小计算式为 v_3=_____。

(4)为了充分利用记录数据，减小误差，小车加速度大小的计算式应为 a=_____。

(5)若计时器工作频率大于 50Hz，则根据表达式和题中数据计算出 v_3 的结果比实际值_____（填“相等”“偏大”或“偏小”）。

2．某班级在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中，打点计时器接频率 50Hz 的交流电源，记录了被小车拖动的纸带的运动情况，在纸带上确定出 A、B、C、D、E、F、G 共 7 个计数点，每个计数点与计数点 A 间的距离如图 1 所示，每两个相邻的计数点之间还有 4 个点未画出。

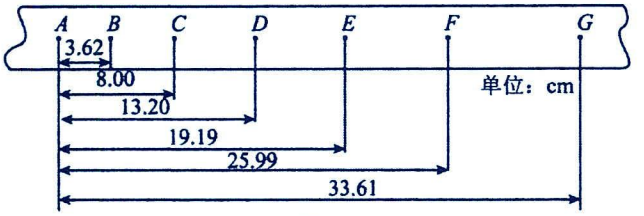


图1

速度	v_B	v_C	v_D	v_E	v_F
数值（m/s）	___	0.479	0.560	0.640	0.721

(1)请依据纸带数据，计算打下 B 点时的小车瞬时速度大小 v_B=_____m/s；（结果保留 3 位小数）

(2)班级内甲、乙、丙三个小组采用了不同的数据处理方法，甲小组充分利用纸带，直接计算小车加速度 $a_{甲}$=_____ m/s^2；（结果保留 2 位有效数字）

(3)乙小组根据纸带上各个计数点间的距离，计算出打下 B、C、D、E、F 五个计数点时小车的瞬时速度（请根据第一问结果补全表格）

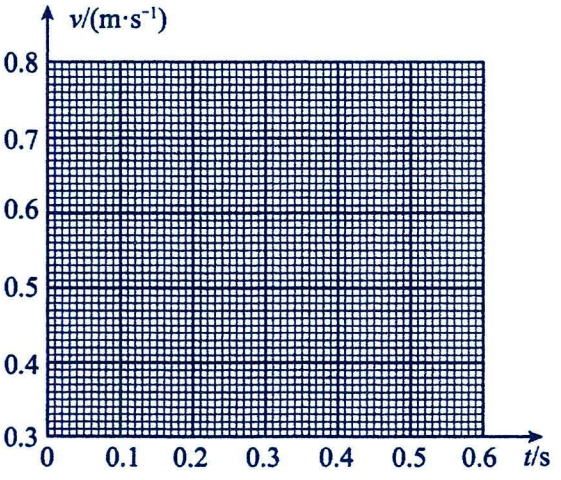


图2

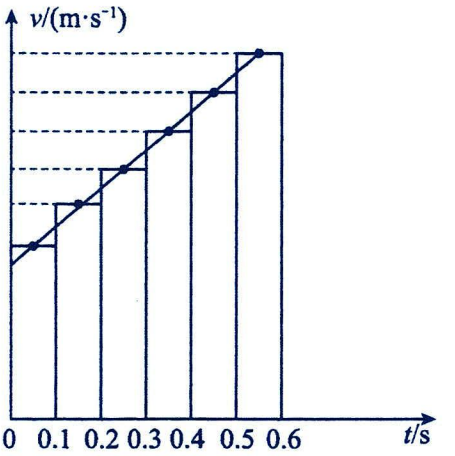


图3

①以 A 点为计时起点，将 B、C、D、E、F 各个时刻的瞬时速度标在直角坐标系中，并画出小车的瞬时速度随时间变化的关系图线；

②由所画 v-t 图像求出小车加速度为 $a_{乙}$=_____ m/s^2（结果保留 2 位小数）；

(4)如图 3，丙小组用以下方法绘制了小车运动的 v-t 图像：先把纸带每隔 0.1s 剪断，得到若干短纸条。再把这些

纸条并排贴在一张纸上，使这些纸条下端对齐，作为时间坐标轴，标出时间。最后将纸条上端中心连起来，于是得到v-t图像。你认为这种方法有道理吗？如果你认为合理，请根据这种方法计算出小车运动的加速度_____。

题型二：利用现代技术测量加速度

【精选例题】

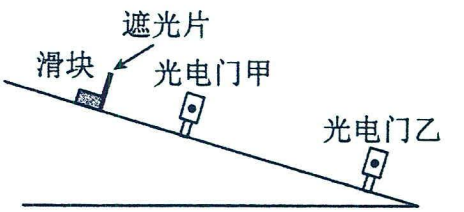
【例 1】某实验小组利用如图所示的装置测量滑块在斜面上做匀变速运动的加速度。一斜面上固定有两个光电门，一带有遮光片的滑块自斜面上滑下，经过光电门甲、乙时，遮光片的挡光时间分别为t_1、t_2。已知遮光片的宽度为d，光电门甲、乙之间的距离为L。（以下计算结果均用题中所给物理量符号表示）

(1)研究物体的运动时，用光电门测瞬时速度从科学方法来说属于_____。

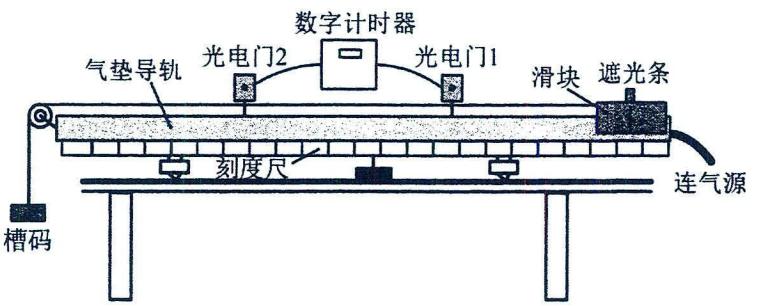
A．极限法　　B．微元法　　C．等效替代法

(2)滑块通过光电门乙时的速度大小为_____。

(3)滑块在斜面下滑时的加速度大小为_____。



【例 2】某物理兴趣小组利用气垫导轨测定滑块的加速度。滑块上安装了宽度为d的遮光板，如图，滑块在牵引力的作用下先后加速通过两个光电门，配套的数字毫秒计记录了遮光板通过第一个光电门的时间为Δt_1，通过第二个光电门的时间为Δt_2，通过两个光电门的时间间隔为t。



(1)滑块经过第一个光电门时的速度大小v_1=_____，滑块经过第二个光电门时的速度大小v_2=_____；

(2)滑块的平均加速度大小为a=_____；

(3)为了减小误差，可采取的方法是_____

A．增大遮光板的宽度　　B．减小遮光板的宽度

C．增大两光电门的间距　　D．使滑块的释放点更靠近光电门

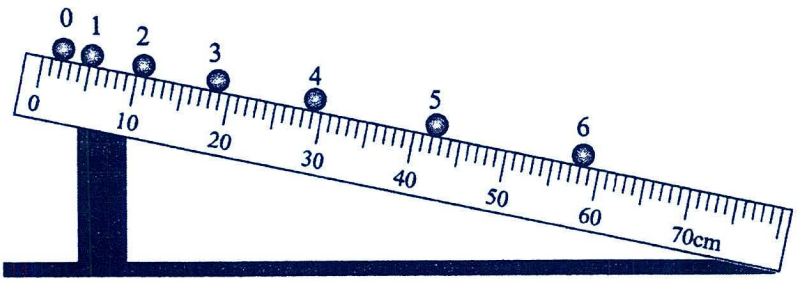
【例 3】如图是某兴趣小组研究匀变速直线运动的实验装置，实验时，用手机录制一钢球沿着倾斜槽由静止开始运动的一段视频，把视频文件导入计算机并利用视频播放器中的“逐帧播放”功能，每6帧截取一张图片，按拍摄先后顺序合并成一张“频闪”照片，如图所示，已知手机拍摄帧率为f=30FPS（即每秒拍摄30张照片），小球各个位置对应刻度尺的读数如下表所示，各标记点的坐标分别用x_0、x_1、x_2、x_3、x_4、x_5和x_6表示：

标记点	0	1	2	3	4	5	6
刻度尺读数（cm）	2.0	5.0	10.5	18.5	29.1	42.3	58.1

（1）相邻两标记点之间的时间 T=_____s。

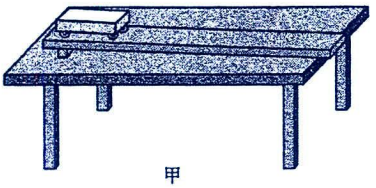
（2）小球在标记点 2 时的大小为_____m/s（结果保留三位有效数字）。

（3）小球运动过程的加速度表达式为 a=_____（请用题给符号表示）。

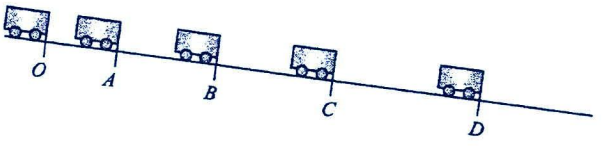


【变式训练】

1．某学习小组在做“探究小车速度随时间变化的规律”实验后，利用频闪照相研究小车从斜面上滑下的运动。如图甲所示，将小车从斜轨上由静止释放，用频闪相机从小车运动的侧面进行照相，频闪仪的频率为 10Hz，得到如图乙所示的照片。根据照片测得 $OA=31.8\text{cm}$，$OB=67.4\text{cm}$，$OC=106.9\text{cm}$，$OD=150.5\text{cm}$。



甲

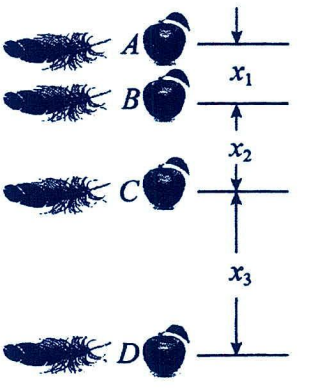


乙

(1)根据以上信息，可求得小车运动到位置 A 处时的速度大小 $v_A=$_____m/s，小车运动过程中的加速度大小 $a=$_____m/s^2（结果均保留 2 位有效数字）；

(2)根据以上数据可推知，小车在 O 点的速度_____（填“为零”或“不为零”）。如果当时频闪仪的频率为 12Hz，而做实验的同学们并不知道，那么测得的加速度与真实值相比_____（填“偏大”“偏小”或“不变”）。

2．如图所示为用频闪相机拍摄的羽毛与苹果同时在真空环境下落的局部频闪照片，已知频闪相机每隔 Δt 时间闪光一次。



（1）关于图中的 x_1、x_2、x_3，下列选项关系一定正确的是_____。

A．$x_1:x_2:x_3=1:4:9$　　B．$x_1:x_2:x_3=1:3:5$　　C．$2x_2=x_3+x_1$

（2）利用图片提供的信息可以求得当地的重力加速度值为_____。

A．$\dfrac{2x_1}{(\Delta t)^2}$　　B．$\dfrac{2(x_1+x_2+x_3)}{9(\Delta t)^2}$　　C．$\dfrac{x_3-x_1}{2(\Delta t)^2}$　　D．$\dfrac{x_3-x_1}{4(\Delta t)^2}$

跟踪练习（一）

基础过关

一、单选题

1．物理学家在建立物理概念、探究物理规律的过程中应用了许多思想方法，以下叙述不正确的是（　　）

A．在研究弹力时，通过激光笔、平面镜观察桌面形变，应用了微小量放大法

B．在不需要考虑物体本身的大小和形状时，用质点来代替物体的方法是控制变量法

C．根据平均速度$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$，当$\Delta t$很小时，$\frac{\Delta x}{\Delta t}$就可以表示物体在t时刻的瞬时速度，这里应用了极限思想

D．在推导匀变速直线运动位移公式时，把整个运动过程划分成很多小段，每一小段近似看做匀速直线运动，然后把各小段的位移相加，这里应用了微元累积法

2．下列几组物理量中，全部为矢量的是（　　）

A．位移　时间　速度　　B．速度　速率　质量

C．速度　位置变化　位移　　D．路程　时间　速率

3．第19届亚运会于2023年9月在杭州举行，以“中国特色、亚洲风采、精彩纷呈”为目标，秉持“绿色、智能、节俭、文明”办会理念，下列说法正确的是（　　）

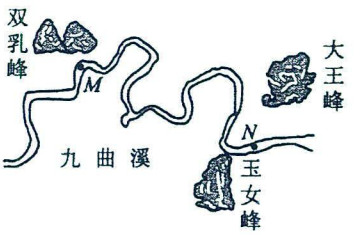
A．对参加首次列入亚运会正式竞赛项目的霹雳舞竞赛的运动员打分时，可以把运动员看成质点

B．忽略空气阻力，17岁“天才少女”黄雨婷，在射击比赛中打出的子弹在空中做匀变速运动

C．张亮以6分57秒06的成绩获得赛艇男子单人双桨冠军，6分57秒06指时刻

D．参加4×100米混合泳接力赛的四名运动员比赛游过的总位移大小为400m

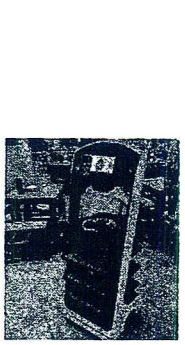
4．一游客在武夷山九曲溪乘竹筏漂流，途经双乳峰附近的M点和玉女峰附近的N点，如图所示。已知该游客从M点漂流到N点的路程为5.4km，用时1h，M、N间的直线距离为1.8km，则从M点漂流到N点的过程中（　　）

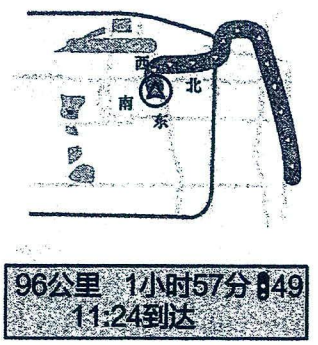


A．该游客的位移大小为5.4km　　B．该游客的平均速率为5.4m/s

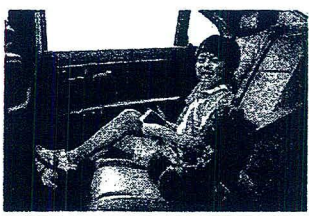
C．该游客的平均速度大小为0.5m/s　　D．若以所乘竹筏为参考系，玉女峰的平均速度为0

5．下列说法正确的是（　）


甲



乙


丙



丁

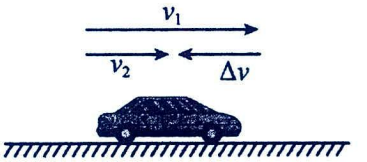
A．甲图中记录送餐机器人从1楼至9楼的时间时，不可以把机器人看成质点

B．乙图中导航显示的96公里是位移大小

C．丙图中小孩坐在行驶的汽车里，以小孩为参考系，车外的建筑物是运动的

D．丁图中雷达测速仪测得的是汽车的平均速度

6．如图所示，汽车向右沿直线运动，原来的速度是v_1，经过一小段时间之后，速度变为v_2，Δv表示速度的变化量，由图中所示信息可知（　　）



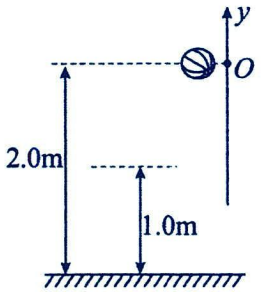
A．汽车在做加速直线运动　　B．汽车的加速度方向与v_1的方向相同

C．汽车的加速度方向与v_1的方向相反　　D．汽车的加速度方向与Δv的方向相反

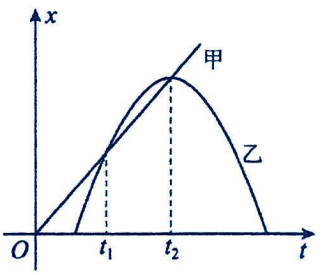
7．如图所示，一只篮球从距离地面2.0m高的位置落下，被地面弹回，在距离地面1.0m高的位置被接住。以距离地面2.0m高的位置为坐标原点建立一维坐标系，以竖直向上为正方向。下列说法正确的是（　　）

A．篮球开始下落时的位置坐标为2.0m　　B．篮球被接住时的位置坐标为1.0m

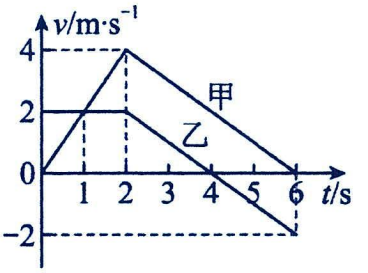
C．篮球从落下到被接住通过的位移为−1.0m　　D．篮球从落下到被接住通过的路程为1.0m



题7



题8



题9

8．甲、乙两车在同一平直公路上行驶的位置x随时间t变化的关系图像如图所示。下列说法正确的是（　　）

A．两车的运动方向都不变　　B．两车相遇两次

C．乙车在t_2时刻的速度最大　　D．t_2-t_2时间内，两车的位移都在均匀增大

9．甲、乙两个物体由同一地点沿同一方向做直线运动，其v-t图象如图所示。关于两物体的运动情况，下列说法正确的是（　　）

A．在t=2s时，甲的速度方向发生改变　　B．在t=4s时，甲、乙相遇

C．0～6s内，甲、乙平均速度相同　　D．在t=1s时，乙在甲前方

二、多选题

10．甲、乙两质点在同一直线上做匀速运动，设向右为正方向，甲质点的速度为+2m/s，乙质点的速度为−4m/s，则可知（　　）

A．乙质点的速度大于甲质点的速度

B．因为+2＞−4，所以甲质点的速度大于乙质点的速度

C．这里的正、负号的物理意义是表示质点运动的方向

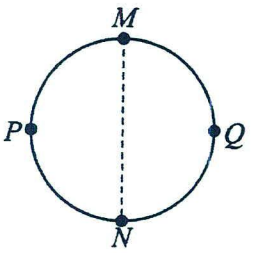
D．若甲、乙两质点同时由同一点出发，则10s后甲、乙两质点相距60m

11．关于速度、速度的变化量和加速度，正确的说法是（　　）

A．物体运动时，速度的变化量越大，它的加速度一定越大　　B．速度很大的物体，其加速度不一定为零

C．某时刻物体的速度为零，其加速度可能很大　　D．加速度很大时，运动物体的速度一定很快变大

12．一质点以不变的速率 v 沿半径为 R 的圆周运动，从经过 M 点开始，先后经过 P、N、Q 后回到 M 点，周而复始，则下列说法正确的是（　　）



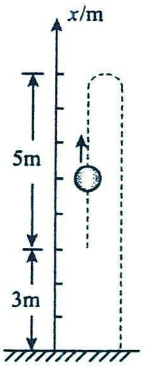
A．从 M 到 P 过程中的位移与从 P 到 N 过程中的位移相同

B．从 M 到 P 的过程中，平均速度的大小为 $\sqrt{2}v$

C．从 M 到 N 的过程中，速度变化量的大小为 2v

D．从 M 到 N 的过程中，平均加速度的大小为 $\frac{2v^2}{\pi R}$

13．一个小球从距离水平地面 3m 的高度竖直向上抛出，上升 5m 后掉落地面，整个过程经历时间为 2.4s。已知空气阻力大小恒定，规定向上为正方向，则关于小球整个运动过程说法正确的有（　　）



A．小球的位移为 13m　　B．小球的平均速度为－1.25m/s

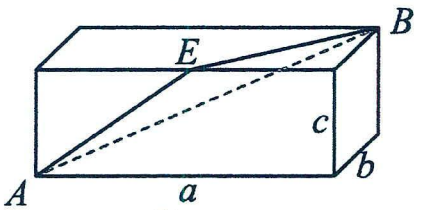
C．小球上升的加速度大于下降的加速度　　D．小球再次落回抛出点的速度与抛出速度相等

培优提升

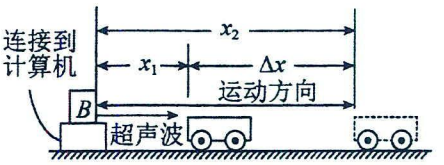
一、单选题

14．一实心的长方体，三边长分别是 a、b、c 如图所示。有一质点，从顶点 A 沿表面经点 E 运动到长方体的对角 B，关于质点的位移大小下列说法正确的是（　　）

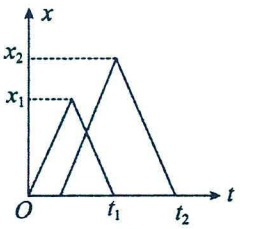
A．$\sqrt{(a+b)^2+c^2}$　　B．$\sqrt{a^2+b^2+c^2}$　　C．$\sqrt{a^2+(b+c)^2}$　　D．$\sqrt{(a+c)^2+b^2}$



题 14



甲　　题 15



乙

15．如图甲所示是一种速度传感器的工作原理图，在这个系统中，B 为一个能发射超声波的固定小盒子，工作时小盒子 B 向被测物体发出短暂的超声波脉冲，脉冲被运动的物体反射后又被 B 盒接收，从 B 盒发射超声波开始计时，经时间 t_0 再次发射超声波脉冲，图乙是连续两次发射的超声波的 x－t 图象。则下列说法正确的是（　　）

A．超声波的速度 $v_{声}=\frac{x_2}{t_2}$　　B．超声波的速度 $v_{声}=\frac{x_1}{2t_1}$

C．物体的平均速度 $\overline{v}=\frac{2(x_2-x_1)}{t_2-t_1+t_0}$　　D．物体的平均速度 $\overline{v}=\frac{2(x_2-x_1)}{t_2-t_1+2t_0}$

16．一只蜜蜂和一辆汽车在平直公路上以同样大小的速度并列运动；如果这只蜜蜂眼睛盯着汽车车轮边缘上某一点，那么它看到的这一点的运动轨迹是（　　）

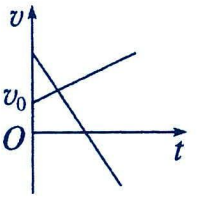


A　　B　　C　　D

第四讲：匀变速直线运动基本规律及推论

考点一：匀变速直线运动

1.定义：沿着一条直线且加速度不变的运动．如图所示，v—t 图线是一条倾斜的直线。



2.分类：a、v **同向**，匀**加**速直线运动；a、v **反向**，匀**减**速直线运动。

题型一：概念辨析

【精选例题】

【例 1】关于匀变速直线运动，正确的是（　　）

A．运动方向不可能发生改变的直线运动　　B．速度的变化率恒定的直线运动

C．速度的变化量恒定的直线运动　　D．加速度的变化率恒定的直线运动

【例 2】下列有关匀变速直线运动的认识，其中正确的是（　　）

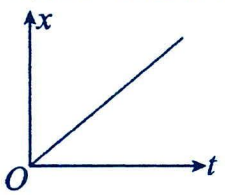
A．加速度大小不变的直线运动一定是匀变速直线运动

B．匀变速直线运动的 v-t 图像是一条倾斜的直线

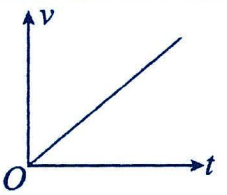
C．匀变速直线运动的 v-t 图像斜率逐渐变大

D．匀变速直线运动的速度方向一定不变

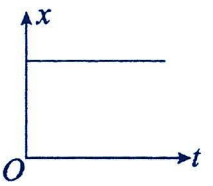
【例 3】下列位移 x、速度 v 随时间 t 变化的图像中，属于匀加速直线运动的是（　）



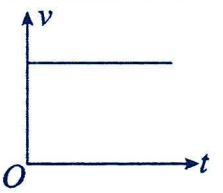
A



B



C



D

【变式训练】

1．（多选题）物体在做匀减速直线运动（运动方向不变），下面结论正确的是（　　）

A．加速度越来越小　　B．加速度方向总与运动方向相反

C．位移随时间逐渐增大　　D．速率可能随时间均匀增大

2．（多选题）关于匀变速直线运动，下列说法正确的是（　　）

A．匀加速直线运动的速度一定与时间成正比

B．匀减速直线运动就是加速度为负值的运动

C．匀变速直线运动是加速度恒定不变的直线运动

D．匀变速直线运动是任意相等时间内速度变化相同的直线运动

考点二：四大基本公式（知三求二）

1	速度公式：$v=v_0+at$	不涉及位移
2	位移公式：$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$	不涉及末速度
3	速度—位移关系式：$v^2-v_0^2=2ax$	不涉及时间
4	平均速度公式：$x=\frac{v_0+v_t}{2}\cdot t$	不涉及加速度
运动学公式中正、负号的规定及意义：	直线运动用正、负号表示矢量的方向 一般情况下，规定初速度 v_0 的方向为正方向 与初速度同向的物理量取正值，反向的物理量取负值 当 $v_0=0$ 时，一般以加速度 a 的方向为正方向	

题型一：理解基本公式

【精选例题】

【例 1】对于关系式 $v=v_0+at$ 的理解，正确的是（　　）

A．必须取 v_0 为正　　B．若 v_0 为正，v 为负，说明 v 与 v_0 方向相反

C．a 为负时物体一定做匀减速直线运动　　D．运算中，v、v_0、a 的值都要用绝对值代入

【例 2】（多选题）某质点的位移随时间变化的关系式为 $x=3t^2+5t$，x 与 t 的单位分别是米和秒，则质点的（　　）

A．初速度为 3m/s　　B．前 4s 的平均速度为 17m/s

C．加速度为 $6m/s^2$　　D．物体第 1s 移动 6m

【例 3】（多选题）关于公式 $x=\frac{v^2-v_0^2}{2a}$，下列说法错误的是（　　）

A．此公式只适用于匀加速直线运动　　B．此公式适用于匀变速直线运动

C．此公式适用于位移为正的情况　　D．此公式不可能出现 a、x 同时为负值的情况

【变式训练】

1.（多选题）火箭发射升空，假若某段时间内火箭速度的变化规律为 $v=(20t+4)m/s$，由此可知这段时间内（　　）

A．火箭做匀加速直线运动　　B．火箭的初速度为 2m/s

C．火箭的加速度为 20m/s　　D．在 3s 末，火箭的瞬时速度为 64m/s

2．随着人工智能技术的发展，无人驾驶汽车已经成为智能科技的焦点。某品牌无人驾驶汽车进行刹车性能测试，得到汽车在平直路面上紧急刹车（车轮抱死）过程中的位移随时间变化的规律为 $x=24t-3t^2$（x 的单位是 m，t 的单位是 s），则下列说法不正确的是（　　）

A．该汽车刹车的初速度为 24m/s　　B．该汽车刹车的加速度为 $-6m/s^2$

C．刹车后 2s 末的速度为 12m/s　　D．刹车后 5s 内的位移为 25m

3．（多选题）做匀变速直线运动的物体的速度v随位移x的变化规律为$x=0.125v^2-2$，v与x的单位分别为m/s和m，据此可知物体的初速度和加速度分别为（　　）

A．初速度$v_0=4\text{m/s}$　　B．初速度$v_0=3\text{m/s}$

C．加速度$a=4\text{m/s}^2$　　D．加速度$a=2\text{m/s}^2$

题型二：利用基本公式进行简单计算

【精选例题】

【例1】假设航母静止在海面上，舰载机在航母跑道上从静止开始做匀加速直线运动，以5m/s^2的加速度运动，需要达到50m/s的速度才可升空，求：(1)滑行5s后，舰载机的速度大小；

(2)从启动到起飞，至少滑行多长时间；

(3)航母跑道至少多长。

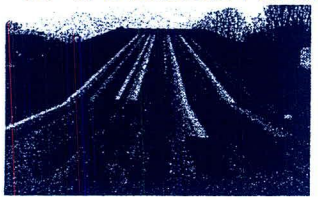
【例2】用多级火箭发射某卫星，第一级火箭点火后，卫星向上匀加速直线运动的加速度为50m/s^2，燃烧30s后第一级火箭脱离，又经过10s后第二级火箭启动，卫星的加速度为80m/s^2，经过90s后，卫星速度为8.5km/s，第二级火箭脱离。假设全过程卫星做直线运动，求：

(1)在第一级火箭脱离后的10s内，卫星运动的加速度（设此过程为匀变速直线运动）；

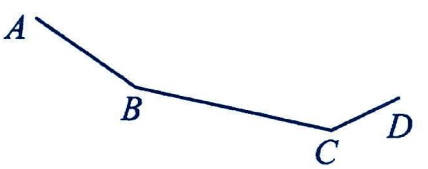
(2)全过程卫星的位移。

【例3】如图甲所示，是某景区的一个彩虹滑道，可以理想看成三段直线，如图乙所示，第一段是倾角比较大的加速下坡滑道AB，第二段是倾角比较小的下坡滑道BC，第三段是减速上坡滑道CD，若某游客乘坐滑车，在A点从静止开始以加速度a_1做匀加速运动，经过$t_1=6\text{s}$到B点时速度为$v_B=15\text{m/s}$，然后进入BC段做匀速运动，速度大小仍为15m/s，乘客在BC段运动的时间$t_2=4\text{s}$，在CD段游客做加速度大小为$a_2=5\text{m/s}^2$的匀减速运动，刚减速时速度大小仍为15m/s，游客到达D处时速度恰好为零。求：（1）在AB段运动加速度a_1的大小；

（2）游客在全过程中运动的总路程。



甲

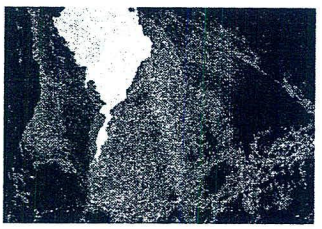


乙

【变式训练】

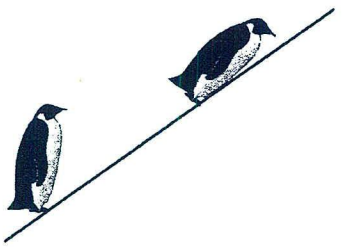
1．汉中天坑群是全球较大的天坑群地质遗迹，如图是镇巴三元圈子崖天坑，最大深度 320m，在某次勘察中，探险队员利用探险绳从坑沿到坑底仅用 89s（可认为是竖直的），若队员先以加速度 a 从静止开始做匀加速运动，经过 40s 速度为 5m/s，然后以此速度匀速运动，最后匀减速到达坑底时速度恰好为零。求：

(1)匀加速阶段加速度 a 的大小；(2)匀加速下降的高度 h；(3)队员匀速运动的时间。



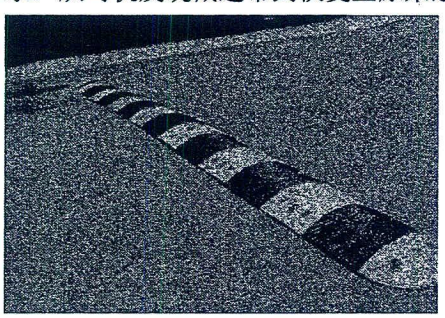
2．可爱的企鹅喜欢在冰面上玩游戏，如图，有一企鹅在倾斜冰面上，先以加速度 $a_1=0.5\text{m/s}^2$ 从冰面底部由静止开始沿直线向上“奔跑”，$t=8\text{s}$ 时，突然卧倒，肚皮贴着冰面匀减速向前滑行，加速度大小为 $a_2=4\text{m/s}^2$，最后以加速度大小为 $a_3=1\text{m/s}^2$ 加速返回滑到出发点，完成一次游戏（企鹅可看成质点）。求：(1)企鹅在 8s 时的速度大小；(2)企鹅沿冰面向上运动的总位移大小；

(3)企鹅完成一次游戏所需的时间。



3．为了确保校园道路安全，学校门口道路设置有橡胶减速带如图所示，一汽车正以 $v_0=15\text{m/s}$ 的速度行驶在该路段，在离减速带 $x_0=50\text{m}$ 处司机发现减速带，并开始做匀减速运动，结果以 $v=5\text{m/s}$ 的速度通过减速带，通过后立即以 $a=2.5\text{m/s}^2$ 的加速度加速到原来的速度。汽车可视为质点，减速带的宽度忽略不计。

求：从司机发现减速带到恢复至原来速度，(1)共经历多长时间；(2)共走过多长距离。



题型三：两种匀减速运动——刹车问题与双向可逆问题

解题要点：针对刹车问题，一定要先判断车停下的时间。

【精选例题】

【例 1】在野外自驾游容易碰见野生动物突然从路边窜出的情况。汽车以大小为 6m/s 的速度匀速行驶，突然一头小象冲上公路，由于受到惊吓，小象停在汽车前方距离车头 10m 处。司机立即刹车，加速度大小为 $2m/s^2$。从刚刹车到汽车刚停止的过程，下列说法正确的是（　　）

A．所用的时间为 6s　　B．汽车通过的距离为 18m

C．汽车最后 1s 的位移为 1m　　D．汽车与小象发生碰撞

【例 2】一辆汽车发现前方有障碍物后紧急制动，初速度为 20m/s，制动时加速度大小为 $4m/s^2$，则汽车在开始制动后的 3s 内的位移与 6s 内的位移之比为（　　）

A．21∶25　　B．24∶25　　C．18∶25　　D．16∶25

【例 3】小球以 v_0=6m/s 的速度从斜面中间滑上足够长的光滑斜面沿斜面向上滑行，已知小球在斜面上运动的加速度大小为 $2m/s^2$，当小球速度大小减小为 3m/s 时则（　　）

A．小球运动可能时间为 2s　　B．小球运动可能时间为 5s

C．小球运动位移可能为 11.25m　　D．小球运动路程可能为 11.25m

【例 4】目前我国大力提倡发展新能源车，不仅在购车方面有国家和地方双补贴、免缴购置税等好政策，而且在出行上部分城市也实施了新能源汽车免受限号的政策，受到大家的青睐。为检测某新能源车的刹车性能，一次在平直公路上实验时，某一辆新能源汽车以 72km/h 的速度匀速行驶，某一时刻踩下制动器后开始做匀减速直线运动，前 2s 内行驶的距离是 30m，问：(1)开始制动后，汽车做匀减速运动的加速度大小是多少？

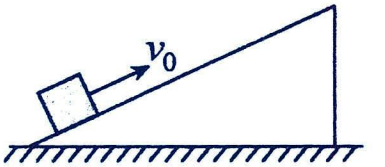
(2)开始制动后，前 3s 内平均速度大小是多少？

(3)开始制动后，5s 内汽车行驶的距离是多少？

【例 5】如图所示，t=0 时刻，一个物体以 v_0=8 m/s 的初速度沿足够长粗糙斜面上，于中间某位置向上滑动，加速度的大小为 2 m/s^2 减速运动，运动到最高点之后，又以加速度 1 m/s^2 沿斜面向下滑动，求：（结果均保留两位有效数字）（1）第 1s 末与第 5 s 末的速度；

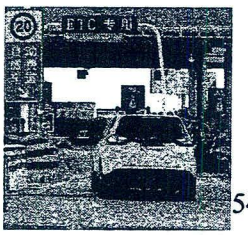
（2）经过多长时间物体的速度大小为 4 m/s。

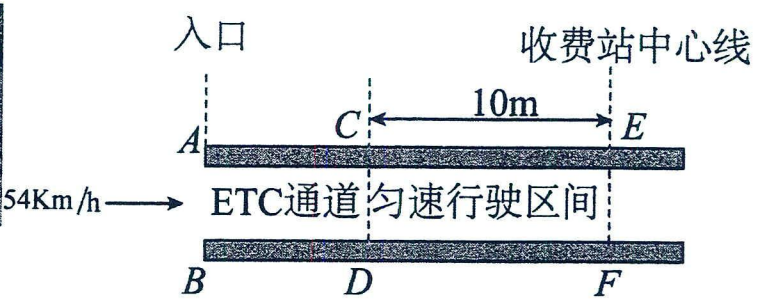
（3）向上运动开始计时，与出发点相距 12m 时的运动时间是多长。



【例 6】图甲 ETC 是高速公路上不停车电子收费系统的简称。简化为图乙，汽车（视为质点）在入口 AB 处以 54km/h 运动到距收费站中心线 EF 左侧 10m 的 CD 处，速度减为 18km/h，匀减速加速度大小为 $1m/s^2$，然后做匀速运动通过收费站，求：（1）汽车从 AB 处到 EF 的时间：（2）AB 处到 EF 的距离；

（3）若换成人工窗口收费，需在收费站中心线停车，汽车（视为质点）在入口 AB 处以 54km/h 的初速度进入，汽车刹车时加速度大小为 $2.5m/s^2$，它需在匀速运动多少时间后开始刹车？（结果保留两位有效数字）





【变式训练】

1．一辆汽车在高速公路上以 108km/h 的速度匀速行驶，突然司机发现前方有危险，马上紧急刹车，刹车时加速度的大小为 $5m/s^2$，求：(1)汽车刹车后 10s 内滑行的距离（不计反应时间）？

(2)若司机发现前方有危险时，1s 后作出反应马上制动，则从司机发现危险到最后停车，汽车前进的距离是多少？

(3)雨天时汽车轮胎与沥青路面间的动摩擦因数变小，设加速度变为 $2m/s^2$，若要求安全距离仍为第（2）问求出的距离，反应时间仍为 1s，求汽车在雨天安全行驶的最大速度？

2．一辆汽车以 v_0=36km/h 的速度在水平直线路面上匀速运动，某一时刻开始刹车，不考虑司机的反应时间，刹车后经 2s 速度变为 18km/h，求：(1)刹车时的加速度及刹车时间；

(2)刹车后前进 15m 所用的时间；

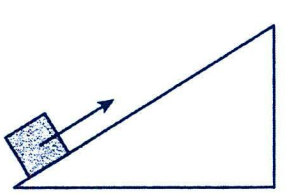
(3)刹车后 5s 内前进的距离。

3．如图甲，在$t=0$时刻，一个小物块在外力作用下从斜面底端沿斜面向上做匀加速运动，在$t_1=2s$时，撤去外力，此后物块沿斜面匀减速运动直至速度为零后反向匀加速返回斜面底端，加速度大小恒定不变。取沿斜面向上为正方向，物块在斜面上运动的速度随时间变化规律的部分$v-t$图像如图乙所示，已知斜面足够长，试求：

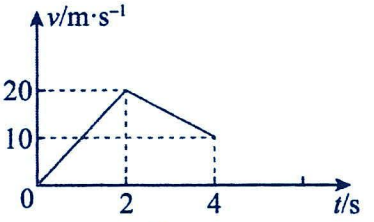
（1）撤去外力前后物块的加速度大小之比；

（2）物块沿斜面上滑的最大距离；

（3）撤去外力之后物块需经过多长时间返回斜面底端？



甲



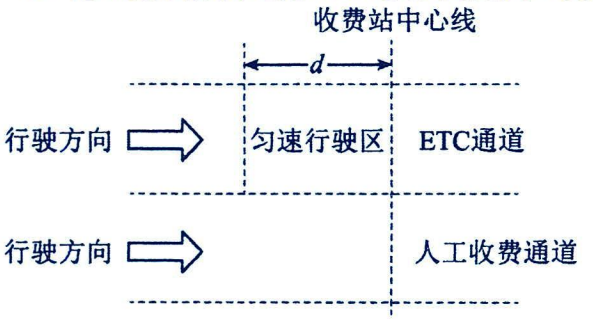
乙

4．我国不少省市 ETC 联网正式启动运行，ETC 是电子不停车收费系统的简称．汽车分别通过 ETC 通道和人工收费通道的流程如图所示．假设在济泰高速公路上一汽车以正常行驶速度 v_1=54km/h 向收费站沿直线行驶，如果过 ETC 通道，需要在距收费站中心线前 d=10m 处正好匀减速至 v_2=18km/h，匀速通过中心线后，再匀加速至 v_1 正常行驶；如果过人工收费通道，需要恰好在中心线处匀减速至零，经过 t_0=30s 缴费成功后，再启动汽车匀加速至 v_1 正常行驶．设汽车在减速和加速过程中的加速度大小分别为 a_1=2.5m/s² 和 a_2=1m/s²，求：

（1）汽车通过人工收费通道时，从开始减速到恢复正常行驶过程中的位移大小；

（2）汽车过 ETC 通道时，从开始减速到恢复正常行驶过程中的位移大小；

（3）过此收费站汽车通过 ETC 通道比通过人工收费通道到达目的地节约的时间$\Delta t'$．



考点三：中间时刻速度等于平均速度

平均速度公式：$\bar{v}=\frac{x}{t}=\frac{v_0+v}{2}=v_{\frac{t}{2}}$；即做匀变速直线运动的物体在一段时间内的平均速度等于这段时间内初、末时刻速度矢量和的一半，还等于中间时刻的瞬时速度。

此公式可以求某时刻的瞬时速度.

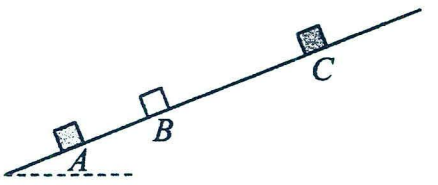
题型一：利用平均速度求加速度与速度

【精选例题】

【例 1】一物体做匀加速直线运动，通过一段 6m 的位移所用时间为 3s，紧接着通过下一段 6m 的位移所用时间为 2s，则物体的加速度大小为（　　）

A．$1m/s^2$　　B．$0.6m/s^2$　　C．$0.4m/s^2$　　D．$0.2m/s^2$

【例 2】如图所示，滑块以某一速度沿固定粗糙斜面从底端匀减速上滑，依次经过 A、B 和 C 三点。已知 AB 段和 BC 段的长度之比为 $x_{AB}:x_{BC}=3:5$，滑块在 AB 段和 BC 段的平均速度大小分别为 9m/s 和 5m/s。依据题中信息，可求出滑块（　　）



A．上滑时的加速度大小　　B．在 AB 段运动的时间

C．在 A 点的速度大小为 8m/s　　D．在 C 点的速度大小为 2m/s

【例 3】如图所示，电动公交车做匀减速直线运动进站，进站前连续经过 R、S、T 三点，已知 ST 间的距离等于 RS 间距离，RS 段的平均速度是 12m/s，ST 段的平均速度是 6m/s，则公交车经过 S 点时的瞬时速度为（　　）

A．11m/s　　B．10m/s

C．9m/s　　D．8m/s



【例 4】一物块在粗糙水平面上以一定的初速度沿直线匀减速滑行，第 2s 内的位移为 6m，第 3s 内的位移为 1.2m，物块的加速度大小是（　　）

A．$2.4m/s^2$　　B．$3.6m/s^2$　　C．$4.8m/s^2$　　D．$5.0m/s^2$

【变式训练】

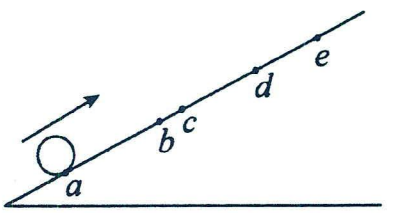
1．一物体做匀加速直线运动，在某时刻前 t_1 时间内位移大小为 s_1，在该时刻后的 t_2 时间内位移大小为 s_2，则物体的加速度大小为（　）

A．$\frac{2(s_2t_1-s_1t_2)}{t_1t_2(t_1+t_2)}$　　B．$\frac{s_2t_1-s_1t_2}{t_1t_2(t_1+t_2)}$　　C．$\frac{s_1t_2-s_2t_1}{t_1t_2(t_1+t_2)}$　　D．$\frac{2(s_1t_2-s_2t_1)}{t_1t_2(t_1+t_2)}$

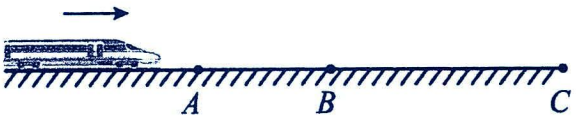
2．（多选题）如图所示，小球沿斜面向上运动，依次经过 a、b、c、d 后到达最高点 e。已知 $ab=bd=4m$，$bc=1m$，小球从 a 到 c 和从 c 到 d 所用的时间都是 2s，设小球经 b、c 时的速度分别为 v_b、v_c，则（　　）

A．$a=-1m/s^2$　　B．$v_c=2m/s$

C．从 d 到 e 所用时间为 1s　　D．$v_b=\sqrt{5}m/s$



3．2023 年 12 月 8 日，济郑高铁全线正式开通运营，首发列车复兴号 G4821 从济南长清站出站时做匀加速直线运动，途中连续经过三个测试点 A、B、C，已知 AB 段距离为 BC 段的一半，AB 段平均速度为30m/s，BC 段平均速度为60m/s，如图，则列车经过 C 点时速度大小为（ ）



A．85m/s　　B．75m/s

C．65m/s　　D．55m/s

4．（多选题）汽车司机发现前方有障碍物，立即刹车，刹车过程可视为匀减速运动。自刹车开始第 1s 内经过的位移为 24m，第 4s 内经过的位移为 1m。下列说法正确的是（　　）

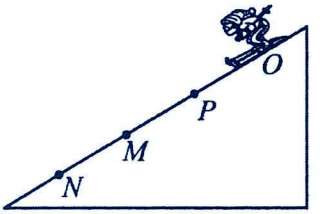
A．汽车的加速度大小为 7.67m/s^2　　B．汽车的加速度大小为 8m/s^2

C．汽车的初速度大小为 28m/s　　D．汽车的初速度大小为 30.67m/s

题型二：利用平均速度求位移

【精选例题】

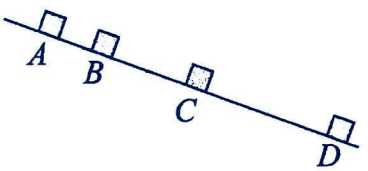
【例 1】（多选题）如图，滑雪运动员从 O 点由静止开始做匀加速直线运动，先后经过 P、M、N 三点，已知 $PM=20\text{m}$，$MN=30\text{m}$，且运动员经过 PM、MN 两段时间均为 2s，下列说法正确的是（ ）



A．运动过程中的加速度大小为2.5m/s^2　　B．运动员经过 M 点的速度为25m/s

C．运动员经过 P 点的速度为7.5m/s　　D．运动员经过 OP 的距离是 10m

【例 2】如图，一滑块（可视为质点）沿光滑斜面下滑，滑块依次经过斜面上的 A、B、C、D 四点，已知滑块通过 AB、BC、CD 的时间分别为 T、2T、3T，其中 AB 的长度为L_0，CD 的长度为 L，则 BC 的长度为（　　）



A．$\dfrac{2L+5L_0}{4}$　　B．$\dfrac{L+5L_0}{4}$

C．$\dfrac{5L_0-2L}{4}$　　D．$\dfrac{5L_0-L}{4}$

【变式训练】

1．（多选题）如图所示，物体自 O 点由静止开始做匀加速直线运动，A、B、C、D 为其运动轨迹上的四点，测得 $AB=4\text{m}, BC=8\text{m}$，且物体通过 AB、BC、CD 所用的时间均为 2s，则下列说法正确的是（　　）



A．物体加速度的大小为1m/s^2　　B．$CD=10\text{m}$

C．$OA=0.5\text{m}$　　D．物体在 C 点的瞬时速度为3m/s

2．（多选题）电动自行车因为不排放污染空气的有害气体，逐步被推广为重要的交通工具。某辆电动自行车做匀加速直线运动，依次经过 A、B、C、D 四点，已知 x_{AB}=42m，x_{CD}=30m，电动自行车通过 AB、BC、CD 三段所用的时间分别为 15s、10s、5s，则 x_{BC} 大小不可能为（）

A．30m　　B．48m　　C．50m　　D．55m

3．送餐员经过一路口前做匀减速直线运动，经过 A、B 两点时的速度大小分别为 14m/s 和 2m/s，C 点为 AB 的中点，送餐员从 A 点运动到 C 点的时间为 2s，AB 两点间的距离为（　　）

A．48m　　B．32m　　C．16m　　D．8m

考点四：中间位置速度

位移中点的速度公式：$v_{\frac{x}{2}}=\sqrt{\frac{v_0^2+v^2}{2}}$，（利用速度位移公式推导证明，证明如下）

$2ax_1=v_B^2-v_A^2$……①　　$2ax_2=v_C^2-v_B^2$……②　　①/②可得：$\frac{x_1}{x_2}=\frac{v_B^2-v_A^2}{v_C^2-v_B^2}$……③

当$x_1=x_2$时，B 点即为中间位置，可解得$v_B=\sqrt{\frac{v_A^2+v_C^2}{2}}$



当$x_1=kx_2$时，B 点速度满足：$v_B=\sqrt{\frac{v_A^2+kv_C^2}{1+k}}$

题型一：利用中间位置速度公式

【精选例题】

【例 1】一个做匀加速直线运动的物体，通过 A 点的瞬时速度是 v_1，通过 B 点的瞬时速度是 v_2，那么它通过 A、B 中点的瞬时速度是（　　）

A．$\frac{v_1+v_2}{2}$　　B．$\frac{v_2-v_1}{2}$　　C．$\sqrt{\frac{v_2^2-v_1^2}{2}}$　　D．$\sqrt{\frac{v_2^2+v_1^2}{2}}$

【例 2】一个物体做匀加速直线运动，先后经过 A、B 两点的速度分别是 v 和 3v，经过 AB 段的时间是 t，则下列说法正确的是（　　）

A．前$\frac{t}{2}$时间通过的位移比后$\frac{t}{2}$时间通过的位移少 $2vt$　　B．经过 AB 中间位置时的速度等于 2v

C．前$\frac{t}{2}$时间通过的位移比后$\frac{t}{2}$时间通过的位移少 $0.5vt$　　D．经过 AB 中间位置时的速度小于 2v

【例 3】在匀变速直线运动中，关于中间时刻瞬时速度的大小$v_{\frac{t}{2}}$和中间位置瞬时速度的大小$v_{\frac{s}{2}}$，下列说法正确的是（　　）

A．不论物体是做匀加速直线运动还是做匀减速直线运动，总有$v_{\frac{s}{2}}>v_{\frac{t}{2}}$　　B．只有做匀加速直线运动时有$v_{\frac{s}{2}}>v_{\frac{t}{2}}$

C．只有做匀减速直线运动时有$v_{\frac{s}{2}}>v_{\frac{t}{2}}$　　D．以上说法都不对

【变式训练】

1．一段笔直的大街两侧都栽有白杨树，一侧相邻白杨树的间距均为 5m，一辆摩托车可视为质点，匀加速通过这段街道，摩托车通过第一棵白杨树的速度是 1m/s，通过第三棵白杨树的速度是 7m/s，那么通过第二棵树时，摩托车的速度为（　　）

A．4m/s　　B．5m/s　　C．6m/s　　D．7m/s

2．一质点做匀加速直线运动，A、B 是直线上的两点，经过 A 点时的速度为 2m/s，经过 B 点时的速度为 8m/s。则从 A 到 B 的运动过程中，下列说法正确的是（　）

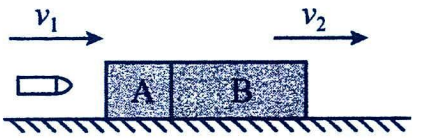
A．汽车前一半位移所用时间是后一半位移所用时间的 2 倍　　B．汽车经过 AB 中间时刻的速度是 5m/s

C．汽车前一半时间发生位移是后一半时间发生位移的一半　　D．汽车经过 AB 位移中点时速度是 5m/s

题型二：非中间位置速度公式推导应用

【精选例题】

【例 1】如图所示，木块 A、B 并排且固定在水平桌面上，A 的长度是 L，B 的长度是 2L，一颗子弹沿水平方向以速度 v_1 射入 A，以速度 v_2 穿出 B，子弹可视为质点，其运动视为匀变速直线运动，则子弹穿出 A 时的速度为（　）



A．$\frac{2\left(v_1^2+v_2^2\right)}{3}$　　B．$\sqrt{\frac{2\left(v_1^2+v_2^2\right)}{3}}$　　C．$\sqrt{\frac{2v_1^2+v_2^2}{3}}$　　D．$\sqrt{\frac{v_1^2+2v_2^2}{3}}$

【变式训练】

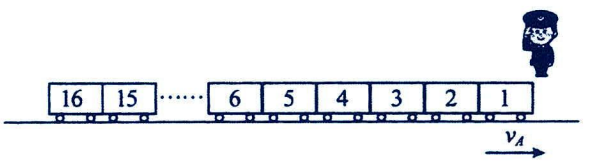
1．有一长为 L 的列车，正以恒定的加速度过铁路桥，桥长为 2L，现已知列车车头过桥头的速度为 v_1，车头过桥尾时的速度为 v_2，那么，车尾过桥尾时的速度为（　　）

A．$3v_1-v_2$　　B．$3v_2-v_1$　　C．$\sqrt{\frac{3v_2^2-v_1^2}{2}}$　　D．$\frac{\sqrt{3v_1^2-v_2^2}}{2}$

2．目前中国高铁线路的总运营里程数已经是妥妥的全球第一了，乘坐高铁成为很多人的出门首选。某高铁站台，正有一节 16 节编组的高铁列车出站，看成做匀加速直线运动，每节车厢长度均相等。车头经过站台上的列车员（静止不动）时速度为 v_A，车尾经过列车员时速度为 v_B，列车通过列车员的时间为 t，则车头经过列车员后 $\frac{t}{4}$ 时的瞬时速度和第 5 节车厢的前端经过列车员时的瞬时速度分别为（　　）

A．$\frac{v_B+3v_A}{4}$，$\sqrt{\frac{v_B^2+3v_A^2}{4}}$　　B．$\frac{v_B+3v_A}{4}$，$\sqrt{\frac{3v_B^2+v_A^2}{4}}$

C．$\frac{3v_B+v_A}{4}$，$\sqrt{\frac{v_B^2+3v_A^2}{4}}$　　D．$\frac{3v_B+v_A}{4}$，$\sqrt{\frac{3v_B^2+v_A^2}{4}}$



考点五：逐差相等公式：$\Delta x=aT^2$

连续相等的相邻时间间隔 T 内的位移差相等，即：$\Delta x=x_2-x_1=x_3-x_2=\ldots=x_n-x_{n-1}=aT^2$.

不相邻相等的时间间隔 T 内的位移差 $x_m-x_n=(m-n)aT^2$。

纸带或频闪照片类问题中常应用此公式可以求加速度。

【精选例题】

【例 1】某运动员在 100 m 短跑训练中，假设前 6 s 内做匀加速直线运动，其中第 3 s 内的位移是 4 m，第 5 s 内的位移是 7.2 m，则在前 6 s 内，下列说法正确的是（　　）

A．加速度大小为 3.2 m/s^2　　B．第 3 s 初至第 4 s 末的位移大小为 5.6 m

C．后 2 s 内的位移大小为 16 m　　D．第 3 s 初的速度比第 5 s 末的速度小 3.2 m/s

【变式训练】

1．（多选题）一乘客携带具有导航功能的手机乘坐 G115 次高速列车，列车从静止开始做匀加速直线运动，某时刻乘客开始计时，该乘客利用手机软件测出了列车第 2s 和第 6s 内的位移分别为 2m、4m，则下列说法正确的是（　）

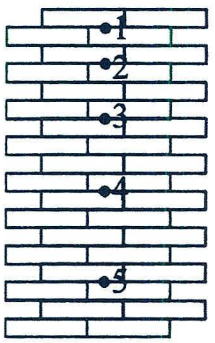
A．该列车的加速度大小为 $1m/s^2$　　B．该列车第 5s 内的位移大小为 3.5m

C．$t=0$ 时该列车的速度大小为 1.25m/s　　D．$t=6s$ 时该列车的速度大小为 8.5m/s

2．（多选题）如图所示，将一小球从竖直砖墙的某位置由静止释放，用频闪照相机在同一底片上多次曝光，得到了图中 1、2、3、4、5 所示的小球运动过程中每次曝光时的位置。已知连续两次曝光的时间间隔均为 T，每块砖的厚度均为 d。根据图中的信息，下列判断正确的是（　）

A．位置 1 是小球释放的初始位置　　B．小球在位置 3 的速度为 $\frac{7d}{2T}$

C．小球下落的加速度为 $\frac{2d}{T^2}$　　D．小球在位置 5 的速度为 $\frac{11d}{2T}$



第五讲：初速度为零的匀变速直线运动规律及应用

初速度为零的匀加速直线运动的重要比例式

1、等时间比

A、T 末、2T 末、3T 末、…、nT 末的瞬时速度之比为：$v_1:v_2:v_3:\ldots:v_n=1:2:3:\ldots:n$

B、前 T 内、前 2T 内、前 3T 内、…、前 nT 内的位移之比为：$x_1:x_2:x_3:\ldots:x_n=1:4:9:\ldots:n^2$

C、第 1 个 T 内、第 2 个 T 内、第 3 个 T 内、…、第 n 个 T 内的位移之比为：$x_I:x_{II}:x_{III}:\ldots:x_N=1:3:5:\ldots:(2n-1)$

2、等位移比

A、x 末、2x 末、3x 末、…、nx 末的瞬时速度之比为 $v_1:v_2:v_3:\ldots:v_n=1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\ldots:\sqrt{n}$

B、前 x 内、前 2x 内、前 3x 内、…、前 nx 内的时间之比为 $t_1:t_2:t_3:\ldots:x_n=1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\ldots:\sqrt{n}$

C、第 1 个 x 内、第 2 个 x 内、第 3 个 x 内、…、第 n 个 x 内的时间之比为 $t_I:t_{II}:t_{III}:\ldots:t_N=1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):\ldots:(\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$

3、特殊比：

A、第 1 个 T 内、第 1 个 2T 内、第 2 个 2T 内、…、第 n 个 2T 内的时间之比为 $x_0:x_1:x_2:\ldots:x_n=\frac{1}{8}:1:2:3:\ldots:n$.

B、质点连续经过各段位移的时间之比为 1：2：3：…：n，则各段位移之比为 1^3：2^3：3^3：…：n^3.如下表

运动时间	T	2T	3T	…	nT
通过位移	1	8	27	…	n^3

题型一：等时间规律的应用

【精选例题】

【例 1】（多选题）时间过得真快啊！一学期的学习很快就结束了，期末时小明同学对初速度为零的匀加速直线运动规律模糊不清，请同学们判断一下以下那些正确（　　）

A．第 1s 内、前 2s 内、前 3s 内…相应的运动距离之比为 $x_1:x_2:x_3:\cdots=1:4:9:\cdots$

B．第 1s 内、第 2s 内、第 3s 内…相邻的相同时间段内的位移之比一定是 $x_I:x_{II}:x_{III}:\ldots=1:3:5\ldots$

C．相邻的相同时间内位移差值一定是 $\Delta x=aT^2$，其中 T 为相同的时间间隔

D．第 1s 内、第 2s 内、第 3s 内…相邻的相同时间段内的位移之比一定是 $x_I:x_{II}:x_{III}:\ldots=1:4:9\ldots$

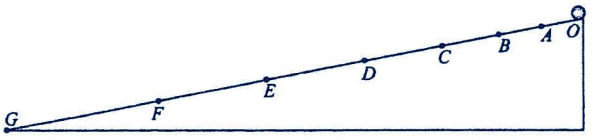
【例 2】（多选题）如图，一小球从光滑斜面顶端 O 点由静止释放，沿斜面向下做加速度为 a 的匀加速直线运动，经过时间 T 之后到达底端 G 点。小球在每两个点之间的下滑时间相同。下列选项正确的是（　　）

A．GF 比 ED 长 $\frac{aT^2}{49}$

B．小球在 CD 中点时的速度为 G 点速度的一半

C．小球经过 D、E 两点的速度之比为 4：5

D．AB 和 BC 的长度之比为 3 ： 5



【变式训练】

1. 一物体做匀加速直线运动，第 1s 内的位移为 5m，第 3s 内的位移为 9m，则该质点在前 4s 内的位移大小为（　　）

A．11m　　B．22m　　C．32m　　D．36m

2．（多选题）骑自行车的人沿着直线运动，在第 1s 内、第 2s 内、第 3s 内、第 4s 内，通过的路程别为 1m、3m、5m、7m。有关其前 4s 内运动的描述正确的是（　　）

A．该运动一定是匀加速直线运动　　B．该运动可能是初速度为 0 的匀加速直线运动

C．第 3s 末的瞬时速度是 6m/s　　D．4s 内的平均速度是 4m/s

题型二：等位移规律的应用

【精选例题】

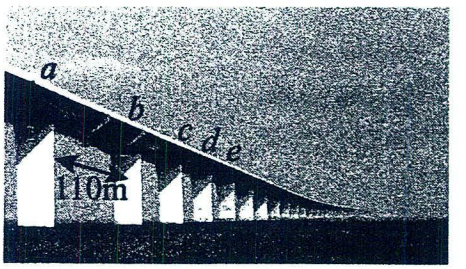
【例 1】（多选题）如图所示，为港珠澳大桥上连续四段110m 的等距跨钢箱梁桥，若汽车从 a 点由静止开始做匀加速直线运动，通过 ab 段的时间为 t，则下列说法正确的是（　　）

A．通过 cd 段的时间为 $\sqrt{3}t$

B．通过 ac 段的时间为 $\sqrt{2}t$

C．在 ab 段和 bc 段的平均速度之比为 $\left(\sqrt{2}-1\right):1$

D．ac 段的平均速度不等于 b 点的瞬时速度



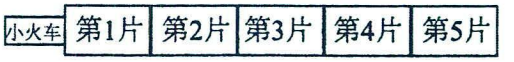
【例 2】（多选题）市面上很多电动玩具小火车的火车轨道都是如图甲所示的卡片（每片卡片完全相同）卡在一起拼装而成，每片卡片的长度为 15cm，图乙所示为一辆电动小火车的运动示意图，电动小火车的车头从第 1 片卡片的左侧由静止开始做匀加速直线运动，则小火车车头分别通过第 3 片卡片和第 5 片卡片的平均速度大小之比（　　）

A．$\dfrac{1}{\sqrt{3}-\sqrt{2}}$　　B．$\dfrac{\sqrt{3}+\sqrt{2}}{\sqrt{5}+\sqrt{4}}$

C．$\dfrac{\sqrt{5}-\sqrt{4}}{\sqrt{3}-\sqrt{2}}$　　D．$\dfrac{\sqrt{3}+\sqrt{2}}{\sqrt{5}-\sqrt{4}}$



甲



乙

【变式训练】

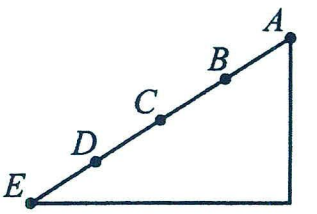
1．如图所示，光滑斜面 AE 被分成四个长度相等的部分，即 $AB=BC=CD=DE$，一物体从 A 点由静止释放，下列结论中正确的是（　　）

A．物体到达各点经历的时间 $t_E=3t_B$

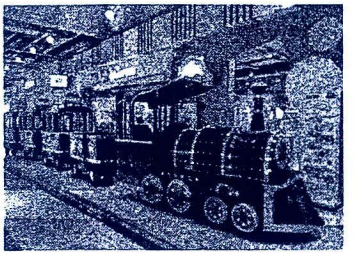
B．物体到达各点的速率 $v_B:v_C:v_D:v_E=1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:2$

C．物体从 A 运动到 E 全过程的平均速度 $\bar{v}=v_E$

D．物体通过每一部分时，其速度增量 $v_B-v_A=v_C-v_B=v_D-v_C=v_E-v_D$



2．如图所示是商场中由等长的车厢连接而成、车厢间的间隙忽略不计的无轨小火车，一小朋友站在第一节车厢前端，火车从静止开始做匀加速直线运动，则火车（　　）



A．在相等的时间里经过小朋友的车厢数之比是1:4:9

B．第1、2、3节车厢经过小朋友的时间之比是$1:\sqrt{2}:\sqrt{3}$

C．第1、2、3节车厢尾经过小朋友瞬间的速度之比是$1:\sqrt{2}:\sqrt{3}$

D．火车中间位置经过小朋友的瞬时速度小于火车通过小朋友的平均速度

题型三：利用规律判断初始位置

【精选例题】

【例】1．（多选题）一个做匀加速直线运动的小球，在第1s内通过1m，在第2s内通过2m，在第3s内通过3m，在第4s内通过4m。下面有关小球的运动情况的描述中，正确的是（　　）

A．小球的初速度为零　　B．小球在这4s内的平均速度是2.5m/s

C．小球在第3s末的瞬时速度是3.5m/s　　D．小球的加速度大小为$1m/s^2$

【变式训练】

1．（多选题）如图所示，物体自O点由静止开始做匀加速直线运动，A、B、C、D为其运动轨迹上的四点，测得AB=2m，BC=3m，且物体通过AB、BC、CD所用的时间均为0.2s，则下列说法正确的是（　　）



A．物体的加速度为$20m/s^2$　　B．CD=4m

C．物体在B点时的速度为12.5m/s　　D．OA之间的距离为1m

2．一个从静止开始做匀加速直线运动的物体，从开始运动起，连续通过三段位移的时间分别是1 s、2 s、3 s，这三段位移的长度之比和这三段位移上的平均速度之比分别是（　　）

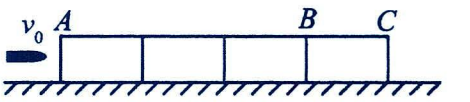
A．$1：2^2：3^2$，1：2：3　　B．$1：2^3：3^3$，$1：2^2：3^2$

C．1：2：3，1：1：1　　D．1：3：5，1：2：3

题型四：逆向思维的应用

【精选例题】

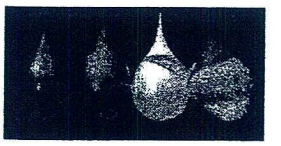
【例1】（多选题）如图所示，水平地面上有固定两块木板AB、BC，紧挨在一起，木板AB的长度是BC的三倍，一颗子弹以初速度v_0从A端射入木板，并恰能从C端射出，用的时间为t，子弹在木板中的运动可以看成是匀变速运动，则以下说法中正确的是（　　）

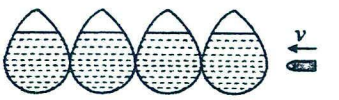


A．子弹到B点的速度为$\frac{v_0}{4}$　　B．子弹到B点的速度为$\frac{v_0}{2}$

C．子弹从A到B的时间为$\frac{t}{4}$　　D．子弹从A到B的时间为$\frac{t}{2}$

【例 2】在影视剧中我们会看到有角色被追杀跑到河岸边上时，大都会选择跳入水中来躲避被子弹射伤的可能，可见水阻碍子弹射击的效果显著。《街头科学实验室》中验证了四个完全相同的水球即可挡住子弹，假设子弹在水球中沿水平方向做初速度为 v 的匀减速直线运动，恰好能穿出第四个水球，则（　）





A．子弹在每个水球中速度变化量相同

B．子弹穿出第二个水球时的瞬时速度为 $\frac{v}{2}$

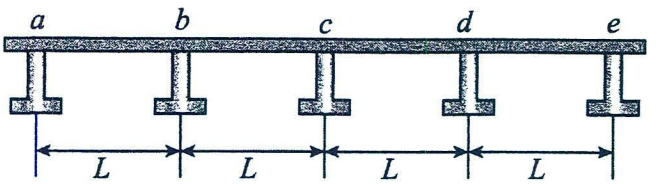
C．子弹在每个水球中运动的时间比为 $t_1:t_2:t_3:t_4=2:\sqrt{3}:\sqrt{2}:1$

D．子弹穿出前三个水球的瞬时速度之比为 $v_1:v_2:v_3=\sqrt{3}:\sqrt{2}:1$

【例 3】如图为大连星海湾大桥上的四段长度均为 L 的等跨连续桥梁，汽车从 a 处开始做匀减速直线运动，恰好行驶到 e 处停下。汽车通过 ab 段的平均速度为 v_1，汽车通过 de 段的平均速度为 v_2，则 $\frac{v_1}{v_2}$ 满足（　　）

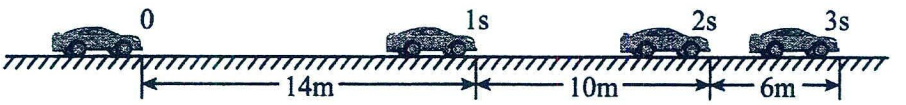
A．$1<\frac{v_1}{v_2}<2$　　B．$3<\frac{v_1}{v_2}<4$

C．$2<\frac{v_1}{v_2}<3$　　D．$4<\frac{v_1}{v_2}<5$



【变式训练】

1．如图所示，一辆汽车行驶在平直公路上，从 $t=0$ 时开始制动，汽车在第 1s、第 2s、第 3s 前进的距离分别为 14m、10m、6m。由此可知，由开始制动到静止，汽车运动的距离为（　　）



A．30m　　B．32m　　C．34m　　D．36m

2．2024 年，国铁集团将完成 CR450 样车制造并开展型式试验，预计到 2025 年将投入使用。CR450 高速动车的实验运行速度将达到 450 公里/小时，商业运行速度将达到 400 公里小时，从而有望一举成为世界上最快的高速列车。若该高速动车从某时刻起做匀减速直线运动，分别用时 3s、2s、1s 连续通过三段位移后停下，则这三段位移之比是（　）

A．9∶4∶1　　B．27∶8∶1　　C．5∶3∶1　　D．3∶2∶1

3．在子弹穿透力对比的测试中，实验者可以通过子弹射穿苹果的个数来比较不同手枪子弹的穿透力，其中左轮手枪的子弹穿透了 36 只被紧挨排列固定在一起的苹果后速度恰好减为 0，子弹穿透 36 只苹果的总时间为 t，已知子弹可以视为质点，子弹穿透苹果的过程受到的阻力不变，下列说法正确的是（　　）

A．子弹在前 $\frac{t}{2}$ 时间内穿透了 4 只苹果



B．子弹穿透前 18 个苹果所用时间为 $\frac{\sqrt{2}}{2}t$

C．子弹穿透第 1 只与最后 1 只苹果所用的时间之比为 6：1

D．子弹穿透第 20 只苹果所用时间为 $\frac{\sqrt{17}-4}{6}t$

跟踪练习（二）

一、单选题

1．下列关于匀加速直线运动和匀减速直线运动的说法，正确的是（　　）

A．速度随时间均匀变化的直线运动叫匀加速直线运动

B．在匀加速直线运动中，加速度一定为正值

C．做匀减速直线运动的物体，它的速度方向和加速度的方向相反

D．当物体的加速度不断减小时，其速度也一定不断减小

2．如图“30TFSI”为某品牌汽车的尾部标识，其中“30”称为G值，G值越大，加速越快。G值的大小为车辆从静止加速到100km/h（百公里加速）的平均加速度的10倍。由此推算，该车百公里加速时间约为（　）



A．3.3s　　B．9.3s

C．12.0s　　D．33.3s

3．一辆汽车在笔直的道路上制动后做匀减速直线运动，利用相机对汽车从制动开始每隔1s拍摄照片，拍摄结束后，根据一定比【例】测出了每两次拍摄之间车运动的距离，将照片合成如图所示。下列说法正确的是（　　）



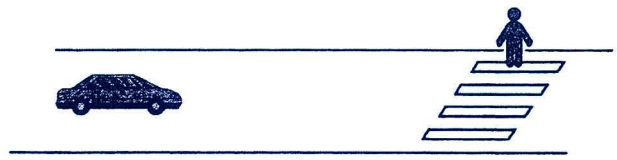
A．汽车制动后做匀减速运动的加速度大小为$2m/s^2$　　B．汽车制动后第2s内的平均速度为8m/s

C．汽车制动后第1s末的速度大小为6m/s　　D．汽车开始制动时的速度为9m/s

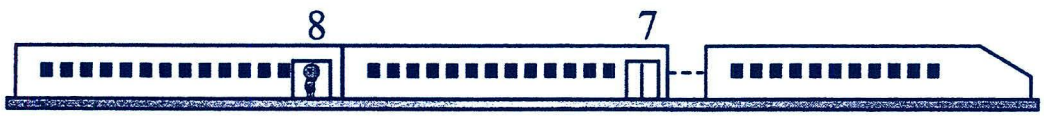
4．我国有多个城市已开展了无人驾驶汽车上路运营。如图，一辆无人驾驶汽车在平直的道路上以速度v匀速行驶，当监测到前方有行人通过人行横道时，汽车继续匀速行驶了时间t后开始执行刹车操作直至完全停止。刹车后汽车可视为做匀减速直线运动，已知减速行驶的距离为x，减速运动的加速度大小为a，下列说法正确的（　　）

A．$x=vt$　　B．$x=\frac{1}{2}at^2$

C．$x=\frac{v^2}{2a}$　　D．$x=vt-\frac{1}{2}at^2$



5．现在随着“动车”、“高铁”的发展使得城市间距离拉近了很多，从郑州到北京“高铁”只需要约3个小时。有一旅客在站台8号车厢候车线处候车，若“高铁”一节车厢长25米，进站时可以看做匀减速直线运动，他发现第6节车厢经过他用了2s，停下时旅客刚好在8号车厢门口，如图所示。则该“高铁”的加速度大小约为（　）



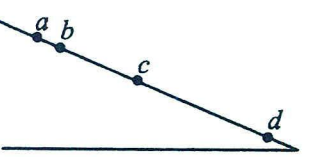
A．$0.2m/s^2$　　B．$0.5m/s^2$　　C．$1m/s^2$　　D．$2m/s^2$

6．以15m/s的速度沿平直公路行驶的汽车，$t=0$时刻开始制动，汽车做匀减速直线运动，在停止运动前的第2个2s内前进的位移为18m。在汽车制动过程中，下列说法正确的是（　　）

A．汽车的加速度大小为$2m/s^2$　　B．汽车最初2s内的位移为26m

C．汽车停止前2s内的位移为6m　　D．汽车匀减速运动的总时间为7.5s

7．如图所示，a、b、c、d为光滑斜面上的四个点。一小滑块自a点由静止开始下滑，通过ab、bc、cd各段所用时间均为T。现让该滑块自b点由静止开始下滑，则该滑块（　　）



A．通过bc、cd段的时间均等于T　　B．通过c、d点的速度之比为$\sqrt{3}:\sqrt{5}$

C．通过bc、cd段的时间之比为$1:\sqrt{3}$　　D．通过c点的速度大于通过bd段的平均速度

二、多选题

8．在物理学的重大发现中科学家们创造出了许多物理学方法，如理想实验法、控制变量法、极限思想法、类比法和科学假说法、建立物理模型法等。以下关于所用物理学研究方法的叙述正确的是（　　）

A．在不需要考虑物体本身的大小和形状时，用质点来代替物体的方法叫假设法

B．从科学方法角度来说，物理学中引入“平均速度”概念运用了等效替代方法

C．由速度定义式$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$，当$\Delta t$非常非常小时，$\frac{\Delta x}{\Delta t}$就可以表示物体在t时刻的瞬时速度，该定义应用了微元法

D．在推导匀变速运动位移公式时，把整个运动过程划分成很多小段，每一小段近似看做匀速直线运动，然后把各小段的位移相加，这里采用了微元法

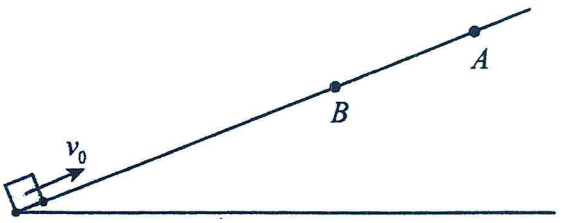
9．如图所示，物体自O点由静止开始做匀加速直线运动，A、B、C、D为其运动轨迹上的四点，测得$AB=4m, BC=8m$，且物体通过AB、BC、CD所用的时间均为2s，则下列说法正确的是（　　）

A．物体加速度的大小为$1m/s^2$　　B．$CD=10m$

C．$OA=0.5m$　　D．物体在C点的瞬时速度为$3m/s$



题9



题10

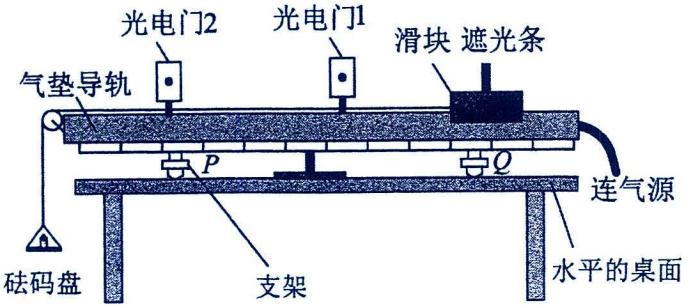
10．一个可以视为质点的滑块从固定粗糙斜面底端以v_0=9m/s的速度沿斜面上滑，到达最高点A后又沿斜面下滑，6s到达B点速度大小为3m/s，AB距离为4.5m，下列说法正确的是（　　）

A．该滑块6s内的平均速度大小是1m/s　　B．该滑块6s内的平均速度大小是1.5m/s

C．该滑块前3s内的平均速度大小是4.5m/s　D．该滑块2s~4s时间内的平均速度大小是0

三、实验题

11．如图所示，利用光电门研究匀变速直线运动的实验装置。



(1)实验时，测出遮光条的宽度 d，在砝码盘中放上砝码，让滑块从光电门 1 的右侧由静止释放，用数字毫秒计测出遮光条经过光电门 1 和 2 的时间分别为 t_1 和 t_2，测出从光电门 1 到光电门 2 所用的时间为 Δt，则计算滑块加速度的表达式为 $a=$_____（用 d、t_1、t_2 和 Δt 表示）

(2)某次测量得到的一组数据为：$d=1.00\text{cm}$。$t_1=0.040\text{s}, t_2=0.020\text{s}, \Delta t=0.500\text{s}$，计算可得，滑块通过光电门 1 的速度大小 $v_1=$_____m/s，滑块的加速度大小 $a=$_____m/s^2（保留 2 位有效数字）。

(3)某同学采取另一种实验方案，撤去光电门 1，在某位置静止释放滑块，记录滑块的释放位置到光电门 2 的距离 x，记录遮光条的遮光时间 t，多次改变滑块的释放位置，重复实验。记录下的距离为 x_1、x_2、x_3、…，时间为 t_1、t_2、t_3、…，以 x 为纵轴，$\frac{1}{t^2}$ 为横轴，描点作图得到一条过原点的倾斜直线，已知该直线的斜率为 k，则滑块匀变速运动过程中的加速度大小 $a=$_____（用 d 和 k 表示）。

12．(1)打点计时器是记录做直线运动物体的 _____和 _____的仪器。电火花计时器是其中的一种，其工作电压是 _____V。

(2)以下是练习使用电火花计时器的部分实验步骤，其中错误的操作是_____。

A．把打点计时器固定在桌子上，把墨粉纸盘套在纸盘轴上，让纸带穿过限位孔

B．把打点计时器与 8V 低压交变电源相连

C．用手水平拉动纸带，然后启动电源

D．关闭电源，取下纸带，用刻度尺测量某计数点与计时起点的距离 x_0，并算出时间 t

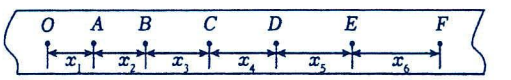


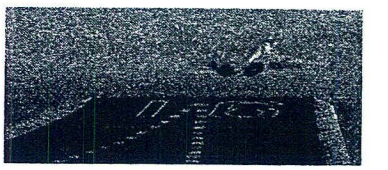
图1

(3)某小组在规范操作下得到一条点迹清晰的纸带如图 1 所示，在纸带上依次选出 7 个计数点，分别标上 O、A、B、C、D、E 和 F，每相邻的两个计数点间还有四个点未画出，打点计时器所用电源的频率是 50Hz。

①每相邻两计数点的时间间隔为 _____s，如果测得 C、D 两点间距 x_4=2.70cm，D、E 两点间距 x_5=2.90cm，则 CE 段的平均速度大小为 _____m/s，打 D 点时小车的速度 v_D=_____m/s（结果小数点后均保留三位）。

四、解答题

13．2022 年 6 月 17 日，中国第 3 艘航空母舰“中国人民解放军海军福建舰”正式下水，这一刻标志着中国人民海军进入“三舰客时代”。福建舰上的舰载飞机采用最先进的电磁弹射系统，帮助飞机在更短的加速距离内起飞。某型号的舰载飞机在航空母舰的跑道上加速时，其最大加速度为 5m/s^2，所需的起飞速度为 50m/s，弹射系统使它具有 30m/s 的初速度，求：(1)舰载飞机若要安全起飞，跑道至少为多长？(2)若航空母舰匀速前进，在没有弹射装置的情况下，要保证飞机安全起飞，航空母舰前进的速度至少为多大？



14．一小球在外力作用下沿一光滑斜面从静止开始以大小为 a_1 的加速度向上做匀加速运动；经时间 t 后，撤去外力，小球再经时间 t 回到出发点（撤去外力后，小球做的仍为匀变速直线运动）。

求(1)小球沿斜面加速上升的位移的大小；(2)撤去外力后，小球的加速度 a_2 的大小；

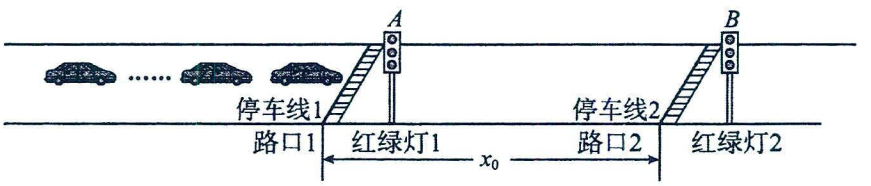
(3)小球沿斜面向上运动的时间；(4)小球沿斜面向上运动的距离。

15．如图所示，一直路上相邻路口两红绿灯停车线之间距离 $x_0=1500\text{m}$，两信号灯同步交替闪亮，红、绿灯持续时间均为 $\Delta t_1=30\text{s}$，路口 1 等绿灯的车排在同一条直线上，前后两车相隔均为 $x=2\text{m}$，绿灯亮起，第 1 台车立即加速，后车都比前车滞后 $\Delta t_2=2\text{s}$ 起动，所有汽车以加速度 $a=2\text{m/s}^2$ 由静止加速到 $v=20\text{m/s}$，然后匀速前进，已知车的长度均为 $L=4\text{m}$，安全通过路口的条件是在红灯亮起时车身全部驶过停车线。求：

（1）第 1 台车通过路口 1 停车线的时间 t；

（2）绿灯持续亮的过程中能安全通过路口 1 停车线的车辆数 n_1；

（3）随第 1 台车连续行驶且安全通过第 2 个路口停车线的总车辆数 n_2。



第六讲：自由落体与竖直上抛

考点一：自由落体

1．自由落体运动的特点：初速度为零，只受重力作用。

2．自由落体运动的三个基本公式：

匀变速直线运动	自由落体运动
$v=v_0+at$	$v=gt$
$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$	$h=\frac{1}{2}gt^2$
$v^2-v_0^2=2ax$	$v^2=2gh$

3.自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动，故初速度为零的匀加速直线运动的比【例】关系及有关推论等可以直接用于解答自由落体问题。

A、从静止开始连续相等时间内的下落高度之比为 1∶3∶5∶7∶…

B、从静止开始任意一段时间内的平均速度 $\overline{v}=\frac{h}{t}=\frac{v}{2}=\frac{1}{2}gt$

C、$\Delta v=g\Delta t$.相等时间内，速度变化量相同

D、连续相等时间 T 内的下落高度之差 $\Delta h=gT^2$

4.注意：物体由静止开始的自由下落过程才是自由落体运动，从中间截取的一段运动过程不是自由落体运动，等效于竖直下抛运动，应该用初速度不为零的匀变速直线运动规律去解决此类问题。

题型一：基础题型

【精选例题】

【例 1】下列对自由落体运动的说法正确的是（　）

A．物体做自由落体运动不受任何外力　　B．自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动

C．“重的物体下落得快”是伽利略自由落体运动的结论　　D．做自由落体运动的物体，质量越大，下落越快

【例 2】钢球由静止开始做自由落体运动，不计空气阻力，落地时的速度为 30m/s，g 取 $10m/s^2$，则钢球（　）

A．下落的时间为 2s　　B．下落的高度是 45m

C．在前 2s 内的平均速度是 15m/s　　D．在最后 1s 内下落的高度是 20m

【变式训练】

1．关于自由落体运动，下列说法正确的是（　　）

A．质量越大的物体下落得越快

B．物体刚下落时，速度和加速度都为零

C．从静止开始连续的三个 2s 内通过的位移之比是 1：3：5

D．从静止开始下落 4.9m、9.8m、14.7m，所经历的时间之比为 1：（$\sqrt{2}-1$）：（$\sqrt{3}-\sqrt{2}$）

2．关于自由落体运动，下列说法错误的是（　　）

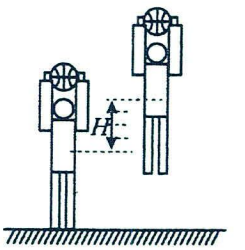
A．自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动

B．自由落体运动相同时间内速度变化量一定相同

C．自由落体运动相同时间内的平均速度一定相同

D．自由落体运动相邻相等时间间隔内位移之差都相等

3．如图所示，篮球架下的运动员原地垂直起跳扣篮，离地后重心上升的最大高度为H。上升第二个$\frac{H}{4}$所用的时间为t_1，第三个$\frac{H}{4}$所用的时间为t_2。不计空气阻力，则$\frac{t_2}{t_1}$满足（　　）

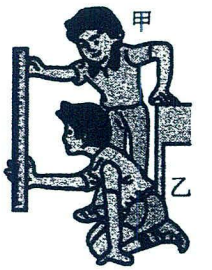


A．$4<\frac{t_2}{t_1}<5$　　B．$3<\frac{t_2}{t_1}<4$　　C．$2<\frac{t_2}{t_1}<3$　　D．$1<\frac{t_2}{t_1}<2$

题型二：反应时间问题

【精选例题】

【例1】（多选题）如图是测量人的反应时间的实验，甲同学手拿长为20cm的钢尺上端，乙同学的手指在钢尺下端零刻度附近，当乙看到甲由静止释放钢尺时，立即去捏钢尺，结果恰好捏住钢尺的上端。下列说法正确的有（ ）



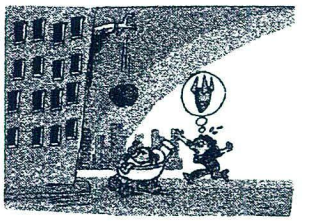
A．该实验测量的是甲的反应时间　　B．该实验测量的是乙的反应时间

C．被测者的反应时间约为0.2s　　D．被测者的反应时间与钢尺下落的高度成正比

【例2】高空抛物是一种不文明的行为，会带来很大的社会危害，某消防员为了测试高空抛物的危害，将一个物体从某高楼的楼顶自由释放，物体（可视为质点）落地速度的大小为60m/s，落地后不反弹，不计空气阻力，g取$10m/s^2$，求：（1）楼顶的高度；

（2）最后1s物体下落的高度；

（3）12s内物体的平均速率。



【变式训练】

1．用如图所示的方法可以测出一个人的反应时间。甲同学用手握住直尺顶端，乙同学在直尺下端刻度为0的地方做捏住直尺的准备，但手没有碰到直尺，当乙同学看到甲同学放开直尺时，立即握住直尺，结果乙同学握住直尺的刻度为b。小明同学根据所学知识计算出不同刻度对应的反应时间，从而在这把尺子上标出时间刻度做成“反应时间测量尺”。已知重力加速度为g，关于“反应时间测量尺”，下列说法正确的是（　　）



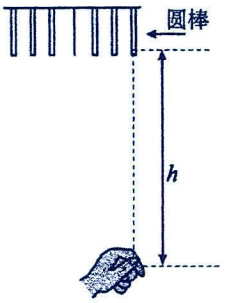
A．其“时间刻度”是均匀的，与长度刻度值成正比例

B．其“时间刻度”是均匀的，与长度刻度值平方成正比例

C．其“时间刻度”是不均匀的，且靠近直尺零刻度的地方“时间刻度”密

D．如果在月球上使用此刻度尺，“时间刻度”的每个数字不需要改动也可以直接使用

2．某款“眼疾手快”玩具可用来锻炼人的反应能力与手眼协调能力。如图所示，该玩具的圆棒长度 L=0.25m，游戏者将手放在圆棒的正下方，手（视为质点）离圆棒下端的距离 h=1.25m，不计空气阻力，取 $g=10\text{m/s}^2$，$\sqrt{30}=5.5$，圆棒由静止释放的时刻为 0 时刻，游戏者能抓住圆棒的时刻可能是（　　）

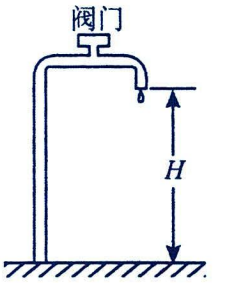


A．0.35s　　B．0.48s　　C．0.53s　　D．0.6s

题型三：滴水问题

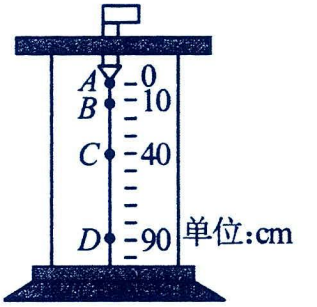
【精选例题】

【例 1】如图，自来水管的阀门每隔相同的时间 T 滴下一滴水，当第 3 滴水正欲滴下时，第 1 滴水刚好到达地面，阀门到水平地面的高度为 H，忽略空气阻力，则当地重力加速度大小为（ ）



A．$\frac{8H}{T^2}$　　B．$\frac{H}{2T^2}$　　C．$\frac{4H}{T^2}$　　D．$\frac{2H}{T^2}$

【例 2】在较暗处有一个不断均匀滴水的水龙头，在一种特殊的间歇闪光灯的照射下，若调节间歇闪光时间间隔正好与水滴从 A 下落到 B 的时间相同，可以看到一种奇特的现象，水滴似乎不再下落，而是像固定在图中的 A、B、C、D 四个位置不动，对出现的这种现象，下列说法正确的是（$g=10\text{m/s}^2$）（　　）



A．水滴在下落过程中通过相邻两点之间的时间满足 $t_{AB}<t_{BC}<t_{CD}$

B．水滴下落的时间间隔为 $\sqrt{2}$s

C．水滴在各点速度之比满足 $v_B:v_C:v_D=1:3:5$

D．若调节间歇闪光时间间隔为 $\frac{\sqrt{2}}{10}$s，也能看到这样的现象

【变式训练】

1．生活中处处有物理，如图所示，一同学发现水龙头损坏后不能完全关闭，水滴从管口由静止开始不断下落，相邻两个水滴滴落的时间间隔 T 相等，忽略空气阻力和水滴间的相互影响，则在水滴落地前（ ）



A．水滴做匀速直线运动

B．相对于水滴 3 来说，水滴 2 做匀速直线运动

C．水滴 1 和水滴 2 之间距离不变

D．在图示时刻，水滴 1 和水滴 2 之间的距离等于水滴 2 和水滴 3 之间的距离

2．利用水滴下落可以粗略测量重力加速度 g 的大小。某同学调节家中水龙头，让水一滴一滴地流出，在水龙头的正下方放一个盘子，调整盘子的高度，使一滴水刚碰到盘子时，恰好有另一滴水刚开始下落，而空中还有一滴水正在下落。测出此时出水口到盘子的高度为 h，从第 1 滴水开始下落到第 n 滴水刚落至盘中所用时间为 t。下列说法正确的是（　　）

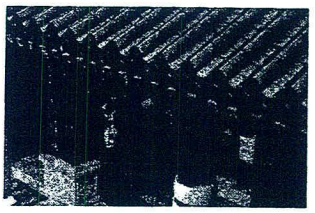
A．第 1 滴水刚落至盘中时，第 2 滴水距盘子的距离为 h 的一半

B．相邻两滴水开始下落的时间间隔为 $\frac{t}{n-1}$

C．每滴水在空中的下落时间为 $\frac{2t}{n+1}$

D．此地重力加速度的大小为 $\frac{h(n-1)^2}{2t^2}$

3．参观古镇时，恰逢下雨，小吴同学饶有兴致地观察屋檐滴水的情景，他观察到滴水中水滴下落时间间隔均匀，测得 1 分钟内下落水滴 180 个，由参观资料知屋檐高为 3.2m。不计空气阻力，重力加速度 g 取10m/s²，他有以下推断，其中正确的是（　　）



A．空中相邻的两个水滴的间距保持不变

B．空中相邻的两个水滴的之间的最大间距是$\frac{5}{3}$m

C．空中有 3 个水滴时相邻间距之比始终为 1：3

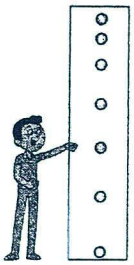
D．空中有 3 个水滴和 2 个水滴的时间之比是 2：3

题型四：频闪照相问题

解题要点：巧用平均速度公式与等时间位移差公式。

【精选例题】

【例 1】如图所示，一位教授在课堂上用频闪照相技术为学生演示自由落体实验。请你根据此照片，估算频闪相机的拍照周期约为（　　）



A．1s　　B．0.5s　　C．0.1s　　D．0.05s

【例 2】小球从靠近竖直砖墙的某位置由静止释放，用频闪方法拍摄的小球位置如图中 1、2、3 和 4 所示。已知连续两次闪光的时间间隔均为 T，每块砖的厚度为 d，重力加速度为 g，忽略空气阻力。由此可知小球（　　）

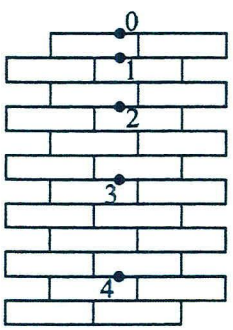


A．下落过程中的加速度大小约为$\frac{d}{T^2}$　　B．经过位置 3 的瞬时速度大小约为 2gT

C．经过位置 4 的瞬时速度大小约为$\frac{7d}{2T}$　　D．从位置 1 到 4 过程中的平均速度大小约为$\frac{9d}{2T}$

【变式训练】

1．小球（视为质点）从竖直砖墙某位置由静止释放，用频闪照相机在同一底片上多次曝光，得到了如图中 0、1、2、3、4 的小球在运动过程中每次曝光时的位置。已知频闪照相机连续两次曝光的时间间隔为 0.1s，当地的重力加速度大小$g=9.8\text{m/s}^2$，不计空气阻力，则（　　）

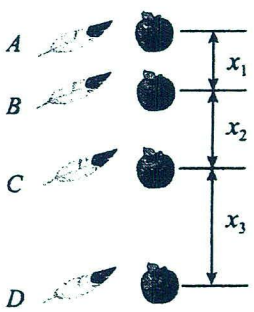


A．位置“0”是小球由静止释放的位置　　B．每块砖的厚度为 9.8cm

C．小球经过位置“2”时的速度大小为 1.96m/s

D．该过程中小球下落相同的距离时所用的时间相同

2．（多选题）如图是一张在真空实验室里拍摄的羽毛与苹果同时下落的局部频闪照片。已知频闪照相机的频闪周期为 T。下列说法正确的是（　　）



A．x_1、x_2、x_3一定满足$x_1:x_2:x_3=1:3:5$　　B．羽毛下落到B点的速度大小为$v=\frac{x_1+x_2}{2T}$

C．苹果在点C的速度大小为$2gT$　　D．羽毛下落的加速度大小为$\frac{x_3-x_1}{2T^2}$

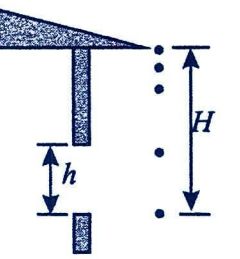
题型五：过窗问题

方法归纳： **法一：**利用两段自由落体运动求时间，作时间差；

法二：利用自由落体运动求速度，再用竖直下抛处理过窗问题。

【精选例题】

【例 1】（多选题）雨后屋檐还在不断滴着水滴，如图所示。小红同学认真观察后发现，这些水滴都是在质量积累到足够大时才由静止开始下落，每隔相等时间滴下一水滴，水滴在空中的运动情况都相同，某时刻起，第一颗水滴刚运动到窗台下边沿时，第 5 颗水滴恰欲滴下。她测得，屋檐到窗台下边沿的距离为 H=3.2m，窗户的高度为 h=1.4m。不计空气阻力的影响。则下列结论正确的是（$g=10m/s^2$）（　）



A．水滴下落到达窗台下边沿时的速度大小 6m/s　　B．每隔 0.15s 滴下一水滴

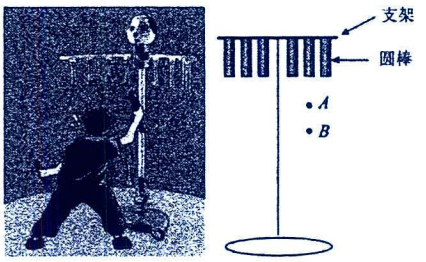
C．水滴经过窗户的时间 0.2s　　D．水滴经过窗户的平均速度为 7m/s

【例 2】某同学在家里透过窗户看到一个花盆从楼上掉落，砸坏了地面的车辆，回放室内监控发现，花盆经过该同学家窗户的时间约为 0.15s。已知每层楼高度约为 3m，窗户高度约为 2m，请估算花盆是从该同学楼上的第几层落下（　　）

A．1　　B．3　　C．5　　D．7

【例 3】如图为“眼疾手快”游戏装置示意图，游戏者需接住从支架上随机落下的圆棒。已知圆棒长为 0.4m，圆棒下端距水平地面 2.1m，某次游戏中一未被接住的圆棒下落经过 A、B 两点，A、B 间距 0.4m，B 点距离地面 1.25m。圆棒下落过程中始终保持竖直，不计空气阻力。求：（1）圆棒下端到达 A 点时的速度大小；

（2）圆棒经过 AB 段所需的时间。



【变式训练】

1．如图所示，用绳拴住木棒 AB 的 A 端，使木棒在竖直方向上静止不动，在悬点 A 端正下方有一点 C 距 A 端 0.8m．若把绳轻轻剪断，测得 A、B 两端通过 C 点的时间差是 0.2s，重力加速度 $g=10m/s^2$，不计空气阻力．求：

（1）木棒 AB 的长度？

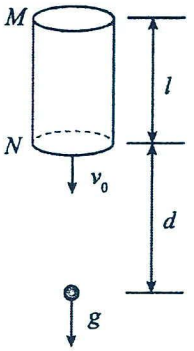
（2）D 为 AB 棒上的一点，若 AD、DB 两段通过 C 点的时间相同，求 AD=？



2．如图所示，离地面足够高处有一竖直空管，管长为 l=0.05m，M、N 为空管的上、下两端面。空管以恒定的速度开始向下做匀速直线运动，同时在距空管 N 端面正下方 d=0.15m 处有一小球开始做自由落体运动。已知重力加速度 g 取 10m/s²，求：（1）若经过 t_1=0.1s，小球与 N 端面等高，求空管的速度大小 v_1；

（2）若小球运动中恰好没有进入空管，求空管的速度大小 v_2；

（3）若小球运动中恰好未穿过 M 端面，求空管的速度大小 v_3，及小球在空管中运动的时间。



题型六：最后 1s、最后 1m 问题

【精选例题】

【例 1】（多选题）为了求塔身的高度，从塔顶自由落下一石子。如果忽略空气对石子的影响，除了需要知道重力加速度外，还需要知道石子下列中任一量即可求塔高的是（　　）

A．落地时的速度　　B．落地前最后 1s 内的位移

C．完成落地前最后 1m 位移所用的时间　　D．第二秒末和第一秒末的速度

【例 2】假设让一个小球从距离某星球表面一定的高度处自由下落，该星球表面的重力加速度大小 g=4m/s²，忽略空气阻力的影响，已知物体最后 1s 内的位移为 10m，则（　　）

A．小球下落的时间是 2.5s　　B．小球下落过程的平均速度是 10m/s

C．小球下落的高度是 18m　　D．小球着地前瞬间速度是 10m/s

【变式训练】

1．小球自距地面 17m 的高度自由下落，空气阻力不计，则小球在落地前通过最后 1m 所用的时间是它通过最初 1m 所用时间的（　　）

A．$(\sqrt{17}-\sqrt{16})$倍　　B．$\frac{1}{17}$倍　　C．$\frac{1}{\sqrt{17}-1}$倍　　D．$\frac{1}{\sqrt{17}}$倍

2．现在假设篮球从高楼层自由下落，其落地速度为 20m/s，取重力加速度大小 g=10m/s²，忽略空气阻力，则下列关于篮球的描述正确的是（　　）

A．下落的时间为 3s　　B．下落时距地面的高度为 25m

C．下落过程中的平均速度大小为 5m/s　　D．最后 1s 的位移为 15m

3．（多选题）一个物体从塔顶下落，在到达地面前最后 2s 内通过的位移是整个过程位移的 5/9。取 g=10m/s²，则（　　）

A．塔高是 180m　　B．下落时间为 5s

C．最后 1s 的初速度为 55m/s　　D．最后 1s 内的平均速度 55m/s

考点二：竖直上抛

1.运动特点：加速度为重力加速度，上升阶段做匀减速直线运动，下降阶段做自由落体运动.

2.基本规律：

速度公式	$v=v_0-gt$
位移公式	$h=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$
速度与位移关系式	$v^2-v_0^2=-2gh$
上升的最大高度	$H=\frac{v_0^2}{2g}$
上升到最大高度所用的时间	$t=\frac{v_0}{g}$
回到抛出点的速度	$v=-v_0$



3．竖直上抛运动的研究方法

(1)分段法：将全程分为两个阶段：①上升过程：匀减速直线运动；②下降过程：自由落体运动。

(2)全程法：取 v_0 的方向为正方向，将全过程视为初速度为 v_0、加速度为 $a=-g$ 的匀变速直线运动，则有：

$v=v_0-gt$；　$h=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$。

此时要注意 v、h 的矢量性及其意义：

①$v>0$ 时，物体正在上升；$v<0$ 时，物体正在下降；

②$h>0$ 时，物体在抛出点上方；$h<0$ 时，物体在抛出点下方。

4.竖直上抛运动的对称性

如图，物体以初速度 v_0 竖直上抛，A、B 为途中的任意两点，C 为最高点，则：

（1）时间对称性：物体上升过程中从 A→C 所用时间 t_{AC} 和下降过程中从 C→A 所用时间 t_{CA} 相等，同理 $t_{AB}=t_{BA}$.

（2）速度对称性：物体上升过程经过 A 点与下降过程经过 A 点的速度大小相等.

5.多解性：当物体经过抛出点上方某个位置时，可能处于上升阶段，也可能处于下降阶段，造成双解，甚至三解，在解决问题时要注意这一特点。

题型一：基础题型

【精选例题】

【例 1】关于竖直上抛运动，下列说法正确的是（　　）

A．竖直上抛运动先后两次经过同一点时速度相同

B．以初速度 v_0 竖直上抛的物体上升的最大高度为 $h=\frac{v_0^2}{2g}$

C．竖直上抛运动的物体从某点到最高点和从最高点回到该点的时间不相等

D．竖直上抛运动的物体运动到最高点时合力为零，加速度也为零

【例 2】升降机从井底以 5m/s 的速度向上匀速运行，某时刻一螺钉从升降机底板松脱，再经过 4s 升降机底板上升至井口，此时螺钉刚好落到井底，不计空气阻力，取重力加速度 g=10m/s²，下列说法正确的是（　　）

A．螺钉松脱后做自由落体运动　　B．矿井的深度为 45m

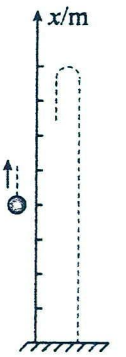
C．螺钉落到井底时的速度大小为 40m/s

D．螺钉松脱后先做匀减速直线运动，到达最高点后再做自由落体运动

【例 3】某课外活动小组自制一枚“水火箭”，设“水火箭”发射后始终在垂直于地面的方向上运动。“水火箭”可认为从地面开始先向上做匀加速直线运动，经过 t_1=3s 达到最大速度 v_1=12m/s，之后动力消失继续上升到最高点再落回地面。若不计空气阻力，取 g=10m/s²，求：(1)“水火箭”从地面开始到上升到最高点经历的时间；
(2)“水火箭”向上的速度为8m / s时距离地面的高度。

【变式训练】

1．（多选题）在距离地面 15m 高的位置以 10m/s 的速度竖直向上抛出一小球，最后落至地面。规定竖直向上为正方向，取 $g=10\text{m/s}^2$。下列说法正确的是（　　）



A．若以抛出点为坐标原点，则小球在最高点的坐标为 15m

B．从最高点到落地点，小球的位移为-20m

C．从抛出点到落地点，小球的平均速度为 15m/s

D．从抛出点到落地点，小球的速度变化量为−30m/s

2．$t=0$时刻某弹射装置将小钢球以 $v_0=15\text{m/s}$ 的速度竖直向上抛出，不计空气阻力，重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$。

关于小钢球被抛出后在空中运动的过程，下列说法正确的是（　）

A．小钢球第 2s 内的速度变化量为 0　　B．第 1s 内的速度变化比第 3s 内的速度变化快

C．第 1s 内的位移大于前 2s 内的位移　　D．第 1s 内的平均速度大于前 2s 内的平均速度

3．气球以 5m/s 的速度从地面匀速上升，上升过程中从气球上掉落一个小物体，该物体离开气球后经 2s 着地．小物体离开气球后，气球以 2m/s² 的加速度匀加速上升．空气对小物体的阻力不计，g 取 10m/s²．试求：

（1）小物体离开气球时，气球的高度；

（2）小物体着地时的速度大小；

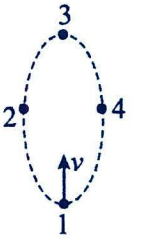
（3）小物体着地时，气球的高度．

题型二：竖直上抛中的对称问题与多解问题

【精选例题】

【例 1】（多选题）在塔顶上将一物体竖直向上抛出，抛出点为 A，物体上升的最大高度为 20m，不计空气阻力，设塔足够高，则物体位移大小为 10m 时，物体通过的路程可能为（　　）

A．10m　　B．20m　　C．30m　　D．60m



【例 2】如图所示，杂技演员用一只手抛球、接球，他每隔 0.4s 抛出一球，接到球便立即把球抛出。已知除抛、接球的时刻外，空中总有 4 个球，将球的运动近似看做是竖直方向的运动，不计空气阻力，g 取10m/s^2。则球上升的最大距离约为（　　）

A．6.4m　　B．3.2m　　C．1.6m　　D．0.8m

【例 3】一个从地面上竖直上抛的物体，它两次经过一个较低点 A 的时间间隔是 5s，两次经过一个较高点 B 的间间隔是 3s，g 取 10m/s^2，则 AB 之间的距离为（　　）

A．20m　　B．40m　　C．80m　　D．100m

【变式训练】

1．（多选题）一个石子竖直上抛（不计空气阻力），经过 3s 时间到达最高点，下面说法正确的是（ ）

A．第 2s 末和第 4s 末速率相同　　B．第 2s 末和第 4s 末速度相同

C．前 2s 内和前 4s 内路程相同　　D．前 2s 内和前 4s 内位移相同

2．（多选题）某同学站在高为 20m 的塔上以 20m/s 的初速度竖直向上抛出一块石头，当石头到抛出点距离为 15m 时，g 取 10m/s^2，所经历的时间可能是（　　）

A．1s　　B．2s　　C．3s　　D．$(2+\sqrt{7})$s

3．在某一高度以 v_0=20m/s 的初速度竖直上抛一个小球（不计空气阻力），当小球速度大小为 10m/s 时，以下判断正确的是（g 取 10m/s^2）（ ）

A．小球的位移大小一定是 15m　　B．小球的运动时间一定是 1s

C．小球在这段时间内的平均速度大小一定为 15m/s，方向向下

D．小球在这段时间内的平均速度大小一定为 5m/s，方向向上

题型三：竖直上抛的相遇问题

【精选例题】

【例 1】小球 A 从离地面 20m 高处做自由落体运动，小球 B 从 A 下方的地面上以 20m/s 的初速度做竖直上抛运动．两球同时开始运动，在空中相遇，取 g=10m/s^2,下列说法正确的是（ ）

A．两球相遇时速率都是 10m/s　　B．两球相遇位置离地面 10m 高

C．开始运动 2s 后两球相遇　　D．两球在空中相遇两次

【变式训练】

1．（多选题）小球 A 自 $H=20\text{m}$ 的高度释放做自由落体运动，A 球由静止释放的同时，其正下方地面上有另一小球 B 以 v_0 的初速度竖直上抛，取 $g=10\text{m/s}^2$，则（　）

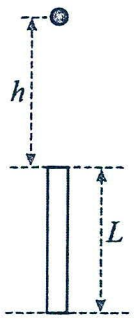
A．要使两球在空中相遇，B 球上抛的初速度必须满足 $v_0>8\text{m/s}$

B．要使 B 球在上升阶段与 A 球相遇，B 球上抛的初速度必须满足 $v_0>10\sqrt{2}\text{m/s}$

C．要使 B 球在下落阶段与 A 球相遇，B 球上抛的初速度必须满足 $10\text{m/s}<v_0<10\sqrt{2}\text{m/s}$

D．若小球 B 以 20m/s 的初速度竖直上抛，两球在空中相遇时间为 2s

2．如图所示，一长为 L 的金属管从地面以 v_0 的速率竖直上抛，管口正上方高 $h(h>L)$ 处有一小球同时自由下落，金属管落地前小球从管中穿过。已知重力加速度为 g，不计空气阻力。(1)求小球穿过管所用时间；
(2)若小球在管上升阶段完全穿过管，试讨论 v_0 所满足的条件。



题型四：竖直上抛的相对运动问题

【精选例题】

【例 1】在离地高 h 处，沿竖直方向同时向上和向下抛出两个小球，它们的初速度大小均为 v，不计空气阻力，两球落地的时间差为（　）

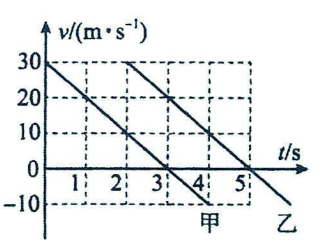
A．$\frac{2v}{g}$　　B．$\frac{v}{g}$　　C．$\frac{2h}{v}$　D．$\frac{h}{v}$

【变式训练】

1．$t=0$ 时刻以 10m/s 的初速度竖直向上抛出一个小球，$t=0.4\text{s}$ 时从同一地点又以 10m/s 的初速度竖直向上抛出第二个小球，不计空气阻力，重力加速度取 10m/s^2，则两小球在空中相遇的时刻为（　　）

A．1.1s　　B．1.2s　　C．1.3s　　D．1.4s

2．将甲乙两小球先后以同样的速度在距地面不同高度处竖直向上抛出，抛出时间间隔为 2s，它们运动的 v-t 图像分别如直线甲、乙所示。则（　）



A．t=2s 时，两球的高度差一定为 40m

B．t=4s 时，两球相对于各自抛出点的位移相等

C．两球从抛出至落地到地面所用的时间间隔相等

D．甲球从抛出至达到最高点的时间间隔与乙球的不相等

第七讲：追击相遇专题

追及相遇问题的**实质**就是分析两物体在相同时间内能否到达相同的空间位置。追及相遇问题的基本物理模型：以甲追乙为例。



1．二者距离变化与速度大小的关系

(1)若 $v_{甲}=v_{乙}$，甲、乙的距离保持不变

(2)无论 $v_{甲}$增大、减小或不变，只要 $v_{甲}<v_{乙}$，甲、乙的距离就不断增大

(3)无论 $v_{甲}$增大、减小或不变，只要 $v_{甲}>v_{乙}$，甲、乙的距离就不断减小

2．解题要点

可概括为“一个临界条件”“两个等量关系”

(1)一个临界条件：速度相等。它往往是物体间能否追上或两者距离最大、最小的临界条件，也是分析、判断问题的切入点；

(2)两个等量关系：时间等量关系和位移等量关系．通过画草图找出两物体的位移关系是解题的突破口。

3．常用分析方法

(1)物理分析法：抓住“两物体能否同时到达空间某位置”这一关键，认真审题，挖掘题目中的隐含条件，建立物体运动关系的情境图。

(2)二次函数法：设运动时间为 t，根据条件列方程，得到关于二者之间的距离Δx 与时间 t 的二次函数关系，Δx＝0 时，表示两者相遇。

①若Δ>0，即有两个解，说明可以相遇两次；

②若Δ＝0，一个解，说明刚好追上或相遇；

③若Δ<0，无解，说明追不上或不能相遇．

当 $t=-\frac{b}{2a}$时，函数有极值，代表两者距离的最大或最小值。

(3)图像法：在同一坐标系中画出两物体的运动图像．位移－时间图像的交点表示相遇，分析速度－时间图像时，应抓住速度相等时的“面积”关系找位移关系。

4．常见追及情景

(1)速度小者追速度大者：当二者速度相等时，二者距离最大．

(2)速度大者追速度小者(避碰问题)：二者速度相等是判断是否追上的临界条件，若此时追不上，二者之间有最小值．

物体 B 追赶物体 A：开始时，两个物体相距 x_0，

当 $v_B=v_A$时，若 $x_B>x_A+x_0$，则能追上；若 $x_B=x_A+x_0$，则恰好追上；

若 $x_B<x_A+x_0$，则不能追上。

特别提醒：A、若被追赶的物体做匀减速直线运动，一定要注意判断被追上前该物体是否已经停止运动．

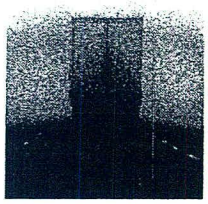
B、分析追及相遇问题的五要素

①运动草图	②速度关系
③位移关系	④时间关系
⑤关键字眼：如“刚好”“恰好”“最多”“至少”等，由关键字眼分析临界状态，找出临界条件，列运动学方程	

题型一：高速追低速

【精选例题】：

【例 1】某天早晨朱老师开着小汽车去上班，小汽车以 18m/s 的速度直线行驶，通过某路段时，发现正前方浓雾中有一辆卡车，如图所示，此时卡车正以 6m/s 的速度同向匀速行驶，朱老师立即刹车减速，两车恰好没有追尾，该过程小汽车做匀减速直线运动，用时 3s，则在这 3s 内（　　）



A．小汽车的平均速度为 9m/s　　B．小汽车运动的距离为 27m

C．小汽车加速度大小为 $6m/s^2$　　D．刹车时小汽车离卡车 18m

【例 2】一汽车停在小山坡底，某时刻，司机发现山坡上距坡底 70m 处的泥石流以 $2m/s$ 的初速度、$1m/s^2$ 的加速度匀加速倾泻而下，假设泥石流到达坡底后速率不变，在水平地面上做匀速直线运动，司机从发现险情到发动汽车共用了 2s，汽车启动后以恒定的加速度一直做匀加速直线运动，其过程简化为如下图所示，求：

(1)泥石流到达坡底的时间和速度大小；

(2)试通过计算说明：汽车的加速度至少多大才能脱离危险？



【例 3】停在公交站台的公交车由静止启动，以大小为 $a_1=1m/s^2$ 的加速度做匀加速直线运动。公交车启动瞬间，后方距离车头 $x_0=28m$ 处，一高中生追赶公交车。高中生以 $v_0=4m/s$ 的初速度、$a_2=4m/s^2$ 的加速度做匀加速直线运动，达到最大速率 $v_1=8m/s$ 后做匀速直线运动。求：(1)高中生加速过程的时间 t_1 和运动距离 x_1；

(2)该学生能否追至公交车车头处？若能，需要多长时间？若不能，和公交车车头的最短距离为多少？

(3)若在同一位置追赶公交车的是一中老年乘客，他只能以较小速度匀速追赶。司机能够通过后视镜看到离车头 $L=22m$ 以内的物体，如乘客在后视镜中能保留 $\Delta t=2s$ 以上，司机即可留意到乘客从而停车等候。该中老年乘客想要乘车，追赶的速度至少多大？

【变式训练】：

1．如图所示，甲、乙两辆汽车在一条平直公路上做匀速直线运动，甲车在前，速度大小为 v_1=10m/s，乙车在后，速度大小为 v_2=30m/s，t_1=0 时刻甲车在乙车前方 x_0=100m，求：（1）经多长时间乙车追上甲车？

（2）为防止发生追尾事故，t_2=0.5s 时刻乙车采取制动措施，做加速度大小为 a=5m/s² 的匀减速直线运动，则甲、乙两车相距最近时的距离是多少？

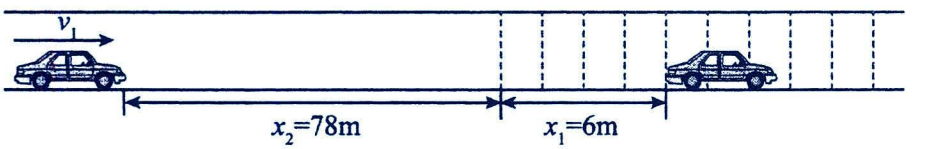


2．夏季受连续降雨影响容易发生山体滑坡和泥石流现象，某处泥石流冲上公路时速度大小为 $v_0=15\text{m/s}$，之后沿公路做匀减速直线运动，减速的加速度大小为 $a_1=1\text{m/s}^2$，公路上一行人看到泥石流冲上公路时，距离其所在处为 $L=40.5\text{m}$，人立即由静止加速沿公路运动躲避危险，已知人运动的最大速度为 $v_2=8\text{m/s}$，加速过程可视为匀加速直线运动，求：(1)泥石流运动到人起跑处的速度大小；

(2)人至少以多大的加速度运动才能避开危险。

3．高速公路指能适应年平均昼夜小客车交通量为 25000 辆以上、专供汽车分道高速行驶并全部控制出入的公路。为了限速和更快减速，在高速出口附近的高速公路上设有减速带。如图所示，在平直的高速公路上，轿车甲错过出口违停在减速带内 $x_1=6\text{m}$ 处；轿车乙以 $v_1=126\text{km/h}$ 的速度匀速行驶，轿车乙在距减速带前 $x_2=78\text{m}$ 处发现轿车甲后立即刹车减速，减速过程可看作两个连续的匀变速直线运动，轿车乙在到达减速带前的加速度大小 $a_{外}=6\text{m/s}^2$，在减速带内的加速度大小 $a_{内}=9\text{m/s}^2$。求：(1)通过计算分析判断两车是否相撞；

(2)若轿车乙在发现轿车甲的同时，给轿车甲发出信号，轿车甲司机在经过 $\Delta t=2\text{s}$ 后才以 $a_{甲}=4\text{m/s}^2$ 的加速度匀加速前进，求两车间的最小距离 d。



题型二：低速追高速

【精选例题】

【例 1】平直公路上有甲、乙两辆汽车，甲以加速度 $2m/s^2$ 由静止开始行驶，乙在甲的前面 200m 处以 10m/s 的速度做同向匀速运动，问：(1)甲经过多长时间追上乙？此时甲离出发点多远？

(2)在追赶过程中甲乙经过多长时间相距最远？这个距离是多少？

【例 2】一辆汽车 A 以初速度 $v_{0A}=8m/s$ 向前加速，加速度大小 $a=4m/s^2$，此时前方 $s_0=10m$ 处有一辆出租车 B 以速度 $v_{0B}=16m/s$ 匀速前进，两车同向运动。(1)求两车相遇前的最大距离；

(2)求汽车 A 与出租车 B 相遇时的时间；

(3)相遇时汽车 A 的速度大小。

【例 3】一辆卡车以 $v_1=15m/s$ 的初速度沿直线方向做匀减速直线运动，加速度的大小为 $a=2.5m/s^2$，在其后方 $x_0=20m$ 处，一辆小汽车以 $v_2=10m/s$ 的速度向相同方向做匀速直线运动，从此时开始计时，求：

(1)小汽车追上卡车前，两车间的最大距离 d；(2)小汽车追上卡车所需的时间。

【例 4】在平直公路上，有甲、乙两辆车，初始时，甲车在前，乙车在后，它们相距为 $x_0=100m$，不计汽车长度。若甲车以 $v=20m/s$ 的速度做匀速直线运动，同时，乙车从静止开始做加速度为 $a=2m/s^2$ 匀加速直线运动，那么：

(1)它们两车何时相距为 $x=175m$?

(2)在甲车在前，乙车在后的情况下，两车何时相距最远？最远距离是多少？

(3)何时乙车追上甲车？追上时乙车的速度多大？

(4)若乙车的最大限速为 $v_m=30m/s$，那么乙车追上甲车需要多少时间？

【变式训练】

1．如图所示，某个时刻水平地面上 A、B 两物体相距 x=11m，A 正以 v_A=4m/s 的速度向右做匀速直线运动，而物体 B 正以 v_B=10m/s 的初速度向右做匀减速直线运动，加速度 a=-2m/s²，求：

(1)A、B 两物体间最大距离；(2)A 追上 B 所经历的时间。



2．一辆汽车在十字路口等候绿灯，当绿灯亮时汽车以 4m/s² 的加速度开始行驶，恰在这时在汽车前面距离 10m 处，一辆自行车以 8m/s 的速度匀速行驶。试求：汽车从路口开动后，

(1)经过多长时间，汽车的速度和自行车速度相等？

(2)经过多长时间，汽车能够追上自行车？

(3)追上自行车时，汽车的速度又为多大？汽车超速了吗？（此路面汽车限速 60km/h）

3．一辆货车以 12m/s 的速度在平直公路上前进，发现有货物掉下后，立即关闭油门以大小为 2m/s² 的加速度做匀减速直线运动，货车开始做匀减速直线运动的同时，有一骑自行车的人立即拾起货物从静止出发，以大小为 2m/s² 的加速度追赶货车，已知自行车能达到的最大速度为 8m/s（货物掉下时间不计且落地后立即静止），求：(1)货车做匀减速运动的位移大小；(2)自行车至少经过多长时间能追上货车。

4．计时开始时刻，静止在笔直公路上相距 101m 的甲、乙两辆汽车同时开始相向匀加速行驶。甲车加速度大小为 1m/s²；乙车加速度大小为 2m/s²；行驶 3s 后，乙车减速，速度减为零时掉头行驶，减速及掉头后的加速度大小相同，均为 1.5m/s²，忽略乙车掉头所用时间。甲车允许行驶的最大速度为 20m/s，乙车允许行驶的最大速度为 15m/s，两车达到最大速度后开始均以各自的最大速度匀速行驶。求：

（1）乙车减速至速度为零时，两车间的距离；

（2）甲车追上乙车时，甲车的位移。

题型三：避免碰撞

常见两种情形：其一：共速时不碰撞；其二：停下时不碰撞。需根据运动情形，做出判断。

【精选例题】

【例 1】一列货车以8m/s的速度在平直铁路上运行，由于调度失误，在后面600m处有一列快车以20m/s的速度向它靠近。快车司机发觉后立即制动，若两车恰好不相撞（货车速度保持不变），

求：(1)快车从制动至两车恰好不相撞所用时间 t；

(2)快车制动过程中的加速度 a 的大小；

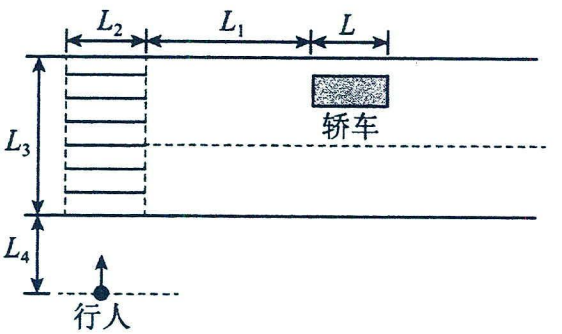
(3)从制动至两车恰好不相撞快车的位移 x 的大小。

【例 2】某市开展礼让行人活动，要求在没有信号灯的路口，一旦行人走上人行道，机动车车头便不能越过停止线。如图所示一辆家用轿车长度 $L=4\text{m}$，正以 $v_0=10\text{m/s}$ 的速度行驶，车头距停止线的距离为 $L_1=30\text{m}$，人行道宽度为 $L_2=4\text{m}$。距离人行道为 $L_4=3\text{m}$ 的行人以 $v_1=1\text{m/s}$ 的速度匀速走向长度为 $L_3=9\text{m}$ 的人行道，停止线到人行道的距离可忽略。

（1）若行人与轿车均未发现对方，均做匀速运动，求两者能否相遇；

（2）若轿车立即以恒定的加速度 $a=2\text{m/s}^2$ 加速，求是否违反要求；

（3）若轿车以恒定的加速度 a_2 减速，要保证不违反要求，求加速度 a_2 的大小需要满足的条件。

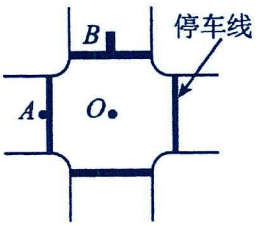


【变式训练】

1．如图是一个十字路口的示意图，每条停车线到十字路中心O的距离均为20m。一人骑电动助力车以7m/s的速度到达停车线（图中A点）时，发现左前方道路一辆轿车正以8m/s的速度驶来，车头已抵达停车线，图中B），设两车均沿道路中央做直线运动，助力车可视为质点，轿车长4.8m，宽度可不计。

(1)请通过计算判断两车保持上述速度匀速运动，是否会发生相撞事故？

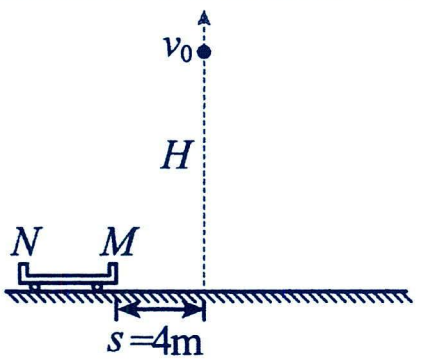
(2)若轿车保持上述速度匀速运动，而助力车立即做匀加速直线运动，为避免发生相接事故，助力车的加速度至少要多大？



2．如图所示，在离地面高H处以$v_0=10\text{m/s}$的速度竖直向上抛出一个可视为质点的小球，距离小球抛出点的正下方$s=4\text{m}$处有一辆长$L_1=8\text{m}$的静止小车，已知小球落地前最后1s内下落的高度为25m，忽略空气阻力及小车的高度，重力加速度g取10m/s^2。求：(1)求小球抛出点离地面的高度H；

(2)若小球刚好到最高点时，小车由静止开始向右做$a_1=2\text{m/s}^2$匀加速直线运动，通过计算说明小车是否会被小球砸到。若能，求小球砸到小车上的位置到M点的距离。若不能，求小球落地点到M点的距离；

(3)若小车在小球的左侧且M端距离小球抛出点的正下方$s'=18\text{m}$，当小球抛出2s时，小车以$v_0=10\text{m/s}$的初速度向小球正下方做匀变速运动，为了避免小球砸到小车，求小车做匀变速运动加速度a的大小取值范围？



3．驾驶汽车变线超车需要良好的车技和判断力。下图演示了甲车变线超车的过程，乙车与丙车正常匀速行驶，速度均为 $v_0=10\text{m/s}$，甲车速度 $v=16\text{m/s}$，甲车车身长度 $d=4\text{m}$，从超出乙车 2 个车位后（沿行进方向，甲车头到乙车头距离为 2d）开始并线，到完成并线，恰好需要 $t_0=1\text{s}$ 时间。甲车在变线并道过程中，沿前进方向的速度不变，横向移动的速度可忽略，且其并道后立刻以大小为（$a=2.5\text{m/s}^2$ 的加速度减速刹车，保证车头与前面丙车车尾的距离不小于 $\Delta x=5\text{m}$。求：

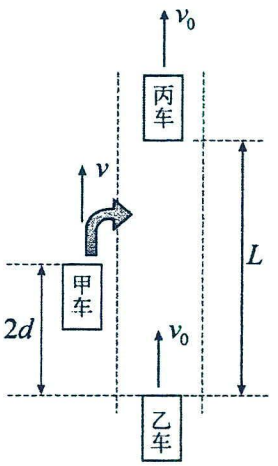
（1）甲车刚刚并线结束时，甲车车尾与乙车车头之间的距离；

（2）乙车车头到丙车车尾之间距离 L 至少有多大，甲车才能安全并道成功；

（3）若因前面出现事故，甲车并线后立即以大小。$a_1=8\text{m/s}^2$ 的加速度刹车，而此时乙车来不及反应，继续匀速运动。则从甲刹车开始

i.甲车车尾与乙车车头的最大距离为多少；

ii.经多长时间甲乙两车相撞。



题型四：追击猎物

【精选例题】

【例 1】猎豹追捕猎物时运动的最大加速度可达$9m/s^2$，最大速度可达 30m/s。羚羊被追捕时运动的最大加速度可达$12.5m/s^2$，最大速度可达 25m/s。猎豹某次觅食中，距羚羊 20m 时被羚羊发现，此时两者同时由静止开始沿同一直线运动，尽力奔跑，以最大加速度运动至各自的最大速度后开始匀速。则（　）



A．猎豹和羚羊加速运动的时间相等

B．在羚羊达到最大速度之前，猎豹和羚羊间的距离越来越大

C．在猎豹达到最大速度之前，猎豹和羚羊间的距离越来越小

D．在羚羊恰好达到最大速度时，猎豹和羚羊相距最远

【例 2】自然界时刻发生着你死我活的奔跑赛，胆小势弱的羚羊从静止开始奔跑，经过$x_1=50m$的距离能加速到最大速度$v_1=25m/s$，并能维持该速度一段较长的时间；猎豹从开始奔跑，经过$x_2=60m$的距离能加速到最大速度$v_2=30m/s$，以后只能维持这个速度$t_0=4.0s$，接着做加速度大小为$a=2.5m/s^2$的匀减速运动直到停止。设猎豹距离羚羊x时开始攻击，羚羊则在猎豹开始攻击后$t'=0.5s$才开始奔跑，假定羚羊和猎豹在加速阶段分别做匀加速运动，且均沿同一直线奔跑。求：（1）猎豹要在其加速阶段追上羚羊，x值应在什么范围？

（2）猎豹要在其减速前追到羚羊，x值应在什么范围？

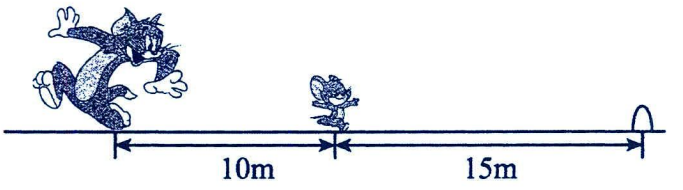
（3）猎豹要能够追上羚羊，x值应在什么范围？

【变式训练】

1．快到家啦！奔跑中的杰瑞决定“刹车”回家。如图就在杰瑞开始减速的同时，身后与它相距 10m 的汤姆发现了它，立即蹑手蹑脚地由静止开始加速，想捉住杰瑞。已知杰瑞的初速度为8m/s，加速度大小为$2m/s^2$，汤姆的加速度大小也为$2m/s^2$。(1)求在没有干扰的情况下，杰瑞减速到 0 所用的时间。

(2)求在追逐的过程中汤姆与杰瑞间的最大距离。

(3)若杰瑞开始减速时，刚好距离前方鼠洞 15m，请通过计算判断汤姆能否在杰瑞回到鼠洞前捉住它。（注：三者在同一直线上）



2．猎豹捕猎时能达到最大时速$v_m=30m/s$。在一次捕猎过程中，猎豹发现它的正前方$x_0=290m$的地方有一只羚羊，开始以加速度$a_1=6m/s^2$加速至最大时速追击羚羊，羚羊在猎豹起跑3s后察觉后方有天敌追击自己，就以加速度$a_2=4m/s^2$加速至最大时速20m/s向正前方逃跑。现为了简便处理不考虑现实中猎豹和羚羊存在的转弯动作，两者均可看作质点且只做直线运动。

(1)求猎豹在其加速到最大速度过程中所用的时间t和位移x；

(2)求猎豹开始追击羚羊后第5s末，猎豹与羚羊之间的距离Δx；

(3)若猎豹以最大时速追捕猎物的生理极限时间为20s，后筋疲力尽以$a_3=5m/s^2$做减速运动，羚羊一直按照最高时速逃跑，根据所学知识计算分析本次猎豹是否能捕猎成功。

题型五：接力赛

解题要点：接力赛中不脱棒，必定共速交接棒。

【精选例题】

【例】1．甲乙两运动员在训练交接棒的过程中发现：甲经短距离加速后能保持9m/s的速度跑完全程；乙从起跑后到接棒前的运动是匀加速的，为了确定乙起跑的时机，需在接力区前适当的位置设置标记，在某次练习中，甲在接力区前$S_0=13.5m$处作了标记，并以$v=9m/s$的速度跑到此标计时向乙发出起跑口令，乙在接力区的前端听到口令时起跑，并恰好在速度达到与甲相同时被甲追上，完成交接棒，已知接力区的长度为$L=20m$。求：

（1）此次练习中乙在接棒前的加速度大小a；

（2）在完成交接棒时乙离接力区末端的距离x；

（3）图像表征可以使运动情景更直观，请用$v-t$图像表示这段运动过程。

题型六：多次相遇

【精选例题】

【例 1】汽车前方120m有一自行车正以6m/s的速度匀速前进，汽车以18m/s的速度追赶自行车，若两车在同一条公路不同车道上做同方向的直线运动，求：（1）经多长时间，两车第一次相遇？

（2）若汽车追上自行车后立即刹车，汽车刹车过程中的加速度大小为$2m/s^2$，在两车第二次相遇前，再经过多长时间两车距离最大？最大距离为多少？

（3）条件同（2），则汽车追上自行车后，再经多长时间两车第二次相遇？

【例 2】甲、乙两车在同一平直公路上向右匀速行驶，甲车的速度为$v_1=16m/s$，乙车的速度为$v_2=12m/s$，乙车在甲车的前面．当两车相距L=6m/s时，两车同时开始刹车，从此时开始计时，甲车以加速度大小为$a_1=2m/s^2$刹车，6s后立即改做匀速直线运动，乙车刹车的加速度大小为$a_2=1m/s^2$，求：

(1)从两车刹车开始计时，甲车第一次追上乙车所用的时间；

(2)两车相遇的次数；(3)两车速度相等的时间。

【例 3】公路上有一列汽车车队以15m/s的速度正在匀速行驶，相邻车间距为20m，后面有一辆摩托车以25m/s的速度同向行驶，当它距离车队最后一辆车20m时开始刹车，以$0.5\,m/s^2$的加速度做匀减速运动，摩托车在车队旁边行驶而过，设车队车辆数足够多，求：（1）经过多长时间摩托车与车队达到共速？

（2）在（1）中所求的这段时间里，摩托车前进的距离有多少？

（3）摩托车最多能与车队中的几辆汽车相遇？共相遇几次？

（4）从摩托车赶上车队到最后离开车队，共经历多长时间？

【变式训练】

1．电动汽车前方 120m 处有一自行车正以 6m/s 的速度匀速前进，汽车从静止开始以 $2m/s^2$ 的加速度追赶自行车，电动汽车的最大速度为 18m/s。若两车在同一条公路不同车道上作同方向的直线运动，求：

（1）经多长时间，两车第一次相遇？

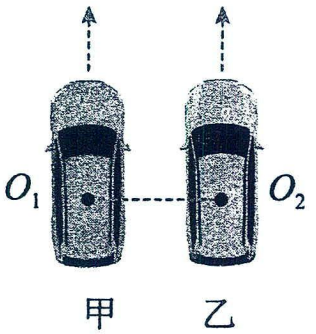
（2）若汽车追上自行车后立即刹车，汽车刹车过程中的加速度大小为 $3m/s^2$，则再经多长时间两车第二次相遇？

2．如图所示， 甲、乙两辆汽车并排沿平直路面向前行驶， 两车车顶 O_1、O_2 两位置都装有蓝牙设备，这两个蓝牙设备在相距 13m 以内时能够实现通信，t=0 时刻、甲、乙两车刚好位于图示位置，此时甲车的速度为 9m/s，乙车静止，O_1、O_2 的距离为 5m。从该时刻起乙车以大小为 $3m/s^2$ 的加速度做匀加速直线运动， 当速度达到 12m/s 后保持匀速运动，甲车保持原有速度做匀速直线运动。 求：

（1）甲、乙两车第一次通信断开时，乙车的速度大小；

（2）甲、乙两车从第一次通信断开到恢复的时间；

（3）甲、乙两车能够保持通信的总时间。



3．如图所示，直线 MN 表示一条平直公路，甲、乙两车在公路上向右运动，乙车在前，甲车在后，某时刻甲、乙两辆汽车分别经过 A、B 两处，A、B 间的距离为 L=6m。甲车通过 A 处时的速度 v_1=16m/s，做匀减速直线运动，加速度大小为 a_1=2m/s^2，经过 t_0=6s 后匀速运动。乙车通过 B 处时的速度 v_2=12m/s，做匀减速直线运动，加速度大小 a_2=1.0m/s^2，直到停下来。（两车相遇时不会影响各自的运动）。求：

（1）经过多长时间两车第一次相遇？

（2）每次甲、乙两车相遇处到 A 的距离分别是多少？



第八讲：图像专题

1.x—t 图像与 v—t 图像的比较

	x—t 图像	v—t 图像
坐标轴	纵轴表示位移 x，横轴表示时间 t	纵轴表示速度 v，横轴表示时间 t
图线	倾斜直线表示匀速直线运动	倾斜直线表示匀变速直线运动
斜率	表示速度	表示加速度
截距	纵轴截距表示初位置	纵轴截距表示初速度
面积	无实际意义	图线和时间轴围成的面积表示位移
交点	表示物体相遇	表示速度相等
拐点	表示速度方向改变	表示加速度方向改变

2.对运动图像的两点提醒

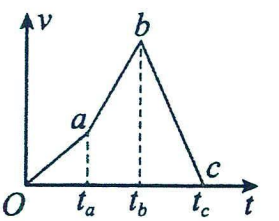
（1）x—t 图像和 v—t 图像只能描述直线运动，图像不是物体运动的轨迹。

（2）x—t 图像和 v—t 图像的形状由 x 与 t、v 与 t 的函数关系决定，图像中各点的坐标值 x、v 与 t 一一对应。

题型一：v-t 图像

【精选例题】

【例 1】一枚火箭由地面竖直向上发射，其速度时间图像如图所示，由图像可知（　　）



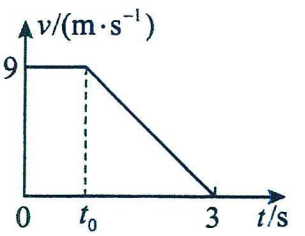
A．$0\sim t_a$ 段火箭的加速度小于 $t_a\sim t_b$ 段的火箭加速度

B．$0\sim t_a$ 段火箭是上升过程，在 $t_a\sim t_b$ 段火箭是下落过程

C．t_b 时刻火箭离地最远

D．t_c 时刻火箭回到地面

【例 2】现有一辆小汽车以 9m/s 的速度匀速驶向路口，当行驶至车头距路口斑马线 18m 处时，司机发现有人正沿前方斑马线横穿马路，司机经过 t_0 时间做出反应，随后开始刹车刚好在斑马线处停下，全过程的 $v-t$ 图像如图所示，下列说法正确的是（　　）



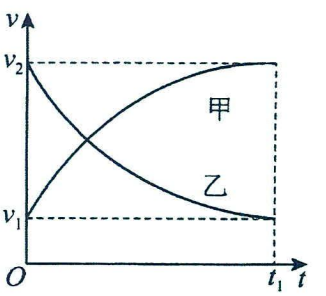
A．$t_0=0.5s$

B．小车刹车时的加速度为 $-3m/s^2$

C．汽车 3s 内的平均速度为 4.5m/s

D．汽车停车前最后 1s 发生的位移是 2.25m

【例 3】甲乙两汽车在一平直公路上同向行驶，在 t=0 到 $t=t_1$ 的时间内，它们的 v-t 图象如图所示，在这段时间内（　　）

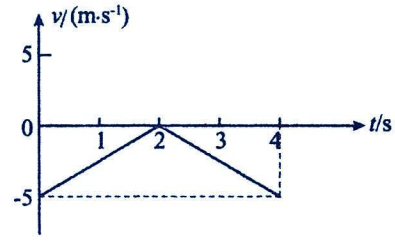


A．汽车甲的平均速度比乙大　　B．汽车乙的平均速度等于 $\frac{v_1+v_2}{2}$

C．甲乙两汽车的位移相同

D．汽车甲的加速度大小逐渐减小，汽车乙的加速度大小逐渐增大

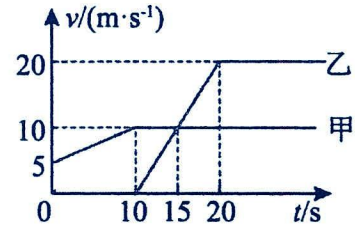
【例 4】（多选题）某物体沿水平方向做直线运动，从 a 点开始计时，取水平向右的方向为运动的正方向，其 v-t 图像如图所示，关于物体运动的以下判断正确的是（　　）



A．1s 末速度为 2.5m/s　　B．前 4s 内的位移为-10m

C．2~4s 内的加速度为-2.5m/s²　　D．前 2s 内的平均速度为 2.5m/s

【例 5】（多选题）可视为质点的甲、乙两辆车从同一地点开始运动的 v-t 图像如图所示，则关于两车的运动情况，下列描述正确的是（　　）



A．乙车追上甲车前，甲、乙两车间的最大距离为 100m

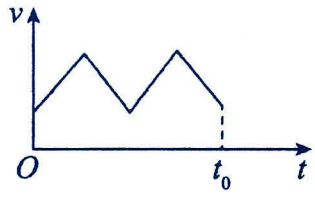
B．乙车追上甲车前，甲、乙两车间的最大距离为 125m

C．从甲车开始运动起经过 27.5s 被乙车追上

D．甲车被乙车追上时，甲车前进了 200m

【变式训练】

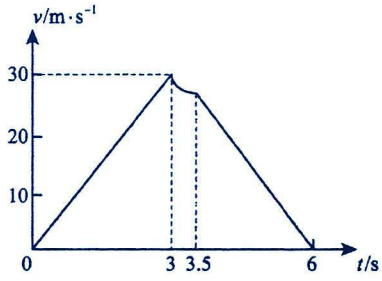
1．如图所示为某质点在 0~t_0 时间内做直线运动的速度—时间图像，下列说法正确的是（　　）



A．质点做匀速直线运动　　B．质点做单向直线运动

C．加速度方向保持不变　　D．位移有时增大，有时减小

2．某直线运动的 $v-t$ 图像如图所示，其中 0～3s 为直线，3～3.5s 为曲线，3.5~6s 为直线，则以下说法正确的是（　　）



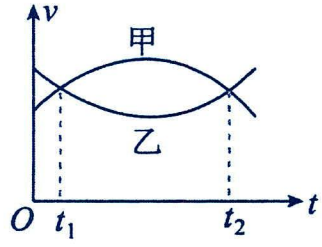
A．0～3s 的平均速度为10m / s

B．3.5～6s 做匀减速直线运动

C．0～3s 的加速度比3.5～6s 的大

D．0～3s 的位移比3.5～6s 的小

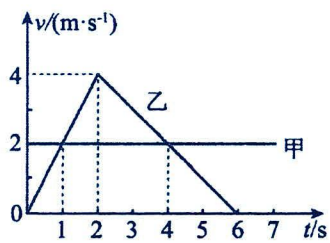
3．（多选题）甲、乙两汽车在同一条平直公路上同向运动，其速度—时间图象分别如图中甲、乙两条曲线所示。已知两车在 t_2 时刻并排行驶。下列说法正确的是（　　）



A．两车在 t_1 时刻也并排行驶　　B．在 t_1 时刻甲车在后，乙车在前

C．甲车的加速度大小先增大后减小　　D．乙车的加速度大小先减小后增大

4．（多选题）甲、乙两物体从同一位置出发沿同一直线运动，两物体运动的 $v-t$ 图像如图所示，下列判断正确的是（　　）



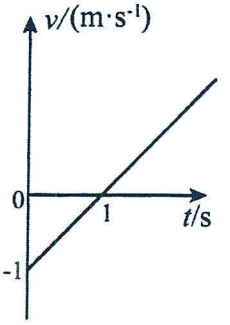
A．甲做匀速直线运动，乙先做匀加速直线运动后做匀减速直线运动

B．两物体两次速度相同的时刻分别在第 1 s 末和第 4 s 末

C．乙在前 2s 内的加速度为 2 m/s²，2s 后的加速度为 1m/s²

D．2 s 后，甲、乙两物体的速度方向相反

5．一物体沿直线运动的$v-t$图像如图所示，下列说法正确的是（　）



A．0.5s时和1.5s时物体的加速度方向相反

B．物体的加速度大小为$2m/s^2$

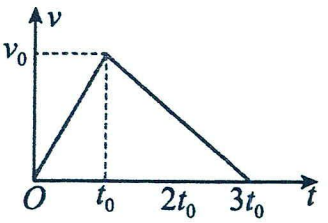
C．前3s内物体的位移大小为1.5m

D．第3s内物体的平均速度大小为$\frac{5}{6}m/s$

题型二：特殊 v-t 图像：0-v-0 模型

【精选例题】

【例 1】一辆汽车由静止开始沿平直公路从甲地开往乙地。汽车先做匀加速直线运动，接着做匀减速直线运动，开到乙地刚好停止，其 v-t 图像如图所示。那么在 0~t_0 和 t_0~$3t_0$ 两段时间内（　　）



A．加速度大小之比 3：1　　B．位移大小之比为 1：2

C．平均速度大小之比为 1：2　　D．在t_0时刻汽车的运动方向发生改变

【例 2】（多选题）一辆汽车从静止开始由甲地出发，沿平直公路开往乙地，汽车先做匀加速直线运动，接着做匀减速直线运动，开到乙地刚好停止，测得加速时间是减速时间的两倍，则（　）

A．加速与减速过程中加速度大小之比为2:1

B．加速与减速过程中位移大小之比为2:1

C．加速与减速过程中平均速度大小之比为1:2

D．甲地到乙地全过程与减速过程中平均速度大小之比为1:1

【例 3】（多选题）某物体由静止开始做加速度大小为 a_1 的匀加速直线运动，运动 t_1 时间后改为加速度大小为 a_2 的匀减速直线运动，经过 t_2 时间后停下，则物体在全程时间内的平均速度（）

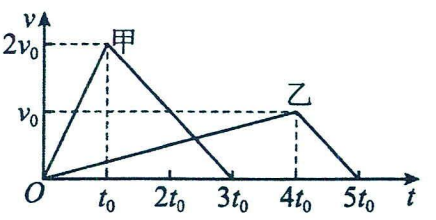
A．$\frac{a_1t_1}{2}$　　B．$\frac{a_2t_2}{2}$　　C．$\frac{a_1t_1+a_2t_2}{2}$　　D．$\frac{a_1t_1^2+a_2t_2^2}{2(t_1+t_2)}$

【变式训练】

1．2018 年百度无人驾驶汽车实现量产，全球首款自动驾驶巴士“阿波龙”将投入到商业化运营。某车在试车时从甲地由静止出发沿平直公路驶向乙地。0~10 秒内汽车先以加速度$a_1=2m/s^2$做匀加速运动，3 秒后汽车做匀速直线运动，8 秒时制动做匀减速直线运动，10 秒时恰好停止，则 10 秒内汽车运行的平均速度大小为（　　）

A．1.5m/s　　B．3m/s　　C．4.5m/s　　D．5.6m/s

2．完全相同的甲、乙两个物体放在同一水平地面上，分别在水平拉力 F_1、F_2 作用下，由静止开始做匀加速直线运动，分别经过时间 t_0 和 $4t_0$，速度分别达到 $2v_0$ 和 v_0 时撤去 F_1、F_2，甲、乙两物体开始做匀减速直线运动，直到静止．其速度随时间变化情况如图所示，则下列各项说法中正确的是(　)



A．若在 F_1、F_2 作用时间内甲、乙两物体的位移分别为 x_1、x_2，则 $x_1=2x_2$

B．若整个运动过程中甲、乙两物体的位移分别为 x_1'、x_2'，则 $x_1'=1.2\ x_2'$

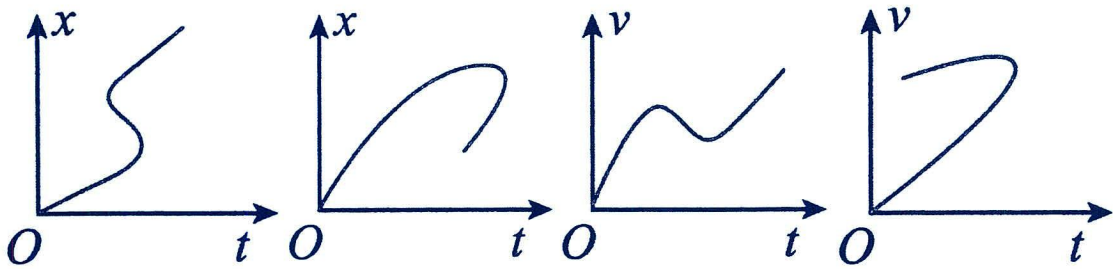
C．甲、乙两物体匀减速过程的位移之比为 2：1

D．若在匀加速过程中甲、乙两物体的加速度分别为 a_1 和 a_2，则 $a_1=4a_2$

题型三：x-t 图像

【精选例题】

【例 1】一质点做直线运动，下列描述其位移 x 或速度 v 随时间 t 变化的图像中，可能正确的（）



A　　B　　C　　D

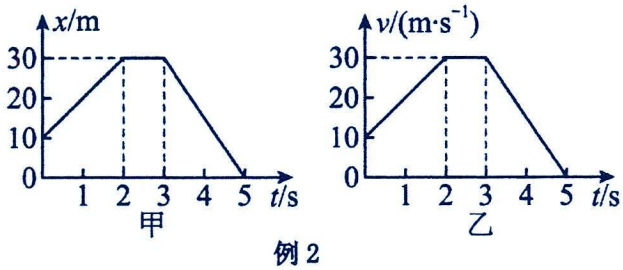
【例 2】如图所示，甲图为某质点的 $x-t$ 图像，乙图为某质点的 $v-t$ 图像，下列关于两质点的运动情况的说法正确的是（　　）

A．0~2s 内甲图质点做匀速直线运动，乙图质点做加速直线运动

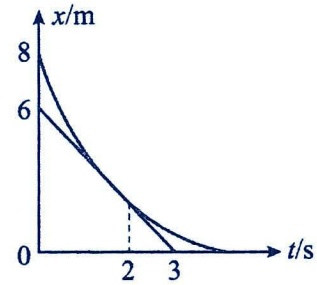
B．2~3s 内甲图质点和乙图质点均静止不动

C．3~5s 内甲图质点和乙图质点均做减速运动，加速度为 $-15\mathrm{m/s^2}$

D．0~5s 内甲图质点的位移为 $-10\mathrm{m}$，乙图质点的速度变化量为 $-20\mathrm{m/s}$



例 2



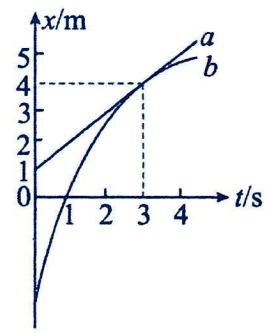
例 3

【例 3】在平直的公路上行驶的甲车和乙车，其位置—时间图像分别为图中直线和曲线，已知乙车做匀变速直线运动，$t=2\mathrm{s}$ 时，直线和曲线刚好相切，下列说法中正确的是（　）

A．甲、乙两车均做减速运动　　B．$t=0$ 时，乙车的速度大小为 6m/s

C．乙车的加速度大小为 $1.5\mathrm{m/s^2}$　　D．曲线与横坐标的交点为 4s

【例 4】a 和 b 两个小球在外力作用下沿同一直线运动，其位置-时间（x-t）图像分别为图中的直线和曲线，已知 b 的加速度恒定，曲线过点(1,0)，且与直线在点(3,4)相切，则下列判断正确的是（　　）



A．a 做匀速直线运动，且 $v_a=\frac{4}{3}\mathrm{m/s}$

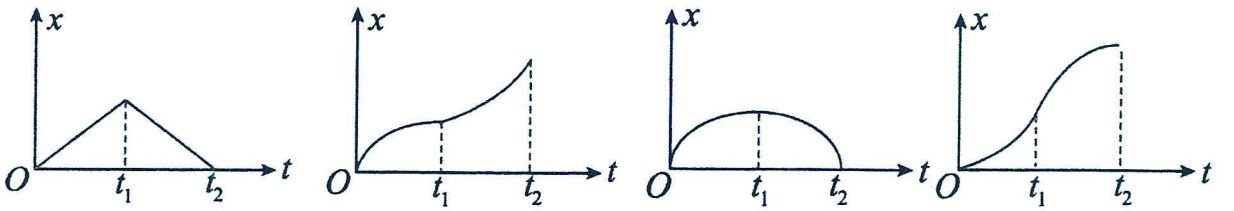
B．$t=3\mathrm{s}$ 时 a 和 b 相遇，此时二者速度不同

C．b 做匀减速直线运动且加速度大小为 $1\mathrm{m/s^2}$

D．$t=0$ 时 a 和 b 的距离为 7.5m

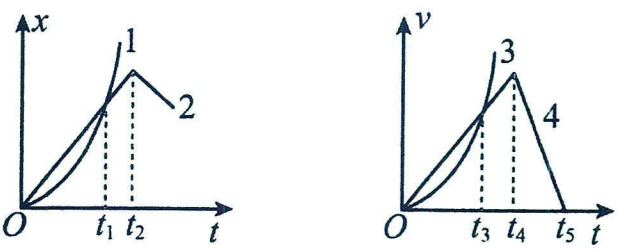
【变式训练】

1．一小车沿直线运动，从 t = 0 开始由静止匀加速至 t = t_1 时刻，此后做匀减速运动，到 t = t_2 时刻速度降为零。在下列小车位移 x 与时间 t 的关系曲线中，可能正确的是（　）



A　　B　　C　　D

2．如图所示的位移-时间图像和速度-时间图像中，给出四条图线 1、2、3、4 代表四个不同物体的运动情况，关于它们的物理意义，下列描述正确的是（　　）



A．图线 1 表示物体做曲线运动

B．x-t 图像中，t_1 时刻 $v_1 > v_2$

C．v-t 图像中，0～t_3 时间内 3 和 4 的平均速度大小相等

D．两图像中，t_2、t_4 时刻分别表示 2、4 开始反向运动

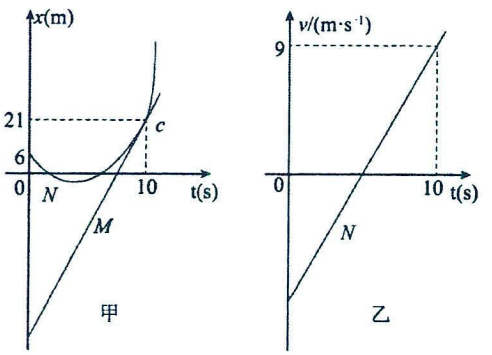
3．甲图为在同一直线上运动的 M、N 两质点的位置（x）随时间（t）变化图像，乙图为质点 N 的速度（v）随时间(t)的变化图像，甲图中直线 M 与曲线 N 相切于 c 点，以下说法正确（　）

A．质点 N 的加速度大小为 2.5m/s^2

B．$t = 4\text{s}$，质点 N 的速度为零

C．$t = 0$ 时，质点 M、N 之间的距离为 69m

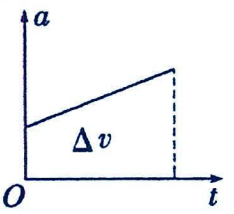
D．当质点 N 的速度为零时，质点 M、N 之间的距离为 51m

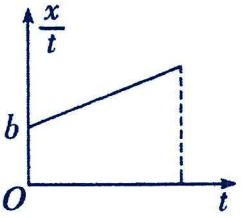


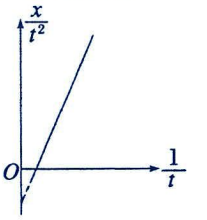
3.分析非常规运动图像的方法——数形结合法

对于非常规运动图像，应先由运动学公式推导出两个“物理量”间的函数关系，再分析图像的斜率、截距、面积的含义。常见的六类图像如下：

(1)a-t 图像：由 $v=v_0+at$ 可知图像与横轴所围面积表示速度变化量Δv，如图所示。



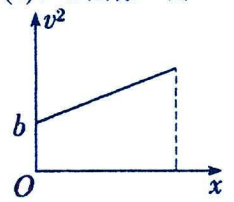


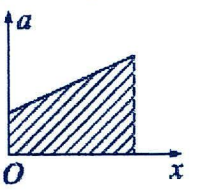


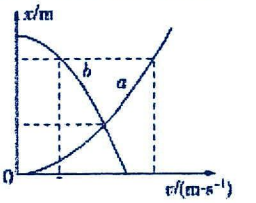
(2)$\frac{x}{t}$-t 图像：由 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 可得$\frac{x}{t}=v_0+\frac{1}{2}at$，图像的斜率为$\frac{1}{2}a$，截距 b 为初速度 v_0，如图所示。

(3)$\frac{x}{t^2}-\frac{1}{t}$图像：由 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 可得$\frac{x}{t^2}=v_0\cdot\frac{1}{t}+\frac{1}{2}a$；图像的斜率为 v_0，截距 b 为初速度$\frac{1}{2}a$，

(4)v^2-x 图像：由 $v^2-v_0^2=2ax$ 可知 $v^2=v_0^2+2ax$，截距 b 为 v_0^2，图像斜率 k 为 2a，如图。







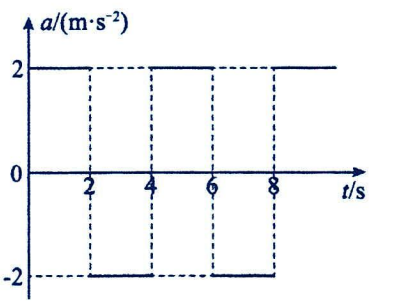
（5）a—x 图像：由 $v^2-v_0^2=2ax$ 可得 $ax=\frac{v^2-v_0^2}{2}$；面积意义：速度平方变化量的一半$\frac{v^2-v_0^2}{2}$

（6）x-v 图像：x 与 v 的关系式：$2ax=v^2-v_0^2$，图像表达式：$x=\frac{1}{2a}v^2-\frac{1}{2a}v_0^2$。

题型四：a-t 图像

【精选例题】

【例 1】一物体从静止开始做直线运动，其加速度 a 与时间 t 的变化关系如图所示，则下列判断正确的是（　　）



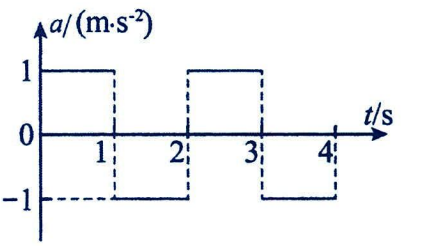
A．物体在 2s、4s 等时刻改变运动方向

B．物体在 4s、8s 等时刻改变运动方向

C．0～2s 内与 2s～4s 内物体的位移相等

D．0～2s 内与 2s～4s 内物体的速度变化相同

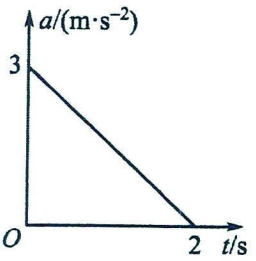
【例 2】一物体由静止开始沿直线运动，其加速度随时间变化的规律如图所示，取物体开始运动的方向为正方向，则物体 4 s 内发生的位移为（　　）



A．1 m　　B．2 m

C．3 m　　D．4 m

【例 3】（多选题）描述变化快慢的量就是变化率。引入“加速度的变化率”描述加速度变化的快慢，如图所示为某物体做直线运动的 a - t 图像中，下列说法正确的是（　　）



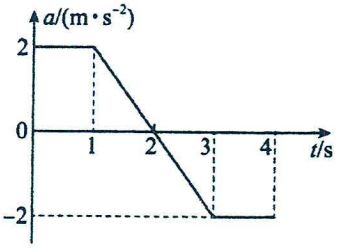
A．加速度的变化率为 0 的运动是匀速直线运动

B．t＝1s 时，“加速度的变化率”为 - 1.5m/s³

C．2s 内物体的速度越来越小

D．2s 内物体的速度改变量为 3m/s

【例 4】一物体由静止开始沿直线运动，其加速度随时间变化的规律如图所示。取物体开始运动的方向为正方向，下列说法正确的是（　）



A．第 1s 时间内，物体的位移大小为 2m　　B．第 2s 时间内，物体的位移小于 2.5m

C．4s 末物体回到初始位置　　D．在 0~4s 时间内，物体的最大速度为 3m/s

【变式训练】

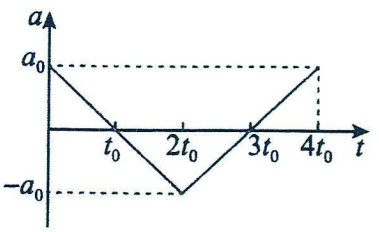
1．如图所示是一物体沿直线由静止开始运动的部分 a—t 图像，关于物体的运动，下列说法正确的是（　　）

A．t_0 时刻物体的速度为零

B．t_0 至 $2t_0$ 物体沿负向做加速运动

C．物体在 t_0 和 $3t_0$ 两个时刻的速度相同

D．$4t_0$ 时刻物体返回到出发时的位置



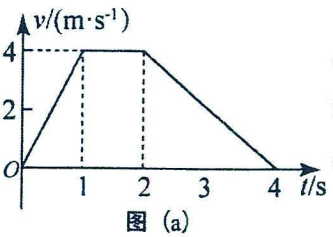
2．（多选题）驾校里两辆教练汽车在直道上参加训练，图（a）是 1 号车的速度-时间图像，图（b）是 2 号车的加速度-时间图像，根据图像可知（　　）

A．1 号车在 0～1s 内的速度方向与 2s～4s 内的速度方向相同

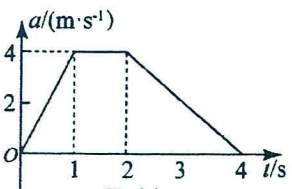
B．1 号车在 0～4s 内的平均速度大小为 2m/s

C．2 号车在 0～1s 内的加速度方向与 2s～4s 内的加速度方向相反

D．2 号车在 0～4s 内的速度变化量大小为 10m/s



图（a）

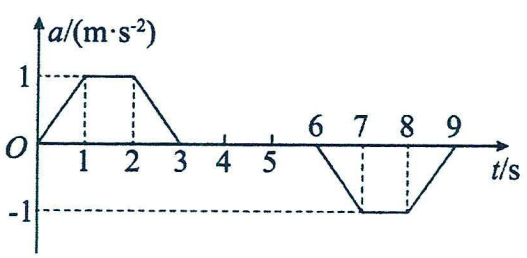


图（b）

3．（多选题）高层住宅楼的电梯，停在中间楼层，t=0 时开始运动，选向上为正方向，一段时间内电梯的加速度随时间变化的 a-t 图像可简化为如图所示，0~9s 内，关于电梯的运动，下列说法正确的是（　　）

A．t=2s 时，电梯的速度为 1.5m/s　　B．电梯运动的最大速度为 3m/s

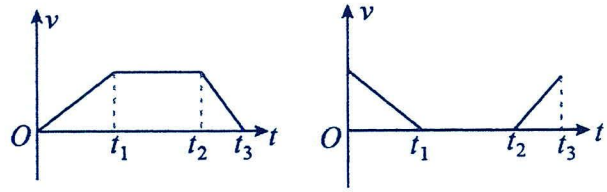
C．3~5s 内，电梯运动的距离为 4m　　D．6~9s 内，电梯向下运动



题型五：图形转换

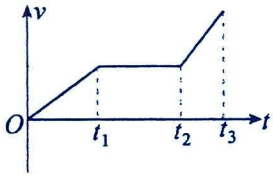
【精选例题】

【例 1】某驾校学员在教练的指导下沿直线路段练习驾驶技术，汽车的位置 x 与时间 t 的关系如图所示，则汽车行驶速度 v 与时间 t 的关系图像可能正确的是（　　）

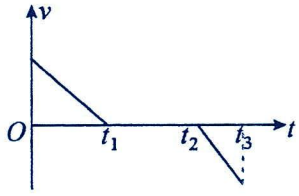


A

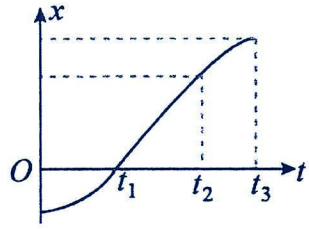
B



C

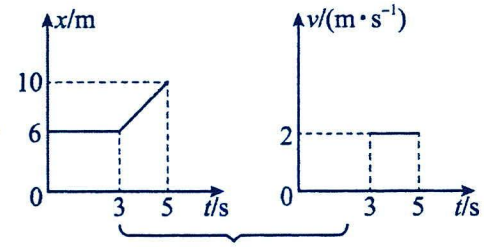


D

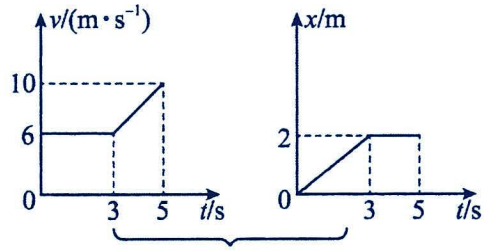


【例 2】（多选题）下列给出的四组图像中，其中一组图像中的两图能够描述同一直线运动的（）

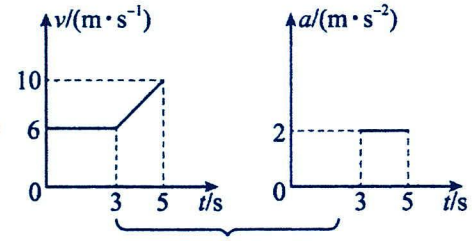
A.



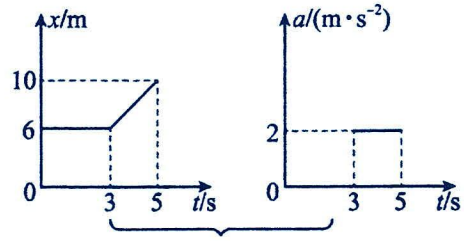
B.



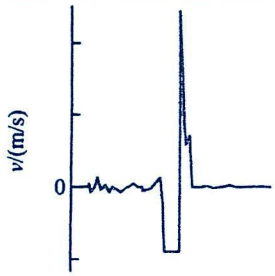
C.



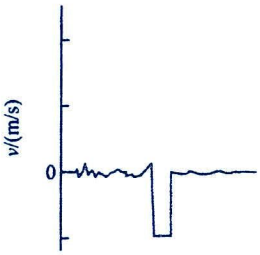
D.



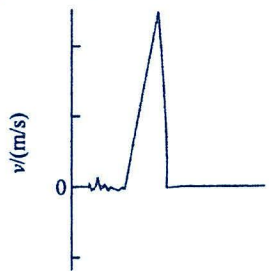
【例 3】用手托着手机，打开速度传感器软件，开始手机静止在手掌上，突然撤走手掌，手机自由下落，然后接住手机，观察到手机屏幕上速度传感器的图像接近的是（　　）



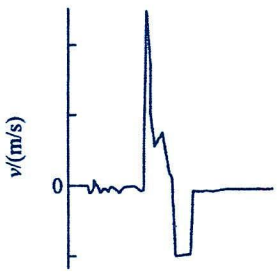
A



B



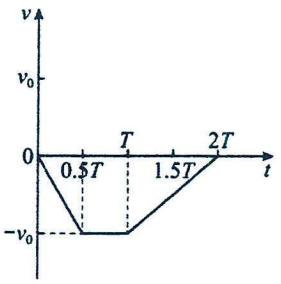
C



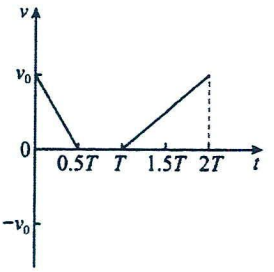
D

【变式训练】

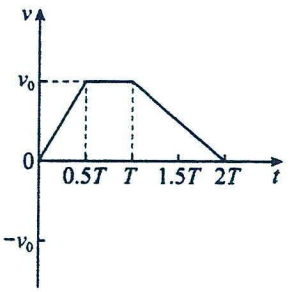
1．一物体做直线运动，其加速度随时间变化的 a—t 图象如图所示．下列 v—t 图象中，可能正确描述此物体运动的是(　　)



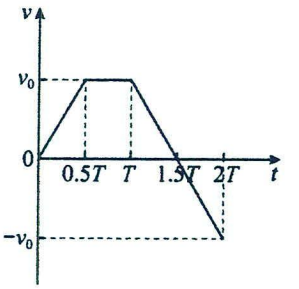
A



B

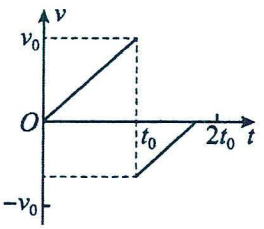


C

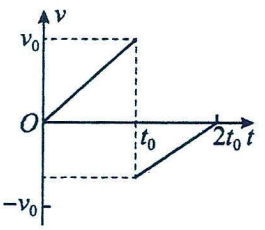


D

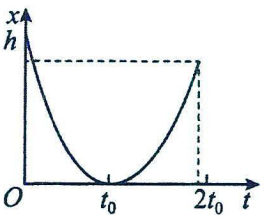
2．一篮球（可视为质点）从离地面高 h 处自由下落，与地面碰撞后，反弹高度小于 h。篮球与地面的碰撞时间和空气阻力均不计，取地面为原点，速度方向向下为正方向，下列反映篮球的速度和篮球离地面高度关于时间的图像可能正确的是（　）



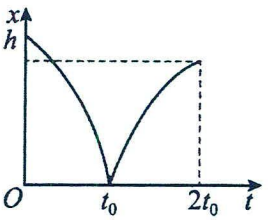
A



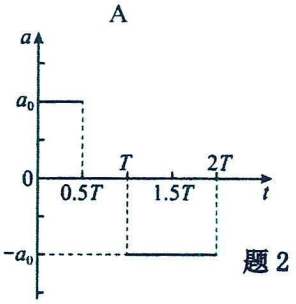
B



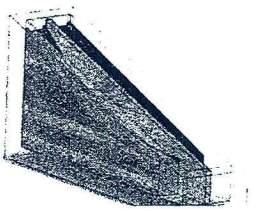
C



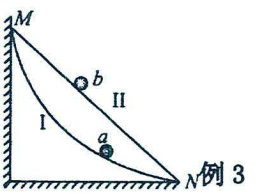
D



题 2



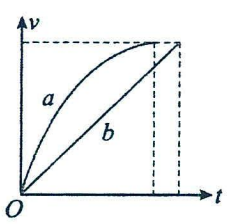
甲



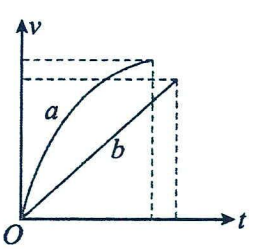
例 3

乙

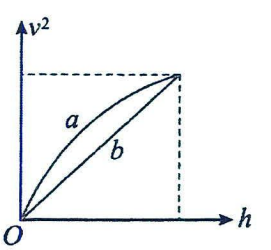
3．图甲是淄博市科技馆的一件名为“最速降线”的展品，在高度差一定的不同光滑轨道中，小球滚下用时最短的轨道叫做最速降线轨道。取其中的“最速降线”轨道I和直线轨道II进行研究，如图乙所示，两轨道的起点 M 高度相同，终点 N 高度也相同，轨道I的末端与水平面相切于 N 点。若将两个相同的小球 a 和 b 分别放在I、II两轨道的起点 M，同时由静止释放，发现在I轨道上的小球 a 先到达终点。下列描述两球速率 v 与时间 t、速率平方 v^2 与下滑高度 h 的关系图像可能正确的是（　　）



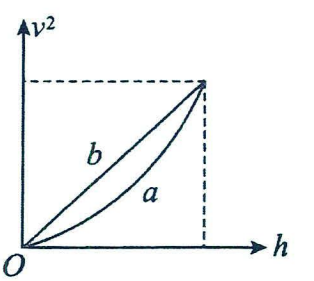
A



B



C



D

题型六：其他特殊图像

【精选例题】

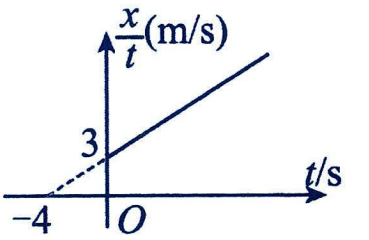
【例 1】一质点沿 x 轴正方向做直线运动，通过坐标原点时开始计时，其$\frac{x}{t}-t$的图象如图，则（　　）

A．质点做匀加速直线运动，加速度为 $0.75\,m/s^2$

B．质点做匀速直线运动，速度为 3m/s

C．质点在第 4s 末速度为 6m/s

D．质点在前 4s 内的位移为 24m



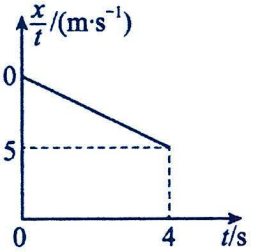
【例 2】汽车在刹车过程中位移和时间的比值$\frac{x}{t}$与 t 之间的关系图象如图，则下列说法正确的（）

A．汽车的初速度为 20m/s

B．刹车过程汽车的加速度大小为 $1.25m/s^2$

C．刹车过程持续的时间为 4s

D．刹车过程的位移为 40m



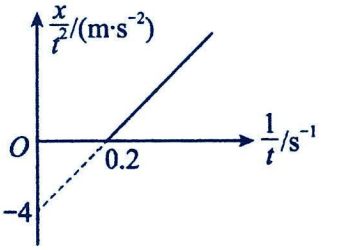
【例 3】小智同学发现了一张自己以前为研究机动车的运动情况绘制的$\frac{x}{t^2}-\frac{1}{t}$图像（如图）。已知机动车运动轨迹是直线，但是不知机动车是处于加速还是刹车状态，请你帮他判定以下合理的说法是（　）

A．机动车处于匀加速状态

B．机动车的初速度为 0

C．机动车的加速度为大小为 $8\,m/s^2$

D．机动车在前 3 秒的位移是 24m



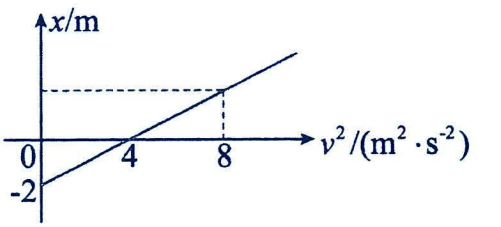
【例 4】质点做直线运动，相对原点的位置坐标 x 与速度的平方 v^2 的关系图像如图所示，由图像可知（　　）

A．质点做匀变速直线运动

B．质点运动的速度大小为 0 时，相对原点的坐标也为 0

C．质点运动的速度大小为 2m/s 时，相对原点的坐标为 1m

D．质点运动的速度大小为 2m/s 时，相对原点的坐标为 2m



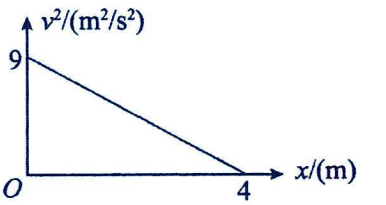
【例 5】小明同学发现了一张自己以前为研究玩具车的运动情况绘制的 v^2-x 图像（如图），请你帮他判定以下合理的说法是（　　）

A．玩具车的初速度为 0

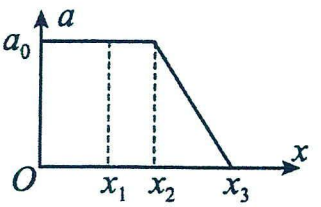
B．玩具车在整个运动过程中间时刻的瞬时速度大小为 1.125m/s

C．玩具车的加速度大小为 $1.5\,m/s^2$

D．玩具车在前 2s 的位移是 3.75m



【例 6】放在水平面上的物体，在水平力 F 作用下开始运动，以物体静止时的位置为坐标原点，力 F 的方向为正方向建立 x 轴，物体的加速度随位移的变化图像如图。下列说法中正确的（）



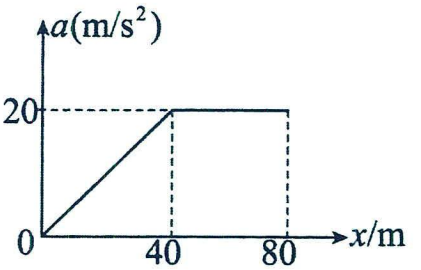
A．$0\sim x_2$ 过程中物体做匀加速直线运动，$x_2\sim x_3$ 过程中物体做减速直线运动

B．位移为 x_1 时，物体的速度大小为 $\sqrt{2a_0x_1}$

C．位移为 x_2 时，物体的速度达到最大

D．物体的最大速度为 $\sqrt{2a_0(x_2+x_3)}$

【例 7】无人机是当代军民两用的重要技术，民用无人机在我国已经得到广泛应用。无人机比有人飞机在起飞、飞行和着陆具有巨大优势，可以像电脑编程一样设计它们的运动。某次无人机起飞的加速度—位移图线如图所示，则下列说法正确的是（　　）



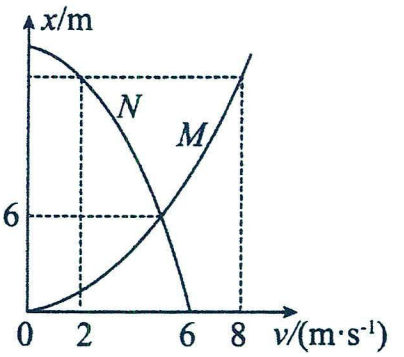
A．无人机先做匀加速运动，然后匀速运动

B．本次无人机起飞滑行距离为 1200m

C．无人机匀加速运动的初速度为 $20\sqrt{2}$ m/s

D．本次无人机起飞速度为 40m/s

【例 8】可视为质点的 M、N 两车在同地、同时沿同一方向做直线运动，M 做初速度为零，加速度大小为 a_1 的匀加速直线运动，N 做初速度为 v_0、加速度大小为 a_2 的匀减速直线运动至速度减为零，取出发点位置为 x＝0，如图所示为 M、N 两车在运动过程中的位置(x)-速度(v)图象，则



A．N 的初速度大小为 2m/s

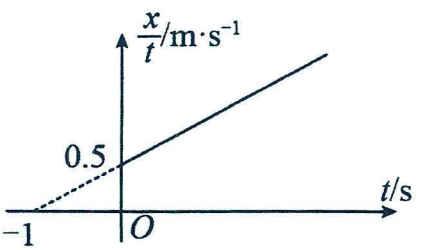
B．M、N 两车加速度大小之和为 $6m/s^2$

C．M 车加速度大小是 N 车加速度大小的 4 倍

D．M 车加速度大小为 $2m/s^2$

【变式训练】

1．（多选题）一质点沿 x 轴正方向做直线运动，通过坐标原点时开始计时，其 $\frac{x}{t}-t$ 的图象如图所示，则（　　）



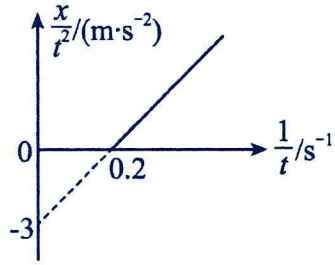
A．质点做匀加速直线运动，加速度为 $1.0m/s^2$

B．质点在 1s 末速度为 1.5m/s

C．质点在第 1s 内的平均速度 0.75m/s

D．质点做匀速直线运动，速度为 0.5m/s

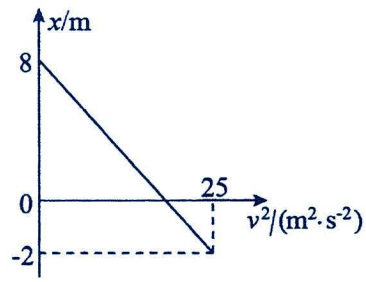
2．如图为研究某动车的运动情况绘制的$\frac{x}{t^2}-\frac{1}{t}$图像。已知该动车运动轨迹是直线，但是不知该动车是处于加速还是刹车状态，请判定以下说法合理的是（　　）



A．该动车处于匀加速状态　　B．该动车的初速度为 0

C．该动车的加速度为大小为 6m/s^2　　D．该动车在前 3 秒的位移是 18m

3．（多选题）一个质点由静止开始沿 x 轴做直线运动时相对原点的位置坐标 x 与速度的二次方 v^2 的关系图像如图所示，根据图像可知（　　）



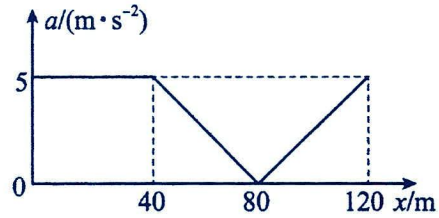
A．质点沿 x 轴正方向运动

B．质点一定做匀加速直线运动

C．质点运动的加速度大小为 1.25m/s^2

D．质点的运动时间为 5s

4．（多选题）无人机是当代军民两用的重要工具，在巡航、侦查、民用都得到了广泛应用，无人机在起飞、飞行、着陆方面具有很大的优势，可以用程序设计无人机的运动。某次无人机从静止沿直线起飞后 120m 内的加速度一位移图像如图，数据图中已标出，下列说法正确的是（　）



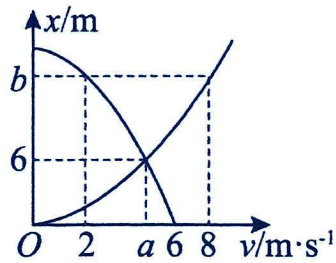
A．无人机起飞位移是 40m 时的速度大小为 20m/s

B．无人机先做匀速运动再做匀减速运动然后又做匀加速运动

C．无人机起飞位移 80m 时的速度最大

D．无人机起飞位移 120m 时的速度大小为 $20\sqrt{2}\text{m/s}$

5．（多选题）甲、乙两质点同时同初位置沿同一方向做直线运动．质点甲做初速度为零，加速度大小为 a_1 的匀加速直线运动，质点乙做初速度为 v_0，加速度大小为 a_2 的匀减速直线运动至速度减为零后保持静止．甲、乙两质点在运动过程中的 x-v （位置—速度） 图象如图所示， （虚线与对应的坐标轴垂直），则（　）



A．质点甲的加速度大小 $a_1=1\text{m/s}^2$

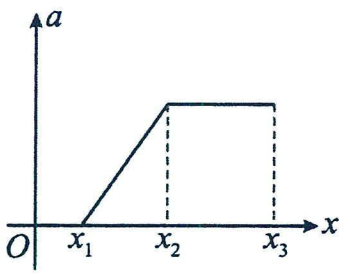
B．质点乙的初速度为 $v_0=6\text{m/s}$，加速度大小 $a_2=1\text{m/s}^2$

C．图线中横坐标 $a=2\sqrt{6}\text{ m/s}$，纵坐标 $b=16\text{m}$

D．两图线的交点表示两质点同时到达同一位置

6．一汽车以某一速度在平直公路上匀速行驶。行驶过程中，司机忽然发现前方大约 50m 处有一标有“前方塌陷”危险警示牌，立即刹车。刹车过程中，汽车运动加速度随位移变化可简化为图（a）中的图线。从司机发现警示牌到采取措施期间为反应时间（这段时间内汽车所受阻力已忽略，汽车仍保持匀速行驶），x_1-x_2 段位移为刹车系统的启动阶段，从 x_2 位置开始，汽车的刹车系统稳定工作，直至汽车停止，已知从 x_2 位置开始计时，汽车第 1s 内的位移为 12m，第 4s 内的位移为 0.5m。（1）通过计算判断汽车在 $t=4\text{s}$ 时刻之前停止还是之后停止；（2）求汽车在 x_2 位置时速度大小及此后运动至停止前的加速度大小；

（3）已知：司机反应时间为 $t_1=0.4\text{s}$，$x_1\sim x_2$ 段位移大小为 7.25m，请问司机发现警示牌到汽车停止，汽车行驶的距离为多少？



题型七：图像中的追及相遇问题

【精选例题】

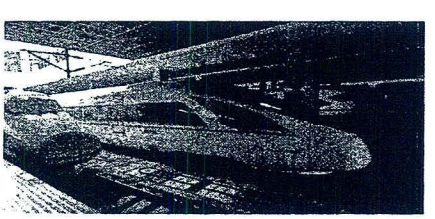
【例 1】中国高铁向世界展示了中国速度，和谐号动车和复兴号高铁相继从沈阳站点由静止出发，沿同一方向做直线运动。两车运动的速度一时间图像如图所示，下列说法正确的是（　　）

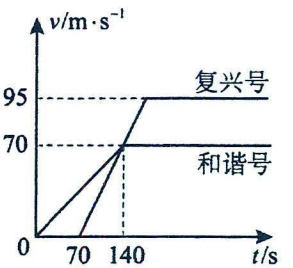
A．复兴号高铁追上和谐号动车前，$t=70\text{s}$ 时两车相距最远

B．$t=140\text{s}$ 时，复兴号高铁追上和谐号动车

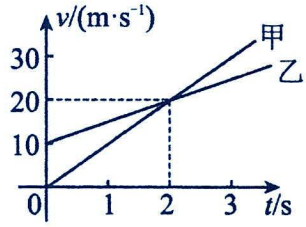
C．复兴号高铁 $t=165\text{s}$ 时，速度达到最大

D．复兴号高铁追上和谐号动车前，两车最远相距 4900m





【例 2】（多选题）甲、乙两车在平直公路上同向行驶，其 $v-t$ 图像如图所示。已知两车在 $t=3\text{s}$ 时并排行驶，则（　　）



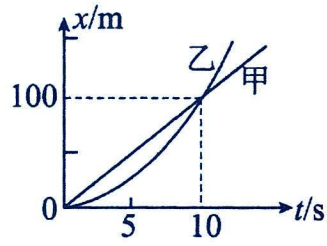
A．在 $t=1\text{s}$ 时，甲车在乙车后

B．在 $t=0$ 时，甲车在乙车前 7.5 m

C．两车另一次并排行驶的时刻是 $t=2\text{s}$

D．甲、乙车两次并排行驶的位置之间沿公路方向的距离为 40 m

【例 3】（多选题）甲、乙两车在同一平直公路的两条平行车道上同时（$t=0$）并排出发，甲车做匀速直线运动，乙车从静止开始做匀加速运动，它们的位移-时间图像如图所示，比较两车在 0～10s 内的运动，以下说法正确的是（　　）



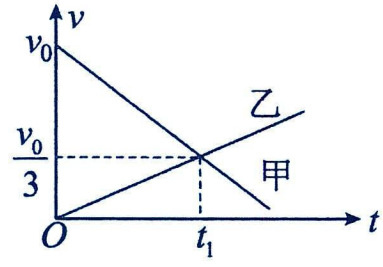
A．$t=5\text{s}$ 时，甲、乙两车相距最远

B．$t=5\text{s}$ 时，甲、乙两车的平均速度相同

C．$t=10\text{s}$ 时，乙车的速度一定是甲车的 2 倍

D．甲车在 10s 后无法追上乙车

【例 4】（多选题）甲，乙两车在平直公路上沿同一方向行驶，甲车正在刹车，其 $v-t$ 图像如图。在 $t=0$ 时刻，乙车在甲车前方 x_0 处，在 $0\sim t_1$ 时间内甲车的位移为 x，下列判断正确的是（）



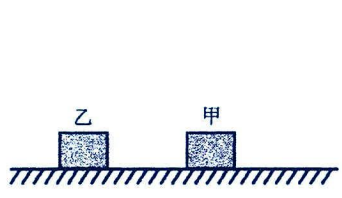
A．若甲车的位移为 $\frac{5}{8}x$ 时，两车第一次相遇，则第二次相遇时，甲车位移是 $\frac{9}{8}x$

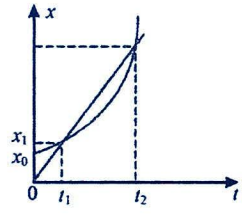
B．若甲车的位移 $x=\frac{4}{3}x_0$，则甲、乙两车在 t_1 时刻相遇

C．若甲、乙两车在 $t<t_1$ 时间内能够相遇，两车只能相遇一次

D．若甲、乙两车在 $t<t_1$ 时间内能够相遇，两车一定可以相遇两次

【例 5】（多选题）某同学用甲、乙两个物块来模拟研究汽车相遇规律问题，下图是他根据运动规律绘制的甲、乙两个物块的运动位移时间图线。已知甲物块的运动图线为一条顶点为 $(0,x_0)$ 的抛物线，乙的运动图线为一过原点的直线。两条图线中其中一个交点坐标为 (t_1,x_1)。则下列说法正确的是（　　）





A．t_1 时刻甲物块速度为 $\frac{x_1}{t_1}$

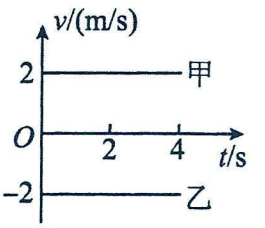
B．甲物块在做匀加速直线运动的加速度为 $\frac{x_1-x_0}{t_1^2}$

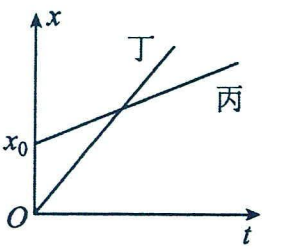
C．图中甲、乙两个物块再次相遇时刻为 $t_2=\frac{x_0t_1}{x_1-x_0}$

D．如果两个物块只相遇一次，则必有 $x_1=2x_0$

【变式训练】

1．（多选题）如图所示，左图为甲、乙两质点的$v-t$图像，右图是在同一直线上运动的物体丙、丁的$x-t$图像。下列说法正确的是（　　）





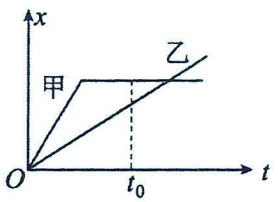
A．质点甲、乙的速度相同

B．丙的运动速率小于丁的运动速率

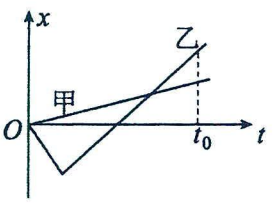
C．丙的出发点在丁前面x_0处

D．不管质点甲、乙是否从同一地点开始运动，它们之间的距离一定越来越大

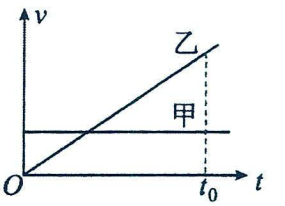
2．（多选题）甲、乙两人骑车沿同一平直公路运动，$t=0$时经过路边的同一路标，下列位移-时间$(x-t)$图像和速度-时间$(v-t)$图像对应的运动中，甲、乙两人在t_0时刻之前能再次相遇的（）



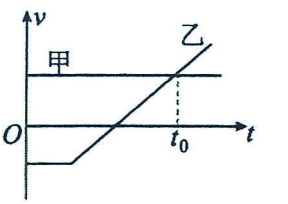
A



B

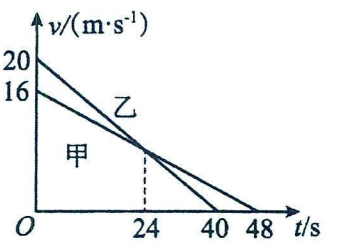


C



D

3．在某个恶劣天气中，能见度很低，甲、乙两汽车在一条平直的单行道上，甲在前、乙在后同向行驶。某时刻两车司机同时听到前方有事故发生的警笛提示，同时开始刹车。两辆车刹车时的$v-t$图像如图，下列说法正确的是（　）



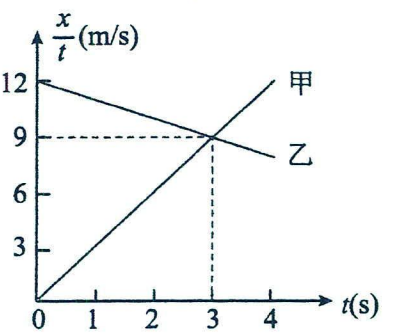
A．刹车过程中甲车的加速度与乙车的加速度之比为3∶2

B．若两车不相撞，则t=24s时，两车间距最大

C．若两车发生碰撞，开始刹车时两辆车的间距一定小于48m

D．若两车发生碰撞，则可能是在刹车24s以后的某时刻发生相撞

4．随着自动驾驶技术不断成熟，北京、上海等城市某些特定地区相继出现无人驾驶网约车，给市民出行带来方便。甲、乙两辆无人驾驶汽车在平直公路上从同一地点同时出发，两车位移x和时间t的比值$\frac{x}{t}$与时间t之间的关系如图所示，下列说法正确的是（　　）



A．乙车的加速度大小为$1m/s^2$

B．3s末两车速度相同

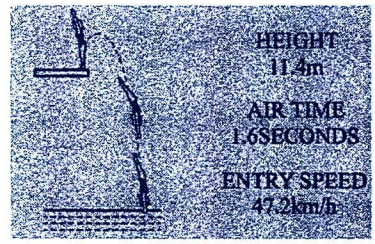
C．乙车速度为$6m/s$时，甲车速度为$9m/s$

D．甲车追上乙车前，两车间最远距离为9m

跟踪练习（三）

一、单选题

1．我国运动员全红婵在2024年奥运会女子10米跳台跳水决赛中荣获冠军。图为她在决赛中一次跳水时重心的运动轨迹和相关数据，关于本次跳水她在空中的运动过程，下列说法正确的是（　　）



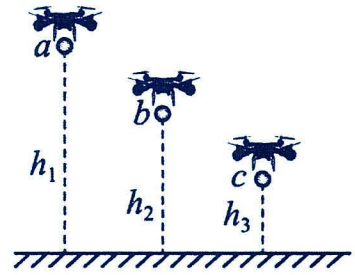
A．裁判在评分时可将全红婵看成质点

B．全红婵做下落运动的时间为1.6s

C．全红婵的重心在竖直方向的位移大小为11.4m

D．全红婵在空中运动的末速度大小为47.2km/h

2．有三架无人机a、b、c悬停在空中，分别将悬挂的物资由静止释放，已知a、b、c离地面的高度之比$h_1:h_2:h_3=3:2:1$，不计空气阻力，则（　　）



A．物资下落到地面的时间之比为$t_a:t_b:t_c=3:2:1$

B．物资下落到地面的时间之比为$t_a:t_b:t_c=\sqrt{3}:\sqrt{2}:1$

C．物资到达地面时的速度大小之比是$v_a:v_b:v_c=3:2:1$

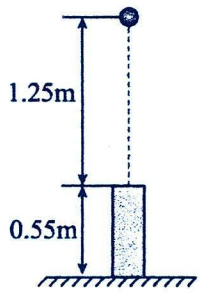
D．物资到达地面时的速度大小之比是$v_a:v_b:v_c=9:4:1$

3．某汽车刹车过程可视为匀减速直线运动，已知开始刹车时初速度大小为8m/s，第2s内的位移为5m，则（　）

A．第2s内的平均速度大小为2.5m/s　　B．刹车时加速度大小为2m/s^2

C．第2s内与第3s内通过的位移大小之比为6∶4　　D．刹车后5s内的位移大小为15m

4．如图所示，长度为0.55 m的圆筒竖直放在水平地面上，在圆筒正上方距其上端1.25 m处有一小球(可视为质点)。在由静止释放小球的同时，将圆筒竖直向上抛出，结果在圆筒落地前的瞬间，小球在圆筒内运动而没有落地，则圆筒上抛的速度大小至少为（空气阻力不计，取g=10 m/s²）（ ）



A．2.3 m/s　　B．2.5 m/s

C．2.9 m/s　　D．3.2 m/s

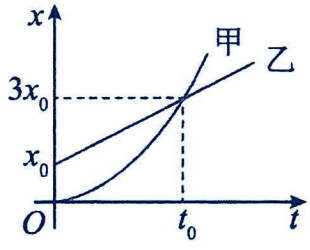
5．在一条平直公路上，甲、乙两辆汽车从$t=0$时刻开始的位移一时间图像如图所示。甲的图像为抛物线，乙的图像为倾斜直线。已知甲的加速度大小为$a=\frac{6x_0}{t_0^2}$，再根据图中所提供的其他信息，下列说法正确的是（　　）

A．t_0时刻甲的速度等于乙的速度

B．甲的图像在$\frac{t_0}{3}$时刻的切线与乙的图像平行

C．甲的初速度可能不为0

D．甲、乙在$t=0$时刻处在同一地点



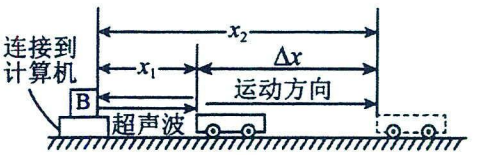
6．如图甲是一种速度传感器的工作原理图，在这个系统中 B 为一个能发射超声波的固定小盒子，工作时小盒子 B 向匀速直线运动的被测物体发出矩暂的超声波脉冲，超声波速度为 v_0，脉冲被运动的物体反射后又被小盒子 B 接收，从小盒子 B 发射超声波开始计时，经 Δt_0 时间再次发射超声波脉冲，图乙是连续两次发射的超声波的位移—时间图像，则下列说法正确的是（ ）

A．脉冲第一次被运动的物体反射时，物体距离 B 的距离 $x_1 = v_0 t_1$

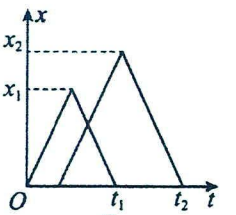
B．脉冲第二次被运动的物体反射时，物体距离 B 的距离 $x_2 = \dfrac{v_0 t_2}{2}$

C．物体的平均速度为 $\overline{v} = \dfrac{2(x_2 - x_1)}{t_2 - t_1 - \Delta t_0}$

D．物体的平均速度为 $\overline{v} = \dfrac{2(x_2 - x_1)}{t_2 - t_1 + \Delta t_0}$



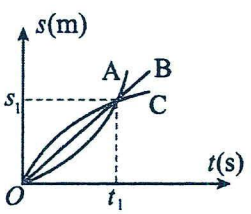
甲



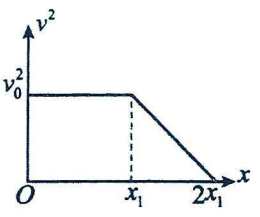
乙

二、多选题

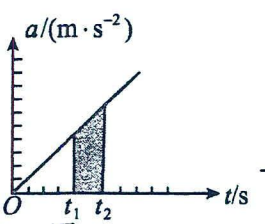
7．图像能够直观描述物理过程，能形象表述物理规律，能有效处理实验数据。如图所示为物体做直线运动的图像，下列说法正确的是（ ）



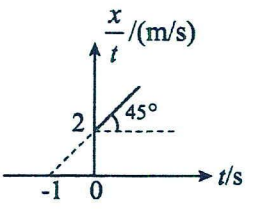
甲



乙



丙



丁

A．甲图为 A、B、C 三物体做直线运动的 $S-t$ 图像，$0-t_1$ 时间内三物体的平均速度相等

B．乙图中，$x_1 - 2x_1$ 物体的加速度大小为 $\dfrac{2v_0^2}{x_1}$

C．丙图中，阴影面积表示 $t_1 - t_2$ 时间内物体的速度改变量的大小

D．丁图中所描述的物体正在做匀加速直线运动，则该物体的加速度 $4m/s^2$

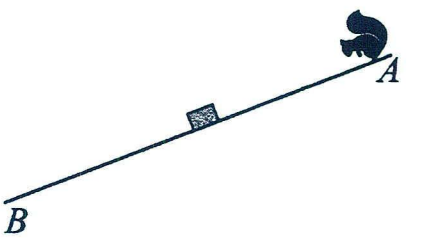
8．如图所示，一颗松子沿倾斜冰面 AB 从顶端 A 由静止匀加速滑下，1s 后，松鼠从倾斜冰面的顶端 A 以 $1.5m/s$ 的初速度、$3m/s^2$ 的加速度匀加速追赶松子。追赶过程中，松鼠与松子相隔的最远距离为 $\dfrac{9}{8}m$，且松鼠恰好在底端 B 处追上松子，则（ ）

A．松子沿冰面下滑的加速度大小为 $2m/s^2$

B．松鼠从顶端 A 出发后，经过 3s 就追上了松子

C．冰面 AB 的长度为 9m

D．在松鼠与松子相隔最远时，松鼠的速度大小为 $2m/s$



9．如图所示，在离水平地面高度为 1m 处将一小球以 $v_0=4\text{m/s}$ 的初速度竖直向上抛出，已知小球在空中运动的加速度大小始终为 10m/s^2，方向竖直向下，取抛出时刻为 0 时刻，则（　　）



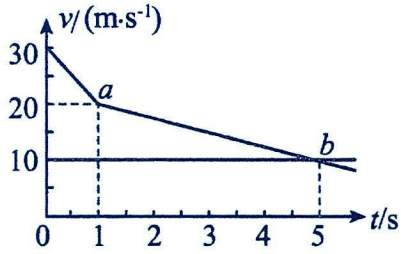
A．小球上升到最高点所用时间为 0.4s

B．小球上升到最高点时离水平地面的高度为 2m

C．小球从抛出到落到水平地面共经历了 0.6s

D．小球在 0.2s 时和 0.6s 时经过同一位置

10．在一大雾天，一辆小汽车以 30m/s 的速度行驶在高速公路上，突然发现正前方 30m 处有一辆大卡车以 10m/s 的速度同方向匀速行驶，小汽车紧急刹车，刹车过程中刹车失灵。如图所示，a、b 分别为小汽车和大卡车的 $v-t$ 图线，以下说法正确的是（　　）



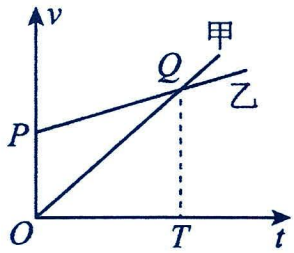
A．刹车失灵前与失灵后，小汽车加速度大小之比为 4：1

B．在 $t=5\text{s}$ 时两车发生追尾事故

C．在 $t=3\text{s}$ 时两车发生追尾事故

D．若紧急刹车时两车相距 40m，则不会发生追尾事故且两车最近时相距 5m

11．甲乙两车在一平直道路上同向运动，其 v—t 图像如图所示，图中 ΔOPQ 和的 ΔOQT 面积分别为 S_1 和 S_2（$S_1>S_2$）初始时，甲车在乙车前方 s_0 处。（　　）



A．若 $s_0=S_1+S_2$，两车不会相遇　　B．若 $s_0<S_1$，两车相遇 2 次

C．若 $s_0=S_1$，两车相遇 1 次　　D．若 $s_0=S_2$，两车相遇 1 次

三、实验题

12．现利用物体的自由落体运动测定当地的重力加速度，记录小球的自由落体运动通常有三种方法：①用打点计时器；②用光电门；③用频闪照相。装置如图 1 所示，打点计时器是大家所熟知的，光电门可记录小球通过光电门的时间，频闪照相在按下快门的同时切断电磁铁的电源让小球自由下落。

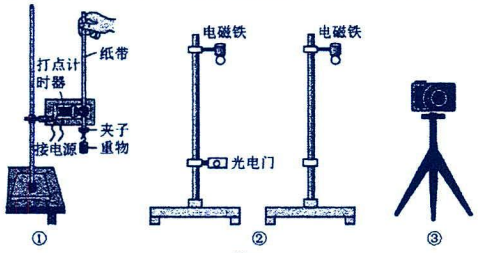


图1



图2

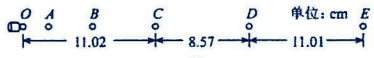


图3

(1)方法①_____（选填“需要”或“不需要”）测量重物的质量；

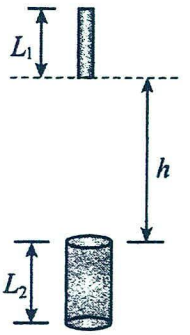
(2)方法②中，如图 2 先用游标卡尺测出小球的直径，则小球的直径 $d=$_____mm；接着测得小球被电磁铁吸住的位置到光电门的距离为 h，记录小球通过光电门的时间为 Δt，则重力加速度为_____；（用题中测量物理量符号表示）

(3)方法③得到如图 3 所示频闪照片，部分测量结果已标注在图上，则可计算小球通过 D 点的速度 $v_D=$_____m/s，重力加速度为 $g=$_____m/s^2。（频闪照相机每隔 0.05s 闪光一次，计算结果均保留三位有效数字）

四、解答题

13．如图所示，一根直棒长度为 L_1=5m，用手提着其上端，在其下端的正下方 h=10m 处有一长度为 L_2=5m、内径比直棒大得多的空心竖直管，放开后让直棒做自由落体运动（重力加速度 g 取 $10m/s^2$）。求：(1)直棒通过该空心管所用的时间（结果保留两位小数）；

(2)直棒离开空心管时的速度大小。



14．长为 5m 的警车在公路上以 36km/h 匀速行驶进行巡视，某时刻，一辆长 20m 的大货车以 72km/h 的速度从警车旁边匀速驶过，在货车车尾距警车车头 25m 时，警员发现货车有违章行为，于是立刻踩动油门进行追赶。为了安全，警车先加速后减速，需行驶到车尾距货车车头前 53m 安全距离处，和货车同速行驶，才能进行示意停车。已知警车加速、减速时的最大加速度大小均为 $2m/s^2$，整个过程货车一直匀速行驶。

求：(1)当警车以最大加速度行驶，在超过货车之前，车头距货车车尾最远距离；

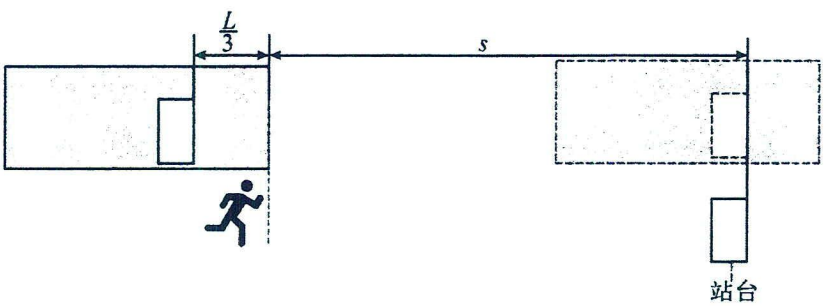
(2)警车至少经过多长时间才能到达题中安全距离处同速行驶；期间达到的最大速度。

15．小强同学在上学途中沿平直人行道以 v_1=1m/s 的速度向公交站台走去，同时刻一辆 32 路公交车从小强旁边以 v_2=10m/s 的速度匀速驶过，他们距站台的距离 s=52m。为了乘上这辆公交车去学校，小强以 $a_1=1m/s^2$ 的加速度尽全力向前跑去，小强能达到的最大速度 v=4m/s。公交车刹车过程中加速度大小 $a_2=2m/s^2$，公交车门在公交车前方 1/3 处。当公交车车门到站台时，公交车刚好刹车停下，公交车长 L=9m，求：

（1）在小强追上公交车前，小强和公交车车头之间的最大距离 Δx；

（2）若公交车在站台停留 Δt 时间用来等待乘客上车，小强能赶上公交车，求公交车的最短等待时间 Δt

（3）若小强在匀速奔跑一段时间后体力不支开始匀减速运动，公交车在站台停留 10s 后即刻出发，小强在公交车即将在站台出发时刚好能赶上车，求小强减速过程的加速度 a_3 的大小。



第九讲：三大基本力——重力、弹力、摩擦力

考点一：力的基本性质

1、力的概念

(1)力是一个物体对另一个物体的作用

(2)力的三要素：力的大小、方向、作用点。

(3)力的作用效果：①使物体产生形变；②使物体运动状态发生变化。

2、力的性质

(1)物质性：力不能脱离物体而存在，没有“施力物体”或“受力物体”的力是不存在的.

(2)相互性：力的作用是相互的，施力(受力)物体同时也是受力(施力)物体.

(3)矢量性：力是矢量，既有大小又有方向.

(4)瞬时性：力的产生和消失由外部条件决定.

3、力的分类： ①按性质分类：重力、弹力、摩擦力、分子力、电磁力等。

②按力的作用效果分类：拉力、压力、重力、阻力等。

4、力的图示及示意图

(1)力的图示：从力的作用点沿力的方向画出的带箭头的线段(包括力的三要素)。线段长短表示力的大小，箭头指向表示力的方向，用箭头（箭尾）表示力的作用点。

(2)力的示意图：受力分析时，只画出力的作用点和方向表示物体的受力情况。

题型一：概念辨析

【精选例题】

【例 1】关于力的概念，下列说法中正确的是（　　）

A．一个物体也能产生力　　B．力的大小可用天平直接测量出来

C．力只能发生在相互接触的物体之间　　D．力是物体间的相互作用

【变式训练】

1．下列关于力的说法正确的是（　　）

A．打出空拳只有施力物体，而没有受力物体

B．打出的排球在空中飞行的过程受到一个向前的推力

C．空中悬挂的吊灯受重力，说明力可以脱离物体而独立存在

D．踢球时脚感到疼痛说明力是物体间的相互作用

2．(多选题)下列关于力的说法中正确的是（　　）

A．力是物体之间的相互作用

B．没有施力物体的力有可能存在

C．一个物体受到力的作用，一定有另一个物体直接接触它且施加了这种作用

D．当两个物体间发生力的作用时，其中的任一物体既是施力物体，也是受力物体

考点二：重力

（1）定义：由于地球的吸引而使物体受到的力。

注意：重力不是万有引力，而是万有引力的一部分.

（2）大小：G=mg，可用弹簧测力计测量。

（3）重力加速度 g 的特点：　①在地球上同一地点 g 值是一个不变的常数.

②g 值随着纬度的增大而增大.

③g 值随着高度的增大而减小.

（4）方向：竖直向下.**错误说法：**垂直向下，指向地心。

（5）重心：重力的等效作用点

①相关因素：物体的几何形状；物体的质量分布.

②位置确定：质量分布均匀的规则物体，重心在其几何中心；对于形状不规则或　者质量分布不均匀的薄板，重心可用**悬挂法**确定.

③重心可以在物体上，也可以在物体外。

A、重心不是重力的真实作用点，而是重力的等效作用点，重力作用在整个物体上。

B、重心不是物体上最重的一点，它可以不在物体上，也不一定在物体的几何中心。

C、重心在物体上的相对位置与物体的位置、放置状态及运动状态无关。

题型一：概念辨析

【精选例题】

【例 1】下列有关重力概念的说法，正确的是（　　）

A．重力方向总是垂直于物体的支持面　　B．运动的物体不受重力作用

C．粉笔在使用时，质量变小，重力变小　　D．空中向上飘的气球不受重力

【变式训练】

1．关于重力，下列说法中正确的是（　　）

A．只有静止的物体才受到重力　　B．只有在空中运动的物体才受到重力

C．在空中运动的物体离开了地球，它不受重力

D．在地球上的任何物体均受重力，与物体和地球是否接触无关

2．(多选题)关于重力，以下说法正确的是（　　）

A．重力的方向总是竖直向下的

B．把处在空气中的物体浸入水中，物体所受重力变小

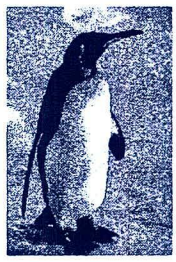
C．挂在绳上静止的物体，它受到的重力就是绳对它的拉力

D．同一物体在地球各处所受重力的大小不一定相等

题型二：重力三要素

【精选例题】

【例 1】帝企鹅是南极常见的一种动物，如图所示的是一只处在南极极点的帝企鹅。如果把地球看成一个均匀的球体，关于此帝企鹅与重力有关的问题，下列说法中正确的是（　　）



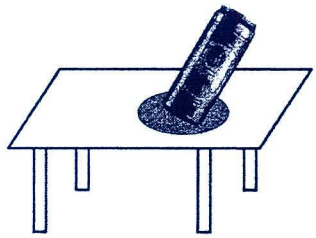
A．帝企鹅受到的重力的方向一定指向地心

B．帝企鹅受到的重力的方向一定偏离地心

C．帝企鹅对地面的压力就是其受到的重力

D．帝企鹅受到的重力小于地球对它的吸引力

【例 2】一个易拉罐由于磕碰，底部边缘有处凹陷。在空易拉罐中注入少量的水后，将易拉罐凹陷处与桌面接触放置在水平桌面上，结果易拉罐“倾而不倒”，如图。下列说法正确的是（　　）



A．注水后，易拉罐的重心位置升高了

B．易拉罐重力的作用线垂直于水平面向下

C．若将注水后的易拉罐正立放置，则其重心位置不变

D．若将空易拉罐剪去上半部，则其重心位置可能不变

【变式训练】

1．(多选题)关于重心、重力和重力加速度，下列说法正确的是（　　）

A．物体的重心一定与它的几何中心重合，重心都在物体内，不可能在物体外

B．一绳子将物体悬挂起来处于静止状态时，物体的重心在绳子的延长线上

C．地球表面的重力加速度随纬度的增大而增大

D．物体所受重力的施力物体是地球，方向总是垂直地面向下

2．如图为仰韶文化时期的某款尖底双耳汲水瓶，展现出我国古代劳动人民的伟大智慧。在双耳处用轻绳将瓶子竖直悬挂，重心的位置随着瓶中的水位改变而发生改变，出现“虚则欹（欹通倚，斜倚，斜靠）、中则正、满则覆”的现象。下列说法正确的是（　）



A．重心概念的建立用到了“转换法”

B．瓶子所受重力的施力物体是瓶中的水

C．轻绳对瓶子的拉力沿轻绳的收缩方向

D．从空瓶到装满水后倾覆的过程中，瓶子（包括瓶中的水）重心的位置一定不断上升

考点三：弹力

（1）定义：发生弹性形变的物体，由于要恢复原状，会对与它接触的物体产生力的作用.

（2）产生条件：①物体相互接触；②物体发生弹性形变.

（3）施力物形变： **弹性形变：**物体在力的作用下发生形变，当撤去力后，物体又将恢复原状。

非弹性形变：物体在力的作用下发生形变，当撤去力后，物体不能恢复原状，又叫范性形变或塑性形变。

（4）弹力有无判断：条件法、假设法、状态法。

条件法	根据弹力产生的两个条件(接触和形变)直接判断
假设法	在一些微小形变难以直接判断的情况下，可以先假设有弹力存在，然后判断是否与研究对象所处状态的实际情况相符合
状态法	根据研究对象的运动状态进行受力分析，判断是否需要弹力，物体才能保持现在的运动状态

题型一：概念辨析

【精选例题】

【例 1】毛主席在《沁园春·雪》一词中写到："一代天骄，成吉思汗，只识弯弓射大雕"。对于"弯弓"的过程中所蕴含的物理知识，下列理解正确的是（ ）

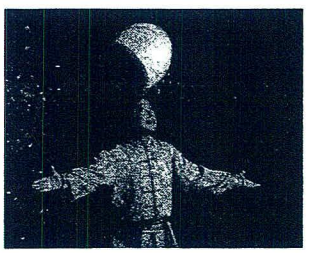
A．"弯弓"发生的塑性形变

B．"弯弓"说明力可以改变物体的运动状态

C．人在"弯弓"的过程中对地面的压力是由于人的形变

D．人在"弯弓"的过程中重力方向指向地心

【例 2】杂技演员具有高超的技术。站在地面上的演员能用头部直接顶住从空中落下的坛子，如图所示。则下列说法正确的是（ ）



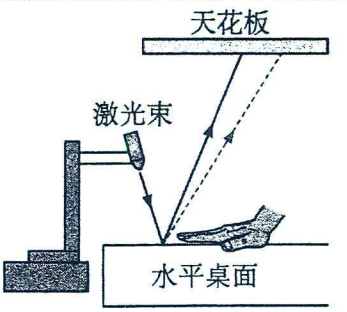
A．演员头部受到压力作用是由于头部发生了形变

B．坛子受到支持力作用是由于演员头部发生了形变

C．坛子对头部的压力就是坛子受到的重力

D．坛子对头部的压力和头部对坛子的支持力是一对平衡力

【例 3】在实验室中可以看到如图所示的实验现象：当用手按压桌面时，打到桌面的激光束反射在天花板上的光点会发生移动。则下列说法正确的是（ ）



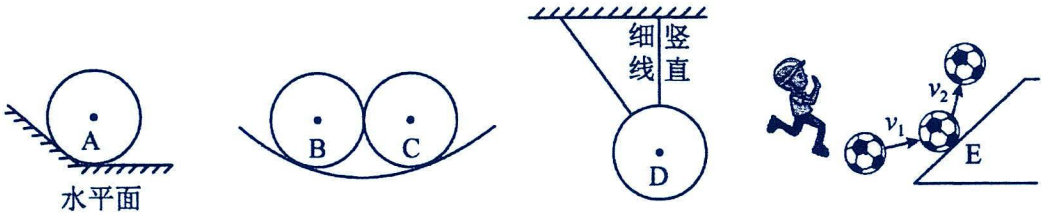
A．桌面受到手的弹力作用是由于桌面发生了塑性形变

B．桌面受到手的弹力作用是由于桌面发生了弹性形变

C．按压过程没有发现手形变，所以手没有受到弹力

D．反射在天花板上的光点发生移动，说明桌面发生了形变

【例 4】图中的 A、B、C 和 D 球均为光滑球，E 球是一足球，一学生将足球踢向斜台，下列说法正确的是（ ）



A．A 球和斜面之间可能有弹力作用

B．B 球和与 C 球间一定有弹力作用

C．倾斜的细绳对 D 球可能有拉力作用

D．E 球（足球）与斜台作用时斜台给足球的弹方向先沿 v_1 的方向后沿 v_2 的方向

【变式训练】

1．关于弹力，以下说法不正确的是（ ）

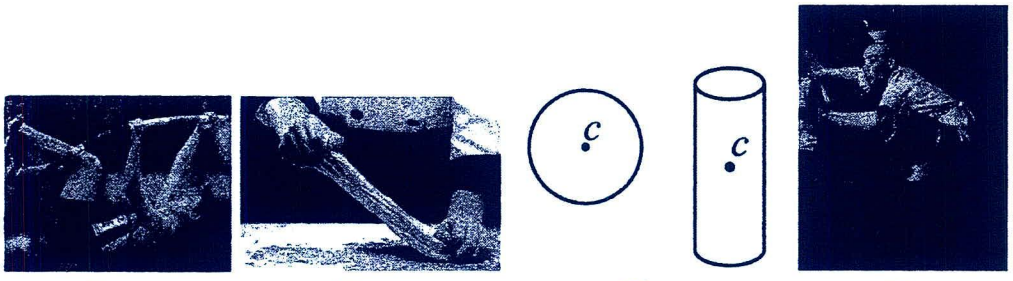
A．拉力、压力、支持力性质上均为弹力

B．物体由于发生了弹性形变，会对使其发生弹性形变的物体施加弹力作用

C．对同样一根弹簧，弹性形变越大，弹力越大

D．许多物体可以在不发生形变的条件下对物体施以弹力作用

2．下列关于形变和重心的说法中正确的是（ ）



甲　　乙　　丙　　丁

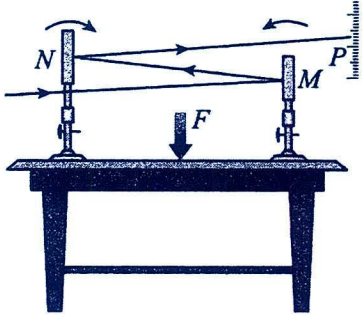
A．甲图是扭转形变，扭转之后不可以恢复到原来的形状

B．乙图是弯曲形变，弯曲之后一定可以恢复到原来的形状

C．图丙中把物体各部分所受重力集中作用于重心，运用了等效替代法

D．丁图是杂技表演，演员伸出手臂和腿只是单纯为了姿势好看，不会影响他的重心位置

3．在一张大桌子上放两个平面镜 M 和 N，让一束光依次被两面镜子反射，最后射到墙上，形成一个光点 P，现用力压桌面，观察墙上光点 P 位置的变化，下列说法不正确的是（ ）



A．用力按压两镜之间的桌面时，光点 P 向上移动

B．用力按压两镜之间的桌面时，光点 P 向下移动

C．力 F 越大，光点 P 移动的距离越大

D．在相同压力的条件下，N 与墙面的距离越大，光点 P 移动的距离越大

4．(多选题)下列对图中弹力有无的判断，正确的是（　　）

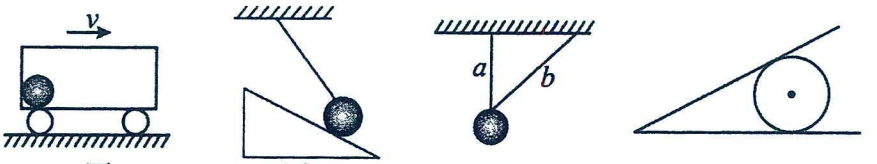


图1　图2　图3　图4

A．小球随车厢（底部光滑）一起向右做匀速直线运动，则车厢左壁对小球有弹力

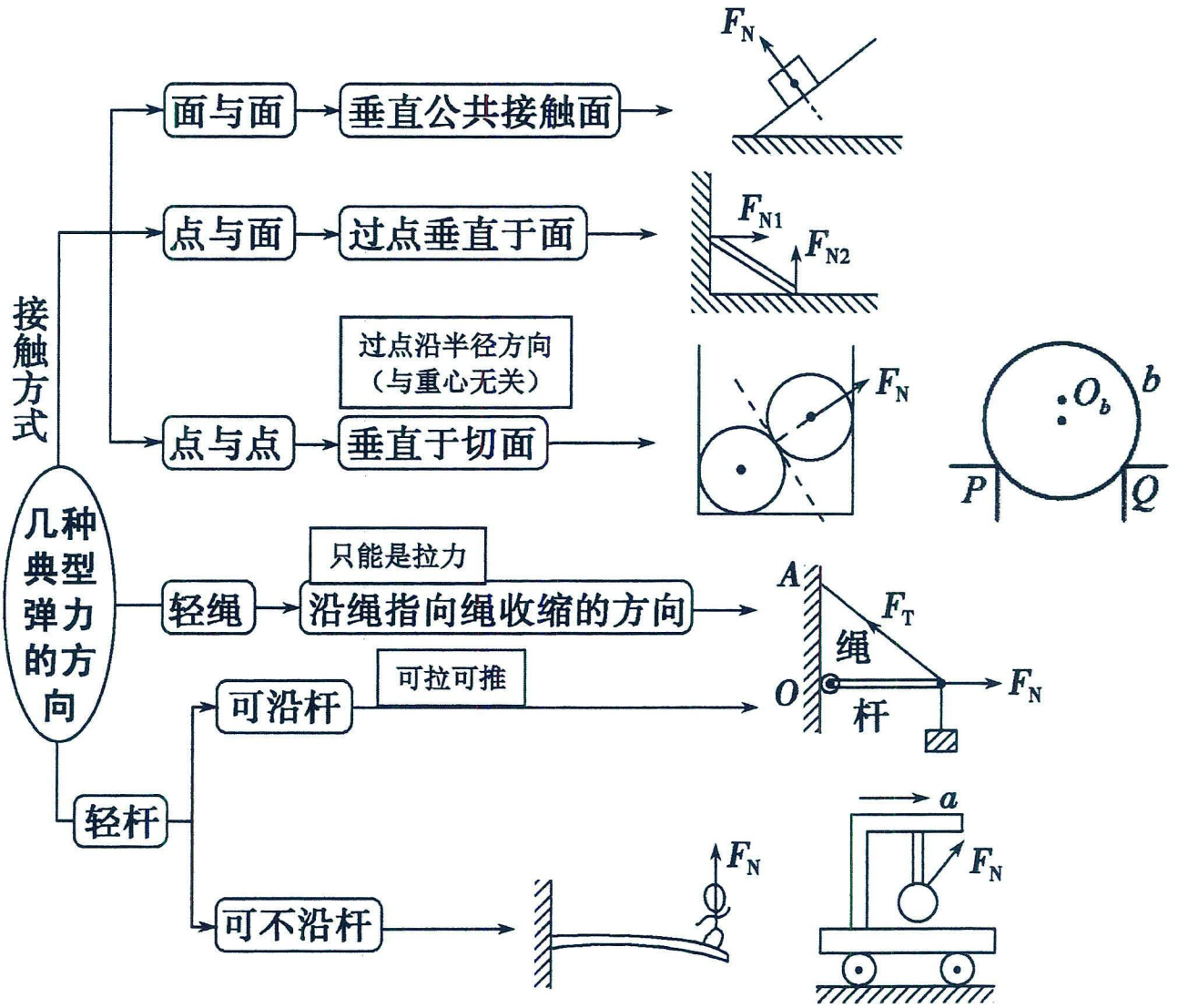
B．小球被轻绳斜拉着静止在光滑的斜面上，则绳对小球有弹力

C．小球被 a、b 两轻绳悬挂而静止，其中 a 绳处于竖直方向，则 b 绳对小球一定没有拉力

D．小球静止在光滑的三角槽中，三角槽底面水平，倾斜面对球有弹力

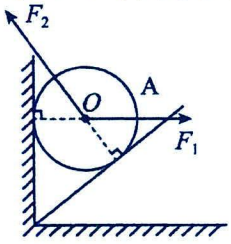
题型二：弹力方向

弹力的方向总是与施力物体形变的方向相反

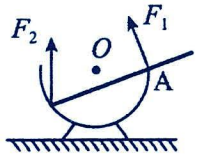


【精选例题】

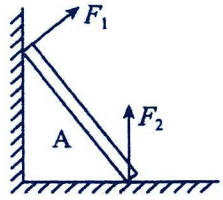
【例 1】如图所示，四种情境中物体 A 均处于静止状态，它与外界的接触面（点）均光滑（其中 D 图中 O 点为球心）。下列选项中物体 A 所受弹力示意图正确的是（　　）



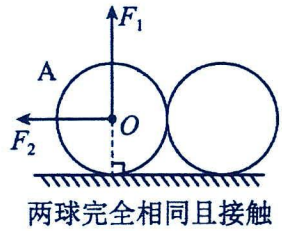
A



B

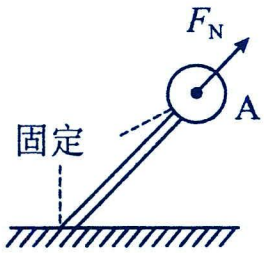


C

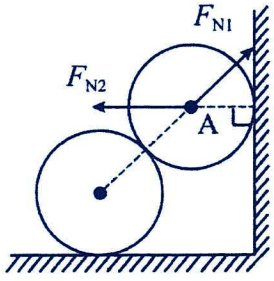


D

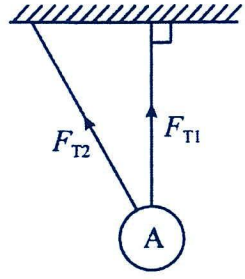
【例 2】如下图四种情境，物体均处于静止状态，其中物体 A 所受弹力的示意图正确的是（　　）



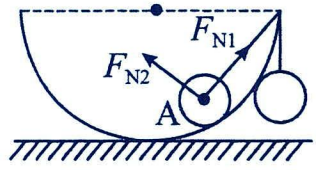
A



B



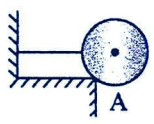
C



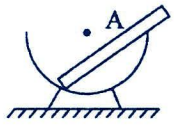
D

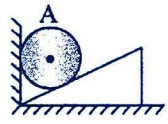
【变式训练】

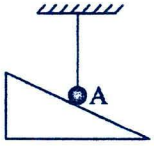
1．作出下列 A 物体受到的弹力。

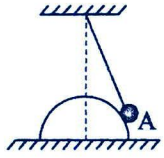




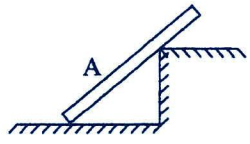


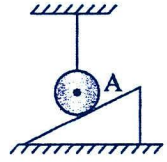




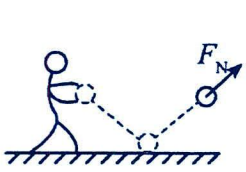




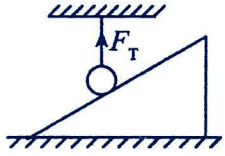




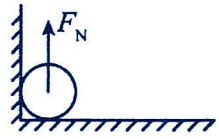
2．(多选题)下列情境中关于球所受弹力的描述，错误的是（　　）



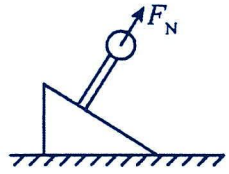
甲



乙



丙



丁

A．甲图中，反弹出去的排球在空中运动时，受到沿运动方向的弹力作用

B．乙图中，竖直细线悬挂的小球静止在斜面上时，受到沿细线向上的拉力

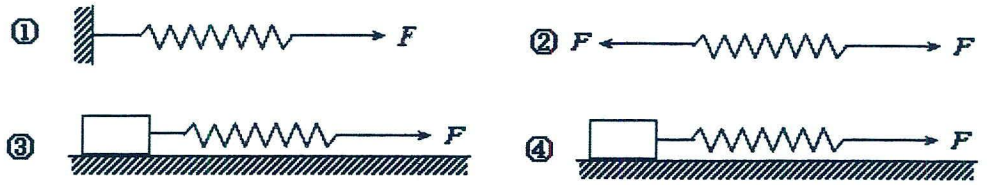
C．丙图中，静止在墙角的篮球受到竖直向上的支持力

D．丁图中，静止在杆顶端的铁球受到沿杆向上的弹力

题型三：弹簧弹力分析

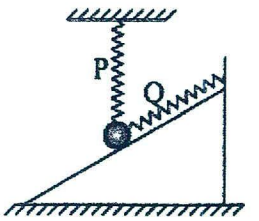
【精选例题】

【例 1】如图所示，四个完全相同的弹簧都处于水平位置，它们的右端受到大小皆为 F 的拉力作用，而左端的情况各不相同：①中弹簧的左端固定在墙上，②中弹簧的左端受大小也为 F 的拉力作用，③中弹簧的左端拴一小物块，物块在光滑的桌面上滑动，④中弹簧的左端拴一小物块，物块在有摩擦的桌面上滑动．若认为弹簧的质量都为零，以 l_1、l_2、l_3、l_4 依次表示四个弹簧的伸长量，则有（ ）



A．$l_4=l_3=l_2=l_1$　　B．$l_4>l_3>l_2>l_1$　　C．$l_1>l_3>l_4>l_2$　　D．$l_1>l_3=l_4>l_2$

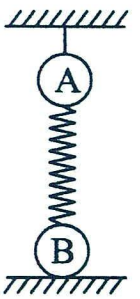
【例 2】如图所示，固定斜面上有一光滑小球，有一竖直轻弹簧 P 与一平行斜面的轻弹簧 Q 连接着，小球处于静止状态，则关于小球所受力，下列说法正确的是（　　）



A．小球与斜面之间一定有弹力　　B．轻弹簧 P 一定有弹力

C．轻弹簧 Q 不可能处于压缩状态　　D．小球只能受到 4 个力

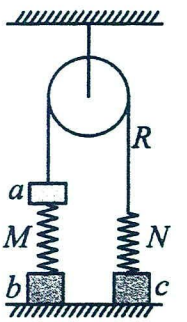
【例 3】如图所示，A、B 两物体的重力分别是 $G_A=3N$，$G_B=4N$。A 用细线悬挂在顶板上，B 放在水平面上，A、B 间轻弹簧的弹力 F=2N，则细线中的张力 F_T 及 B 对地面的压力 F_N 的可能值分别是(　　)



A．5N 和 6N　　B．5N 和 1N　　C．1N 和 5N　　D．1N 和 6N

【变式训练】

1．(多选题)图中 a、b、c 为三个物块，M、N 为两个轻质弹簧。R 为跨过光滑定滑轮的轻绳，它们连接如图所示并处于平衡状态。则（　　）



A．有可能 N 处于拉伸状态而 M 处于压缩状态

B．有可能 N 处于拉伸状态面 M 处于不伸不缩状态

C．有可能 N 处于压缩状态而 M 处于压缩状态

D．有可能 N 处于不伸不缩状态而 M 处于拉伸状态

2．(多选题)如图,杆I的左端固定在 P,右端连着质量为 m 的物体,弹簧II右端固定在 Q,左端连在物体 m 上,m 静止在光滑水平面上,弹簧的长度比原长大．则对下列情况的叙述正确的是(　　)



A．剪断I的瞬间,II对 m 的弹力立刻消失　　B．剪断I的瞬间,II对 m 的弹力还存在

C．剪断II的瞬间,I对 m 的弹力立即消失　　D．剪断II的瞬间,I对 m 的弹力还存在

题型四：弹力的大小——胡克定律

1、计算弹力的方法： (1)应用胡克定律 F＝kx 计算弹簧的弹力.注意：x 表示形变量。

(2)物体静止或做匀速直线运动时，用共点力平衡条件来计算弹力。

(3)物体不处于平衡状态时可应用牛顿第二定律计算弹力。

2、胡克定律：弹簧发生弹性形变时，弹力的大小 F 跟弹簧伸长（或缩短）的长度 x 成正比.

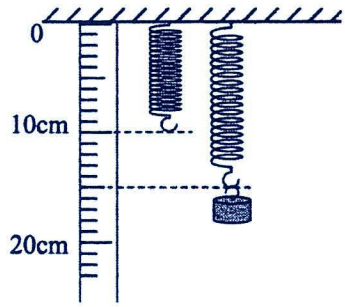
表达式：F＝kx。

k:弹簧的劲度系数,单位为 N/m;k 的大小由弹簧自身性质决定.k 越大说明弹簧越 “硬”;k 越小说明弹簧越 “软”。

x：弹簧长度的变化量，不是.弹簧形变以后的长度.

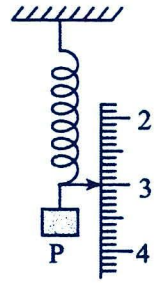
【精选例题】

【例 1】为测量一轻质弹簧的劲度系数，某同学进行了如下实验：先将弹簧竖直悬挂，而后在弹簧下端挂上重为 4N 的钩码，弹簧静止时的位置如图所示，可求得该弹簧的劲度系数为（ ）



A．20N/m　　B．40N/m　　C．80N/m　　D．200N/m

【例 2】如图所示，一根弹簧挂上 20N 的重物，重物静止时指针 P 正对刻度尺的 3cm 位置；更换 30N 重物后，重物静止时指针 P 正对刻度尺的 4cm 位置，弹簧没有超出弹性限度，则（ ）



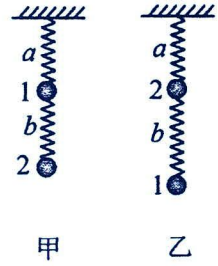
A．挂上 50N 重物，重物静止时指针 P 正对刻度尺的 5cm 位置

B．弹簧的劲度系数为 10N/m

C．未悬挂重物时，指针 P 正对刻度尺的 1cm 位置

D．未悬挂重物时，指针 P 正对刻度尺的 0cm 位置

【例 3】质量分别为 m_1、m_2 的小球 1、2 用劲度系数分别为 k_a、k_b，的 a、b 轻质弹簧悬挂，平衡后状态如图甲所示，若将球 1、2 交换位置，平衡后状态如图乙所示，则（ ）

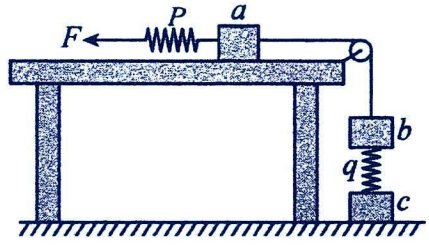


A．$k_a > k_b$　　B．$m_1 < m_2$　　C．$m_1 > m_2$　　D．$k_a < k_b$

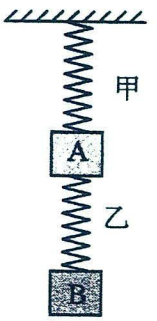
【例 4】三个木块 a、b、c 和两个劲度系数均为 500N/m 的相同轻弹簧 p、q 用细线连接如图，其中 a、c 质量均为 2kg，b 质量为 1kg，a 放在水平桌面上，与桌面间的动摩擦因数μ=0.5。开始时，弹簧 p 处于原长，轻绳恰好伸直，木块都处于静止状态。现用水平力缓慢地向左拉 p 弹簧的左端，直到 c 木块刚好离开水平地面为止。该过程 p 弹簧的左端向左移动的距离是（ ）（轻弹簧和细线的重量都忽略不计，取 $g=10\text{m/s}^2$）

A．14cm　　B．12cm

C．10cm　　D．8cm



【例 5】如图所示，用两原长均为 L_0 的轻弹簧将物体 A、B 拴接在一起，系统平衡时，物体 B 到悬点的距离为 $2.4L_0$，已知两物体的质量均为 m，弹簧甲、乙的劲度系数之比为 2:1，重力加速度为 g。则下列说法正确的是（　　）



A．弹簧甲的长度为 $1.2L_0$　　B．弹簧乙的伸长量为 $\frac{19}{15}L_0$

C．弹簧甲的劲度系数为 $\frac{5mg}{L_0}$　　D．弹簧乙的劲度系数为 $\frac{10mg}{L_0}$

【变式训练】

1．(多选题)关于胡克定律，下列说法正确的是（　　）

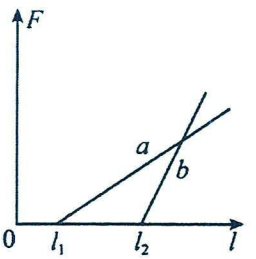
A．由 $F=kx$ 可知，在弹性限度内弹簧弹力 F 的大小与弹簧伸长（或缩短）的长度 x 成正比

B．由 $k=\frac{F}{x}$ 可知，劲度系数 k 与弹簧弹力 F 成正比，与弹簧伸长（或缩短）的长度 x 成反比

C．弹簧的劲度系数 k 是由弹簧本身的性质决定的，与弹簧弹力 F 的大小和弹簧伸长（或缩短）的长度 x 无关

D．弹簧的劲度系数在数值上等于弹簧伸长（或缩短）单位长度时弹力改变值的大小

2．一个实验小组在“探究弹力和弹簧伸长的关系”实验中，使用两条不同的轻质弹簧 a 和 b，得到弹力与弹簧长度的图像如图所示。下列表述正确的是（　　）



A．a 的原长比 b 的长　　B．a 的劲度系数比 b 的大

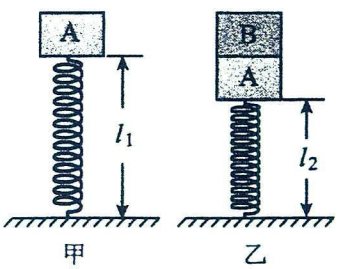
C．a 的劲度系数比 b 的小　　D．弹力与弹簧的伸长量成反比

3．如图所示，两个质量均为 1kg 的相同物块 A、B 用一个劲度系数为 500N/m 的轻弹簧连接，两物块都处于静止状态。现用竖直力 F 缓慢地向上拉物块 A，直到物块 B 刚好离开水平地面为止。取 $g=10\text{m/s}^2$，这个过程中物块 A 移动的距离是（　　）



A．1cm　　B．2cm　　C．4cm　　D．8cm

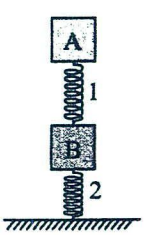
4．如图甲所示，一轻质弹簧下端固定在水平面上，上端放一个质量为 3m 的物块 A，物块 A 静止后弹簧长度为 l_1；若在物块 A 上端再放一个质量为 m 的物块 B，静止后弹簧长度为 l_2，如图乙所示。弹簧始终处于弹性限度范围内，则（　　）



A．弹簧的劲度系数为 $\frac{2mg}{l_2-l_1}$　　B．弹簧的劲度系数为 $\frac{3mg}{l_1}$

C．弹簧的原长为 $4l_1-3l_2$　　D．弹簧的原长为 $3l_1-2l_2$

5．(多选题)如图，A、B 两木块质量均为 m，1、2 两轻弹簧的劲度系数分别为 k_1、k_2，弹簧、木块、地面各接触点都栓连，整个系统静止。现用力将木块 A 缓慢竖直向上提起，直到弹簧 2 的弹力大小变为原来的一半为止，A、B 所受的合外力始终为零，则在这过程中 A 木块移动的距离为（　　）



A．$\frac{mg}{k_1}+\frac{mg}{k_2}$　　B．$\frac{mg}{k_1}+\frac{2mg}{k_2}$　　C．$\frac{2mg}{k_1}+\frac{3mg}{k_2}$　　D．$\frac{3mg}{k_1}+\frac{3mg}{k_2}$

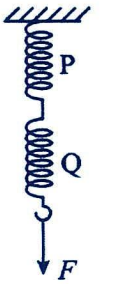
题型五：弹簧的串并联

弹簧串联等效劲度系数：$k=\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}$

弹簧并联等效劲度系数：$k=k_1+k_2$

【精选例题】

【例 1】如图所示，轻质弹簧 P 上端固定在天花板上，下端的挂钩钩住轻弹簧 Q 的环，P、Q 的劲度系数分别为 100N/m 和 200N/m，现用大小为 20N 的拉力 F 竖直向下拉弹簧 Q，两只弹簧形变量之和为Δx，两弹簧始终在弹性限度内，下列说法正确的是（　　）



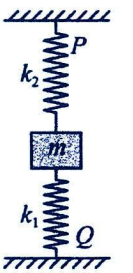
A．弹簧 Q 拉弹簧 P 的力大于 P 拉 Q 的力

B．Δx=0.3m

C．若将拉力 F 增加一倍，则稳定后两只弹簧的总长度之和也增加一倍

D．上述两只弹簧形变的效果与一只劲度系数为 150N/m 的弹簧等效

【例 2】如图所示，两个弹簧的质量不计，劲度系数分别为k_1和k_2，它们一端固定在质量为 m 的物体上，另一端分别固定在 Q 和 P 上，当物体平衡时上方的弹簧处于原长。再把固定的物体换为大小相同、质量为 2m 的物体，再次平衡后，弹簧的总长度不变，且弹簧均在弹性限度内，下列说法正确的是（　　）



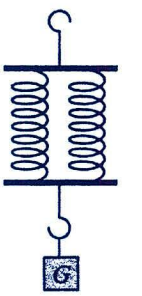
A．第一次平衡时，下方弹簧处于原长

B．第一次平衡时，下方弹簧被压缩的长度为$\frac{mg}{k_2}$

C．第二次平衡时，上方弹簧伸长的长度为$\frac{mg}{k_2}$

D．第二次平衡时物体的位置比第一次平衡时下降的高度为$\frac{mg}{k_1+k_2}$

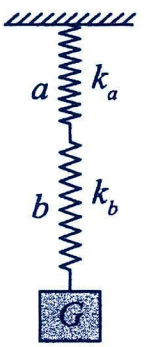
【例 3】实验室有一种测力计如图所示，某同学将质量为 300g 的砝码挂在下面，相同的两根弹簧相比原来伸长了 1.5cm，重力加速度大小$g=10\text{m/s}^2$，则该测力计单根弹簧的劲度系数为（ ）



A．100N/m　　B．200N/m　　C．300N/m　　D．400N/m

【变式训练】

1．(多选题)如图，a、b 为两根相连的轻质弹簧，原长分别为$l_a=6\text{cm}$，$l_b=4\text{cm}$，劲度系数分别为$k_a=1\times10^3\text{N/m}$，$k_b=2\times10^3\text{N/m}$，在下端挂一重 12N 的物体 G，平衡时（　　）



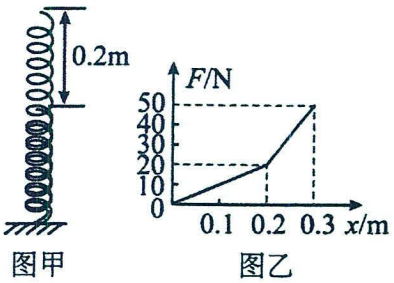
A．弹簧 a 下端受的拉力为12N，b 下端受的拉力为12N

B．弹簧 a 下端受的拉力为6N，b 下端受的拉力为8N

C．弹簧 a 的长度变为6.4cm，b 的长度变为4.3cm

D．弹簧 a 的长度变为7.2cm，b 的长度变为4.6cm

2．(多选题)如图甲所示，一根大弹簧内套一根小弹簧，它们的下端固定在地面上，上端自由，大弹簧比小弹簧长0.2m。当施加竖直方向的力压缩此组合弹簧时，测得力和弹簧压缩量之间的关系如图乙所示，两根弹簧始终处于弹性限度内，则有关两根弹簧的劲度系数（设大弹簧的劲度系数为k_1，小弹簧的劲度系数为k_2），下列选项正确的是（　）

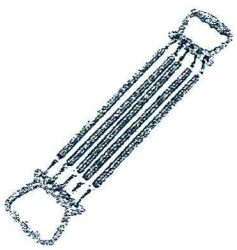


图甲　　图乙

A．$k_1=100\text{N/m}$　　B．$k_1=200\text{N/m}$

C．$k_2=200\text{N/m}$　　D．$k_2=300\text{N/m}$

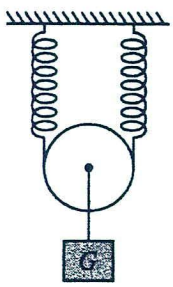
3．(多选题)如图所示，拉力器并列装有5根相同的弹簧，一成年人使用该拉力器时，双臂左右伸直，对拉力器施加的拉力为550N，每根弹簧长度为160cm；另一青少年，力量较小，使用该拉力器时，卸下2根弹簧，双臂左右伸直时对拉力器施加的拉力为270N，每根弹簧长度为140cm。下列说法正确的是（　）



A．弹簧的劲度系数为100N/m　　B．弹簧的劲度系数为110N/m

C．每根弹簧的原长为40cm　　D．每根弹簧的原长为50cm

4．如图所示，两个劲度系数分别为k_1和k_2的轻质弹簧竖直悬挂，弹簧下端用光滑细绳连接，并有一光滑的轻滑轮放在不可伸长的细绳上，当滑轮下端挂一重为G的物体后，滑轮下滑一段距离，则下列结论正确的有（　）



A．两弹簧的伸长量相等　　B．两弹簧的弹力大小不相等

C．重物下降的距离为$\dfrac{G}{k_1+k_2}$　　D．重物下降的距离为$\dfrac{G(k_1+k_2)}{4k_1k_2}$

考点四：摩擦力

（1）定义：两个相互接触的物体，当它们发生相对运动或具有相对运动的趋势时，在接触面上产生阻碍相对运动或相对运动趋势的力.

（2）产生条件：①相互接触；②接触面粗糙；③接触处有挤压作用；

④两物体间有相对运动或相对运动的趋势.

（3）静摩擦力：两个物体间只有力的作用，而无相对运动。

方向：总是沿着接触面，且与物体相对运动趋势的方向相反。

大小：静摩擦力是被动力，其大小随状态的变化而变化，介于 $0\sim F_{fmax}$ 之间。

效果：阻碍物体间的相对运动趋势。

有无判断：假设法，反推法。

（4）滑动摩擦力：当一个物体在另一物体表面滑动时，会受到另一物体阻碍它滑动的力。

方向：总是沿着接触面，且与物体相对运动的方向相反。

大小：$f=\mu F_N$；F_N 为正压力，μ 为动摩擦因数，与接触面的粗糙程度和材料有关。与物体间压力，相对运动速度，接触面大小无关。

效果：阻碍物体间的相对运动。

（5）滚动摩擦力：一个物体在另一个物体上滚动时产生的摩擦力

规律：在压力相同的情况下，滚动摩擦力小于滑动摩擦力。

（6）弹力与摩擦力的关系：若两物体间有摩擦力，则两物体间一定有弹力，若两物体间有弹力，但两物体间不一定有摩擦力。

（7）判断摩擦力有无的方法

假设法	假设物体间接触面光滑 → 不发生相对滑动 → 无相对运动趋势 → 无静摩擦力 → 方向与相对运动趋势的方向相反 假设物体间接触面光滑 → 发生相对滑动 → 有相对运动趋势 → 有静摩擦力 → 方向与相对运动趋势的方向相反
状态法	根据平衡条件、牛顿第二定律，通过受力分析确定静摩擦力的方向
转换对象法	先确定受力较少的物体受到的静摩擦力的方向，再根据“力的相互性”确定另一物体受到的静摩擦力方向

题型一：概念辨析

【精选例题】

【例 1】关于摩擦力，下列说法正确的是（　　）

A．摩擦力的方向可能与运动方向相同，也可能与运动方向相反

B．摩擦力的存在依赖于弹力，所以有弹力必定有摩擦力

C．滑动摩擦力总是阻碍物体间的运动

D．运动的物体可能受到静摩擦力作用，静止的物体不可能受到滑动摩擦力作用

【变式训练】

1．下列关于摩擦力的说法中，正确的是（　　）

A．两物体间的摩擦力大小和它们间的压力一定成正比

B．运动的物体不可能受到静摩擦力的作用

C．静止的物体不可能受到滑动摩擦力的作用

D．滑动摩擦力的方向可以与物体的运动方向相同，也可以相反

2．关于摩擦力，有人总结了“四条不一定”，其中说法**错误**的是（　　）

A．受静摩擦力或滑动摩擦力的物体不一定静止或运动　　B．摩擦力不一定是阻力

C．滑动摩擦力不一定阻碍物体间的相对运动　　D．摩擦力的方向不一定与物体的运动方向相同

题型二：静摩擦与动摩擦

【精选例题】

【例 1】关于静摩擦力，下列说法正确的是（　　）

A．两个接触且相对静止的物体间一定有静摩擦力作用

B．只有静止的物体才会受到静摩擦力作用，运动物体不会

C．静摩擦力方向总是会与物体的运动方向相反

D．物体受到的静摩擦力方向可能与其运动方向相同

【例 2】(多选题)有关滑动摩擦力的说法正确的是（　　）

A．相互接触并有相对运动的物体间必有摩擦力　　B．两物体之间有滑动摩擦力，则其间必有弹力

C．滑动摩擦力的方向总是与物体运动方向相反　　D．滑动摩擦力一定与压力的方向垂直

【变式训练】

1．关于静摩擦力，下列说法正确的是（　　）

A．运动的物体可能受到静摩擦力的作用　　B．滑动摩擦力总是与物体的运动趋势的方向相反

C．受静摩擦力的物体一定是静止的　　D．两个相对静止的物体之间一定有静摩擦力的作用

2．关于静摩擦力，下列说法正确的是（　　）

A．两个相对静止的物体之间一定有静摩擦力的作用　　B．静摩擦力一定是阻力

C．受静摩擦力作用的物体一定是静止的

D．在压力一定的条件下，静摩擦力的大小是可以变化的，但有一定限度

3．下列有关滑动摩擦力的说法中正确的是（　）

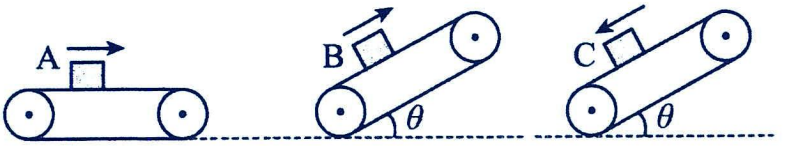
A．相互接触并有相对运动的物体之间必有摩擦力　　B．两物体之间有滑动摩擦力，则其间必有弹力

C．滑动摩擦力的方向总是与物体运动方向相反　　D．滑动摩擦力一定是阻力

题型三：摩擦力方向

【精选例题】

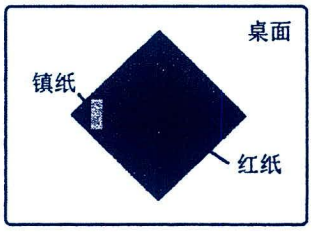
【例 1】如图所示，A、B、C 三个物体质量相等，它们与传送带间的动摩擦因数相同。三个物体随传送带一起匀速运动，运动方向如图中箭头所示。则下列说法正确的是（　　）



A．三个物体受到的摩擦力均不为零　　B．三个物体受到的摩擦力均为零

C．B、C 受到的摩擦力方向相同　　D．B、C 受到的摩擦力方向相反

【例 2】春节贴“福”字是民间由来已久的风俗，新春佳节临近，某同学正写“福”字，他在水平桌面上平铺一张红纸，并在红纸左侧靠近边缘处用镇纸”压住以防止打滑，整个书写过程中红纸始终保持静止，则该同学在书写过程中（　　）



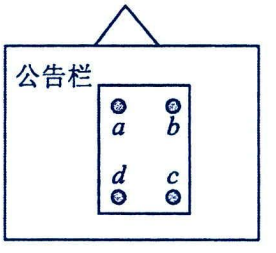
A．提笔静止时，手对毛笔的摩擦力大小与握力成正比

B．向下顿笔时，毛笔对红纸的压力大于红纸对毛笔的支持力

C．向左行笔时，红纸对桌面的静摩擦力方向向左

D．向右行笔时，红纸对“镇纸”的静摩擦力方向向右

【例 3】用四颗磁吸块将一张纸质通知固定在竖直平面上的公告栏内，下列说法正确的是（　　）



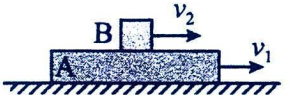
A．磁吸块 a 受到 3 个力作用

B．磁吸块 a 受到的摩擦力方向向下

C．纸质通知受到白板的摩擦力大小大于自身重力

D．去掉磁吸块 c，纸质通知受到白板的摩擦力保持不变

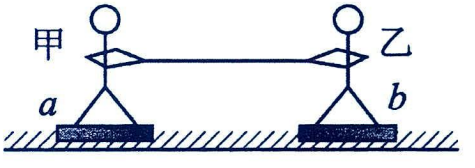
【例 4】如图所示，A 为长木板，在水平面上以速度 v_1 开始向右运动，同时物块 B 在 A 的上表面以速度 v_2 开始向右运动，且 A、B 接触面粗糙，水平面光滑。下列判断正确的是（　　）



A．若 $v_1=v_2$，A、B 之间无滑动摩擦力　　B．若 $v_1>v_2$，A 受到 B 所施加的向右的滑动摩擦力

C．若 $v_1<v_2$，B 受到 A 所施加的向右的滑动摩擦力　　D．若 $v_1>v_2$，A、B 之间无滑动摩擦力

【例 5】如图，甲、乙两位同学分别站在轻质薄板 a、b 上在“草地”上进行“拔河”游戏。薄板 a、b 与“草地”间的动摩擦因数均相同，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，甲、乙双方各自缓慢向两侧拖拉。若甲的质量大于乙的质量，则在“拔河”过程中，下列判断正确的是（　　）



A．薄板 a 和“草地”间的摩擦力较大

B．薄板 b 和“草地”间的摩擦力较大

C．薄板 a 和“草地”间不会有相对滑动

D．甲、乙“拔河”的力属于作用力与反作用力

【变式训练】

1．如图所示，用手握住空瓶子使其竖直静止于空中，下列说法正确的是（　　）



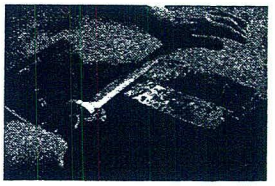
A．手受到的摩擦力方向竖直向上

B．手握得越紧，瓶子受到的摩擦力越大

C．手握得越紧，瓶子和手之间的最大静摩擦力越大

D．若往瓶中倒水，瓶子和手之间的最大静摩擦力逐渐增大

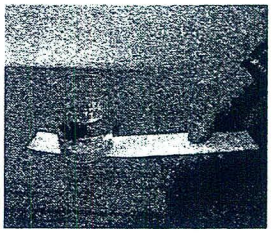
2．“工欲善其事，必先利其器”，中国古代已经掌握了高超的兵器研磨技巧。如图所示是打磨宝剑的场景。在打磨过程中，磨石始终静止在水平桌面上，当宝剑在外力作用下水平向右运动时，下列说法正确的是（　）



A．宝剑与磨石之间存在静摩擦力　　B．磨石与桌面之间不存在摩擦力

C．宝剑对磨石的摩擦力方向水平向右　　D．桌面对磨石的摩擦力方向水平向右

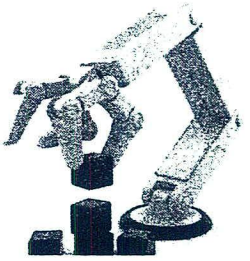
3．如图所示，某同学在桌子边缘用一杯水压着一张纸，现欲向右把纸拉走，而让水杯留在桌上，实验时发现纸拉得越快，水杯越稳定，几乎处于静止状态。则拉得越快（　　）



A．水杯惯性越大，水杯越不会动　　B．水杯几乎静止故受到的是静摩擦力

C．水杯对纸的摩擦力越大　　D．纸对水杯的摩擦力向右

4．智能机械臂已广泛应用于各种领域。如图所示，一机械臂铁夹夹起一个立方体物块，物块在空中处于静止状态，铁夹与物块接触面保持竖直，则（　）



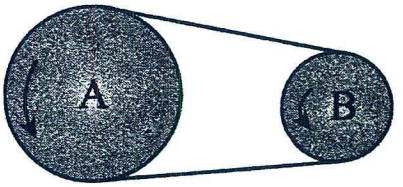
A．若铁夹竖直向上匀速移动，物块受到的摩擦力方向向下

B．若铁夹水平移动，物块受到的摩擦力由静摩擦力变为滑动摩擦力

C．若铁夹竖直向下匀速移动，物块受到的摩擦力小于重力

D．若增大铁夹对物块的压力，物块受到的摩擦力不变

5．在图示的皮带传动装置中，A 轮为主动轮，B 轮为从动轮，箭头表示两轮的旋转方向。关于 A、B 两轮所受摩擦力的方向，下列说法正确的是（　　）



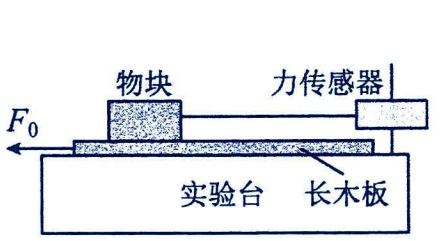
A．两轮所受摩擦力的方向和两轮转动方向相同

B．两轮所受摩擦力的方向和两轮转动方向相反

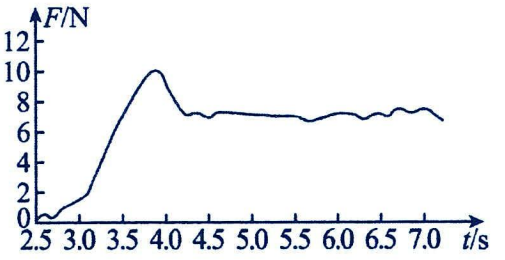
C．A 轮受的摩擦力方向和 A 轮的转动方向相同，B 轮受摩擦力的方向和 B 轮转动方向相反

D．A 轮受的摩擦力方向和 A 轮的转动方向相反，B 轮受摩擦力的方向和 B 轮转动方向相同

6．(多选题)某同学用力传感器探究物块受的摩擦力， 如图甲所示。 固定的力传感器通过不可伸长的水平细线与物块相连，传感器能记录细线拉力大小 F。物块放在水平长木板上，现用水平向左的力 F_0 抽动长木板，得到 F—t 图像如图乙所示。 结合图示相关信息， 以下说法正确的是（　　）



甲



乙

A．物块所受摩擦力方向与长木板运动方向相反　　B．物块和木板之间静摩擦力的大小存在一个最大值

C．由题中信息可以测出物块与木板间的动摩擦因数　　D．细线对物块拉力与物体所受摩擦力大小时刻相等

7．(多选题)玻璃房逐渐受到人们的青睐，大玻璃窗户的清洁可由“自动擦窗机器人”完成。某自动擦窗机器人的质量为 1.5kg，它的“腹部”有吸盘。自动擦窗机器人的真空泵将吸盘内的空气向外抽出后，它能牢牢地吸在竖直玻璃上，g 取 10N/kg。则下列说法符合事实的是（　　）



A．此时摩擦力等于 15N

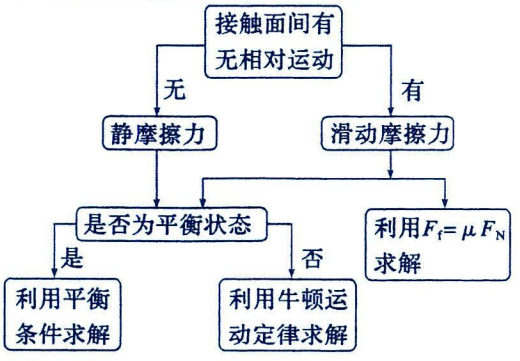
B．若真空泵继续向外抽气，则自动擦窗机器人受到的摩擦力将变大

C．此时机器人对玻璃的压力和玻璃对机器人的支持力是一对相互作用力

D．当自动擦窗机器人竖直向下匀速运动时，若真空泵继续向外抽气，则自动擦窗机器人受到的摩擦力将变大

题型四：摩擦力的大小

1．计算摩擦力大小的思维流程



2.静摩擦力大小的计算方法

（1）物体处于平衡状态：利用平衡条件求解。

（2）最大静摩擦力：与接触面间的压力成正比，其值略大于滑动摩擦力，通常认为最大静摩擦力等于滑动摩擦力，即 $F_{max}=\mu F_N$。

3.滑动摩擦力大小的计算方法

（1）公式法：$F=\mu F_N$；注意 F_N 是两物体间的正压力，并不总是等于物体的重力。

（2）状态法：利用平衡条件列方程求解。

【精选例题】

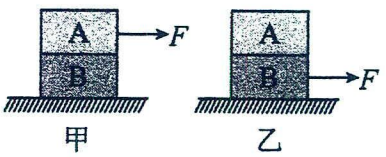
【例 1】如图所示，一质量为 m 的木块放在水平桌面上，在水平方向受到 F_1 和 F_2 作用而处于静止状态，其中 F_1=10N，F_2=3N。已知木块与地面的动摩擦因数为 0.1 最大静摩擦力等于滑动摩擦力。现撤去 F_1 保留 F_2。则木块在水平方向受到的摩擦力为（　　）



A．10N，方向向左　　B．3N，方向向左

C．3N，方向向右　　D．0

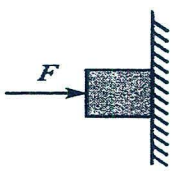
【例 2】两物体叠放在水平地面上，在 F=5 N 的水平恒力作用下一起做匀速运动，图甲中恒力作用于 A 物体，图乙中恒力作用于 B 物体。下列说法错误的是（　　）



A．图甲中 B 与地面之间的摩擦力为 5 N　　B．图乙中 B 与地面之间的摩擦力为 5 N

C．图甲中 A、B 之间的摩擦因数可能为零　　D．图乙中 A、B 之间的摩擦因数可能为零

【例 3】(多选题)用水平 F 将木块压在竖直墙上，如图所示，已知木块重 G=8N，木块与墙壁之间的动摩擦因数 μ=0.25，以下说法正确的是（　　）



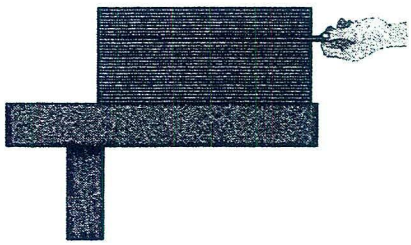
A．当 F=0 时，木块沿墙面下滑，木块受到的摩擦力为 0

B．当 F=10N 时，木块沿墙面下滑，木块受到的摩擦力为 2.5N

C．当 F=24N 时，木块没有动，木块受到的摩擦力为 8N

D．当 F 变大时，木块受到的摩擦力也会一直变大

【例 4】如图所示，水平桌面上放着一叠作业本，共 30 本。每本作业本的质量都是 m，作业本间的动摩擦因数为 μ_1，作业本与桌面间的动摩擦因数为 μ_2，且 $\mu_1 < \mu_2$。现用手对一作业本施一水平力，将第 10 本作业本快速水平抽出（从上往下数第 10 本），设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度大小为 g，则在抽出作业本的过程中，下列说法正确的是（　）



A．桌面可能不受作业本对它摩擦力的作用

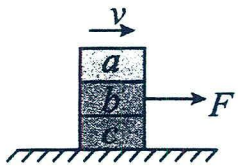
B．作业本对桌面的摩擦力为 $30\mu_2 mg$

C．第 11 本作业本受到第 10 本作业本的摩擦力为 $\mu_1 mg$

D．水平拉力一定大于 $19\mu_1 mg$

【变式训练】

1．a、b、c 为三个质量相同的木块，叠放于水平桌面上，水平恒力 F 作用于木块 b，三木块以共同速度 v 沿水平桌面匀速移动，如图所示。则在运动过程中（　　）



A．b 作用于 a 的静摩擦力为零　　B．b 作用于 a 的静摩擦力为 $\frac{F}{3}$

C．b 作用于 c 的静摩擦力为 $\frac{2F}{3}$　　D．b 作用于 c 的静摩擦力为零

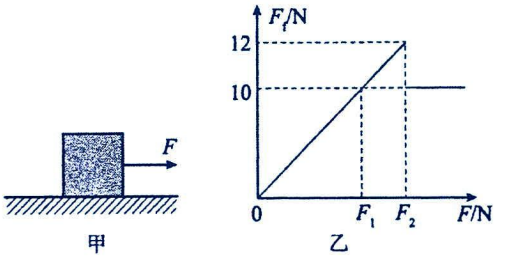
2．如图甲所示，重25N的木块放在水平桌面上，给木块施加一随时间逐渐增大的水平拉力F，根据力传感器收集到的信息绘出木块受到的摩擦力F_f随F变化的图像如图乙所示。下列说法正确的是（　　）

A．当拉力F增大到10N时，木块开始做匀速直线运动

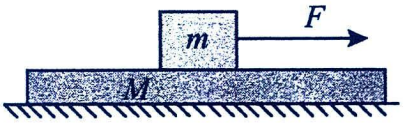
B．当拉力F增大到11N时，木块已经运动

C．当拉力F增大到13N时，木块受到的摩擦力大小为10N

D．木块与水平桌面间的动摩擦因数为0.4



3．(多选题)如图所示，质量为m的木块放在质量为M的长木板上，受到水平向右的拉力F而向右加速滑行，长木板处于静止状态。已知木块与木板间的动摩擦因数为μ_1，木板与地面间的动摩擦因数为μ_2，各接触面均水平。



下列说法正确的是（　　）

A．木块受到的摩擦力的大小等于F

B．木块受到的摩擦力的大小等于$\mu_1 mg$

C．木板受到地面的摩擦力的大小等于$\mu_1 mg$

D．木板受到地面的摩擦力的大小等于$\mu_2(m+M)g$

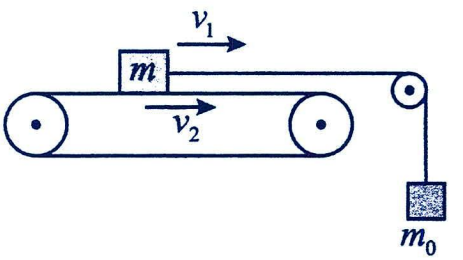
4．(多选题)如图所示，一质量为m的物块用水平轻质细线连接，细线绕过光滑的滑轮后其下悬挂一质量为m_0的物体，物块放在水平传送带上，水平传送带以v_2的速度顺时针匀速转动，物块以初速度v_1向右运动，传送带与物块间的动摩擦因数为μ。则关于物块m所受的摩擦力f，下列说法不正确的是（　　）

A．若$v_1 < v_2$，则$f=\mu mg$，方向向左

B．若$v_1 > v_2$，则$f=\mu mg$，方向向左

C．若$v_1 = v_2$，且物块m保持匀速运动，则$f=0$

D．若$v_1 = v_2$，且物块m保持匀速运动，则$f=m_0 g$方向向左

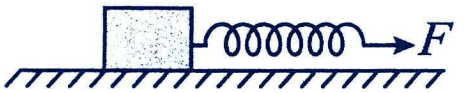


5．如图所示，质量为1kg的物体放在水平地板上，用原长为6cm的轻质弹簧水平拉该物体，当其刚开始运动时，弹簧的长度为10cm；当弹簧拉着物体匀速前进时，弹簧的长度为8.5cm，已知弹簧的劲度系数k= 100N/m，$g=10\text{m/s}^2$。求（1）物体所受的最大静摩擦力的大小；

（2）物体所受滑动摩擦力的大小；

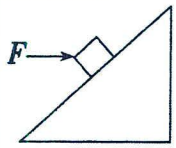
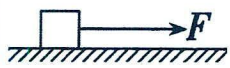
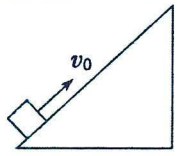
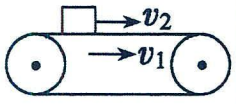
（3）物体与地板间的动摩擦因数μ；

（4）当弹簧长度为15cm时，物体受到的滑动摩擦力。



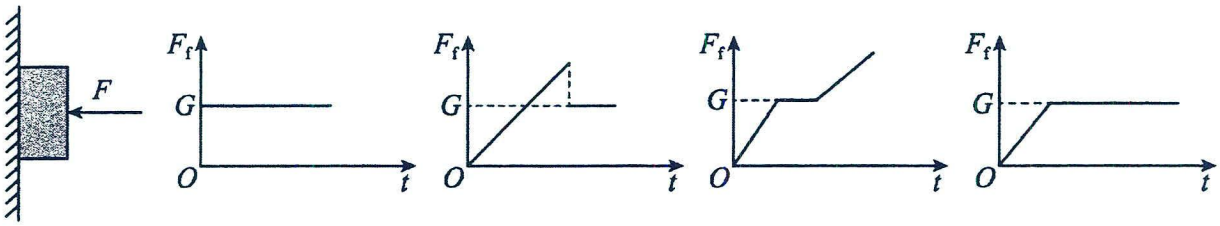
题型五：静摩擦力突变

当物体的受力情况发生变化时，摩擦力的大小和方向往往会发生相应的变化，可能导致静摩擦力和滑动摩擦力之间的突变问题。摩擦力的突变常见以下四类情况：

分类	案例图示	突变情况
“静静”突变		在水平力 F 作用下物体静止于斜面上，F 突然增大时物体仍静止，则物体所受静摩擦力的大小或方向将“突变”。
“静动”突变		物体放在粗糙水平面上，作用在物体上的水平力 F 从零逐渐增大，当物体开始滑动时，物体受水平面的摩擦力由静摩擦力“突变”为滑动摩擦力。
“动静”突变		滑块以 v_0 冲上斜面做减速运动，当到达某位置时速度减为零，而后静止在斜面上，滑动摩擦力“突变”为静摩擦力。
“动动”突变		水平传送带的速度 v_1 大于滑块的速度 v_2，滑块受滑动摩擦力方向水平向右，当传送带突然被卡住时，滑块受到的滑动摩擦力方向“突变”为向左。

【精选例题】

【例 1】把一个重为 G 的物体，用一个水平力 F=kt（k 为恒量，t 为时间）压在竖直的足够高的粗糙墙壁上，物体与墙壁间的动摩擦因数为μ，如图所示，从 t=0 开始物体所受的摩擦力 F_f 随 t 的变化关系正确的是（　　）



A　　B　　C　　D

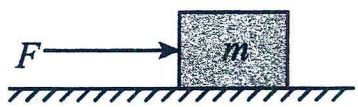
【例 2】水平面上，受到一个水平推力 F 的作用，如图所示。F 的大小由零逐渐增大，直到物体刚要开始滑动。已知物体与水平面间的动摩擦因数为 μ，重力加速度为 g，在这一过程中，以下关于静摩擦力的大小和方向的说法中正确的是（　）

A．逐渐增大，当物体刚要开始滑动时达到最大静摩擦力

B．大小不变，总为 $f=\mu mg$

C．方向一直水平向左

D．方向先向左后向右

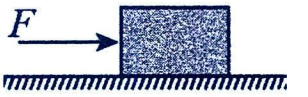


【变式训练】

1．如图，重量为200N的木箱放在水平地面上，某人用40N的水平推力推木箱，木箱仍静止。该人的水平推力逐渐增大到80N时，才能使木箱从原地开始运动，木箱从原地开始运动后，用70N的水平推力就可使木箱继续做匀速直线运动。下列说法正确的是（　　）

A．水平推力为40N时，木箱所受摩擦力为0　　B．木箱与地面间的滑动摩擦力为80N

C．木箱与地面间的动摩擦因数为0.35　　D．木箱与地面间的最大静摩擦力为200N



2．木块A、B分别重50N和60N，它们与水平地面之间的动摩擦因数均为0.25。夹在A、B之间的轻弹簧被压缩了2cm，弹簧的劲度系数为400N/m。系统置于水平地面上静止不动。现用$F=1$N的水平拉力作用在木块B上。力F作用后木块所受摩擦力情况是（　　）

A．木块A所受摩擦力大小是8N，木块B所受摩擦力大小是7N

B．木块A所受摩擦力大小是8N，木块B所受摩擦力大小是9N

C．木块A所受摩擦力大小是11.5N，木块B所受摩擦力大小是9N

D．木块A所受摩擦力大小是11.5N，木块B所受摩擦力大小是7N



题型六：受力分析

【精选例题】

【例1】如图所示，A、B两个物体叠放在一起，静止在粗糙的水平地面上，现在B物体上施加一个水平外力F，A、B仍然保持静止，则A此时受力个数为（　　）

A．0个　　B．1个　　C．2个　　D．3个



【例2】某活动中，小明和家人一起搭了天幕，还装饰了氢气球，氢气球脱手后，在浮力作用下飘上去并停在倾斜的天幕顶下，如图所示，忽略氢气球体积和质量的变化，在无风的情况下，关于氢气球的受力，下列说法正确的是（　　）

A．氢气球共受到三个力的作用

B．天幕顶对氢气球的摩擦力沿天幕顶斜向下

C．天幕顶对氢气球的弹力是由于氢气球发生弹性形变而产生的

D．天幕顶对氢气球的弹力竖直向下



【变式训练】

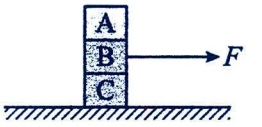
1．如图三个相同物体叠放在一起，置于粗糙水平面上，物体间不光滑，现用水平力F作用于B上，三个物体仍静止。下列正确的是（　　）

A．B对A的摩擦力的大小为F

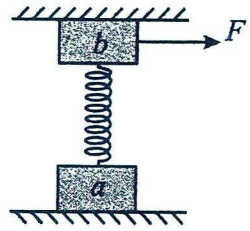
B．C对B的摩擦力的方向水平向右

C．水平面对C的摩擦力大小为F，方向水平向左

D．C物体对B物体的支持力大小等于B物体的重力



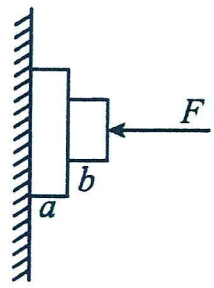
2．(多选题)如图所示，质量均为 m 的 a、b 两物体，放在两固定的水平挡板之间，物体间用一竖直放置的轻弹簧连接，在 b 物体上施加水平拉力 F 后，两物体始终保持静止状态已知重力加速度为 g，则下列说法正确的是（　　）



A．a 物体对水平挡板的压力大小可能为 2mg　　B．a 物体所受摩擦力的大小为 F

C．b 物体所受摩擦力的大小为 F　　D．弹簧对 b 物体的弹力大小一定大于 mg

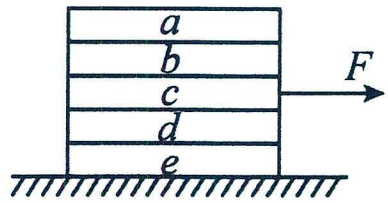
3．物体 b 在水平推力 F 作用下，将物体 a 压在竖直墙壁上，a、b 均处于静止状态，如图所示，关于 a、b 两物体的受力情况，下列说法正确的是（　　）



A．a 受到两个摩擦力的作用　　B．a 共受到四个力的作用

C．b 共受到三个力的作用　　D．a 受到墙壁摩擦力的大小随 F 的增大而增大

4．五本书相叠放在水平桌面上，用水平力 F 拉中间的书 C 但未拉动，各书均仍静止。关于它们所受摩擦力的情况，以下判断中正确的是（　　）



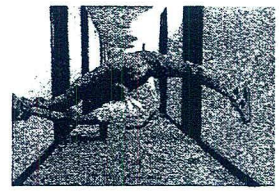
A．书 e 受一个摩擦力作用　　B．书 b 受到一个摩擦力作用

C．书 c 受到两个摩擦力作用　　D．书 a 不受摩擦力作用

题型七：摩擦力综合分析

【精选例题】

【例 1】一运动员因做了一个罕见且困难的一字马动作而爆红网络．如图所示，她在走廊里用腿支撑墙，使自己静止于两墙之间（全身离地有一定高度）．下列说法正确的是（　　）



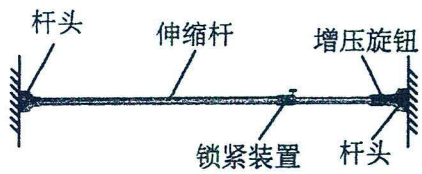
A．脚对墙壁的压力是墙壁发生形变产生的

B．墙壁对脚的支持力大于脚对墙壁的压力

C．墙壁对运动员的摩擦力大小不会随脚对墙壁的压力增大而变大

D．若换一双鞋底更粗糙的运动鞋，则运动员受到的墙壁对她的摩擦力变大

【例 2】如图所示为一个免打孔伸缩晾衣杆的示意图，使用时，先调节杆的长度使其恰好与两侧的竖直墙面接触，然后打开锁紧装置保持杆长不变，最后旋转增压旋钮增加杆头与墙面间的压力，使其在晾衣物时能保持静止，下列说法正确的是（　　）



A．杆头与墙面间的压力越大，杆头与墙面间的摩擦力就越大

B．所晾衣物的质量越大，杆头与墙面间的摩擦力就越大

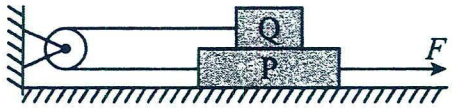
C．在湿衣物晾干的过程中，杆头与墙面间的摩擦力保持不变

D．为了能晾更大质量的衣物，可增加杆头与墙面的接触面积

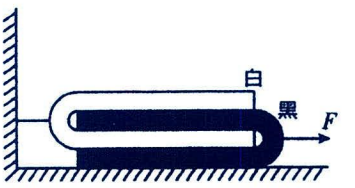
【例 3】(多选题)如图位于水平桌面上的物块 P，由跨过定滑轮的轻绳与物块 Q 相连，从滑轮到 P 和到 Q 的两段绳都是水平的，已知 Q 与 P 之间以及 P 与桌面之间的动摩擦因数都为 μ，P 的质量为 2m，Q 的质量为 m，滑轮轴上的摩擦不计，若用一水平向右的恒力 F 拉 P 使其做匀速直线运动，则（　　）

A．Q 对 P 摩擦力为 μmg，方向向左　　B．Q 对 P 摩擦力为 μmg，方向向右

C．F 的大小为 5μmg　　D．F 的大小为 4μmg

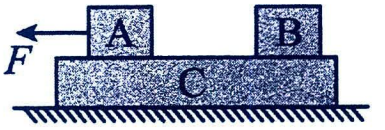


【例 4】如图所示，有两条黑白毛巾交替折叠的放在地面上。白毛巾的中部用线与墙壁连接，黑毛巾的中部用线拉住，设线均水平，若每条毛巾的质量均为 m，毛巾之间及毛巾与地面之间的动摩擦因数均为μ，欲将黑白毛巾分离开来，则将黑毛巾匀速拉出需要的水平力为（　　）



A．2μmg　　B．$\frac{5}{2}$μmg　　C．4μmg　　D．5μmg

【例 5】(多选题)如图，质量均为 m 的物体 A、B 放在质量为 2m 物体 C 上，C 放在粗糙水平地面上，C 与地面间的动摩擦因数为μ，在水平力 F 作用下，A、B 和 C 以相同加速度向左做匀加速直线运动。已知最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度为 g，下列说法正确的是（　　）

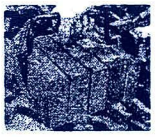


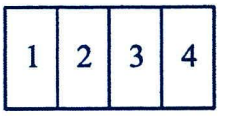
A．物体 C 受到 6 个力作用　　B．物体 B 对物体 C 有向左的摩擦力

C．物体 C 受到地面的摩擦力大小为 4μmg

D．物体 A、C 之间的动摩擦因数的最小值为 $\mu+\frac{3F}{4mg}$

【例 6】砖块夹是一种重要的劳动工具，工人用砖块夹将四块并排在一起的砖缓慢提起，如图甲所示。将四块砖依次编号为 1、2、3、4，如图乙所示。已知每块砖的质量均为 2.4kg，砖块夹与砖之间的动摩擦因数为 0.8，砖 1、2 间的动摩擦因数为 0.3，砖 2、3 间的动摩擦因数为 0.1，砖 3、4 间的动摩擦因数为 0.2，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度大小 g=10m/s²，则相邻两块砖之间的最小压力为（　）

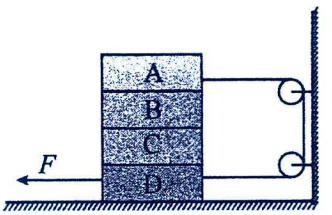

甲



乙

A．60N　　B．80N　　C．96N　　D．120N

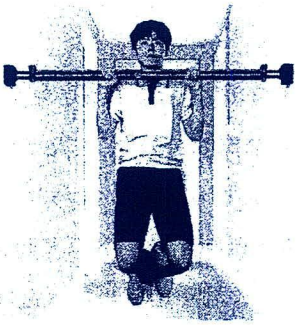
【例 7】如图所示，轻绳两端分别与 A、D 两物体相连接，m_A=1kg，m_B=2kg，m_C=3kg，m_D=4kg，物体 A、B、C、D 之间及 D 与地面间的动摩擦因数均为μ=0.2，轻绳与滑轮间的摩擦可忽略不计，最大静摩擦力近似等于滑动摩擦力，g 取 10m/s²。若要用力将 D 物体拉动，则作用在 D 物体上水平向左的拉力最小为（　　）



A．12N　　B．16N　　C．20N　　D．24N

【变式训练】

1．(多选题)如图所示为一款家用免打孔单杠，安装非常方便，无需打孔，只要通过调节单杠两端的卡槽，增加卡槽与墙面间的弹力就可以将单杠牢牢固定在两竖直墙面之间。某同学挂在单杠上进行训练时，下列说法正确的是（　）



A．只增大墙面的粗糙程度，墙面对单杠的摩擦力增大

B．只增大卡槽与墙面间的弹力，墙面对单杠的摩擦力不变

C．墙面对单杠的摩擦力沿墙面竖直向上

D．单杠没有沿墙面下滑，是因为墙面对单杠的摩擦力大于单杠和该同学的总重力

2．(多选题)如图所示，一足够长的轻质绸带放在水平光滑桌面上，绸带上放 A、B 两物块，A 物块质量大于 B 物块，两物块同时分别受到反向等大逐渐增大的力作用，两物块与绸带间的动摩擦因数相同，最大静摩擦力与滑动摩擦力大小相等。下列说法正确的是（　　）。



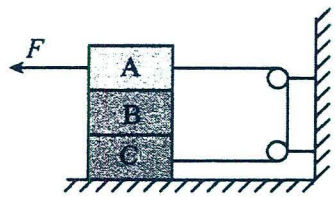
A．两物块所受摩擦力的大小可能不相等

B．两物块不可能同时相对绸带滑动

C．A 物块不可能相对绸带发生滑动

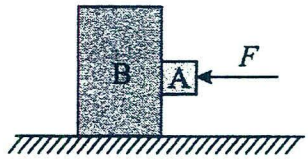
D．A 物块所受摩擦力一定大于 B 物块所受摩擦力

3．如图所示，跨过两固定滑轮的轻绳两端分别与 A、C 两个物体相连接，已知三个物体的质量均为 2kg；物体 A 与 B、B 与 C 及 C 与地面间的动摩擦因数均为μ=0.2，且每个接触面间的最大静摩擦力与滑动摩擦力相等，轻绳与滑轮间的摩擦可忽略不计。现对物体 A 施加一水平力将其向左匀速拉动，则 F 的大小为（取 g=10m/s²）（　　）



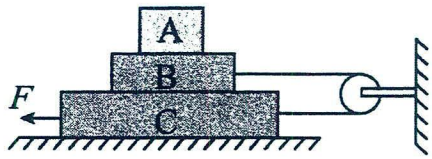
A．10N　　B．12N　　C．16N　　D．20N

4．如图所示，滑块 B 置于水平地面上，滑块 A 在一水平力 F 作用下紧靠滑块 B（A、B 接触面竖直），此时 B 恰好不滑动，A 刚好不下滑。已知 A 的质量为 m，B 的质量为 M，A 与 B 间的动摩擦因数为 μ_1，B 与地面间的动摩擦因数为 μ_2，最大静摩擦力与滑动摩擦力视为相等。则下列表达式正确的是（　　）



A．$F=\mu_2 Mg$　　B．$F=\mu_2 mg$　　C．$\mu_1\mu_2=\dfrac{M}{M+m}$　　D．$\mu_1\mu_2=\dfrac{m}{M+m}$

5．如图，三个质量均为 1kg 的物体 A、B、C 叠放在水平桌面上，B、C 用不可伸长的轻绳跨过一光滑轻质定滑轮连接，A 与 B 之间、B 与 C 之间的接触面以及轻绳均与桌面平行，A 与 B 之间、B 与 C 之间以及 C 与桌面之间的动摩擦因数分别为 0.4、0.2 和 0.1，重力加速度 g 取 $10\,m/s^2$，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力。用力 F 沿水平方向拉物体 C，以下说法正确的是（　）



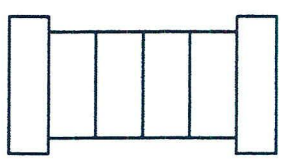
A．拉力 F 大于 3N 时，能拉动

B．拉力 F 为 17N 时，轻绳的拉力为 4N

C．A 的加速度将随拉力 F 的增大而增大

D．要使 A、B 保持相对静止，拉力 F 不能超过 23N

6．(多选题)某个同学玩夹盒子的游戏，手握两块木板，两木板间夹起盒子，如图所示，已知木板与盒子之间的动摩擦因数为 0.5，盒子与盒子之间的动摩擦因数为 0.4，每个盒子重约为 G=5N，该同学两手可以给木板提供的水平压力都为 F_N=80N，则下列说法正确的是（　　）



A．该同学最多可以夹起 16 个盒子

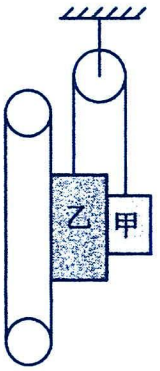
B．该同学最多可以夹起 14 个盒子

C．若该同学夹起 10 个盒子，则第五个和第六个盒子之间的摩擦力为 0

D．无论该同学夹起多少个盒子，木板和盒子之间的摩擦力大小都为 40N

7．质量相等的物体甲与木板乙通过光滑定滑轮（定滑轮质量不计）用轻绳竖直连接。对甲施加水平方向的力，将甲乙压在逆时针转动的固定竖直传送带上，如图所示。甲、乙恰好均处于静止状态（最大静摩擦力等于滑动摩擦力），则甲、乙间的摩擦因数μ_1与乙、传送带间的摩擦因数μ_2的比为（所有轻绳始终处于竖直方向）（　　）

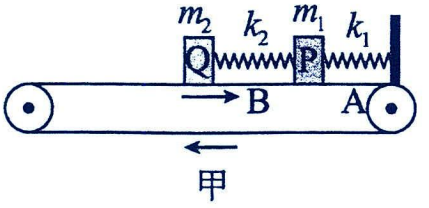
A．1:1　　B．2:1　　C．1:2　　D．1:3



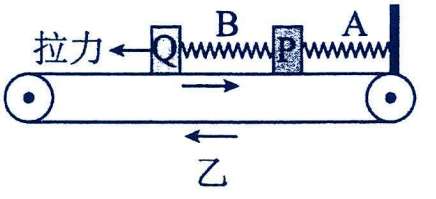
8．质量分别为m_1和m_2的P、Q两物体置于足够长的顺时针转动的水平传送带上，劲度系数分别为k_1和k_2的A、B两轻质弹簧按照图甲所示与P、Q相连，A弹簧的右侧固定于竖直固定的挡板上，两物块与传送带间的滑动摩擦因数均为μ，重力加速度为g，轻质弹簧始终保持水平且在弹性限度内，将物体P、Q视为质点，

（1）稳定时，求A弹簧的形变量的大小；

（2）若对Q施加一个水平向左的拉力，使Q缓慢向左移动，当两弹簧的长度之和等于它们的原长之和时，求此时A弹簧的形变量大小以及此时拉力的大小



甲



乙

跟踪练习（四）

一、单选题

1．关于力的下列说法中正确的是（　　）

A．有的力有施力物体，有的力没有施力物体

B．任何物体受到力的作用后形状都要发生改变

C．任何物体受到力的作用后运动状态形状都要发生改变

D．影响力的作用效果的因素有力的大小、方向和作用点

2．关于重力、弹力与摩擦力，下列说法正确的是（　　）

A．重心是物体所受重力的等效作用点，故重心一定在物体上

B．产生摩擦力的两物体之间一定有弹力

C．挂在电线下的电灯受到向上的拉力，是因为电灯发生了微小形变

D．前驱小轿车起步时前轮受到地面的摩擦力向后

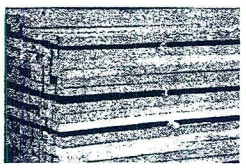
3．如图所示，木工师傅将一堆木材做成等质量的橱柜，下列说法正确的是（　　）

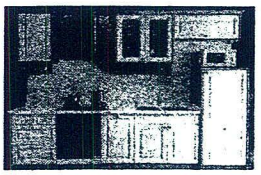
A．木材的重力发生了变化

B．木材的重心没有发生变化

C．橱柜上每一点都要受到重力作用

D．橱柜的重心一定在橱柜上





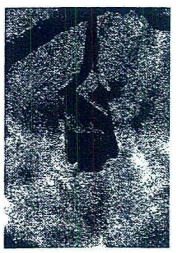
4．如图所示，一只蝙蝠倒挂在倾斜的树枝上栖息，下列说法正确的是（　　）

A．蝙蝠的重心位于树枝上方

B．蝙蝠对树枝的弹力竖直向上

C．树枝对蝙蝠的作用力竖直向上

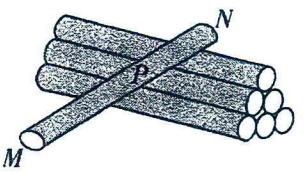
D．蝙蝠在飞离的瞬间对树枝的作用力等于树枝对它的作用力



5．如图所示，水平地面上堆放着原木，关于原木 P 在支撑点 M、N 处受力的方向，下列说法正确的是（　　）

A．M 处受到的支持力竖直向上　　B．N 处受到的支持力竖直向上

C．M 处受到的静摩擦力沿 MN 方向　　D．N 处受到的静摩擦力沿水平方向

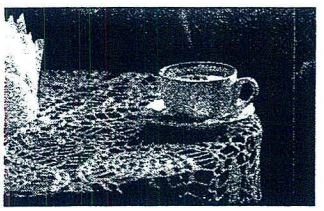


6．如图所示，一个杯子放置在桌布上。一个儿童在桌边从右侧将桌布从杯子下拉出，拉出桌布后，杯子最终没有滑离桌面。则在上述过程中（ ）

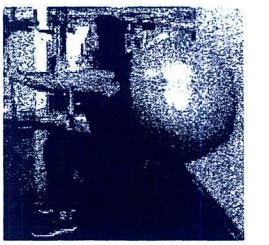
A．桌布对杯子的摩擦力的方向向左　　B．桌面对杯子的摩擦力的方向向右

C．若儿童增大拉力，桌布对杯子的摩擦力不变

D．若儿童增大拉力，桌面对杯子的摩擦力将增大



7．如图，某同学借助瑜伽球锻炼腿部力量，屈膝静蹲，背部保持竖直且倚靠在瑜伽球上，瑜伽球紧靠竖直墙面，则（　　）



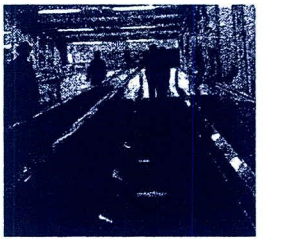
A．瑜伽球受到 4 个力的作用

B．地面对同学的支持力等于该同学受到的重力

C．瑜伽球受到墙面的弹力是由于瑜伽球的形变产生的

D．若减小背部与墙壁的距离且保持背部竖直，瑜伽球受到的摩擦力不变

8．大型商场或者大型超市为了方便顾客上下楼，都会安装自动扶梯。如图是一种无台阶式扶梯，将扶梯运送顾客上楼的过程近似看成匀速直线运动，在这个过程中（　　）



A．顾客所受重力的方向一定指向地心

B．顾客所受弹力是由于扶梯的形变而产生的

C．顾客随自动扶梯一起做匀速直线运动，所以其受到的摩擦力为滑动摩擦力

D．顾客所受摩擦力方向沿扶梯向下

9．扯白糖是浙江传统的地方小吃。将冷却少许的糖浆糅合成稠软状，再将其抛上固定的木柱，用手上的小木棍几番甩、扯之后，最终冷却形成直径约 1 厘米的长圆条，用剪刀截下寸许，就成了食用的“扯白糖”。下列说法正确的是（　　）



A．小木棍对糖浆的弹力是糖浆发生形变引起的

B．糖浆变长，说明小木棍对糖浆的拉力大于糖浆对小木棍的拉力

C．整个下扯过程中，小木棍始终处于失重状态

D．整个下扯过程中，地面对固定的木柱的支持力大于木柱和糖浆的总重力

10．如图所示的皮带传动装置中，O_1 是主动轮，O_2 是从动轮，A、B 分别是皮带上与两轮接触的点，C、D 分别是两轮边缘与皮带接触的点（为清楚起见，图中将两轮与皮带画得略微分开，而实际上是紧密接触的）。当 O_2 顺时针起动时，若皮带与两轮不打滑，则 A、B、C、D 各点所受静摩擦力的方向分别是（　　）

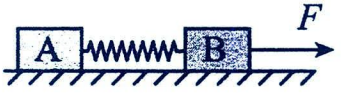
A．向上、向下、向下、向上　　B．向下、向上、向上、向下

C．向上、向上、向下、向下　　D．向下、向下、向上、向上



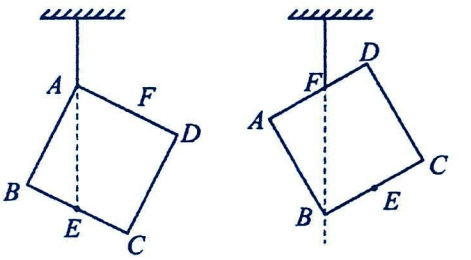
11．用劲度系数 400N / m 的轻弹簧连接物块 A、B，它们的质量均为 5kg，与地面的动摩擦因数均为 0.2，现用水平拉力 F 作用在物块 B 上，恰好使两物块均做匀速直线运动，且轻弹簧未超出弹性限度。如图所示。则轻弹簧的形变量为（　　）

A．伸长 25.0cm　　B．伸长 12.5cm　　C．伸长 5.0cm　　D．伸长 2.5cm

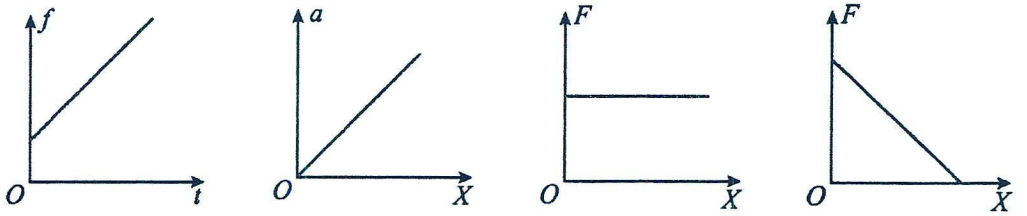


12．如图所示，一探究小组欲通过悬挂法确定一边长为 a、质量分布不均匀的正方形薄板 ABCD 的重心位置。悬挂点 A 时，BC 边中点 E 恰好在点 A 正下方；悬挂 AD 边中点 F 时，点 B 恰好在点 F 正下方。则薄板的重心到 AB 边的距离是（　　）

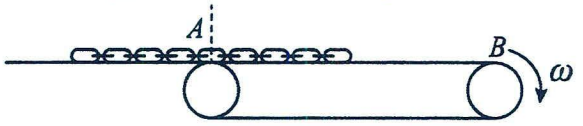
A．$\frac{1}{2}a$　　B．$\frac{1}{3}a$　　C．$\frac{1}{4}a$　　D．$\frac{3}{4}a$



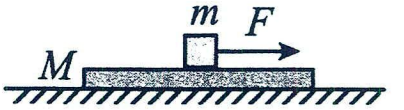
13．把一根铁链水平拉直，沿 AB 方向一部分放在顺时针匀速转动的传送带上，一部分放在光滑水平桌面上，水平桌面和传送带水平段在 A 点相接（忽略衔接处空隙），由于传送带摩擦力的作用，铁链向右做直线运动，传送带长度大于铁链长度。X 为铁链在 A 点右侧的长度，F 为 A 点右侧铁链对 A 点左侧铁链的拉力，a 为铁链的加速度，f 为传送带对铁链的摩擦力，则在铁链加速进入传送带的过程中，下列图像可能正确的是（　　）



A　　B　　C　　D



题 13



题 14

14．如图所示，质量为 m 的木块在质量为 M 的长木板上，受到向右的拉力 F 的作用而向右滑行，长木板处于静止状态，已知木块与木板间的动摩擦因数为μ_1，木板与地面间的动摩擦因数为μ_2。下列说法正确的是(　　)

A．一定有$\mu_1 \leq \mu_2$　　B．当 $F>\mu_2(m+M)g$ 时，木板便会开始运动

C．木板受到地面的摩擦力的大小一定是$\mu_2(m+M)g$　　D．无论怎样改变 F 的大小，木板都不可能运动

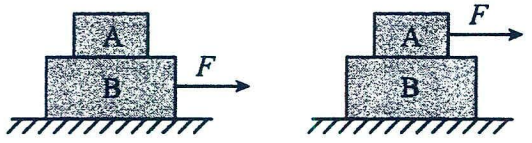
15．已知物体 A、B 所受重力分别为 $G_A=10N$，$G_B=20N$，A 与 B 间的动摩擦因数$\mu_1=0.2$，B 与水平面间的动摩擦因数$\mu_2=0.3$，现在用大小为 8N 的力 F，分别作用在物体 A、B 上，如图甲、乙所示，则各物体所受摩擦力的情况是（设最大静摩擦力等于滑动摩擦力）（ ）

A．甲图中，A 不受摩擦力，B 受到地面水平向右的大小为 8N 的摩擦力

B．甲图中，A 受到的摩擦力水平向右，大小为 2N；B 受地面的摩擦力水平向左，大小为 6N

C．乙图中，A 受到的摩擦力水平向左，大小为 2N；B 受地面的摩擦力水平向左，大小为 9N

D．乙图中，A 受到的摩擦力水平向左，大小为 2N；B 受地面的摩擦力水平向左，大小为 2N



甲　　乙

16．两根相同的轻弹簧的原长均为 l，将两弹簧与两相同物体按如图所示的方式连接并悬挂于天花板上，静止时两根弹簧的总长为 2.6l，现用手托着 B 物体，使下面的弹簧 2 恢复到原长，则下面说法正确的有（ ）

A．悬挂稳定时弹簧 1 的长度为 1.2l，弹簧 2 的长度为 1.4l

B．弹簧 2 恢复原长时弹簧 1 长度为 1.4l

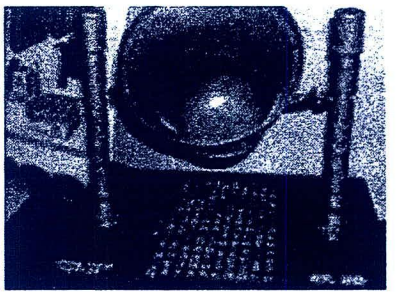
C．物体 A 上升的距离为 0.4l

D．物体 B 上升的距离为 0.4l



二、多选题

17. 如图所示，欹器是我国古代的一种计时器，上方一般置有滴水装置，滴水时，虚则欹（“欹”通“倚”，斜倚，斜靠）、中则正、满则覆。下面有关欹器（包括欹器中的水）的说法正确的是（　　）



A．欹器处于静止状态时，欹器都是竖直的

B．装入欹器中的水增多时，欹器的重心可能降低

C．装入欹器中的水越多，欹器的重心一定越高

D．欹器的重心是欹器各部分所受重力的等效作用点

18. 我国传统古建筑屋檐下总能看到系挂着铃铛，叫做“风铃”。风铃由主线、吊线（上附管体）、铃铛、铃托四个部分组成，如图所示。风吹动铃托，铃托带动吊线摆动，敲击铃铛，发出悦耳清脆的铃声，铃声惊走鸟雀，防止鸟雀在檐下做窝。某同学研究风铃静止时受力，忽略主线、吊线及管体质量。以下说正确的是（　　）



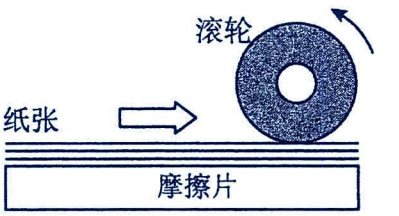
A．吊线上、下两端受到铃托、铃铛的拉力大小相等

B．铃托对吊线的拉力与铃铛对吊线拉力为作用力和反作用力

C．主线对铃铛的拉力与铃铛的重力平衡

D．风吹铃响时，风铃的重心在其内的相对位置发生变化

19. 复印机的进纸过程可简化成如图所示的模型，正常工作时，进纸侧每次只进一张纸，滚轮沿逆时针方向转动，带动第一张纸向右运动。已知纸张与纸张之间的动摩擦因数为μ，每张纸的质量为m，重力加速度大小为 g，复印机工作时滚轮给第一张纸的压力大小为kmg（k是较大的常数）。在第一张纸向右匀速运动的过程中，下列说法正确的是（　　）



A．滚轮与第一张纸之间的动摩擦因数也为μ

B．进第一张纸时，纸张对滚轮的摩擦力方向向左

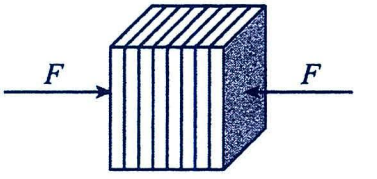
C．进第一张纸时，纸张对摩擦片的摩擦力大小为$\mu(k+1)mg$

D．进第一张纸时，第二张纸与第三张纸之间的摩擦力大小为$\mu(k+2)mg$

20. 如图所示，一位同学用双手水平夹起一摞书，并停留在空中。已知手掌与书间的动摩擦因数$\mu_1=0.3$，书与书间的动摩擦因数$\mu_2=0.2$，设最大静摩擦力的大小等于滑动摩擦力大小。若每本书的质量为 0.2kg，该同学对书的水平正压力为 100N，每本书均呈竖直静止状态，重力加速度$g=10\text{m/s}^2$，则下列说法正确的是（　　）

A．每本书受到的摩擦力的合力大小相等　　B．书与书之间的摩擦力大小均相等

C．他最多能夹住 22 本书　　D．他最多能夹住 30 本书



第十讲：力的合成与分解

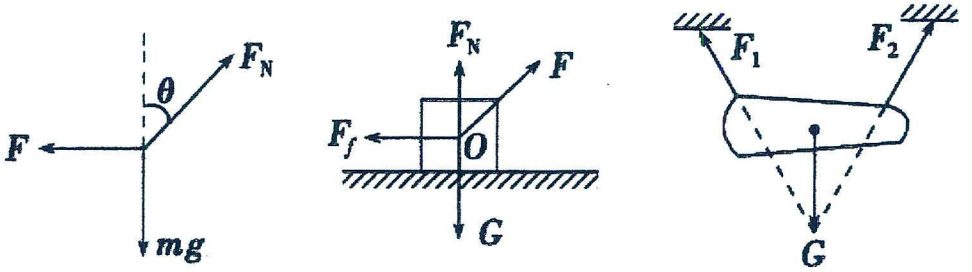
考点一：力的合成

一、合力与分力

1、(1)定义：如果一个力产生的效果跟几个共点力共同作用产生的效果相同，这一个力就叫做那几个力的合力，原来那几个力叫做分力。

(2)关系：合力和分力是等效替代的关系。具有等效性，同体性，瞬时性。

2、共点力：作用在物体的同一点，或作用线的延长线交于一点的力。如下图所示均是共点力。



二、力的合成

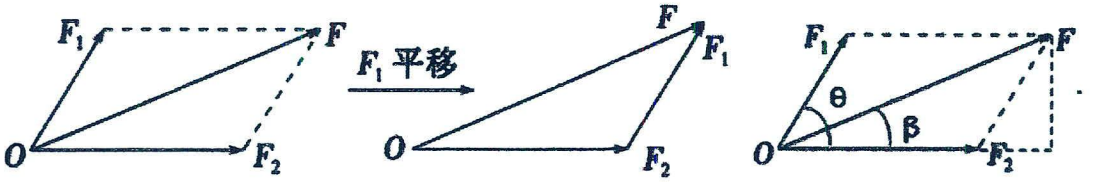
1、定义：求几个力的合力的过程。

2、合成方法：

（1）作图法：需严格用同一标度作出力的图示，作出规范的平行四边形，才能较精确地求出合力的大小和方向。

①平行四边形定则：求两个互成角度的共点力的合力，可以用表示这两个力的线段为邻边作平行四边形，这两个邻边之间的对角线就表示合力的大小和方向。

②三角形定则：把两个矢量首尾相接，从而求出合矢量的方法。



（2）计算法：只需作出力的示意图，对平行四边形的作图要求也不太严格，重点是利用数学方法求解，往往适用于两力的夹角是特殊角的情况。

如图，已知 F_1、F_2 的大小及夹角θ，可得：$F=\sqrt{F_1^2+F_1^2+2F_1F_2cos\theta}$；

设 F、F_2 的夹角β，可得：$\tan\beta=\frac{F_1sin\theta}{F_2+F_1cos\theta}$

3.合力与分力的关系：

（1）合力可以大于分力，等于分力，也可以小于分力。

（2）一个分力增加，合力可能增加、减小、不变。

（3）各分力呈某一倍数改变，合力呈相同倍数改变。

题型一：概念辨析

【精选例题】

【例 1】(多选题)关于力的合成的平行四边形定则，下列说法中正确的是（　　）

A．力的合成的平行四边形定则只适用于共点力

B．以两个分力为邻边的平行四边形的两条对角线所表示的力都是它们的合力

C．以两个分力为邻边的平行四边形中，较长的那条对角线所表示的力才是它们的合力

D．以两个分力为邻边的平行四边形中，与两个分力共点的那条对角线所表示的力才是它们的合力

【例 2】关于合力与分力的关系，下列说法正确的是（　　）

A．合力 F 总比分力 F_1 和 F_2 中任何一个力都大

B．若两个分力 F_1、F_2 的大小一定，则其合力 F 的大小和方向一定

C．若两个分力 F_1 与 F_2 的大小不变，则两个分力的夹角越小，其合力 F 一定越大

D．若两个分力 F_1 与 F_2 的夹角θ不变，F_1 大小不变，只增大 F_2，则其合力 F 就一定增大

【变式训练】

1．下列说法正确的是（　　）

A．两个共点力共同作用的效果与其合力单独作用的效果相同

B．合力作用的效果与物体受到的每一个力的作用效果都相同

C．把物体受到的几个力的合力求出后，则物体只受一个力

D．性质不同的力可以合成，作用在不同物体上的力也可以合成

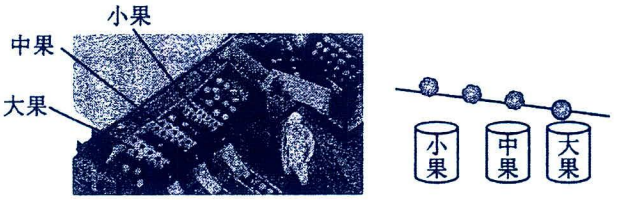
2．赣南脐橙，江西省赣州市特产。年产量达百万吨，但大小不一。 为了筛选大小大致相同的脐橙，设计如图所示的橙子简易筛选装置，两根共面但不平行的直杆倾斜放置，橙子沿两杆向下运动，大、小橙落入不同区域，不计阻力，则（　　）

A．离开杆后，橙子在空中做匀变速运动

B．离开杆后，大橙速度变化比小橙的快

C．橙子受到每根杆的弹力方向不变

D．橙子在杆上运动时所受合力为零



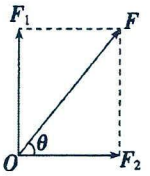
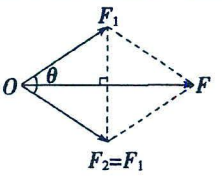
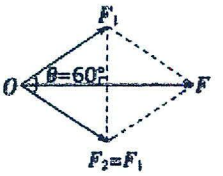
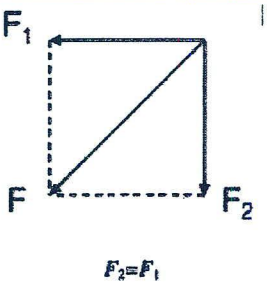
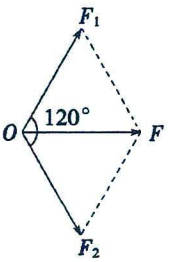
题型二：二力合成

A、两个共点力的合成：$|F_1-F_2|\le F\le F_1+F_2$，

即两个力的大小不变时，合力随夹角的增大而减小。

B、当两个力反向时，合力最小，为$|F_1-F_2|$；当两力同向时，合力最大，为F_1+F_2。

C、两力合成特殊模型

类型	作图	合力的计算
两力互相垂直		$F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$　$\tan\theta=\frac{F_1}{F_2}$
两力等大，夹角为θ		$F=2F_1\cos\frac{\theta}{2}$　F 与 F_1 夹角为$\frac{\theta}{2}$
两力等大且夹角为 60°		$F_{合}=\sqrt{3}F_1$
两力等大且夹角为 90°		$F_{合}=\sqrt{2}F_1$
两力等大且夹角为 120°		$F_{合}=F_1$

【精选例题】

【例 1】两个力 $F_1=8N$ 和 $F_2=6N$ 之间的夹角θ（$0°\le\theta\le180°$），其合力为 F，以下说法正确的是（　　）

A．合力 F 比分力 F_1 和 F_2 中的任何一个力都大

B．当 F_1 和 F_2 大小不变时，θ 角减小，合力 F 一定减小

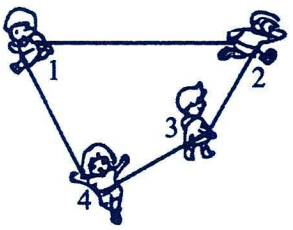
C．合力 F 不可能大于 14N

D．合力 F 不可能小于 6N

【例 2】(多选题)作用于同一点的两个力，大小分别为$F_1=3\text{N}$、$F_2=4\text{N}$，这两个力的合力大小可能为(　　)

A．2N　　B．5N　　C．6N　　D．8N

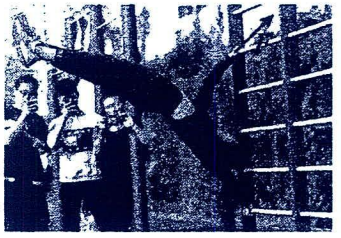
【例 3】四个小朋友玩“东西南北跑比赛”，他们被围在一个弹力圈中，从中心向外沿各自的方向移动，去拿外围的游戏道具，谁先拿到谁就能赢得比赛。某时刻四个小朋友处于如图所示的僵持状态，则此时受到弹力圈的弹力最小的是(　　)



A．1 号小朋友　　B．2 号小朋友

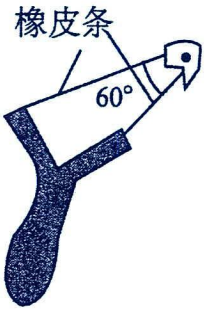
C．3 号小朋友　　D．4 号小朋友

【例 4】“人体旗帜”指的是用手抓着支撑物，使身体与地面保持平行的高难度动作。某同学重为G，完成此动作时其受力情况如图所示，已知两手受力F_1、F_2方向与竖直方向夹角均为 60°，则其中F_1大小为(　　)



A．$\frac{1}{2}G$　　B．$\frac{\sqrt{3}}{2}G$　　C．G　　D．$2G$

【例 5】如图所示一个“Y”形弹弓，两相同的橡皮条一端固定在弹弓上，另一端连接轻质裹片。若橡皮条的弹力与形变量的关系满足胡克定律，且劲度系数为 k，发射弹丸时每根橡皮条的伸长量为 L，橡皮条之间夹角为 60°，则发射瞬间裹片对弹丸的作用力为(　　)



A．$\sqrt{3}\,\text{kL}$　　B．$2\sqrt{3}\,\text{kL}$　　C．kL　　D．2kL

【变式训练】

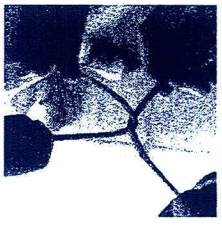
1．我国北方小孩在秋天常玩的一种游戏，叫“拔老根儿”，如图所示。其实就是两个人，每人手里拿着长长的杨树叶根，把两个叶根十字交错在一起，两人各自揪住自己手里叶根的两头，同时使劲往自己怀里拽，谁手里的叶根儿断了谁输。假如两小孩选用的树叶根所承受的最大拉力相等，则下列说法正确的是(　　)

A．叶根夹角较小的一方获胜

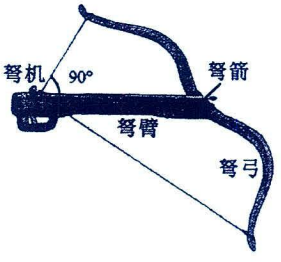
B．力气较大的小孩获胜

C．叶根夹角较大的一方的叶根对另一方的叶根的作用力更大些

D．叶根夹角较大的一方的叶根对另一方的叶根的作用力更小些



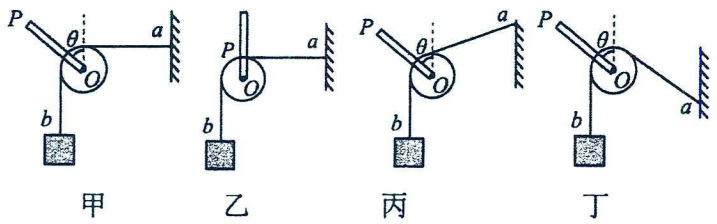
2．弩是利用张开的弓弦急速回弹形成的动能，高速将箭射出。如图，某次发射弩箭的瞬间，两端弓弦的夹角为 90°，弓弦上的张力大小为F_T，则此时弩箭受到的弓弦的作用力大小为(　　)



A．$2F_T$　　B．$\sqrt{2}F_T$　　C．$\sqrt{3}F_T$　　D．F_T

3．在甲、乙、丙、丁四幅图中，滑轮本身所受的重力忽略不计，滑轮的轴O安装在一根轻木杆P上，一根轻绳ab绕过滑轮，a端固定在墙上，b端下面挂一个质量为m的重物，当滑轮和重物都静止不动时，甲、丙、丙、丁图中木杆P与竖直方向的夹角均为θ，乙图中木杆P竖直。假设甲、乙、丙、丁四幅图中滑轮受到木杆P的弹力的大小依次为F_A、F_B、F_C、F_D，则以下判断正确的是（　　）

A．$F_A=F_B=F_C=F_D$　　B．$F_D>F_A=F_B>F_C$　　C．$F_A=F_C=F_D>F_B$　　D．$F_C>F_A=F_B>F_D$



题型三：多力合成

1、三个共点力的合成

①最大值：三个力共线且同向时，其合力最大：F=F₁+F₂+F₃；

②最小值：以这三个力的大小为边。若能组成封闭的三角形，则其合力最小值为零。

若不能组成封闭的三角形，则合力最小值的大小等于最大的一个力减去另外两个力的大小之和。

2、多力合成：利用三角形法则，将各力进行平移，至首尾相接，最终始末相接即为合力。

【精选例题】

【例1】如图所示，松鼠坐在倾斜的树枝上静止不动，下列说法正确的是（　　）

A．松鼠受到的支持力方向竖直向上

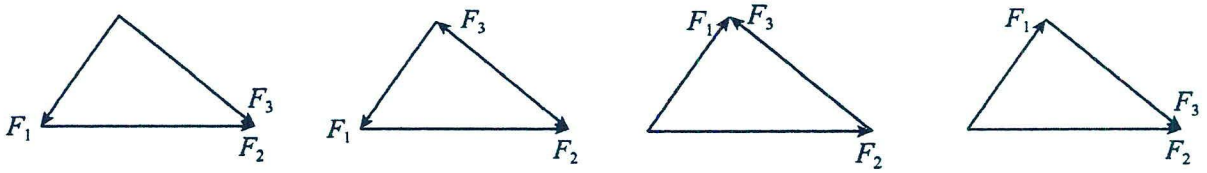
B．松鼠对树枝有压力是因为树枝发生了形变

C．松鼠受到的摩擦力大小大于松鼠受到的重力大小

D．松鼠受到的摩擦力大小等于树枝受到的摩擦力大小

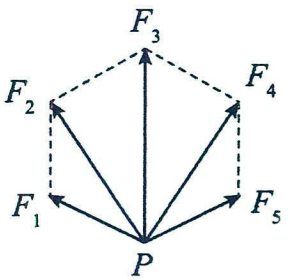


【例2】如图所示，F_1、F_2、F_3恰好构成封闭的直角三角形，这三个力合力最大的是（　）

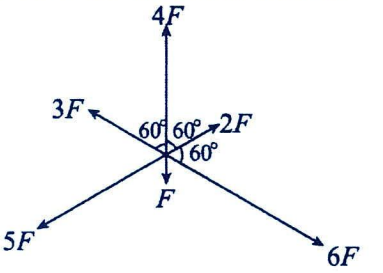


【例3】设有五个力同时作用在质点P，它们的大小和方向相当于正六边形的两条边和三条对角线，如图所示，这五个力中的最小力的大小为F，则这五个力的合力等于（　　）

A．3F　　B．4F　　C．5F　　D．6F



【例 4】如图所示，作用在一个物体上的六个共点力的大小分别为 F、2F、3F、4F、5F、6F，相邻两力间的夹角均为 60°，其合力为 F_1；若撤去其中的一个大小为 2F 的力，其余五个力的合力为 F_2，则下列结论正确的是（ ）



A．$F_1=0$，$F_2=2F$，F_2 方向与 5F 方向相同

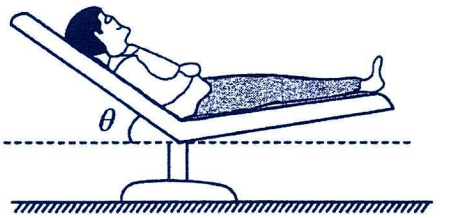
B．$F_1=2F$，$F_2=2F$，F_2 方向与 2F 方向相同

C．$F_1=2F$，$F_2=0$，F_1 方向与 5F 方向相同

D．$F_1=2F$，$F_2=0$，F_1 方向与 2F 方向相同

【变式训练】

1．(多选题)如图，某人静躺在椅子上，椅子的靠背与水平面之间有固定倾斜角θ。若此人所受重力为 G，则（ ）



A．人受到支持力的原因是椅子发生了形变

B．椅子靠背受到压力是因为椅子发生了形变

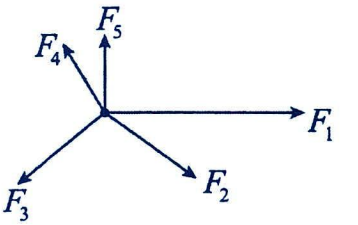
C．椅子各部分对人作用的合力大小为 Gsinθ

D．人对椅子各部分作用的合力大小为 G

2．(多选题)下列各组的三个点力，合力可能为 0 的有（ ）

A．3N，5N，7N　　B．3N，4N，8N　　C．1N，2N，4N　　D．7N，6N，13N

3．如图，五个共点力的合力为 0，现在保持其他力不变，进行如下操作，其中正确的是（ ）



A．如果撤去 F_1，物体所受合力大小为 $2F_1$，方向和 F_1 方向相反

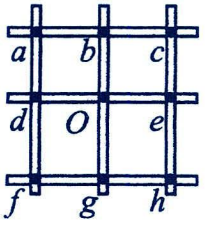
B．如果将 F_2 减半，合力大小为 $\frac{F_2}{2}$

C．如果将 F_3 逆时针旋转 90°，合力大小将变为 $2F_2$

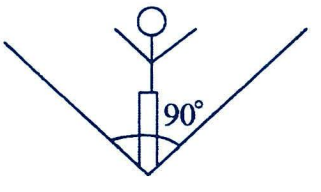
D．如果将 F_5 逆时针旋转 180°，合力大小将变为 $3F_5$

4．图甲为杂技表演的安全网示意图，网绳的结构为正方格形，O、a、b、c、d…等为网绳的结点。安全网水平张紧后，若质量为 m 的运动员从高处落下，并恰好落在 O 点上。该处下凹至最低点时，网绳 dOe、bOg 均成 90° 向上的张角，如图乙所示，此时 O 点受到的向下的冲击力大小为 F，则这时 O 点周围每根网绳承受的力的大小为（ ）

A．$\frac{\sqrt{2}}{4}F$　　B．$\frac{F}{2}$　　C．$\frac{\sqrt{2}}{4}(F+mg)$　　D．$\frac{F+mg}{2}$



甲



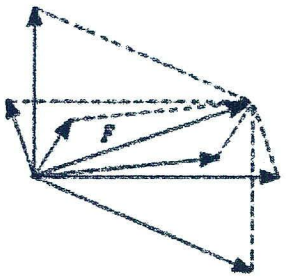
乙

考点二：力的分解

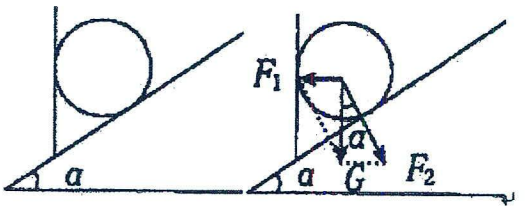
(1)定义：求一个已知力的分力的过程。其中合力是实际存在的，分力是虚拟的，并不存在。

(2)遵循原则：平行四边形定则或三角形定则。

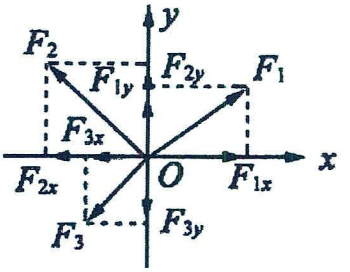
(3)一个力分解为两个力，理论上讲会有无数对大小、方向不同的力。因为一条对角线可以构成无数个平行四边形，如图一。



图一



图二



图三

（4）分解方法：①按力产生的效果分解；②正交分解。

（一）正交分解的步骤

第一步：建立坐标系，以共点力的作用点为坐标原点，x 轴和 y 轴的选择应使尽量多的力落在坐标轴上.

第二步：正交分解各力，即将每一个不在坐标轴上的力分解到 x 和 y 坐标轴上，并求出各分力的大小，如图三.

第三步：分别求 x 和 y 轴上各力的分力的合力，即 $F_x=F_{1x}+F_{2x}+\ldots$，$F_y=F_{1y}+F_{2y}+\ldots$

第四步：求 F_x 与 F_y 的合力即为共点力合力.

合力大小 $F=\sqrt{F_x^2+F_y^2}$，合力 F 与 x 轴间夹角α确定，即$\alpha=\arctan\frac{F_y}{F_x}$.

（二）一个已知力按力的**效果进行分解**的方法，实际问题中，一个力如何分解，应按下述步骤：

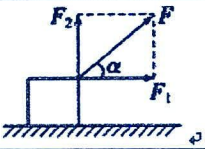
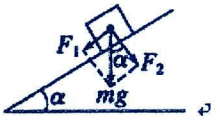
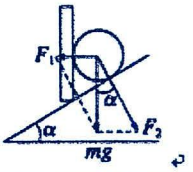
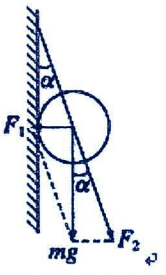
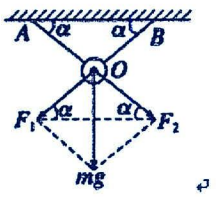
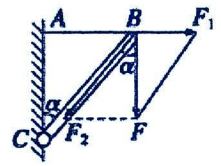
(1)根据力的实际作用效果确定两个实际分力的方向，如图二；

(2)根据两个分力的方向画出平行四边形；

(3)根据平行四边形和学过的数学知识求出两个分力的大小和方向；

(4)求解方法：①平行四边形法；②正弦定理法；③相似三角形法；④余弦定理法.

(5)几种常见的按作用效果分解示例

实例	分解思路
	拉力 F 可分解为水平分力 $F_1=F\cos\alpha$ 和竖直分力 $F_2=F\sin\alpha$
	重力分解为沿斜面向下的力 $F_1=mg\sin\alpha$ 和垂直斜面向下的力 $F_2=mg\cos\alpha$
	重力分解为使球压紧挡板的分力 $F_1=mg\tan\alpha$ 和使球压紧斜面的分力 $F_2=\frac{mg}{\cos\alpha}$
	重力分解为使球压紧竖直墙壁的分力 $F_1=mg\tan\alpha$ 和使球拉紧悬线的分力 $F_2=\frac{mg}{\cos\alpha}$
	小球重力分解为使物体拉紧 AO 线的分力 F_2 和使物体拉紧 BO 线的分力 F_1，大小都为 $F_1=F_2=\frac{mg}{2\sin\alpha}$
	拉力分解为拉伸 AB 的分力 $F_1=F\tan\alpha$ 和压缩 BC 的分力 $F_2=\frac{F}{\cos\alpha}$

题型一：正交分解

【精选例题】

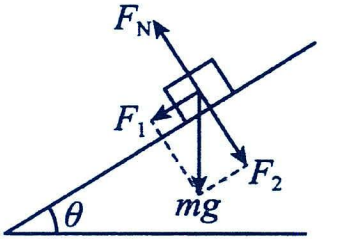
【例 1】(多选题)如图，将光滑斜面上物体的重力 mg 分解为 F_1、F_2 两个力，下列说法正确的（）

A．物体受到重力 mg、F_N、F_1、F_2 四个力的作用

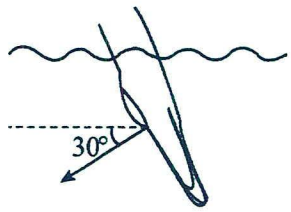
B．物体只受到重力 mg 和斜面的支持力 F_N 的作用

C．F_2 是物体对斜面的压力

D．F_N、F_1、F_2 三个力的作用效果与力 mg、F_N 两个力的作用效果相同

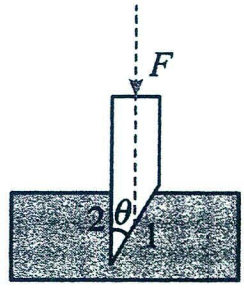


【例 2】杭州亚运会中，中国游泳队狂揽 28 枚金牌。如图所示，名将汪顺游泳时，某时刻手掌对水的作用力大小为 80N，该力与水平方向的夹角为30°，若把该力分解为水平向左和竖直向下的两个力，则水平方向的分力大小为（　　）



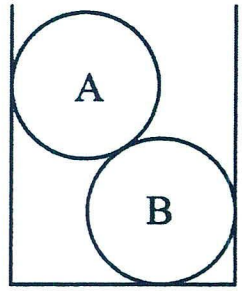
A．40N　　B．$40\sqrt{3}$N　　C．$20\sqrt{3}$N　　D．80N

【例 3】一凿子两侧面与中心轴线平行，尖端夹角为θ，当凿子竖直向下插入木板中后，用锤子沿中心轴线竖直向下以力F敲打凿子上侧时，凿子仍静止，侧视图如图所示。若敲打凿子时凿子作用于木板 1 面的弹力大小记为F_1，忽略凿子受到的重力及摩擦力，则F_1的大小为（　　）



A．$\dfrac{F}{\sin\theta}$　　B．$F\cos\theta$　　C．$F\tan\theta$　　D．$F\sin\theta$

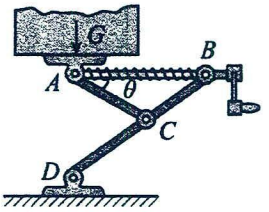
【例 4】如图所示，静止在水平桌面上厚度不计的圆柱形玻璃杯中放有两个半径相同的玻璃球 A 和 B，每个玻璃球的重力为 G。已知玻璃杯的底部直径是玻璃球半径的 3 倍，玻璃球 A 对玻璃杯侧壁的压力大小为 F_1，玻璃球 A 对玻璃球 B 的压力大小为 F_2，不计一切摩擦。下列说法正确的是（　　）



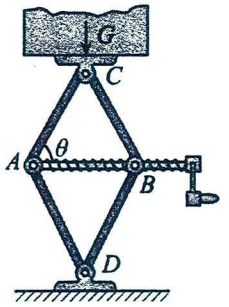
A．$F_1=\dfrac{\sqrt{3}}{3}G$，$F_2=\dfrac{2\sqrt{3}}{3}G$　　B．$F_1=\dfrac{2\sqrt{3}}{3}G$，$F_2=\dfrac{\sqrt{3}}{3}G$

C．$F_1=\dfrac{1}{2}G$，$F_2=\dfrac{\sqrt{3}}{2}G$　　D．$F_1=\dfrac{\sqrt{3}}{2}G$，$F_2=\dfrac{1}{2}G$

【例 5】汽车发生爆胎后，需要用千斤顶帮助抬起汽车方便换胎。当摇动把手时，就能使水平面上的千斤顶的两臂（长度相等）靠拢，顶起汽车。图（a）、（b）为汽车内常备的两种类型的千斤顶，一种是“Y”形，另一种是“菱形”，摇动手柄，使螺旋杆转动，A、B 间距离发生改变，从而实现重物的升降。若物重为 G，AB 与 AC 间的夹角为θ，螺旋杆保持水平，不计杆自身重力，则图（a）、（b）两千斤顶螺旋杆的拉力大小之比为（　　）



图(a)



图(b)

A．1：1　　B．1：2

C．2：1　　D．2：3

【变式训练】

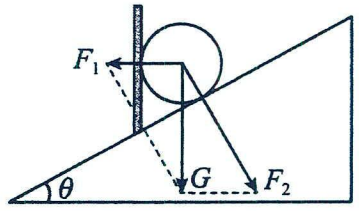
1．如图所示，重力为 G 的小球静止在斜面上，下列关于重力的两个分力说法正确的是（　　）

A．F_1是小球对挡板的压力，大小为$G\tan\theta$

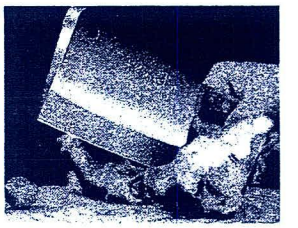
B．F_2是小球对斜面的正压力，大小为$\dfrac{G}{\cos\theta}$

C．F_1是小球所受重力的一个分力，大小为$G\tan\theta$

D．由于重力的存在，小球同时受 G、F_1、F_2的作用

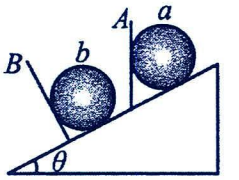


2．如图所示是用骨头刀砍骨头的情景。可以视刀的纵截面是一个等腰三角形，砍骨头的时候可以认为垂直刀背方向施加一个大小 F 的力，F 力产生的作用效果，使刀的两个侧面推压骨头，劈开骨头。设劈背的宽度为 d，劈的侧面长为 l，不计刀自身的重力，力 F 产生的作用于侧面的推力的大小（　　）



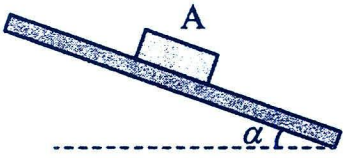
A．F　　B．$\frac{l}{d}F$　　C．$\frac{l}{2d}F$　　D．$\frac{d}{2l}F$

3．如图所示，光滑斜面的倾角为θ，有两个相同的小球分别被光滑挡板挡住。挡板 A 沿竖直方向，挡板 B 垂直于斜面，斜面受到 a、b 两小球的压力大小之比是多少（　　）



A．$1:\cos^2\theta$　　B．$1:\cos\theta$　　C．$1:\sin^2\theta$　　D．$1:\sin\theta$

4．如图所示，物块 A 放在倾斜的木板上，缓慢改变木板的倾角可以改变物块所受的摩擦力大小。已知木板的倾角α分别为30°和45°时物块所受摩擦力的大小恰好相等，则物块和木板间的动摩擦因数为（　　）



A．$\frac{1}{2}$　　B．$\frac{\sqrt{3}}{2}$　　C．$\frac{\sqrt{2}}{2}$　　D．$\frac{\sqrt{5}}{2}$

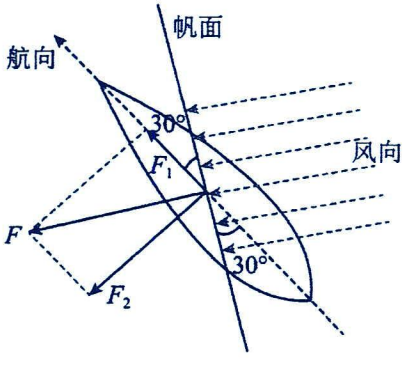
5．青岛是中国帆船运动的发源地，被誉为中国的“帆船之都”。如图，一艘帆船正在静止水面上航行，帆船是靠风在帆船上产生的作用力而前进的，设风对帆面的作用力 F 垂直于帆面，它会分成两个分力F_1、F_2，其中F_2垂直航向，会被很大的横向阻力平衡，F_1沿着航向。若帆面与帆面航向之间的夹角为30°，帆船总质量为 m，下列说法正确的是（　　）

A．船受到的合力大小为$\frac{1}{2}F$

B．横向阻力大小为$\frac{1}{2}F$

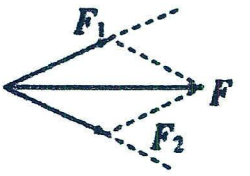
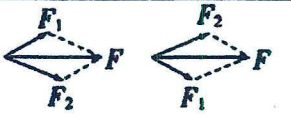
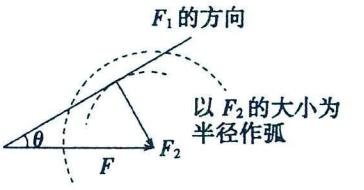
C．船前进的动力大小为$\frac{\sqrt{3}}{2}F$

D．若船沿着航向的反方向受到的阻力为$\frac{1}{10}F$，则船的加速度大小为$\frac{2F}{5m}$



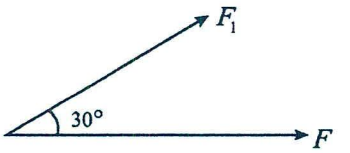
题型二：对一个已知力分解情况分析

<table>
<tr><td colspan="2">已知条件</td><td>解的情况</td><td>图形分析</td></tr>
<tr><td colspan="2">(1)已知合力 F 和两个分力 F_1、F_2 的方向，求两个分力的大小。

(2)已知合力 F 和一个分力(大小、方向)，求另一个分力(大小、方向)。</td><td>有唯一解</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">(3)已知合力 F 和两分力 F_1、F_2(F_1>F_2)的大小，求两分力的方向</td><td>①$F>F_1+F_2$</td><td>无解</td><td></td></tr>
<tr><td>②$F=F_1+F_2$</td><td>有唯一解</td><td>F_1 和 F_2 跟 F 同向</td></tr>
<tr><td>③$F=F_1-F_2$</td><td>有唯一解</td><td>F_1 与 F 同向，F_2 与 F 反向</td></tr>
<tr><td>④$F_1-F_2<F<F_1+F_2$</td><td>无数组解（立体空间）
两组解（同一平面）</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">(4)已知合力 F 和 F_1 的方向、F_2 的大小(F_1 与合力的夹角为θ)，求 F_1 的大小和 F_2 的方向</td><td>①$F_2<F\sin\theta$</td><td>无解</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>②$F_2=F\sin\theta$</td><td>有唯一解</td></tr>
<tr><td>③$F\sin\theta<F_2<F$</td><td>有两组解</td></tr>
<tr><td>④$F_2\geq F$</td><td>有唯一解</td></tr>
</table>

【精选例题】

【例 1】将大小为 40N 的力 F 分解为 F_1 和 F_2，其中 F_1 的方向与 F 的夹角为 30°，如图，则（　　）



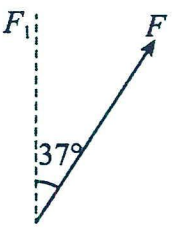
A．当 $F_2<20\text{N}$ 时，有一个 F_1 的值与它相对应

B．当 $F_2=20\text{N}$ 时，F_1 的值是 40N

C．当 $F_2>40\text{N}$ 时，只有一个 F_1 的值与它相对应

D．当 $10\text{N}<F_2<20\text{N}$ 时，有两个 F_1 的值与它相对应

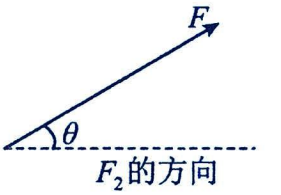
【例 2】如图所示，将一个已知力 F 分解为 F_1、F_2，已知 F=1N，F_1 与 F 的夹角为 37°，则 F_2 的大小不可能是（sin37°=0.6，cos37°=0.8）（　　）



A．0.5N　　B．1N　　C．1.5N　　D．100N

【变式训练】

1．如图将力F（大小已知）分解为两个分力F_1和F_2，F_2和F的夹角θ小于90°。则关于分力F_1，以下说法中正确的是（　　）

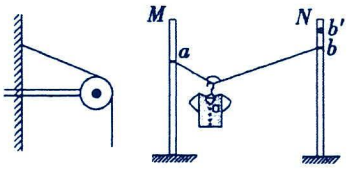
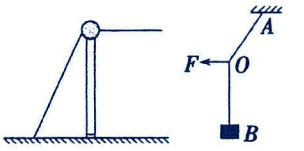


A．当$F_1 > F\sin\theta$时，肯定有两组解　　B．当$F\sin\theta < F_1 < F$时，有唯一一组解

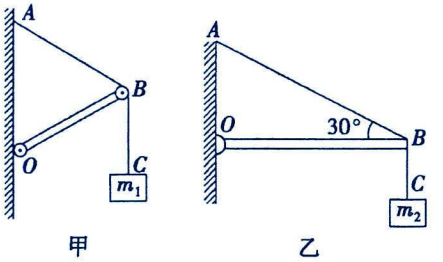
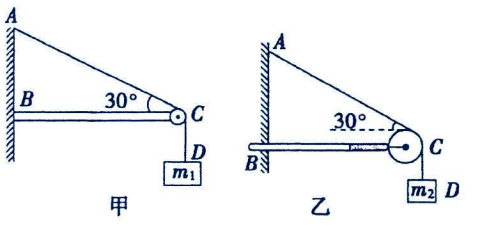
C．当$F_1 < F\sin\theta$时，有唯一一组解　　D．当$F_1 < F\sin\theta$时，无解

题型三："死结"与"活结"、"死杆"与"活杆"

模型一　"活结"与"死结"模型

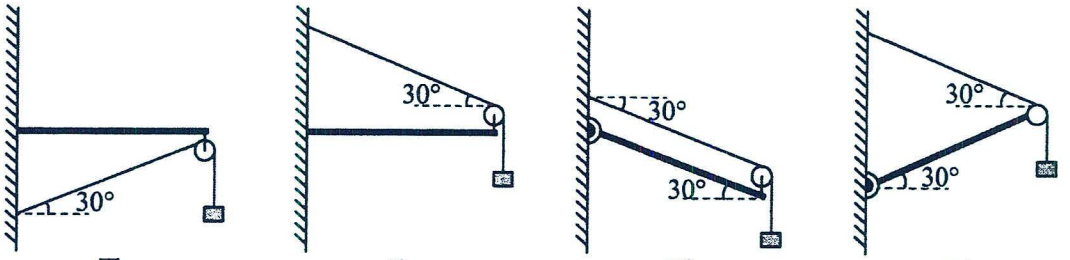
	"活结"模型	"死结"模型
图例		
解读	"活结"把绳子分为两段，且可沿绳移动，"活结"一般由绳跨过滑轮或绳上挂一光滑挂钩而形成，绳子因"活结"而弯曲，但实际为同一根绳。关键语句"光滑挂钩""光滑滑轮"。	"死结"把绳子分为两段，且不可沿绳子移动，"死结"两侧的绳因结而变成两根独立的绳，关键语句"节点""系住"。
特点	活结两侧绳子上的张力大小处处相等。	死结两侧的绳子张力不一定相等。

模型二　"动杆"与"定杆"模型

	"动杆"模型	"定杆"模型
图【例】		
解读	轻杆用光滑的转轴或铰链连接，轻杆可围绕转轴或铰链自由转动。关键语句"光滑的转轴""铰链连接"。	轻杆被固定在接触面上，不发生转动，关键语句"固定""插在墙里"。
特点	当杆处于平衡状态时，杆的弹力方向一定沿着杆。	杆的弹力方向不一定沿杆，可沿任意方向。

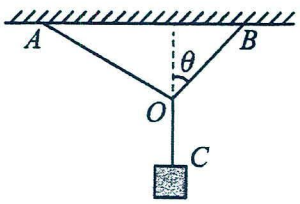
【精选例题】

【例 1】四个相同的物块用轻绳系住，绕过光滑的轻质滑轮，并将绳子另一端系在墙壁上。甲、乙两杆固定在墙壁上，丙、丁两杆带有铰链并固定于墙壁上。轻杆与轻绳与水平方向夹角如图所示。四幅图中，能够保持静止且杆的作用力相同的是（　　）



A．甲和乙　　B．乙和丙　　C．甲和丁　　D．乙和丁

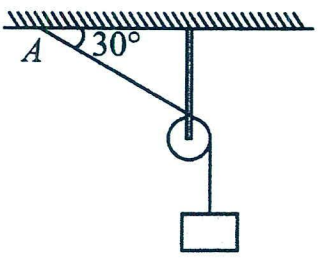
【例 2】如图所示，不可伸长的轻绳 AO 和 BO 共同吊起质量为 m 的重物，AO 与 BO 垂直，BO 与竖直方向的夹角为θ，OC 连接重物，已知 OA、OB、OC 能承受的最大拉力相同，则下列说法中正确的是（　　）



A．AO 所受的拉力大小为 $mg\cos\theta$　　B．AO 所受的拉力大小为 $\dfrac{mg}{\cos\theta}$

C．BO 所受的拉力大小为 $mg\cos\theta$　　D．若逐渐增加 C 端所挂重物的质量，一定是绳 AO 先断

【例 3】(多选题)如图，一轻杆竖直固定在水平天花板上，杆的另一端装一轻质光滑滑轮；一根轻绳跨过滑轮一端挂质量为 m 的物体，另一端固定在天花板上 A 点，且绳与天花板的夹角为 30°，绳与杆在同一竖直平面内，重力加速度为 g，关于轻杆对滑轮的作用力 F，正确的是（　　）



A．F 大小为 mg，方向斜向右上与杆夹角 60°　　B．F 大小为 $\dfrac{\sqrt{3}}{2}mg$，方向水平向右

C．仅将 A 点左移少许，F 大小增大　　D．仅将 A 点左移少许，F 大小减小

【变式训练】

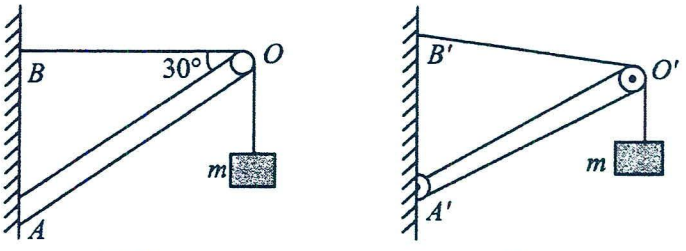
1．(多选题)图甲中轻杆 OA 的 A 端固定在竖直墙壁上，另一端 O 光滑，一端固定在竖直墙壁 B 点的细线跨过 O 端系一质量为 m 的重物，OB 水平；图乙中轻杆 $O'A'$ 可绕 A' 点自由转动，另一端 O' 光滑；一端固定在竖直墙壁 B' 点的细线跨过 O' 端系一质量也为 m 的重物。已知图甲中 $\angle BOA=30°$，以下说法正确的是（　）

A．图甲轻杆中弹力大小为 $\sqrt{2}mg$

B．图乙轻杆中弹力大小为 $\sqrt{2}mg$

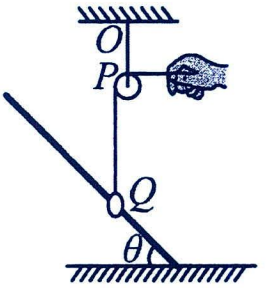
C．图甲中轻杆中弹力与细线 OB 中拉力的合力方向一定沿竖直方向

D．图乙中绳子对轻杆弹力可能不沿杆



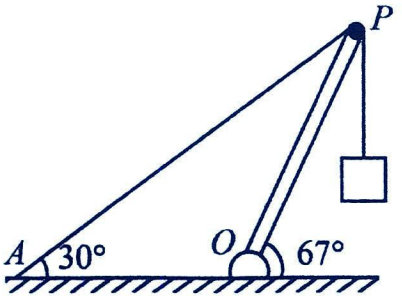
图甲　　图乙

2．如图所示，将一光滑轻杆固定在地面上，杆与地面间的夹角为30°，一光滑轻杆（不计重力）套在杆上，一个大小和质量都不计的滑轮通过轻绳OP悬挂在天花板上，用另一轻绳绕过的滑轮系在轻环上，现用水平向右的力缓慢拉绳，当轻环静止不动时，OP绳与天花板之间的夹角为（　　）

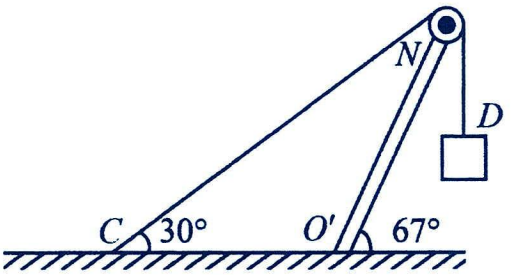


A．30°　　B．45°　　C．60°　　D．75°

3．小园想用以下两种方式提起重物。图甲是一用铰链固定于O点的轻杆，通过绳PA将挂于P端的重物提起；图乙是一端固定于O'的轻杆（斜角恒定为67°），其另一端N有一光滑滑轮，绳CD绕过滑轮提起重物。当图甲中杆与水平面成67°夹角时，绳与水平方向夹角为30°；此时图乙中绳与水平方向夹角也为30°，已知重物的重力为$60\sqrt{3}$N，求两种情况下，杆的作用力分别为多少？（$\sin 37^\circ = 0.6$，$\cos 37^\circ = 0.8$）



图甲



图乙

考点三：牛顿第三定律

1．作用力和反作用力：两个物体之间的作用总是相互的，一个物体对另一个物体施加了力，后一个物体一定同时对前一个物体也施加了力.

2．内容：两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等，方向相反，作用在同一条直线上.

3．相互作用力的特点

(1)三同：同大小；同时产生、变化、消失；同性质

(2)三异：反向；异体，即作用力、反作用力作用在不同物体上不同效果

(3)二无关：与相互作用的两物体的运动状态无关；与是否和其他物体相互作用无关

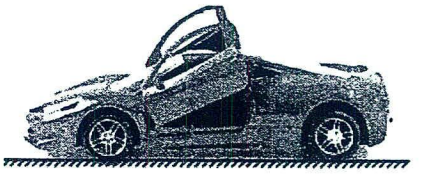
4.一对平衡力与作用力和反作用力的比较

名称 项目	一对平衡力	作用力和反作用力
作用对象	同一个物体	两个相互作用的不同物体
作用时间	不一定同时产生、同时消失	一定同时产生、同时消失
力的性质	不一定相同	一定相同
作用效果	可相互抵消	不可抵消

题型一：概念辨析

【精选例题】

【例 1】如图所示，电动遥控小车放在水平长木板上面，当它在长木板上水平向左加速运动时，长木板保持静止，此时（　　）



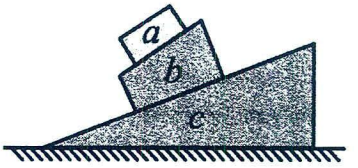
A．小车只受重力、支持力作用

B．木板对小车的作用力方向水平向左

C．木板对小车的作用力大于小车对木板的作用力

D．木板对小车的作用力与小车对木板的作用力大小一定相等

【例 2】如图所示，在水平桌面上叠放着物体 a、b、c，三个物体均处于静止状态。下列说法正确的是（　　）



A．c 一定受到水平桌面的摩擦力

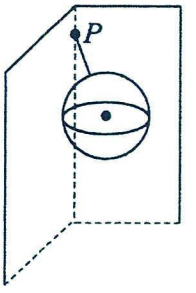
B．b 对 a 的作用力一定竖直

C．c 对 b 的摩擦力可能水平向右

D．b 对 a 的支持力与 a 受到的重力是一对作用力和反作用力

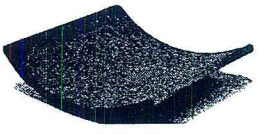
【变式训练】

1．质量为 M、半径为 R 的光滑匀质球，用一根长度也为 R 的细线悬挂在互相垂直的两竖直墙壁交线处的 P 点，则球对任一墙壁的压力大小为（　　）

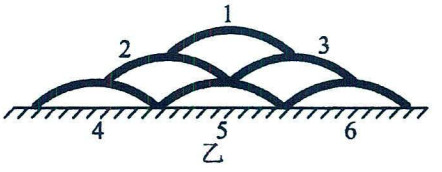


A．$\frac{\sqrt{2}}{4}$Mg　　B．$\frac{\sqrt{2}}{2}$Mg　　C．$\frac{\sqrt{3}}{3}$Mg　　D．$\frac{\sqrt{6}}{6}$Mg

2．图甲是传统民居建筑材料瓦片，相同的质量为 m 的瓦片紧靠在一起静止竖直叠放在水平地面上如图乙所示。下方瓦片的受力点均在其顶端，则瓦片（　　）



甲



乙

A．4 右端对地面的压力比左端的大

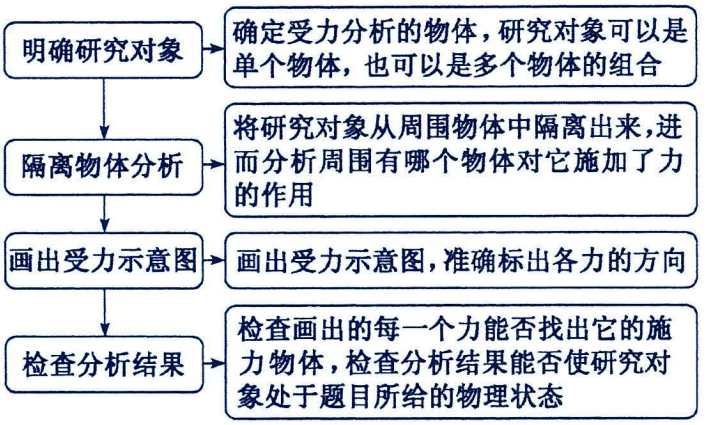
B．5 右端受到的支持力是 2 右端受到支持力的 2 倍

C．4 顶端受到的压力大小为 mg

D．5 左端对地面的压力为$\frac{5}{4}mg$

考点四：受力分析

1．受力分析的一般步骤



2.受力分析的三种方法

假设法	在未知某力是否存在时，先对其做出不存在的假设，然后根据该力不存在对物体运动和受力状态的影响来判断该力是否存在的方法。
状态法	对于平衡状态的物体进行受力分析时，根据其平衡条件进行分析；对加速运动的物体进行受力分析时，应用牛顿运动定律进行分析求解的方法。
转换法	在受力分析时，若不能直接确定某力是否存在，则 (1)可以转换为分析该力的反作用力，根据其反作用力是否存在，判断该力是否存在。 (2)可以转换为分析与该力相关的其他研究对象，通过对其他研究对象进行受力分析，判断该力是否存在。

3.受力分析的三个技巧

(1)受力分析的一般顺序：先分析场力(如重力、电场力、磁场力)，再分析接触力：弹力、摩擦力，最后分析其他。

(2)不要把研究对象所受的力与研究对象对其他物体的作用力混淆.

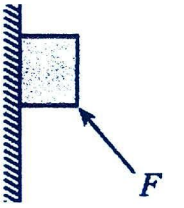
(3)除了根据力的性质和特点进行判断，假设法是判断弹力、摩擦力的有无及方向的常用方法.

(4)善于转换研究对象，尤其是在弹力、摩擦力的方向不易判定的情形中，可以分析与其接触物体的受力，再应用牛顿第三定律判定.

题型一：单体受力分析

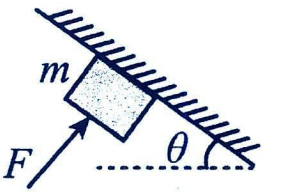
【精选例题】

【例 1】(多选题)如图所示，木块在斜向上的推力 F 的作用下静止在墙上，木块受力的个数可能是（　　）



A．2 个　　B．3 个　　C．4 个　　D．5 个

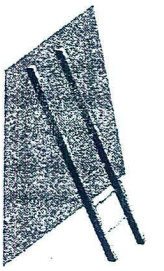
【例 2】如图，一固定斜面与水平方向成θ角，一物块质量为 m，在一垂直于斜面的压力 F 作用下，保持静止状态，则物块受力个数为



A．一定受 4 个力　　B．可能受 4 个力

C．一定受 3 个力　　D．可能受 3 个力

【例 3】如图，一架直梯斜靠在光滑的轻直墙壁上，下层放在粗广的水平地面上，直梯处于静止状态。关于直梯受力个数正确的是（　　）

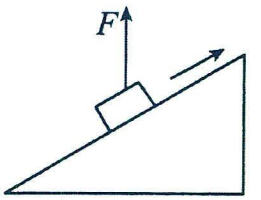


A．2 个　　B．3 个

C．7 个　　D．5 个

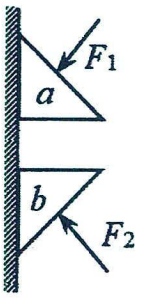
【变式训练】

1．如图所示，一物块在竖直向上的恒力 F 作用下沿固定的粗糙斜面向上匀速运动。不计空气阻力，则物块运动过程中受力的个数为（　　）



A．2 个　　B．2 个或 4 个　　C．2 个或 3 个　　D．4 个

2．(多选题)a、b 是截面为直角三角形的两个完全相同的楔形物体，分别在垂直于斜边的恒力F_1、F_2作用下、静止在相同的竖直墙面上，如图所示，下列说法正确的是（　　）



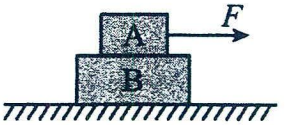
A．a、b 受力个数不一定相等　　B．F_1、F_2大小一定相等

C．墙面对物体的弹力一定相等　　D．b 受到摩擦力可能大于 a 受到的摩擦力

题型二：多体受力分析

【精选例题】

【例 1】如图所示，A、B 两个物块叠放在粗糙的水平面上，对 A 施加水平拉力 F，使 A、B 保持相对静止一起向右做匀速直线运动，则 A 物体受力个数是（　　）



A．2 个　　B．3 个　　C．4 个　　D．5 个

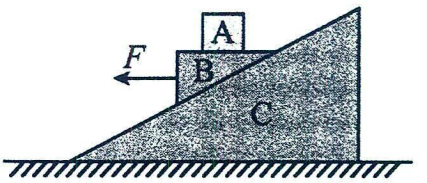
【例 2】如图所示，矩形物块 A 和楔形物块 B、C 叠放在水平地面上，B 物块上表面水平。水平向左的力 F 作用在 B 物块上，整个系统处于静止状态，则以下说法正确的是（　　）

A．物块 A 的受力个数为 4 个

B．物块 B 的受力个数为 4 个

C．地面对物块 C 的支持力小于三者重力之和

D．地面对物块 C 的摩擦力大小等于 F，方向水平向右



【例 3】两相同的楔形木块 A、B 叠放后分别以图 1、2 两种方式在水平外力 F_1 和竖直外力 F_2 作用下，挨着竖直墙面保持静止状态，则在此两种方式中，木块 B 受力个数之比分别为（　　）

A．1：1　　B．4：3

C．5：3　　D．5：4

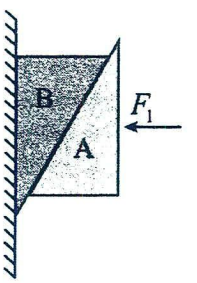


图1

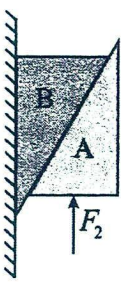
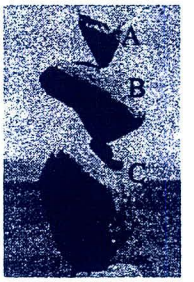


图2

【例 4】平衡艺术家在不使用任何工具的情况下，仅靠大自然重力就能将形状各异的石头叠在一起，赢得了无数惊叹声。某次一平衡艺术家将石块 A、B、C 从上到下依次叠放在一块大石头上，并使它们始终保持静止，整个环境处于无风状态，则（　　）



A．石块 A 对 B 的压力就是 A 的重力

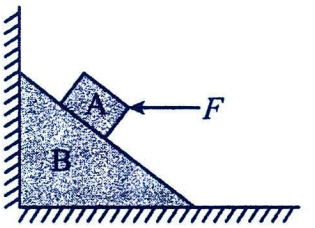
B．石块 B 受力的个数不可能超过 4 个

C．石块 C 对石块 B 的作用力竖直向上

D．石块 C 对石块 B 的作用力大小是石块 B 对石块 A 作用力大小的两倍

【变式训练】

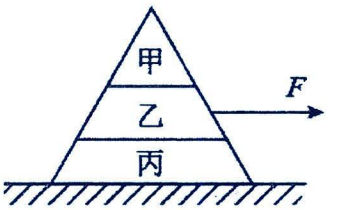
1．如图所示，光滑水平地面上有一直角三角形斜面体 B 靠在竖直墙壁上，物块 A 放在斜面体 B 上，开始 A、B 静止．现用水平力 F 推 A，A、B 仍静止，则此时 A、B 受力的个数分别可能是（　　）



A．3 个、3 个　　B．3 个、5 个

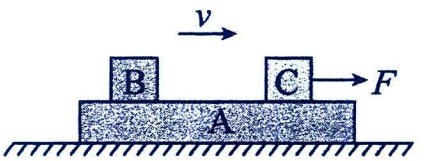
C．4 个、4 个　　D．3 个、4 个

2．如图所示，甲、乙、丙三个物体叠放在水平面上，用水平力 F 拉位于中间的物体乙，它们仍保存静止状态，三个物体的水平接触面均粗糙，则乙物体受力的个数为（　　）



A．3 个　　B．4 个　　C．5 个　　D．6 个

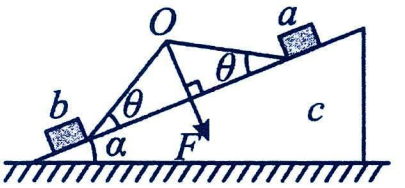
3．如图所示，物体 A、B，C 叠放在水平桌面上，水平力 F 作用于物体 C 上，使 A、B、C 以共同的速度向右匀速运动，则物体 A 的受力个数为（　　）



A．4 个　　B．5 个

C．6 个　　D．7 个

4．两个完全相同的物体 a、b 静止在斜面 c 上，现在两物体间放上一由中间用铰链 O 相连的两等长轻杆，如图所示。现用垂直斜面的力 F 作用于 O 点，两物体及斜面仍处于静止状态，轻杆与斜面间光滑接触。下列说法正确的是（　　）



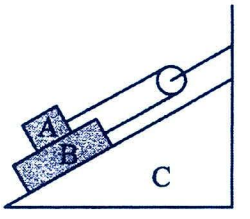
A．斜面 c 受到地面的摩擦力向右

B．a、b 两物体的受力个数一定相同

C．a、b 两物体受到的摩擦力大小一定相同

D．逐渐增大外力 F，物体 b 先滑动

5．如图所示，光滑的斜面 C 固定在水平地面上，上表面粗糙的物块 B 通过光滑的定滑轮用轻绳与物块 A 相连，共同静止在斜面上，B 的质量大于 A 的质量，则 B 物体的受力个数为（　　）



A．4　　B．7　　C．6　　D．5

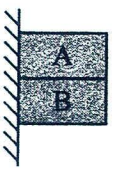
题型三：整体法与隔离法

整体法与隔离法的比较

	整体法	隔离法
方法	将加速度(平衡状态时加速度为零)相同的几个物体作为一个整体来分析的方法。	将研究对象与周围物体分隔开来分析的方法。
选用原则	(1)当分析相互作用的两个或两个以上物体整体的受力情况及分析外力对系统的作用时，宜用整体法。 (2)在分析系统内各物体(或一个物体各部分)间的相互作用时，宜用隔离法。 (3)整体法和隔离法不是独立的，对一些较复杂问题，通常需要多次选取研究对象，交替使用整体法和隔离法。	

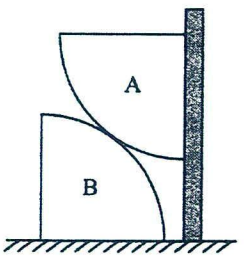
【精选例题】

【例 1】如图 A、B 两物体叠放在一起，用手托住，让它们静靠在平整的竖直墙边，然后释放，它们同时沿墙面向下滑，已知 $m_A > m_B$，不计空气阻力，则物体 B 受力个数是（ ）



A．1　　B．2　　C．3　　D．4

【例 2】两个完全相同的截面为四分之一光滑圆面的柱体 A、B 按如图所示叠放，A 的右侧有一光滑竖直的挡板，A 和 B 的质量均为 m。现将挡板缓慢地向右移动，整个过程中 B 始终保持静止，当 A 将要落至水平地面时，下列说法正确的是（ ）



A．A 对 B 的压力大小为 mg　　B．B 对地面的压力大小为 mg

C．A 对竖直墙面的压力大小为 $2mg$　　D．B 受到水平地面的摩擦力大小为 $\sqrt{3}mg$

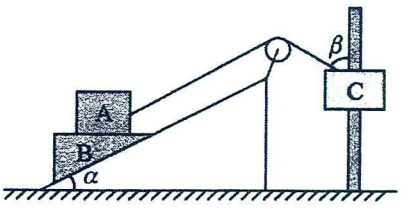
【例 3】如图所示，倾角 $\alpha = 30^\circ$ 的斜面固定在水平地面上。质量分别为 1kg、2kg 的两物块 A、B 置于斜面上，质量为 0.2kg 的物块 C 穿在固定在地面上的光滑竖直杆上，A 与 C 之间用跨过光滑定滑轮的轻质细线连接，滑轮左侧的细线与斜面平行，滑轮右侧的细线与竖直方向的夹角 $\beta = 60^\circ$，A、B、C 均处于静止状态， B 的上表面水平，A 与 B、B 与斜面之间的动摩擦因数均为 $\frac{\sqrt{3}}{4}$，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取 $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$，则（ ）

A．细线对定滑轮的作用力大小为 2N，方向竖直向下

B．B 对斜面的摩擦力大小为 11N，方向沿斜面向上

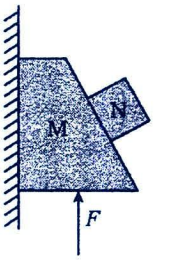
C．剪断细线后， A 对 B 的压力为 10N

D．剪断细线后， A、B 之间摩擦力的大小为 $\frac{5\sqrt{3}}{8}$N



【变式训练】

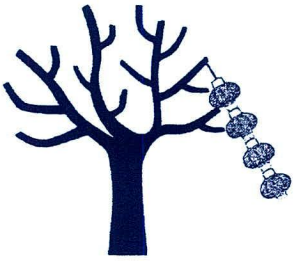
1．如图所示，M、N 两物体叠放在一起。在恒力 F 的作用下，一起沿粗糙竖直墙面向上做匀速直线运动，则关于两物体受力情况的说法正确的是（　　）



A．物体 N 受到 4 个力　　B．物体 M 受到 4 个力

C．物体 M 与墙之间有滑动摩擦力　　D．物体 M 与 N 之间无静摩擦力

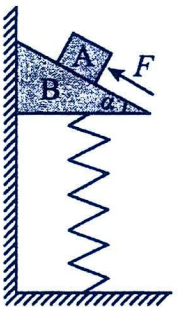
2．(多选题)如图，夏日的风中，有四个固定连接起来的大灯笼被吹起来处于静止状态，此时悬挂最上面灯笼的绳子与竖直方向的夹角为 45°，灯笼序号自上往下依次标记为 1、2、3、4，每个灯笼质量均为 m，假设每个灯笼所受的风力均为 f，重力加速度大小为 g，则（　）



A．每根绳与竖直方向的夹角均不相同　　B．四个灯笼所受到的风力之和等于 4mg

C．2 号灯笼与 3 号灯笼之间的作用力等于 2mg　　D．3 号、4 号灯笼之间的作用力为$\sqrt{2}mg$

3．(多选题)物块 A 放在直角三角形斜面体 B 上面，B 放在弹簧上面并紧挨着竖直墙壁，初始时 A、B 静止。现用力 F 沿斜面向上推 A，但 A、B 仍未动。下列说法正确的是（　　）



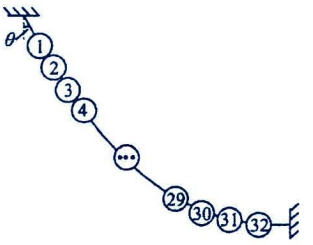
A．施力后 A、B 之间的摩擦力一定比施力前小

B．施力后 B 与墙面间的弹力不可能与施力前相等

C．施力后 B 与墙面间的摩擦力可能与施力前相等

D．施力后 A 对 B 的作用力可能比施力前小

4．某景区挂出 32 个灯笼，相邻两个灯笼间由轻绳连接，从高到低依次标为 1、2、3、…、32。在无风状态下，32 个灯笼处于静止状态，简化图如图所示，与灯笼 32 右侧相连的轻绳处于水平状态，已知每一个灯笼的质量 m=1kg，重力加速度 g=10m/s^2，悬挂灯笼的轻绳最大承受力$T_m=320\sqrt{2}$N，最左端悬挂的轻绳与竖直方向的夹角为θ。下列说法正确的是（　　）



A．θ最大为 60°

B．当θ最大时，最右端轻绳的拉力为$T_m=320\sqrt{2}$N

C．当$\tan\theta=\frac{1}{2}$时，第 16 个灯笼与第 17 个灯笼间轻绳与竖直方向的夹角为 45°

D．当$\tan\theta=\frac{3}{4}$时，第 8 个灯笼与第 9 个灯笼间轻绳与竖直方向的夹角为 30°

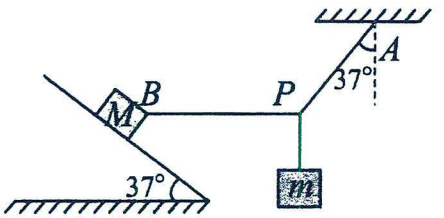
题型四：解答题

【例 1】质量为 m=0.4kg 的砝码悬挂在轻绳 PA 和 PB 的结点上并处于静止状态，PA 与竖直方向的夹角为 37°，PB 沿水平方向。质量为 M=6kg 的木块与 PB 相连，静止于倾角为 37°的斜面上，物体与斜面的动摩擦因数μ=0.9，最大静摩擦力等于滑动摩擦力。（sin37°=0.6，cos37°=0.8）g=10m/s²，求：

(1)轻绳 PA 和轻绳 PB 各自产生拉力的大小。

(2)木块 M 所受斜面施加的弹力、摩擦力的大小。

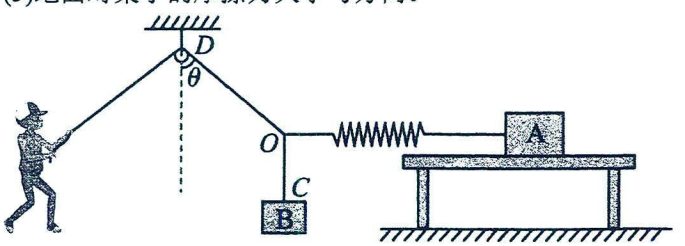
(3)若对木块 M 施加一个平行于斜面向上的力 F，M 仍处于静止状态，求 F 的最大值。



【例 2】如图所示，物块 A 放置于水平桌面上，轻绳 DO 与轻质弹簧的左端及轻绳 CO 的上端连接于 O 点，弹簧中轴线沿水平方向，轻绳 DO 与竖直方向夹角 $\theta=53°$，整个系统均处于静止状态，不计绳与滑轮间的摩擦。已知物块 A 和 B 的质量分别为 $m_1=5\text{kg}$，$m_2=1.5\text{kg}$，弹簧的伸长量为 4cm，$\sin37°=0.6$，$\cos37°=0.8$，重力加速度取 $g=10\text{m/s}^2$。求：(1)弹簧的劲度系数 k；

(2)物块 A 与桌面间的动摩擦因数至少多大；

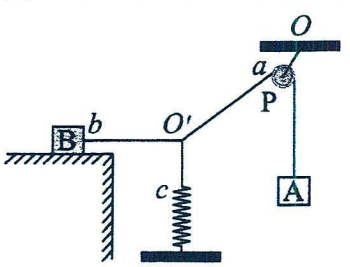
(3)地面对桌子的摩擦力大小与方向。



【例 3】如图所示，A、B 都是重物，A 被绕过小滑轮 P 的细线悬挂，B 放在粗糙的水平桌面上。滑轮 P 被一根斜短线系于天花板上的 O 点，O' 是三根细线的结点，细线 bO' 水平拉着物体 B，cO' 沿竖直方向拉着弹簧。弹簧、细线、小滑轮的重力不计，细线与滑轮之间的摩擦力可忽略，整个装置处于静止状态。若悬挂小滑轮的斜线中的拉力是 $F=20\sqrt{3}\text{ N}$，$\angle cO'a=120°$ 重力加速度 g 取 10 m/s^2，求：(1)弹簧的弹力；

(2)重物 A 的质量；(3)桌面对物体 B 的摩擦力；

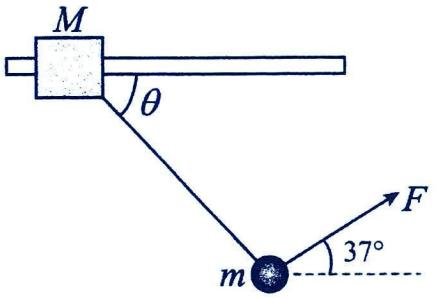
(4)细线 OP 与竖直方向的夹角。



【例 4】如图所示，质量 $M=3\text{kg}$ 的木块套在水平杆上，并用轻绳将木块与质量 $m=1.6\text{kg}$ 的小球相连。今用跟水平方向成 $\alpha=37°$ 角的拉力 $F=10\text{N}$，拉着小球带动木块 A 一起向右匀速运动，运动中木块与小球相对位置保持不变，取 $g=10\text{m/s}^2$。求：(1)木块所受水平杆的摩擦力 f 的大小；

(2)木块与水平杆间的动摩擦因数为 μ；

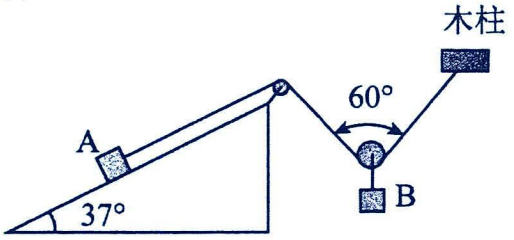
(3)运动过程中轻绳与水平方向夹角 θ 的正切值。



【例 5】如图所示，在一倾角为 37°的固定斜面上放一个质量 $m_1=2.5\text{ kg}$ 的物块 A（视为质点），一轻绳跨过两个轻滑轮一端系在可移动的木柱上，一端连接在物块 A 上，且定滑轮与物块 A 之间的轻绳与斜面平行，动滑轮下方悬挂质量 $m_2=2\sqrt{3}\text{kg}$ 的重物 B（始终不会触及地面），移动木柱使跨过动滑轮的轻绳夹角为 60°，物块 A 恰好不上滑。已知最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度大小 $g=10\text{ m/s}^2$，$\sin37°=0.6$，$\cos37°=0.8$。

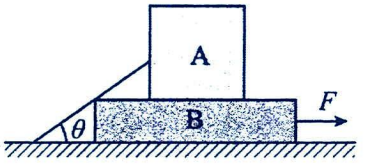
(1)求物块 A 与斜面间的动摩擦因数μ；

(2)缓慢水平向左移动木柱，求轻绳拉力最小时物块 A 受到的摩擦力大小 f。



【例 6】如图所示，质量为 $m_B=8\text{kg}$ 的木板 B 放在水平地面上，质量为 $m_A=20\text{kg}$ 的货箱 A 放在木板 B 上．一根轻绳一端拴在货箱上，另一端拴在地面，绳绷紧时与水平面的夹角为 $\theta=37^\circ$．已知货箱 A 与木板 B 之间的动摩擦因数 $\mu_1=0.5$，木板 B 与地面之间的动摩擦因数 $\mu_2=0.4$．重力加速度 g 取 10m/s^2．现用水平力 F 将木板 B 从货箱 A 下面匀速抽出，（已知 $\sin37^\circ=0.6$，$\cos37^\circ=0.8$）试求：（1）绳上张力 T 的大小；

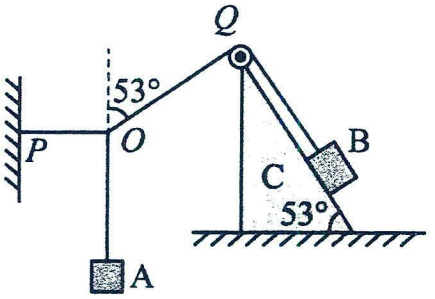
（2）拉力 F 的大小．



【例 7】如图所示，斜面体 C 静置于水平地面上，物块 A 悬挂在绳 OP、OQ 的结点 O 处，OP 水平，OQ 与竖直方向的夹角为 53°且跨过轻质光滑定滑轮与斜面体 C 上质量为 $m_B=1.5\text{kg}$ 的物块 B 相连，斜面体 C 的质量 $m_C=1\text{kg}$，倾角为 53°，B 与 C 之间、C 与地面之间的动摩擦因数均为 $\mu=\frac{1}{3}$。改变物块 A 的质量，使 A、B、C 始终保持静止，设滑动摩擦力与最大静摩擦力相等，g 取 10m/s^2，$\sin 53°=0.8$，$\cos 53°=0.6$，则：(1)当 B 与 C 之间的摩擦力恰好为零时，求绳 OQ 的拉力大小；

(2)当 A 的质量 $m_A=0.6\text{kg}$ 时，求物块 B 受到摩擦力的大小和方向；

(3)求物块 A 质量的最大值。

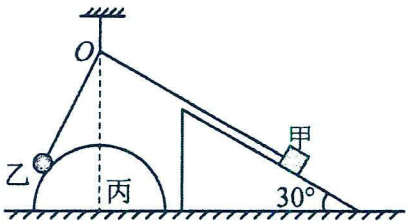


【例 8】如图所示，倾角为 30°的斜面体固定在水平面上，一横截面半径为 R 的半圆柱体丙放在水平面上，可视为质点的光滑小球乙质量 $m=1\text{kg}$，用轻绳拴接置于半圆柱体上；物块甲用轻绳拴接放在斜面体上且轻绳与斜面平行，拴接小球乙与拴接物块甲的轻绳与竖直的轻绳系于 O 点，且 O 点位于半圆柱体圆心的正上方。已知 O 点到水平面的高度为 2R，拴接小球乙的轻绳长度为 $\sqrt{3}R$，物块甲与斜面间的动摩擦因数 $\mu=\frac{\sqrt{3}}{4}$，整个装置始终处于静止状态。取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$，最大静摩擦力等于滑动摩擦力。求：（结果可用分式、根式表示）

(1)拴接小球乙的轻绳拉力的大小；

(2)半圆柱体丙受到水平地面摩擦力的大小；

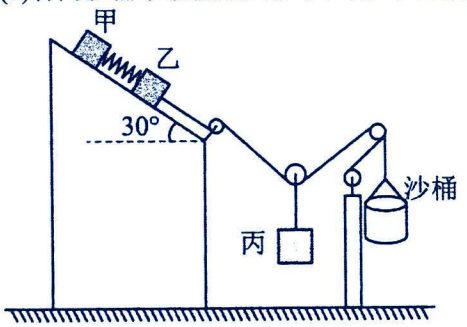
(3)物块甲质量的取值范围。



【例 9】如图所示，物体甲、乙用劲度系数 k=4N/cm 的轻弹簧连接放置在倾角为 30°的斜面上，轻绳跨过光滑定滑轮一端与乙连接，另一端与沙桶连接，物体丙连接在动滑轮上。开始时系统处于静止状态，弹簧处于原长，跨过动滑轮的轻绳与竖直方向成 60°角。已知甲、乙、丙的质量分别为 $m_1=m_2=8kg$，$m_3=1kg$，甲、乙与斜面间的动摩擦因数均为 $\mu=\frac{\sqrt{3}}{2}$，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度 g 取 $10m/s^2$。求：

(1)沙桶的质量 m；(2)开始时乙受到的摩擦力 f 大小；

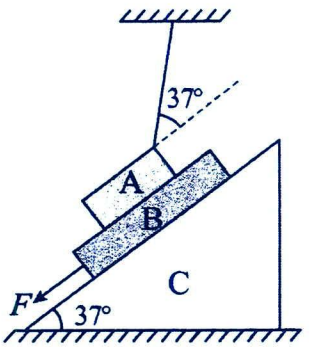
(3)若向沙桶中缓慢加入沙子，则当甲刚要向下滑动时，加入沙桶中沙子的总质量 $m_{沙}$及此时弹簧的形变量 x。



【例 10】如图所示，木块 A 的质量为 $m_A=3kg$、木板 B 的质量为 $m_B=1.5kg$。木板 B 两面平行，放在倾角为 37°的三角体 C 上，木块 A 被一根固定在天花板上的轻绳拉住，绳拉紧时与斜面的夹角也是 37°，已知 A 与 B，B 与 C 之间的动摩擦因数均为 $\mu=\frac{1}{3}$。现用平行于斜面的拉力 F 将木板 B 从木块 A 下面匀速抽出，同时 C 保持静止。(重力加速度 g 取 $10m/s^2$，$\sin37°=0.6$，$\cos37°=0.8$)，求：

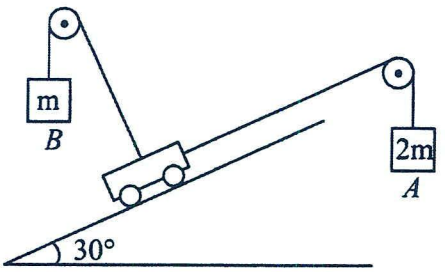
（1）绳子对 A 木块的拉力大小；（2）拉力 F 的大小；

（3）地面所受摩擦力的大小。



【例 11】倾角 30°的斜面体放在水平地面上，小车与斜面之间光滑，斜面体与地面之间粗糙，用两根轻绳跨过两个固定的定滑轮一端接在小车上（滑轮与斜面没有连接），另一端分别悬挂质量为 2m 和 m 的物体 A、B，当小车静止时两绳分别平行、垂直于斜面，如图所示，不计滑轮摩擦。（1）求小车的质量；

（2）现使 A、B 位置互换，当系统再次静止时（斜面始终未动），地面与斜面体之间的摩擦力大小。



【例】12．一横梁起重机移动货物时因断电而失去动力，工作人员在货物上作用一水平恒力，使货物和起重机一起匀速向右移动，此过程可简化为如图 1 所示的模型：一质量为 m 的物块 A 穿在粗糙的水平横杆上，物块通过轻质细绳悬吊着一质量为 M 的物体 B。物块 A 与横杆的动摩擦因数 $\mu=\frac{\sqrt{3}}{3}$，重力加速度为 g，现用水平恒力 F 拉物块，使物块 A、物体 B 一起向右匀速运动。求：（1）求水平恒力 F 的大小；

（2）如图 2 所示，若要施加一个斜向右上的力拉物体 B，使 A、B 一起向右匀速运动，当倾角 θ 多大时，力 F 最小，最小值 F_{min} 是多少。

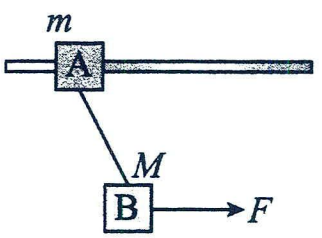


图1

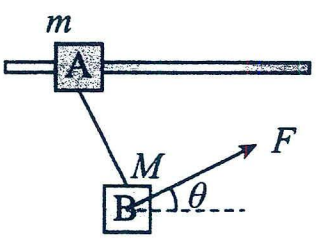


图2

第十一讲：共点力平衡问题

考点一：静态平衡

1．平衡状态：物体处于静止或匀速直线运动状态。

2．平衡条件：$F_{合}=0$($F_x=0$，$F_y=0$)。

3．常用推论：

(1)二力平衡：两个力等大反向。

(2)三力平衡：①任意两个力的合力必与第三个力等大反向。

②表示这三个力的有向线段首尾相接组成一个封闭三角形。

(3)若物体受 n 个作用力而处于平衡状态，则其中任意一个力与其余(n－1)个力的合力大小相等，方向相反。

4．处理共点力平衡问题的基本思路

确定平衡状态(加速度为零)→巧选研究对象(整体法或隔离法)→受力分析→建立平衡方程→求解或作讨论.

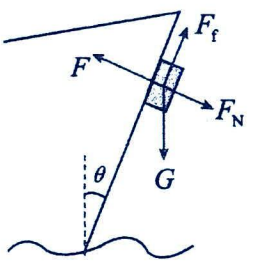
5.求解共点力平衡问题的常用方法：

合成法	三个共点力平衡时，任意两个力的合力一定与第三个力大小相等，方向相反。
分解法	三个共点力平衡时，将任意一个力沿着另外两个力的方向分解，则其分力一定分别与两个力大小相等，方向相反。
正交分解法	物体受到多个力作用平衡时，将物体所受的力分解为相互垂直的两组，每组力都满足平衡条件。
三角形法	三个共点力平衡时，将力的矢量图平移使三力组成一个首尾依次相接的矢量三角形，根据正弦定理、余弦定理或相似三角形、直角三角形等数学知识求解有关问题。

题型一：单体静态平衡

【精选例题】

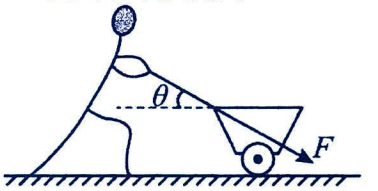
【例 1】(多选题)如图所示，可视为质点的机器人通过磁铁吸附在船舷外壁面检测船体。外壁面可视为斜面，与竖直方向夹角为θ。船和机器人保持静止时，机器人仅受重力 G、支持力F_N、摩擦力F_f和磁力 F 的作用，磁力垂直于壁面。下列关系式正确的是（ ）



A．$F=F_N+G\sin\theta$　　B．$G=F_f$

C．$G=F_f\cos\theta$　　D．$F_f=G\cos\theta$

【例 2】(多选题)如图所示，建筑工人用恒力 F 推着运料车在水平地面上匀速前进，恒力 F 与水平方向夹角为θ＝30°，运料车和材料的总重力为 G，下列说法正确的是（　　）



A．运料车受到的摩擦力方向水平向左　　B．运料车受到的摩擦力方向水平向右

C．运料车受到的摩擦力大小为$\frac{\sqrt{3}}{2}F$　　D．运料车与地面间的动摩擦因数为$\frac{\sqrt{3}F}{2G}$

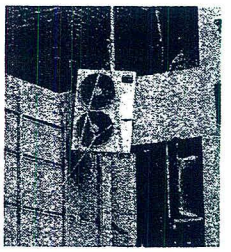
【例 3】炎热夏天，人们都安装空调，图甲是某小区高层住宅外安装空调主机的情境。为安全起见，要求吊运过程中空调主机与楼墙保持一定的距离。原理如图乙，一人在高处控制一端系在主机上的轻绳 P，另一人在地面控制另一根一端系在主机上的轻绳 Q，二人配合可使主机缓慢竖直上升。主机质量 m，当 P 绳与竖直方向的夹角 $\alpha=37^\circ$ 时，Q 绳与竖直方向的夹角 $\beta=53^\circ$。主机视为质点，重力加速度 $g\left(\sin53^\circ=0.8,\ \cos53^\circ=0.6\right)$。则（　　）

A．P 绳中拉力为 $\frac{10}{7}mg$

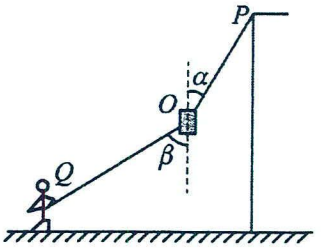
B．P 绳中拉力为 $\frac{20}{21}mg$

C．Q 绳中拉力为 $\frac{15}{7}mg$

D．Q 绳中拉力为 $\frac{80}{21}mg$

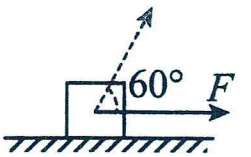


甲



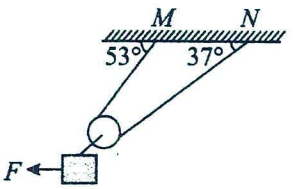
乙

【例 4】如图，一物块在水平拉力 F 的作用下沿水平桌面做匀速直线运动．若保持 F 的大小不变，而方向与水平面成 60°角，物块也恰好做匀速直线运动．物块与桌面间的动摩擦因数为(　　)



A．$2-\sqrt{3}$　　B．$\frac{\sqrt{3}}{6}$　　C．$\frac{\sqrt{3}}{3}$　　D．$\frac{\sqrt{3}}{2}$

【例 5】如图所示，穿过光滑动滑轮的轻绳两端分别固定在 M、N 两点，质量为 m 的物块通过轻绳拴接在动滑轮的轴上，给物块施加一个水平向左的拉力 F，系统静止平衡时，滑轮到固定点 M、N 的两部分轻绳与水平方向的夹角分别为 53°和 37°，滑轮质量忽略不计，重力加速度为 g，$\sin37^\circ=0.6$，$\sin53^\circ=0.8$。下列说法正确的是（　　）



A．跨过滑轮的轻绳中的张力大小为 $\frac{5mg}{7}$

B．作用在物块上的水平拉力大小为 $\frac{4mg}{3}$

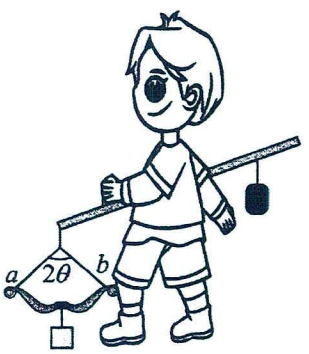
C．物块与滑轮间的轻绳中的张力大小为 $\frac{10mg}{7}$

D．物块与滑轮间的轻绳与竖直方向夹角的正切值为 $\frac{3}{4}$

【变式训练】

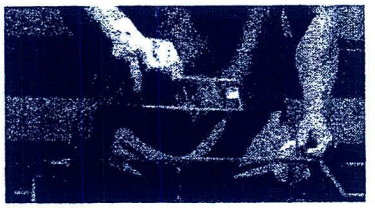
1．明代宋应星在《天工开物》中描述了测量拉弓所需力量的方法："以足踏弦就地，秤钩搭挂弓腰，弦满之时，推移秤锤所压，则知多少。"如图，弦系在弓上 a、b 两点，并挂在光滑秤钩上，弓的下端系上重物。秤杆水平平衡时，挂秤砣处的刻度值为 M（此时秤钩对弦的拉力大小为 Mg），秤钩两侧弦的夹角为 2θ。则弦对 a 点的拉力大小为（　　）

A．$\frac{Mg}{2\sin\theta}$　　B．$\frac{Mg}{2\cos\theta}$　　C．$\frac{Mg\cos\theta}{2}$　　D．$\frac{Mg}{2}$

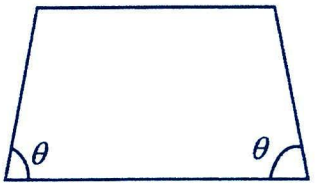


2．山东招远的黄金博物馆曾发起一项名为“单手抓金砖”的挑战活动。如图甲所示，某参赛者戴着手套，单手将金砖保持底面水平从桌面上抓起，金砖的横截面为等腰梯形，底角为θ，如图乙所示。若金砖的重量为G，手套与金砖间的动摩擦因数为μ，想要单手抓起金砖，手套与金砖之间的压力至少为（　）

A．$\dfrac{G}{2\mu\sin\theta}$　　B．$\dfrac{G}{\mu\sin\theta}$　　C．$\dfrac{G}{2(\mu\sin\theta-\cos\theta)}$　　D．$\dfrac{G}{(\mu\sin\theta-\cos\theta)}$



甲



乙

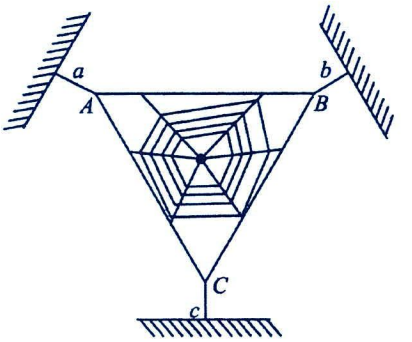
3．如图所示，竖直平面内蜘蛛网上A、B、C三点的连线构成正三角形，一只蜘蛛静止于蛛网的重心O处，三根蜘蛛丝a、b、c的延长线过三角形的中心O，蜘蛛丝c沿竖直方向，c中有张力。则（　）

A．a中张力大于b中张力

B．a中张力等于b中张力

C．a中张力等于c中张力

D．蜘蛛网在风的吹拂下晃动，a中张力大小一定不变



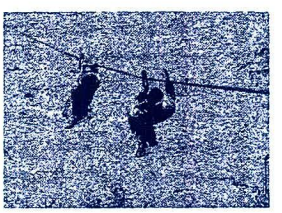
4．高空溜索因其惊险、刺激的体验，越来越受到人们的喜爱。如图甲是游客在怒江上空溜索的情况。游客通过轻绳与轻质滑环相连，开始下滑前，轻质滑环固定在钢索AB上的O点处，滑环和人均处于静止状态，OA段钢索和OB段钢索与水平方向的夹角分别为β、θ，如图乙所示。已知该游客的质量为m，重力加速度为g，为了简化分析，忽略OA段和OB段钢索的重力，则OA、OB两段钢索的拉力大小F_A与F_B分别为（　　）

A．$F_A=\dfrac{mg}{\sin\beta-\cos\beta\tan\theta}$，$F_B=\dfrac{mg}{\tan\beta\cos\theta-\sin\theta}$

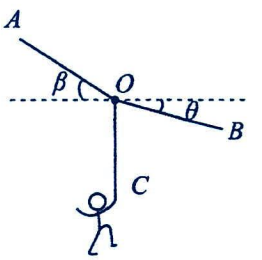
B．$F_A=\dfrac{mg}{\tan\beta\cos\theta-\sin\theta}$，$F_B=\dfrac{mg}{\sin\beta-\cos\beta\tan\theta}$

C．$F_A=\dfrac{mg}{\sin\beta+\cos\beta\tan\theta}$，$F_B=\dfrac{mg}{\sin\theta+\cos\theta\tan\beta}$

D．$F_A=\dfrac{mg}{\sin\theta+\cos\theta\tan\beta}$，$F_B=\dfrac{mg}{\sin\beta+\cos\beta\tan\theta}$



甲

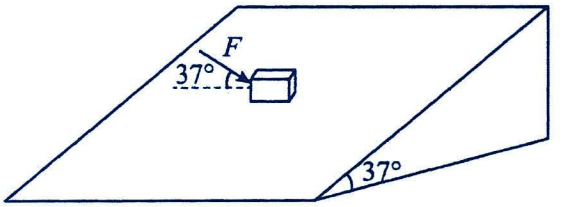


乙

5．如图，固定的倾角为37°的粗糙斜面上放置一长方体物块，现用一大小等于物块重力，方向与斜面成37°角斜向下的推力推动物块（力的作用线在斜面上的投影与斜面底边平行），物块在斜面上恰好做匀速运动。则物块与斜面间的动摩擦因数为$(\sin37°=0.6,\cos37°=0.8)$（　）

A．$\dfrac{3}{4}$　　B．$\dfrac{5}{4}$

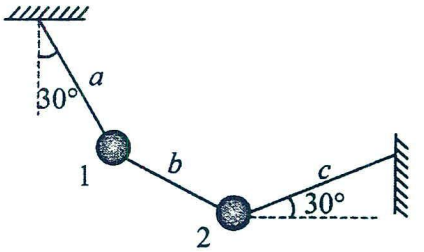
C．$\dfrac{5}{6}$　　D．$\dfrac{5}{7}$



题型二：多体静态平衡

【精选例题】

【例 1】如图所示，三根细线 a、b、c 将重力均为 G 的两个小球 1 和 2 悬挂起来。静止时细线 a 与竖直方向的夹角和细线 c 与水平方向的夹角均为 30°。则（ ）



A．细线 a 的拉力大小为$\frac{\sqrt{3}G}{2}$　　B．细线 b 的拉力大小为 G

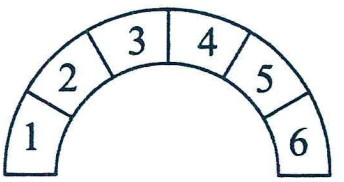
C．细线 b 与水平方向的夹角为 45°　　D．细线 c 的拉力大于细线 b 的拉力

【例 2】如图所示，在粗糙水平面上有两个质量分别为 m_1 和 m_2 的木块 1 和 2，中间用一原长为 l、劲度系数为 k 的轻弹簧连接，木块与地面之间的动摩擦因数为μ。现用一水平力向右拉木块 1，当两木块一起匀速运动时，两木块之间的距离为（　　）

A．$1+\frac{\mu m_1 g}{k}$　　B．$1+\frac{\mu(m_1+m_2)g}{k}$　　C．$1+\frac{\mu m_2 g}{k}$　　D．$1+\frac{\mu m_1 m_2 g}{k(m_1+m_2)}$

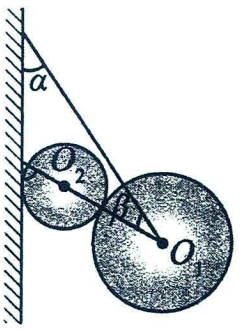


【例 3】我国的石桥世界闻名，如图，某桥由六块形状完全相同的石块组成，其中石块 1、6 固定，2、5 质量相同为 m，3、4 质量相同为m'，不计石块间的摩擦，则 m:m′为（ ）



A．$\frac{\sqrt{3}}{2}$　　B．$\sqrt{3}$　　C．1　　D．2

【例 4】如图所示，用轻绳系住一质量为 2m 的匀质大球，大球和墙壁之间放置一质量为 m 的匀质小球，各接触面均光滑。系统平衡时，绳与竖直墙壁之间的夹角为α，两球心连线 O_1O_2 与轻绳之间的夹角为β，则α、β应满足（　　）

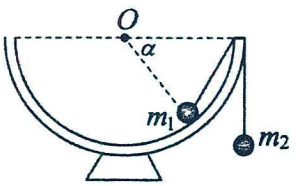


A．绳子的拉力可能小于墙壁的支持力　　B．墙壁的支持力一定小于两球的重力

C．3tanα=tan（α+β）　　D．3tanα=3tan（α+β）

【变式训练】

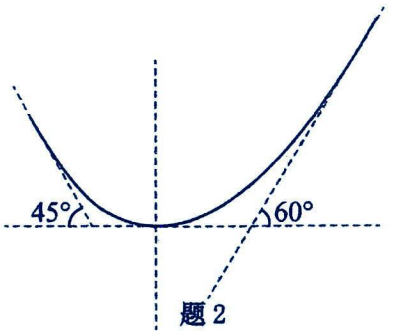
1．如图，一个半球形的碗放在桌面上，碗口水平，O 点为其球心，碗的内表面及碗口是光滑的。一根细线跨在碗口上，线的两端分别系有质量为 m_1 和 m_2 的小球，当它们处于平衡状态时，质量为 m_1 的小球与 O 点的连线与水平面的夹角α=60°，则两小球的质量之比$\frac{m_2}{m_1}$为（　　）



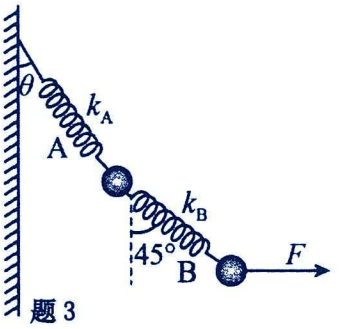
A．$\frac{\sqrt{3}}{2}$　　B．$\frac{\sqrt{2}}{3}$　　C．$\frac{\sqrt{3}}{3}$　　D．$\frac{\sqrt{2}}{2}$

2．悬挂线是数学中一种优美曲线，如图有一段质量均匀分布的细绳两端固定，构成悬挂线，曲线左右两端点的切线与水平方向夹角为45°和60°，求有水平切线的垂线所分成两部分的质量比（　　）

A．$1:\sqrt{3}$　　B．$1:\sqrt{6}$　　C．$\sqrt{2}:\sqrt{3}$　　D．$1:\sqrt{2}$



题2



题3

3．如图所示，两个质量均为 m 的小球通过两根轻弹簧 A、B 连接，在水平外力 F 作用下，系统处于静止状态，弹簧实际长度相等。弹簧 A、B 的劲度系数分别为 k_A、k_B，且原长相等。弹簧 A、B 与竖直方向的夹角分别为θ与 45°。设 A、B 中的拉力分别为 F_A、F_B，小球直径相比弹簧长度可忽略，重力加速度为 g，则（　　）

A．$\tan\theta=\frac{1}{2}$　　B．$k_A=k_B$　　C．$F_A=\sqrt{3}mg$　　D．$F_B=2mg$

题型三：立体问题

【精选例题】

【例 1】扑克牌可以用来“搭房子”，如图 1 所示。每一张纸牌的质量为 m，在图 2 的示意图中，下列说法正确的是（　　）

A．a 纸牌受到其它纸牌的作用力大小为 mg，方向竖直向上

B．b 纸牌受到其它纸牌的作用力大小为 mg，方向竖直向上

C．纸牌对地面的压力大小为 $6mg$

D．每一张纸牌的合外力都不相同


图1

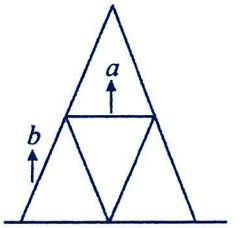
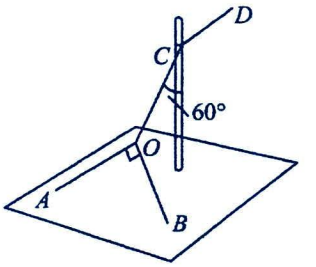


图2

【例 2】如图所示，在野营时需要用绳来系住一根木桩。细绳 OA、OB、OC 在同一平面内，两等长绳 OA、OB 夹角是 90°，绳 OC 与木桩的夹角为 60°，绳 CD 水平，如果绳 CD 的拉力等于 100N，若木桩受到绳子作用力的方向竖直向下，则 OA、OB 的拉力为（　　）

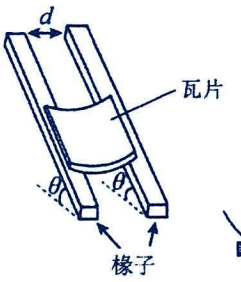
A．50N，50N　　B．100N，100N

C．$\frac{100\sqrt{6}}{3}$N，$\frac{100\sqrt{6}}{3}$N　　D．$\frac{100\sqrt{3}}{3}$N，$\frac{100\sqrt{3}}{3}$N

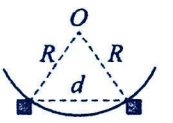


【例 3】瓦房为中国常见的一种传统建筑。如图甲为一瓦房屋顶结构的简化图，当椽子与水平面夹角 $\theta=30°$ 时，瓦片刚好能在两根相互平行的椽子正中间匀速下滑。已知瓦片横截面的圆弧半径为 R，恰好等于椽子间距离 d。如图乙，忽略瓦片厚度。瓦片与椽子间的动摩擦因数为（　　）

A．$\frac{1}{2}$　　B．$\frac{\sqrt{3}}{3}$　　C．$\frac{\sqrt{2}}{2}$　　D．$\frac{\sqrt{3}}{2}$



甲



乙

【变式训练】

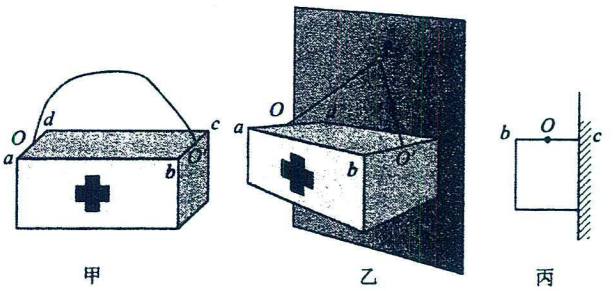
1．图甲是一质量分布均匀的长方体药箱，按图乙所示的方式用轻绳悬挂在墙面一光滑的钉子 P 上，图丙为右视图。已知药箱长 $ab=30\text{cm}$，质量 $m=0.4\text{kg}$，药箱上表面到钉子的距离 $h=10\text{cm}$，轻绳总长度 $L=50\text{cm}$，两端分别系在 O、O' 两点，O 是 ad 的中点，O' 是 bc 的中点，不计药箱与墙壁之间的摩擦力，g 取 10m/s^2，则轻绳上拉力大小为（　　）

A．4N

B．5N

C．8N

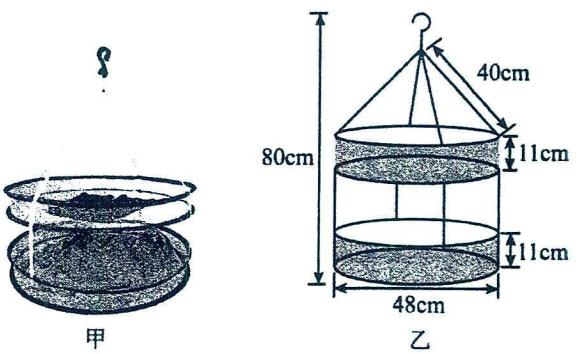
D．10N



2．图甲为挂在架子上的双层晾衣篮。上、下篮子完全相同且保持水平，每个篮子由两个质地均匀的圆形钢圈穿进网布构成两篮通过四根等长的轻绳与钢圈的四等分点相连，上篮钢圈用另外四根等长轻绳系在 挂钩上，晾衣篮的有关尺寸如图乙所示，则图甲中上、下各一根绳中的张力大小之比为（　　）

A．$\frac{5}{2}$　　B．$\frac{5}{4}$

C．$\frac{5}{8}$　　D．$\frac{5}{16}$



3．如图，一小孩在玩躲猫猫游戏时，徒手靠摩擦爬上墙壁（地面有保护措施），已知该屋角两侧的竖直墙壁互相垂直，她爬升墙壁时利用手脚交替即双脚支撑时双手上移，双手支撑时双脚上移的方法，最后靠双脚与墙面作用停在某高度，假设此时双手不受力，双脚两个受力点受力均等，小孩重力为 G，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，下列说法正确的是（　　）

A．小孩单只脚受到墙壁的摩擦力大小为 $\frac{G}{2}$

B．小孩受到墙壁的摩擦力方向竖直向上

C．小孩脚与墙壁间的动摩擦因数大于 1

D．若对称增加脚与墙壁的挤压力，则摩擦力不改变



考点二：动态平衡

1．动态平衡是指处于平衡状态的物体所受的某个力(或者几个力)的大小或方向缓慢变化，是动态力，但变化过程中的每一个状态均可视为平衡状态。

2．做题流程

受力分析 →（化“动”为“静”）→ 画不同状态下的平衡图构造矢量三角形 →（“静”中求“动”）→

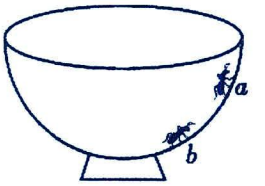
- 定性分析 → 根据矢量三角形边长关系确定矢量的大小变化
- 定量计算 → 三角函数关系 / 正弦定理 / 相似三角形 → 找关系求极值

题型一：解析法

如果物体受到多个力的作用，可进行正交分解，利用解析法，建立平衡方程，找函数关系，根据自变量的变化确定因变量的变化。

【精选例题】

【例 1】如图所示，一只可视为质点的蚂蚁在半球形碗内缓慢地从底部经过 b 点爬到 a 点。则下列说法正确的是（　）



A．碗对蚂蚁的摩擦力变小　　B．碗对蚂蚁的支持力变大

C．碗对蚂蚁的作用力变大　　D．蚂蚁所受的合外力不变

【变式训练】

1．“奇迹石”是挪威最负盛名的旅游景点，有一块 $5m^3$ 大的石头卡在两个绝壁间，如图甲所示。将该景观简化成如图乙所示的模型，右壁竖直，左壁稍微倾斜。设左壁与竖直方向的夹角为θ，石头的质量为 m，忽略一切摩擦。下列说法中正确的是（　　）


甲



乙

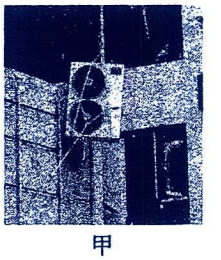
A．石头对右壁的压力与右壁对石头的压力相互平衡

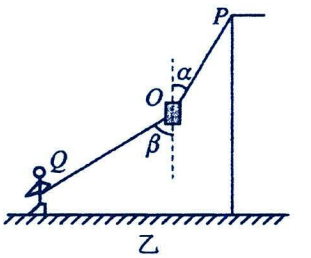
B．石头对左壁的压力大小小于石头的重力大小

C．石头对左壁的压力大小为 $mg\sin\theta$

D．若随着风化程度的增加，导致夹角θ减小，则石头对左壁的压力增大

2．炎热的夏天，学校教室需安装空调降暑，图甲是室外安装空调主机的情境。为安全起见，要求吊运过程中空调主机与楼墙保持一定的距离。原理如图乙，一人在高处控制一端系在主机上的轻绳 P，另一人在地面控制另一根一端系在主机上的轻绳 Q，二人配合可使主机缓慢竖直上升。当 P 绳与竖直方向的夹角 α 时，Q 绳与竖直方向的夹角 β。主机可视为质点，则下列说法正确的是（　）


甲



乙

A．α 一定小于 β

B．运送过程中 OP 张力变小

C．运送过程中 OQ 张力变小

D．地上的人受到地面的摩擦力变小

题型二：图解法

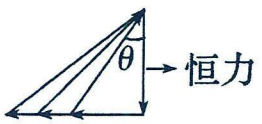
1.适用条件：一力恒定，另一力方向不变

2.采用三角形法则，将三力进行平移，至三力首尾相接。

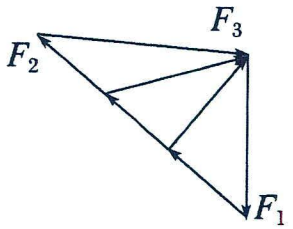
3.常见模型

A、一个力恒定，另一个力始终与恒定的力垂直，三力可构成直角三角形，可作不同状态下的直角三角形，分析力的大小变化，如图甲所示。

B、一力恒定，另一力与恒定的力不垂直但方向不变，作出不同状态下的矢量三角形，确定力大小的变化，在变化过程中恒力之外的两力垂直时，会有极值出现，如图乙所示.



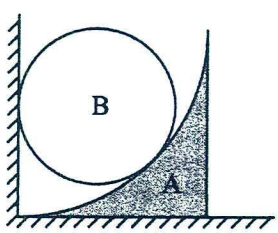
甲



乙

【精选例题】

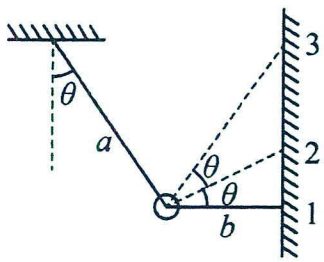
【例 1】如图，在粗糙水平地面上放着一个截面为四分之一圆弧的柱状物体 A，A 与竖直墙之间放一光滑圆球 B，整个装置处于静止状态。若把 A 向右移动少许后，它们仍处于静止状态，则（　　）



A．B 对墙的压力不变　　B．B 对 A 的压力增大

C．地面对 A 的摩擦力减小　　D．A 对地面的压力增大

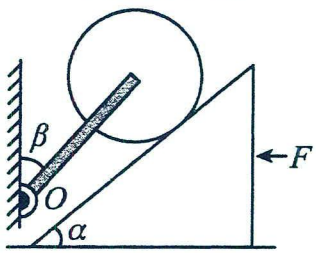
【例 2】用与竖直方向成θ（θ<45°）的倾斜绳 a 和水平绳 b 共同固定一个小球，这时绳 b 的拉力为 F_1，现在保持小球的原位置不动，使绳 b 在原竖直平面内逆时针转过θ角后固定，绳 b 的拉力变为 F_2，再转过θ角，绳 b 的拉力为 F_3，则（　　）



A．$F_1=F_2<F_3$　　B．$F_1=F_3>F_2$　　C．$F_1<F_2<F_3$　　D．F_a 增大

【变式训练】

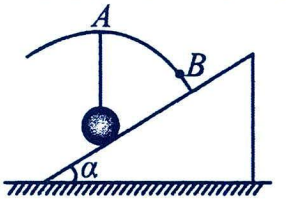
1．如图所示，轻杆的一端固定在一光滑球体上，杆的另一端 O 为自由转动轴，固定在竖直墙壁上，球体搁置在各面均光滑的斜面体上。若杆与墙面间的夹角为β，斜面的倾角为α，开始时β＜α，α＋β＜90°，为使斜面体能在光滑水平面上向右缓慢移动，在球体离开斜面之前，作用于斜面体上的水平推力为 F，轻杆对球体的作用力为 T，地面对斜面体的支持力为 F_N，下列说法正确的是（　　）



A．F 逐渐增大　　B．F 逐渐减小

C．T 先增大后减小　　D．F_N 大小不变

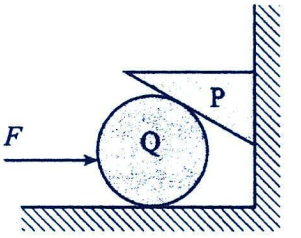
2．(多选题)如图所示，一圆弧形支架固定在斜面上，用一根细线系住一重为 G 的小球，悬挂在支架的最高点 A 点，此时小球与斜面刚好接触，现把悬挂点由 A 点缓慢移动到 B 点，悬挂点在 B 点时细线刚好与斜面平行，则在缓慢移动悬挂点的过程中（　　）



A．细线对球的拉力一直减小　　B．细线对球的拉力先增大后减小

C．细线对球的拉力先减小后增大　　D．斜面对小球的支持力一直增大

3．如图所示，横截面为直角三角形的斜劈 P，靠在粗糙的竖直墙面上，力 F 通过球心水平作用在光滑球 Q 上，系统处于静止状态。当力 F 增大时，系统仍保持静止，下列说法正确的是（　　）



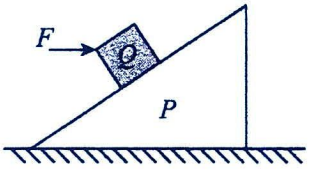
A．斜劈 P 所受合外力增大　　B．斜劈 P 对竖直墙壁的压力不变

C．墙面对斜劈 P 的摩擦力可能增大　　D．球 Q 对地面的压力不变

题型三：静摩擦力反向

【精选例题】

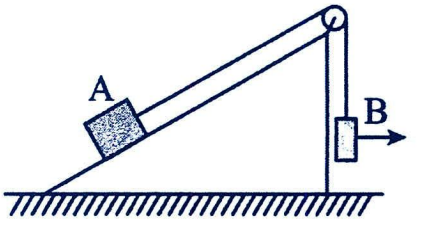
【例 1】如图所示，斜面体 P 放在水平面上，物体 Q 放在斜面上．Q 受一水平作用力 F，Q 和 P 都静止．这时 P 对 Q 的静摩擦力和水平面对 P 的静摩擦力分别为 f_1、f_2．现使力 F 变大，系统仍静止，则（　）



A．f_1、f_2 都变大　　B．f_1 变大，f_2 不一定变大

C．f_2 变大，f_1 不一定变大　　D．f_1、f_2 都不一定变大

【例 2】(多选题)如图，顶端装有定滑轮的斜面体放在粗糙水平地面上，A、B 两物体通过细绳连接，并处于静止状态（不计绳的质量和滑轮轴的摩擦）。现用水平向右的力 F 作用于物体 B 上，将物体 B 缓慢拉高一定的距离，此过程中斜面体与物体 A 仍然保持静止。在此过程中（）

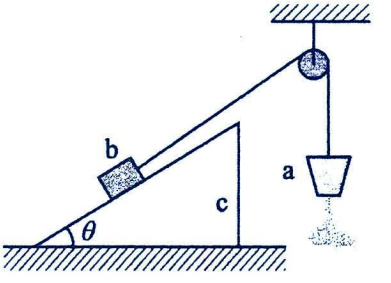


A．细绳拉力可能变小　　B．斜面体所受地面的支持力不变

C．斜面体所受地面的摩擦力增大　　D．物体 A 所受斜面体的摩擦力一定变大

【变式训练】

1．(多选题)如图，倾角为θ的斜面体 c 置于水平地面上，小物块 b 置于斜面上，通过细绳跨过光滑的定滑轮与沙漏 a 连接，连接 b 的一段细绳与斜面平行。在 a 中的沙子缓慢流出的过程中，a、b、c 都处于静止状态，则（　　）



A．b 对 c 的摩擦力一定减小

B．b 对 c 的摩擦力方向可能平行斜面向上

C．地面对 c 的摩擦力方向一定向左

D．若剪断细绳而 b 依然静止，此时地面对 c 的摩擦力为零

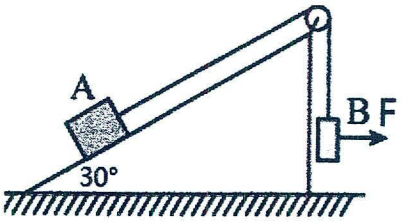
2．如图所示，一端装有定滑轮的粗糙斜面体放在水平地面上，斜面倾角为30°，A、B两物体通过细绳相连，质量分别为4 m和3 m并处于静止状态(不计绳的质量和绳与滑轮间的摩擦)．现用水平向右的力F作用于物体B上，缓慢拉开一小角度，此过程中斜面体与物体A仍然保持静止．下列说法**不正确**的是

A．在缓慢拉开B的过程中，水平力F变大

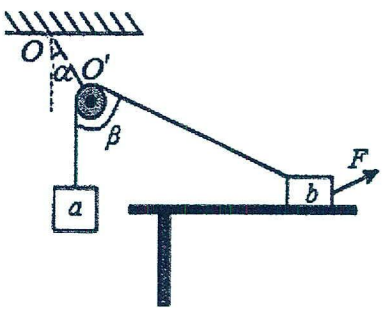
B．斜面体所受地面的支持力一定变大

C．物体A所受斜面体的摩擦力一定变大

D．斜面对物体A作用力的合力变大



3．(多选题)如图，一光滑的轻滑轮用细绳OO'悬挂于O点；另一细绳跨过滑轮，其一端悬挂物块a，另一端系一位于水平粗糙桌面上的物块b。OO'与竖直方向的夹角为α，连接ab间的细绳间的夹角为β。外力F向右上方拉b，整个系统处于静止状态。若F方向不变，大小在一定范围内变化，物块b仍始终保持静止，则（　　）



A．两角度大小间关系为：2α=β

B．绳OO'的张力的大小也在一定范围内变化

C．物块b所受到的支持力的大小可能不变

D．物块b与桌面间的摩擦力的大小在一定范围内变化

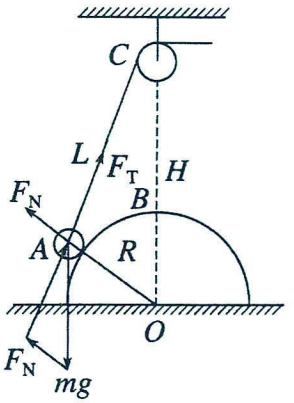
题型四：相似三角形

1.适用条件：一力恒定，另两力方向均变化

2.一力恒定(如重力)，其他二力的方向均变化，但二力分别与绳子、两物体重心连线方向等平行，即三力构成的矢量三角形与绳长、半径、高度等实际几何三角形相似，则对应边比值相等．

基本矢量图，如图所示

基本关系式：$\frac{mg}{H}=\frac{F_N}{R}=\frac{F_T}{L}$

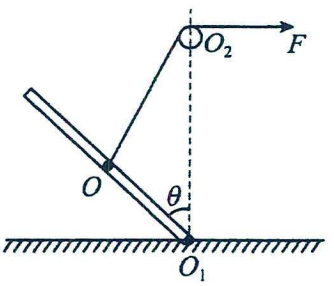


【精选例题】

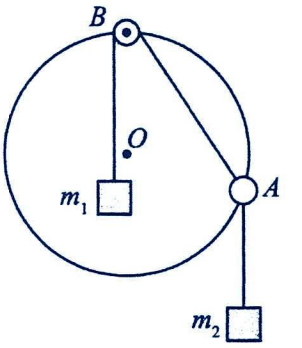
【例1】如图所示，质量分布均匀的细棒中心为O点，O_1为光滑铰链，O_2为光滑定滑轮，且O_2在O_1正上方，细绳跨过O_2与O连接，水平外力F作用于细绳的一端。用F_N表示铰链对杆的作用力，现在水平外力F作用下，θ从$\frac{\pi}{2}$缓慢减小到0的过程中，下列说法正确的是（　　）

A．F逐渐变小，F_N大小不变　　B．F逐渐变小，F_N逐渐变大

C．F先变小再变大，F_N逐渐变小　　D．F先变小再变大，F_N逐渐变大

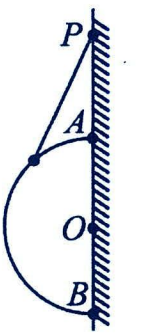


【例 2】如图所示，小圆环 A 吊着一个质量为 m_2 的物块并套在另一个竖直放置的大圆环上，有一细绳一端拴在小圆环 A 上，另一端跨过固定在大圆环最高点 B 的一个小滑轮后吊着一个质量为 m_1 的物块。如果小圆环、滑轮、细绳的大小和质量以及相互之间的摩擦均忽略不计，细绳不可伸长，且平衡时弦 AB 所对应的圆心角为 α，则两物块的质量之比 $m_1:m_2$ 为（　　）



A．$\cos\frac{\alpha}{2}$　　B．$\sin\frac{\alpha}{2}$　　C．$2\sin\frac{\alpha}{2}$　　D．$\sin\alpha$

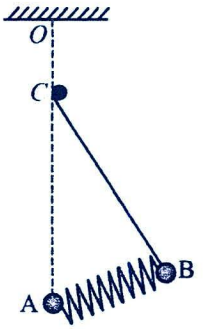
【例 3】如图所示，竖直墙壁上固定有一个光滑的半圆形支架（AB 为直径），支架上套着一个小球，轻绳的一端悬于 P 点，另一端与小球相连．已知半圆形支架的半径为 R，轻绳长度为 L，且 R＜L＜2R．现将轻绳的上端点 P 沿墙壁缓慢下移至 A 点，此过程中轻绳对小球的拉力 F_1 及支架对小球的支持力 F_2 的大小变化情况为（　　）



A．F_1 保持不变，F_2 先增大后减小　　B．F_1 先减小后增大，F_2 保持不变

C．F_1 先增大后减小，F_2 先减小后增大　　D．F_1 和 F_2 均增大

【例 4】(多选题)如图所示，O 点和细钉 C 在固定小球 A 正上方，小球 B 用轻质橡皮筋相连绕过光滑细钉 C 悬挂于 O 点，A、B 之间用轻质弹簧相连，整个系统处于静止状态，A、B 都可以看成质点，橡皮筋的拉力遵循胡克定律，OC 刚好等于橡皮筋的原长，弹簧的弹力大小为 F，B 球的质量为 m_B；现竖直向下移动小球 A 一小段高度，同时调整 B 球的质量 m_B，使整个系统再次处于静止状态（B 球仍在右侧），则（　）



A．m_B 不变　　B．m_B 变大　　C．F 不变　　D．F 变大

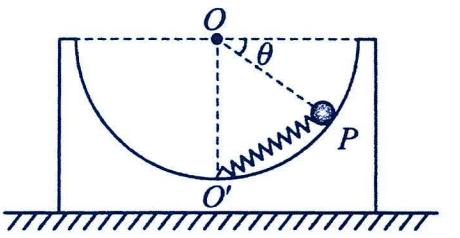
【例 5】如图所示，将一劲度系数为 k 的轻弹簧一端固定在内壁光滑、半径为 R 的半球形容器最底端 O′处（O 为球心），弹簧另一端与质量为 m 的小球 A 相连，小球 A 静止于 P 点，OP 与水平方向的夹角为θ＝30°；若换为与质量为 2m 的小球 B 相连，则小球 B 静止于 M 点（图中未画出），下列说法正确的是（　　）

A．容器对小球 B 的作用力大于 2mg

B．弹簧对小球 A 的作用力大于对小球 B 的作用力

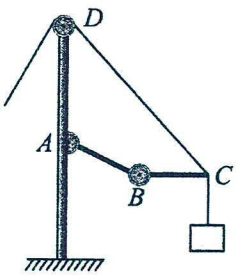
C．弹簧原长为 $R+\frac{2mg}{k}$

D．O′M 的长度为 $\frac{mgR+kR^2}{2mg+kR}$



【变式训练】

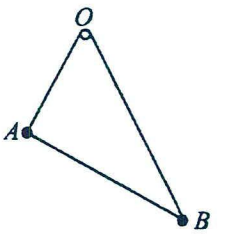
1．某物理兴趣小组为了模拟机器人“手臂”，制作了如图所示装置，A、B 类似于人手臂的关节，能在竖直面内自由转动，前臂 BC 末端系一重物和一轻绳，轻绳另一端跨过滑轮牵拉前臂。初始时，关节 A、B 均锁定，前臂 BC 水平。小组成员解除关节 A 的锁定，通过拉绳缓慢提升重物，上臂 AB 转过 60°。不计“手臂”重力及一切摩擦，下列说法正确的是（　）



A．绳 CD 拉力先减小后增大　　B．绳 CD 拉力先增大后减小

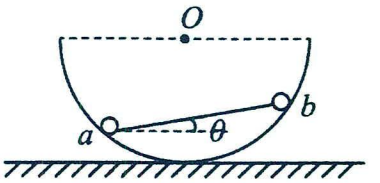
C．前臂 BC 受到的压力大小不变　　D．前臂 BC 受到的压力先减小后增大

2．轻杆的两端固定有可视为质点的小球 A 和 B，不可伸长的轻质细绳两端与两小球连接，轻绳挂在光滑水平固定的细杆 O 上，平衡时的状态如图所示。已知 A 的质量是 B 的质量的 2 倍，则 OA 与 OB 的长度之比为（　　）



A．1:1　　B．1:2　　C．1:3　　D．2:5

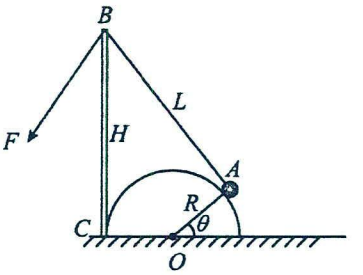
3．(多选题)如图，光滑半圆形球面固定在水平面上，两个可视为质点的小球 a 和 b 用质量可忽略的刚性细杆相连并静止在球面内，已知细杆长度是半球面半径的$\sqrt{2}$倍，细杆与水平面的夹角θ=8°。现给 b 球上施加外力，使得 a、b 小球沿球面缓慢移动（O、a、b 始终在同一竖直平面内），直至小球 a 到达与球心 O 点等高处。已知 $\sin 37^\circ = 0.6$，$\cos 37^\circ = 0.8$，下列说法正确的是（　）



A．a、b 的质量之比为 4∶3　　B．a、b 的质量之比为 5∶4

C．轻杆对 b 的作用力逐渐增大　　D．球面对 a 的作用力先增大后减小

4．如图，用一轻绳通过定滑轮将质量为 m 的小球静置在光滑的半圆柱体上，小球的半径远小于半圆柱体截面的半径 R，绳 AB 长度为 L，长度为 H 的杆 BC 竖直且与半圆柱体边缘相切，OA 与水平面夹角为θ，不计一切摩擦，重力加速度为 g，下列表达式表示绳对小球的拉力 F 是（　）



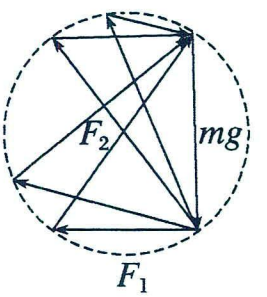
A．$\frac{mgL}{H}$　　B．$\frac{mgR(1+\cos\theta)}{(H+R\tan\theta)\cos\theta}$

C．$\frac{mgL}{H+R\tan\theta}$　　D．$\frac{mgL\tan\theta}{H\tan\theta+\mathrm{R}}$

题型五：正弦定理（拉密定理）

1.适用条件：一力恒定，另两力方向均变化

2.一力恒定，另外两力方向一直变化，但两力的夹角不变，作出不同状态的矢量三角形，利用两力夹角不变，结合正弦定理列式求解，也可以作出动态圆



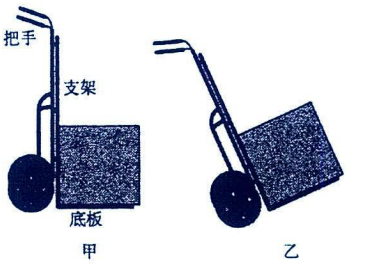
(1)矢量圆法：恒角为直角，恒力为圆的直径；恒角为钝角或锐角，恒力为圆的一条弦。根据不同位置判断各力的大小变化.

基本矢量图，如图所示

(2)正弦定理法：$\frac{F_1}{\sin\alpha_1}=\frac{F_2}{\sin\alpha_2}=\frac{F_3}{\sin\alpha_3}$ (其中α_1、α_2、α_3分别为 F_2与 F_3、F_1与 F_3、F_1与 F_2的夹角)

【精选例题】

【例 1】我们常用支架与底板垂直的两轮手推车搬运货物。如图甲所示，将质量为 m 的货物平放在手推车底板上，此时底板水平；缓慢压下把手直至底板与水平面间的夹角为 60°。不计货物与支架及底板间的摩擦，重力加速度为 g，下列说法正确的是（　　）



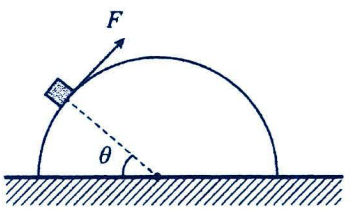
A．当底板与水平面间的夹角为30°时，底板对货物的支持力为$\frac{1}{2}mg$

B．当底板与水平面间的夹角为30°时，支架对货物的支持力为$\frac{\sqrt{3}}{2}mg$

C．压下把手的过程中，底板对货物的支持力一直增大

D．压下把手的过程中，支架对货物的支持力一直增大

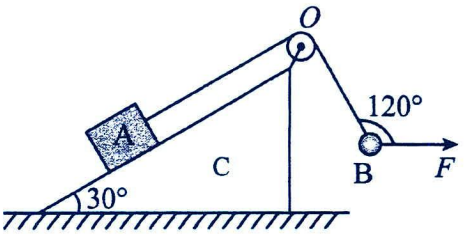
【例 2】(多选题)如图，质量为 M 的粗糙半圆柱体放在水平面上，一可视为质点、质量为 m 的物块在拉力 F 的作用下，沿半圆弧缓慢向上滑动。已知拉力 F 的方向始终与小物块的运动方向相同（与圆弧相切），物块与半圆柱体表面的动摩擦因数为 0.75，重力加速度为 g。若小物块和圆心的连线与水平方向的夹角为θ，在θ从 0 增大到 90°的过程中，下列说法不正确的是（）



A．拉力 F 先增大后减小　　B．拉力 F 先减小后增大

C．地面受到的摩擦力方向向左　　D．地面受到的摩擦力随着θ的增大而增大

【例 3】(多选题)如图所示，把倾角为30°的粗糙斜面体 C 置于粗糙水平地面上，质量为$2m$的物块 A 通过跨过光滑轻定滑轮的轻绳与质量为 m 的小球 B 连接，O 点为轻绳与定滑轮的接触点，初始时，小球 B 在水平向右的拉力 F 作用下，使轻绳OB段与水平拉力 F 的夹角为$\theta=120°$，A、B 均保持静止状态。现改变拉力 F，并保持夹角θ大小不变，将小球 B 向右上方缓慢拉起至OB水平，物块 A 始终保持静止状态。g 为重力加速度，下列关于该过程的说法正确的是（　　）



A．拉力 F 一直变大

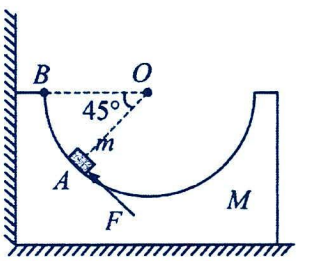
B．拉力 F 最小为$\frac{\sqrt{3}}{3}mg$

C．物块 C 所受地面摩擦力一直变小

D．物块 C 所受地面摩擦力先变小后增大

【变式训练】

1．质量为 M 的凹槽静止在水平地面上，与竖直墙面接触，内壁为半圆柱面，截面如图所示。已知$\angle AOB=45°$，B 为半圆水平直径的端点，凹槽内有一质量为 m 的小滑块，现用推力 F 推动小滑块由 A 点向 B 点缓慢移动，力 F 的方向始终沿圆弧的切线方向，在此过程中所有摩擦均可忽略，下列说法正确的是（　）



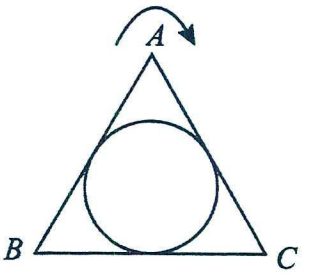
A．推力 F 先减小后增大，最大值为 mg

B．凹槽对滑块的支持力先增大后减小

C．墙面对凹槽的压力一直减小

D．水平地面对凹槽的支持力保持不变

2．(多选题)水平传感器可以测量器械摆放所处的水平角度，属于角度传感器的一种，其作用就是测量载体的水平度，又叫倾角传感器。如图为一个简易模型，截面为内壁光滑的竖直放置的正三角形，内部有一个小球，其半径略小于内接圆半径，三角形各边有压力传感器，分别感受小球对三边压力的大小，根据压力的大小，信息处理单元能将各边与水平面间的夹角通过显示屏显示出来。如果图中此时 BC 边恰好处于水平状态，将其以 C 为轴在竖直平面内顺时针缓慢转动，直到 AC 边水平，则在转动过程中（　　）



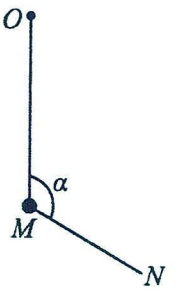
A．当 BC 边与 AC 边所受压力大小相等时，AB 边与水平方向成30°角

B．球对 AC 边的压力先增大后减小

C．球对 BC 边的压力一直减小

D．BC 边所受压力可能大于球的重力

3．(多选题)如图，柔软轻绳 ON 的一端 O 固定，其中间某点 M 拴一重物，用手拉住绳的另一端 N．初始时，OM 竖直且 MN 被拉直，OM 与 MN 之间的夹角为α（$\alpha>\frac{\pi}{2}$）．现将重物向右上方缓慢拉起，并保持夹角α不变．在 OM 由竖直被拉到水平的过程中(　　)



A．MN 上的张力逐渐增大　　B．MN 上的张力先增大后减小

C．OM 上的张力逐渐增大　　D．OM 上的张力先增大后减小

题型六：晾衣杆问题

1.适用条件：活结问题

2.如图所示，“活结”两端绳子拉力相等，因结点所受水平分力相等，$F_T\sin\theta_1=F_T\sin\theta_2$，故$\theta_1=\theta_2=\theta_3$，

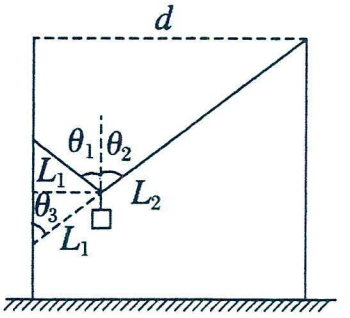
根据几何关系可知，$\sin\theta=\frac{d}{L_1+L_2}=\frac{d}{L}$，$\cos\theta=\frac{\sqrt{L^2-d^2}}{L}$。

竖直方向，$2\cdot F_T\cdot\cos\theta=mg$，$F_T=\frac{mg}{2\cos\theta}=\frac{mgL}{2\sqrt{L^2-d^2}}$。

若两杆间距离 d 不变，上下移动绳子结点，θ不变，F_T 不变；

若两杆距离 d 减小，θ减小，F_T 也减小；

若两杆距离 d 增大，θ增大，F_T 也增大；。

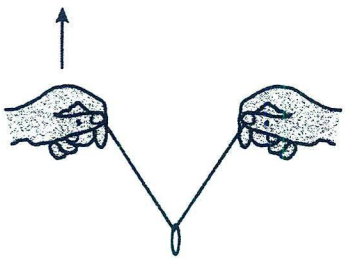


【精选例题】

【例 1】如图所示，某同学用一根细线穿过光滑圆环，左右两手握住细线保持静止。现保持右手位置不变，将左手缓慢竖直向上移动，在左手向上移动过程中（圆环没有到达右手），细线上的张力（　　）

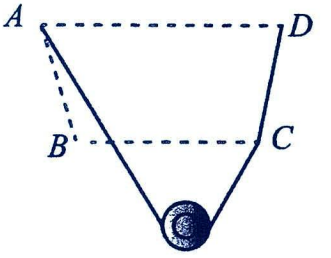
A．变大　　B．变小

C．不变　　D．可能先变小后变大



【例 2】(多选题)“抖空竹”是中国传统的体育活动之一。现将抖空竹中的过程简化成如图所示模型：不可伸长的轻绳系于两根轻杆的端点位置，左、右手分别握住两根轻杆的另一端，一定质量的空竹架在轻绳上，左手抬高的同时右手放低，使绳的两个端点沿竖直面内等腰梯形的两个腰（梯形的上下底水平）匀速移动，即两端点分别自 A、C 两点，沿 AB、CD 以同样大小的速度匀速移动，忽略摩擦力及空气阻力的影响，则在变化过程中，下列说法正确的是（　）





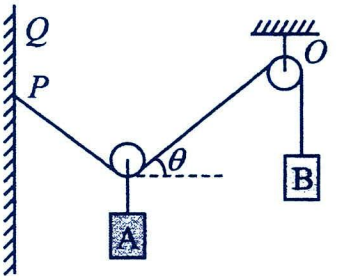
A．左右两绳的夹角不变

B．左右两绳的夹角减少

C．轻绳的张力变大

D．轻绳的张力大小不变

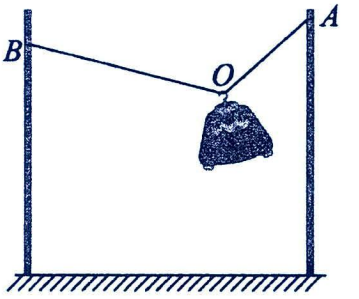
【例 3】如图所示，整个系统处于静止状态，动滑轮与定滑轮之间的轻绳与水平方向的夹角为θ。如果将绳一端的固定点 P 缓慢向上移动到 Q 点，滑轮质量和一切摩擦均不计，整个系统重新平衡后（　　）



A．物块 B 的高度不变，θ不变　　B．物块 B 的高度不变，θ变大

C．物块 B 的高度增大，θ变大　　D．物块 B 的高度增大，θ不变

【例 4】晾晒衣服的绳子两端分别固定在两根竖直杆上的 A、B 两点，A、B 两点等高，无风状态下衣服保持静止。某一时刻衣服受到水平向右的恒定风力而发生滑动，并在新的位置保持静止，如图所示。两杆间的距离为d，绳长为$\frac{5}{3}d$，衣服和衣架的总质量为m，重力加速度为g，不计绳子的质量及绳与衣架挂钩间的摩擦，$\sin 37^\circ = 0.6$。则（　）



A．相比无风时，在有风的情况下$\angle AOB$更小

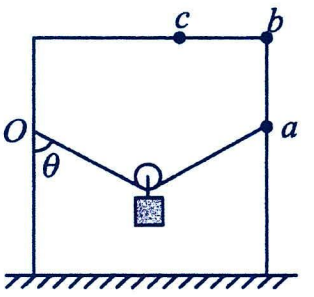
B．无风时，轻绳的拉力大小为$\frac{5}{6}mg$

C．衣服在新的平衡位置时，挂钩左、右两侧绳子的拉力大小不相等

D．相比于无风时，绳子拉力在有风的情况下不变

【变式训练】

1．(多选题)如图所示，轻质不可伸长的晾衣绳左端固定在晾衣架上 O 点，右端系在 a 点，光滑小滑轮悬挂一衣服可在轻绳上滑动。先将轻绳右端沿竖直杆缓慢上移到 b 点，然后再沿水平杆缓慢移至 c 点，整个过程衣服始终没与地面和杆接触，设轻绳张力为 F，滑轮左侧轻绳与竖直方向夹角为θ，则轻绳右端沿杆（　）



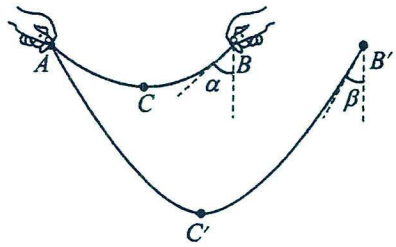
A．由$a \to b$的过程，F 不变，θ不变，衣服的位置不变

B．由$a \to b$的过程，F 不变，θ不变，衣服的位置升高

C．由$b \to c$的过程，F 减小，θ变小，衣服的位置下降

D．由$b \to c$的过程，F 不变，θ不变，衣服的位置升高

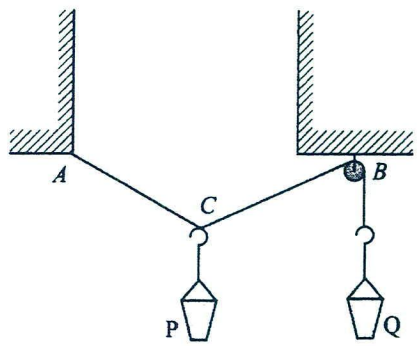
2．拉面是我国独具地方风味的传统面食。如图所示，拉面师傅将一根粗面条 ACB 拉成细面条 $AC'B'$，粗、细面条的质量相等且两者的质量都均匀分布。粗、细面条处于悬停状态时，面条端点 B 和 B' 与竖直方向的夹角分别为 α 和 $\beta\ (\alpha>\beta)$，C 和 C' 为粗、细面条的最低点。关于面条处于悬停状态时各点张力大小的分析，下列说法正确的是（　　）



A．B 点张力大小等于 B' 点张力大小　　B．B 点张力大小小于 B' 点张力大小

C．C 点张力大小等于 C' 点张力大小　　D．C 点张力大小大于 C' 点张力大小

3．如图所示，细绳一端固定在 A 点，跨过与 A 等高的光滑定滑轮 B 后在另一端悬挂一个沙桶 Q，现有另一个沙桶 P 通过光滑挂钩挂在 AB 之间，稳定后挂钩下降至 C 点，∠ACB=120°，下列说法正确的是（　　）



A．沙桶 P 的质量小于沙桶 Q 的质量

B．若将 A 稍微往左边移动一点距离，再次平衡后，沙桶 Q 高度下降

C．若将 A 稍微往上移动一点距离，再次平衡后，沙桶 Q 高度不变

D．若往沙桶 Q 中再加少量沙子，再次平衡后，夹角∠ACB 小于 120°

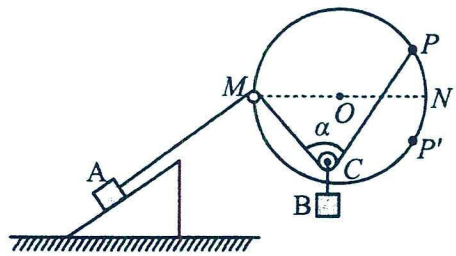
4．如图，一个光滑大圆环竖直固定，其水平直径 MN 左端固定有一光滑小圆环，一轻绳跨过小圆环后左端与物块 A 相连，右端系于大圆环上的 P 点。将物块 A 静止置于粗糙水平面上的粗糙斜面体上，轻绳 MA 段与斜面平行，将悬挂有重物 B 的光滑轻质动滑轮 C 置于轻绳 MP 段上，稳定后，整个系统处于静止状态。现将轻绳右端从 P 点沿大圆环缓慢移至下方关于直径 MN 对称的 P′点，斜面体与物块 A 始终保持静止状态，则在此过程中（　）

A．轻绳 MC 段与 PC 段间的夹角α一定先增大后减小

B．轻绳中的弹力一定先减小后增大

C．物块 A 与斜面体之间的摩擦力一定先减小后增大

D．斜面体与水平面之间的摩擦力一定先增大后减小



考点三：平衡中的临界与极值问题

1.临界问题：处于平衡状态的物体，当某物理量变化时会引起其他几个物理量的变化，从而使物体所处的状态“恰好出现”或“恰好不出现”，在问题的描述中常用“刚好”“恰能”“恰好”等。临界问题常见的种类：①由静止到运动，摩擦力达到最大静摩擦力；②绳子恰好绷紧，拉力 F＝0；③刚好离开接触面，支持力 F_N＝0。

2.极值问题：在力的变化过程中出现的最大值和最小值问题。

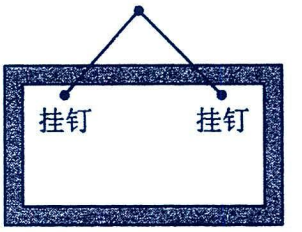
3.解答平衡中的临界极值问题的三种方法

图解法	根据平衡条件，作出力的矢量图，通过对物理过程的分析，利用平行四边形定则进行动态分析，确定最大值和最小值
函数法	通过对问题分析，根据平衡条件列出物理量之间的函数关系（画出函数图像），用数学方法求极值（如求二次函数极值、公式极值、三角函数极值）
极限法	正确进行受力分析和变化过程分析，找到平衡的临界点和极值点；临界条件必须在变化中寻找，不能在一个状态上研究临界问题，要把某个物理量推向极大或极小

题型一：临界问题

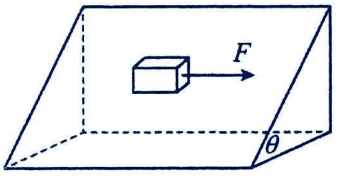
【精选例题】

【例 1】如图，用一根轻质细绳将一重力大小为10 N的相框对称地悬挂在墙壁上，画框上两个挂钉间的距离为0.5 m 。已知绳能承受的最大张力为10 N，为使绳不断裂，绳子的最短长度为（）



A．0.5 m　　B．1.0 m　　C．$\frac{\sqrt{3}}{3}$ m　　D．$\frac{2\sqrt{3}}{3}$ m

【例 2】如图所示，重为 20N 的木块放在倾角为θ=30°的斜面上受到 $F=2\sqrt{2}$N 的水平恒力的作用做匀速直线运动（F 的方向与斜面平行），则木块与斜面的动摩擦因数为（　　）

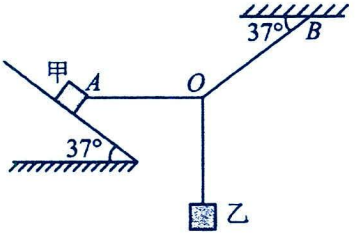


A．0.6　　B．$\frac{\sqrt{2}}{10}$　　C．$\frac{\sqrt{3}}{3}$　　D．无法确定

【例 3】如图所示，质量 M=4kg 物块甲置于倾角为 37°的斜面，物块甲与斜面间动摩擦因数μ=0.5，物块与斜面间最大静摩擦力大小等于滑动摩擦力大小。质量为 m=3kg 的物块乙通过三段轻绳悬挂，三段轻绳的结点为 O，水平轻绳 OA 与物块甲连接于 A 点，轻绳 OB 与水平方向夹角也为 37°。对物块甲施加沿斜面向上的力 F（图中未画出）使甲、乙两物体均静止。已知 sin37°=0.6，cos37°=0.8，重力加速度 g=10m/s²。

求：(1)轻绳 OA 的弹力 T_{OA} 大小和轻绳 OB 的弹力 T_{OB} 大小；

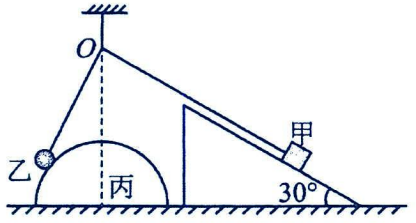
(2)斜面对甲的弹力 N 大小；(3)力 F 大小的取值范围。



【例 4】如图所示，倾角为 30°的斜面体固定在水平面上，一横截面半径为 R 的半圆柱体丙放在水平面上，可视为质点的光滑小球乙质量 $m=1$kg，用轻绳拴接置于半圆柱体上；物块甲用轻绳拴接放在斜面体上且轻绳与斜面平行，拴接小球乙与拴接物块甲的轻绳与竖直的轻绳系于 O 点，且 O 点位于半圆柱体圆心的正上方。已知 O 点到水平面的高度为 2R，拴接小球乙的轻绳长度为 $\sqrt{3}R$，物块甲与斜面间的动摩擦因数 $\mu=\frac{\sqrt{3}}{4}$，整个装置始终处于静止状态。取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$，最大静摩擦力等于滑动摩擦力。求：（结果可用分式、根式表示）

(1)拴接小球乙的轻绳拉力的大小；(2)半圆柱体丙受到水平地面摩擦力的大小；

(3)物块甲质量的取值范围。



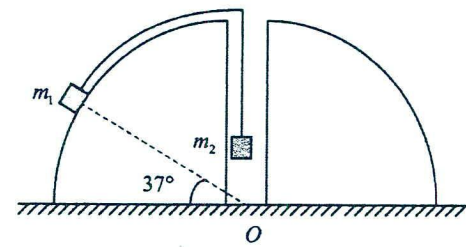
【变式训练】

1．如图所示，P、Q 两本完全相同的物理课本，叠放在足够长的水平桌面上，所有接触面间的动摩擦因数均为μ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，每本物理课本的质量均为 m，重力加速度大小为 g，若用手在 P 的右侧挡住 P（图中未画出），则要将物理课本 Q 从物理课本 P 下方沿水平方向抽出，作用在物理课本 Q 上的水平拉力 F 不小于（　）



A．$2\mu mg$　　B．$3\mu mg$　　C．4μmg　　D．5μmg

2．(多选题)如图所示，将一个半球体置于水平地面上，经过球心有一内径很小的光滑竖井，柔软光滑的轻绳绕过井口，一端连着m_2竖直悬于竖井中，另一端沿着球面与m_1相连，两物m_1体均可看成质点，整个装置处于静止状态。已知此时m_1与半球体的球心 O 的连线与水平方向成θ=37°角$\left(\sin 37°=0.6,\cos 37°=0.8\right)$，$m_1$与半球面的动摩擦因数为 0.5，并假设$m_1$所受到的最大静摩擦力等于滑动摩擦力。



则下列说法正确的是（　　）

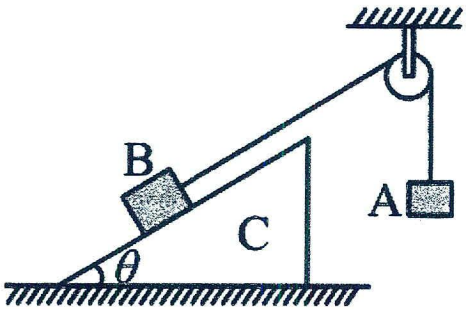
A．$\frac{m_1}{m_2}$的最小值为 $\frac{10}{11}$　　B．$\frac{m_1}{m_2}$的最小值为 $\frac{1}{2}$

C．$\frac{m_1}{m_2}$的最大值为 2　　D．$\frac{m_1}{m_2}$的最大值为 $\frac{11}{10}$

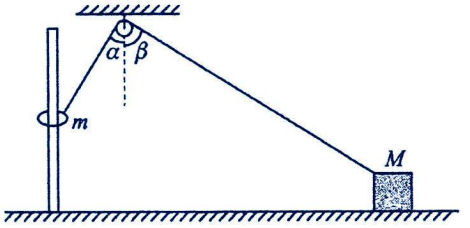
3．如图，倾角为$\theta=30°$的斜面体 C 置于水平面上，质量为 M 的物块 B 置于斜面上，由跨过光滑定滑轮的细绳与质量为 m 的物块 A 相连接，连接 B 的一段细绳与斜面平行，滑轮通过轻杆固定在天花板上，A、B、C 都处于静止状态，忽略滑轮的自重，重力加速度为 g，$\sin 30°=\frac{1}{2}$，$\cos 30°=\frac{\sqrt{3}}{2}$，

求：（1）轻杆对滑轮的作用力多大；（2）地面对斜面体的摩擦力多大；

（3）若$M=5m$，物块 B 与斜面间动摩擦因数为$\frac{\sqrt{3}}{6}$，现给 A 施加一个水平向右的拉力，使 A、B 均处于静止（C 始终保持静止），则加在 A 上的水平拉力应满足什么条件。



4. 如图所示，粗糙水平地面上固定有一竖直光滑杆，杆上套有质量为 m=0.4kg 的圆环，地面上放一质量为 M=2.5kg 的物块，物块与地面间的动摩擦因数为μ=0.5，圆环和物块由绕过光滑定滑轮的轻绳相连，连接圆环和物块的轻绳与竖直方向的夹角分别为α=37°，β=53°。认为物块与地面间的最大静摩擦力等于滑动摩擦力（重力加速度 g=10N/kg，取 sin37°=0.6、sin53°=0.8），求：（1）物块对地面的压力大小；（2）地面对物块的摩擦力；（3）若其他条件不变，仅 M 大小可调，为保持系统的平衡，求 M 的最小值。



题型二："tanα"模型

【精选例题】

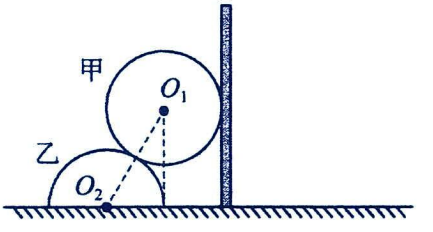
【例】1．安庆一中高三年级小李同学为探究不同材料间的摩擦力，选定身边的篮球和常见的沙子做实验。如图所示，李同学将篮球固定在沙坑中，然后将细沙从篮球球心正上方的 A 点缓慢释放，由于摩擦作用，沙子将在篮球球面上堆积，已知沙粒间的动摩擦因数小于沙粒与篮球间动摩擦因数，且最大静摩擦力等于滑动摩擦力。小李同学经过释放足够多的沙子，沙子在球面堆积的形状可能是下图中的哪一种（　）



A　　B　　C　　D

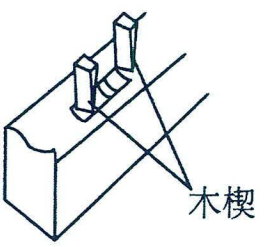
【例】2．如图所示，甲，乙两柱体的截面分别为半径均为 R 的圆和半圆，甲的右侧顶着一块竖直的挡板。若甲和乙的质量相等，柱体的曲面和挡板可视为光滑，开始两圆柱体柱心连线沿竖直方向，将挡板缓慢地向右移动，直到圆柱体甲刚要落至地面为止，整个过程半圆柱乙始终保持静止，那么半圆柱乙与水平面间动摩擦因数的最小值为（　）

A．$\frac{\sqrt{3}}{2}$　　B．$\frac{1}{2}$　　C．$\frac{\sqrt{3}}{4}$　　D．$\frac{\sqrt{2}}{2}$



【例】3．制作木器家具时，工人师傅常在连接处打入木楔，如图所示，假设一个不计重力的木楔两面对称，顶角为α，竖直地被打入木制家具缝隙中。已知接触面的动摩擦因数为μ，且最大静摩擦力等于滑动摩擦力。要使木楔能自锁而不会自动滑动，α与μ应满足（　　）

A．$\mu>\tan\frac{\alpha}{2}$　　B．$\mu>\tan\alpha$　　C．$\mu>\frac{1}{\tan\frac{\alpha}{2}}$　　D．$\mu>\frac{1}{\tan\alpha}$





【变式训练】

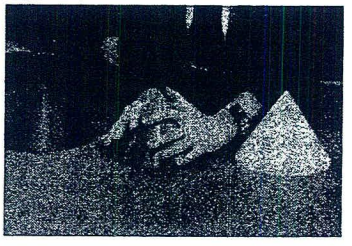
1．小明在观察如图所示的沙子堆积时，发现沙子会自然堆积成圆锥体，且在不断堆积过程中，材料相同的沙子自然堆积成的圆锥体的最大底角都是相同的。小明测出这堆沙子的底部周长为31.4m，利用物理知识测得沙子之间的动摩擦因数为0.5，估算出这堆沙子的体积最接近（圆锥体的体积公式$V=\frac{1}{3}Sh$，其中S是圆锥体的底面积，h是圆锥体的高，π取3.14）（　　）

A．$30m^3$　　B．$60m^3$　　C．$90m^3$　　D．$120m^3$



2．如图是著名科普博主“不刷题的吴姥姥”带领同学们做实验的情景。有顶角不同的圆锥放在桌面上，同学们发现顶角为θ的圆锥，无论多大的力都不能按图示那样拿起，设手与圆锥体间的动摩擦因数为μ，则角度θ与μ满足的关系是（　　）

A．$\tan\theta\geq\mu$　　B．$\tan\frac{\theta}{2}\geq\mu$　　C．$\sin\theta\geq\mu$　　D．$\sin\frac{\theta}{2}\geq\mu$

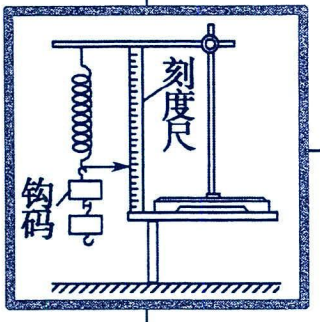


第十二讲：实验专题

考点一：探究弹簧弹力和弹簧形变量的关系

实验目的
- 探究弹力和弹簧伸长量的关系
- 培养学生进行实验研究的科学方法

实验原理
- 弹簧受到拉力会伸长，平衡时弹簧产生的弹力和外力大小相等；弹簧的伸长量越大，弹力也就越大



实验器材
- 铁架台、弹簧、钩码、刻度尺、坐标纸

实验步骤
- ①安装实验仪器
- ②测量弹簧的伸长量(或总长)及所受的拉力(或所挂钩码的质量)，列表作出记录，要尽可能多测几组数据

数据处理
- ①列表法：
  将测得的 F、x 填入设计好的表格中，可以发现弹力 F 与弹簧伸长量 x 的比值在误差允许范围内是相等的
- ②图象法：
  以弹簧伸长量 x 为横坐标，弹力 F 为纵坐标，描出 F、x 各组数据相应的点，作出的拟合曲线，是一条过坐标原点的直线
- ③函数法：
  弹力 F 与弹簧伸长量 x 满足 $F=kx$ 的关系

注意事项

1. 安装实验装置：要保持刻度尺竖直并靠近弹簧。

2. 不要超过弹性限度：实验中弹簧下端挂的钩码不要太多，以免超过弹簧的弹性限度。

3. 尽量多测几组数据：要使用轻质弹簧，且要尽量多测几组数据。

4. 每次所挂钩码的质量差适当大一些，从而使坐标点的间距尽可能大，以提高图线的准确度。

5. 测弹簧长度时，一定要在弹簧竖直悬挂且处于稳定状态时测量，以减小误差。

6. 描点画线时，所描的点不一定都落在一条直线上，但应注意一定要使各点均匀分布在直线的两侧；

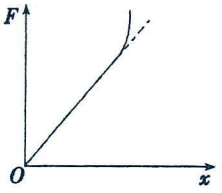
注意：不要画折线。

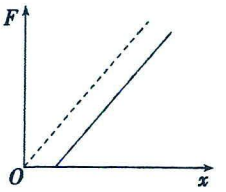
7. 记录实验数据时要注意弹力、弹簧的原长 l_0、总长 l 及弹簧伸长量的对应关系及单位。

误差分析

1．钩码标称值不准确、弹簧长度测量不准确以及画图时描点连线不准确等都会引起实验误差。

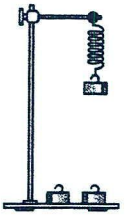
2．悬挂钩码数量过多，导致弹簧的形变量超出了其弹性限度，不再符合胡克定律(F=kx)，故图线发生弯曲。



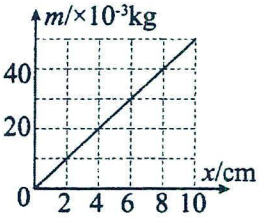


3．水平放置弹簧测量其原长，由于弹簧自身受到重力，将其悬挂起来后会有一定的伸长量，故图像横轴截距不为零。

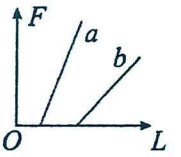
【例 1】如图甲所示，用铁架台、弹簧和多个已知质量且质量相等的钩码，探究“在弹性限度内弹簧弹力与弹簧伸长量的关系”实验。



甲



乙



丙

(1)实验中还需要的测量工具有_____，该实验的公式依据为_____。

(2)如图乙所示，根据实验数据绘图，纵轴是钩码质量m，横轴是弹簧的形变量x。由图像可得结论：在弹簧的弹性限度内，弹簧的弹力与弹簧的伸长量成_____(填“正比”或“反比”)，弹簧的劲度系数$k=$_____N/m（计算结果保留 3 位有效数字，重力加速度g取$10\mathrm{m/s^2}$）。

(3)如图丙，实验中用两根不同的弹簧a和b，作出弹簧弹力F与弹簧长度L的$F-L$图像，下列说法正确的_____。

A．b的原长比a的短　　B．a的劲度系数比b的小

C．a的劲度系数比b的大　　D．弹力与弹簧长度成正比

【例 2】在“探究弹簧弹力与形变量的关系”实验中，某同学进行了如下操作。

A．以弹力为横轴、形变量为纵轴建立直角坐标系，用描点法作出实验图像

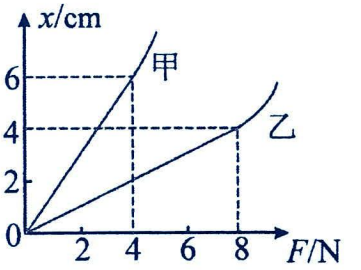
B．记下弹簧不挂钩码时，其下端在刻度尺上的刻度 L_0

C．将铁架台固定于水平桌面上，并将弹簧的上端系于横杆上，在弹簧附近竖直固定刻度尺

D．依次在弹簧下端挂上 1 个、2 个、3 个、4 个、…钩码，当钩码静止时，记下弹簧下端所对应的刻度并记录在表格内

E．写出弹簧弹力与形变量的关系式

F．解释函数表达式中常数的物理意义



(1)请你对以上操作步骤进行正确的排序，用字母排列出来_____。

(2)该同学选了甲、乙两根规格不同的弹簧进行实验，根据测得的数据绘出如图所示的图像，根据图像可知，对于给定的同一弹簧，弹簧的伸长量与弹力的关系是_____（用文字表述），由图计算得到两个弹簧的劲度系数分别为 $k_{甲}$ =_____N/m，$k_{乙}$ =_____N/m。（结果均保留 3 位有效数字）

(3)该同学还想进一步探究材料相同、匝间距相同的弹簧劲度系数和什么因素有关，为此用几对弹簧进行了实验。实验数据记录如下：

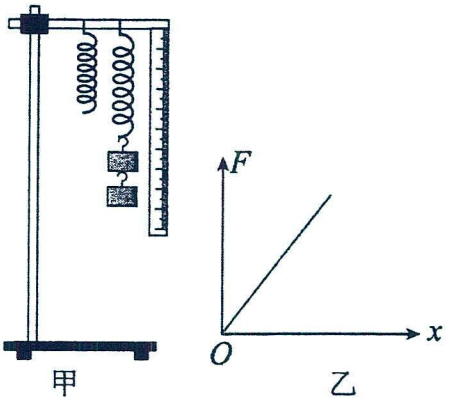
		弹簧原长/（mm）	弹簧直径/（mm）	弹簧丝的直径	劲度系数 k/（N/m）
第 1 对	弹簧 1	27.0	14.5	与1′相同	4.25
	弹簧1′	27.0	14.5	与 1 相同	4.24
第 2 对	弹簧 2	27.0	14.5	与2′相同	4.21
	弹簧2′	54.0	14.5	与 2 相同	2.10
第 3 对	弹簧 3	60.4	15.8	与3′相同	48.8
	弹簧3′	60.4	17.9	与 3 相同	32.6
第 4 对	弹簧 4	98.5	8.8	0.5mm	1.96
	弹簧4′	98.5	8.8	0.70mm	3.07

本实验的变量比较多，针对多变量问题，本实验采取的方法是_____。

依据表中实验数据得到对于材料相同、匝间距相同的弹簧，影响其劲度系数的因素一般有_____；弹簧的劲度系数与上表中各因素的大致定性关系是_____。

(4)根据表中实验数据可知，如果将 n 根劲度系数均为 k 的相同弹簧串联后的等效劲度系数 k_n =_____。

【例 3】唐同学和李同学一起用实验探究胡克定律，他们把弹簧上端固定在铁架台的横杆上，弹簧的右侧固定一刻度尺，如图甲所示。在弹簧下端悬挂不同质量的钩码，记录弹簧弹力 F 和相关数据。



(1)唐同学根据实验数据，绘制的弹力 F 与 x 的关系图像如图乙所示，图中 x 表示_____。

A．弹簧的形变量

B．弹簧形变量的变化量

C．弹簧处于水平状态下的自然长度

D．弹簧处于竖直状态下的自然长度

(2)李同学使用两条不同的轻质弹簧 a 和 b，根据实验数据绘制 F 与 x 图像（未画出），发现图像中弹簧 a 的斜率小于弹簧 b 的斜率，由此可知弹簧 a 的劲度系数_____（填“于”“等于”或“小于”）弹簧 b 的劲度系数。

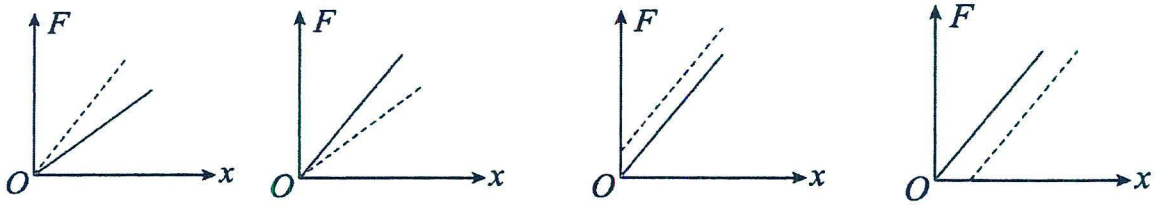
(3)实验过程中发现某类弹簧自身受到的重力相对其弹力非常小；可视为轻质弹簧，若把类弹簧在铁架台上竖直悬挂时，弹簧呈现的形态如下图中的_____。

A. 

B. 

C. 

(4)两位同学分别用同一弹簧来做实验，其中唐同学是测出弹簧处于竖直状态且不挂钩码时的弹簧长度作为原长，李同学是测出弹簧自然水平放置时的弹簧长度作为原长。两位同学完成实验后，得到如下 $F-x$ 图像；其中实线是唐同学的，虚线是李同学的，则下列图像正确的是_____。

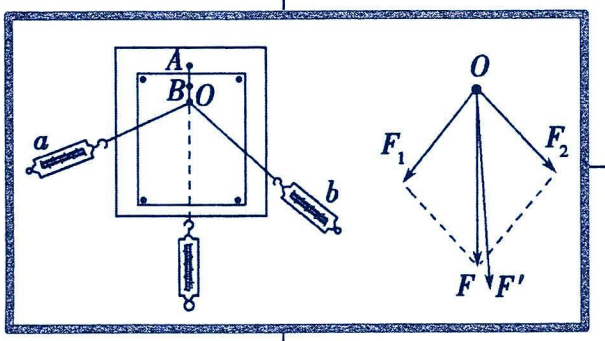


A　　B　　C　　D

考点二：验证力的平行四边形法则

实验目的：验证力的合成的平行四边形定则；理解等效替代思维方法在物理学中的应用

实验原理：互成角度的两个力与一个力产生相同的效果，看它们用平行四边形定则求出的合力与这一个力是否在实验误差允许范围内相等



实验器材：木板、白纸、图钉、橡皮条、细绳、弹簧测力计两个、三角板、刻度尺

实验步骤：

①用图钉把一张白纸钉在水平桌面上的木板上

②用两个弹簧测力计分别钩拉两个细绳套，互成角度地拉橡皮条，使橡皮条伸长，结点到达某一位置O

③用铅笔描下结点O的位置和两条细绳的方向，并记录弹簧测力计的读数，利用刻度尺和三角板根据平行四边形定则求出合力F

④只用一个弹簧测力计，通过细绳套把橡皮条的结点拉到与前面相同的位置O，记下弹簧测力计的读数F'和细绳的方向

⑤比较F'与用平行四边形定则求得的合力F，在实验误差允许的范围内是否相等

一、误差分析

1. 误差来源：除弹簧测力计本身的误差外，还有读数误差、作图误差等。

2. 减小误差的方法

(1)结点 0：①定位 0 点时要力求准确。②同一次实验中橡皮条拉长后的 0 点必须保持不变。

(2)拉力：

①用弹簧测力计测拉力时要使拉力沿弹簧测力计轴线方向。

②应尽量使橡皮条、弹簧测力计和细绳套位于与纸面平行的同一平面内。

③两个分力 F_1、F_2 间的夹角 θ 不要太大或太小，在 60°～100° 为宜。。

(3)作图：①在同一次实验中，选定的比例要相同。②严格按力的图示要求和几何作图法作出平行四边形，求出合力。

二、注意事项

1.同一实验中的两只弹簧测力计的选取方法是：将两只弹簧测力计调零后互钩对拉，读数相同。

2．操作不忘“三”“二”“一”

用两个弹簧测力计拉橡皮条时的“三记录”(记录两弹簧测力计示数[力的大小]、两细绳方向[力的方向]和结点 O 的位置)，用一个弹簧测力计拉橡皮条时的“二记录”(记录弹簧测力计示数和细绳方向)及“一注意”(结点 O 的位置必须在同一位置)等。

3．实验读数时眼睛要正视弹簧测力计的刻度，在合力不超过量程及橡皮条弹性限度的前提下，拉力的数值尽量大些。

4．细绳套应适当长一些，便于确定力的方向。不要直接沿细绳套的方向画直线，应在细绳套末端用铅笔画一个点，移开细绳套后，再将所标点与 O 点连接，即可确定力的方向。

5．在同一次实验中，画力的图示所选定的标度要相同，并且要恰当选取标度，使所作力的图示稍长一些。

6.F 为理论值，不一定沿 AO 方向；F’为实际值，一定沿 AO 方向。

【例 1】某同学利用如图 1 所示的装置来验证力的平行四边形定则：在竖直的铺有白纸的木板上固定两个光滑的滑轮 A 和 B，每个钩码的重量相等，当系统达到平衡时，数出三根绳子分别所挂钩码的个数 N_1、N_2、N_3，回答下列问题：

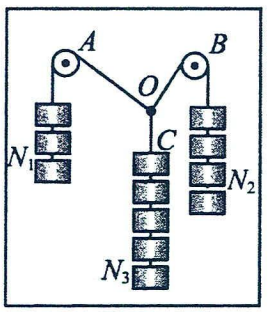
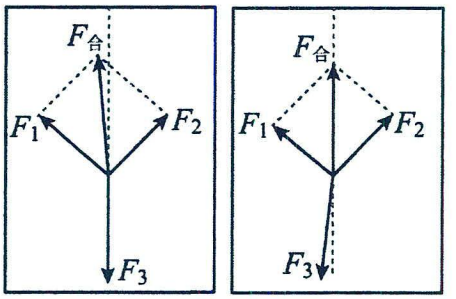


图1



甲　　乙

图2

(1)改变钩码个数，实验能完成的是_____。

A．N_1=3N；N_2=N_3=6N　　B．N_1=N_2=3N；N_3=6N

C．N_1=N_2=N_3=3N　　D．N_1=4N；N_2=5N；N_3=6N

(2)在拆下钩码和绳子前，需要进行的实验步骤有_____。

A．用天平测出钩码的质量

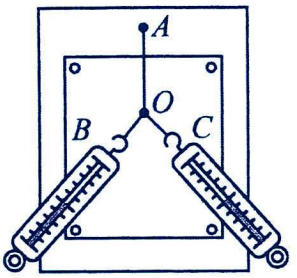
B．标记结点 O 的位置，并记录 OA、OB、OC 三段绳子的方向

C．用量角器量出三段绳子两两之间的夹角

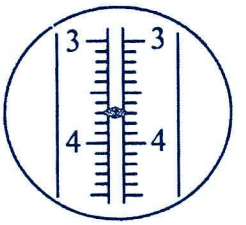
D．量出 OA、OB、OC 三段绳子的长度

(3)在处理数据作图时，你认为图 2 中是正确的_____。（填“甲”或“乙”）

【例 2】某同学用如图甲所示装置验证力的平行四边形法则。



甲

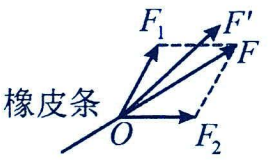


单位:N

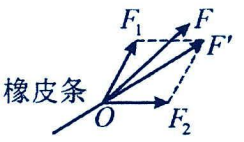
乙

(1)实验时，先用两个弹簧测力计把橡皮条 AO 拉长，记下结点的位置 O 和_____及两细绳的方向，然后用一个弹簧测力计拉橡皮条，将橡皮条的结点拉到_____，记下弹簧测力计拉力的大小、方向，实验中，一个弹簧测力计的示数如图乙所示，则该弹簧测力计的拉力大小为_____N。

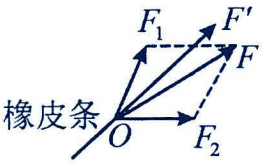
(2)通过作图对实验结果处理：F_1、F_2表示两个测力计互成角度的拉力，F 表示平行四边形做出的F_1与F_2的合力；F'表示用一个弹簧测力计拉橡皮条时的力，则下图中符合实验事实的是_____。



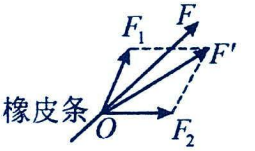
A



B



C



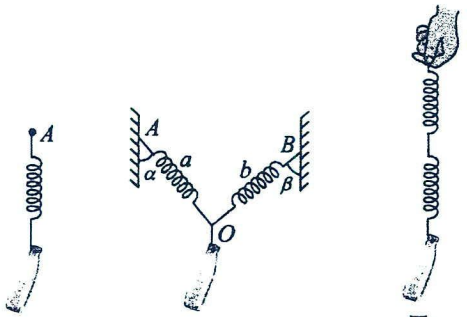
D

(3)某次实验时，用两个弹簧测力计拉橡皮条，结点到 O 点时，两个弹簧测力计的示数相同，两个弹簧测力计的拉力夹角小于 90°，现将其中一个弹簧测力计拉力方向不变，转动另一弹簧测力计的拉力方向，使两拉力的夹角减小，保持结点始终在 O 点位置，则转动的弹簧测力计的拉力会_____。

A．变大　　B．变小　　C．可能先变大后变小 D．可能先变小后变大

【例 3】在“探究两个互成角度的力的合成规律”实验时，小明和小红有不同的实验方案。

小明同学用到两根完全相同的轻弹簧和一瓶矿泉水瓶。先将弹簧 a 一端固定在墙上的钉子 A 上，另一端挂矿泉水瓶，如图（a）所示；然后将两弹簧一端分别固定在墙上的钉子 A、B 上，另一端连接于结点 O，在结点 O 挂矿泉水瓶，静止时分别测出 AO、BO 与竖直方向的偏角如图（b）所示。改变钉子 B 的位置，按照上述方法多测几次。



图(a)　　图(b)　　图(c)

(1)在使用弹簧之前，为了测试两个弹簧是否完全相同，则在如图（c）所示的两种方案中可行的是_____（填“甲”或“乙”）。

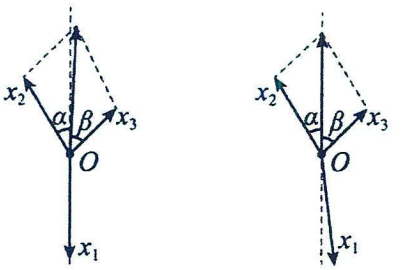
(2)依据上述方案并根据力的平行四边形定则，为画出力的合成图示，下列操作哪个不是必须的_____（选填选项前的字母）。

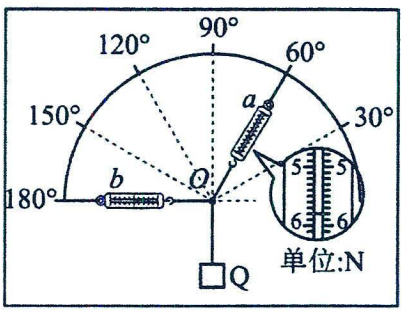
A．实验中标记下结点 O 的位置，并记录三个力的方向　　B．要测量弹簧的原长

C．要测量图（a）、图（b）中弹簧的长度　　D．实验中要使结点 O 的位置始终固定不变

(3)根据实验原理及操作，在作图时，图中_____（选填“丙”或“丁”）是合理的。

小红同学利用如图所示的实验装置来验证“力的平行四边形定则”。一竖直木板上固定白纸，白纸上附有角度刻度线。弹簧测力计 a 和 b 连接细线系于 O 点，其下端用细线挂一重物 Q。分别读出弹簧测力计 a 和 b 的示数，并在白纸上记录 O 点的位置和拉线的方向。





(4)图中弹簧测力计 a 的示数为_____N。

(5)关于实验下列说法正确的是_____。（请填写选项前对应的字母）

A．应测量重物 Q 所受的重力

B．弹簧测力计 a、b 通过细线对 O 点作用力的合力就是重物 Q 的重力

C．连接弹簧测力计 a、b 以及重物 Q 的细线不必等长，但三根细线应与木板平行

D．改变拉力，进行多次实验，每次都要使 O 点静止在同一位置

跟踪练习（五）

一、单选题

1．关于力，下列说法正确的是（　　）

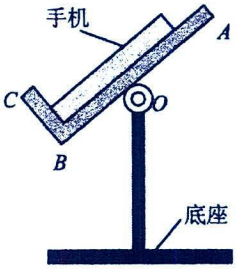
A．物体的重力就是地球对物体的吸引力，它的方向总是垂直向下

B．重力、弹力、摩擦力、动力、阻力都是按力的性质命名的

C．正压力增大，摩擦力可能增大，也可能不变

D．放在桌面上的木块受到桌面对它向上的支持力，这是由于木块发生微小形变而产生的

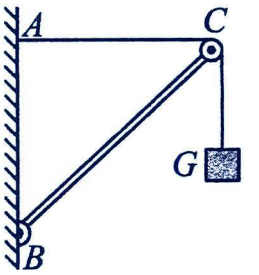
2．如图所示，某款手机支架由“L”形挡板和底座构成，其 AB、BC 部分相互垂直，可绕 O 点的轴在竖直面内自由调节，不计手机与挡板间的摩擦。调整支架，稍微增大 AB 部分的倾角，下列说法正确的是（　　）



A．手机对 AB 部分的压力不变　　B．手机对 BC 部分的压力增大

C．手机对支架的作用力增大　　D．支架对手机的作用力垂直 AB

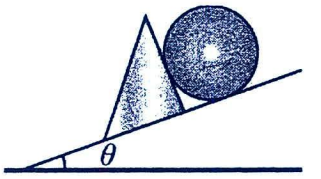
3．如图所示，轻直杆 BC 的一端用铰链固定于竖直墙壁，另一端固定一个轻小滑轮 C，轻细绳下端挂一重物，细绳的 AC 段水平。忽略所有摩擦，若将细绳的端点 A 缓慢向下移动一小段距离，则移动过程中下列说法正确的是（　　）



A．直杆顺时针转动了一些　　B．直杆没有发生转动

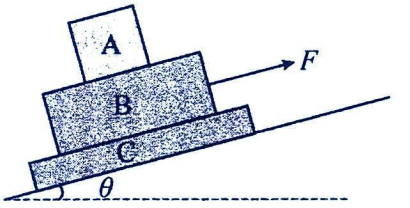
C．直杆逆时针转动了一些　　D．无法确定直杆是否转动

4．如图，长木板倾斜放置，质量均为 m 的直角三角形木块和光滑圆球静止放置在斜面上。木块与木板间的动摩擦因数为 μ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，当木板倾角为 θ 时，三角形木块恰好沿斜面下滑，则（　　）



A．$\tan\theta=\frac{\mu}{2}$　　B．$\tan\theta=\mu$　　C．$\tan\theta=2\mu$　　D．$\tan\theta=\sqrt{2}\mu$

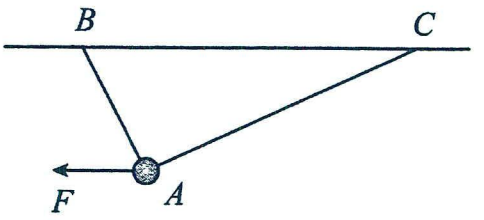
5．如图所示，在倾角为 θ 的斜面上叠放着滑块 A 和木板 B、C，用与斜面平行的力 F 斜向上拉木板 B，三个物体都处于静止状态。A、B 间的摩擦力大小为 F_{f1}，B、C 间的摩擦力大小为 F_{f2}，C 与斜面间的摩擦力大小为 F_{f3}。下列说法正确的是（　　）



A．F_{f1} 可能等于 0　　B．F_{f2} 不可能等于 0

C．F_{f3} 可能等于 0　　D．F_{f2} 和 F_{f3} 可能同时等于 0

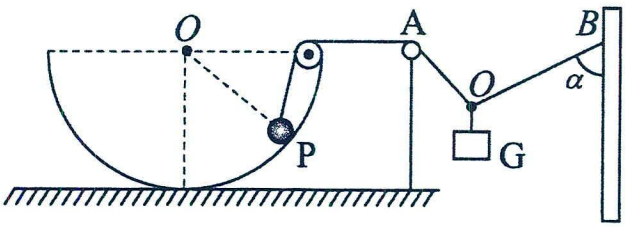
6．如图所示，一根光滑轻绳穿过质量为 m 的小球 A，轻绳的两端分别固定在 B、C 两点，给小球施加一个水平向左的拉力，小球静止时，AB 段轻绳与水平方向的夹角为 53°，AC 段轻绳与水平方向的夹角为 37°。已知重力加速度为 g，$\sin37°=0.6,\cos37°=0.8$，则施加的拉力 F 等于（　　）



A．$\frac{1}{5}mg$　　B．$\frac{1}{6}mg$

C．$\frac{1}{7}mg$　　D．$\frac{1}{8}mg$

7．光滑半圆槽的边缘上固定有一轻质定滑轮，轻绳一端连接小球 P，绕过光滑的定滑轮 A，另一端系在竖直杆上的 B 点。现将另一个重物 G 用光滑轻质挂钩挂在轻绳上 AB 之间的 O 点，已知整个装置处于静止状态，将绳的 B 端向上缓慢移动一小段距离，小球 P 沿半圆槽上移一小段距离后系统重新平衡，有关力的变化情况，下列说法正确的是（　　）



A．绳的张力大小不变

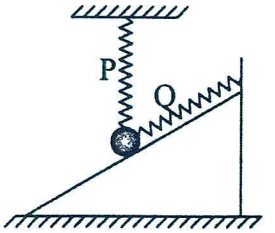
B．绳的张力变大

C．半圆槽对小球 P 的弹力变小

D．半圆槽对小球 P 的弹力变大

二、多选题

8．如图所示，固定斜面上有一光滑小球，有一竖直轻弹簧 P 与一平行斜面的轻弹簧 Q 连接着，小球处于静止状态，则关于小球所受力的个数可能的是（　　）



A．3　　B．4　　C．5　　D．1

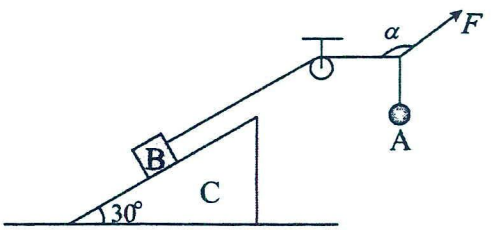
9．如图所示，在物体 A 和 B 之间用一根轻弹簧水平相连，放在粗糙水平面上，物体 A 和 B 静止时弹簧的长度大于原长。用一个从零开始逐渐增大的水平力 F 向右推 A，直到把 A 推动。在 A 被推动之前的过程中，下列说法正确的是（　　）



A．弹簧对 A 的拉力和地面对 A 的摩擦力始终不变　　B．弹簧对 B 的拉力和地面对 B 的摩擦力始终不变

C．弹簧对 A 的拉力减小，地面对 A 的摩擦力减小　　D．弹簧对 A 的拉力不变，地面对 A 的摩擦力增大

10．粗糙水平地面上有一质量为 M、倾角为 30° 的粗糙楔形物体 C，斜面上有一个质量为 2m 的物块 B，B 与一轻绳连接，且绕过一固定在天花板上的定滑轮，另一端水平与一结点连接一个质量为 m 的小球 A，右上方有一拉力 F，初始夹角 $\alpha=135°$，如图所示。现让拉力 F 顺时针缓慢转动 90° 且保持 α 大小不变，转动过程 B、C 始终保持静止。已知 B 与滑轮间的细绳与斜面平行，重力加速度为 g。下列说法正确的是（　　）



A．拉力 F 一直减小

B．B、C 间的摩擦力先增大再减小

C．物体 C 对地面的压力先增大再减小

D．物体 C 对地面的摩擦力的最大值为 $\sqrt{2}mg$

三、实验题

11．某同学做“探究弹簧弹力和弹簧形变量的关系”的实验。

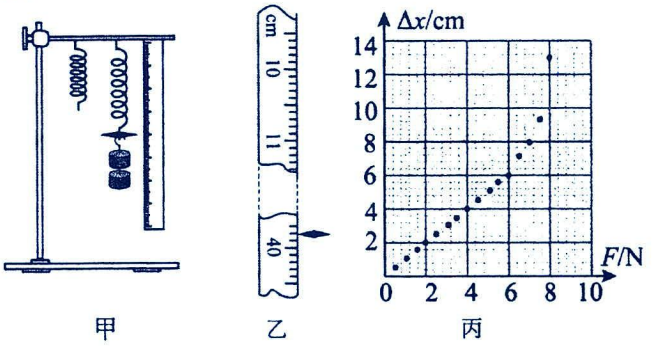
（1）实验装置如图甲，下列操作规范的有_____

A．实验前，必须先把弹簧水平放置测量其原长

B．逐一增挂钩码，记下每增加一只钩码后指针所指的标尺刻度和对应的钩码总重

C．随意增减钩码，记下增减钩码后指针所指的标尺刻度和对应的钩码总重

D．实验结束后，不需要整理并复原实验器材



甲　　乙　　丙

（2）该同学在实验过程中，每次都待弹簧处于静止状态时读出弹簧的长度，某次测量指针指在刻度尺的位置如图乙所示；

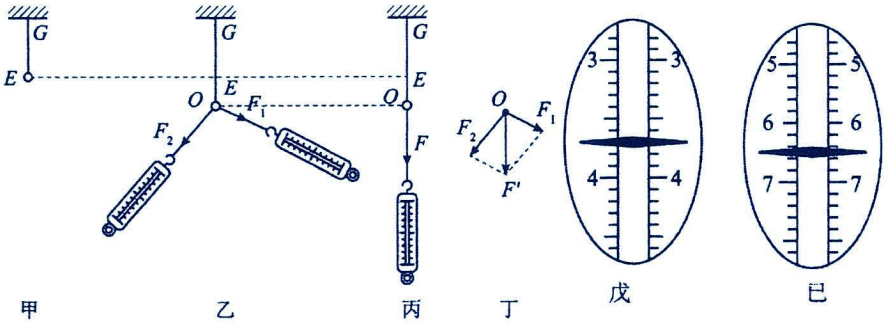
（3）该间学根据记录的数据进行处理，描绘出弹簧的伸长量Δx与弹力F相关的点如图丙所示；

（4）请你根据所学知识用线来拟合这些点，并根据合的线，回答以下问题：

①根据所测得的数据和关系曲线可以判断，弹簧形变长度在0~6cm范围内弹力大小与弹簧伸长关系满足胡克定律，这种规格弹簧的劲度系数$k=$_____N/m；（结果保留3位有效数字）

②图线中后半部分明显偏离直线，你认为造成这种现象的主要原因是_____。

12．某实验小组探究“两个互成角度的力的合成规律”，操作如下：



甲　　乙　　丙　　丁　　戊　　已

(1)首先进行如下操作：

①如图甲，两细绳套检在橡皮条的一端，另一端固定在水平木板，橡皮条的原长为GE；

②如图乙，用手通过两个弹簧测力计拉橡皮条。橡皮条和细绳套的连接点在拉力F_1、F_2的共同作用下，位于O点，橡皮条伸长EO；

③撤去F_1、F_2，改用一个力F单独拉住其中一根细绳套，仍使其位于O点，如图丙。

同学们发现，力F单独作用与F_1、F_2共同作用的效果是一样的，所以F等于F_1、F_2的合力。本实验采用的科学方法是_____。

A．理想实验法　　B．等效替代法　　C．控制变量法　　D．建立物理模型法

(2)然后实验小组探究了合力F与分力F_1、F_2的关系

④由纸上O点出发，用力的图示法画出拉力F_1、F_2和F（三个力的方向沿各自细绳的方向，三个力大小由弹簧测力计读出）；

步骤④中，某个弹簧测力计指针位置如图戊所示，其读数为_____N，另一实验小组所用弹簧测力计在某次实验中指针位置如图己所示，其读数为_____N；

⑤用虚线将拉力 F 的箭头端分别与 F_1、F_2的箭头端连接，如图丁，此图形应该是_____；

⑥多次改变拉力 F_1、F_2的大小和方向，重做上述实验，通过画各力的图示，进一步检验所围成的图形。

(3)若 F' 是以 F_1、F_2为邻边构成的平行四边形的对角线，一定沿 GO 方向的是_____（填“F”或者“F'”）。

(4)若在图乙中，F_1、F_2夹角大于 90°，现保持 O 点位置不变，拉力 F_2方向不变，增大 F_1与 F_2的夹角，将 F_1缓慢转至水平方向的过程中，两弹簧秤示数大小变化为_____。

A. F_1一直增大，F_2一直增大　　B. F_1先减小后增大，F_2一直增大

C. F_1一直增大，F_2一直减小　　D. F_1一直增大，F_2先减小后增大

(5)以下说法正确的是（　　）

A. 两根细绳必须等长　　B. 橡皮条应与两绳夹角的平分线在同一直线上

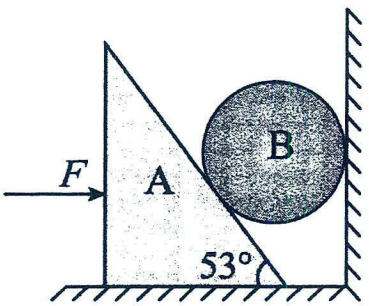
C. 用两个弹簧秤同时拉细绳时，两个弹簧秤的读数要相等　　D. 使用弹簧秤时，弹簧秤要与木板平面平行

四、解答题

13. 如图所示，倾角为 53°、质量为 M = 5kg 的斜面体 A 置于水平面上，在斜面体和竖直墙面之间放置一质量为 m = 3kg 的光滑球 B，斜面体受到水平向右的推力 F，系统始终处于静止状态。已知斜面体与水平面间的动摩擦因数 μ = 0.2，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，$\sin53°=0.8$，$\cos53°=0.6$，重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$。求：

(1)球 B 受到斜面体弹力 N_2的大小和受到墙面弹力 N_3的大小；

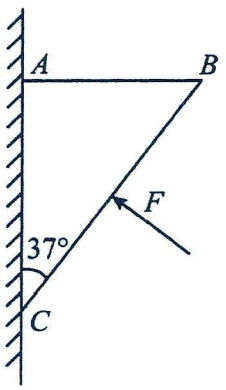
(2)为使系统始终处于静止状态，水平向右的推力 F 的取值范围。



14. 如图所示，质量为 4kg 的斜劈 ABC 与竖直墙面间的动摩擦因数 $\mu=0.5$，外力 F 方向垂直于斜劈面，斜劈倾角 37°，若最大静摩擦力等于滑动摩擦力，（g 取 10m/s^2，$\sin37°=0.6,\cos37°=0.8$）求：

(1)当 $F=50\text{N}$ 时，斜劈受到摩擦力的大小；

(2)若要斜劈沿墙面在竖直方向上分别向下、向上匀速滑动，外力 F 的大小分别为多少？

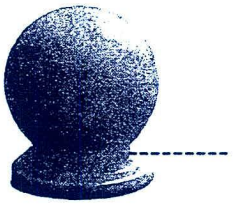


15．如图所示，学校门口水平地面上有一质量$m=33\text{kg}$的石墩，两工作人员一人拉轻绳一端按图示方式拉石墩，两轻绳间的夹角为74°，其角平分线与水平面间的夹角为$\theta=37°$，石墩与地面间的动摩擦因数为0.5，重力加速度g取10m/s^2，不计轻绳与石墩间的摩擦，$\sin 37°=0.6$，$\cos 37°=0.8$，求：

(1)若每根绳上的拉力为50N，石墩对地面的压力多大；

(2)若石墩匀速移动，每根轻绳上的拉力多大；

(3)若改变两绳间的夹角、改变两绳角平分线与水平面间的夹角，求使石墩匀速运动时绳上的最小拉力。



第十三讲：牛顿运动定律

考点一：牛顿第一运动定律

一、牛顿第一定律

1．内容：一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态，除非作用在它上面的力迫使它改变这种状态。

2．理想实验：它是在经验事实基础上采用科学的抽象思维来展开的实验，是人们在思想上塑造的理想过程。牛顿第一定律是通过理想斜面实验得出的，它不能由实际的实验来验证。

3．物理意义

(1)揭示了物体在不受外力或所受合外力为零时的运动规律。

(2)提出了一切物体都具有惯性，即物体维持其原有运动状态的特性。

(3)揭示了力与运动的关系，说明力**不是维持**物体运动状态的原因，而是改变物体运动状态的原因。

强调：运动状态的改变指速度的改变，速度改变则必有加速度，故力是物体产生加速度的原因。

二、惯性

1.定义：物体保持原来匀速直线运动状态或静止状态的性质叫作惯性。

2.质量是物体惯性大小的唯一量度。物体质量越大，惯性越大；物体质量越小，惯性越小。

3.普遍性：惯性是物体的固有属性，一切物体都具有惯性，与物体的运动情况和受力情况无关。

4.顽固性：物体的惯性总是以“保持原状”、“反抗改变”两种形式表现出来。

5.惯性的表现形式

(1)物体不受外力或所受的合外力为零时，惯性表现为物体保持匀速直线运动状态或静止状态。

(2)物体受到外力且合外力不为零时，惯性表现为物体运动状态改变的难易程度．惯性越大，物体的运动状态越难改变。

题型一：理想实验

【精选例题】

【例 1】如图所示，图 1、图 2 分别为物理教材上伽利略的斜面实验图和理想实验设计图，关于这两幅图说法正确的是（ ）

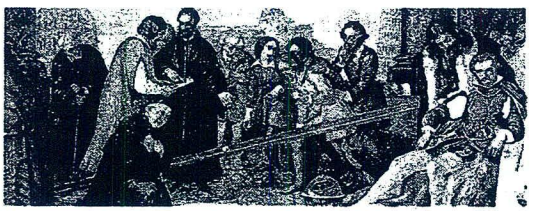


图1 伽利略的斜面实验（油画）

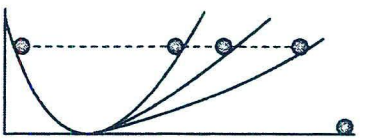


图2 伽利略的理想实验设计

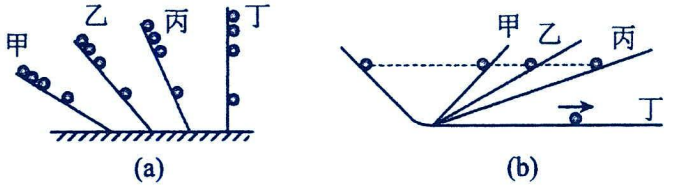
A．伽利略利用图 1 斜面实验证明了力不是维持物体运动状态的原因

B．伽利略利用图 1 斜面实验证明了自由落体是匀加速直线运动

C．伽利略利用图 2 理想实验设计推导出牛顿第一定律

D．伽利略利用图 2 理想实验设计证明了力是维持物体运动状态的原因

【例 2】伽利略对“自由落体运动”和“运动和力的关系”的研究，开创了科学实验和逻辑推理和谐结合的重要科学研究方法。图 a、图 b 分别表示这两项研究中实验和逻辑推理的过程，下列相关说法正确的是（　）



A．图 a 通过对自由落体运动的研究，合理外推得出小球的运动不需要力来维持

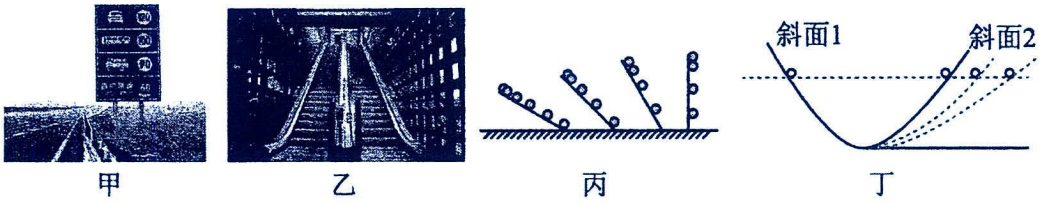
B．图 a 中在倾角较小的斜面上进行实验，可“冲淡”重力，使时间测量更容易

C．图 b 中斜面倾角减小到零时，小球一定会一直运动下去

D．图 b 的实验为“理想斜面实验”，通过逻辑推理得出物体的运动需要力来维持

【变式训练】

1．关于下列四幅图的叙述正确的是（　　）



A．图甲中，公路上对各类汽车都有限速，是因为汽车速度越大惯性越大

B．图乙中，顾客乘有台阶的自动扶梯经过先加速再匀速的两个阶段始终受摩擦力的作用

C．图丙中，伽利略通过“斜面实验”来研究落体运动规律，是为了“冲淡”重力，便于测量运动时间

D．图丁中，伽利略利用“斜面实验”装置，结合逻辑推理，来验证力是维持物体运动的原因

题型二：概念辨析

【精选例题】

【例 1】（多选题）关于牛顿第一定律，下列说法中正确的是（　　）

A．物体的运动状态改变时，一定受到了外力的作用

B．作用在物体上的力消失后，物体保持静止状态或匀速直线运动状态

C．牛顿第一定律是在伽利略“理想实验”的基础上总结出来的

D．牛顿第一定律表明，物体只有在静止或做匀速直线运动时才具有惯性

【例 2】在东汉王充所著的《论衡•状留篇》中提到“是故湍濑之流，沙石转而大石不移。何者？大石重而沙石轻也。”从物理学的角度对文中所描述现象的解释，下列说法正确的是（　）

A．水冲沙石，沙石才能运动，因为力是产生运动的原因

B．“沙石转而大石不移”是因为物体运动状态改变的难易程度与质量有关

C．只有在水的持续冲力作用下沙石才能一直运动，是因为运动需要力来维持

D．“大石不移”是因为大石受到的阻力大于水的冲力

【变式训练】

1．（多选题）关于运动状态与所受外力的关系，下列说法正确的是（　　）

A．物体受到恒定的力作用时，它的运动状态不发生改变

B．物体受到不为零的合力作用时，它的运动状态要发生改变

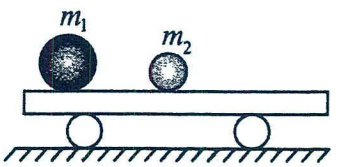
C．物体受到的合力为零时，它可能处于静止状态

D．物体的运动方向与它所受的合力的方向可能相同

题型三：惯性

【精选例题】

【例 1】如图所示，在一辆表面光滑且足够长的小车上，有质量为 m_1 和 m_2 的两个小球（$m_1>m_2$），两个小球随车一起运动，当车突然停止运动时，若不考虑其他阻力，则两个小球（　　）



A．一定相碰　　B．不一定相碰

C．一定不相碰　　D．无法确定

【例 2】下列关于惯性的说法正确的是（　　）

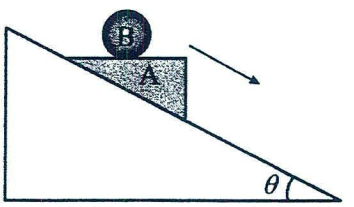
A．高速行驶的汽车紧急刹车时，乘客向前倾倒，说明乘客具有惯性

B．把手中的球由静止释放，球竖直下落，说明球没有惯性

C．运动员投掷标枪时，用力越大，标枪飞行越远，说明力越大则惯性越大

D．短跑比赛，运动员通过终点后很难停下来，说明速度越大则惯性越大

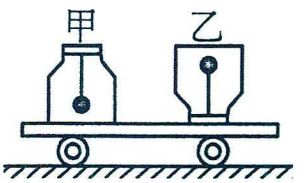
【例 3】如图所示，一个劈形物体 A，各面均光滑，放在固定的斜面上，上表面呈水平，在水平面上放一个小球 B，劈形物体从静止开始释放，则小球在碰到斜面前的运动轨迹是（　　）

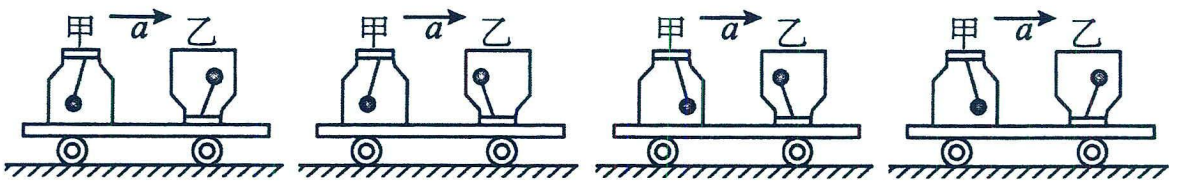


A．沿斜面向下的直线　　B．竖直向下的直线

C．可能为图中箭头所示的直线　　D．为一曲线

【例 4】甲瓶子盛满水，在密封塞上用细绳悬挂一个铁球，乙瓶子盛满水，在密封塞上用等长细绳悬挂与小铁球体积相同的小泡沫塑料球，且将乙瓶子倒置，如图所示，甲、乙两个瓶子均固定在小车上。当小车突然向前运动时，则两球的存在状态为（　　）

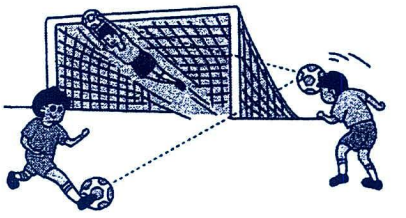




A　　B　　C　　D

【变式训练】

1．足球是青少年喜爱的一项体育运动。如图所示是一次精彩的传球、头球攻门、进球的过程（虚线代表足球的飞行路径），下列说法正确的是（　　）



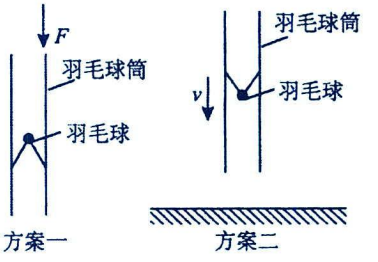
A．传球过程中，足球受到平衡力的作用

B．运动员用力蹬地，身体却向上跃起，说明力的作用是相互的

C．足球在空中能够继续飞行，是因为受到惯性力的作用

D．运动员用头顶球时，力只改变了球的运动状态

2．打羽毛球是日常生活中常见的一种休闲运动，在购买羽毛球时，有时我们会直接购买一筒羽毛球，取羽毛球时会出现羽毛球卡在球筒里的现象，要将卡在球筒里的羽毛球取出，可以选择不同的方案。方案一：一手握在球筒中部，另一手用力击打球筒上端。方案二：手持球筒，使球筒下落，敲击水平面。假设方案二中球筒与水平面碰后速度立即变为0。关于这两种方案，下列说法正确的是（　）



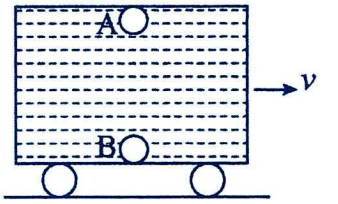
A．方案一利用羽毛球的惯性，使其从球筒上端出来

B．方案一利用球筒的惯性，使羽毛球从球筒下端出来

C．方案二利用羽毛球所受的重力，使其从球筒下端出来

D．方案二中球筒敲击水平面后速度变为0，其惯性随之消失

3．如图所示，匀速向右运动的水罐车内装满了水，车内有一浮在顶部的乒乓球A、一沉底的金属球B。当水罐车刹车时，两小球相对容器的运动情况是（　）



A．A、B球一起向右运动　　B．A球向左运动，B球向右运动

C．A球向右运动，B球向左运动　　D．A、B球一起向左运动

考点二：牛顿第二运动定律

1．牛顿第二定律

(1)内容：物体加速度的大小跟它受到的作用力成正比，跟它的质量成反比，加速度的方向跟作用力的方向相同。

(2)表达式：F＝kma，其中k是比例系数。在质量的单位取千克(kg)，加速度的单位取米每二次方秒(m/s²)，力的单位取牛顿(N)时，F＝ma。

（3）对牛顿第二定律的理解

六性	矢量性	a与F方向相同
	瞬时性	a与F对应同一时刻
	因果性	F是产生a的原因
	独立性	每一个力都可以产生各自的加速度
	同一性	a、F、m对应的是同一物体
		a、F、m统一使用国际单位制单位
	局限性	适用于宏观、低速运动的物体，不适用于微观、高速运动的粒子
		物体的加速度必须是相对惯性系（相对于地面静止或者匀速直线运动的参考系）而言的

2.力和运动之间的关系

(1)不管速度是大是小，或是零，只要合力不为零，物体就有加速度.

(2) $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$是加速度的定义式，a 与Δv、Δt 无必然联系；

$a=\frac{F}{m}$是加速度的决定式，$a\propto F$，$a\propto\frac{1}{m}$。

(3)合力与速度同向时，物体做加速直线运动；合力与速度反向时，物体做减速直线运动.

3.牛顿第三定律：F＝－F′。（祥见第十讲：考点三）

题型一：概念辨析

【精选例题】

【例 1】关于牛顿第二定律，下列说法中正确的是（　　）

A．物体加速度的大小由物体的质量和所受合力大小决定，与物体的速度大小无关

B．物体的加速度的方向不仅与它所受合力的方向有关，且与速度方向有关

C．物体的加速度方向与速度方向总是相同的

D．一旦物体所受合力为零则物体的加速度和速度立即变为零

【例 2】下列对牛顿第二定律的理解错误的是（　　）

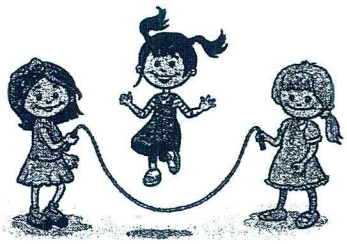
A．在 F=kma 中，k 的数值由 F、m、a 的单位决定

B．牛顿第二定律说明当物体有加速度时，物体才受到外力的作用

C．加速度的方向总跟合外力的方向一致

D．当合外力为零时，加速度为零

【例 3】（多选题）跳绳运动是众人在一根环摆的绳中做各种跳跃动作的运动游戏。如图，运动员在跳绳的过程中，下列说法中正确的是（　　）



A．运动员受到地面的支持力等于她对地面的压力

B．运动员下蹲时，她对地面的压力先小于她的重力，后大于她的重力

C．运动员向上运动的原因是运动员受到地面的支持力大于运动员给地面的压力

D．运动员离开地面向上运动的过程中受到向上的冲力作用

【变式训练】

1．牛顿是出生在 17 世纪英国伟大的科学家，而牛顿三大定律更是人类探索自然奥秘的重大发现。关于牛顿三大定律，下列说法中正确的是（　）

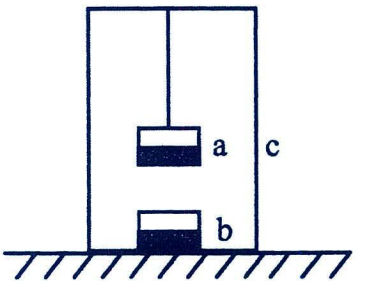
A．牛顿第一定律是在大量实验事实的基础上通过推理而概括出来的结论

B．当物体受到的合外力为零时，据牛顿第二定律可知物体的加速度为零，物体将处于静止或匀速直线运动状态，所以牛顿第一定律是牛顿第二定律在物体所受合力为零时的特【例】

C．甲乙两队进行拔河比赛，甲队获胜，其力学上的根本原因是甲队拉绳的力比乙队拉绳的力大

D．任何情况下，速度的方向总与合外力方向相同

2．如图，方形木箱 c 静置在水平地面上，木箱底端固定磁铁 b，在木箱顶端用轻绳拴着磁铁 a，磁铁 a 的下端与 b 的上端极性相反，开始时系统保持静止状态，下列说法正确的是（ ）



A．磁铁 a 受到的重力和绳子拉力是一对平衡力

B．轻绳对 a 拉力和轻绳对 c 的拉力是一对相互作用力

C．若磁铁磁性足够强，木箱 c 可以离开地面

D．若将轻绳剪断，则剪断轻绳的瞬间地面对 c 的支持力将变小

考点三：基本单位制

1．单位制：基本单位和导出单位一起组成了单位制．

2．基本单位：基本量的单位．国际单位制中基本量共七个，其中力学有三个，是长度、质量、时间，单位分别是米、千克、秒．

3．导出单位：由基本量根据物理关系推导出来的其他物理量的单位．

4．国际单位制的基本单位

物理量名称	物理量符号	单位名称	单位符号
长度	l	米	m
质量	m	千克(公斤)	kg
时间	t	秒	s
电流	I	安[培]	A
热力学温度	T	开[尔文]	K
物质的量	n，(ν)	摩[尔]	mol
发光强度	I，(I_v)	坎[德拉]	cd

题型一：基本概念

【精选例题】

【例 1】（多选题）在下面的物理量和单位中，叙述正确的是（ ）

①力 ②牛 ③米/秒 ④速度 ⑤长度 ⑥质量 ⑦千克 ⑧时间 ⑨克

A．属于国际单位制中基本单位的是②⑦ B．属于国际单位制中导出单位的是②③⑦

C．属于基本量的是⑤⑥⑧ D．属于国际单位的是②③⑦

【例 2】下列选项与能量的单位一致的是（ ）

A．$kg\cdot m/s$ B．$kg\cdot m^2/s^2$ C．$N\cdot m^2$ D．$N\cdot s$

【变式训练】

1．物理关系式不仅反映了物理量之间的关系，也确定了单位间的关系。初中阶段我们学习了一个物体在力 F 的作用下沿着力的方向移动了一段距离 l，这个力对物体做的功 W=F·l，以及功的单位 J（焦），下列组合单位与 J（焦）相同的是（ ）

A．$kg\cdot\frac{m^2}{s^2}$ B．N·s C．$kg\cdot\frac{m}{s}$ D．$\frac{N}{s}$

题型二：验证表达式准确性

【精选例题】

【例 1】一名同学在课外书上了解到，通有电流强度为 I 的无限长直导线在空间某点产生的磁感应强度大小可表示为 $B=\frac{kI}{r}$，r 是该点到直导线的距离。结合安培力的公式 F=BIL，可知比【例】系数 k 的单位是（　　）。

A. $\frac{\mathrm{kg\cdot m}}{\mathrm{A\cdot s}}$　　B. $\frac{\mathrm{kg\cdot m^2}}{\mathrm{A^2\cdot s^2}}$　　C. $\frac{\mathrm{kg\cdot m}}{\mathrm{A^2\cdot s^2}}$　　D. $\frac{\mathrm{kg\cdot m^2}}{\mathrm{A\cdot s}}$

【变式训练】

1．物理学中有些结论不一定要通过计算才能验证，有时只需通过一定的分析就能判断结论是否正确．根据流体力学知识，喷气式飞机喷出气体的速度 v 与飞机发动机燃烧室内气体的压强 p、气体密度ρ及外界大气压强 p_0 有关，分析判断下列关于喷出气体的速度的倒数 $\frac{1}{v}$ 的表达式正确的是(　　)

A. $\frac{1}{v}=\sqrt{\frac{2\rho}{p+p_0}}$　　B. $\frac{1}{v}=\sqrt{\frac{\rho}{2(p-p_0)}}$　　C. $\frac{1}{v}=\sqrt{\frac{2(p-p_0)}{\rho}}$　　D. $\frac{1}{v}=\sqrt{2\rho(p-p_0)}$

2．雷诺数 Re 是流体力学中表征流体的特征的数之一，它是一个无量纲量（即没有单位的物理量）。已知雷诺数由四个变量决定：流体的流速 v、流体的密度ρ、特征长度 d，黏性系数μ。已知黏性系数μ的单位是 Pa·s，则下列雷诺数的表达式可能正确的是（　）

A. $\mathrm{Re}=\frac{\rho\sqrt{v}}{\mu d}$　　B. $\mathrm{Re}=\frac{\rho v d}{\mu}$　　C. $\mathrm{Re}=\frac{\rho v d^2}{\mu}$　　D. $\mathrm{Re}=\frac{\rho v d}{\mu^3}$

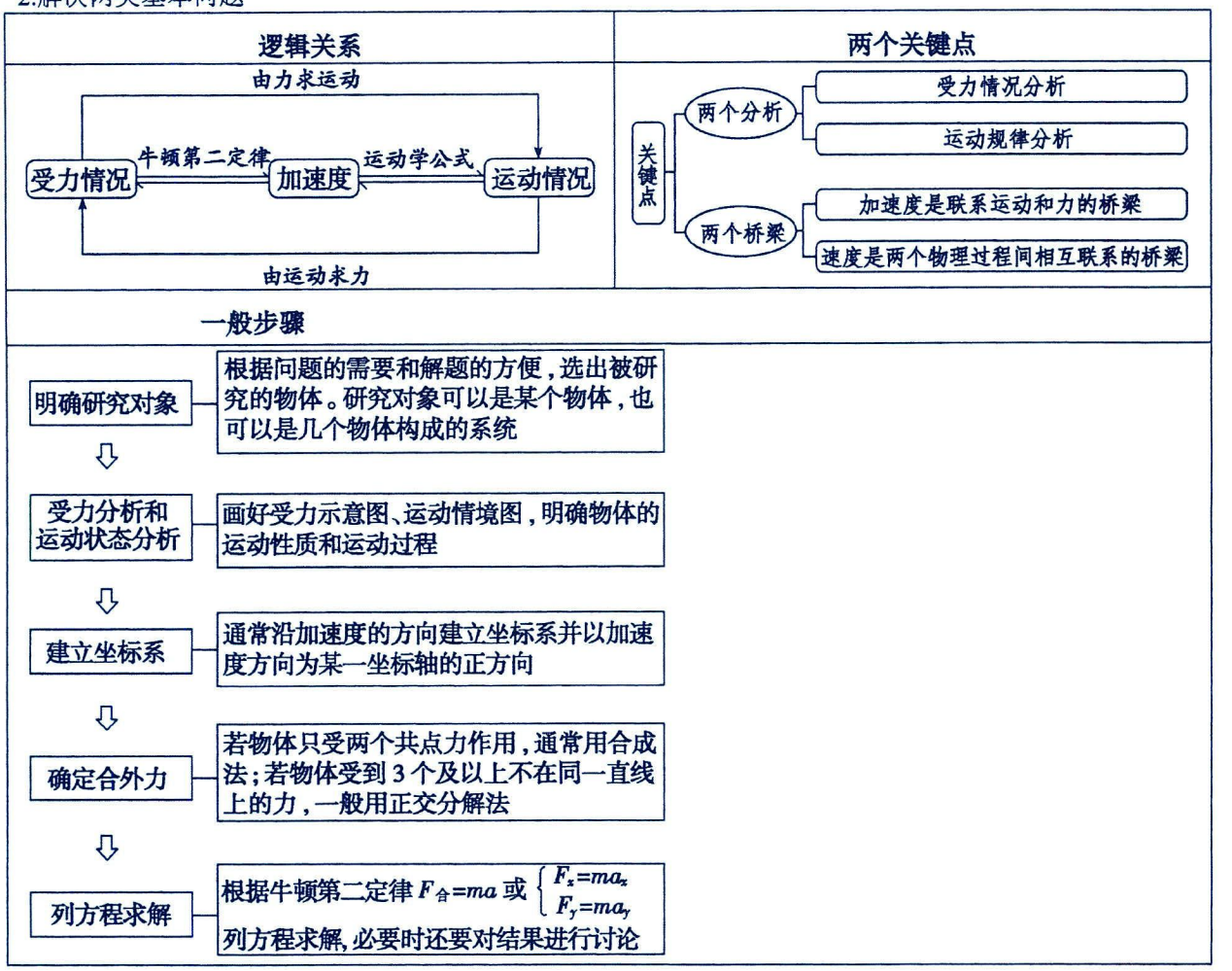
考点四：两类动力学问题

1．动力学的两类基本问题

第一类：已知受力情况求物体的运动情况。

第二类：已知运动情况求物体的受力情况。

2.解决两类基本问题



题型一：已知运动求受力情况

【精选例题】

【例1】质量为m=60kg的解放军战士在参加某次军事演习中进行低空跳伞演练。按训练要求，战士离开悬停的直升机，经过时间t=5s后，恰好进入打开降落伞的安全区域，此时设备显示他的速度大小为v=40m/s。假设战士在进入安全区域前所受阻力恒定，沿竖直方向做初速度为零的匀加速直线运动。在战士做匀加速直线运动过程中，取g=10m/s^2，求：(1)战士加速度的大小a；

(2)战士下降的高度h；

(3)战士所受阻力的大小F_f。

【例 2】某校车的质量（含司机与乘客）为 2000kg，若校车以 v_0=20m/s 的速度行驶，司机发现在前方 50m 远处有人横穿马路，立即采取刹车措施。已知司机的反应时间为 0.75s，刹车的加速度大小 g=10m/s²。求：

（1）司机在反应时间内校车运动位移大小 x；

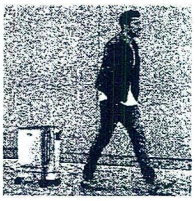
（2）校车在减速过程中速度变为零所需要的时间 t；

（3）校车在减速过程中所受的合外力大小 F。

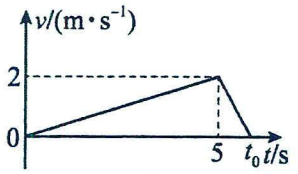
【例 3】人工智能已在生活中得到广泛应用。一游客携带智能行李箱出行，旅客行走时，行李箱无需人的牵引可在地面上跟随游客运动，如图甲所示。某段时间内，行李箱速度 v 随时间 t 的变化图像如图乙所示。已知行李箱的质量 m=20kg，0-t_0 时间内行李箱的总位移 s=6m。求：

(1)行李箱加速阶段的位移大小 s_1 以及减速运动的时间 t_2；

(2)减速阶段行李箱受到的合力大小 F。



甲



乙

【变式训练】

1．如图所示，置于水平地面的物体质量为 m=2kg，在水平恒力 F 的作用下，物体由静止开始加速运动，运动 x_1=16m 位移后速度变为 v_1=8m/s，此时立即撤去 F，物体又经过 t_2=8s 时间停止运动，已知物体与水平地面间的动摩擦因数μ始终不变。求：（g=10m/s²）（1）物体在加速和减速阶段的加速度 a_1 和 a_2 分别是多大？

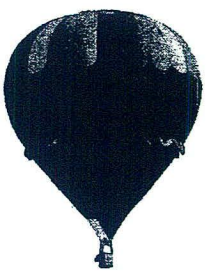
（2）水平恒力 F 的大小。



2．如图所示，总质量为 460kg 的热气球，从地面刚开始竖直上升时的加速度为 0.5m/s²，当热气球上升到 175m 时，以 10m/s 的速度向上匀速运动，同时有一颗质量为 0.01kg 的小铆钉从热气球上脱离掉落，小铆钉脱离时相对热气球静止．若离开地面后热气球所受浮力保持不变，上升过程中热气球总质量不变，重力加速度 g=10m/s²．求：（1）热气球所受浮力大小；

（2）匀速上升时热气球所受的空气阻力；

（3）小铆钉落地时热气球离地的高度．



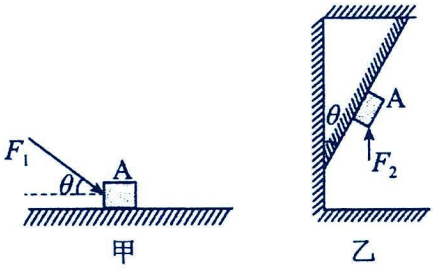
题型二：已知受力求情运动况

【精选例题】

【例 1】如图甲所示，在建筑装修中，工人用质量为 5.0kg 的磨石 A 对地面和斜壁进行打磨，当 A 受到方向斜向右下与水平方向夹角 $\theta=37°$、大小为 $F_1=50N$ 的推力时，A 恰好在水平地面上做匀速直线运动。已知 A 与地面、A 与斜壁间的动摩擦因数 μ 均相同。（g 取 10m/s^2，sin37°=0.6，cos37°=0.8）。

求：(1)求 A 与地面间的动摩擦因数 μ；

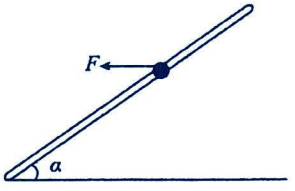
(2)若用 A 对倾角 $\theta=37°$ 的斜壁进行打磨，如图乙所示，当对 A 施加方向竖直向上、大小为 $F_2=70N$ 的推力时，求磨石 A 从静止开始沿斜壁向上运动 4m（斜壁足够长）时的速度大小。



【变式训练】

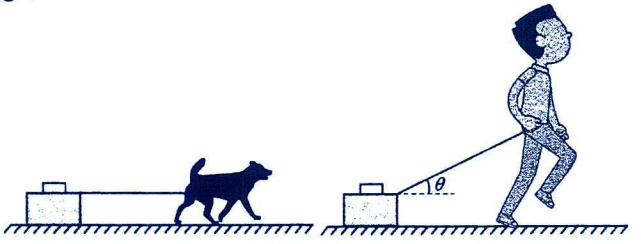
1．如图所示，质量 m=1kg 的小球穿在长 L=1.6m 的斜杆上，斜杆与水平方向成α=37°角，斜杆固定不动,小球与斜杆间的动摩擦因数μ=0.75．小球受水平向左的拉力 F=1N,从斜杆的顶端由静止开始下滑，求（sin37°=0.6，cos37°=0.8，）g=10m/s^2（1）小球运动的加速度大小；

（2）小球运动到斜杆底端时的速度大小



2．如图，一质量 m＝10kg 的箱子，置于水平地面上，当小狗用水平拉力 F_1=20N 拉箱子沿水平地面做匀速直线运动，求：（1）物块与地面间的动摩擦因数 μ；

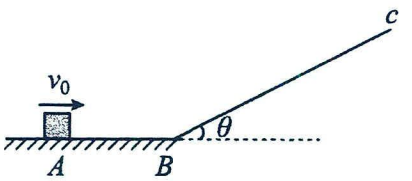
（2）现换成小孩用一与水平方向夹角为 37°斜向上的拉力 F=50N 拉该箱子沿水平地面从静止开始做匀加速直线运动 t=10s 时间，求箱子的加速度；10 秒内的位移和 10 秒末的速度分别多大（已知 sin37°＝0.6，cos37°＝0.8，g 取 10m/s^2）。



题型三：多过程问题

【精选例题】

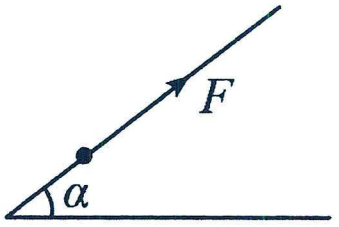
【例 1】如图所示，水平面与倾角为θ=37°的斜面在 B 处平滑连接，斜面足够长，一小物块在距 B 点 6.4m 的 A 由初速度 10m/s 水平向右运动，已知小物块与水平面和斜面的动摩擦因数均为μ=0.5，g=10m/s²，cos37°=0.8，sin37°=0.6.求：(1)小物块能滑上斜面吗？若不能，则写出理由；若能，则求物块在斜面向上滑行的时间；(2)求物块滑行的总距离及物块最后停止的位置。



【例 2】如图所示，质量 m=1kg 的小球穿在无限长的斜杆上，斜杆与水平方向成 37°角，斜杆固定不动，小球与斜杆间的动摩擦因数为μ=0.5；小球在平行于斜杆向上的拉力 F=15N 的作用下，从斜杆的底端由静止向上运动，经 2s 撤去拉力（sin37°=0.6，cos37°=0.8，g=10m/s²）试求：（1）小球在前 2s 内运动的加速度大小；

（2）小球沿斜杆向上运动的总位移；

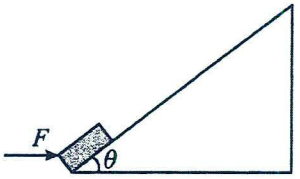
（3）小球运动到斜杆底端时的速度大小。



【例 3】质量为 10kg 的物体在 F=200N 的水平推力作用下，从粗糙斜面的底端由静止开始沿斜面运动，斜面固定不动，与水平地面的夹角θ=37°，力 F 作用 2s 后撤去，物体在斜面上继续上滑了 1.25s 后，速度减为零。（已知 sin37°=0.6，cos37°=0.8，g=10m/s²），求：（1）物体与斜面间的动摩擦因数μ；（2）物体上滑的总路程 x；

（3）此后物体能下滑吗？若能，请求物体回到斜面底端时的速度大小；

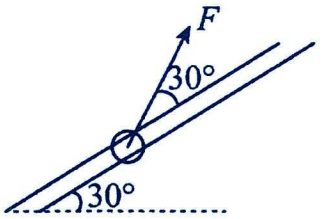
（4）若斜面倾角变为 60°，并改变斜面粗糙程度，物块上滑的同时用水平向右的推力 F 作用在物块上，发现物块匀减速上滑过程中加速度与推力大小无关，求此时加速度大小。



【变式训练】

1．如图所示，质量为 1kg 的小球穿在足够长的固定斜杆上，斜杆与水平方向成30°角，小球与斜杆之间的动摩擦因数 $\mu=\frac{\sqrt{3}}{3}$。现对小球施加一个与斜杆成30°、大小 $F=10\sqrt{3}\text{N}$ 的拉力，小球由静止开始运动，2s 后撤去拉力，取 $g=10\text{m/s}^2$，求：(1)小球刚开始运动时的加速度大小；(2)小球在前 2s 内的位移大小；

(3)撤去力 F 后，小球运动的位移大小。

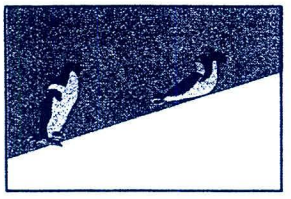


2．可爱的企鹅喜欢在冰面上玩游戏。如图所示，有一企鹅在倾角为 30°的倾斜冰面上，先以加速度 $a=0.5\text{m/s}^2$ 从冰面底部由静止开始沿直线向上“奔跑”，t=4s 时，突然卧倒以肚皮贴着冰面向前滑行，最后退滑到出发点，完成一次游戏（企鹅在滑动过程中姿势保持不变）。若企鹅肚皮与冰面间的动摩擦因数 $\mu=\frac{\sqrt{3}}{6}$，$g=10\text{m/s}^2$.求：

（1）企鹅向上“奔跑”的位移大小及 4s 末的速度大小；

（2）企鹅肚皮贴着冰面向上、向下滑行时，加速度 a_1、a_2 大小和方向；

（3）企鹅退滑到“卧倒”点时的速度大小。



3．质量为 m=1kg 的物块恰好能沿倾角为 $\theta=30°$、长度为 5m 的斜面匀速下滑。（重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$）.求：

（1）求物块和斜面之间的动摩擦因数 μ；

（2）若给物块施加一个水平推力，恰能使它沿此斜面向上匀速运动，则水平推力为多大？

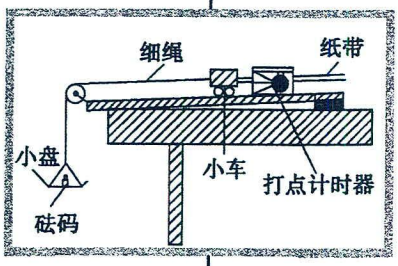
（3）若对物块施加一大小为 $F=10\sqrt{3}\text{N}$ 拉力作用，使它从静止开始沿此斜面向上做匀加速直线运动，试分析拉力 F 与斜面的夹角为多大时才能使物块最快地从斜面低端到达斜面顶端？最短时间是多少？

第十四讲：探究力与加速度的关系

实验目的
- 学会用控制变量法研究物理规律
- 探究加速度与力、质量的关系
- 掌握利用图象处理数据的方法

实验器材：打点计时器、纸带、复写纸、小车、一端附有定滑轮的长木板、小盘、夹子、细绳、低压交流电源、导线、天平、刻度尺、砝码、薄木块

实验原理：采取控制变量法，即先控制一个参量——小车的质量M不变，探究加速度a与力F的关系；再控制小盘和砝码的质量不变，即力不变，探究加速度a与小车质量M的关系



实验步骤
- (1)称量质量：用天平测量小盘的质量m和小车的质量M
- (2)安装器材：按照如图所示装置把实验器材安装好，只是不把悬挂小盘的细绳系在小车上（即不给小车牵引力）
- (3)平衡摩擦力：在长木板的不带定滑轮的一端下面垫上一块薄木块，使小车匀速下滑
- (4)操作：
  - ①小盘通过细绳绕过滑轮系于小车上，先接通电源后放开小车，取下纸带编号码
  - ②保持小车的质量M不变，改变砝码和小盘的质量m，重复步骤①
  - ③保持砝码和小盘的质量m不变，改变小车质量M，重复以上步骤

数据处理
- (1) 计算加速度（用逐差法）
- (2) 作图象找关系（a-F图象、a-$\frac{1}{M}$图象）

实验结论：加速度与合外力成正比，与质量成反比

一．注意事项

1．安装器材时，要调整滑轮的高度，使拴小车的细绳与木板平行。

2.开始实验前首先平衡摩擦力：适当垫高木板不带定滑轮的一端，使小车的重力沿斜面方向的分力正好补偿小车和纸带受到的阻力，在平衡摩擦力时，不要把悬挂槽码的细绳系在小车上，让小车拉着穿过打点计时器的纸带匀速运动；实验过程中不用重复平衡摩擦力。

3.实验必须保证的条件：m≫m′；只有小车的质量远大于槽码的质量时，槽码受到的重力才可视为小车受到的拉力。

4.若装置中存在弹簧测力计或者力的传感器等，可直接测出绳子拉力，则不需要 m≫m′。

5.一先一后一按：改变拉力或小车质量后，每次开始时小车应尽量靠近打点计时器，并应先接通电源，后释放小车，且应在小车到达滑轮前按住小车.

二、实验数据处理与误差分析

1．探究加速度与力的关系

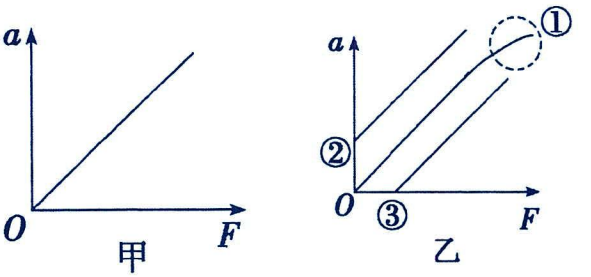
(1)根据多组(a，F)数据作出 a-F 图像，如图甲。

若图像是一条过原点的直线，可判断 a∝F。

(2)误差分析：如图乙所示。

①图像解析式为 $a=\frac{1}{m+M}\cdot F$。

可见连接数据点和坐标系原点的直线斜率为 $\frac{1}{m+M}$。



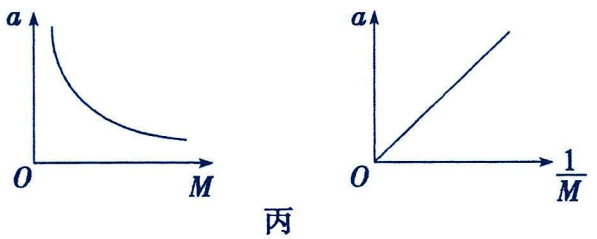
若 M 为定值，则随着 m 的增大，此斜率会减小，当 m 不再远小于 M 时，图像向下弯曲。

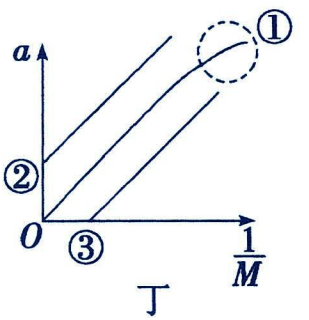
②F＝mg＝0 时，小车具有非零的加速度 a，这说明平衡摩擦力过度。

③当 F＝mg 增大到某值时，小车才具有非零的加速度 a，这说明平衡摩擦力不足或没有平衡摩擦力。

2．探究加速度与质量的关系

(1)根据多组(a，M)数据作出 a-M 和 $a-\frac{1}{M}$ 图像，如图丙所示。





若 $a-\frac{1}{M}$ 图像是一条过原点的直线，可判断 $a\propto\frac{1}{M}$。

(2)误差分析：如图丁所示。

①图像解析式为 $a=\frac{mg}{1+\frac{m}{M}}\cdot\frac{1}{M}$。

可见连接数据点和坐标系原点的直线斜率为 $\frac{mg}{1+\frac{m}{M}}$。

若 m 为定值，则随着 M 的减小，此斜率会减小，当 M 不再远大于 m 时，图像向下弯曲。

②M 无限增大时，小车具有非零的加速度 a，这说明平衡摩擦力过度。

③当 M 减小到某值时，小车才具有非零的加速度 a，这说明平衡摩擦力不足或没有平衡摩擦力。

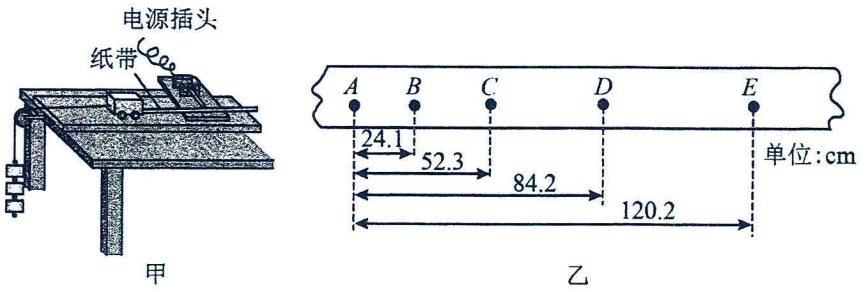
三：误差分析

	产生原因	减小方法
偶然误差	测量误差：①质量测量不准确 ②纸带上所打点间距测量不准	(1)多次测量取平均值 (2)舍掉纸带上开头较密集的点，在后面便于测量的地方找起点 (3)从开始点起，每五个点标一个计数点，相邻计数点间隔 0.1 s
	拉线或纸带不与木板平行	调节拉线或纸带使之与木板平行
	平衡摩擦力不准确	在平衡摩擦力时，除不挂小盘外，其他的都跟正式实验一样(如要挂好纸带，先接通打点计时器后放纸带等)
系统误差	本实验用小盘和砝码的总重力 mg 代替小车的拉力，而实际上小车所受拉力要小于小盘和砝码的总重力	让小盘和砝码的总质量远小于小车的总质量

题型一：探究加速度与力的关系

【精选例题】

【例 1】某实验小组按照如图甲所示的装置进行“探究加速度与力的关系”实验。



甲　　乙

(1)关于本实验的部分要点，下列说法正确的是_____

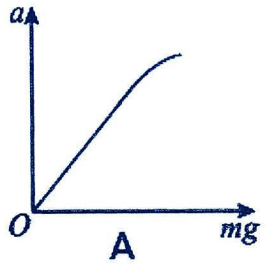
A．必须平衡摩擦力　　B．必须调节定滑轮高度，使牵引小车的细线与长木板平行

C．必须控制钩码质量不变　　D．必须先接通电源，后释放小车

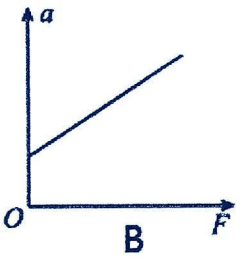
(2)实验时，某同学打出的一条纸带如图乙所示，相邻两个计数点之间还有四个计时点没有画出来，打点计时器的打点频率为 50Hz，则小车的加速度大小 a=_____m/s²。（保留两位有效数字）

(3)将每次实验小车运动的加速度 a 和钩码的重 mg 作 $a-mg$ 图像如图 A 所示。当 mg 较大时 $a-mg$ 图线明显弯曲，若不断增加钩码的质量 $a-mg$ 图像中各点连成的曲线将不断延伸，那么加速度 a 的趋向值为_____（用题中出现的物理量符号表示）。

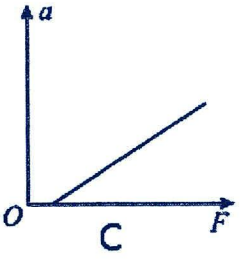
(4)在保持小车及车中的砝码质量 M 一定，探究加速度与所受合外力的关系时，詹詹和彭彭二位同学得到的 a—F 关系分别如图 C、D 所示（a 是小车的加速度，F 是细线作用于小车的拉力）。其原因分别是：B 图：_____ _____；C 图：_____。



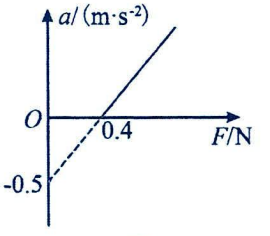
A



B



C

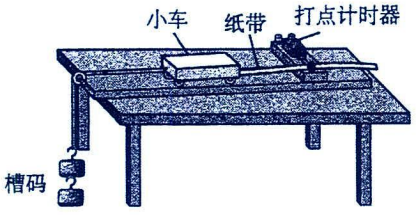


丙

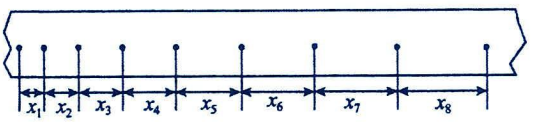
(5)另一位同学将小车更换为物块，直接利用图甲的装置进行实验，使长木板水平，钩码的质量远小于物块的质量，得到多组钩码所受的重力 F 和物块加速度大小 a 的数据，作出如图丙所示的图像。取重力加速度大小 $g=10m/s^2$，则物块的质量为_____kg，物块与长木板间的动摩擦因数μ=_____。（均保留两位有效数字）

【变式训练】

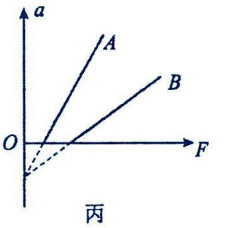
1．在探究加速度与力、质量的关系时，一实验小组设计了如图甲所示的实验装置。



甲



乙



丙

(1)除了图中所给器材以及交变电源和导线外，在下列器材中，还必须使用的两种器材是_____（选填正确选项的字母）。

A．秒表　　B．天平（含砝码）　　C．弹簧测力计　　D．刻度尺

(2)该实验中同时研究三个物理量间的关系是很困难的，因此采用的研究方法是（　　）

A．放大法　　B．补偿法　　C．控制变量法

(3)实验前补偿阻力的做法是：把实验器材安装好，先不挂沙桶，将小车放在木板上，后面固定一条纸带，纸带穿过打点计时器。用垫块把木板不带滑轮一端垫高，接通打点计时器，让小车以一定初速度沿木板向下运动，并不断调节木板的倾斜度，直到小车拖动纸带沿木板做_____运动。

(4)实验前要进行槽码质量 m 和小车质量 M 的选取，以下最合理的一组是（　　）

A．$M=200g$，$m=10g$、15g、20g、25g、30g、40g。

B．$M=200g$，$m=20g$、40g、60g、80g、100g、120g

C．$M=400g$，$m=5g$、10g、15g、20g、25g、30g

D．$M=400g$，$m=20g$、40g、60g、80g、100g、120g

(5)图乙是实验中打出的众多纸带中的一条，相邻两点之间的距离分别为 x_1，x_2，…，x_8，时间间隔均为 T。下列加速度的计算式中，最优的是（　　）

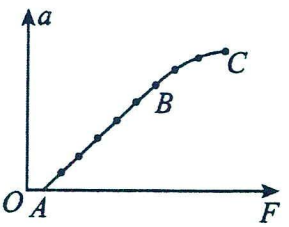
A．$a=\frac{1}{7}\left(\frac{x_8-x_7}{T^2}+\frac{x_7-x_6}{T^2}+\frac{x_6-x_5}{T^2}+\frac{x_5-x_4}{T^2}+\frac{x_4-x_3}{T^2}+\frac{x_3-x_2}{T^2}+\frac{x_2-x_1}{T^2}\right)$

B．$a=\frac{1}{6}\left(\frac{x_8-x_6}{2T^2}+\frac{x_7-x_5}{2T^2}+\frac{x_6-x_4}{2T'^2}+\frac{x_5-x_3}{2T^2}+\frac{x_4-x_2}{2T^2}+\frac{x_3-x_1}{2T^2}\right)$

C．$a=\frac{1}{5}\left(\frac{x_8-x_5}{3T^2}+\frac{x_7-x_4}{3T^2}+\frac{x_6-x_3}{3T^2}+\frac{x_5-x_2}{3T^2}+\frac{x_4-x_1}{3T^2}\right)$　　D．$a=\frac{1}{4}\left(\frac{x_8-x_4}{4T^2}+\frac{x_7-x_3}{4T^2}+\frac{x_6-x_2}{4T^2}+\frac{x_5-x_1}{4T^2}\right)$

(6)为探究加速度和力的关系，要保证_____的总质量不变，改变沙桶内沙的质量，重复做几次实验，通过实验数据来研究加速度和力的关系。

(7)在探究加速度与力的关系时，该同学根据实验数据作出的 a—F 图像如图所示，发现该图线不通过坐标原点且 BC 段明显偏离直线，分析其产生的原因，下列说法正确的是_____。



A．不通过坐标原点可能是因为补偿阻力不足

B．不通过坐标原点可能是因为补偿阻力过度

C．图线 BC 段弯曲可能是沙桶及沙的总质量未满足远小于小车总质量的条件

D．图线 BC 段弯曲可能是沙桶及沙的总质量未满足远大于小车总质量的条件

(8)A、B 两同学各取一套图甲所示的装置放在水平桌面上，小车上均不放砝码，在没有平衡摩擦力的情况下，研究加速度 a 与拉力 F 的关系，分别得到图丙中 A、B 两条直线。设 A、B 同学用的小车质量分别为M_A、M_B，小车与木板间的动摩擦因数分别为μ_A、μ_B，由图可知，M_A_____M_B，μ_A_____μ_B。（均填“大于”“小于”或“等于”）

题型二：探究加速度与质量的关系

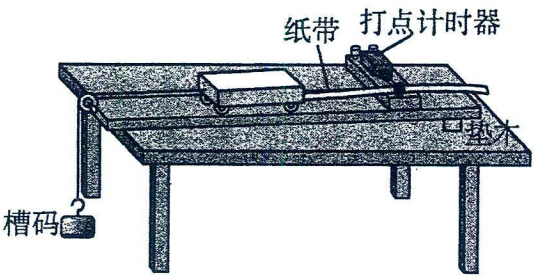
【精选例题】

【例 1】在进行力学实验时，需要结合实验原理来掌握实验的有关要求，不能死记硬背。如图甲所示的装置，利用这套装置做“探究加速度与力和质量的关系”的实验。

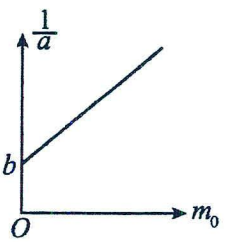
(1)在进行实验时，需要先将长木板倾斜适当的角度，这样做的目的是_____，还要求槽码的质量远小于小车的质量，这样做的目的是_____。

A．使小车获得较大的加速度　　B．使细线的拉力等于小车受到的合外力

C．使小车最终能匀速运动　　D．使槽码重力近似等于细线的拉力



甲



乙

(2)一组同学在先保持沙桶质量一定，探究加速度与质量的关系，以下做法错误的是（　　）

A．平衡摩擦力时，应将沙桶用细绳通过定滑轮系在小车上

B．每次改变小车的质量时，不需要重新平衡摩擦力

C．实验时，先放开小车，再接通打点计时器电源

D．小车运动的加速度可用天平测出 m 以及小车质量 M，直接用公式$a=\frac{mg}{M}$求出

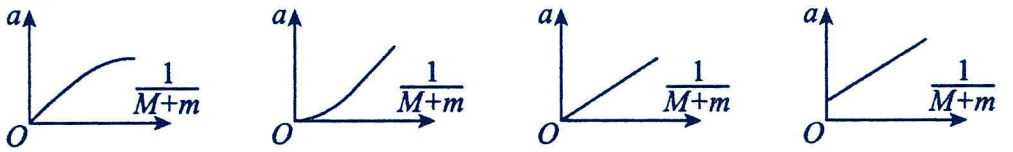
(3)实验中打出的一条纸带的一部分如图丙所示。纸带上标出了连续的3个计数点A、B、C，相邻计数点之间还有4个点没有标出。打点计时器接在频率为50Hz的交变电源上。则打点计时器打B点时，小车的速度v_B=_____m/s。多测几个点的速度作出v—t图像，就可以算出小车的加速度。



丙

(4)在探究加速度与质量关系时，需在小车上放置砝码以改变质量，若以小车上放置的砝码的总质量m_0为横坐标，$\frac{1}{a}$为纵坐标，在坐标纸上做出$\frac{1}{a}-m_0$关系图线，图乙为按照正确的实验步骤所得实验图线的示意图，所有物理量均采用国际单位，已知图中直线的斜率为k，在纵轴上的截距为b，若牛顿定律成立，则小车受到的拉力为_____，小车的质量为_____。

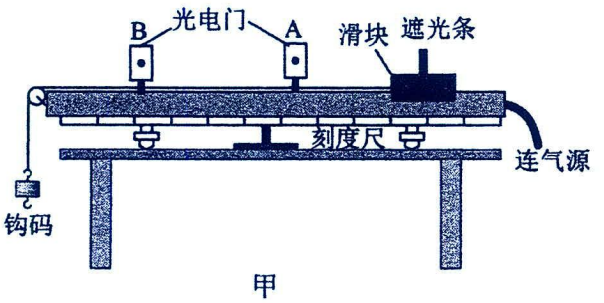
(5)在探究加速度与质量的关系时，要保证沙和沙桶的质量不变。若沙和沙桶的总质量m与小车的总质量M间的关系不满足M远大于m，且已正确补偿阻力，由实验数据作出a—$\frac{1}{M+m}$图线，则图线应如图中的_____所示（选填正确选项的字母）。



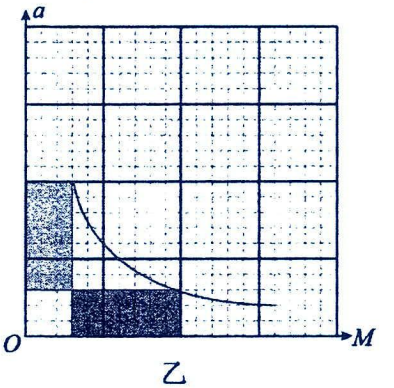
A　　B　　C　　D

【变式训练】

1．（一）实验小组在“探究加速度与力、质量的关系”时，用图甲所示的装置来进行；由水平放置的气垫导轨侧面的刻度尺可以测出光电门A、B之间的距离L以及遮光片的宽度d，遮光片通过光电门A、B的时间t_A、t_B可通过计时器（图中未标出）分别读出，滑块质量为M，钩码的质量为m，打开气垫导轨的气源，让滑块在钩码的重力作用下做匀加速直线运动，重力加速度为g，回答下列问题：



甲



乙

(1)滑块的加速度a=_____（用L、t_A、t_B、d来表示）。

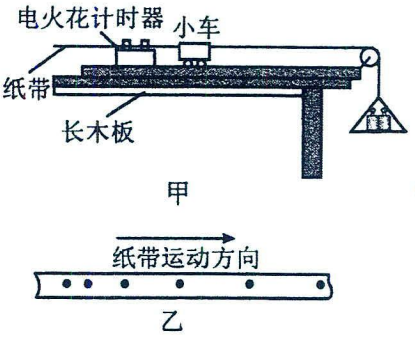
(2)保持钩码的质量m不变，改变滑块的质量M，且满足m远小于M，得出不同的M对应的加速度a，描绘出$a-M$函数关系图像如图乙，若图中标为阴影的两矩形的面积相等，则a与M成_____（填“正比”或“反比”）。

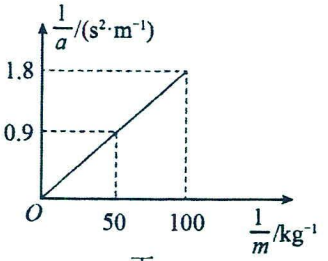
(3)撤去光电门 A，保持滑块的质量 M 不变，改变钩码的质量 m，且满足 m 远小于 M，滑块每次都从气垫导轨右边距光电门 B 为 x 的同一位置由静止释放，遮光片通过光电门 B 的时间为 t，为了能更直观地看出滑块的加速度与所受合力的关系，应作出（选填“$m-t$”或“$m-\frac{1}{t^2}$”）图像，若该图像的斜率为 k，已知当地的重力加速度大小为 g，则滑块的质量 $M=$_____（用 k、d、g、x 表示）。

(二)在用如图装置来“探究加速度与力、质量的关系”的实验时，操作如下：

（1）平衡摩擦力时，若所有的操作均正确，打出的纸带如图乙所示，应_____（填“减小”或“增大”）木板的倾角。

（2）图丙为小车质量一定时，根据实验数据描绘的小车加速度 a 的倒数与盘和砝码的总质量 m 的倒数之间的实验关系图像。若牛顿第二定律成立，则小车的质量 $M=$_____kg。（g 取 9.8m/s²）（结果保留 2 位有效数字）



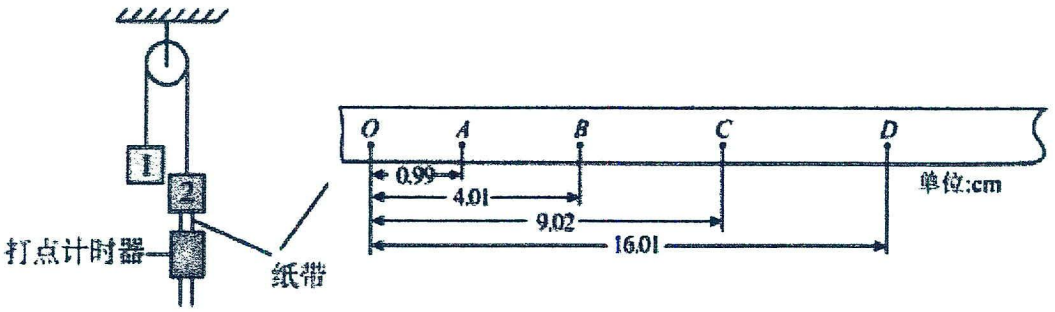


丙

题型三：创新实验

【精选例题】

【例 1】某同学利用如图甲所示的装置验证牛顿第二运动定律，装置如图所示，物块 1 质量为 $m_1=1.52kg$，物块 2 质量为 $m_2=1.00kg$；物块 1、2 由跨过轻质定滑轮的细绳连接，物块 2 下端与打点计时器纸带相连。初始时，托住物块 1，两物块保持静止，且纸带竖直绷紧，接通打点计时器的电源，释放物块 1，两物块开始运动，打点计时器打出的纸带如图所示，已知打点计时器所用的交流电源频率为 50Hz，每相邻的两个点之间还有四个点未画出。回答下列问题：



(1)对于该实验，下列哪些操作是正确的_____。（选填选项前的字母）

A．物块 1 选用质量和密度较小的物体

B．两限位孔在同一竖直线上

C．实验时，先释放物块 1，后接通电源

(2)根据图乙中的数据可知，物块 1 匀加速下落时的加速度大小 $a=$_____m/s^2。（保留三位有效数字）

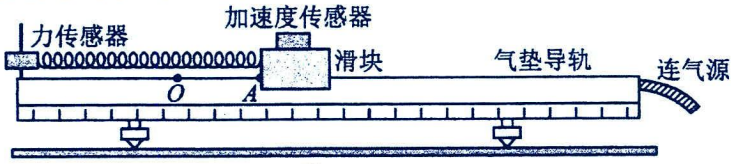
(3)通过该实验可计算出当地的重力加速度大小 $g=$____m/s^2。（保留两位有效数字）

(4)由于空气阻力及纸带的影响，重力加速度的测量值_____（填“大于”或“小于”）真实值。

【例 2】在天宫课堂中、我国航天员演示了利用牛顿第二定律测量物体质量的实验。受此启发。某同学利用气垫导轨、力传感器、无线加速度传感器、轻弹簧和待测物体等器材设计了测量物体质量的实验，如图甲所示。主要步骤如下：

①将力传感器固定在气垫导轨左端支架上，加速度传感器固定在滑块上；

②接通气源。放上滑块。调平气垫导轨；



图甲

③将弹簧左端连接力传感器，右端连接滑块。弹簧处于原长时滑块左端位于 O 点。A 点到 O 点的距离为 6.00cm，拉动滑块使其左端处于 A 点，由静止释放并开始计时

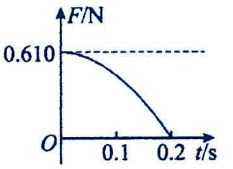
④计算机采集获取数据，得到滑块所受弹力 F、加速度 a 随时间 t 变化的图像，部分图像如图乙所示。

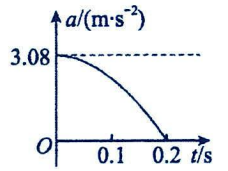
回答以下问题（结果均保留两位有效数字）：

(1)弹簧的劲度系数为_____N/m。

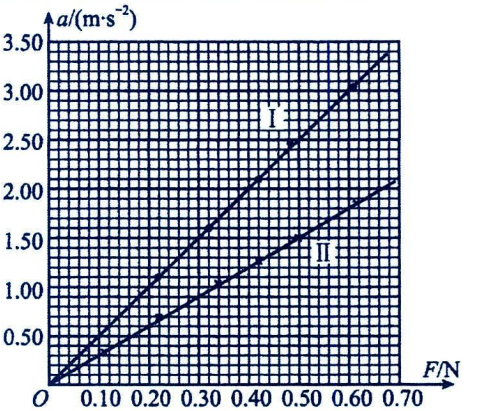
(2)该同学从图乙中提取某些时刻 F 与 a 的数据，画出 $a-F$ 图像如图丙中 I 所示，由此可得滑块与加速度传感器的总质量为_____kg。

(3)该同学在滑块上增加待测物体，重复上述实验步骤在图丙中画出新的 $a-F$ 图像II，则待测物体的质量为_____kg。





图乙



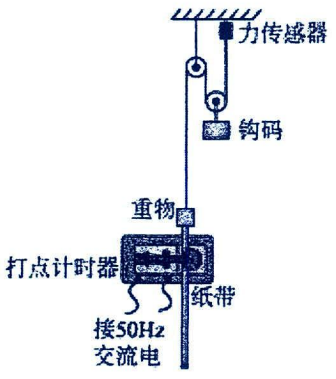
图丙

【例 3】某中学实验小组为探究加速度与合力的关系，设计了如图甲、乙所示的实验装置。主要实验步骤如下：

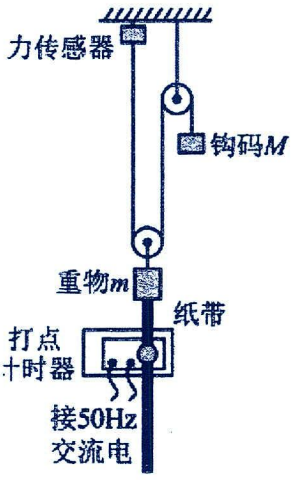
①按图甲安装实验器材：质量为 m 的重物用轻绳挂在定滑轮上，重物与纸带相连，动滑轮右侧的轻绳上端与固定于天花板的力传感器相连，钩码和动滑轮的总质量为 M，图中各段轻绳互相平行且沿竖直方向；

②接通打点计时器的电源，释放钩码，带动重物上升，在纸带上打出一系列点，记录此时传感器的读数 F；

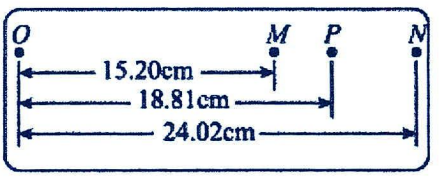
③改变钩码的质量，多次重复实验步骤②，利用纸带计算重物的加速度 a，得到多组 a、F 数据。



甲



乙

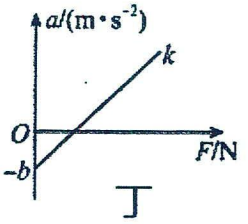


丙

请回答以下问题：

(1)已知打点计时器的打点周期为0.02s，某次实验所得纸带如图丙所示，A、B、C、D、E各点之间各有4个点未标出，则重物的加速度大小为$a=$_____$\mathrm{m/s^2}$（结果保留三位有效数字）。

(2)利用如图甲实验实验装置得到重物的加速度大小a与力传感器示数F的关系如图丁所示，图像的斜率为k、纵截距为$-b(b>0)$，则重物质量$m=$_____，当$M=3m$时，重物的加速度大小为$a=$_____。（本问结果均用k或b表示）



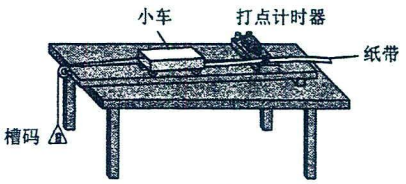
丁

(3)利用如图乙实验实验装置得到重物的加速度大小a与力传感器示数F的关系如图丁所示，图像的斜率为k、纵截距为$-b(b>0)$，则重物质量$m=$_____，当$M=3m$时，重物的加速度大小为$a=$_____。（本问结果均用k或b表示）

【例4】下面是某班级学生做“探究加速度与物体受力、物体质量关系”的实验。采用如图甲所示的实验装置，让槽码通过细绳拖动小车在长木板上做匀加速直线运动。

(1)为完成实验，除图中已有的器材，还需要交流电源、天平（含配套砝码）和_____。

(2)如图甲，关于本实验，下列说法正确的是_____；



图甲

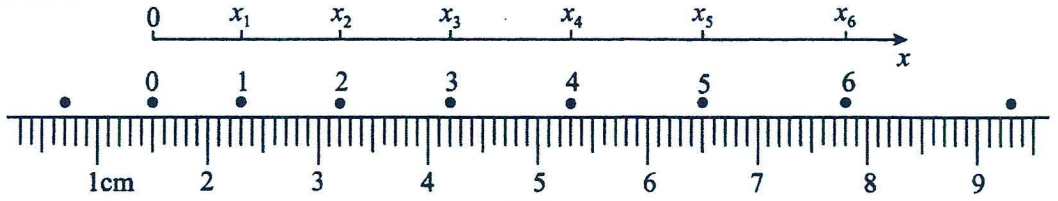
A．应适当调节滑轮高度，使线与桌面平行，确保小车能做匀加速直线运动

B．此时有可能正在进行“补偿阻力”的实验操作

C．实验时小车应从靠近打点计时器处静止释放

D．电火花计时器的工作电压应为交流8V

(3)小夏同学在这次实验中获得一条如图乙所示的纸带，建立以计数点0为坐标原点的x轴，各计数点的位置坐标分别为0、x_1、x_2、x_3、x_4、x_5、x_6。已知打点计时器的打点周期为T=0.02s，则打计数点5时小车速度v=_____m/s（保留3位有效数字）。



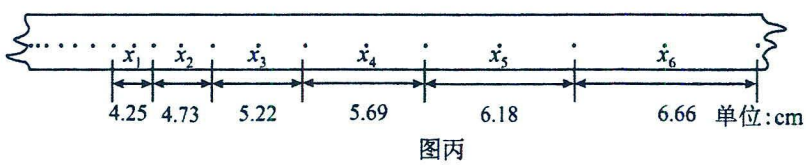
图乙

(4)小车加速度的表达式是_____；

A．$a=\dfrac{(x_4+x_5+x_6)-(x_1+x_2+x_3)}{9T^2}$　　B．$a=\dfrac{x_6-2x_3}{(15T)^2}$

C．$a=\dfrac{x_6-2x_3}{(3T)^2}$　　D．$a=\dfrac{x_5+x_4-(x_3+x_2)}{(10T)^2}$

(5)小同王学也挑选的一条较为清晰的纸带，如图丙所示，并选取了部分点为计数点（计数点间的距离如图）。已知打点计时器打点的时间间隔$T=0.02\mathrm{s}$，由图可知小车做匀加速直线运动的加速度$a=$_____$\mathrm{m/s^2}$（保留三位有效数字）。据此可知本次实验操作中存在不合理之处在于_____。



图丙

(6)小赵同学觉得用图甲装置测量加速度较大时系统误差较大，所以他大胆创新，选用图丁器材进行实验，测量小车质量 M,所用交流电频率为 50Hz，共 6 个槽码，每个槽码的质量均为 m=10g。实验步骤如下：

i.安装好实验器材，跨过定滑轮的细线一端连接在小车上，另一端悬挂着 6 个槽码。调整轨道的倾角，用手轻拨小车，直到打点计时器在纸带上打出一系列的_____点，表明小车沿倾斜轨道匀速下滑；

ii.保持轨道倾角不变，取下 1 个槽码（即细线下端悬挂 5 个槽码），让小车拖着纸带沿轨道下滑，根据纸带上打的点迹测出加速度 a；

iii.逐个减少细线下端悬挂的槽码数量，重复步骤 ii；

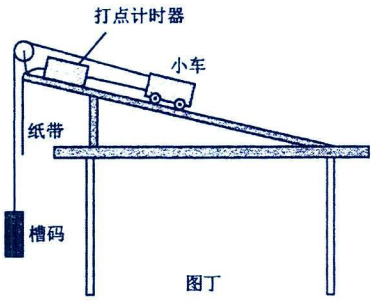
iv.以取下槽码的总个数$n(1\le n\le 6)$的倒数$\frac{1}{n}$为横坐标，$\frac{1}{a}$为纵坐标，在坐标纸上作出$\frac{1}{a}-\frac{1}{n}$关系图线。

已知重力加速度大小 g=9.80m/s²，计算结果均保留三位有效数字，请完成下列填空：

①请将步骤 i 中画横线的部分填写完整：

②写出$\frac{1}{a}$随$\frac{1}{n}$变化的关系式_____（用 M，m，g，a，n 表示）；

③测得$\frac{1}{a}-\frac{1}{n}$关系图线的斜率为 2.5s²/m，则小车质量 M=_____kg。



图丁

【变式训练】

1．小华利用如图所示的装置完成了“探究加速度与外力的关系”实验，用一轻绳将两个完全相同的托盘拴接后跨过光滑的定滑轮，另在两侧的托盘中放入相同数目钩码，已知每个钩码的质量均为 m，此时两侧托盘的总质量均为 M，遮光条的宽度为 d，重力加速度用 g 表示。

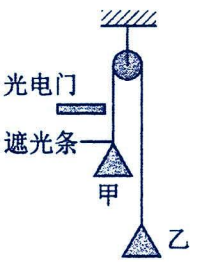


图1

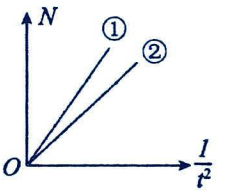


图2

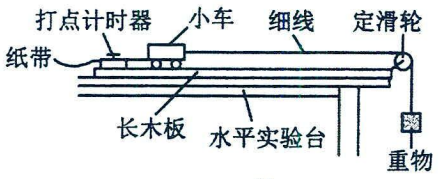
实验时进行了如下的操作：

(1)平衡时遮光条与光电门相平齐，小华从托盘甲中取走一个钩码放在托盘乙中，将托盘甲向下拉至遮光条距离光电门 h 处，然后将装置由静止释放，遮光条经过光电门时的挡光时间为 t，托盘甲经过光电门时的速度为_____，托盘甲的加速度大小为_____.(结果用 d、h、t 表示)

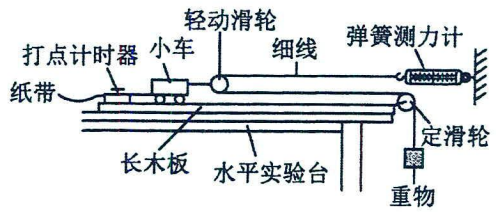
(2)将托盘甲中的钩码逐个地放到托盘乙中，保持(1)中的 h 不变，重复操作，记录取走的钩码数 N 和与之相对应的挡光时间 t，将记录的实验数据描绘在图 2 中，当图线的斜率$k=$__时，即可证明物体的质量一定时，物体的加速度与合外力成正比。(用 M、m、d、h、g 表示)

(3)实验得到的理想图像应是图线②，若得到图线①所示的情况，原因可能是开始时甲、乙两托盘的总质量$M_{甲}$_____$M_{乙}$(填“>”“=”或“<”)。

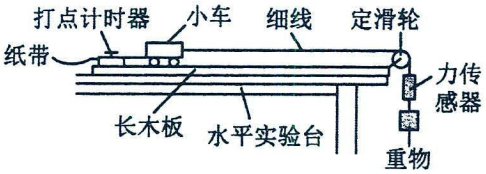
2．在某次探究小车加速度与力、质量的关系实验中，甲、乙、丙、丁四组同学分别设计了如图所示的实验装置，小车总质量用 M 表示，重物质量用 m 表示。



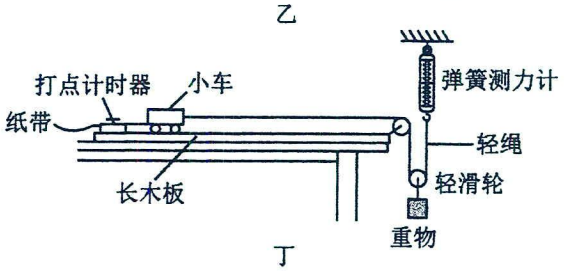
甲



乙



丙



丁

(1)为便于测量合力的大小，并得到小车总质量（未知）一定时，小车加速度与所受合力成正比的结论，下列说法正确的是_____。

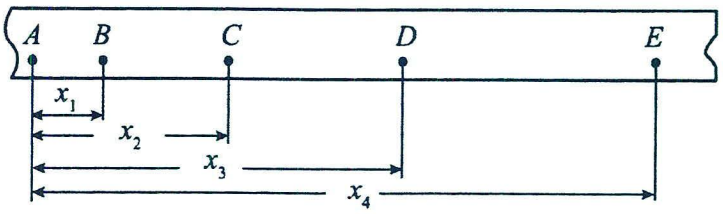
A．四组实验中只有甲、乙、丁需要消除阻力的影响

B．四组实验都需要消除阻力的影响

C．四组实验中只有丙不需要满足所挂重物质量 m 远小于小车总质量 M 的条件

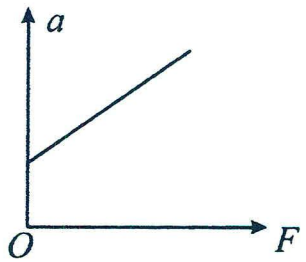
D．四组实验中只有甲需要满足所挂重物质量 m 远小于小车总质量 M 的条件

(2)某次实验中，利用乙图实验的乙组同学在正确操作后得到了一条纸带如图所示（相邻两计数点间有三个点未画出），已知交流电源的频率为 f，则可以计算出本次实验中小车的加速度表达式为_____。（用已知量与测量量表示）



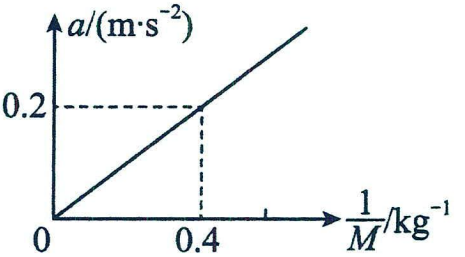
（3）乙同学采用乙图实验装置探究质量一定时加速度与力的关系的实验时，以弹簧测力计的示数 F 为横坐标，加速度 a 为纵坐标，画出的 $a-F$ 图像是图中的一条直线，根据图线与横坐标的夹角求得图线的斜率为 k，则小车的质量为_____。

(4)按丁同学设计装置完成实验，并根据实验得到的数据，画出小车的 $a-F$ 图像如图所示，图线在纵轴上的截距为 a_0，直线斜率为 k，则小车的质量 $M=$_____；该值与小车的实际质量相比是_____（选填“偏大”，“偏小”或“相等”）的。



(5)若乙、丙、丁三位同学发现某次测量中力传感器和弹簧测力计读数相同，通过计算得到小车加速度均 a，则乙、丙、丁实验时所用小车总质量之比为_____。

(6)按甲同学设计装置完成实验，并根据实验得到的数据，画出小车的 $a-\frac{1}{M}$ 图像如图，从图像中可以得出，当小车的质量为 0.5kg 时，它的加速度为_____ m/s^2。（保留 2 位有效数字）



(7)后续实验中，甲组同学们发现弹簧测力计损坏，因此改变了实验方案，利用图乙的装置进行了新的探究，步骤如下：

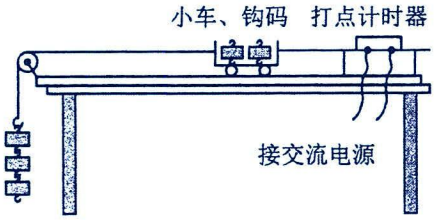
①不挂重物时，垫高长木板左端到某一位置时，轻碰小车使其匀速下滑；

②测出重物的质量，m，利用纸带计算出悬挂重物后小车运动时加速度大小 a；

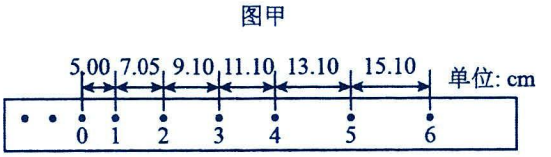
③改变 m，重复步骤②，得到多组 m、a 的数据，m 始终远小于 M；

④以 a 为纵轴、m 为横轴作出的 a–m 图像，可得到线性图像。若该线性图像的斜率为 k，当地重力加速度为 g，则小车的质量 M=_____。（用字母 k、g 表示）

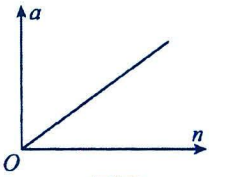
3．某同学用图甲所示装置探究加速度合外力之间的关系。图中长木板水平放置，轻绳跨过定滑轮，一端与放在木板上的小车相连，另一端可悬挂钩码，本实验中可用的钩码共有 N 个，每个钩码的质量为 m，小车的质量为 M，重力加速度大小为 g。



图甲



图乙



图丙

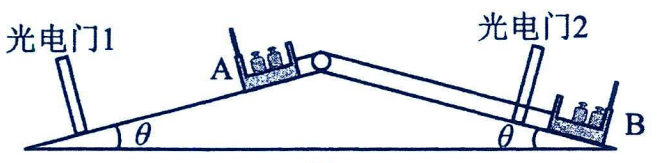
(1)平衡摩擦力：将 N 个钩码全部放入小车中，在长木板不带滑轮的一端下方垫上一个小物块后，发现小车（和钩码）做减速运动，则应将小物块向_____（选填“左”或“右”）移动，才会使小车（和钩码）在板上做匀速运动；

(2)平衡摩擦力后，将 n（依次取 $n=1$，2，3，4。。）个钩码挂在轻绳左端，其余 N—n 个钩码放在小车内，用手按住小车并使轻绳与木板平行，打开电源，释放小车，获得一条清晰的纸带如图乙，相邻计数点间的时间间隔均为 0.1s，则可计算出小车的加速度大小 a=_____m/s^2（结果保留 3 位有效数字）；

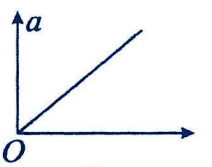
(3)实验中_____（选填“需要”或“不需要”）满足“小车及车上钩码的总质量远大于所挂钩码质量”的条件；

(4)丙图是利用不同 n 对应不同 a 作出的 $a-n$ 图像，如果图线斜率为 k，通过理论分析可知本实验中可用的钩码个数 N=_____（用 g、k、m、M 表示）；

4．某实验小组利用图甲装置来验证牛顿第二定律。已知两侧斜面倾角均为 θ，长度均为 L，斜面上固定两光电门。两相同的凹槽安装有宽度均为 d 的挡光片，用不可伸长的轻绳连接跨过定滑轮放在两侧斜面，挡光片 A 到光电门 1 的距离为 $\frac{3L}{4}$，挡光片 B 到光电门 2 的距离为 $\frac{L}{4}$，若两斜面与凹槽间的动摩擦因数相同。



甲



乙

（1）两个凹槽内均放有 10 个质量为 m 的砝码，从 B 中拿出 1 个砝码放入 A 中，从图甲所示位置开始轻推 A，发现 A、B 上的两挡光片通过两光电门的时间____（填“不等”或“相等”），则凹槽匀速运动。

（2）A、B 恢复原位置后，从 B 中总共拿出 2 个砝码放入 A 中，轻推 A，测出两挡光片通过两光电门的时间分

别为t_A和t_B。则两凹槽的加速度a=_____（用题中已知量表示）。

（3）重复上一步骤，从B中总共拿出$n=3,4\cdots$个砝码放入A中，轻推A，测出两挡光片通过两光电门的时间，算出两凹糟的加速度a。

（4）用图像法验证牛顿第二定律，纵坐标为加速度a，要做出图乙中的图线，横坐标应为_。

A．$n+1$　B．$n+2$　C．$n-1$　D．n−2

（5）选用正确的横坐标后，测出该图线斜率为k，已知重力加速度为g，则可算出凹槽A（含挡光片）的质量M=_____（用题中所给已知量表示）。

5.某软件能够调用手机内置加速度传感器，实时显示手机加速度的数值。小明通过安装有该软件的智能手机（其坐标轴如图1所示）探究加速度与力、质量的关系，实验装置原理图如图2所示。已知当地重力加速度为g。

（1）分别称量出小桶的质量m_0和手机的质量M_0。

（2）开始时，整个实验装置处于静止状态，小桶里没有装砝码。

（3）用手突然向上托起小桶，使得绳子松弛，此瞬间手机受到的合力为_____（用题目所给字母表示），此瞬间手机y轴上的加速度a对应图中的____（选填“A”“B”或“C”）点；。

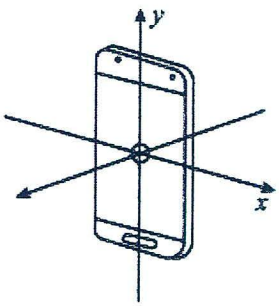


图1手机坐标轴

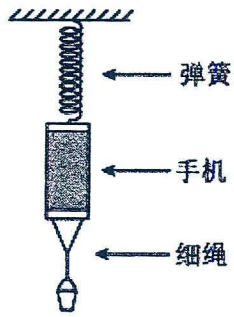


图2实验装置原理图

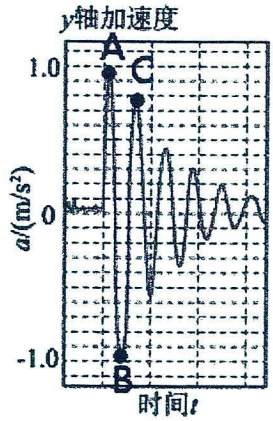


图3软件截图

（4）往小桶中增加砝码，重复步骤（3），测得实验数据如下：

实验次数	1	2	3	4	5	6
小桶和砝码的质量m（kg）	0.0245	0.0445	0.0645	0.0845	0.1045	0.1245
手机加速度a（m/s^2）		1.76	2.58	3.39	4.20	4.98

根据图3软件截图，上表中空白处的数据为_____m/s^2。利用数据作出a—F图像，在图4中描出第一组数据的点并连线，可以得到结论：_____。

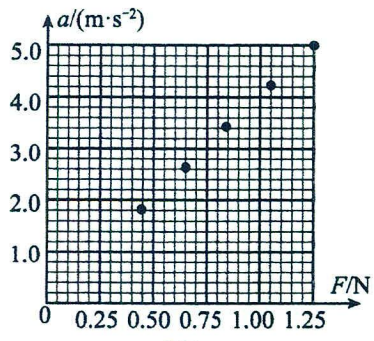


图4

（5）如图5所示，某同学在处理数据时，以手机竖直方向的加速度a为纵坐标，砝码质量m为横坐标，绘制a—m图像，获得一条斜率为k，截距为b的直线，则可推算出手机的质量为_____（选用k、b、g表示）。

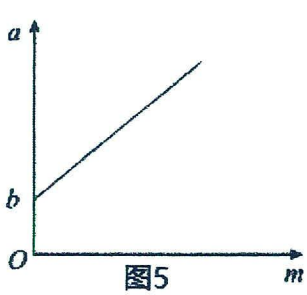


图5

（6）保持小桶和砝码的质量不变，用双面胶把不同数量的配重片贴在手机背面，重复步骤（3），测得实验数据并作出$a-\frac{1}{M}$图像，得出结论：当合外力一定，加速度与物体质量成反比。

（7）从图3软件截图可以看出，即使整个实验装置处于静止状态，手机依然显示有加速度扰动，为了减少该扰动造成的相对误差，下列做法可行的是_____。

A．使用质量更大的砝码组　　B．将弹簧更换为不可伸长的细线

C．将弹簧更换为劲度系数更小的弹簧　　D．让小桶和砝码的质量远远小于手机的质量

跟踪练习（六）

一、单选题

1．下列选项中的单位，均属于国际单位制中基本单位的是（　　）

A．N、kg、m　　B．m、kg、s　　C．m、g、s

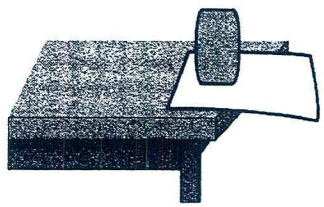
2．一个质量为 2kg 的物体放在光滑水平面上，同时受到两个始终沿水平方向的共点力的作用，这两个力的大小分别为 5N 和 7N，当两个力的方向发生变化时，物体的加速度大小不可能为

A．$7m/s^2$　　B．$6m/s^2$　　C．$5m/s^2$　　D．$4m/s^2$

3．现代战场上 FPV 自爆无人机已成为士兵的头号克星。某次无人机演练中，静止于 40m 高的 FPV 无人机发现正前方 30m 的地面上有一军事目标，于是以$12.5m/s^2$加速度沿直线冲向目标。设该无人机的质量为 2kg，重力加速度取$10m/s^2$，加速过程中空气对无人机的作用力大小为（）

A．8N　　B．10N　　C．15N　　D．20N

4．如图，桌子边缘用茶叶罐子压着一张纸，欲向外把纸拉走，而让茶叶罐子留在桌上，实验发现纸拉得越快，茶叶罐子越稳定，对此，以下说法正确的是（ ）



A．纸拉得越快，纸对罐子的摩擦力越小

B．由于罐子有惯性，所以纸拉得越快，罐子惯性越大，越稳定

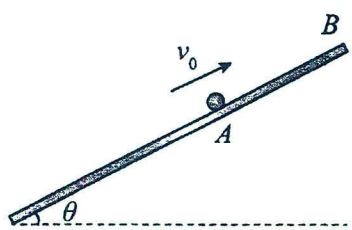
C．纸拉得越快，罐子速度变化越小

D．无论拉纸的力如何，罐子和纸总会有相对运动，最终罐子总可以留在桌上

5．竖直上抛的物体在上升过程中由于受到了空气阻力，加速度大小为$1.25g$，若空气阻力大小不变，那么这个物体下降过程中加速度大小为（　　）

A．$1.25g$　　B．$0.75g$　　C．$0.5g$　　D．$0.25g$

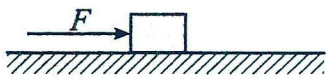
6．如图，t=0 时刻，一小球从足够长光滑倾斜玻璃板上的 A 点以 v_0=5m/s 的初速度沿玻璃板向上运动，B 为玻璃板的上端，A、B 间距离为 2.5m，t=3s 时刻小球经过 A 点下方玻璃板上的 C 点（图中未标出）。重力加速度 $g=10m/s^2$，下列说法正确的是（　　）



A．玻璃板的最小倾角为 45°　　B．C 点距 A 点的距离可能为 5m

C．C 点距 A 点的距离可能为 35m　　D．小球经 C 点时的速度大小可能为 20m/s

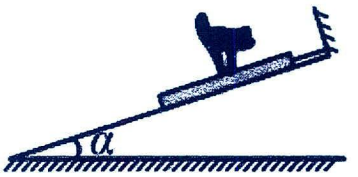
7．质量为 m 的物体，放在粗糙的水平面上，受水平推力 F 的作用，产生加速度 a，物体所受到的摩擦力为 f，当水平推力变为 2F 时(　　)



A．物体所受的摩擦力变为 2f　　B．物体的加速度等于 2a

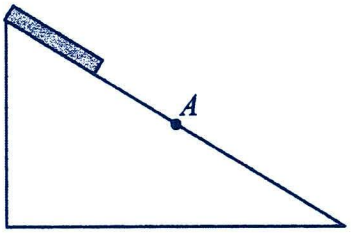
C．物体的加速度小于 2a　　D．物体的加速度大于 2a

8．如图，在倾角为α的固定光滑斜面上，有一用绳子拴着的长木板，木板上站着一只猫。已知猫的质量是木板的质量的 2 倍。当绳子突然断开时，猫立即沿着板向上跑，以保持其相对斜面的位置不变。则此时木板沿斜面下滑的加速度为（ ）



A．$\frac{g}{2}\sin\alpha$　　B．$g\sin\alpha$　　C．$\frac{3g}{2}\sin\alpha$　　D．$3g\sin\alpha$

9．如图所示，身高 1m 体重 20kg 的儿童在游乐场从倾角为 37°，长度为 6m 的滑梯上端，身体伸直躺着滑下来，整个过程视为匀加速直线运动。已知儿童身体与斜面的动摩擦因数为 0.5，A 为滑梯的中点，sin37°=0.6，cos37°=0.8，g 取 10m/s²，下列说法正确的是（ ）



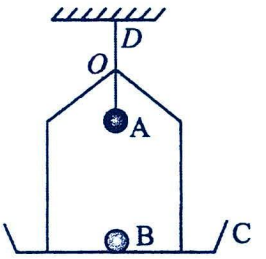
A．儿童脚下滑到 A 点时速度为$\sqrt{2}$m/s

B．儿童下滑的加速度大小为 6m/s²

C．儿童从开始下滑到脚接触到滑梯低端的时间为$\sqrt{6}$ s

D．儿童通过 A 点的时间为$\sqrt{3}-\sqrt{2}$ s

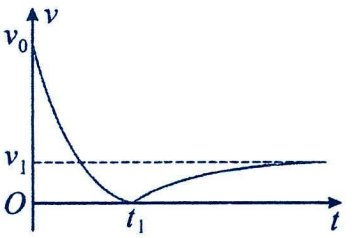
10．如图所示，用绝缘细线将带负电的小球 A 悬挂于支架的 O 点处，小球 A 的质量为 m。B 为带正电的小球，固定在绝缘盘 C 上，B 和 C（包括支架）的总质量为 M，整体悬挂与 D 点。若剪断小球 A 与 O 点间的绝缘细线，在小球 A 下落过程中，关于绝缘轻绳 OD 上拉力 F 的大小，分析正确的是（　　）（已知重力加速度为 g）



A．$F<(M+m)g$ 且逐渐变小　　B．$F>(M+m)g$ 且逐渐变小

C．$F=(M+m)g$ 且大小不变　　D．$F<(M+m)g$ 且逐渐变大

11．从地面上以初速度 v_0 竖直向上抛出一质量为 m 的球，若运动过程中球受到的空气阻力与其速率成正比，球运动的速率随时间变化规律如图所示，t_1 时刻到达最高点，再落回地面，落地时速率为 v_1，且落地前球已经做匀速直线运动。已知重力加速度为 g，则（　　）



A．球上升的时间等于下落的时间

B．球上升的时间大于下落的时间

C．球上升的最大高度 $H=\frac{(v_0-gt_1)v_1}{g}$

D．球抛出瞬间的加速度大小 $a_0=g\left(1+\frac{v_1}{v_0}\right)$

12．如图甲，物块的质量 $m=1\text{kg}$，初速度大小 $v_0=10\text{m/s}$，在一水平向左的大小恒定的力 F 作用下从 O 点沿粗糙的水平面开始向右运动，并从此刻开始计时，某时刻力 F 突然反向，整个过程中物块速度的平方随位置坐标变化的关系图像如图乙，g 取 10m/s^2。下列说法正确的是（　　）

A．2s 末力 F 反向

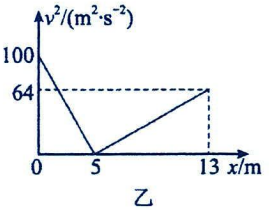
B．2s 末到 3s 末物块做匀减速运动

C．物块与水平面间的动摩擦因数为 0.3

D．D．力 F 大小为 8N



甲



乙

二、解答题

13．如图所示，足够长的固定水平直杆上穿有一个质量$m=0.2\text{kg}$、直径略大于杆截面直径的小环，现让小环以$v_0=6\text{m/s}$的初速度由A向B运动的同时，对小环施加一个竖直向下的恒力F（图中未画出），经$\Delta t=1\text{s}$后，仅将力F反向而大小不变，经过同样的一段时间后，小环刚好静止。已知小环与直杆间的动摩擦因数$\mu=0.2$，取重力加速度大小$g=10\text{m/s}^2$，求：(1)恒力F的大小；

(2)小环沿直杆运动的距离L。

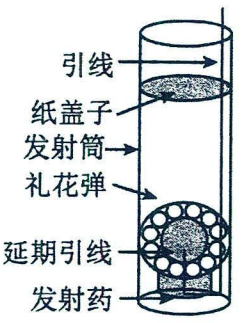


14．某礼花弹在地面上从专用炮筒中沿竖直方向射出，到达最高点时炸开。礼花弹的结构如图所示，其工作原理为：点燃引线使发射药发生爆炸并同时点燃延期引线，礼花弹获得一个很大的加速度在发射筒内匀加速上升，发射筒的高度$h_0=0.3\text{m}$，礼花弹离开发射筒口时的速度大小$v=30\text{m/s}$。当礼花弹到最高点附近时，延期引线点燃礼花弹，礼花弹炸开。已知礼花弹的质量$m=0.1\text{kg}$，离开发射筒后的过程中礼花弹所受的空气阻力大小始终是其所受重力大小的$\frac{1}{5}$，延期引线的燃烧速度大小$v_0=2\text{cm/s}$，取重力加速度大小$g=10\text{m/s}^2$。

(1)求礼花弹在发射筒内匀加速上升的加速度；

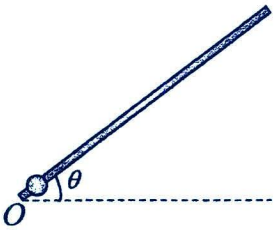
(2)求礼花弹从发射筒口射出后，离地面的最大高度；

(3)忽略延期引线在发射筒内燃烧的长度，要求爆炸发生在超过礼花弹离发射筒口最大高度的96%范围，求延期引线的最小长度。

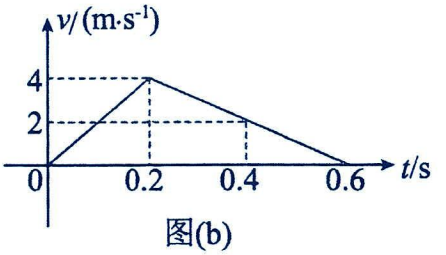


15. 如图（a），一根足够长的细杆与水平成$\theta=37°$固定，质量为$m=2\text{kg}$的小球穿在细杆上静止于细杆底端O点，力F方向水平向右，作用于小球上，经时间$t_1=0.2\text{s}$后停止作用，小球沿细杆运动的部分$v-t$图像如图（b）（取$g=10\text{m/s}^2$，$\sin37°=0.6$，$\cos37°=0.8$）。求：（1）小球在$0\sim0.2\text{s}$内的加速度a_1和$0.2\sim0.4\text{s}$内的加速度a_2；（2）小球与细杆之间的动摩擦因数μ；（3）$0\sim0.2\text{s}$内水平作用力F的大小；

（4）若拉力F的方向改为沿杆向上，其大小满足$F=60-6t$，物体从静止出发，试画出$0\sim10\text{s}$内的$v-t$图像，并准确标明运动状态转折时对应的时间。



图(a)



图(b)

第十五讲：牛顿运动定律应用（一）

考点一：瞬时加速度问题

根据牛顿运动定律可知合外力与加速度具有因果关系，二者总是同时产生、同时变化、同时消失，当物体所受合外力发生变化时，加速度也随着发生变化，而物体运动的速度不能发生突变。

1.瞬时加速度问题的两类模型

轻绳、轻杆接触面类	不发生明显形变就能产生弹力，剪断或脱离后，不需要时间恢复形变，弹力立即消失或改变，一般题目中所给的轻绳、轻杆和接触面在不加特殊说明时，均可按此模型处理
弹簧、蹦床橡皮条类	当弹簧的两端与物体相连（即两端为固定端）时，由于物体有惯性，弹簧的长度不会发生突变，所以在瞬时问题中，其弹簧的大小认为是不变的，即此时弹簧的弹力不会发生突变

2.求解瞬时加速度的一般思路

A.分析原状态(给定状态)下物体的受力情况，求出各力大小(①若物体处于平衡状态，则利用平衡条件；②若处于非平衡状态，则利用牛顿第二定律)。

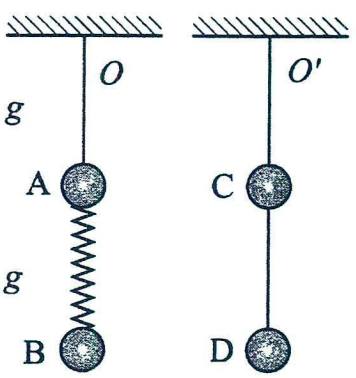
B.分析当状态变化时(剪断细线、剪断弹簧、抽出木板、撤去某个力等)，哪些力变化，哪些力不变，哪些力消失(被剪断的绳、弹簧中的弹力，发生在被撤去物接触面上的弹力都立即消失)。

C.求物体在状态变化后所受的合外力，利用牛顿第二定律，求出瞬时加速度。

题型一：轻绳与弹簧中的突变

【精选例题】

【例 1】如图，四个质量相同的的小球，小球 A 和小球 B 之间用轻弹簧相连，然后用轻绳悬挂在 O 点，小球 C 和小球 D 之间用轻绳相连，然后用轻绳悬挂在 O′点。重力加速度为 g。下列说法正确的是（　　）



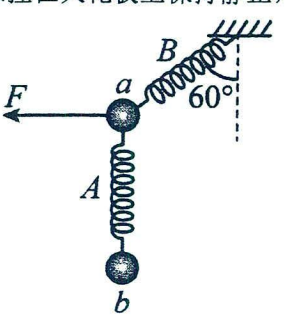
A．剪断 OA 间轻绳瞬间，球 A、B 的加速度大小分别为 $a_A=2g$，$a_B=g$

B．剪断 OA 间轻绳瞬间，球 A、B 的加速度大小分别为 $a_A=g$，$a_B=g$

C．剪断 O′C 间轻绳瞬间，球 C、D 的加速度大小分别为 $a_C=2g$，$a_D=g$

D．剪断 O′C 间轻绳瞬间，球 C、D 的加速度大小分别为 $a_C=g$，$a_D=g$

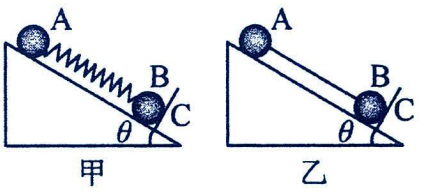
【例 2】如图所示，质量为 m 的小球 a 和质量为 2m 的小球 b 用轻弹簧 A、B 连接并悬挂在天花板上保持静止，水平力 F 作用在 a 上使 a 缓慢移动，当 B 与竖直方向夹角为 60°时，A、B 伸长量刚好相同。若 A、B 的劲度系数分别为 k_1、k_2，则以下判断正确的是（　　）



A．$k_1:k_2=1:3$　　B．撤去 F 的瞬间，b 球的加速度大小等于重力加速度 g

C．$k_1:k_2=1:2$　　D．撤去 F 的瞬间，a 球的加速度大小等于重力加速度 g

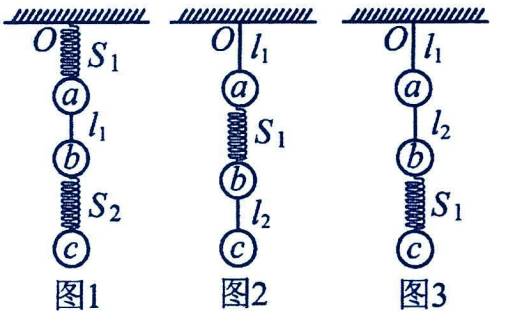
【例 3】如图所示，A、B 两球质量相等，光滑斜面的倾角为θ。图甲中 A、B 两球用轻弹簧相连，图乙中 A、B 两球用轻杆相连。系统静止时，挡板 C 与斜面垂直，弹簧、轻杆均与斜面平行。在突然撤去挡板的瞬间（　　）



A．两图中两球加速度均为 gsinθ　　B．两图中 A 球的加速度均为零

C．图甲中 B 球的加速度为 2gsinθ　　D．图乙中 B 球的加速度为零

【例 4】如图所示，图 1、2、3 中的小球 a、b 和 c 的质量相同、轻弹簧 S_1 和 S_2 完全相同、连接的轻绳 l_1 和 l_2 也完全相同，通过轻弹簧或轻绳悬挂于固定点 O，整个系统处于静止状态。现将每个图中的轻绳 l_1 剪断，将图 1 中的小球 a 的加速度大小记为 a_1，将图 2 中的小球 a 的加速度大小记为 a_2，将图 3 中的小球 a 的加速度大小记为 a_3，重力加速度大小为 g。则在剪断 l_1 瞬间（　　）



A．$a_1=3g$，$a_2=2g$，$a_3=g$　　B．$a_1=2g$，$a_2=3g$，$a_3=1.5g$

C．$a_1=2g$，$a_2=3g$，$a_3=g$　　D．$a_1=0$，$a_2=3g$，$a_3=1.5g$

【例 5】（多选题）如图所示，小球 A、B、C 的质量均为 m，A、B 之间用轻弹簧连接，B、C 之间用轻绳连接。现对 C 施加大小为 2mg（其中 g 为重力加速度大小）、方向竖直向上的拉力 F，三球以相同的加速度竖直向下做匀加速直线运动。下列说法正确的是（　　）



A．轻绳中的拉力大小为 mg

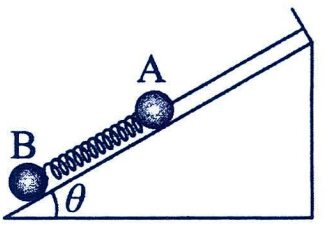
B．弹簧中的拉力大小为$\frac{2}{3}$mg

C．若撤去力 F，则撤去力 F 的瞬间 A 的加速度大小为 g

D．若撤去力 F，则撤去力 F 的瞬间 C 的加速度大小为$\frac{4}{3}$g

【变式训练】

1．（多选题）如图所示，A、B 两小球的质量相等，弹簧的质量不计，倾角为θ的斜面光滑，系统静止时，弹簧与细线均平行于斜面，在细线被烧断的瞬间，下列说法正确的是（　　）



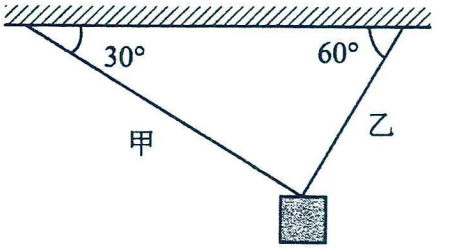
A．B 球的受力情况未变，瞬时加速度为零

B．两个小球的瞬时加速度均沿斜面向下，大小均为 gsinθ

C．A 球的瞬时加速度沿斜面向下，大小为 2gsinθ

D．弹簧有收缩的趋势，B 球的瞬时加速度向上，A 球的瞬时加速度向下，A、B 两球瞬时加速度都不为零

2．如图所示，取两根粗细、长度均不同的橡皮绳甲、乙拴接在天花板上，然后在下端悬吊一物体，系统平衡时，两橡皮绳的伸长量相同，且橡皮绳甲、乙与天花板的夹角分别为30°、60°，重力加速度为g。则下列说法正确的是（　　）



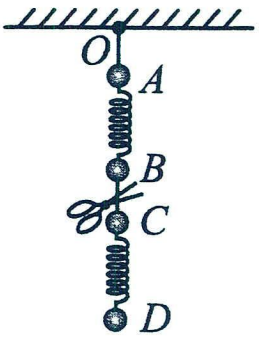
A．平衡时，甲、乙的拉力之比为$\sqrt{3}:1$

B．橡皮绳甲、乙的劲度系数之比为$1:\sqrt{3}$

C．剪断橡皮绳甲的瞬间，物体的加速度大小为$\frac{\sqrt{3}g}{2}$

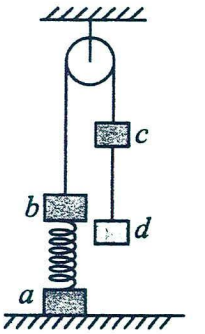
D．剪断橡皮绳乙的瞬间，物体的加速度大小为$\frac{g}{2}$

3．如图，质量分别为$4m$、$3m$、$2m$、m的四个小球A、B、C、D，通过细线或轻弹簧互相连接，悬挂于O点，处于静止状态，重力加速度为g。若将B、C间的细线剪断，则剪断瞬间B和C的加速度大小分别为（　）



A．g，$1.5g$　　B．2g，$1.5g$　　C．2g，$0.5g$　　D．g，$0.5g$

4．物体a与b通过轻弹簧连接，b、c、d三个物体用不可伸长的轻线通过定滑轮连接，如图，系统处于静止状态，a恰好和地面无挤压。已知a、c、d的质量均为m，弹簧的劲度系数为k。物体在运动过程中不会与滑轮相碰，不计一切阻力，重力加速度为g。下列说法正确的是（　）



A．将c与d间的线剪断，此时c的瞬时加速度为0

B．将c与d间的线剪断，此时b的瞬时加速度为0

C．将c与d间的线剪断，此时bc间绳子的拉力为1.5mg

D．将c与d间的线剪断，b下降$\frac{2mg}{k}$时的速度最大

5．如图所示，质量相等且为m的两滑块P、Q置于水平桌面上，二者用劲度系数为k的轻弹簧水平连接，两滑块与桌面间的动摩擦因数均为μ，重力加速度大小为g。用水平向右的拉力F拉动P，使两滑块向右一起做匀速直线运动，下列说法正确的是（　　）



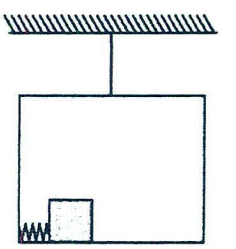
A．弹簧的伸长量为$\frac{2\mu mg}{k}$　　B．拉力F的大小为2μmg

C．撤去拉力F瞬间，P的加速度为μg　　D．撤去拉力F瞬间，Q的加速度为μg

题型二：接触面弹力突变

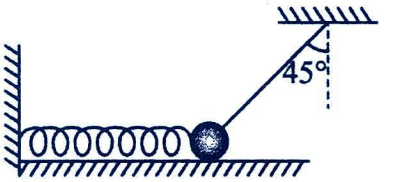
【精选例题】

【例1】如图所示，一根细线一端系在天花板上，另一端系在木箱上，木箱内放有一个质量m=0.1kg的物块，物块与水平轻质弹簧相连，弹簧的另一端与木箱左壁相连，此时弹簧处于伸长状态，弹簧的弹力为0.5N，物块保持静止状态。取重力加速度g=10m/s²。用剪刀把细线剪断的瞬间，物块的加速度大小是（　　）



A．a=0　　B．$a=5\text{m/s}^2$　　C．$a=10\text{m/s}^2$　　D．$a=5\sqrt{5}\text{m/s}^2$

【例 2】（多选题）如图所示，在光滑的水平面上有一个质量 $m=1\text{kg}$ 的小球，小球分别连接水平轻弹簧及与竖直方向成 $\theta=45°$ 角的不可伸长的轻绳，此时小球处于静止状态，且水平面对小球的弹力恰好为零，在剪断轻绳的瞬间，g 取 10m/s^2，下列说法正确的是（　）



A．剪断细线的瞬间，弹簧的弹力不变，且大小等于 mg

B．小球所受合力为零

C．小球立即具有向左的加速度 $a=10\text{m/s}^2$

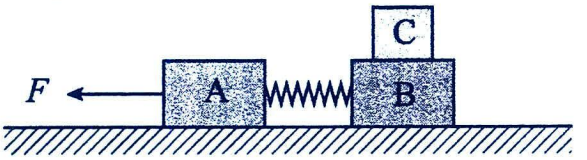
D．小球立即具有向左的加速度 $a=8\text{m/s}^2$

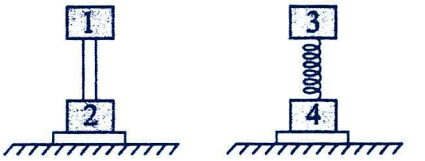
【变式训练】

1．（多选题）如图所示，三个质量都为 1kg 的物块 A、B、C 放在光滑水平面上，A、B 间用轻质弹簧相连。现用大小为 9N、方向水平向左的力作用在 A 上，稳定后 A、B、C 一起向左做匀加速直线运动。弹簧在弹性限度内。下列说法正确的是（　　）

A．弹簧的弹力大小等于 8N　　B．B、C 间的摩擦力大小为 3N

C．拿走 C 的瞬间，B 的加速度大小为 6m/s^2　　D．拿走 C 的瞬间，A 的加速度大小为 0





2．如图所示，物块 1、2 间用竖直刚性轻质杆连接，物块 3、4 间用竖直轻质弹簧相连，物块 1、3 的质量为 m，物块 2、4 的质量为 M，两个系统均置于水平放置的光滑木板上，并处于静止状态．现将两木板沿水平方向突然抽出，设抽出后的瞬间，物块 1、2、3、4 的加速度大小分别为 a_1、a_2、a_3、a_4。重力加速度为 g，则有（　　）

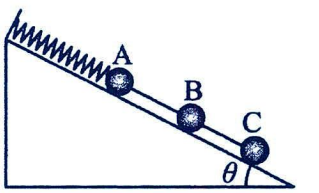
A．$a_1=a_2=a_3=a_4=0$　　B．$a_1=a_2=a_3=a_4=g$

C．$a_1=a_2=g$，$a_3=0$，$a_4=\dfrac{m+M}{M}g$　　D．$a_1=g$，$a_2=\dfrac{m+M}{M}g$，$a_3=0$，$a_4=\dfrac{m+M}{M}g$

题型三：部分加速度相同

【精选例题】

【例 1】（多选题）如图所示，A、B 两球质量均为 m，C 球质量为 2m，轻质弹簧一端固定在倾角为 θ 的光滑斜面顶端，另一端与 A 球相连，A、B 间固定一轻杆，B、C 间由一轻质细线连接。斜面固定在水平地面上，弹簧、轻杆与细线均平行于斜面，初始时系统处于静止状态，重力加速度为 g。某时刻剪断细线，细线被剪断的瞬间，下列说法正确的是（　　）



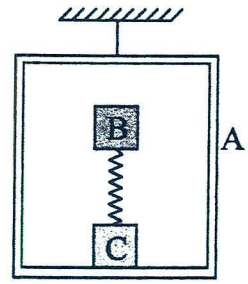
A．A 球的加速度为 0

B．B 球加速度沿斜面向上，大小为 $g\sin\theta$

C．C 球的加速度沿斜面向下，大小为 g

D．轻杆对 B 的拉力大小为 $2mg\sin\theta$

【例 2】（多选题）如图所示，吊篮 A、物体 B、物体 C 的质量均为 m，B 和 C 分别固定在竖直弹簧两端，弹簧的质量不计。整个系统在轻绳悬挂下处于静止状态，现将悬挂吊篮的轻绳剪断，在轻绳刚断的瞬间（　　）

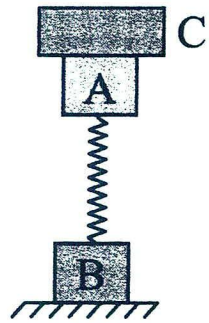


A．物体 B 的加速度大小为 g　　B．物体 C 与吊篮 A 间的弹力大小为 0.5mg

C．物体 C 的加速度大小为 2g　　D．吊篮 A 的加速度大小为 1.5g

【变式训练】

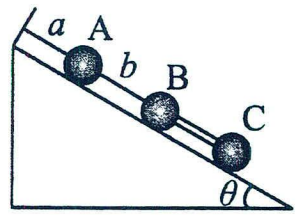
1．（多选题）如图所示，质量均为 m 的木块 A 和 B 用一轻弹簧相连，竖直放在光滑的水平面上，二者处于静止状态，重力加速度为 g。将质量为 2m 的木块 C 放在 A 上的瞬间，则（　　）



A．弹簧的弹力大小变为 3mg　　B．弹簧的形变量不变

C．B 对水平面的压力大小变为 4mg　　D．A 的加速度大小为$\frac{2}{3}g$

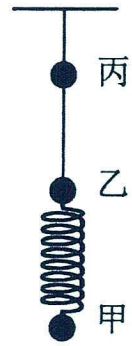
2．（多选题）如图，倾角为θ的光滑斜面固定在水平地面上，斜面上有三个小球 A、B、C，上端固定在斜面顶端的轻绳 a，下端与 A 相连，A、B 间由轻绳 b 连接，B、C 间由一轻杆相连。初始时刻系统处于静止状态，轻绳 a、轻绳 b 与轻杆均平行于斜面。已知 A、B、C 的质量分别为 m、2m、3m，重力加速度大小为 g。现将轻绳 b 烧断，则烧断轻绳 b 的瞬间，下列正确的是（）



A．轻绳 a 的拉力大小为 6mgsinθ　　B．B 的加速度大小为 gsinθ，方向沿斜面向下

C．C 的加速度为 0　　D．杆的弹力为 0

3．如图所示，甲、乙、丙三个小球的质量分别为 m、2m、3m。甲、乙通过轻弹簧相连，乙、丙通过轻杆相连，丙通过轻绳悬挂在天花板上。系统处于静止状态，重力加速度为 g。现剪断丙与天花板之间的轻绳。在剪断轻绳瞬间，甲、乙加速度 a_1、a_2 的大小及轻杆弹力 F 大小为（　　）



A．$a_1=a_2=g$，F=0　　B．$a_1=0$，$a_2=g$，F=mg

C．$a_1=0$，$a_2=1.2g$，F=0.6mg　　D．$a_1=0$，$a_2=1.2g$，F=0.4mg

题型四：切向加速度

【精选例题】

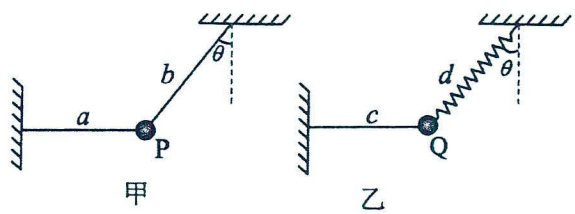
【例 1】如图，图甲中质量为 m 的 P 球用 a、b 两根细线拉着处于静止，图乙中质量为 m 的 Q 球用细线 c 和轻质弹簧 d 拉着处于静止。已知细线 a、c 均水平，细线 b、弹簧 d 与竖直方向的夹角均为θ，现剪断细线 a、c，不计空气阻力，已知重力加速度为 g，下列说法正确的是（　　）

A．剪断细线 a 瞬间，细线 b 的拉力大小为 $mg\cos\theta$

B．剪断细线 c 瞬间，弹簧 d 的拉力大小为 $mg\cos\theta$

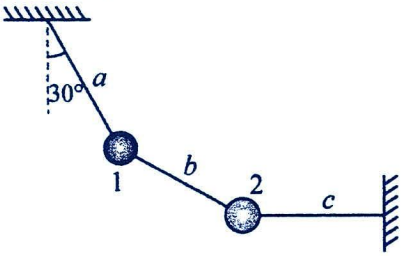
C．剪断细线 a 瞬间，P 球的加速度为 $g\cos\theta$

D．剪断细线 c 瞬间，Q 球的加速度为 $g\cos\theta$



【变式训练】

1．用三根细线 a、b、c 将质量均为 m 的两个小球 1 和 2 连接并悬挂，如图所示。两个小球处于静止状态，细线 a 与竖直方向的夹角为 30°，细线 c 水平，重力加速度为 g，下列说法正确的是（ ）



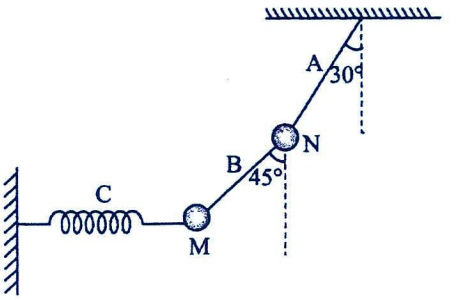
A．细线 a 上的张力大小为 4mg

B．细线 c 上的张力大小为 2mg

C．剪断细线 b 瞬间小球 1 的加速度大小为$\frac{g}{2}$

D．剪断细线 b 瞬间小球 1 的加速度大小为 g

2．（多选题）如图所示，两小球 M、N 分别与两段轻绳 A、B 和一轻弹簧 C 连接。两小球静止时，轻绳 A、B 与竖直方向的夹角分别为 30°、45°，弹簧 C 沿水平方向，（已知重力加速度为 g）则下列说法正确的是（ ）



A．球 M 和球 N 的质量之比$\left(\sqrt{3}+1\right):2$

B．轻绳 A 和弹簧 C 的弹力之比为1:2

C．剪断轻绳 B 的瞬间，球 N 的加速度大小为$\frac{1}{2}g$

D．剪断轻绳 B 的瞬间，球 M 的加速度大小为$\left(\sqrt{2}-1\right)g$

考点二：等时圆模型

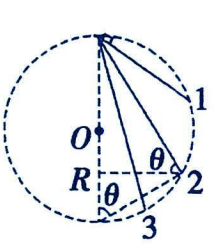
1．同圆周的斜面——三类“等时圆”模型

(1)圆周内同顶端的斜面(如图甲所示)：即在竖直面内的同一个圆周上，各斜面的顶端都在竖直圆周的最高点，底端都落在该圆周上某点。

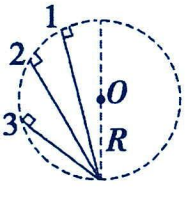
由于 L＝2R·sinθ，代入上面的通式可得 t＝$\sqrt{\frac{4R}{g}}$，可推得：$t_1=t_2=t_3$。

(2)圆周内同底端的斜面(如图乙所示)：即在竖直面内的同一个圆周上，各斜面的底端都在竖直圆周的最低点，顶端都源自该圆周上的不同点。同理可推得：$t_1=t_2=t_3$。

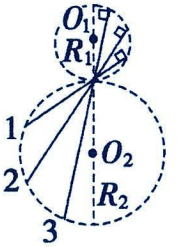
(3)双圆周内的斜面(如图丙所示)：即在竖直面内两个圆，两圆心在同一竖直线上且两圆相外切。各斜面过两圆的公共切点且顶端源自上方圆周上某点，底端落在下方圆周上的相应位置。同理可推得：$t_1=t_2=t_3$。



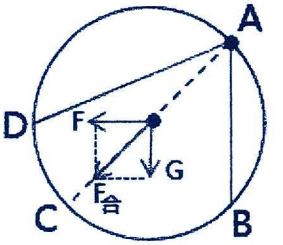
甲



乙



丙



丁

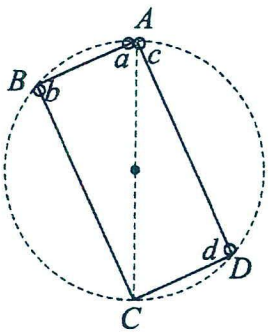
总结：等时圆模型的共性是运动的初速度为零且轨迹弦都有一个公共交点，该交点为圆的最高点或最低点，而另一端在圆上。

（4）拓展：如图丁，质点受重力和某方向的恒力作用，合力沿 AC 方向；圆周内从 A 点无初速度沿任意的弦滑下落在该圆周上某点，时间均相等，即：$t_{AD}=t_{AB}$。

题型一：等时圆

【精选例题】

【例 1】如图所示，四根光滑杆 AB、BC、AD、DC 被固定成一个平行四边形 ABCD。四个顶点恰好位于同一个圆上，且 A、C 两点是圆的最高点和最低点，圆的半径为 R。四个相同的光滑圆环 a、b、c、d 分别套在四根杆的上端由静止释放，不计空气阻力，则下列说法正确的是（）



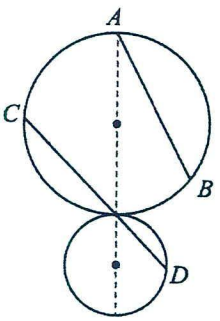
A．圆环 a 滑到 B 端的时间比圆环 b 滑到 C 端的时间短

B．圆环 b 滑到 C 端的时间比圆环 d 滑到 C 端的时间长

C．四个圆环到达各自杆的底端所用时间都相同

D．四个圆环到达各自杆的底端所用时间各不相同

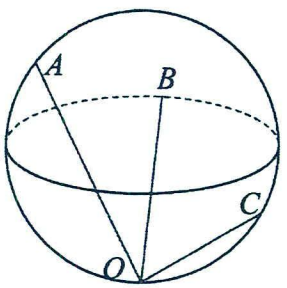
【例 2】如图，竖直平面内存在半径为 R 的大圆和半径为 r 的小圆，两个圆的公切线水平，有两条倾斜的光滑轨道，一条与大圆相交于 A、B 两点，A 点为大圆的最高点，另一条轨道一端交于大圆的 C 点，另一端交于小圆的 D 点，且过大圆和小圆的公切点。现让一物体分别从两条轨道的顶端 A、C 由静止释放，分别滑到 B 点和 D 点（假设物体能够无障碍地穿过 CD 与圆的交叉点），物体在两条轨道上的运动时间分别为t_{AB}、t_{CD}，重力加速度为 g，下列判断正确的是（ ）



A．$t_{AB}=t_{CD}$　　B．$t_{AB}>t_{CD}$　　C．$t_{AB}=\sqrt{\frac{2R}{g}}$　　D．$t_{CD}=2\sqrt{\frac{R+r}{g}}$

【变式训练】

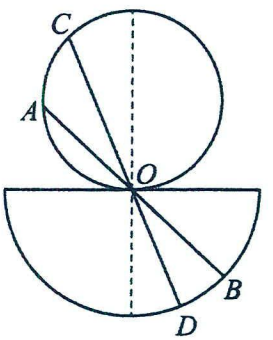
1．如图所示，球壳内有三条弦 OA、OB、OC，O 为球内的最低点，它们与水平面间的夹角分别为 60°、45°、30°。三个光滑的小环分别从 A、B、C 处由静止沿所在弦下滑，运动到最低点所用的时间分别为t_A、t_B、t_C，则三者之间大小关系为（　　）



A．$t_A=t_B=t_C$　　B．$t_A<t_B<t_C$

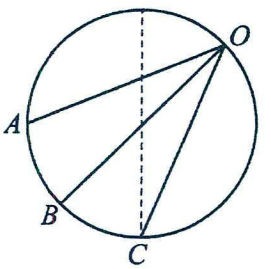
C．$t_A>t_B>t_C$　　D．$t_A=t_C>t_B$

2．如图所示，有一半圆，其直径水平与另一圆的底部相切于圆心O点，现有两条光滑轨道 AB、CD，两轨道都经过切点 O，A、B、C、D 四个点分别位于上下两周的圆周上，现在让一物块先后从两轨道顶端 A、C 由静止下滑经 O 点至底端 B、D，则物块在两段倾斜轨道上滑动时所经历的时间关系为（　　）



A．$t_{AO}<t_{CO}$　　B．$t_{AO}>t_{CO}$　　C．$t_{AB}>t_{CD}$　　D．$t_{AB}=t_{CD}$

3．如图所示，位于竖直平面内的圆内有 OA、OB、OC 三条光滑轨道，已知在t=0 时，a、b、c 三球分别从 O 由静止开始沿光滑倾斜直轨道运动到 A、B、C 三点，所用时间分别为t_1、t_2、t_3，下列关系正确的是（ ）

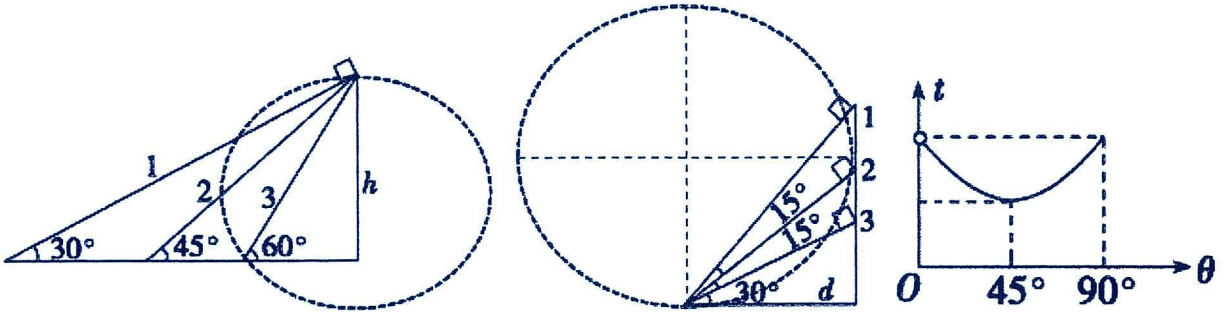


A．$t_1>t_2>t_3$　　B．$t_1<t_2<t_3$　　C．$t_1=t_2=t_3$　　D．无法确定

题型二：等时三角形

1．等高的斜面(如图甲所示)

由 $L=\frac{h}{\sin\theta}$，代入上面的通式可得 $t=\frac{1}{\sin\theta}\sqrt{\frac{2h}{g}}$，由此可知倾角越小，下滑时间越长，故图甲中：$t_1>t_2>t_3$。



甲　　乙　　丙

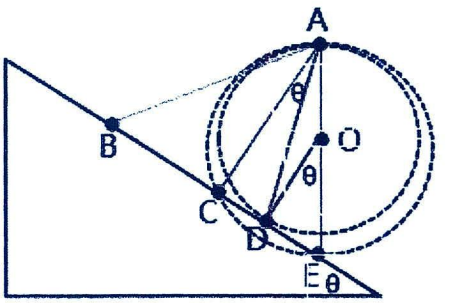
2.同底的斜面(如图乙所示)

由于 $L=\frac{d}{\cos\theta}$，代入上面的通式可得 $t=\sqrt{\frac{4d}{g\sin 2\theta}}$，由此可知：

(1)θ＝45°时下滑时间最短；

(2)倾角θ关于“θ＝45°”数值对称的两个斜面（$\theta_1+\theta_2=90°$）上的下滑时间 t 相等。其 t-θ图像如图丙，故图乙中：$t_1=t_3>t_2$。

3.如图丁，斜面底角为θ，以竖直线 AE 为直径作圆，交斜面于 C、E，由几何关系有:AC⊥BE；故图丁中：$t_B>t_C=t_E>t_D$。



丁

【精选例题】

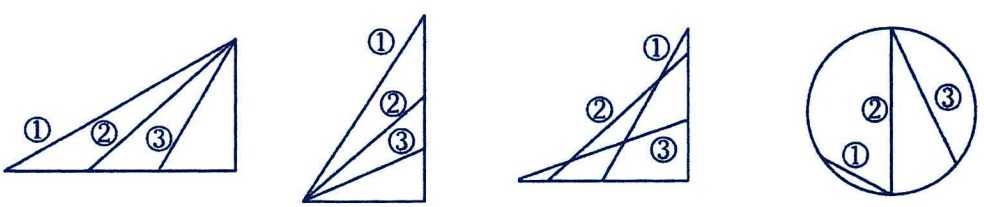
【例 1】（多选题）下列甲、乙、丙、丁四图中的 1、2、3 是三个光滑轨道，甲、乙、丙图中的三个轨道与水平面的夹角从大到小均为 60°、45°、30°，甲图中三个轨道的起点高度相同，乙图中三个轨道对应的水平底边相同，丙图中三个斜轨道的长度相同，丁图中②轨道为竖直直径，①③轨道的一端分别与②轨道的底端和顶端在同一点上，另一端分别在圆周上。现让同一物体分别沿四个图中的三个光滑轨道从顶端由静止开始下滑，到达底端所用的时间分别为 t_1、t_2、t_3，下列说法正确的是（　　）

A．对于甲图有：$t_1<t_2<t_3$

B．对于乙图有：$t_2<t_1=t_3$

C．对于丙图有：$t_1<t_2<t_3$

D．对于丁图有：$t_1<t_3<t_2$

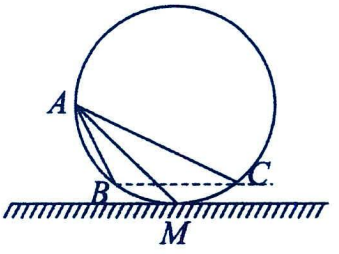


甲　　乙　　丙　　丁

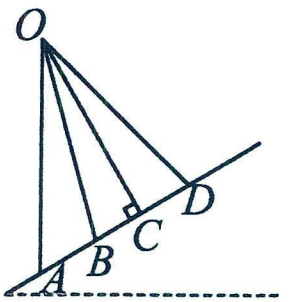
【例 2】（多选题）如图，位于竖直平面内的固定圆环与水平地面相切于 M 点，A 点是圆环水平直径的左端点，B、C 位于圆环的同一水平线上，AB、AM、AC 是三条光滑倾斜直轨道，a、b、c 三个小球分别由 A 点从静止开始释放，分别运动到 B、M、C 点，则下列说法正确的（）

A．球 a 运动到 B 点所用的时间最短　　B．球 b 运动到 M 点所用的时间最长

C．球 c 运动到 C 点所用的时间最长　　D．三球所用的时间一样长



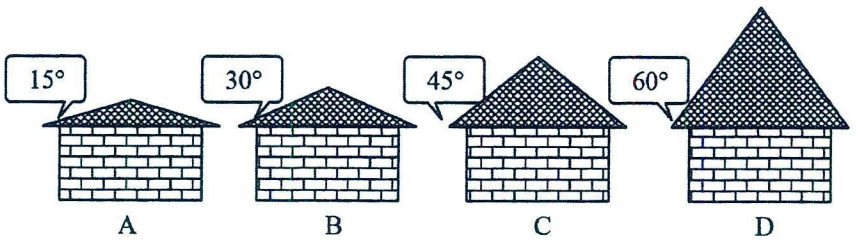
【例 3】（多选题）如图，在斜面上有四条光滑细杆，其中 OA 杆竖直放置，OB 杆与 OD 杆等长，OC 杆与斜面垂直放置，每根杆上都套一个小滑环（图中未画出），四个环分别从 O 点由静止释放，沿 OA、OB、OC、OD 滑到斜面上所用的时间依次为t_1、t_2、t_3、t_4。下列关系正确的（　　）



A．$t_1=t_2$　　B．$t_2<t_3$　　C．$t_2<t_4$　　D．$t_2=t_4$

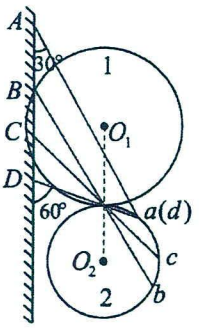
【变式训练】

1．为了使雨滴能尽快地淌离房顶，要设计好房顶的坡度，设雨滴沿房顶下淌时做无初速度无摩擦的运动，如图所示的四种情况中四个屋顶截面图对应三角形底边宽度相同，则最符合要求的是（$\sin 2\theta=2\sin\theta\cos\theta$）（　　）



A．（A）　　B．（B）　　C．（C）　　D．（D）

2．如图所示，圆 1 和圆 2 外切，它们的圆心在同一竖直线上。有四块光滑的板，它们的一端搭在竖直墙面上，另一端搭在圆 2 上，其中 B、C、D 三块板都通过两圆的切点，B 上端在圆 1 上，C 上端在圆 1 内，D 上端在圆 1 外，A 板与 D 板最低点交于一点 a（d），且两板与竖直墙面的夹角分别为30°、60°。从 A、B、C、D 上端同时由静止释放一个物块，它们都沿板运动，到达板底端的时间分别为t_A、t_B、t_C、t_D，下列判断正确的是（　　）

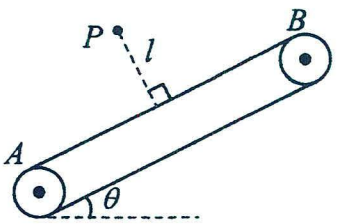


A．$t_B>t_D$　　B．$t_A=t_B$　　C．$t_A>t_B$　　D．$t_A>t_D$

3．如图所示，AB 是一个倾角为θ的传送带，上方离传送带表面距离为l的 P 处为原料输入口，为避免粉尘飞扬，在 P 与 AB 传送带间建立一直线光滑管道，使原料无初速度地从 P 处以最短的时间到达传送带上，则最理想管道做好后，原料从 P 处到达传送带的时间为（　　）

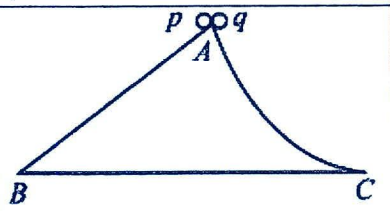
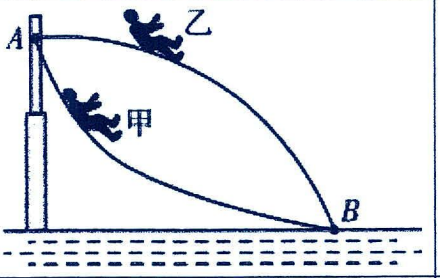
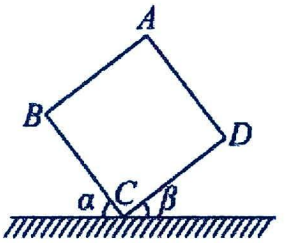
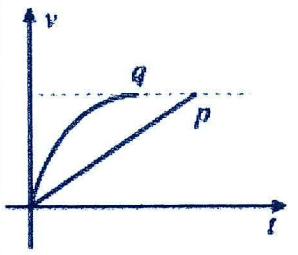
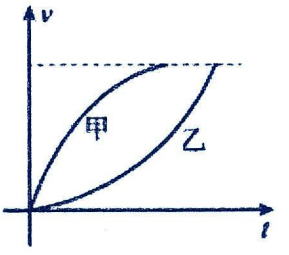
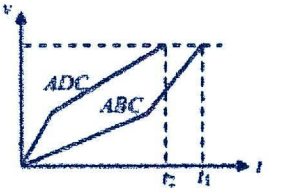
A．$\sqrt{\dfrac{2l}{g\cos\theta}}$　　B．$\dfrac{1}{\cos\theta}\sqrt{\dfrac{2l}{g}}$

C．$\sqrt{\dfrac{2l}{g\cos\dfrac{\theta}{2}}}$　　D．$\dfrac{1}{\cos\dfrac{\theta}{2}}\sqrt{\dfrac{2l}{g}}$



题型三："等路程"问题

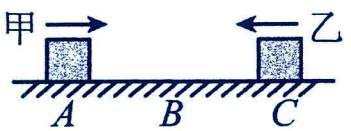
质点仅受重力，沿不同路径向下运动相同高度差，如图，可利用速率-时间图像解决运动时间长短问题。

	模型一	模型二	模型三
轨道模型			
速率时间图			

【精选例题】

【例 1】如图所示，甲、乙两物体分别从 A、C 两地由静止出发做匀加速运动，B 为 AC 中点，两物体在 AB 段的加速度大小均为 a_1，在 BC 段的加速度大小均为 a_2，且 $a_1<a_2$，若甲由 A 到 C 所用时间为 $t_{甲}$，乙由 C 到 A 所用时间为 $t_{乙}$，则 $t_{甲}$和 $t_{乙}$的大小关系为（　　）

A．$t_{甲}=t_{乙}$　　B．$t_{甲}<t_{乙}$　　C．$t_{甲}>t_{乙}$　　D．无法确定



【变式训练】

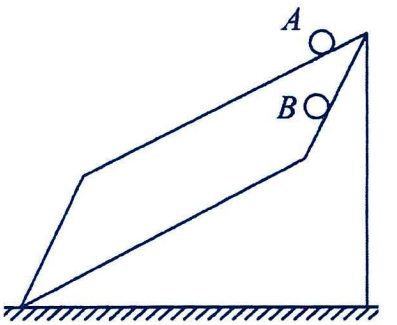
2．（多选题）伽利略对自由落体运动的研究，设计了让铜球沿阻力很小的斜面滚下，来"冲淡"重力的作用效果，便于时间和位移的测量，证明了沿阻力很小（看成光滑）的斜面滚下的小球是匀加速直线运动，斜面倾角相同时加速度是相同的，斜面倾角越大加速度越大。如图，竖直平面内有一平行四边形的光滑轨道，两小球（视为质点）从轨道顶点静止释放：A 球先走平行四边形的长边，再走短边；B 球先走平行四边形的短边，再走长边。两球过长短边的转折点时不脱离轨道平顺过渡，速度大小不变，时间也非常短暂忽略不计。则（　　）

A．滑到底点时，两球的速度大小相同

B．滑到底点时，B 球的速度大于 A 球的速度

C．从轨道顶点滑到底点，A 球所用时间较长

D．从轨道顶点滑到底点，B 球所用时间较长



考点三：超重与失重

1．实重和视重

(1)实重：物体实际所受的重力，与物体的运动状态无关(选填“无关”或“相关”).

(2)视重：当物体挂在弹簧测力计下或放在水平台秤上时，弹簧测力计或台秤的示数称为视重.

2．超重、失重和完全失重的对比

名称	超重	失重	完全失重
现象	视重大于实重	视重小于实重	视重等于 0
产生条件	物体的加速度向上	物体的加速度向下	物体竖直向下的加速度等于 g
对应运动情境	加速上升或减速下降	加速下降或减速上升	自由落体运动、竖直上抛运动、宇宙航行等
原理	F－mg＝ma F＝mg＋ma	mg－F＝ma F＝mg－ma	mg－F＝mg F＝0

3．判断超重和失重的方法

从受力的角判断	当物体所受向上的拉力(或支持力)： (1)大于重力时，物体处于超重状态； (2)小于重力时，物体处于失重状态； (3)等于零时，物体处于完全失重状态。
从加速度的度判断	当物体具有的加速度： (1)方向向上(或竖直分量向上)时，物体处于超重状态； (2)方向向下(或竖直分量向下)时，物体处于失重状态； (3)等于重力加速度时，物体处于完全失重状态。
从速度变化角度判断	(1)物体向上加速或向下减速运动时，物体处于超重状态； (2)物体向下加速或向上减速运动时，物体处于失重状态。

4.超重和失重的理解

（1）不论超重、失重或完全失重，物体的重力都不变，只是“视重”改变。

（2）在完全失重的状态下，一切由重力产生的物理现象都会完全消失。如天平失效、浸在水中的物体不再受浮力作用、液柱不再产生压强等。

（3）即使物体的加速度不是竖直方向，但只要在竖直方向上有分加速度，物体就会处于超重或失重状态。

题型一：基础应用

【精选例题】

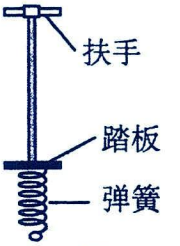
【例 1】图甲为一儿童玩具——弹簧高跷。当人抓住扶手用力蹬踏板压缩弹簧后，人就向上弹起，进而带动高跷跳跃，如图乙。不计空气阻力，则（　）

A．人向上弹起过程中，踏板对人的作用力大于人对踏板的作用力

B．人向上弹起过程中，先处于失重状态后处于超重状态

C．弹簧压缩到最低点时，高跷对人的作用力大于人的重力

D．从最高点下落至最低点的过程，人先做匀加速运动后做匀减速运动



甲


乙

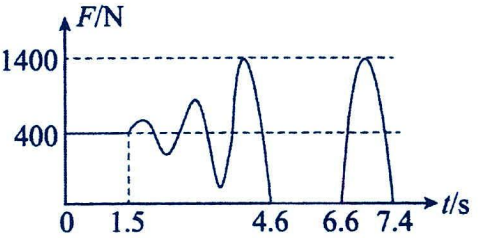
【例 2】蹦床运动是一种集竞技、健身、观赏和娱乐于一体的综合性运动。某同学在练习蹦床运动时在弹性网上安装压力传感器，利用压力传感器记录了他运动过程中所受蹦床弹力 F 随时间 t 的变化图像，如图所示。不计空气阻力，取重力加速度大小 g=10m/s²。下列说法正确的是（ ）

A．该同学刚开始处于静止状态，可算出其质量为 45kg

B．该同学在 6.6s~7.4s 内先处于失重状态，后一直处于超重状态

C．该同学全程的最大加速度为10m/s²

D．该同学在 4.6~6.6s 内离开蹦床上升的最大高度为 5m



【变式训练】

1. 如图甲所示，质量为 m 的物块挂在弹簧秤的下端，在弹簧秤的拉力作用下沿竖直方向从静止开始做直线运动。取竖直向上为正方向，物块的加速度随时间的变化关系如图乙所示，弹簧秤始终在弹性限度内。下列说法正确的是（　　）

A．0~6s 内物块先超重后失重，弹簧秤的示数先增大后减小

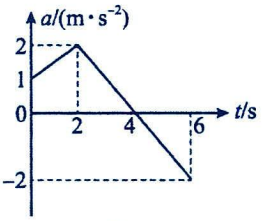
B．2s~6s 内物块先超重后失重，速度变化量不为零

C．0~6s 内物块先失重后超重，6s 时物块的运动方向向下

D．弹簧秤在 2s 末和 6s 末的示数相同，物块在 2s 末和 6s 末速度等大反向



甲



乙

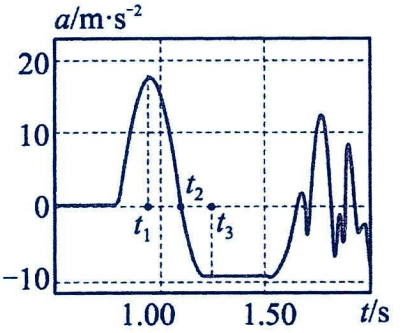
2. 利用智能手机的加速度传感器可直观显示手机的加速度情况。用手掌托着手机，打开加速度传感器后，手掌从静止开始上下运动。以竖直向上为正方向，测得手机在竖直方向的加速度随时间变化的图像如图所示，则手机（　　）

A．在 t_1 时刻速度最大

B．在 t_2 时刻开始减速上升

C．在 t_1 ~ t_2 时间内处于失重状态

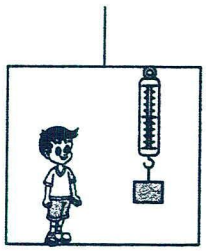
D．在 t_1 ~ t_2 时间内受到的支持力逐渐增大



题型二：电梯问题

【精选例题】

【例 1】电梯顶部有一弹簧秤，秤下端挂了一个重物，电梯匀速直线运动时秤的示数为10N，某时刻电梯中的人观察到秤的示数变为 8N，以下说法正确的是（g=10m/s²）（　　）



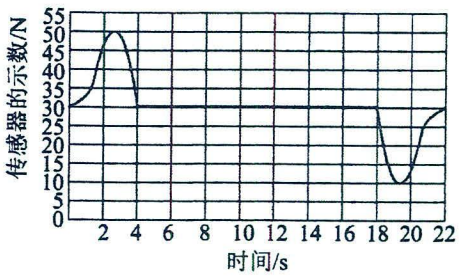
A．电梯可能向上加速运动，加速度大小为 4m/s²

B．电梯可能向下加速运动，加速度大小为 2m/s²

C．电梯可能向上减速运动，加速度大小为 4m/s²

D．电梯可能向下减速运动，加速度大小为 2m/s²

【例 2】在沿竖直方向运行的电梯中，把物体置于放在水平面的台秤上，台秤与力传感器相连，当电梯从静止开始加速上升，然后又匀速运动一段时间，最后停止运动时，与传感器相连的电脑荧屏上显示出传感器的示数与时间的关系图像如图。下列说法中正确的是（　　）（g 取10m/s²）



A．18~20s 过程中，物体的重力先变小后变大

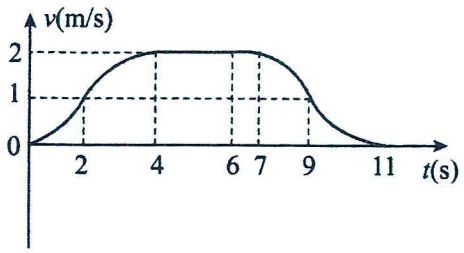
B．该物体的质量为 5kg

C．电梯在超重时最大加速度大小约为$16.67\mathrm{m/s^2}$

D．电梯在失重时最大加速度大小约为$6.67\mathrm{m/s^2}$

【变式训练】

1．质量为$m=60\mathrm{kg}$的乘客乘坐电梯下楼，在电梯竖直下降的过程中，速度 v 随时间 t 变化的图线如图所示，以竖直向下的方向为正方向，已知$g=10\mathrm{m/s^2}$，下列说法正确的是（　　）



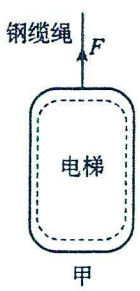
A．在 0～4s 内，乘客对电梯的压力 F 一直在增大

B．在$t=2\mathrm{s}$时，乘客对电梯的压力$F>600\mathrm{N}$

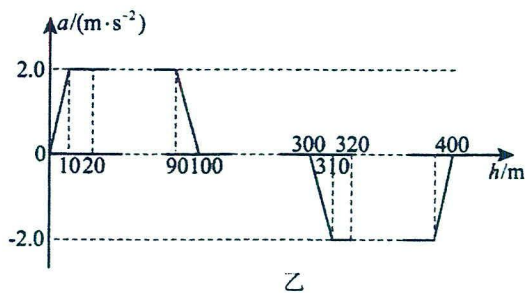
C．在$t=2\mathrm{s}$和$t=9\mathrm{s}$，乘客对电梯的压力 F 大小相等

D．7s～11s 内，乘客对地面的压力一直大于 600N

2．（多选题）上海中心大厦的高速电梯堪称世界之最，55 秒可到达 119 层。某人某次乘坐高速电梯由静止开始向上运动的简化模型如图甲。已知电梯上行时的加速度 a 随上升高度 h 变化的图像如图乙，电梯总质量$m=1.0\times10^3\mathrm{kg}$，钢缆绳对电梯的拉力用 F 表示，忽略一切阻力，重力加速度 g 取$10\mathrm{m/s^2}$。下列说法正确的（　）



甲



乙

A．电梯上升的过程中钢缆绳拉力 F 的最小值为$1.0\times10^4\mathrm{N}$

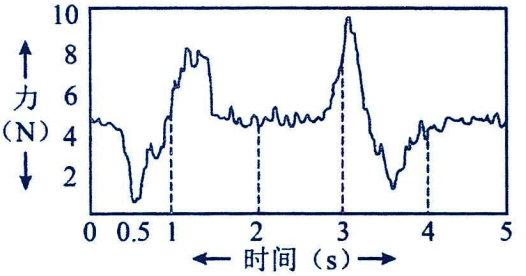
B．电梯上升的过程中钢缆绳拉力 F 的最大值为$1.2\times10^4\mathrm{N}$

C．电梯运行的最大速度大小为$6\sqrt{10}\mathrm{m/s}$

D．电梯由 h=0 上升至 h=100m 的过程中，增加的机械能为$1.72\times10^6\mathrm{J}$

题型三：下蹲与起跳

【精选例题】

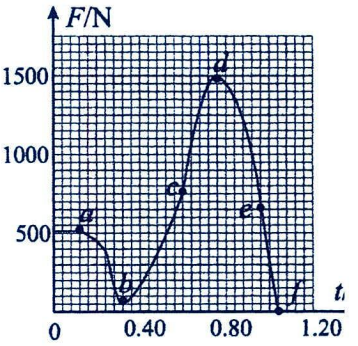


【例 1】某同学在手机上放一本《现代汉语词典》并打开手机软件里的压力传感器，托着手机做下蹲——起立的动作，传感器记录的压力随时间变化的图线如图所示，纵坐标为压力，横坐标为时间。根据图线下列说法正确的是（　　）

A．0~5s 内该同学做了 2 次下蹲——起立的动作　　B．起立过程中人始终处于超重状态

C．图中 0.5s 时人处在下蹲的最低点　　D．3s 时加速度方向竖直向上

【例 2】在高台跳水项目中，跳水运动员站在跳台上要完成静止、下蹲、起跳、离开台面等一系列动作，如图为通过力传感器获取的某跳水运动员（站在力传感器上）在完成这一系列动作过程中与跳台的作用力随时间的变化规律。取重力加速度 $g=10m/s^2$。则下列说法正确的是（　　）

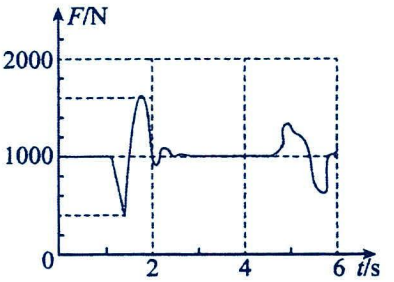


A．该运动员的质量为 45kg　　B．b 点为运动员下蹲的最低点

C．运动员在 d 点的加速度大于 f 点的加速度　　D．运动员在 e、f 点均处于失重状态

【变式训练】

1．（多选题）某举重运动员在力传感器上训练做“下蹲”“站起”动作，某段时间内力传感器的示数随时间变化的图像如图所示。由稳定的站姿到稳定的蹲姿称为“下蹲”过程，由稳定的蹲姿到稳定的站姿称为“站起”过程，重力加速度 $g=10m/s^2$，下列说法正确的是（　　）



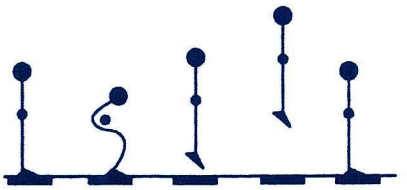
A．“下蹲”过程中，该运动员先处于失重状态后处于超重状态

B．“站起”过程中，该运动员先处于失重状态后处于超重状态

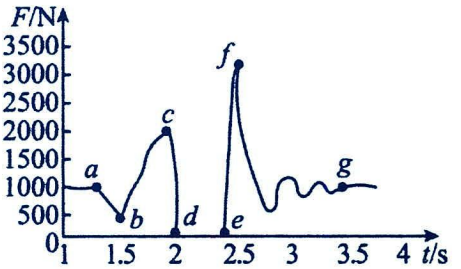
C．“下蹲”时，该运动员对力传感器的压力小于力传感器对他的支持力

D．这段时间内，该运动员加速度的最大值为 $6m/s^2$

2．图甲是莱芜一中尚清华同学站在接有力传感器的板上做下蹲、起跳动作的示意图，图中的 O 点表示他的重心。图乙是传感器所受压力随时间变化的图像，图像上 a、b 两点的纵坐标分别为 900N 和 300N，重力加速度 $g=10m/s^2$，不计空气阻力。根据图像分析可知（　　）



甲



乙

A．尚清华的重力可由 b 点读出，为 300N

B．尚清华在 b 到 c 的过程中先处于超重状态再处于失重状态

C．尚清华在双脚与板不接触的过程中处于完全失重状态

D．尚清华在 b 点对应时刻的加速度大于在 c 点对应时刻的加速度

第十六讲：牛顿运动定律应用（二）

考点一：连接体问题

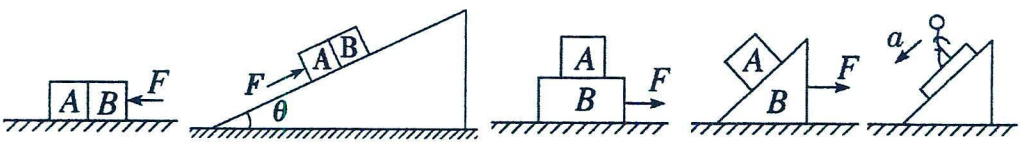
1．连接体：多个相互关联的物体连接(叠放、并排或由绳子、细杆、弹簧等联系)在一起构成的物体系统称为连接体．连接体一般(含弹簧的系统，系统稳定时)具有相同的运动情况(速度、加速度)。

2.处理连接体问题的关键——整体法与隔离法的灵活运用

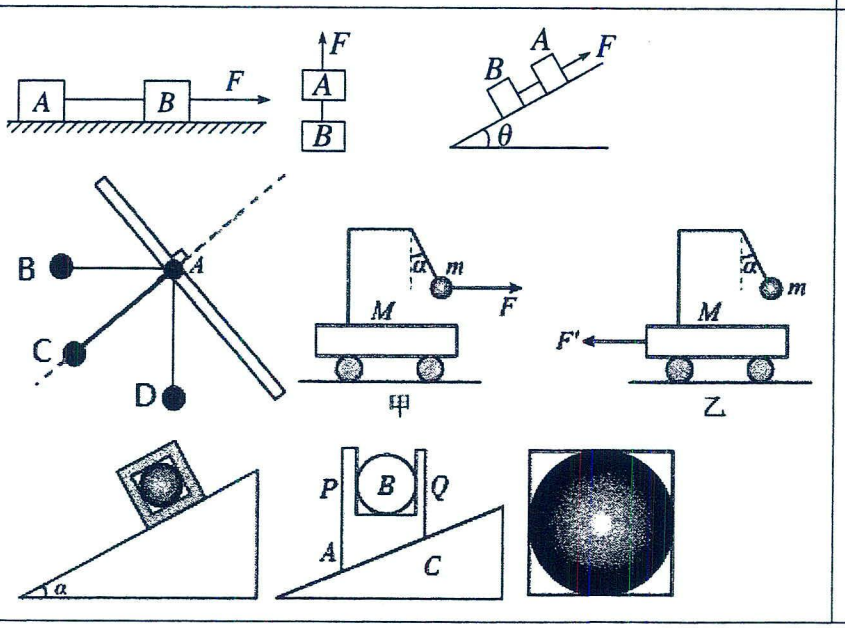
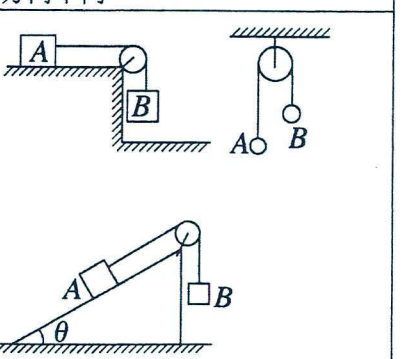
整体法的选取原则	若连接体内各物体具有相同的加速度，且不需要求物体之间的作用力，可以把它们看成一个整体，分析整体受到的外力，应用牛顿第二定律求出加速度
隔离法的选取原则	若连接体内各物体的加速度不相同，或者要求出系统内两物体之间的作用力时，就需要把物体从系统中隔离出来，应用牛顿第二定律列方程求解
整体法、隔离法的交替运用	若连接体内各物体具有相同的加速度，且要求物体之间的作用力时，可以先用整体法求出加速度，然后再用隔离法选取合适的研究对象，应用牛顿第二定律求作用力，即“先整体求加速度，后隔离求内力”.

3．常见的连接体

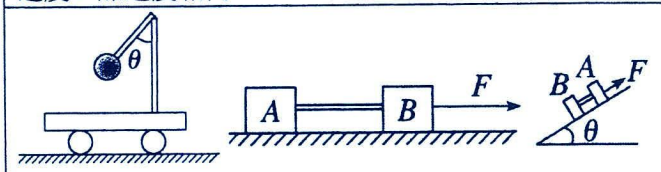
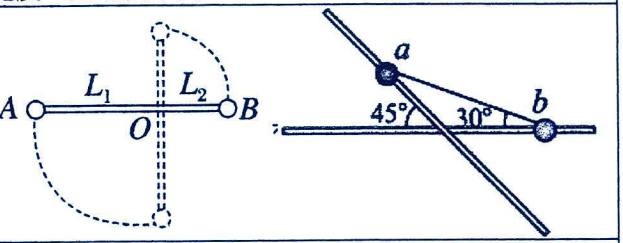
(1)物物叠放连接体：两物体通过弹力、摩擦力作用，具有相同的速度和加速度



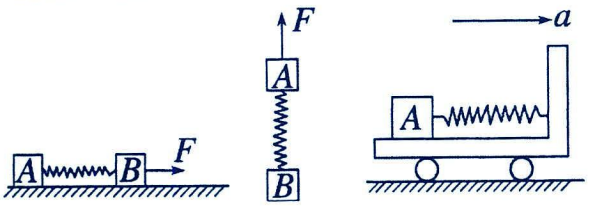
(2)轻绳连接体：轻绳在伸直状态下，两端的连接体沿绳方向的速度总是相等。

速度、加速度相同	速度、加速度大小相等 方向不同
	

(3)轻杆连接体：轻杆平动时，连接体具有相同的平动速度.

速度、加速度相同	速度、加速度不同
	
平动时，连接体具有相同的平动速度	轻杆转动时，连接体具有相同的角速度

(4)弹簧连接体：在弹簧发生形变的过程中，两端连接体的速度、加速度不一定相等；在弹簧形变最大时，两端连接体的速度、加速度相等.



题型一："内力公式"的应用

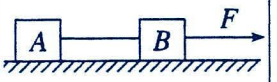
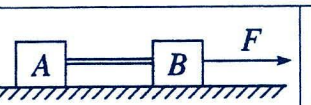
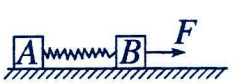
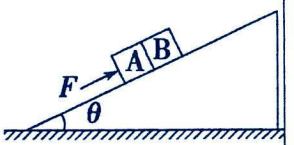
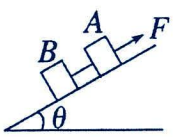
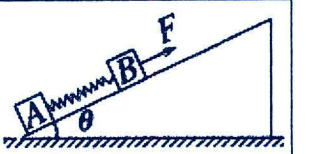
加速度相同的连接体中力的"分配"特点

两物块在力 F 作用下一起运动，系统的加速度与每个物块的加速度相同：

A、如图甲所示：(1)地面光滑；(2)A、B 与地面间的动摩擦因数相同。

B、如图乙所示：(1)斜面光滑；(2)A、B 与斜面间的动摩擦因数相同。

C、如图丙所示：空气阻力不计。

甲				
乙				
丙				

以上几种及类似情形中，两物块间的弹力与接触面倾角和动摩擦因数无关；

F 一定时，两物块间的弹力大小只与物块的质量有关，且 $F_{弹}=\frac{m_2}{m_1+m_2}F$。

【精选例题】

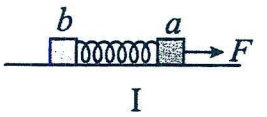
【例 1】中欧班列在欧亚大陆开辟了“生命之路”，为国际抗疫贡献了中国力量。某运送防疫物资的班列由 40 节质量相等的车厢组成，在车头牵引下，列车沿平直轨道匀加速行驶时，第 2 节对第 3 节车厢的牵引力为 F。若每节车厢所受摩擦力、空气阻力均相等，则倒数第 3 节对倒数第 2 节车厢的牵引力为（　　）

A．F　　B．$\frac{19F}{20}$　　C．$\frac{F}{19}$　　D．$\frac{F}{20}$

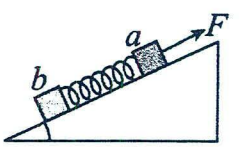
【例 2】用轻质弹簧拴接的 a、b 两物块，分别按图 I、II、III 三种情形放置，图 I 中 a、b 在水平轨道上，图 II 中 a、b 在固定斜面上。在三种情形中，均沿图示方向用大小恒定的力 F 拉 a，使 a、b 一起匀加速直线运动，将他们的加速度大小分别记为 a_1、a_2、a_3，弹簧伸长量分别记为 x_1、x_2、x_3，不计一切摩擦，则（ ）

A．$a_1>a_2>a_3$，$x_1=x_2=x_3$　　B．$a_1>a_3>a_2$，$x_1>x_3>x_2$

C．$a_2>a_1>a_3$，$x_1=x_2=x_3$　　D．$a_3>a_2>a_1$，$x_1>x_3>x_2$



I



II



III

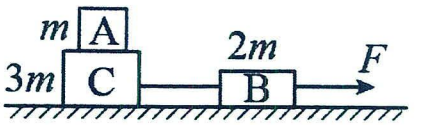
【例 3】如图所示，粗糙水平面上放置 B、C 两物体，A 叠放在 C 上，A、B、C 的质量分别为 m、$2m$ 和 $3m$，物体 B、C 与水平面间的动摩擦因数相同，其间用一不可伸长的轻绳相连，轻绳能承受的最大拉力为 F_T。现用水平拉力 F 拉物体 B，使三个物体以同一加速度向右运动，则（　　）

A．此过程中物体 C 受五个力作用

B．当 F 逐渐增大到 F_T 时，轻绳刚好被拉断

C．当 F 逐渐增大到 $1.5F_T$ 时，轻绳刚好被拉断

D．若水平面光滑，则绳刚断时，A、C 间的摩擦力为 $\frac{F_T}{6}$



【例 4】（多选题）在水平桌面上，并排放置 5 个相同的木块，水平的推力 F 作用在第一个木块上使 5 个物块一起向右加速，则木块之间弹力的比【例】从左向右依次为（　　）

A．若水平面光滑，弹力之比依次为 1∶1∶1∶1

B．若水平面光滑，弹力之比依次为 4∶3∶2∶1

C．若水平面粗糙，弹力之比依次为 5∶4∶3∶2

D．若水平面粗糙，弹力之比依次为 4∶3∶2∶1



【例 5】（多选题）如图，2024 个质量均为 m 的小球通过完全相同的轻质弹簧相连，在水平拉力 F 的作用下，保持相对静止，一起沿动摩擦系数为 μ 粗糙水平面向右做匀加速直线运动，设 1 和 2 间弹簧的弹力为 F_1，2 和 3 间弹簧的弹力为 F_2，2023 和 2024 间弹簧的弹力为 F_{2023}，弹簧始终处于弹性限度内，下列结论正确的是（　　）

A．$F_1:F_2:F_3\cdots:F_{2023}=1:2:3:\cdots:2023$



B．从左到右各弹簧长度之比为 $1:2:3:\cdots:2023$

C．若突然撤去拉力 F，此瞬间第 2024 个小球的加速度为 $\frac{2023F}{2024m}+\mu g$，其余每个球的加速度不变

D．若 1 和 2 之间的弹簧长度为 x_1，2023 和 2024 之间的弹簧长度为 x_2，则弹簧原长为 $\frac{2023x_1-x_2}{2022}$

【变式训练】

1．如图所示，在粗糙的水平地面上，物体 P 和 Q 之间用轻弹簧相连，在水平向右恒力 F 作用下，一起匀加速直线向右运动，两物块与地面间的动摩擦因数相同。设 P 和 Q 的质量关系为 $m_P>m_Q$，空气阻力不计，则（　　）

A．若仅减小水平地面的粗糙程度，弹簧的弹力变小

B．若仅将 P、Q 的位置对调，弹簧的弹力变小

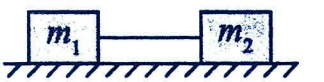
C．若仅减小水平地面的粗糙程度，弹簧的弹力变大

D．若仅将 P、Q 的位置对调，弹簧的弹力变大



2．如图所示，在水平光滑桌面上放有 m_1 和 m_2 两个小物块，它们中间有细线连接。已知 $m_1=3kg$，$m_2=2kg$，连接它们的细线最大能承受 6N 的拉力。现用水平外力 F_1 向左拉 m_1 或用水平外力 F_2 向右拉 m_2，为保持细线不断，则 F_1 与 F_2 的最大值分别为（　　）

A．10N 15N　　B．15N 6N　　C．12N 8N　　D．15N 10N



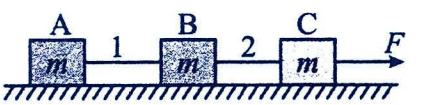
3．如图所示，粗糙的水平地面上有三块材料完全相同的木块 A、B、C，质量均为 m。中间用细绳 1、2 连接，现用一水平恒力 F 作用在 C 上，三者开始一起做匀加速运动，运动过程中把一块橡皮泥粘在某一木块上面，系统仍加速运动，则下列说法不正确的是（　　）

A．无论粘在哪个木块上面，系统加速度都将减小

B．若粘在 A 木块上面，绳 1 的拉力增大，绳 2 的拉力不变

C．若粘在 B 木块上面，绳 1 的拉力减小，绳 2 的拉力增大

D．若粘在 C 木块上面，绳 1、2 的拉力都减小



4．如图所示，质量分别为 $m_1=3kg$，$m_2=5kg$，的两物体置于光滑的水平面上，中间用轻质弹簧测力计连接。两个大小分别为，$F_1=60N$、$F_2=20N$ 的水平拉力分别作用在 m_1、m_2 上，弹簧测力计未超出弹性限度，则（　　）



A．弹簧测力计的示数是 50N

B．若增大 F_2，两物体一起做匀加速直线运动时，弹簧测力计示数可能不变

C．在突然撤去 F_2 的瞬间，m_2 的加速度大小为 $4m/s^2$

D．在突然撤去 F_1 的瞬间，m_1 的加速度大小为 $15m/s^2$

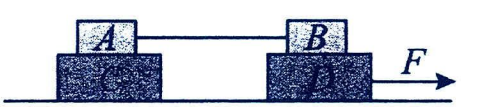
5．如图所示，在光滑水平面上放置质量分别为 2m 的 A、B 和质量为 m 的 C、D 四个木块，其中 A、B 两木块间用一不可伸长的轻绳相连，木块间的动摩擦因数是μ.现用水平拉力 F 拉其中的木块 D，则

A．当 F=μmg 时，D 的加速度为μg

B．当 F=2μmg 时，D 的加速度为μg

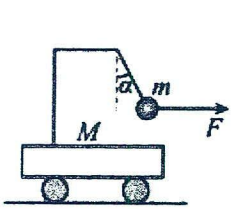
C．当 F=3μmg 时，C 的加速度为 $\frac{4}{5}\mu g$

D．当 F=4μmg 时，C 的加速度为 $\frac{2}{5}\mu g$

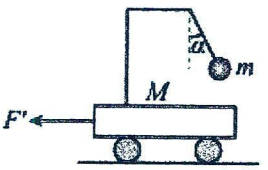


题型二：加速度相同

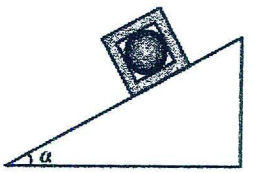
系统加速度相同，但连接线与加速度不共线，整体隔离法分析时，涉及力的分解，不满足“内力公式”；常见模型如下图。



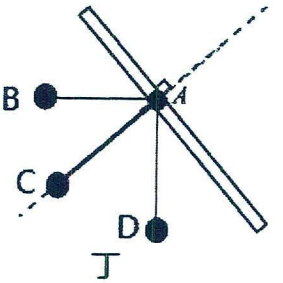
甲



乙



丙



丁

【精选例题】

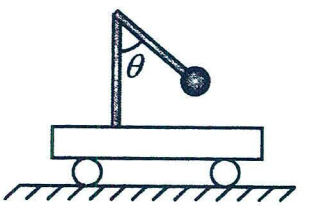
【例 1】如图所示，固定在小车上的支架的斜杆与竖直杆的夹角为θ，在斜杆下端固定有质量为m的小球，重力加速度为g，下列关于杆对球的作用力F的判断中，正确的是（　　）

A．小车静止时，$F=mg\cos\theta$，方向沿杆向上方

B．小车静止时，$F=mg\sin\theta$，向垂直杆向上

C．小车向左以加速度a加速运动时，则$F=\dfrac{ma}{\sin\theta}$

D．小车向右以加速度a加速运动时，则$F=\sqrt{(ma)^2+(mg)^2}$



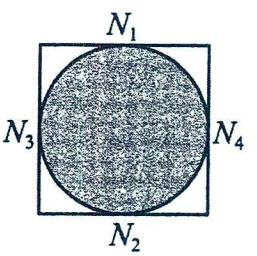
【例 2】（多选题）一个内壁光滑的正方体木箱内装一个球状物，球的直径略小于正方体的内侧边长，设球对正方体上侧压力为N_1，对下侧压力为N_2，对左侧压力为N_3，对右侧压力为N_4，如图，则下列说法正确的是（　　）

A．如不计空气阻力，将物体竖直上抛，上升过程中有：$N_1=0$，$N_2\neq 0$

B．如不计空气阻力，将物体水平向右平抛，运动过程中有：$N_3\neq 0$，$N_4=0$

C．如空气阻力不能忽略，将物体竖直上抛，上升过程中有：$N_1\neq 0$，$N_2=0$

D．如空气阻力不能忽略，将物体自由落下，下落过程中有：$N_1=0$，$N_2\neq 0$



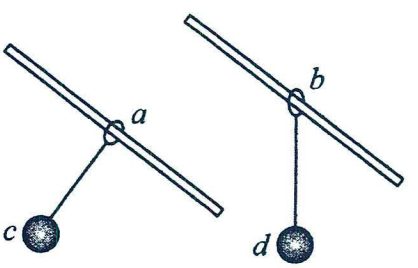
【例 3】（多选题）两倾斜的平行杆上分别套着 a、b 两相同圆环，两环上均用细线悬吊着相同的小球，如图所示。当它们都沿杆向下滑动，各自的环与小球保持相对静止时，a 的悬线与杆垂直，b 的悬线沿竖直方向，下列说法正确的是（　　）

A．a 环沿杆做匀加速直线运动

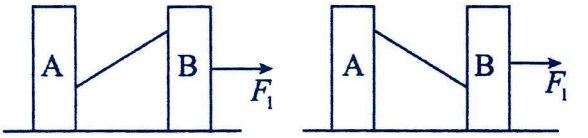
B．b 环与杆有摩擦力

C．d 球处于失重状态

D．细线对 c、d 球的弹力大小相等



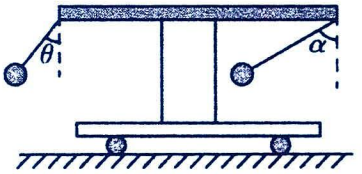
【例 4】如图所示，A，B 两木块放在粗糙水平面上，它们之间用不可伸长的轻绳相连，两次连接情况中轻绳倾斜方向不同，已知两木块与水平面间的动摩擦因数分别为μ_A和μ_B，且$0<\mu_B<\mu_A$，先后用水平拉力 F_1和 F_2拉着 A、B 一起水平向右匀速运动，则匀速运动过程中（　　）



A．$F_1<F_2$　　B．$F_1>F_2$

C．$F_1=F_2$　　D．无法确定

【例 5】如图所示，一小车上有一个固定的水平横杆，左边有一轻杆与竖直方向成θ角并与横杆固定，下端连接一小铁球，横杆右边用一根细线连接一质量相等的小铁球。当小车做匀变速直线运动时，细线与竖直方向成α角，若$\theta<\alpha$，重力加速度为 g，则下列说法正确的是（　　）



A．轻杆对小铁球的弹力方向与细线平行

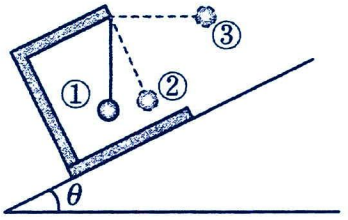
B．轻杆对小铁球的弹力方向沿轻杆方向向上

C．轻杆对小铁球的弹力方向既不与细线平行也不沿着轻杆方向

D．小车一定以加速度$g\tan\alpha$向右运动

【变式训练】

1．如图所示，一倾角为θ的固定斜面上放一质量为 M 的木块，木块上固定一轻质支架，支架末端用丝线悬挂一质量为 m 的小球，木块沿斜面稳定下滑时，小球与木块相对静止共同运动。下面说法正确的是（　　）



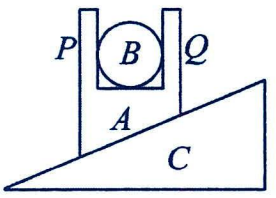
A．若稳定下滑时，细线竖直向下，如①所示，此时木块和斜面间无摩擦力作用

B．若稳定下滑时，细线垂直斜面，如②所示，此时木块受到沿斜面向上的摩擦力

C．若稳定下滑时，细线垂直斜面，如②所示，此时木块的加速度为$g\tan\theta$

D．若在外力作用下稳定下滑时，细线是水平的，如③所示，此时木块的加速度为$\dfrac{g}{\sin\theta}$

2．（多选题）如图所示，带有长方体盒子的斜劈 A 放在固定的斜面体 C 上，在盒子内放有光滑球 B，B 恰与盒子前、后壁 P、Q 点相接触，若使斜劈 A 在斜面 C 上静止不动，则 P、Q 对球 B 无压力，以下说法正确的是（　）



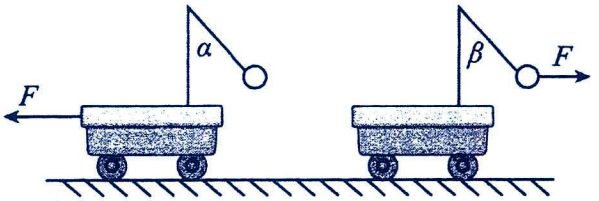
A．若 C 的斜面光滑，斜劈 A 加速下滑时 Q 点对球 B 有压力

B．若 C 的斜面光滑，斜劈 A 减速上滑时 P、Q 对球 B 均无压力

C．若 C 的斜面粗糙，斜劈 A 匀速下滑时 P、Q 对球 B 均无压力

D．若 C 的斜面粗糙，斜劈 A 加速下滑时 P 点对球 B 有压力

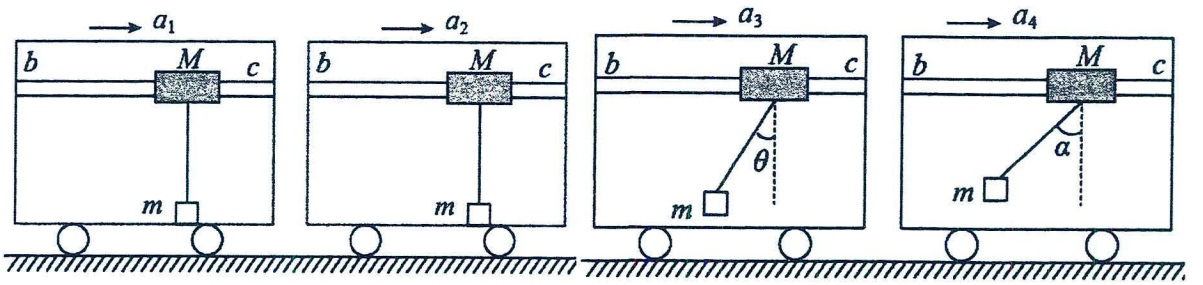
3．如图所示，质量为 M 的小车放在光滑水平面上，小车上用细线悬吊一质量为 m 的小球（$M>m$），用力 F 水平向左拉小车，使小球和车一起以加速度 a_1 向左运动时，细线与竖直方向成α角，此时细线的拉力为 F_1。若仍用力 F 水平向右拉小球，使小球和车一起以加速度 a_2 向右运动时，细线与竖直方向成β角，细线的拉力为 F_2，则下列关系正确的是（　）



A．$\alpha<\beta$，$F_1>F_2$　　B．$\alpha>\beta$，$F_1>F_2$

C．$\alpha<\beta$，$F_1<F_2$　　D．$\alpha>\beta$，$F_1<F_2$

4．（多选题）如图所示，小车分别以加速度 a_1、a_2、a_3、a_4 向右做匀加速运动，bc 是固定在小车上的水平横杆，物块 M 穿在杆上，M 通过细线悬吊着小物体 m，m 在小车的水平底板上，加速度为 a_1、a_2 时，细线在竖直方向上，全过程中 M 始终未相对杆 bc 移动，M、m 与小车保持相对静止，M 受到的摩擦力大小分别为 f_1、f_2、f_3、f_4，则以下结论正确的是(　　)

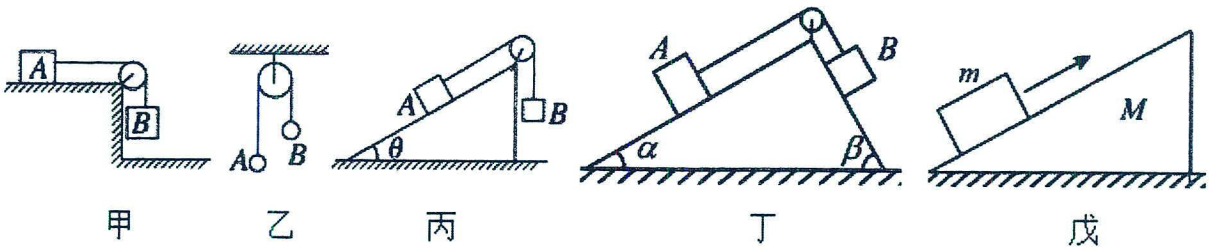


A．若 $\frac{a_1}{a_2}=\frac{1}{2}$，则 $\frac{f_1}{f_2}=\frac{2}{1}$　　B．若 $\frac{a_2}{a_3}=\frac{1}{2}$，则 $\frac{f_2}{f_3}=\frac{1}{2}$

C．若 $\frac{a_3}{a_4}=\frac{1}{2}$，则 $\frac{f_3}{f_4}=\frac{1}{2}$　　D．若 $\frac{a_3}{a_4}=\frac{1}{2}$，则 $\frac{\tan\theta}{\tan\alpha}=\frac{1}{2}$

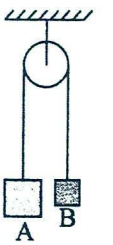
题型三：加速度不同

各物体加速度大小相同，但方向不同，或者各物体加速度大小也不同；常见模型如下图。



甲　　乙　　丙　　丁　　戊

【精选例题】



【例 1】如图所示，物体 A 质量为 4kg，物体 B 质量为 1kg，不计一切摩擦和绳的重力，当两物体由静止释放后，物体 A 的加速度与绳子上的张力分别为（　　）

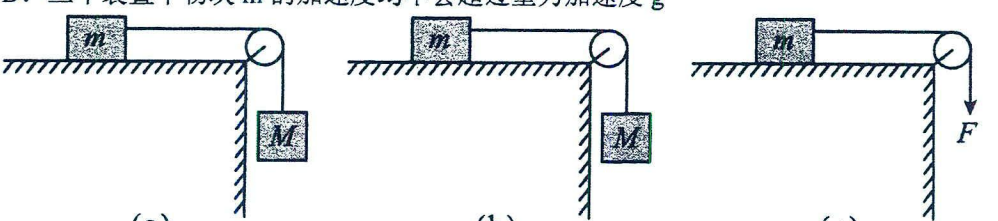
A．6m/s²，8N　　B．10m/s²，8N　　C．8m/s²，8N　　D．6m/s²，16N

【例 2】如图所示三个装置，（a）中桌面光滑，（b）、（c）中桌面粗糙程度相同，（c）用大小为 $F=Mg$ 的力替代重物 M 进行牵引。不计绳和滑轮质量，三个装置中 m 均做加速运动。下列关于三个实验装置的分析中，正确的是（　　）

A．装置（a）中绳上张力 $T_a=Mg$　　B．装置（a）中绳上的张力 T_a 小于装置（b）中绳上的张力 T_b

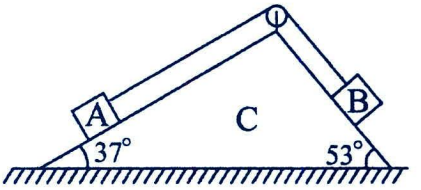
C．装置（b）、（c）中物块 m 的加速度相同

D．三个装置中物块 m 的加速度均不会超过重力加速度 g



(a)　　(b)　　(c)

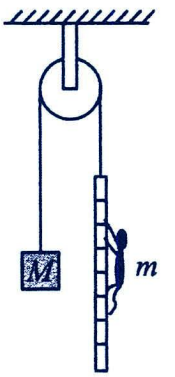
【例 3】（多选题）如图，质量为 M 的三角形斜劈 C 放置在水平地面上，左右两侧的斜面与水平地面的夹角分别为37°和53°，斜面光滑且足够长，质量均为 m 的两物块 A、B 分别放置在左右两侧的斜面上，两物块用一根跨过斜劈顶端定滑轮的细线拴接，细线绷紧且与对应斜面平行，不计细线与滑轮处的摩擦以及滑轮的质量，重力加速度为 g，两物块由静止释放，斜劈始终保持静止不动，$\sin 37^\circ = 0.6$，$\cos 37^\circ = 0.8$，则在 A、B 两物块开始运动之后的过程中，下列说法正确的（　）



A．物块 A 沿斜面向上加速运动的加速度大小为 $0.1g$　B．细线中的拉力大小为 $0.7mg$

C．斜劈 C 给地面的摩擦力大小为 0　D．斜劈对地面的压力大小为 $(M+m)g$

【例 4】（多选题）如图所示,滑轮固定于天花板,轻绳一端连接质量为 M 的重物,另一端连接一梯子,梯子上有质量为 m 的人,重物和人均处于静止状态．若人在梯子上对地做某种运动时,滑轮对天花板的作用力为零,滑轮和轻绳质量均不计,轻绳伸长不计且轻绳始终处于伸直状态,不计空气阻力和滑轮摩擦力,重力加速度为 g．下列说法正确的是（　）

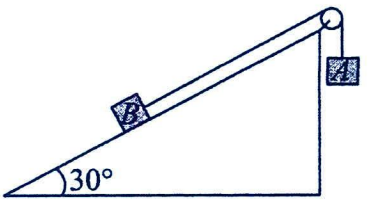


A．梯子与重物的加速度相同　B．人的加速度大小为 g

C．人的加速度大小为 $\frac{2M-m}{m}g$　D．人与梯子间作用力大小为 2(M-m)g

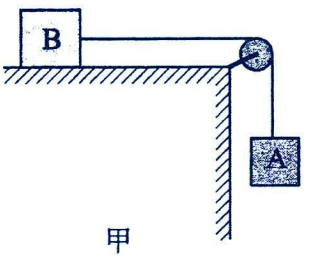
【变式训练】

1．如图所示，质量为 m_B=2kg 的重物 B 放在倾角为 30°的固定光滑斜面上，通过细线跨过定滑轮连接重物 A，$m_A > \frac{1}{2}m_B$，不计细线与滑轮间的摩擦。现由静止释放两重物，在 A、B 两重物运动过程中，细线的弹力可能为（$g=10m/s^2$）（　）

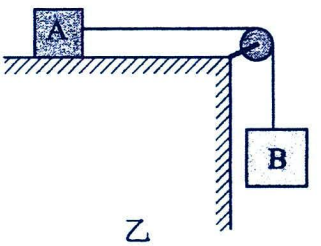


A．10N　B．20N　C．30N　D．40N

2．由同种材料制成的两滑块 A、B 用一根轻质细绳连接，将滑块 B 按在水平桌面上，细绳跨过轻质定滑轮将滑块 A 悬挂在空中，如图甲所示，松手后滑块 A、B 的加速度大小均为 a。现仅将滑块 A、B 位置互换（如图乙所示），松手后滑块 A、B 的加速度大小均为 3a。已知滑块 B 的质量等于滑块 A 的质量的两倍，则滑块与水平桌面间的动摩擦因数为（　）



甲



乙

A．0.1　B．0.2

C．0.3　D．0.4

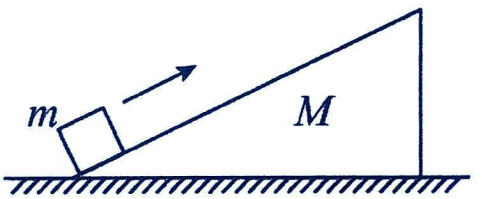
3．（多选题）如图所示，斜劈形物体的质量为 M，放在水平地面上，质量为 m 的粗糙物块以某一初速沿斜劈的斜面向上滑，至速度为零后又加速返回，而斜劈始终保持静止，物块 m 上、下滑动的整个过程中（　）

A．物块 m 向上滑动与向下滑动时加速度大小相同

B．物块 m 向上滑动的时间小于向下滑动的时间

C．地面对斜劈 M 的支持力大于（M+m）g

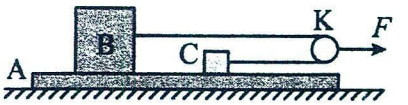
D．地面对斜劈 M 的摩擦力方向始终不变



4．（多选题）如图，A 为放在水平光滑桌面上的足够长的长木板，在它上面放有物块 B 和 C。A、B、C 的质量分别为 m、5m、m。B、C 与 A 之间的动摩擦因数均为 0.1，K 为轻滑轮，绕过轻滑轮连接 B 和 C 的轻细绳足够长且都处于水平位置。现用水平方向的恒定外力 F 拉滑轮，使 A 的加速度等于 0.2g，g 为重力加速度。则（　）

A．外力 F 的大小为 2.2mg　　B．外力 F 的大小为 2.4mg

C．C、A 之间摩擦力大小为 0.1mg　　D．B、A 之间摩擦力大小为 0.1mg



考点二：临界问题

1．常见的临界条件

(1)两物体脱离的临界条件：物体间弹力满足：$F_N=0$.

(2)相对滑动的临界条件：静摩擦力达到最大值

(3)绳子断裂或松弛的临界条件：绳子断裂的临界条件是绳中张力等于它所能承受的最大张力；绳子松弛的临界条件是 $F_T=0$.

2．解题基本思路

(1)认真审题，详细分析问题中变化的过程(包括分析整个过程中有几个阶段)；

(2)寻找过程中变化的物理量；

(3)探索物理量的变化规律；

(4)确定临界状态，分析临界条件，找出临界关系.

3．解题方法

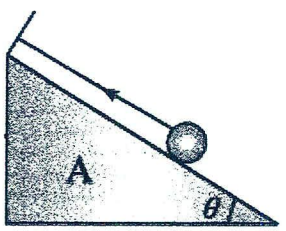
(1)极限法：把物理问题(或过程)推向极端，从而使临界现象(或状态)暴露出来，以达到正确解决问题的目的.

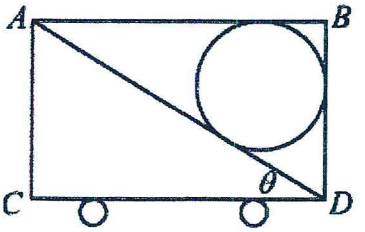
(2)假设法：临界问题存在多种可能，特别是非此即彼两种可能时，或变化过程中可能出现临界条件，也可能不出现临界条件时，往往用假设法解决问题.

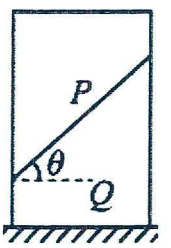
(3)数学法：将物理过程转化为数学表达式，根据数学表达式解出临界条件.

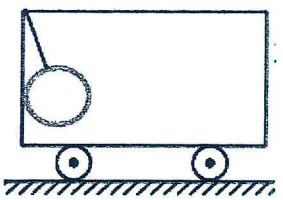
题型一："gtanθ"与"$\frac{g}{tan\theta}$"模型

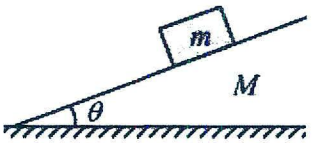
常见模型





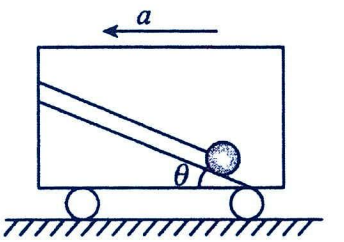






【精选例题】

【例 1】如图，水平地面上有一汽车做加速运动，车厢内有一个倾角θ=37°的光滑斜面，斜面上有一个质量为 m 的小球，用轻绳系于斜面的顶端，小球的重力大小为 mg，绳对球的拉力大小为 F_T、斜面对小球的弹力大小为 F_N，当汽车以大小为 a 的加速度向左做匀加速直线运动时（sin37°=0.6，cos37°=0.8，重力加速度 g 取 10m/s²）（　　）



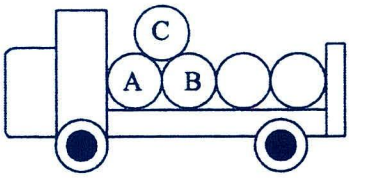
A．若 a=14m/s²，小球受 mg、F_T、F_N 三个力作用

B．若 a=14m/s²，小球受 mg、F_T 两个力作用

C．若 a=13m/s²，小球受 mg、F_T 两个力作用

D．不论 a 多大，小球均受 mg、F_T、F_N 三个力作用

【例 2】一辆汽车运载着圆柱形的光滑空油桶。在车厢底，一层油桶平整排列，相互紧贴并被牢牢固定，上一层只有一个桶 C，自由地摆放在 A、B 之间，没有用绳索固定，桶 C 受到桶 A 和 B 的支持力，和汽车一起保持静止，如图所示，下列说法正确的是（重力加速度为 g）（　　）



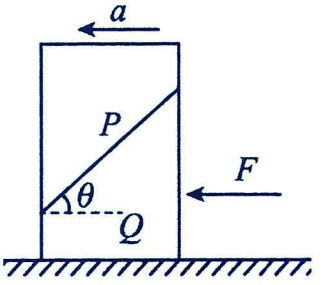
A．当汽车向左做加速运动时，加速度变大，B 对 C 的支持力变小

B．当汽车向左做加速运动，且加速度达到 $\frac{\sqrt{3}}{2}$g 时，C 将脱离 A

C．汽车向左匀速运动时，速度越大，B 对 C 的支持力越大

D．当汽车向右做加速运动，且加速度达到 $\frac{\sqrt{3}}{3}$g 时，C 将脱离 B

【例 3】如图所示，质量均为 m 的两个木块 P、Q 叠放在光滑的水平地面上，P、Q 接触面的倾角为θ。现在 Q 上加一水平推力 F，使 P、Q 保持相对静止一起向左做匀加速直线运动，下列说法正确的有（　　）



A．木块 Q 对地面的压力可能小于 2mg

B．当 F 增大时，P、Q 间的摩擦力一定增大

C．若加速度 a=gtanθ，则 P 受到摩擦力为零

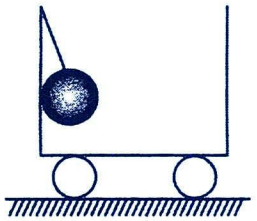
D．若加速度 a<gtanθ，则 P 受到摩擦力方向沿斜面向下

【例 4】如图所示，质量为 4kg 的小球用于细绳拴着吊在行驶的汽车后壁上，绳与竖直方向夹角为 37°。已知 g=10m/s²，sin37°=0.6，cos37°=0.8。求：

(1)汽车匀速运动时，细线对小球拉力 T 和车后壁对小球压力 F_N 的大小；

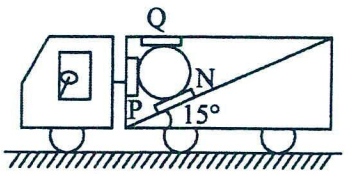
(2)当汽车以 a=2m/s² 向右匀减速行驶时，细线对小球拉力 T 和车后壁对小球压力 F_N 的大小；

(3)当汽车以 a=10m/s² 向右匀减速行驶时，细线对小球拉力 T 和车后壁对小球压力 F_N 的大小。



【变式训练】

1．汽车运送圆柱形工件的示意图如图所示，图中P、Q、N是固定在车体上的压力传感器。假设圆柱形工件表面光滑，汽车静止时，Q传感器示数为零，P、N传感器示数不为零。汽车以加速度a向左匀加速启动，重力加速度$g=10\text{m/s}^2$，$\tan15°=0.27$，下列情况说法正确的是（　　）



A．当汽车静止时，P的示数是N的示数的一半

B．当$a=3.5\text{m/s}^2$时，P有示数，N有示数，Q有示数

C．当$a<2.5\text{m/s}^2$时，a越大，N的示数不变

D．当$a>3.5\text{m/s}^2$时，a越大，N的示数不变

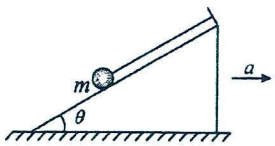
2．如图甲所示，水平面上有一倾角为θ的光滑斜面，斜面上用一平行于斜面的轻质细绳系质量为m的小球。当斜面以水平向右的加速度a做匀加速直线运动，系统稳定时细绳上的张力F_T随加速度a的变化图像如图乙所示，AB段是直线，B点坐标为$\left(\frac{40}{3}\text{m/s}^2,\frac{5}{3}\text{N}\right)$，g取$10\text{m/s}^2$，$\sin37°=0.6$，$\cos37°=0.8$，则（　　）

A．$m=1\text{kg}$

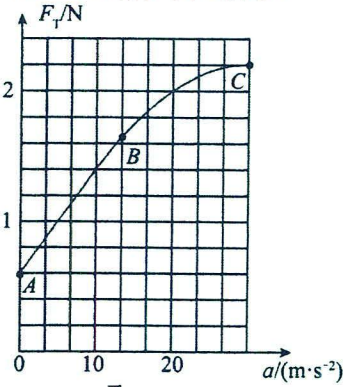
B．$\tan\theta=\frac{4}{3}$

C．当$a=\frac{40}{3}\text{m/s}^2$时小球恰好离开斜面

D．小球离开斜面之前，受到的支持力$F_N=8-0.6a(\text{N})$

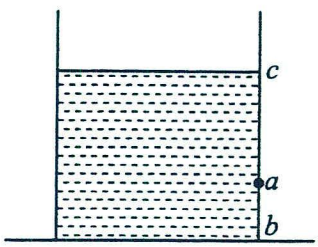


甲



乙

3．一敞口正方体水箱边长为0.4m，水箱的右侧面上有一个小孔a（孔的大小忽略不计），用塞子将a堵住，往水箱中注水至水面到达c，如图所示c、a间的高度差为0.3m，重力加速度大小为10m/s^2现使水箱以7.5m/s^2的加速度水平向右匀加速直线运动，同时打开小孔，待水面稳定后，发现有$\frac{2}{5}$体积的水流出，小孔a到水箱底部的距离是（　　）



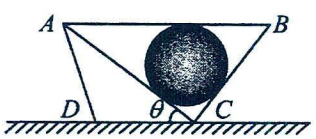
A．0.05m　　B．0.075m　　C．0.01m　　D．0.0125m

4．某一特殊运货框架ABCD置于粗糙水平路面上，其质量为$M=30\text{kg}$，框架内斜面AC与水平面的夹角$\theta=37°$，且与BC面垂直，框架里面放置一表面光滑，质量为$m=20\text{kg}$的球体，框架静止时，球体与顶部AB间有一很小的间隙（间隙远小于球体的半径可忽略不计）。整个框架在水平拉力F（图中未画出）的作用下以$v=16\text{m/s}$的速度做匀速直线运动，$\sin37°=0.6$，$\cos37°=0.8$，g取10m/s^2。求：

（1）匀速行驶时，球体对框架AC面和BC面的弹力分别为多少；

（2）撤去外力后，测量框架滑行的距离为32m，则拉力F的大小是多少；

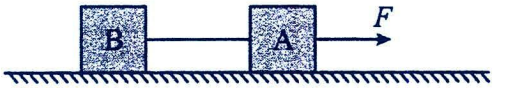
（3）出于安全考虑，运输途中球不能挤压AB面，则对框架的水平拉力F应满足什么条件？



题型二：绳连接体中的临界问题

【精选例题】

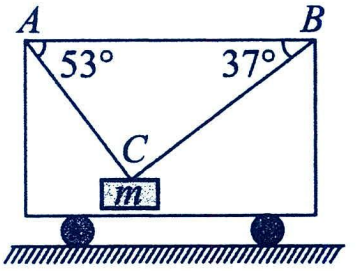
【例 1】（多选题）如图所示，质量为 m 的 A，和质量为 2m 的 B 两物块置于水平地面上，物块与地面间的动摩擦因数均为μ，物块间用一水平轻绳相连，绳中无拉力。现用水平力 F 向右拉物块 A，假设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度为 g。下列说法中正确的是（　　）



A．当 $0<F\le\mu mg$ 时，B 与地面摩擦力为 0　　B．当 $\mu mg<F\le3\mu mg$ 时，A、B 物体均静止

C．当 $F>3\mu mg$ 时，绳中拉力等于 $\frac{F}{2}$　　D．无论 F 多大，绳中拉力都不可能等于 $\frac{F}{3}$

【例 2】如图所示静止在水平面上的小车内有一质量 $m=1\text{kg}$ 的物体通过两根轻质细绳悬挂在车顶，AC 绳与水平面成 53° 角，BC 绳与水平面成 37° 角，g 取 10m/s^2，$\sin37°=0.6$，$\cos37°=0.8$。若小车沿水平面向右做直线运动，下列说法正确的是（　　）



A．若小车做匀速直线运动，则 AC 绳拉力为 6N

B．若小车做加速度 $a=7.5\text{m/s}^2$ 的匀加速运动，则 BC 绳拉力为 $\frac{75}{8}\text{N}$

C．若小车做加速度 $a=\frac{40}{3}\text{m/s}^2$ 的匀加速运动，则 AC 绳拉力为零

D．若小车做加速度 $a=15\text{m/s}^2$ 的匀加速运动，则 BC 绳拉力为 $5\sqrt{12}\text{N}$

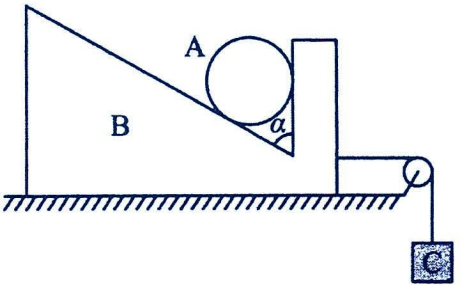
【例 3】（多选题）质量为 m 的光滑圆柱体 A 放在质量也为 m 的光滑 V 型槽 B 上，如图，α=60°，另有质量为 M 的物体 C 通过跨过定滑轮的不可伸长的细绳与 B 相连，现将 C 自由释放，则下列说法正确的是（　　）

A．当 M=2m 时，A 和 B 保持相对静止，共同加速度为 0.5g

B．当 $M=(\sqrt{3}+1)m$ 时，A 和 B 之间恰好发生相对滑动

C．当 $M=3(\sqrt{3}-1)m$ 时，A 和 B 之间恰好发生相对滑动

D．当 M=6m 时，A 和 B 保持相对静止，共同的加速度为 0.75g



【变式训练】

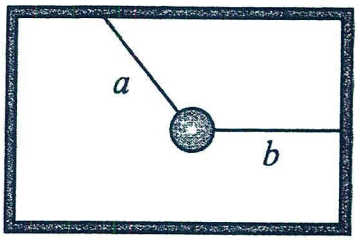
1．光滑水平面上放有相互接触但不粘连的两个物体 A、B，物体 A 质量 $m_1=1\text{kg}$，物体 B 质量 $m_2=2\text{kg}$。如图所示，作用在两物体 A、B 上的力随时间变化的规律分别为 $F_A=3+2t$（N）、$F_B=8-3t$（N）。下列说法正确的是（　　）

A．t=0 时，物体 A 的加速度大小为 3m/s^2　　B．t=1s 时，物体 B 的加速度大小为 $\frac{10}{3}\text{m/s}^2$

C．t=1s 时，两物体 A、B 恰好分离　　D．$t=\frac{2}{7}\text{s}$ 时，两物体 A、B 恰好分离



2．（多选题）如图所示，矩形盒内用两根不可伸长的轻线固定一个质量为$m=0.6\text{kg}$的匀质小球，a线与水平方向成37°角，b线水平。两根轻线所能承受的最大拉力都是$F_m=15\text{N}$，已知$\sin 37°=0.6$，$\cos 37°=0.8$，取$g=10\text{m/s}^2$，则（　　）



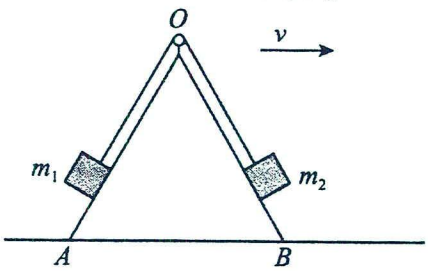
A．系统静止时，a线所受的拉力大小12N

B．系统静止时，b线所受的拉力大小8N

C．当系统沿竖直方向匀加速上升时，为保证轻线不被拉断，加速度最大为5m/s^2

D．当系统沿水平方向向右匀加速时，为保证轻线不被拉断，加速度最大为10m/s^2

3．如图所示，一光滑的正三角形斜面体OAB放在光滑的水平地面上，不可伸长的轻绳两端分别栓接质量为m_1、m_2的两物体，轻绳跨过固定在O点的光滑滑轮，m_1、m_2分别放在OA、OB面上，两部分轻绳与斜面均平行。作用在斜面体上的恒力使斜面体向右做匀加速运动，m_1、m_2与斜面体保持相对静止，且m_1恰好没有离开斜面，若m_1质量为1kg，则m_2质量为（　　）



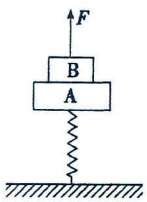
A．2kg　　B．1kg

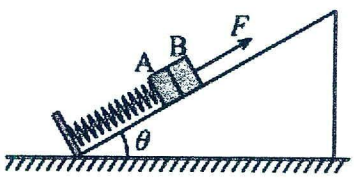
C．3kg　　D．0.5kg

题型三：弹簧中的临界问题

常考模型，如图。在外力作用下，系统一起运动直至分离，

分离瞬间两物体加速度、速度相同，接触面作用力为零。





【精选例题】

【例1】如图所示，轻质弹簧下端固定在水平地面上，上端叠放着两个物体A、B，系统处于静止状态。现用大小为22N的恒力竖直向上拉物体A。已知物体A的质量$m=2\text{kg}$，物体B的质量$M=10\text{kg}$，弹簧的动度系数为80N/m，重力加速度g取10m/s^2。下列说法正确的是（　　）



A．物块A上升12.5cm时，A、B开始分离

B．恒力作用瞬间，A、B即分离

C．物块A、B分离前，A、B一起做匀加速直线运动

D．物块A、B分离前，物块B的最大加速度大小为2.0m/s^2

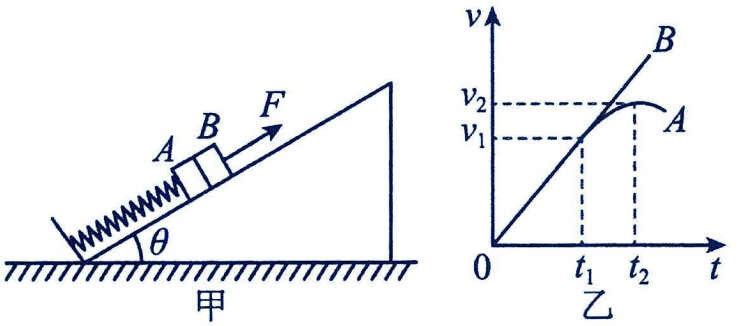
【例 2】（多选题）如图甲所示，平行于光滑斜面的轻弹簧劲度系数为 k，一端固定在倾角为θ的斜面底端，另一端与物块 A 连接，两物块 A、B 质量均为 m，初始时物块均静止。现用平行于斜面向上的拉力 F 拉动物块 B，使 B 做加速度为 a 的匀加速运动，两物块在开始一段时间内的 v-t 图像如图乙所示（t_1 时刻 A、B 的图线相切，t_2 时刻对应 A 图线的最高点），重力加速度为 g，则下列说法正确的是（　　）

A．t_1 时刻，弹簧形变量为 $\frac{mg\sin\theta+ma}{k}$

B．t_2 时刻，弹簧形变量为 $\frac{2mg\sin\theta}{k}$

C．t_1 时刻，A、B 刚分离时的速度为 $\sqrt{\frac{a(mg\sin\theta-ma)}{k}}$

D．从开始到 t_2 时刻，拉力 F 先逐渐增大后不变



【变式训练】

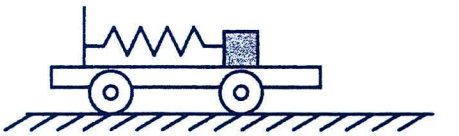
1．（多选题）如图所示，水平面上放置一平板车，其上表面粗糙，一水平放置的轻弹簧左端固定在平板车上，右端连接一质量为 1kg 的物块，弹簧处于压缩状态。当平板车和物块一起向右以 3m/s² 的加速度做匀加速直线运动时，物块和平板车间刚好没有摩擦力，若平板车向右的加速度变为 8m/s² 时，物块相对于平板车即将滑动，已知最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度 g=10m/s²，下列说法正确的是（　　）

A．弹簧的弹力大小为 3N

B．当平板车向右以 8m/s² 的加速运动时，物块所受摩擦力方向水平向左

C．物块和平板车之间的动摩擦因数为 0.5

D．若保证物块和平板车始终相对静止，平板车向左做加速运动，其最大加速度为 5m/s²



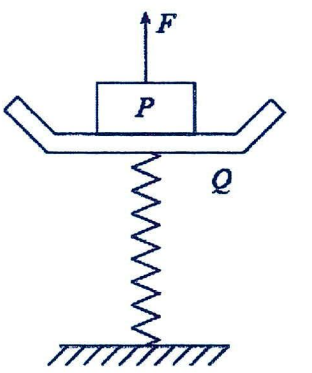
2．（多选题）如图所示，水平地面上固定着一根劲度系数 k=300N/m 的轻弹簧，弹簧一端与质量为 1kg 的托盘 Q 相连，在托盘 Q 上放置一质量为 2kg 重物 P，开始时系统处于静止状态。现给 P 施加一个方向竖直向上的力 F，使它从静止开始向上做匀加速直线运动，已知 P 运动 $\frac{\sqrt{2}}{10}s$ 后 F 变为恒力，取重力加速度大小 g=10/s²。下列说法正确的是（　　）

A．0～$\frac{\sqrt{2}}{10}$ 内，力 F 随时间均匀增大

B．P、Q 分离瞬间，托盘 Q 对重物 P 恰好没有支持力

C．重物 P 的加速度大小为 5m/s²

D．力 F 的最大值为 30N

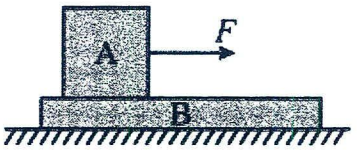


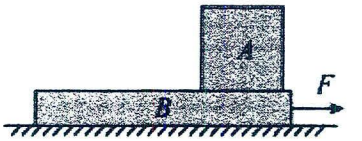
题型四：板块中的临界问题

如图，在外力作用下，

当 B 相对于地面滑动时，外力 F 大于 B 与地面的滑动摩擦力；若地面光滑，即 F>0；

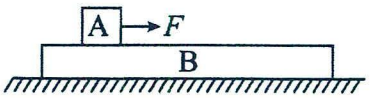
当 A 相对于 B 滑动时，A，B 加速度相同，A、B 接触面间的摩擦力达到滑动摩擦力。





【精选例题】

【例 1】（多选题）如图所示，一个质量为 $m_A=2kg$ 的物块 A 静止叠放在质量为 $m_B=1kg$ 的长木板 B 上，地面光滑，A、B 间的动摩擦因数为 $\mu=0.6$。若现用水平恒力作用在物块 A 上，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度 $g=10m/s^2$，则下列说法中正确的是（　　）



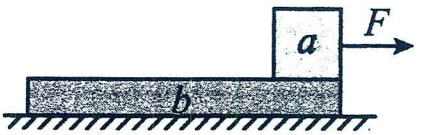
A．当 F＜12N 时，A、B 保持相对静止

B．当 F＞12N 时，A、B 一定相对滑动

C．当 F＝16N 时，A 的加速度大小为 $2m/s^2$

D．无论 F 为何值，B 的加速度大小不会超过 $12m/s^2$

【例 2】如图，a、b 两个物体静止叠放在水平桌面上，已知 $m_a=m_b=m$，a、b 间的动摩擦因数为 μ，b 与地面间的动摩擦因数为 0.25μ。已知最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度为 g。现对 a 施加一水平向右的拉力，下列判断正确的是（　　）



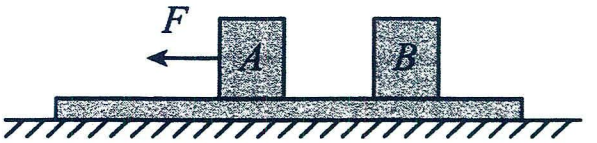
A．当力 $F=\mu mg$ 时，a、b 间的摩擦力为 $1.5\mu mg$

B．无论力 F 为何值，b 的加速度不会超过 $0.75\mu g$

C．当力 $F>\mu mg$ 时，b 相对 a 滑动

D．若 a、b 两个物体始终相对静止，则力 F 不能超过 $1.5\mu mg$

【例 3】（多选题）一长轻质薄硬纸片置于光滑水平地面上，木板上放质量均为 1kg 的 A、B 两物块，A、B 与薄硬纸片之间的动摩擦因数分别为 $\mu_1=0.3$，$\mu_2=0.2$，水平恒力 F 作用在 A 物块上，如图所示，已知最大静摩擦力等于滑动摩擦力，$g=10m/s^2$。则（　　）



A．若 F=1N，则物块、薄硬纸片都静止不动

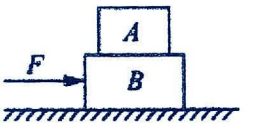
B．若 F=1.5N，则 A 物块所受摩擦力大小小于 1.5N

C．若 F=8N，则 B 物块的加速度为 $4.0m/s^2$

D．无论力 F 多大，A 与薄硬纸片都不会发生相对滑动

【变式训练】

1．（多选题）如图所示，A、B 两物块的质量分别为 3m 和 2m，两物块静止叠放在水平地面上 A、B 间的动摩擦因数为μ，B 与地面间的动摩擦因数为$\frac{1}{2}\mu(\mu\neq0)$．最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度为 g.现对 B 施加一水平推力 F，则下列说法正确的是(　　)



A．若 F＝μmg，A、B 间的摩擦力一定为零

B．当 F＞7.5μmg 时，A 相对 B 滑动

C．当 F＝3μmg 时，A 的加速度为μg

D．若去掉 B 上的力，而将 F＝3μmg 的力作用在 A 上，则 B 的加速度为 0.1μg

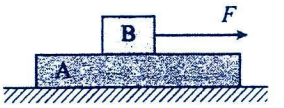
2．如图所示，水平地面上有两个完全相同且质量为 2m 的足够长长木板 A 和 C，长木板的上方各放另一个完全相同且质量为 m 的物块 B 和 D，用水平向右的拉力 F 分别作用在物块 B 上和长木板 C 上。已知木板 A、C 与地面间的动摩擦因数均为$\frac{\mu}{4}$，物块 B、D 与木板间的动摩擦因数均为μ，设最大的静摩擦力均与相应的滑动摩擦力相等，重力加速度大小为 g。则下列说法正确的是（　　）

A．当$F\le\mu mg$时，A 和 B、C 和 D 均相对地面静止

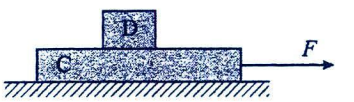
B．当$\frac{3}{4}\mu mg<F\le\frac{9}{4}\mu mg$时，A 和 B 一起加速

C．当$F=3\mu mg$时，D 所受摩擦力为μmg

D．无论 F 为何值，A 的加速度大小不会超过$\frac{1}{8}\mu g$，D 的加速度大小不会超过μg



甲



乙

3．（多选题）如图所示，质量 M=lkg、长 L=6m 的长木板静置于粗糙水平地面上，木板与地面间的动摩擦因数μ=0.1．可视为质点的 A、B 两物块静止置于木板上，物块 A、B 的质量分别为 m_1=5kg、m_2=1kg，与木板间的动摩擦因数分别为μ_1=0.4、μ_2=0.5．现用一水平向左的恒力 F 作用在物块 A 上．已知最大静摩擦力等于滑动摩擦力，g 取 10m/s²，则（　）

A．若 F=5N，木板受到 B 的摩擦力大小为 5N，

B．若 F=5N，物块 B 受到的摩擦力大小为 0N

C．力 F=40N 时，物体 B 与长木板间发生相对滑动

D．力 F=43N 时，物体 B 与长木板间发生相对滑动



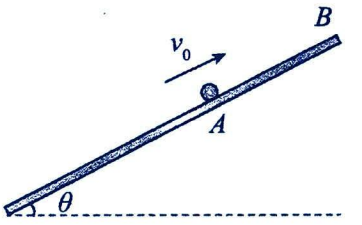
考点三：极值问题

【精选例题】

【例】1．如图，$t=0$时刻，一小球从足够长光滑倾斜玻璃板上的 A 点以$v_0=5\text{m/s}$的初速度沿玻璃板向上运动，B 为玻璃板的上端，A、B 间距离为 2.5m，t=3s 时刻小球经过 A 点下方玻璃板上的 C 点（图中未标出）。重力加速度 g=10m/s²，下列说法正确的是（　　）

A．玻璃板的最小倾角为 45°　　B．C 点距 A 点的距离可能为 5m

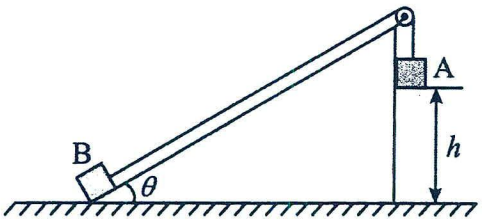
C．C 点距 A 点的距离可能为 35m　　D．小球经 C 点时的速度大小可能为 20m/s



【例】2．如图所示，质量都是 m 的物体 A 和 B，通过轻绳跨过定滑轮相连。斜面光滑且与地面夹角为θ，不计绳子和滑轮之间的摩擦。开始时 A 物体离地的高度为 h，B 物体位于斜面的底端，用手托住 A 物体，A、B 两物体均静止，撤去手后，B 物体一直未离开斜面，且 A、B 都可视为质点，重力加速度为 g。求：

(1)求 A 物体将要落地时的速度；

(2)A 物体落地后，B 物体由于惯性将继续沿斜面上升，求 B 物体在斜面上运动的最远点离地的高度。



【变式训练】

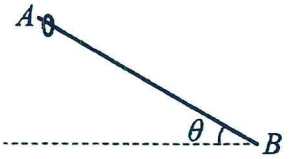
1．（多选题）如图所示，竖直平面内有一光滑直杆 AB，杆与水平方向的夹角为θ（0≤θ≤90°），一质量为 m 的小圆环套在直杆上，给小圆环施加一与该竖直平面平行的恒力 F，并从 A 端由静止释放，改变直杆和水平方向的夹角θ，当直杆与水平方向的夹角为 30°时，小圆环在直杆上运动的时间最短，重力加速度为 g，则（　　）

A．当小圆环在直杆上运动的时间最短时，小圆环与直杆间可能有挤压

B．恒力 F 可能沿与水平方向夹 30°斜向右下的方向

C．若恒力 F 的方向水平向右，则恒力 F 的大小为$\sqrt{3}mg$

D．恒力 F 的最小值为$\frac{\sqrt{3}}{2}mg$



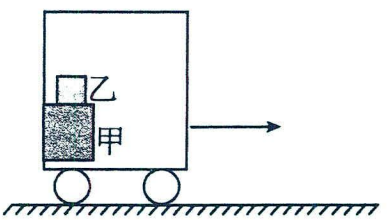
2．如图，甲、乙两个物块叠放在一起，恰随车厢一起向右做匀加速直线运动，甲与竖直厢壁之间的静摩擦力达最大值，甲的水平上表面与乙之间的静摩擦力也达到最大值。已知乙的质量为 m，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度为 g，甲与厢壁间的动摩擦因数为μ，则（）

A．甲、乙整体的加速度大小为μg

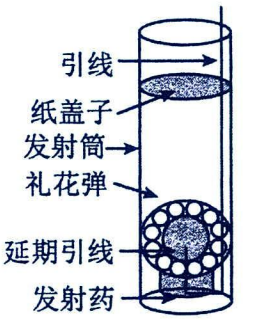
B．乙对甲的作用力大小为$\frac{\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}}$

C．甲、乙之间的动摩擦因数为$\frac{1}{\mu}$

D．可以求出甲、乙的质量之比



3．某礼花弹在地面上从专用炮筒中沿竖直方向射出，到达最高点时炸开。礼花弹的结构如图所示，其工作原理为：点燃引线使发射药发生爆炸并同时点燃延期引线，礼花弹获得一个很大的加速度在发射筒内匀加速上升，发射筒的高度$h_0=0.3\text{m}$，礼花弹离开发射筒口时的速度大小$v=30\text{m/s}$。当礼花弹到最高点附近时，延期引线点燃礼花弹，礼花弹炸开。已知礼花弹的质量$m=0.1\text{kg}$，离开发射筒后的过程中礼花弹所受的空气阻力大小始终是其所受重力大小的$\frac{1}{5}$，延期引线的燃烧速度大小$v_0=2\text{cm/s}$，取重力加速度大小$g=10\text{m/s}^2$。



(1)求礼花弹在发射筒内匀加速上升的加速度；

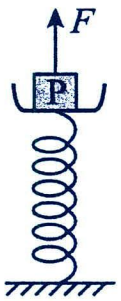
(2)求礼花弹从发射筒口射出后，离地面的最大高度；

(3)忽略延期引线在发射筒内燃烧的长度，要求爆炸发生在超过礼花弹离发射筒口最大高度的96%范围，求延期引线的最小长度。

4．一个弹簧台秤的秤盘质量和弹簧质量都可不计，盘内放一个物体P处于静止。P的质量m=12kg，弹簧的劲度系数k=800N/m。现给P施加一个竖直向上的力F，使P从静止开始向上做匀加速直线运动，如图所示。已知在头0.2s内F的大小是变化的，在0.2s以后F是恒力，g取10m/s²。求：(1)未施加力F时，弹簧的压缩量？

(2)物体做匀加速直线运动的加速度大小？

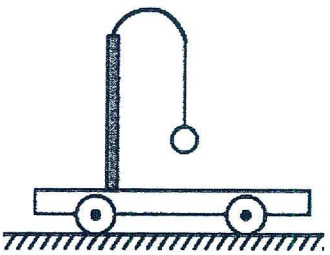
(3)F的最小值是多少，最大值是多少？

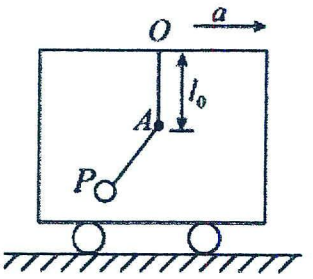


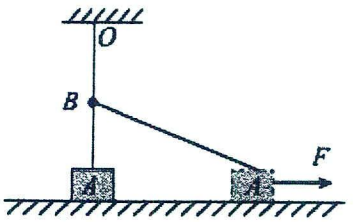
考点四：其他问题

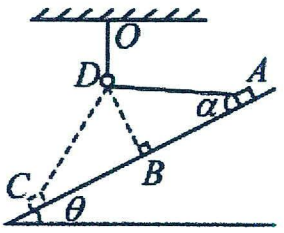
题型一：弹簧某方向分力恒定

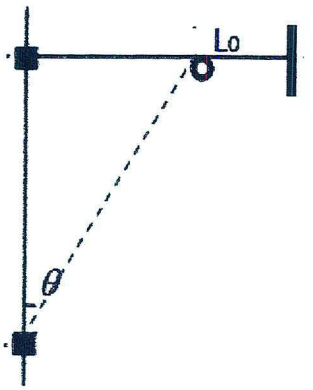
如图几种常见模型，均存在弹簧在某方向上分力为恒力的情况，由此也延申出接触面摩擦力为恒力的情况。









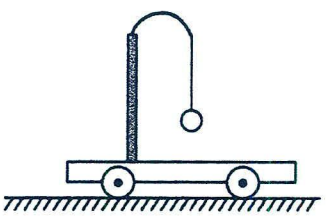


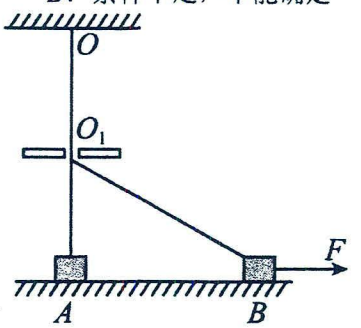
【精选例题】

【例 1】如图，用弹性绳将一小球悬挂在小车顶部的架子上，系统处于平衡状态。现使小车从静止开始向左加速，加速度从零开始逐渐增大，直到弹性绳稳定地偏离竖直方向某一角度（弹性绳在弹性限度内，且符合胡克定律）。与稳定在竖直位置时相比，小球高度（　　）

A．一定升高　　B．一定降低

C．保持不变　　D．条件不足，不能确定





【例 2】弹性绳的一端悬挂在 O 点，另一端穿过光滑的小孔 O_1 系着一物体，刚开始时物体静止在粗糙水平面上的 A 点，物体与水平面间的动摩擦因数为μ，已知 OO_1 的距离刚好等于弹性绳的原长，弹性绳的弹力遵从胡克定律，用一外力 F 拉着物体缓慢向右移动到 B 点（弹性绳始终在弹性限度内）的过程中，表述正确的是（　　）

A．地面对物体的支持力 N 逐渐变大

B．地面对物体的摩擦力 f 逐渐变小

C．外力 F 与弹性绳对物体的弹力 T 的合力保持不变

D．地面对物体的支持力 N 与弹性绳对物体的弹力 T 的合力保持不变

【变式训练】

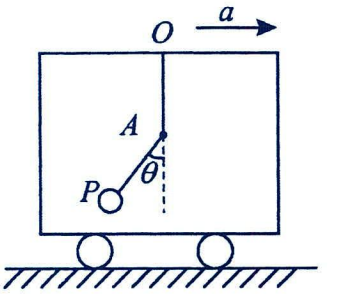
1．（多选题）如图所示，一辆小车静置在水平地面上，用一条遵守胡克定律的橡皮筋将质量为 m 的小球 P 悬挂于车顶O点，在 O 点正下方有一光滑小钉 A，它到 O 点的距离恰好等于橡皮筋原长。现使小车从静止开始向右做匀加速直线运动，在此运动过程中（橡皮筋始终在弹性限度内），橡皮筋在 A 点下方的部分与竖直方向的夹角为θ，重力加速度为 g，下列说法正确的是（　　）

A．匀加速直线运动的加速度大小为$\frac{g}{\tan\theta}$

B．橡皮筋的弹力大小为$\frac{mg}{\cos\theta}$

C．若小车的加速度大小缓慢变大，则θ减小

D．若小车的加速度大小缓慢变大，则小球的高度不变



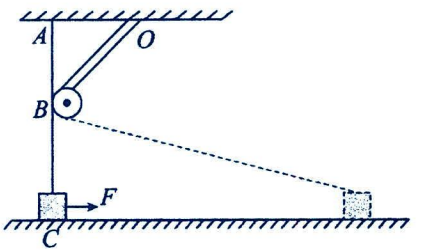
2．（多选题）如图所示，一弹性轻绳上端固定在 A 点，下端连接一个物块静置在粗糙水平地面上的 C 点（对地面有压力）；轻杆一端插入天花板上 O 处固定，其另一端连接的轻质光滑小定滑轮与轻绳相切于 B 点，A、B、C 三点在一条竖直线上，弹性轻绳的自然长度等于 AB 间距，现对物块施加一水平向右的拉力 F，使其沿水平地面向右匀速运动．已知弹性轻绳的弹力大小遵循胡克定律，整个过程始终处在弹性限度内，物块与水平地面各处动摩擦因数大小相等．下列说法正确的是（　　）

A．弹性轻绳对定滑轮的压力方向一定沿轻杆 BO

B．向右运动的过程地面对物块的支持力大小不变

C．向右运动的过程地面对物块的摩擦力大小不变

D．向右运动的过程拉力 F 先增大后减小到某值后保持不变



题型二：均质绳问题

均质绳模型，可当作连接体模型进行分析，利用整体隔离法，建立函数关系式，解决相关问题。

【精选例题】

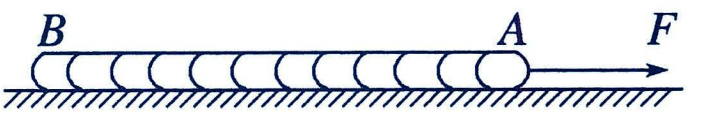
【例 1】（多选题）如图所示为一根质量为 m、长度为 L、质量均匀分布的粗绳 AB．在粗绳上与 B 端距离为 x 的某位置有一质量不计的力传感器，可读出该处粗绳中的张力．粗绳在水平外力 F 的作用下，沿水平面做匀加速直线运动，由力传感器读数和已知条件(　　)

A．能够判断粗绳运动是否受到摩擦力作用

B．可知水平外力 F 的大小

C．可知粗绳沿水平面做匀加速直线运动的加速度大小

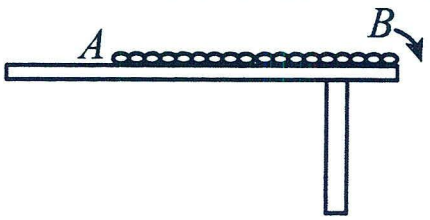
D．若水平外力 F 的大小恒定，则传感器读数与 x 成正比，与是否存在摩擦力无关



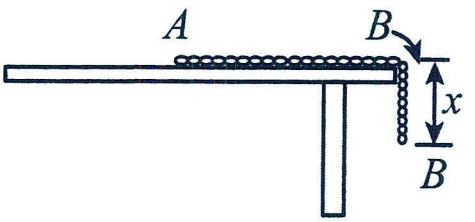
【例 2】（多选题）如图甲，一根粗绳 AB，其质量均匀分布，绳右端 B 置于光滑水平桌面边沿，现拉动粗绳右端 B，使绳沿桌面边沿做加速运动，当 B 端向下运动 x 时，如图乙，距 B 端 x 处的张力 F_T 与 x 的关系满足 $F_T=5x-\frac{5}{2}x^2$，一切摩擦不计，g=10m/s²，下列说法中正确的（ ）

A．可求得粗绳的总质量　　B．不可求得粗绳的总质量

C．不可求得粗绳的总长度　　D．可求得当 x=1m 时粗绳的加速度大小



甲

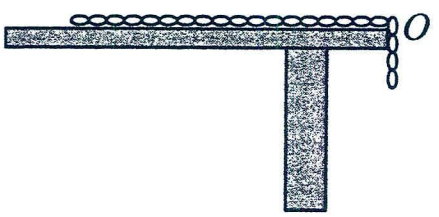


乙

【变式训练】

1．如图，一条质量为 1kg 的均匀柔软绳索置于光滑水平桌面上，开始有一小段垂在桌边，使它从静止开始运动。重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$，在运动过程中，绳的转折处 O 点的最大张力是（）

A．2.5N　　B．5N　　C．10N　　D．7.5N



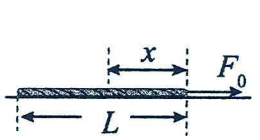
2．（多选题）如图所示，甲图中一段长为 L 的质量均匀分布的粗绳放置于粗糙水平面上，绳子与水平面间的动摩擦因数处处相等。绳子某时刻在水平向右的恒力 F_0 作用下向右做匀加速直线运动，绳中的张力 F 大小随距离绳右端的距离 x 的变化情况如乙图所示，图线斜率的绝对值为 k，则（　　）

A．图像斜率绝对值 $k=\frac{F_0}{L}$

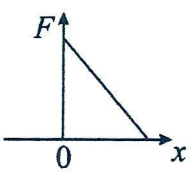
B．图像的横轴截距为 $\frac{F_0}{L}$

C．图线的斜率与绳与水平面间的动摩擦因数无关

D．若减小 F_0 一段时间后绳子静止于水平面上，绳子静止时 $F-x$ 图线仍是一倾斜的直线



甲



乙

第十七讲：牛顿运动定律应用（三）——图像专题

1．常见图像

(1)v—t 图像：根据图像的斜率判断加速度的大小和方向，再根据牛顿第二定律求解.

(2)a—t 图像：注意加速度的正负，正确分析每一段的运动情况，然后结合物体的受力情况应用牛顿第二定律列方程求解.

(3)F—t 图像：结合物体受到的力，由牛顿第二定律求出加速度，分析每一段的运动情况.

(4)F—a 图像：首先要根据具体的物理情景，对物体进行受力分析，然后根据牛顿第二定律推导出两个量间的函数关系式，根据函数关系式结合图像，明确图像的斜率、截距或面积的意义，从而由图像给出的信息求出未知量.

2．解题策略

(1)分清图像的类别：即分清横、纵坐标所代表的物理量，明确其物理意义，掌握物理图像所反映的物理过程，会分析临界点.

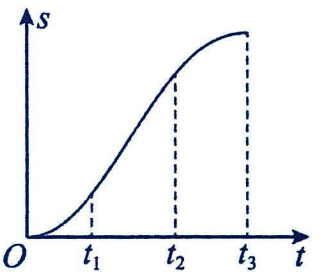
(2)注意图线中的一些特殊点：图线与横、纵坐标的交点，图线的转折点，两图线的交点等.

(3)明确能从图像中获得哪些信息：把图像与具体的题意、情景结合起来，应用物理规律列出与图像对应的函数方程式，进而明确“图像与公式”“图像与物体”间的关系，以便对有关物理问题作出准确判断.

题型一：v-t 图，x-t 图

【精选例题】

【例 1】有一质量为 m 物体被竖直吊起，某段时间内其位移 s 与时间 t 的关系图像如图所示，$t_1 \sim t_2$时间内图像为直线，物体所受拉力的大小用 F 表示，速度大小用 v 表示。重力加速度大小为 g。以下判断正确的是（　　）



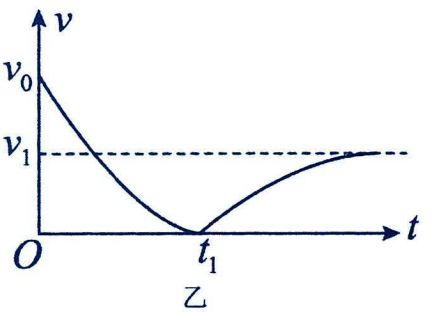
A．$0 \sim t_1$时间内，v 增大，$F > mg$　　B．$t_1 \sim t_2$时间内，v 增大，$F < mg$

C．$t_1 \sim t_2$时间内，v 不变，$F < mg$　　D．$t_2 \sim t_3$时间内，v 减小，$F > mg$

【例 2】如图甲所示的发光弹弓飞箭是夏季广场常见的玩具，其利用弹弓将飞箭射向高空。假设质量为 m=0.2 kg 的飞箭从地面以初速度 v_0=10m/s 竖直向上射出，若运动过程中飞箭受到的空气阻力 f 与其速率 v 成正比，其关系为 f＝kv。飞箭运动的速率随时间变化的规律如图乙所示其在 t_1 时刻到达最高点后再落回地面，落地速率为 v_1=2m/s 且落地前飞箭已经做匀速直线运动，重力加速度 g 取 10m/s² 下列关于飞箭运动的说法正确的是（　　）



甲



乙

A．k 的值为 0.1 N·s/m

B．飞箭在上升过程的平均速度大于 5 m/s

C．飞箭射出瞬间的加速度大小为 60 m/s²

D．飞箭的加速度在上升和下降的过程中都在逐渐增大

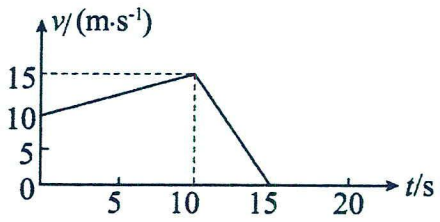
【例 3】水平桌面上，一滑块在恒定的水平拉力作用下由静止开始运动一段时间后，撤去拉力。从某时刻开始计时，滑块速度随时间变化的 $v-t$ 图像如图。取重力加速度 10m/s^2。不计空气阻力。下列说法正确的是（　　）

A.滑块在 0～15s 内的平均速度大小为 7.5m/s

B.滑块加速与减速阶段的加速度大小之比为 1∶4

C.滑块所受的拉力与摩擦力大小之比为 2∶1

D.滑块与桌面之间的动摩擦因数为 0.3



【变式训练】

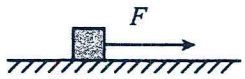
1．在粗糙程度相同的水平地面上，物块在水平向右的力 F 作用下由静止开始运动。4 s 末瞬间撤去拉力 F，运动的速度 v 与时间 t 的关系如图所示，g 取 10 m/s²，由图像可知（　　）

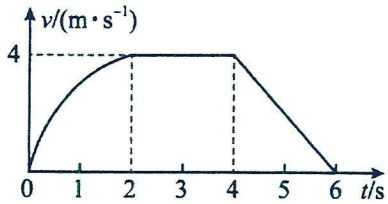
A．在 2～4 s 内，力 F＝0

B．在 0～2 s 内，力 F 保持不变

C．物块与地面间的动摩擦因数μ＝0.2

D．0～6 s 内物块运动的总位移为 16 m





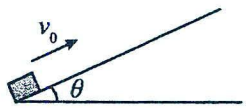
2．如图甲所示，一物体从斜面底端冲上一足够长固定斜面，物体运动的 v-t 图像如图乙所示，斜面倾角θ=37°（sin37°=0.6，cos37°=0.8），重力加速度 g=10m/s²，则（　）

A．物块下滑时的加速度大小为 10m/s^2

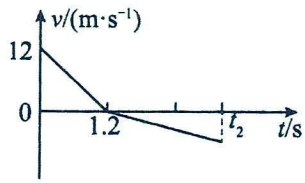
B．物块与斜面间的动摩擦因数为 0.6

C．物块回到斜面底端的时刻为 $\sqrt{5}$ s

D．物块回到斜面底端时速度大小为 $2\sqrt{5}$ m/s



甲



乙

3．如图甲，轻弹簧下端与垂直于斜面的挡板固定相连，上端通过小物块压缩 2.3m 后锁定，$t=0$ 时解除锁定释放小物块。计算机通过小物块上的速度传感器描绘出它的 $v-t$ 图线如图乙，其中 Oab 段为曲线，a 点为图线最高点，bc 段为直线，倾斜直线 Od 是 $t=0$ 时图线的切线。已知小物块的质量 $m=2\text{kg}$，重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$，斜面的倾角为 37°，$\sin 37°=0.6$。则下列说法正确的是（　）

A．物块在 0.5s 内的平均速度为 3.0m/s

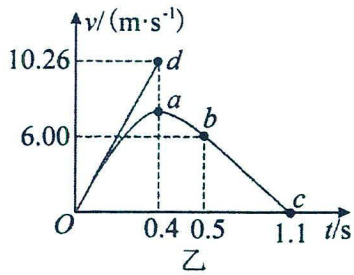
B．物块与斜面间的动摩擦因数为 0.25

C．弹簧的劲度系数为 31N/m

D．弹簧在 0.4s 时的压缩量为 0.5m



甲



乙

题型二：a-t 图

【精选例题】

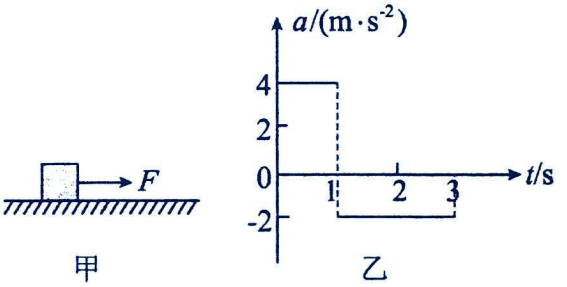
【例 1】（多选题）如图甲所示，一个质量为 2kg 的物体在水平力 F 作用下由静止开始沿粗糙水平面做直线运动，t=1s 时撤去外力。物体的加速度 a 随时间 t 的变化规律如图乙所示。则下列说法正确的是（　　）

A．F 的大小为 8N

B．0~1s 和 1~3s 内物体加速度的方向相反

C．t=3s 时，物体离出发位置最远

D．D．3s 末物体的速度为 0



甲

乙

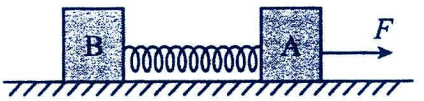
【例 2】如图甲所示，一根轻质弹簧栓连 A、B 物块中间静止在光滑水平面上，物块 A 的质量为 1.5kg，弹簧处于原长。$t=0$ 时对物块 A 施加水平向右的恒力 F，$t=1$s 时撤去，在 0~1s 内两物块的加速度随时间变化的情况如图乙所示。弹簧始终处于弹性限度内，则（　）

A．F 大小为 1N

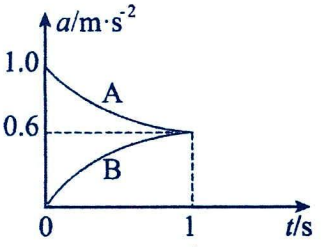
B．$t=1$s 时弹簧弹力为 1N

C．物块 B 的质量为 1kg

D．$t=1$s 时物块 A 的速度为 0.8m/s



甲



乙

【变式训练】

1．如图 1 所示，一质量为 2kg 的物块受到水平拉力 F 作用，在粗糙水平面上做加速直线运动，其 a—t 图像如图 2 所示，t=0 时其速度大小为 2m/s。物块与水平面间的动摩擦因数μ=0.1，g=10m/s²。下列说法正确的是（　　）

A．在 t=2s 时刻，物块的速度为 3m/s

B．在 t=1s 时刻，物块的加速度为 1.25m/s²

C．在 t=1s 时刻，拉力 F 的大小为 5N

D．在 0~2s 时间内，物块的位移大于 7m

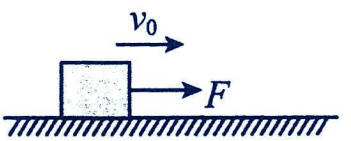


图1

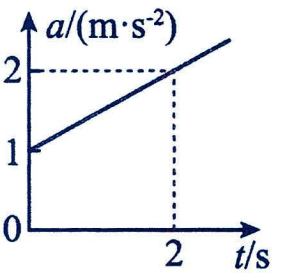


图2

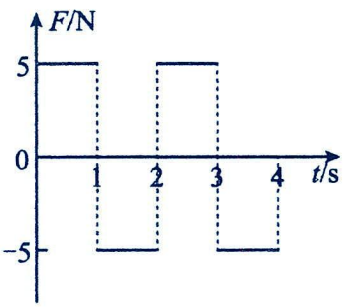
题型三：F-t 图

【精选例题】

【例 1】如图所示为某小球所受的合力与时间的关系，各段的合力大小相同，作用时间相同，且一直作用下去。设小球从静止开始运动，由此可判定（　　）

A．小球向前运动，再返回停止　　B．小球向前运动再返回不会停止

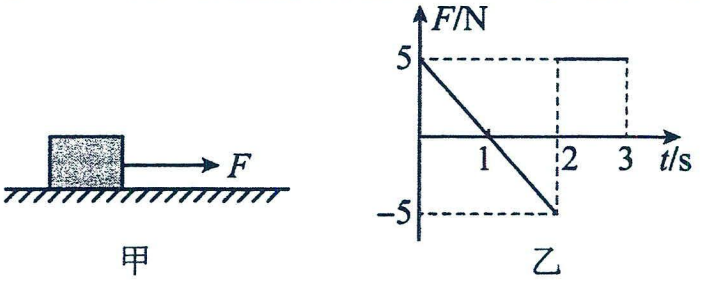
C．小球始终向前运动　　D．小球向前运动一段时间后停止



【例 2】（多选题）如图甲所示，一物体静止在光滑水平面上，从 $t=0$ 时刻起，物体受到的水平外力 F 随时间变化的关系图线如图乙所示，以向右运动为正方向，物体质量为 5kg，则下列说法正确的是（　）

A．前 2s 内物体的速度改变量为 1m/s　　B．前 2s 内物体的运动方向不变

C．$t=3$s 时物体的速度大小为 2m/s　　D．第 3s 内物体的位移为 0.5m



甲　　乙

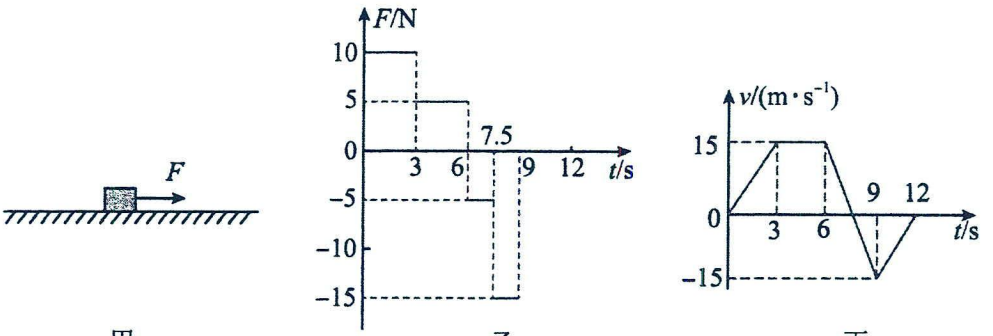
【例 3】如图甲所示，质量为 m 的黑色物块在水平拉力 F 作用下沿水平面向右运动，拉力 F 随时间的变化规律如图乙所示，物块运动的 v－t 图像如图丙所示，物块在地面上运动过程中会在地面上留下黑色痕迹。重力加速度 $g=10\ m/s^2$，以下说法正确的是（　　）

A．物块与地面间的动摩擦因数为 $\mu=0.5$，物块质量 $m=1$ kg

B．物块在 0～9 s 内的平均速度大小为 7 m/s

C．物块在 0～12 s 内的平均速率为 3.75 m/s

D．物块在 0～12 s 内在地面上留下的黑色痕迹长为 90 m



甲　　乙　　丙

【变式训练】

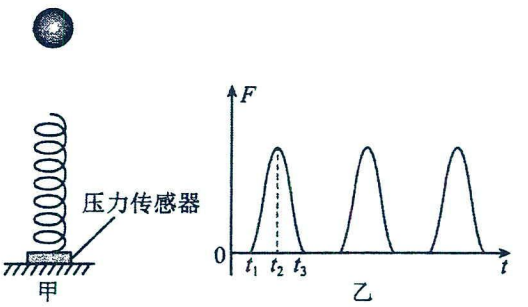
1．如图甲，轻弹簧竖直固定在水平地面上，$t=0$ 时刻，将一金属小球从弹簧正上方某一高度处由静止释放，小球落到弹簧上压缩弹簧到最低点，然后又被弹起离开弹簧上升到一定高度后再下落，如此反复，弹簧始终处在弹性限度内。通过安装在弹簧下端的压力传感器，测出这一过程弹簧弹力 F 随时间 t 变化的图像，如图乙所示。不计空气阻力，则下列选项正确的是（　　）

A．t_1 时刻小球速度最大

B．t_2 时刻小球速度最大

C．$t_2\sim t_3$ 这段时间内，小球的速度先增大后减小

D．$t_2\sim t_3$ 这段时间内，小球的加速度先增大后减小

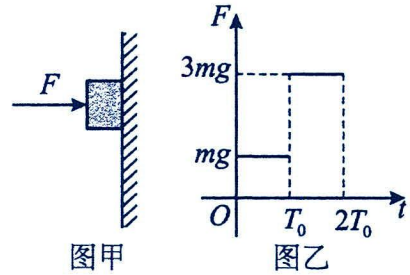


甲　　乙

2．（多选题）如图甲，物块受水平向右的力 F 作用，紧靠竖直墙壁，F 随时间变化规律如图乙所示。已知物块质量为 m，$t=0$ 时物块速度为 0，物块与墙壁间动摩擦因数为 0.5，重力加速度为 g，滑动摩擦力等于最大静摩擦力，考虑 $0-2T_0$ 过程，对物块有（　　）

A．最大速度为 $0.5gT_0$　　B．最大速度为 gT_0

C．位移为 $0.5gT_0^2$　　D．位移为 gT_0^2

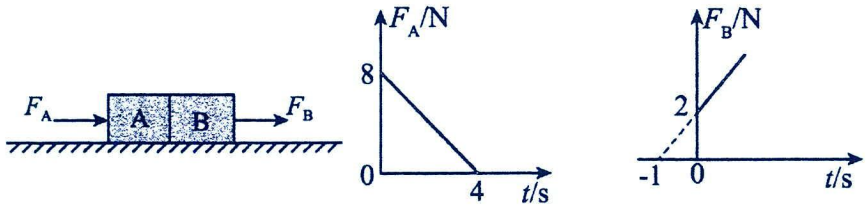


图甲　　图乙

3. 如图，光滑水平面上放置有紧靠在一起但并不黏合的 A、B 两个物体，A、B 的质量分别为 $m_A=6\text{kg}$，$m_B=4\text{kg}$，从 $t=0$ 开始，推力 F_A 和拉力 F_B 分别作用于 A、B 上，F_A，F_B 大小随时间变化的规律分别如图甲、乙，则（　　）

A．$t=0$ 时，A 物体的加速度为 2m/s^2　　B．$t=1\text{s}$ 时，A、B 开始分离

C．$t=0$ 时，A、B 之间的相互作用力为 3N　　D．A、B 开始分离时的速度为 3m/s



甲　　乙

题型四：F-a 图

【精选例题】

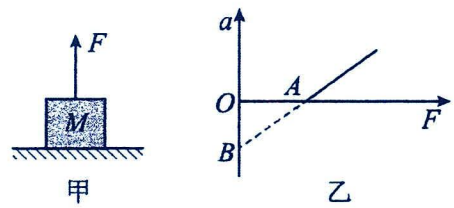
【例】1．（多选题）如图甲，水平地面上有一质量为 M 的物体，用竖直向上的力 F 向上提它，力 F 变化引起物体加速度变化的函数关系如图乙所示，重力加速度大小为 g，则下列说法正确的是（　）

A．当 F 小于图乙中 A 点横坐标表示的值时，物体的重力 Mg>F，物体不动

B．图乙中 A 点的横坐标等于物体的重力大小

C．物体向上运动的加速度与力 F 成正比

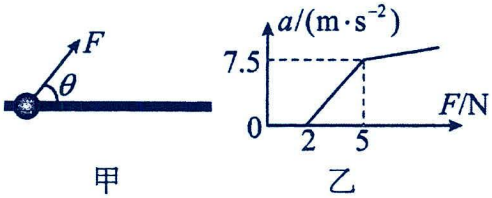
D．图线延长线和纵轴的交点 B 的纵坐标为－g



甲　　乙

【例】2．如图甲所示，将一圆环套在固定的足够长的水平杆上，环的内径略大于杆的截面直径，对环施加一斜向上与杆的夹角为θ的拉力 F，当拉力逐渐变大时环的加速度随拉力 F 的变化规律如图乙所示。最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度大小 g＝10m/s²，求：（1）圆环的质量、圆环与杆之间的动摩擦因数；

（2）当圆环受到的摩擦力大小为 1N 时，圆环的加速度大小。



甲　　乙

【变式训练】

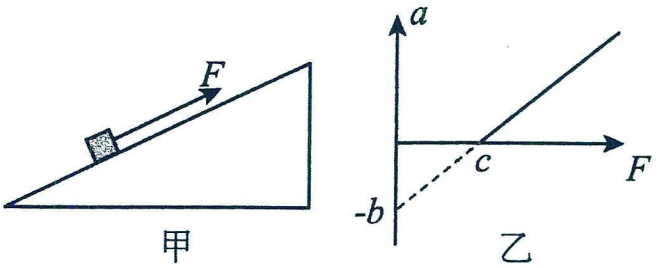
1．（多选题）如图甲所示，平行于倾角为θ固定斜面向上的拉力F使小物块沿斜面向上运动，运动过程中加速a与F的关系如图乙。图线的斜率为k，与F轴交点坐标为c，与a轴交点为$-b$。由图可知（　）

A．小物块的质量对k

B．小物块的质量为$\frac{1}{k}$

C．摩擦力与重力沿斜面的分力大小之和为b

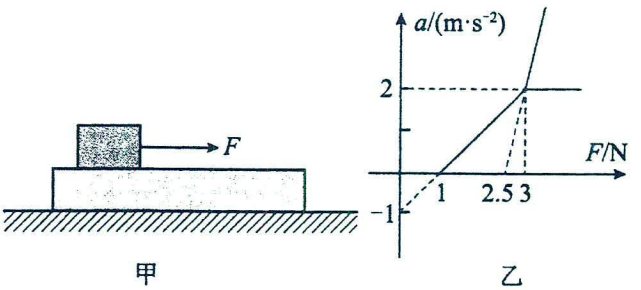
D．摩擦力与重力沿斜面的分力大小之和为c



2．（多选题）如图甲所示，水平地面上有一质量为M的长木板，将一质量为m的小物块放在长木板上，小物块与长木板间的动摩擦因数为μ_1，长木板与地面的动摩擦因数为μ_2。给小物块施加一水平外力F，利用拉力传感器和加速度传感器（图中未标出）测得长木板和小物块加速度a随外力F的变化关系如图乙所示。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度g取10m/s²，则（　　）

A．$\mu_1=0.2$　　B．$\mu_2=0.1$

C．$m=0.25\text{kg}$　　D．$M=0.75\text{kg}$

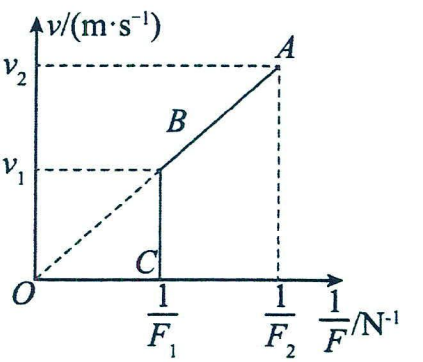


题型五：其他图像

【例1】（多选题）起重机将一重物由静止竖直提起。传感器测得此过程中不同时刻重物的速度v与对轻绳的拉力F，得到如图所示的$v-\frac{1}{F}$关系图线，线段BC与v轴平行，线段AB的延长线过坐标原点。重物速度增加到v_2时开始做匀速运动。图中v_1、v_2、F_1、F_2都是已知量，重力加速度为g，不计阻力。则（　　）

A．重物的质量是$\frac{F_1}{g}$　　B．重物的质量是$\frac{F_2}{g}$

C．重物在BA段做匀加速运动　　D．重物在CB段运动时间是$\frac{F_2v_1}{(F_1-F_2)g}$



【例2】如图甲所示，水平轻质弹簧左端固定，右端与质量$m=2\text{kg}$的滑块相接触，滑块在弹簧向右的弹力作用下恰好静止在粗糙水平地面上。现对滑块施加水平向右的拉力F，在弹簧恢复原长之前，拉力F随滑块位移x的变化图像如图乙所示。已知弹簧的劲度系数$k=1\text{N/cm}$，重力加速度g取10m/s^2，可以认为最大静摩擦力等于滑动摩擦力。下列说法正确的是（　　）

A．滑块向右做加速度逐渐增大的加速运动

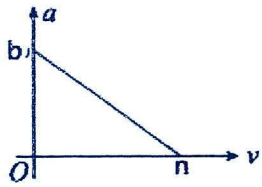
B．若滑块运动4cm时与弹簧分开，滑块与水平地面间的动摩擦因数为0.02

C．施加力F的瞬间滑块的加速度大小为2m/s^2

D．滑块向右运动2cm所用的时间为0.2s



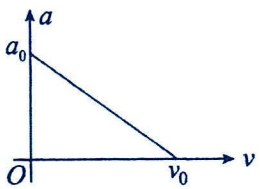
【例 3】一个质量为 m 的小球从高处由静止竖直下落，设其受到的空气阻力一速度的关系为 f=ρv（比例系数ρ为常数），小球落地前已经匀速运动，如图是小球加速度 a 与速度 v 的关系图，已知图像与纵轴交点坐标为 b，与横轴交点坐标为 n，则下列结论正确的是



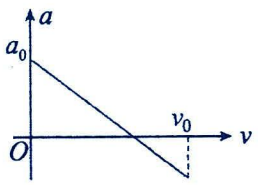
A．重力加速度 g=b　　B．重力加速度 g=b/n

C．比例系数ρ=m/n　　D．比例系数ρ=n

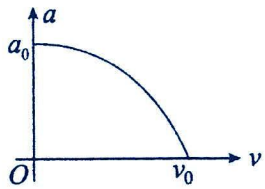
【例 4】一个皮球从空中足够高处由静止释放，在重力和空气阻力的作用下做直线运动，若皮球受到的空气阻力大小与速度成正比，则皮球运动的加速度大小随速度变化的规律图像可能是下图中的（　　）



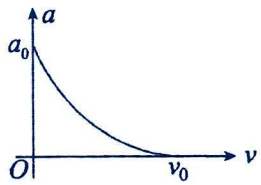
A



B



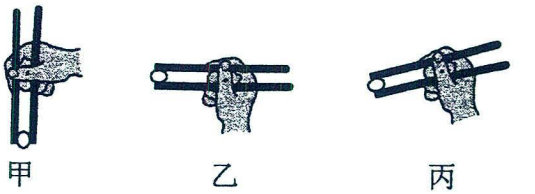
C



D

跟踪练习(七)

1．如图是筷子夹鹅卵石时的三个动作示意图，筷子均在同一竖直平面内：图甲中的筷子处于竖直方向，图乙中的筷子处于水平方向，图丙中的筷子处于倾斜方向，与水平面成一定夹角。三个图中的鹅卵石均处于静止状态，则（　）



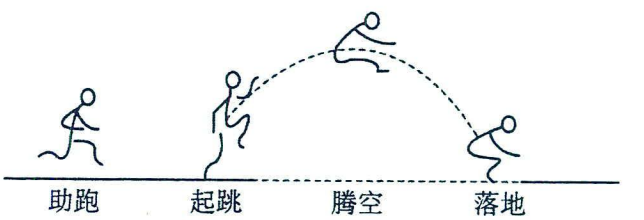
A．图甲中的鹅卵石受到四个力的作用

B．图乙中下方筷子对鹅卵石的弹力大于鹅卵石对其的弹力

C．当缓慢增大图丙中筷子与水平方向的夹角，鹅卵石受到筷子对它的作用力不变

D．若图甲中筷子夹着鹅卵石一起向上匀速运动，鹅卵石受到摩擦力方向为竖直向下

2．2023 年 10 月 2 日，杭州第十九届亚运会田径项目，中国运动员熊诗麒夺得女子跳远的第一枚亚运会金牌。跳远可拆分为助跑、起跳、腾空、落地这四个过程，如图所示，下列说法正确的是（　）



A．在腾空的最高点，运动员的速度为 0

B．在腾空上升阶段，运动员处于超重状态

C．在起跳时，运动员对地面的压力大于重力

D．在助跑过程中，地面给人脚滑动摩擦力作用，使运动员加速向前运动

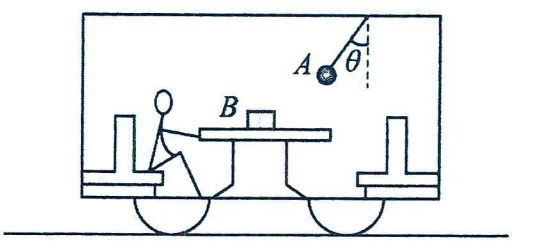
3．如图，沿东西方向（以水平向右为东）直线行驶的列车顶部用细线悬挂一小球 A，质量为 m 的物块 B 始终相对列车静止在桌面上。某时刻观察到细线偏离竖直方向θ角，且 A 相对列车静止，重力加速度为 g，则此刻（　　）

A．列车可能向东做匀速直线运动

B．列车一定向东做匀加速直线运动

C．物块对桌面的摩擦力大小为 mgtanθ，方向水平向东

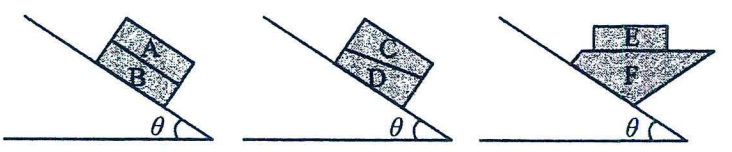
D．轻绳对小球的拉力一定大于小球的重力



4．如图甲、乙、丙所示，各图中均有两个叠放的物块，物块均无相对滑动地沿斜面一起以加速度 $a=g\sin\theta$ 匀加速下滑，斜面的倾角均为 θ。甲图中的 A、B 两物块接触面平行于斜面且两物块之间的摩擦力大小为 f_1，乙图中的 C、D 两物块接触面与斜面不平行且两物块之间的摩擦力大小为 f_2，丙图中的 E、F 两物块接触面水平且两物块之间的摩擦力大小为 f_3，重力加速度为 g，下列判断正确的是（　　）

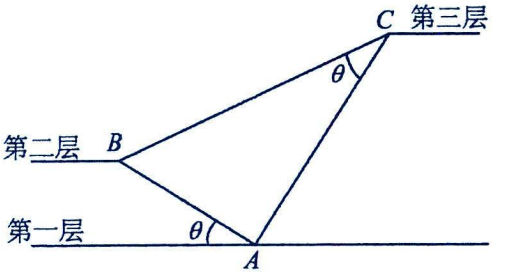
A．$f_1=0$，$f_2\neq0$，$f_3=0$　　B．$f_1\neq0$，$f_2=0$，$f_3\neq0$

C．$f_1\neq0$，$f_2\neq0$，$f_3\neq0$　　D．$f_1=0$，$f_2\neq0$，$f_3\neq0$



甲　　乙　　丙

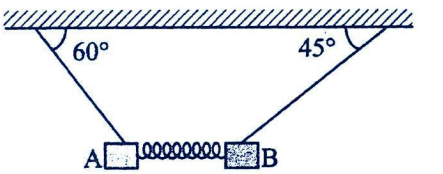
5. 某儿童立体游乐场，在水平一、二、三层平台之间建造了三个滑梯 BA、CA、CB，三个滑梯分别位于三个平行的竖直平面内。侧视图如图所示，滑梯可看作光滑的斜面。其中 AB 与水平面的夹角、CA 与 CB 间的夹角均为θ。小朋友从三个滑梯顶端均由静止开始下滑，到达该滑梯底端所用的时间分别为t_{BA}、t_{CA}、t_{CB}。则下列说法正确的是（　　）



A. $t_{BA}=t_{CA}=t_{CB}$　　B. $t_{BA}<t_{CA}<t_{CB}$

C. $t_{BA}>t_{CA}=t_{CB}$　　D. $t_{BA}=t_{CA}<t_{CB}$

6. 如图所示，A、B 两物体用两根轻质细线分别悬挂在天花板上，两细线与水平方向夹角分别为 60°和 45°，A、B 间拴接的轻弹簧恰好处于水平状态，则下列说法正确的是（　　）



A. A 和 B 所受弹簧弹力大小之比为$\sqrt{2}:\sqrt{3}$

B. A 和 B 的质量之比为$2:\sqrt{3}$

C. 悬挂 A 和 B 的细线上拉力大小之比为$1:\sqrt{2}$

D. 同时剪断两细线的瞬间，A、B 的瞬时加速度大小之比为$\sqrt{6}:3$

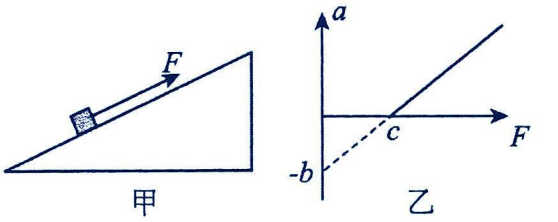
7. 如图甲所示，平行于倾角为θ固定斜面向上的拉力F使小物块沿斜面向上运动，运动过程中加速a与F的关系如图乙。图线的斜率为k，与F轴交点坐标为c，与a轴交点为$-b$。由图可知（　　）

A. 小物块的质量对k

B. 小物块的质量为$\frac{1}{k}$

C. 摩擦力与重力沿斜面的分力大小之和为b

D. 摩擦力与重力沿斜面的分力大小之和为$\frac{b}{c}$



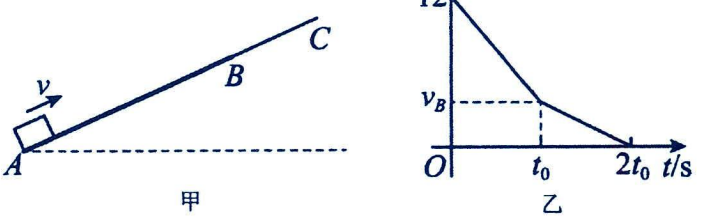
8. 斜面 ABC 中 AB 段粗糙，BC 段光滑，如图甲所示。质量为 1kg 的小物块（可视为质点）以$v_0=12\text{m/s}$的初速度沿斜面向上滑行，到达 C 处速度恰好为零。物块在 AB 段的加速度是 BC 段加速度的两倍，其上滑过程的$v-t$图像如图乙所示（v_B、t_0未知），重力加速度 g 取10m/s^2。则根据上述条件，下列可以求得的是（　　）

A. 物块与斜面之间的动摩擦因数

B. 斜面的倾角

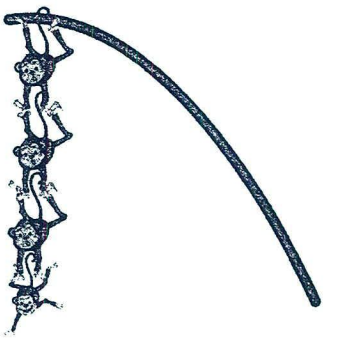
C. 斜面 AB 段的长度

D. 物块沿斜面向下滑行通过 AB 段的加速度



二、多选题

9．如图所示为四只猴子“水中捞月”时的情境，它们竖直倒挂在树梢上，将一棵杨树压弯，从上到下依次为1、2、3、4号猴子。当4号猴子打算伸手捞“月亮”时，3号猴子突然两手一滑没抓稳，4号猴子扑通一声掉进了水里。假设3号猴子手滑前四只猴子都处于静止状态，四只猴子的质量都相等且为m，重力加速度为g，3号猴子手滑后与4号猴子脱离接触，那么在3号猴子手滑后的一瞬间（　　）



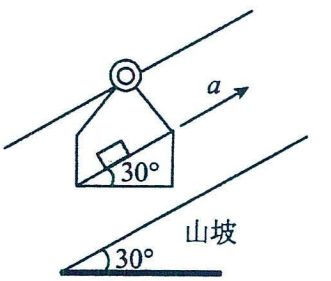
A．4号猴子的加速度和速度都等于0

B．3号猴子的加速度大小为g，方向竖直向上

C．2号猴子对3号猴子的作用力大小为$\frac{4mg}{3}$

D．1号猴子对2号猴子的作用力大小与2号猴子对1号猴子的作用力大小相等

10．乘坐“空中缆车”饱览大自然的美景是旅游者绝妙的选择。若某一缆车沿着坡度为30°的山坡以加速度a上行，如图所示。在缆车中放一个与山坡表面平行的斜面，斜面上放一个质量为m的小物块，小物块相对斜面静止（设缆车保持竖直状态运行,重力加速度g）。则（　　）



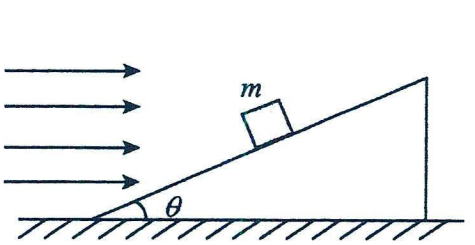
A．小物块受到的摩擦力方向平行斜面向上

B．小物块受到的摩擦力方向平行斜面向下

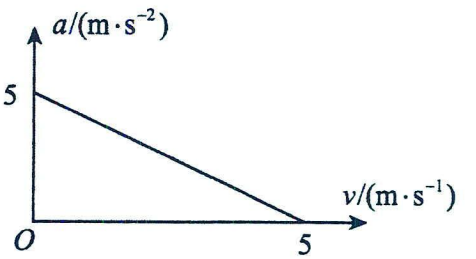
C．小物块受到的支持力大小为$\frac{\sqrt{3}}{2}mg+\frac{1}{2}ma$

D．小物块受到的摩擦力大小为$\frac{1}{2}mg+ma$

11．如图（a），质量m=2kg的物体沿倾角$\theta=37°$的固定粗糙斜面由静止开始向下运动，风对物体的作用力沿水平方向向右，其大小与风速v成正比，比例系数用k表示，物体加速度a与风速v的关系如图（b）所示，g取$10m/s^2$，$\sin37°=0.6$，$\cos37°=0.8$，下列说法正确的是（　　）



(a)



(b)

A．当风速$v=5m/s$时，物体沿斜面下滑的速度最大

B．物体沿斜面做匀变速运动

C．物体与斜面间的动摩擦因数为0.25

D．比例系数k为$\frac{16}{7}kg/s$

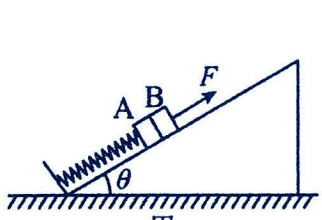
12．如图所示，平行于光滑斜面的轻弹簧一端固定在倾角为$\theta=30°$的斜面底端，另一端与物块A连接，物块B沿斜面叠放在物块A上但不黏连。物块A、B质量均为m，初始时两物块均静止。现用平行于斜面向上的拉力F拉动物块B，使B做加速度为$a(a<\frac{g}{2})$的匀加速运动，两物块在开始一段时间内的$v-t$图像如图乙所示（t_1时刻A、B的图线相切，t_2时刻对应A图线的最高点），重力加速度为g，则下列说法正确的是（　）

A．施加外力前，弹簧的形变量为$\frac{mg}{k}$

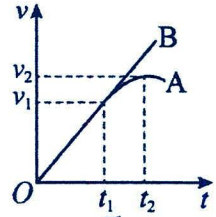
B．外力施加的瞬间，A、B间的弹力大小为$m\left(\frac{g}{2}-a\right)$

C．弹簧恢复到原长时，物体A的速度达到最大值

D．A、B在t_1时刻分离，此时弹簧弹力恰好为$m(g+a)$



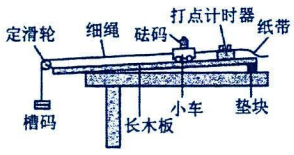
甲



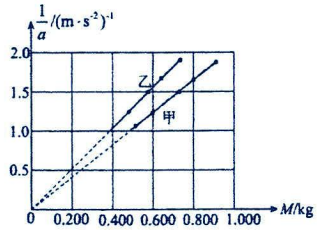
乙

三、实验题

13．用如图甲所示装置，做“探究加速度与力、质量的关系”的实验。



甲



乙

(1)该实验中同时研究三个物理量间关系是很困难的，因此我们采用的研究方法是_____.

A．控制变量法　　B．放大法　　C．补偿法

(2)安装器材时要调整长木板的倾斜程度，使被轻推出的小车在_____（填“挂”或“不挂”）槽码的情况下，能沿斜面匀速下滑，实验时应调整长木板左端滑轮的高度，使牵引小车的细线_____（填“水平”或“与木板平行”）。

(3)以小车和砝码的总质量M为横轴，加速度的倒数$\frac{1}{a}$为纵轴，甲、乙两组同学用实验数据分别得到的$\frac{1}{a}-M$图像如图乙所示。由图可知，在所受外力一定的条件下，a与M成_____（填“正比”或“反比”）；甲组所用的槽码质量比乙组的更_____（填“大”或“小”）。

14．学校某物理实验小组用如图1所示的实验装置来验证“当物体的质量一定时，加速度与所受合外力成正比”的实验。

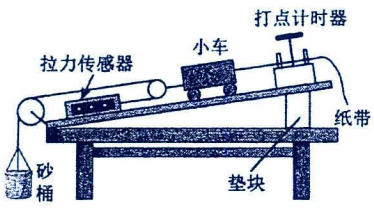


图1

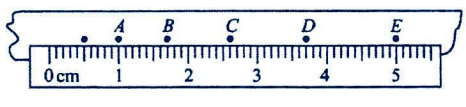


图2

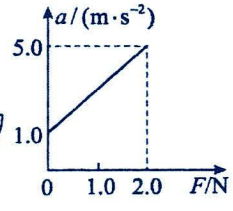


图3

(1)实验时，下列操作中正确的是_

A．用天平测出砂和砂桶的质量

B．小车靠近打点计时器，先释放小车，再接通电源

C．平衡摩擦力时，将无滑轮端适当垫高，并在小车前端连接轻绳且悬挂砂桶

D．平衡摩擦力时，将无滑轮端适当垫高，并在小车后端连纸带且穿过打点计时器，但前端不需要连接轻绳、悬挂砂桶

(2)在实验过程中，向砂桶内加砂时，_____（填“需要”或“不需要”）保证砂和砂桶的总质量m远小于小车的总质量M；

(3)如图 2 是实验中选择的一条合适的纸带（纸带上相邻的两个计数点之间还有 4 个点没有画出），已知打点计时器的打点频率为50Hz，该小车的加速度$a=$_____$\mathrm{m/s^2}$（结果保留两位有效数字）；

(4)若保持小车质量不变，改变砂桶中砂的质量，记录多组拉力传感器示数F和对应纸带求出加速度a的数值，根据这些数据，绘制出如图 3 的图像，分析此图像不过原点的原因可能是_____，实验小组仔细分析图像，得出了实验所用小车的质量为_____kg（结果保留两位有效数字）；

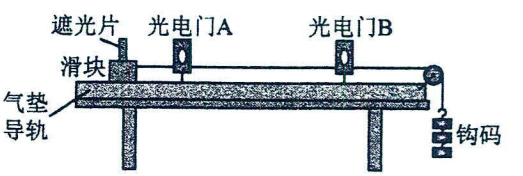
(5)为进行更精确的实验，对上述装置进行改进，实验装置如下图。在气垫导轨上相隔一定距离的两处安装两个光电门，滑块上固定一遮光片，光电门可以记录下遮光片通过光电门时所用的时间Δt_1和Δt_2，以及两次开始遮光的时间间隔Δt，用此装置得到的数据绘制图像，探究加速度与力的关系，已经满足滑块和遮光条总质量远大于钩码质量，除了上述已测得的物理量，还需要测量或记录的数据有_。

A．遮光片的宽度 d

B．钩码的质量 m

C．滑块和遮光片的总质量 M

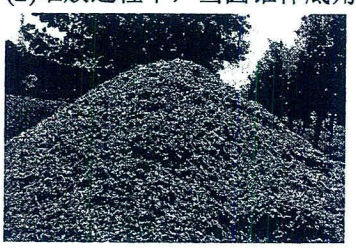
D．滑块的初始位置到光电门 A 的距离 L_1



四、解答题

15．金秋十月，辛勤劳动的农民将收获的谷粒堆放成圆锥体，在堆放完成后，最上层谷粒恰好处于静止状态，已知谷粒之间的动摩擦因数$\mu=0.5$，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度$g=10\mathrm{m/s^2}$，$\sin 37^\circ=0.6$，$\cos 37^\circ=0.8$，求：(1)堆放完成时，圆锥体的底角的正切值；

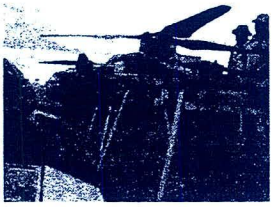
(2)堆放过程中，当圆锥体底角大小为37°时，最上层谷粒的加速度大小。



16.现代战争中，无人机发挥了重要的作用，如图为某款无人机正在进行投弹演习。这款无人机的质量为$M=2\text{kg}$，携带的炸弹（可视为质点，所受空气阻力可忽略）质量为$m=3\text{kg}$，其动力系统可提供最大$F=90\text{N}$的竖直升力，运动过程中无人机所受空气阻力大小恒定，且方向与运动方向相反。无人机携带炸弹在地面上从静止开始，以最大升力竖直向上起飞，在$t=3\text{s}$时离地面的高度为$h=27\text{m}$（g取10m/s^2）。

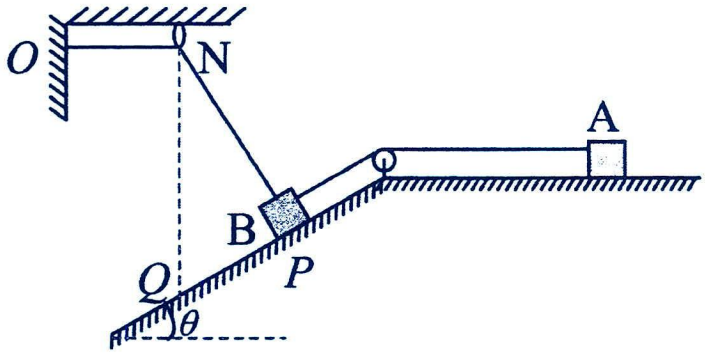
求:(1)求无人机运动过程中所受空气阻力大小；

(2)若无人机悬停在离地20m处，突然释放炸弹，此时立即开启最大动力系统使无人机加速上升，求炸弹落地时无人机的离地高度。



17. 在如下图所示的整直平面内，物体A和物体B用跨过定滑轮的轻绳连接，分别静止于倾角θ=30°的光滑斜面上的P点和粗糙绝缘水平面上，轻绳与对应平面平行，劲度系数k=5N/m的轻弹簧一端固定在O点，一端用另一轻绳穿过固定的光滑小环N与B相连，弹簧处于原长，轻绳恰好拉直，NP垂直于斜面，水平面处于一种特殊的物质中，A在其中会受到水平向右的恒力F_0=1.3N，已知A、B的质量分别为m_A=0.2kg和m_B=0.3kg，设两物体均视为质点，不计滑轮质量和摩擦，绳不可伸长，弹簧始终在弹性限度内，A始终处在水平面上，A与水平面间的动摩擦因数为μ=0.2，取g=10m/s²。求:（1）求A所受摩擦力；

（2）现对B施加沿斜面向下的拉力F，使B以加速度a=0.3m/s²开始做匀加速直线运动从P到Q的过程中，历时2s，已知NQ沿竖直方向，求B到达Q点时拉力F。



第十八讲：牛顿运动定律应用（四）

考点一：传送带问题

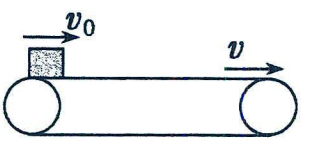
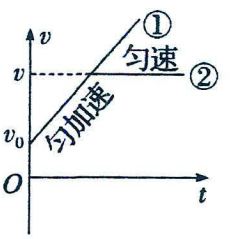
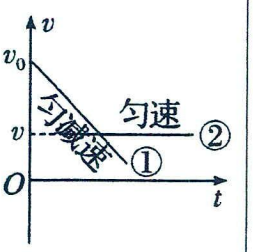
1．模型特点：传送带问题一般分为水平传送带、倾斜传送带两种类型，其本质是物体与传送带间在摩擦力作用下的相对运动问题。

2．传送带模型问题的两个关键分析

受力分析	(1)摩擦力方向的判断：①同向“以快带慢”；②反向“互相阻碍”。 (2)共速时摩擦力的可能突变： ①滑动摩擦力突变为零；②滑动摩擦力突变为静摩擦力； ③摩擦力方向突变。
运动分析	(1)参考系的选择： ①研究物体的速度、位移、加速度时均以地面为参考系； ②研究物体的滑行痕迹等一般以传送带为参考系比较方便。 (2)判断共速以后物体是否能与传送带保持相对静止。 (3)判断物体在达到共速之前是否滑出传送带。

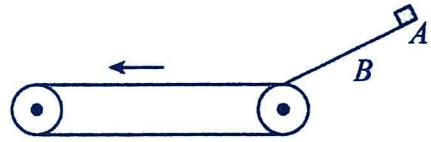
题型一：同向水平传送带

同水平传送带的运动情况：(传送带以 v 匀速运行，滑块的初速度为 v_0)

情景			
运动情况	传送带长度	速度关系	
		$0\le v_0<v$	$v<v_0$
	传送带不足够长（$L\le\left\|\frac{v^2-v_0^2}{2a}\right\|$）	一直匀加速	一直匀减速
	传送带足够长（$L>\left\|\frac{v^2-v_0^2}{2a}\right\|$）	先匀加速再匀速	先匀减速再匀速
运动图像			

【精选例题】

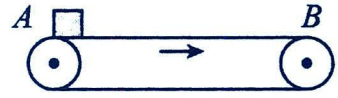
【例 1】（多选题）如图，水平传送带以1m/s的速度逆时针匀速运行，现将一小滑块（视为质点）从A处由静止开始沿光滑固定斜面滑下，结果滑块以1m/s的速度滑上传送带的右端。若滑块从图示位置B（比A处低）由静止开始沿斜面滑下，则滑块在传送带上运动的过程中（　　）



A．可能一直做加速运动　　B．可能一直做减速运动

C．可能先做加速运动后做匀速运动　　D．可能先做减速运动后做匀速运动

【例 2】（多选题）如图所示，水平传送带A、B两端相距x=4m，以v_0=4m/s的速度（始终保持不变）顺时针运转。今将一小物块（可视为质点）无初速度地轻放在A端。已知小物块与传送带间的动摩擦因数μ=0.4，重力加速度大小g=10m/s²。则小物块从A运动到B的过程中,下列说法正确的是（　　）



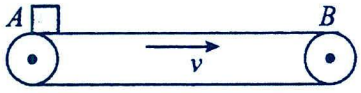
A．小物块在传送带上一直加速运动　　B．小物块从A运动到B的时间是1.5s

C．小物块达到的最大速度是$4\sqrt{2}$ m/s　　D．小物块与传送带间的相对位移是2m

【例 3】某快递公司为了提高效率，使用电动传输机输送快件如图所示，水平传送带AB长度L＝5.25 m，始终保持恒定速度v＝1 m/s运行，在传送带上A处无初速度地放置一快件(可视为质点)，快件与传送带之间的动摩擦因数μ＝0.2，重力加速度取g＝10 m/s²。

求:(1)快件的加速度大小；

(2)快件运动到B点的时间。



【变式训练】

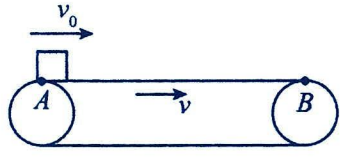
1．云南昆明长水国际机场航站楼是中国面向东南亚、南亚和连接欧亚的第四大国家门户枢纽机场，航站楼行李处理系统其中的一段如图甲所示，水平传送带顺时针匀速转动，一小行李箱以初速度v_0滑上水平传送带，从A点运动到B点的$v-t$图像如图乙所示。下列说法正确的是（ ）

A．小行李箱的初速度大小为2m/s

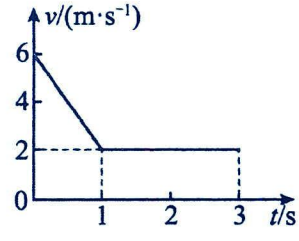
B．传送带转动的速度大小为6m/s

C．A、B两点间的距离为6m

D．小行李箱与传送带的相对位移大小为2m

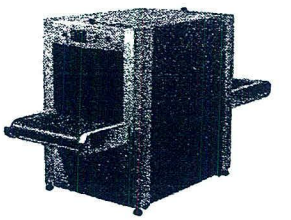


甲

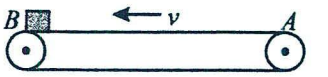


乙

2．如图甲为应用于地铁站的安全检查仪，用于对旅客的行李进行安全检查。其传送装置可简化为如图乙的模型，紧绷的传送带以$v=1\text{m/s}$的恒定速率运行。旅客把行李无初速度地放在A处，设行李与传送带之间的动摩擦因数$\mu=0.5$，A，B间的距离为2m，g取10m/s^2。假设无论传送带速度多大，乘客把行李放到传送带的同时，都以与传送带相同的恒定速率运动到B处取行李，则（　　）



甲



乙

A．乘客与行李同时到达B处

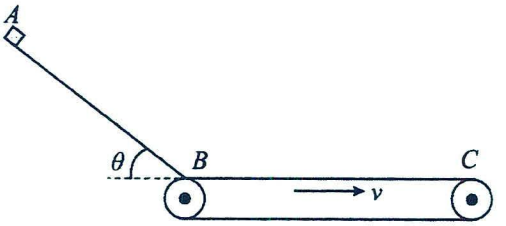
B．乘客提前0.2s到达B处

C．若将传送带的速率增至2m/s，行李将比乘客提前到达B处

D．若将传送带的速率增至2m/s，乘客与行李到达B处的时间差将增大

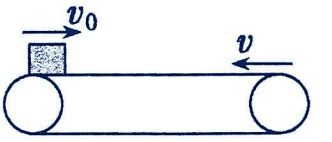
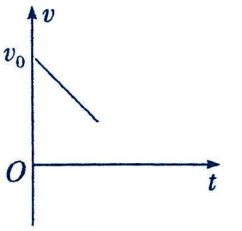
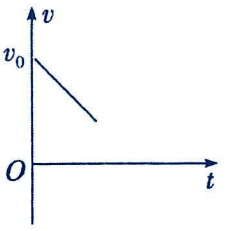
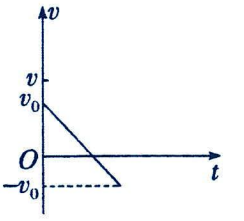
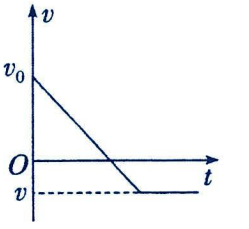
3．随着电子商务的迅速发展，对物流的需求急剧增加，下图是物流运输过程中卸货的传送装置示意图，倾斜部分AB的长度为4m，水平传送带BC的长度为5m，AB部分与水平面之间的夹角$\theta=37°$。传送带以$v=2\text{m/s}$的速度沿顺时针方向匀速运转，把包裹轻放到A端开始运动，包裹经过B点前后速度大小不变且不脱离传送带。已知包裹与斜面AB、传送带间的动摩擦因数均为0.5，包裹运动到传送带上后传送带速度不变。不计空气阻力，取重力加速度$g=10\text{m/s}^2,\sin37°=0.6,\cos37°=0.8$。求：（1）包裹到达B点时的速度大小：

（2）包裹从A点传送到C点所需的时间。



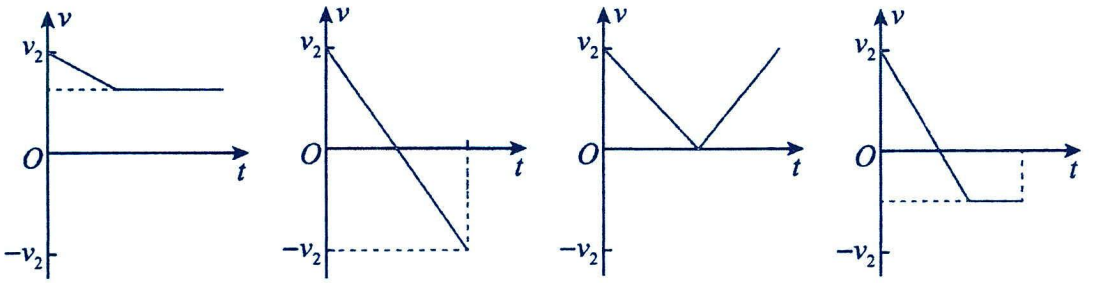
题型二：反向水平传送带

反向水平传送带的运动情况：(传送带以 v 匀速运行，滑块的初速度为 v_0)

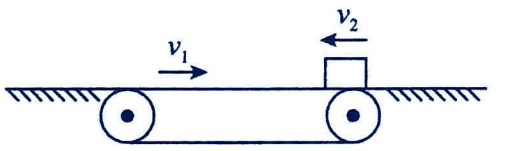
<table>
<tr><td>情景</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">运动情况</td><td>传送带长度</td><td colspan="2">速度关系</td></tr>
<tr><td></td><td>$0\le v_0<v$</td><td>$v<v_0$</td></tr>
<tr><td>传送带不足够长（$L\le\frac{v_0^2}{2a}$）</td><td>一直匀减速
</td><td>一直匀减速
</td></tr>
<tr><td>传送带足够长（$L>\frac{v_0^2}{2a}$）</td><td>先匀减速后反向匀加速
</td><td>先匀减速后反向匀加速再匀速
</td></tr>
</table>

【精选例题】

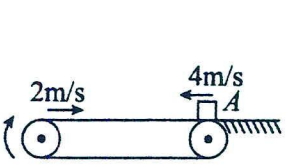
【例 1】（多选题）如图所示，绷紧的水平传送带以恒定速率 v_1 运行。初速度大小为 v_2 的小物块从与传送带等高的光滑水平地面上向左滑上传送带。从小物块滑上传送带开始计时，以地面为参考系，选取水平向左为速度 v 的正方向，小物块在传送带上运动的 v-t 图像可能的是（　　）



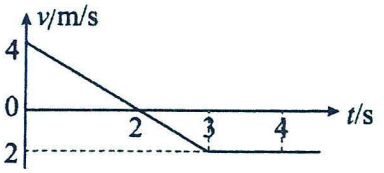
A　　B　　C　　D



【例 2】（多选题）如图甲所示，绷紧的水平传送带始终以 2m/s 的速率运行。初速度为 4m/s 的小煤块从与传送带等高的光滑水平地面上的 A 处滑上传送带。若从小煤块滑上传送带开始计时，小煤块在传送带上运动的 $v-t$ 图像（以地面为参考系）如图乙所示，g 取 $10m/s^2$。则（　　）



甲



乙

A．小煤块与传送带间的动摩擦因数为 0.2

B．$t=2s$ 时，小煤块相对传送带滑动的距离达到最大

C．0～4s 时间内，小煤块先受到滑动摩擦力作用后受到静摩擦力作用

D．小煤块返回到 A 点时在传送带上留下的痕迹长为 9m

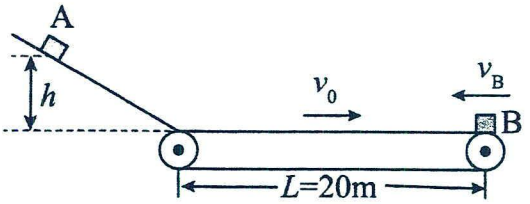
【例 3】如图所示，长度 L=20m 的水平传送带在电动机的驱动下以 $v_0=8m/s$ 的恒定速率顺时针转动，传送带的左端与光滑斜面平滑连接。一个质量 m=1kg 的物块 A 从光滑斜面上高为 h=0.8m 处由静止释放，物块 A 滑上传送带时，质量 M= 7 kg 的物块 B 从传送带的右端以某速度水平向左滑上传送带，物块 B 速度为零时，物块 A、B 在传送带上发生碰撞。已知物块 A、B 与传送带间的动摩擦因数分别为 $\mu_1=0.2$、$\mu_1=0.4$，取重力加速度大小 $g=10m/s^2$。下列说法中正确的是（　　）

A．物块 A 滑上传送带时的速度大小为 2m/s

B．滑上传送带后经过 1s 与 B 碰撞

C．物块 B 滑上传送带时的速度大小为 4m/s

D．物块 B 滑上传送带时的速度大小为 8m/s



【变式训练】

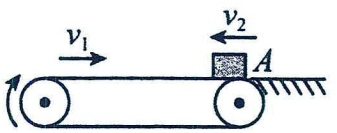
1．（多选题）如图甲所示，绷紧的水平传送带始终以恒定速率 v_1 运行。初速度大小为 v_2 的小物块从与传送带等高的光滑水平地面上的 A 处滑上传送带。若从小物块滑上传送带开始计时，小物块在传送带上运动的 v-t 图像（以地面为参考系）如图乙所示。已知 $v_2>v_1$，则（　）

A．t_2 时刻，小物块离 A 处的距离达到最大

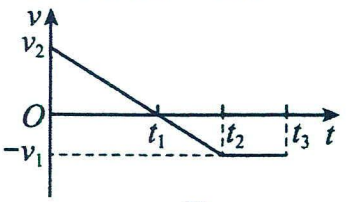
B．t_2 时刻，小物块相对传送带滑动的距离达到最大

C．0~t_2 时间内，小物块受到的摩擦力方向始终向右

D．若 t_3 时刻小物块刚好回到 A 处，则 $t_1<t_3-t_1$



甲



乙

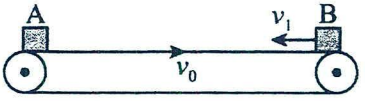
2．（多选题）如图所示，水平传送带以速度 $v_0=4m/s$ 向右匀速传动，两物块 A、B 均可视为质点，与传送带间的动摩擦因数均为 $\mu=0.2$，物块 A 从传送带左端由静止释放，同时，物块 B 从传送右端以速度大小 $v_1=4m/s$ 向左滑上传送带，两物块恰好没有发生碰撞。重力加速度 g 取 $10m/s^2$，则下列说法正确的是（　　）

A．A 物块与 B 物块在传送带的中点位置相遇

B．A 物块在传送带上的运动时间为 4s

C．B 物块与传送带间的“划痕”长度为 16m

D．传送带的长度为 8m



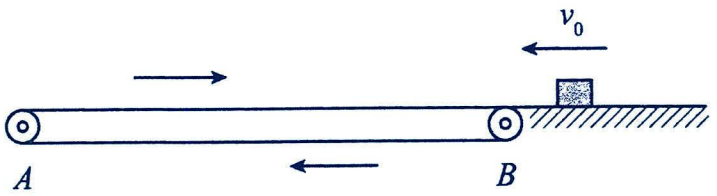
3．如图所示，足够长的水平传送带顺时针加速转动，加速度的大小为$a=1\mathrm{m/s^2}$，上表面跟水平台面等高且平滑连接。当传送带的速度为$1\mathrm{m/s}$时，小物块从其B端以$v_0=8\mathrm{m/s}$的速度冲上传送带，物块跟传送带间的动摩擦因数$\mu=0.4$，重力加速度$g=10\mathrm{m/s^2}$。物块在传送带上运动的过程中，下列说法正确的是（　）

A．物块速度减为零时相对传送带运动的位移大小为 8m

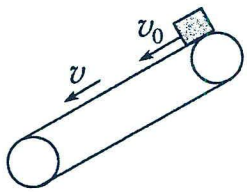
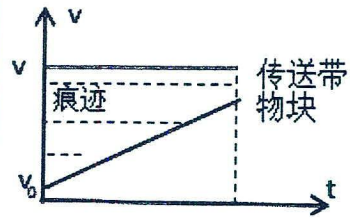
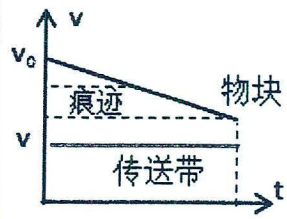
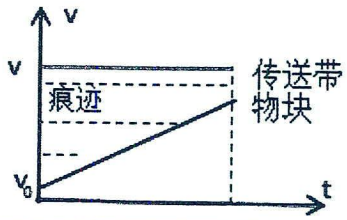
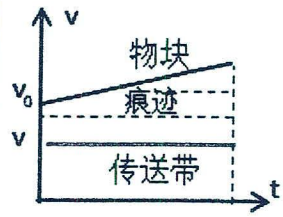
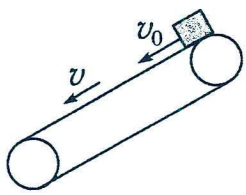
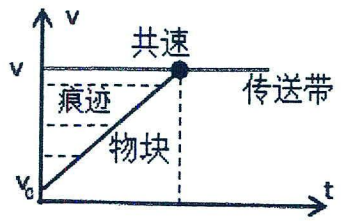
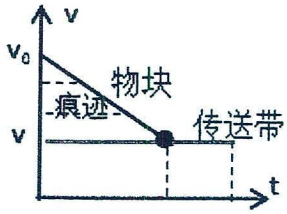
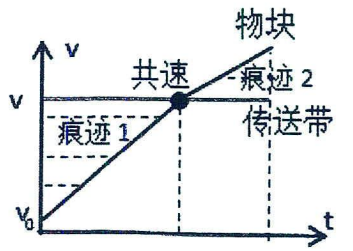
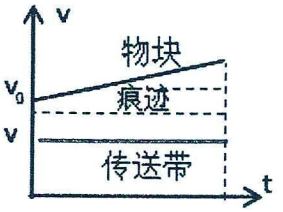
B．物块在传送带上始终受到水平向右的滑动摩擦力

C．从物块冲上传送带到物块返回传送带B端经历的总时间为 4s

D．物块返回传送带B端时的速度大小为$2\sqrt{7}\mathrm{m/s}$



题型三：倾斜传送带--同向下行传送带

<table>
<tr><th rowspan="2">传送带长度</th><th rowspan="2">μ与 tanθ</th><th colspan="2">速度关系</th></tr>
<tr><th>$0\le v_0<v$</th><th>$v<v_0$</th></tr>
<tr><td rowspan="2">
传送带不足够长
（$L\le\left|\frac{v^2-v_0^2}{2a}\right|$）</td><td>μ＞tanθ</td><td>一直匀加速
a=gsinθ＋μgcosθ
</td><td>一直匀减速
a=μgcosθ-gsinθ
</td></tr>
<tr><td>μ<tanθ</td><td>一直匀加速
a=gsinθ＋μgcosθ
</td><td>一直匀加速
a=gsinθ-μgcosθ
</td></tr>
<tr><td rowspan="2">
传送带足够长
（$L>\left|\frac{v^2-v_0^2}{2a}\right|$）</td><td>μ＞tanθ</td><td>先匀加速后匀速
a=gsinθ＋μgcosθ
</td><td>先匀减速后匀速
a=μgcosθ-gsinθ
</td></tr>
<tr><td>μ<tanθ</td><td>先匀加速后匀加速
a_1=gsinθ＋μgcosθ
a_2=gsinθ-μgcosθ
</td><td>一直匀加速
a=gsinθ-μgcosθ
</td></tr>
</table>

【精选例题】

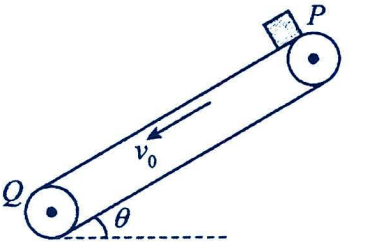
【例 1】（多选题）某传送装置如图所示，一长度 $L_{PQ}=3.2m$ 的传送带倾斜放置，与水平面的夹角为θ，以 $v_0=2m/s$ 的恒定速度逆时针转动。将一质量 $m=1kg$ 的物体无初速度地放在传送带的顶端 P，经时间 $t_1=0.2s$，物体的速度达到 2m/s，此后再经过 $t_2=1.0s$ 时间，物体运动到传动带的底端 Q。已知重力加速度 $g=10m/s^2$，物体可视为质点。下列判断正确的是（　　）

A．物体运动到传送带的底端 Q 点时的速度大小是 2m/s

B．传送带与物体间的动摩擦因数 μ =0.5

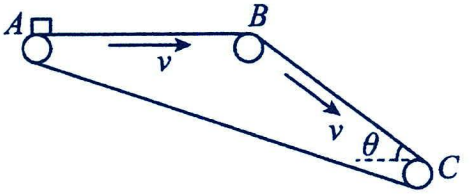
C．传送带与水平面的夹角θ=53°

D．物体由 P 运动到 Q 的过程中，物体相对于传送带的位移大小为 0.8m



【例 2】随着电子商务的迅速发展，对物流的需求急剧增加，下图是物流运输过程中卸货的传送装置示意图，水平部分 AB 和倾斜部分 BC 的长度均为 2m，BC 部分与水平面之间的夹角θ=37°。传送带以 v=1m/s 的速度沿顺时针方向匀速运转，把包裹轻放到水平传送带 A 端，包裹经过 B 端前后速度大小不变且不脱离传送带。已知包裹与传送带间的动摩擦因数为 0.5，包裹放上后传送带速度不变。取重力加速度 $g=10m/s^2$，sin37°=0.6，cos37°=0.8。求：（1）包裹到达 B 端时的速度大小；

（2）包裹从 A 端传送到 C 端所需时间。

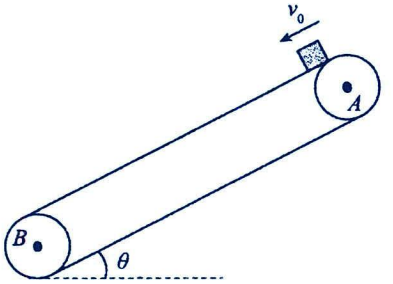


【例 3】如图所示，传送带倾斜放置，与水平方向的夹角为θ=37°，小物块以 $v_0=2m/s$ 的初速度从 A 端沿传送带向下运动。当传送带静止不动时，小物块从 A 端运动到 B 端所用的时间为 Δt=5.0s。已知小物块与传送带之间的动摩擦因数为 μ =0.5，小物块可视为质点，重力加速度 $g=10m/s^2$，sin37°=0.6，cos37°=0.8，$\sqrt{3}=1.73$。

（1）求 A、B 两端之间的距离 L；

（2）若传送带以 $v_1=2m/s$ 的速度沿逆时针方向匀速转动，求小物块在传送带上留下的痕迹 s；

（3）若传送带以 $v_2=8m/s$ 的速度沿逆时针方向匀速转动，求小物块从 A 端运动到 B 端所用的时间 t。（结果保留 3 位有效数字）

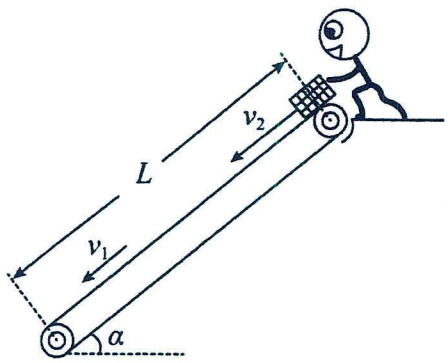


【变式训练】

1．机场地勤工作人员利用传送带从飞机上卸行李。如图所示，以恒定速率 v_1=0.6m/s 运行的传送带与水平面间的夹角α=37°，转轴间距 L=2m。工作人员沿传送方向以速度 v_2=1m/s 从传送带顶端推下一件小包裹（可视为质点）。小包裹与传送带间的动摩擦因数μ=0.8。取重力加速度 g=10m/s²，sin37°=0.6，cos37°=0.8。求：

（1）小包裹相对传送带滑动时加速度的大小 a；

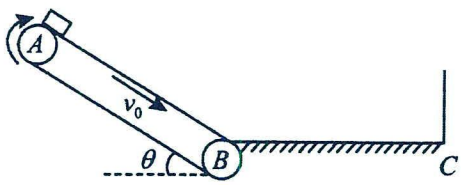
（2）小包裹通过传送带所需的时间 t。



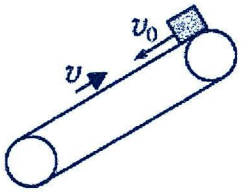
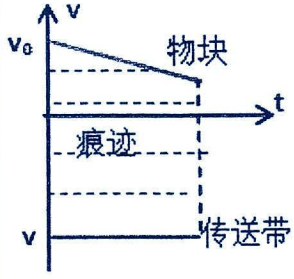
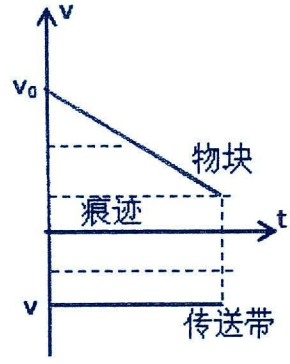
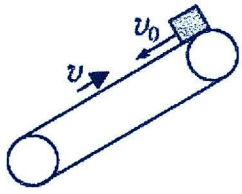
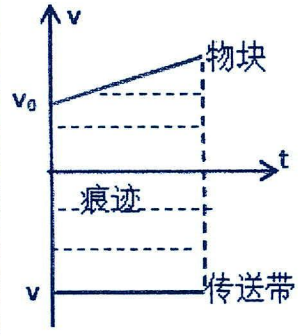
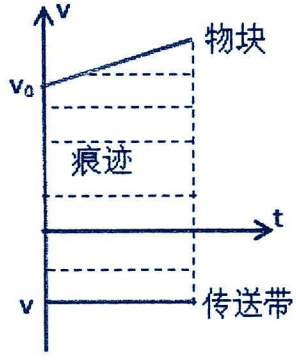
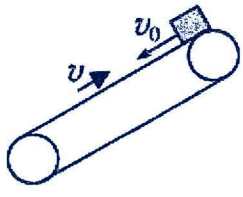
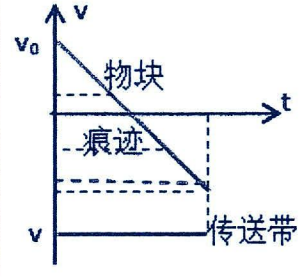
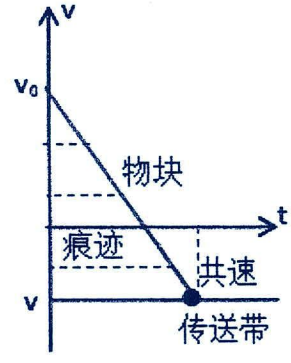
2．如图所示，以 $v_0=10\text{m/s}$ 的速度匀速运动的传送带与水平面的倾角为 $\theta=37°$，A、B 两端的距离为 $L_1=16\text{m}$，传送带 B 端与水平面平滑连接，与竖直墙壁 C 点的距离为 $L_2=10\text{m}$。在传送带的 A 端无初速度地释放物块（可视为质点），物块与传送带之间的动摩擦因数为 $\mu_1=0.5$。物块与水平面之间的动摩擦因数为 $\mu_2=0.4$，物块与竖直墙壁相碰后瞬时速率为相碰前瞬时速率的 $\frac{3}{4}$ 倍。重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$，$\sin37°=0.6$，$\cos37°=0.8$，求：

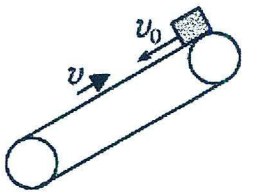
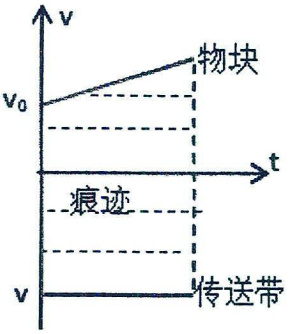
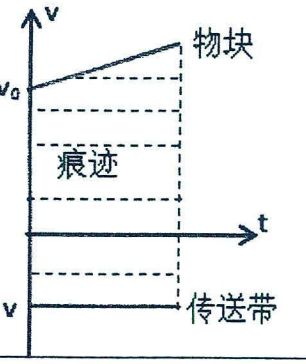
（1）物块从 A 运动到 B 所需的时间；

（2）物块停止运动的位置离 C 点的距离。



题型四：倾斜传送带–反向上行传送带

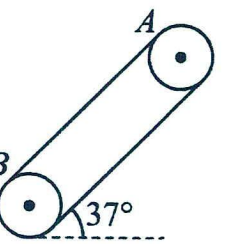
<table>
<tr><th rowspan="2">传送带长度</th><th rowspan="2">μ与 tanθ</th><th colspan="2">速度关系</th></tr>
<tr><th>$0\le v_0<v$</th><th>$v<v_0$</th></tr>
<tr><td>
传送带不足够长
（$L\le\left|\frac{v_0^2}{2a}\right|$）</td><td>μ＞tanθ</td><td>一直匀减速
a=μgcosθ-gsinθ
</td><td>一直匀减速
a=μgcosθ-gsinθ
</td></tr>
<tr><td>
传送带不足够长
（$L\le\left|\frac{v_0^2}{2a}\right|$）</td><td>μ<tanθ</td><td>一直匀加速
a=gsinθ-μgcosθ
</td><td>一直匀加速
a=gsinθ-μgcosθ
</td></tr>
<tr><td>
传送带足够长
（$L>\left|\frac{v_0^2}{2a}\right|$）</td><td>μ＞tanθ</td><td>先匀减速后匀加速
a_1=gsinθ＋μgcosθ
a_2=gsinθ-μgcosθ
</td><td>先匀减速后匀加速再匀速
a=μgcosθ-gsinθ
</td></tr>
</table>

 传送带足够长 （$L>\left\|\frac{v_0^2}{2a}\right\|$）	$\mu<\tan\theta$	一直匀加速 $a=g\sin\theta-\mu g\cos\theta$ 	一直匀加速 $a=g\sin\theta-\mu g\cos\theta$ 

【精选例题】

【例 1】（多选题）传送带与水平面夹角 $\theta=37°$，并以 v=10m/s 的速度运行，在传送带的 A 端轻轻地放一小物体，若已知传送带与物体之间的动摩擦因数 $\mu=0.5$，传送带 A 到 B 端的距离 s=16m，则小物体从 A 端运动到 B 端所需的时间可能（　　）

A．1.8s　　B．2.0s　　C．2.1s　　D．4.0s



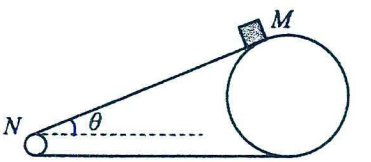
【例 2】如图所示，MN 是一段倾角为 $\theta=30°$ 的传送带，质量为 $m=1\text{kg}$ 的小物块，以沿传送带向下的速度 $v_0=4\text{m/s}$ 从 M 点开始沿传送带运动。物块运动过程的部分 $v-t$ 图像如图，取 $g=10\text{m/s}^2$，则（　　）

A．物块最终从传送带 N 点离开

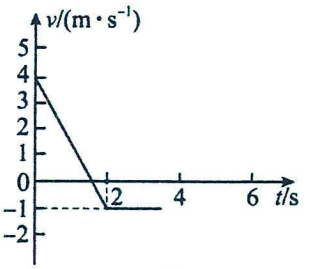
B．传送带的速度 $v=1\text{m/s}$，方向逆时针

C．物块相对传送带滑动的距离为 4m

D．物块将在 5s 时回到原处



甲



乙

【变式训练】

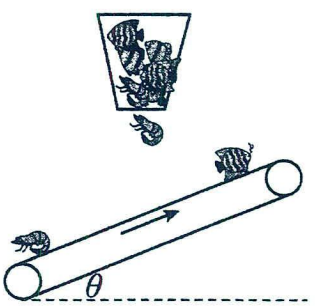
1．（多选题）渔业作业中，鱼虾捕捞上来后，通过“鱼虾分离装置”，实现了机械化分离鱼和虾，降低了人工成本。某科学小组将“鱼虾分离装置”简化为如图模型，传送带与水平面的夹角 θ，分离器出口与顺时针运转的传送带有一定的高度差，鱼虾落在传送带上时只有沿着传送带向下的初速度（垂直带的速度瞬间为零），随后虾从传送带下方掉落，鱼从传送带上方掉落，实现分离。“虾”与传送带之间的动摩擦因数为 μ_1，“鱼”与传送带之间的动摩擦因数 μ_2，则（　　）

A．“虾”掉落到传送带后，可能沿传送带向下做加速直线运动

B．“鱼”掉落到传送带后，马上沿传送带向上做加速直线运动

C．μ_1 一定小于 $\tan\theta$

D．μ_2 一定大于 $\tan\theta$



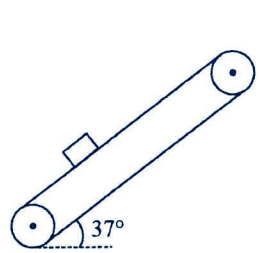
2．（多选题）如图甲所示，倾角为37°足够长的传送带以恒定速率转动，将一质量$m=1\text{kg}$的小物体以某一初速度放在传送带上，物体相对地面的速度大小随时间变化的关系如图乙所示，取沿传送带向上为正方向，$g=10\text{m/s}^2,\sin37°=0.6,\cos37°=0.8$，则下列说法正确的是（　　）

A．传送带逆时针转动，速度大小为4m/s

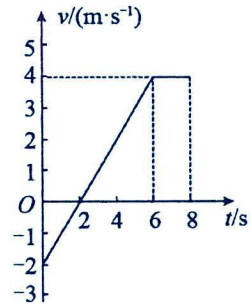
B．物体与传送带间的动摩擦因数为0.75

C．0～8s内物体位移的大小为14m

D．0～8s内物体与传送带之间相对运动距离为18m

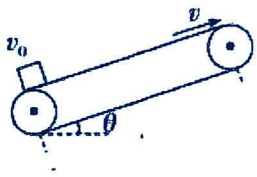
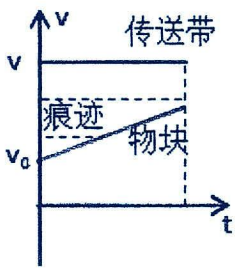
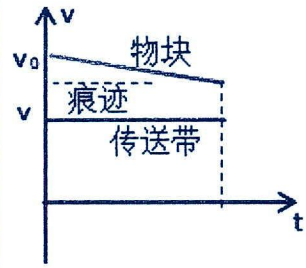
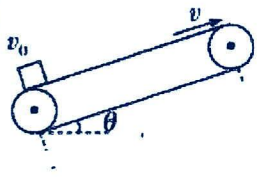
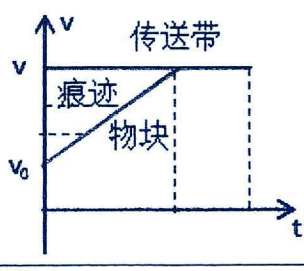
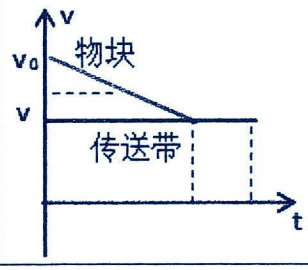


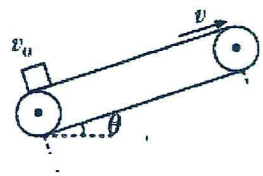
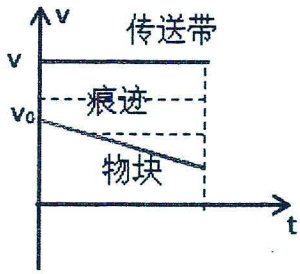
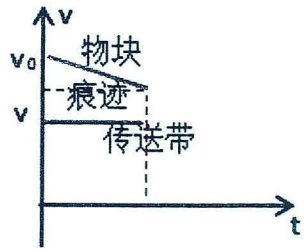
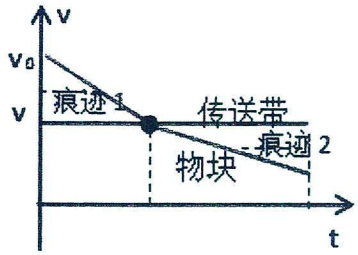
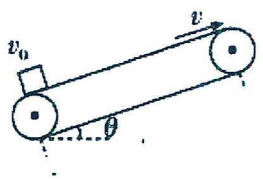
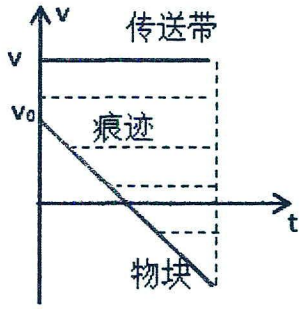
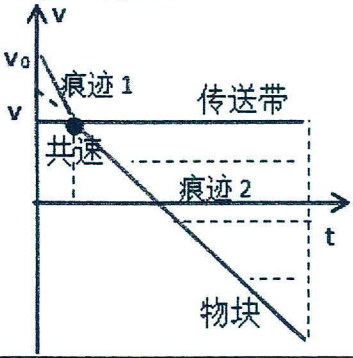
甲



乙

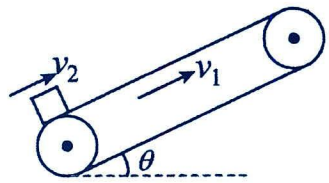
题型五：倾斜传送带–同向上行传送带

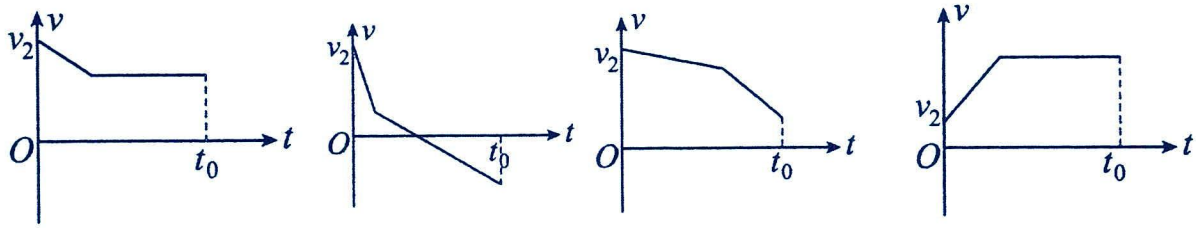
传送带长度	μ与 tanθ	速度关系	
		$0\le v_0<v$	$v<v_0$
 传送带不足够长 （$L\le\left\|\frac{v^2-v_0^2}{2a}\right\|$）	μ＞tanθ	一直匀加速 a=μgcosθ-gsinθ 	一直匀减速 a=μgcosθ+gsinθ 
 传送带足够长 （$L>\left\|\frac{v^2-v_0^2}{2a}\right\|$）	μ＞tanθ	先匀加速后匀速 a=μgcosθ-gsinθ 	先匀减速后匀速 a=μgcosθ+gsinθ 

<table>
<tr><th rowspan="2">传送带长度</th><th rowspan="2">μ与 tanθ</th><th colspan="2">速度关系</th></tr>
<tr><th>$0\le v_0<v$</th><th>$v<v_0$</th></tr>
<tr><td>
传送带不足够长</td><td>μ<tanθ</td><td>$L\le\left|\frac{v_0^2}{2a}\right|$
一直匀减速
a=gsinθ-μgcosθ
</td><td>$(L\le\frac{v^2-v_0^2}{2a_1}+\frac{v^2}{2a_2})$
先匀减速后匀减速
a_1=gsinθ＋μgcosθ
a_2=gsinθ-μgcosθ

</td></tr>
<tr><td>
传送带足够长</td><td>μ<tanθ</td><td>$L>\left|\frac{v_0^2}{2a}\right|$
先匀减速后反向加速
a=gsinθ-μgcosθ
</td><td>$L\le\frac{v^2-v_0^2}{2a_1}+\frac{v^2}{2a_2}$
先匀减速后匀减速再反向加速
a_1=gsinθ＋μgcosθ
a_2=gsinθ-μgcosθ
</td></tr>
</table>

【精选例题】

【例 1】如图所示，倾斜传送带以速度 v_1 顺时针匀速运动，t=0 时刻小物体从底端以速度 v_2 冲上传送带，$t=t_0$ 时刻离开传送带。下列描述小物体的速度随时间变化的图象不可能的是（　　）





A　　B　　C　　D

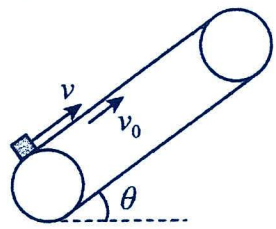
【例 2】如图所示，传送带与水平面的夹角 $\theta=30°$，传送带以 $v_0=2\text{m/s}$ 的速度顺时针转动，$t=0$ 时刻，一煤块以 $v=8\text{m/s}$ 的速度从传送带的底端滑上传送带，传送带和煤块运动的 $v-t$ 图像如图所示，已知煤块刚好能滑到传动带的顶端，g 取 10m/s^2，则下列说法正确的是（　　）

A．煤块与传送带间的动摩擦因数为 $\frac{\sqrt{3}}{4}$

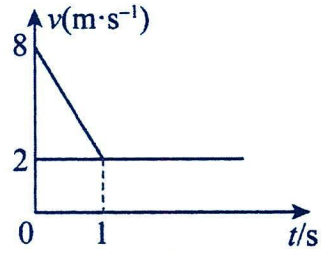
B．煤块向上运动的总时间为 2.0s

C．传送带的总长度为 5.5m

D．煤块滑到顶端时在传送带上的划痕长度为 3.5m

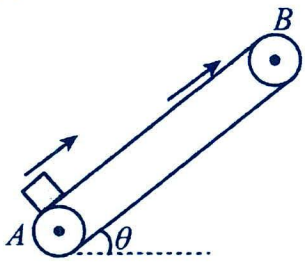


甲



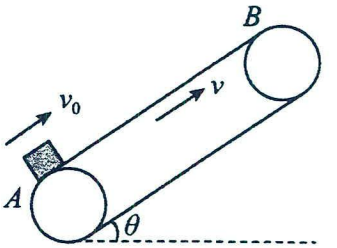
乙

【例 3】如图所示，为传送带传输装置示意图的一部分，传送带与水平地面的倾角 $\theta=37°$，A、B 两端相距 $L=5\text{m}$，质量为 $M=10\text{kg}$ 的物体以 $v_0=6\text{m/s}$ 的速度沿 AB 方向从 A 端滑上传送带，物体与传送带间的动摩擦因数处处相同，均为 0.5。传送带顺时针运转的速度 $v=4\text{m/s}$，g 取 10m/s^2）求：(1)物体从 A 点到达 B 点所需的时间；(2)若传送带顺时针运转的速度可以调节，物体从 A 点到达 B 点的最短时间是多少？（其他条件不变）



【变式训练】

1．（多选题）如图所示，倾斜放置的传送带以速度 $v=2\text{m/s}$ 的速度沿顺时针匀速转动，倾角 $\theta=37°$，一个物块从传送带的底端 A 以 $v_0=4\text{m/s}$ 的速度沿传送带向上滑去，结果物块刚好能到达传送带的顶端 B 点，已知重力加速度为 $g=10\text{m/s}^2$，物块与传送带间的动摩擦因数为 0.5，则（　　）



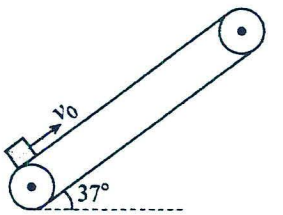
A．传送带 A、B 间距离为 1.6m

B．传送带 A、B 间距离为 1.8m

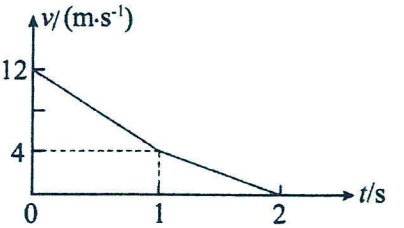
C．物块从 A 到 B 运动的时间为 1s

D．物块从 A 到 B 运动的时间为 1.2s

2．（多选题）如图甲所示，倾角为 37°的传送带以恒定速率沿顺时针方向转动。一煤块以初速度 v_0 从底部冲上传送带向上运动，其 $v-t$ 图像如图乙所示，煤块到达传送带顶端时速度恰好为零，取 $g=10\text{m/s}^2$，$\sin37°=0.6$，$\cos37°=0.8$，则（ ）



甲



乙

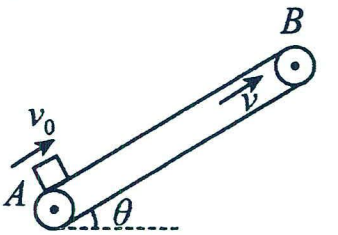
A．煤块与传送带间的动摩擦因数为 0.25

B．传送带底端到顶端的距离为 14m

C．煤块相对传送带的位移为 2m

D．煤块所受摩擦力方向一直与其运动方向相反

3．（多选题）如图所示，一足够长的传送带倾斜放置，倾角θ= 37°，以恒定速率 v=4m/s 顺时针转动。一煤块以初速度 $v_0=12\text{m/s}$ 从 A 端冲上传送带，煤块与传送带之间动摩擦因数μ=0.25，取 $g=10\text{m/s}^2$，$\sin37°=0.6$、$\cos37°=0.8$。则下列说法正确的是（　　）



A．煤块冲上传送带后经 1s 与传送带速度相同

B．煤块向上滑行的最大位移为 10m

C．煤块从冲上传送带到返回 A 端所用的时间为 5s

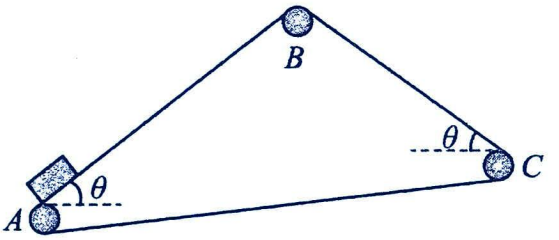
D．煤块在传送带上留下的痕迹长为（$12+4\sqrt{5}$）m

4. 如图所示，三角形传送带 ABC 以恒定速度 $v=4\mathrm{m/s}$ 顺时针运行，传送带与水平面间的夹角 $\theta=37°$，$L_{AB}=4\mathrm{m}$，$L_{BC}=3\mathrm{m}$，B 端上方有一段光滑圆弧，可以使经过 B 端的物体速度方向发生变化但速度大小不变。现将质量 $m=1\mathrm{kg}$ 的小物块轻放在传送带的 A 端（可看成质点）后，给小物块施加一沿斜面向上的恒力 $F=10\mathrm{N}$ 拉小物块，小物块到达 B 端时撤去 F。已知小物块与传送带之间的动摩擦因数 $\mu=0.5$，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力。（取 $g=10\mathrm{m/s^2},\sin37°=0.6,\cos37°=0.8$）求：

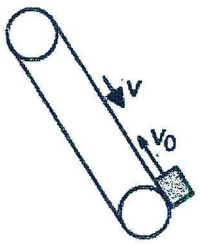
（1）小物块从 A 运动到 B 的时间；

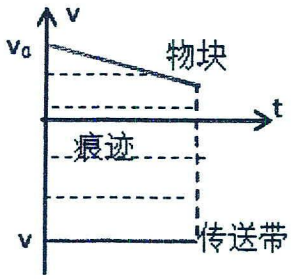
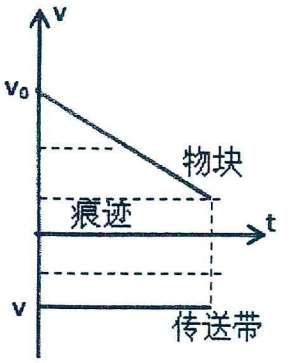
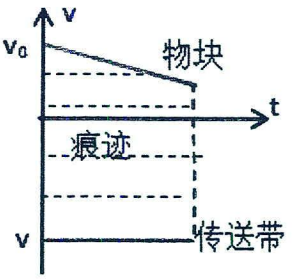
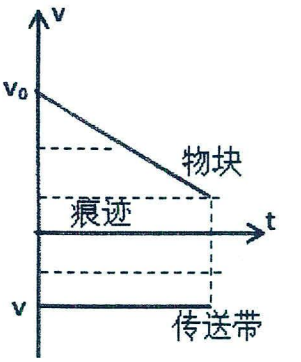
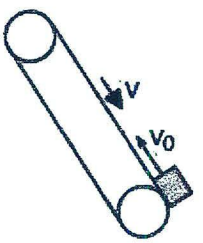
（2）小物块运动到 C 端时的速度大小；

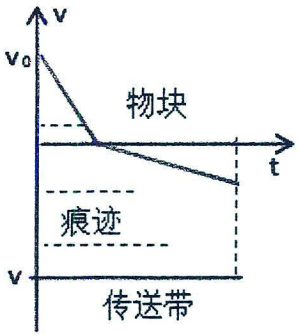
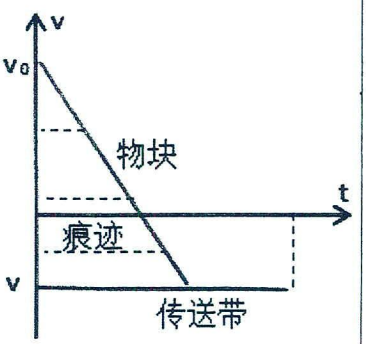
（3）若在小物块与传送带达到相同速度瞬间撤去 F，物块在传送带上的划痕长度。

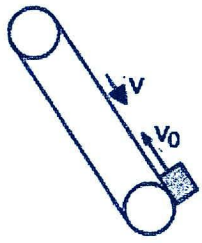
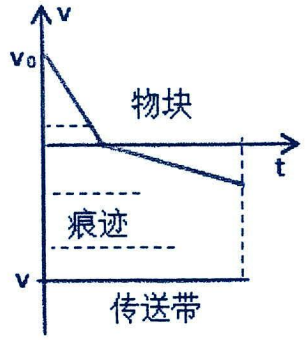
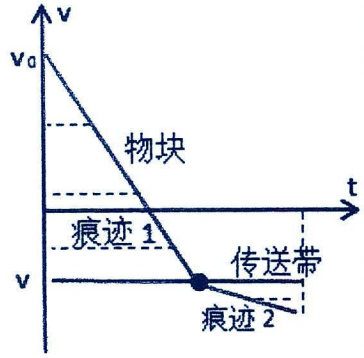


题型六：倾斜传送带--反向下行传送带

<table>
<tr><th rowspan="2">传送带长度</th><th rowspan="2">μ与 tanθ</th><th colspan="2">速度关系</th></tr>
<tr><th>$0\le v_0<v$</th><th>$v<v_0$</th></tr>
<tr><td rowspan="2">

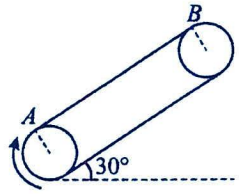
传送带不足够长
（$L\le\left|\frac{v_0^2}{2a}\right|$）</td><td>μ＞tanθ</td><td>一直匀减速
a=μgcosθ+gsinθ

</td><td>一直匀减速
a=μgcosθ+gsinθ

</td></tr>
<tr><td>μ<tanθ</td><td>一直匀加速
a=gsinθ+μgcosθ

</td><td>一直匀加速
a=gsinθ+μgcosθ

</td></tr>
<tr><td>

传送带足够长
（$L>\left|\frac{v_0^2}{2a}\right|$）</td><td>μ＞tanθ</td><td>先匀减速后匀加速
a_1=gsinθ＋μgcosθ
a_2=gsinθ-μgcosθ

</td><td>先匀减速后匀加速再匀速
a=μgcosθ-gsinθ

</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">传送带长度</td><td rowspan="2">μ与 tanθ</td><td colspan="2">速度关系</td></tr>
<tr><td>$0\le v_0<v$</td><td>$v<v_0$</td></tr>
<tr><td>
传送带足够长
（$L>\left|\frac{v_0^2}{2a}\right|$）</td><td>μ<tanθ</td><td>一直匀加速
$a_1=g\sin\theta+\mu g\cos\theta$
$a_2=g\sin\theta-\mu g\cos\theta$
</td><td>一直匀加速
$a=g\sin\theta-\mu g\cos\theta$
</td></tr>
</table>

【精选例题】

【例 1】（多选题）如图所示，某皮带传动装置与水平面夹角为 30°，两轮轴心相距 L＝2 m，A、B 分别是传送带与两轮的切点，传送带不打滑。现传送带沿顺时针方向匀速转动，将一小物块轻轻地放置于 A 点，小物块与传送带间的动摩擦因数 $\mu=\frac{\sqrt{3}}{2}$，g 取 10 m/s²，若传送带的速度可以任意调节，当小物块在 A 点以 $v_0=3\sqrt{6}\,\mathrm{m/s}$ 的速度沿传送带向上运动时，小物块到达 B 点的速度可能为（　　）



A．1 m/s　　B．3 m/s　　C．6 m/s　　D．9 m/s

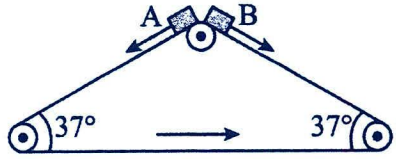
【例 2】（多选题）三角形传送带以 1m/s 的速率逆时针匀速转动，两边的传送带长都是 2m 且与水平方向的夹角均为 37°。现有两个小物块 A、B 从传送带顶端都以 1m/s 的初速度沿传送带下滑，两物块与传送带间的动摩擦因数都是 0.5，（g=10m/s²，sin37°= 0.6、cos37°= 0.8）下列说法正确的是（　　）

A．物块 A 先到达传送带底端

B．物块 A、B 同时到达传送带底端

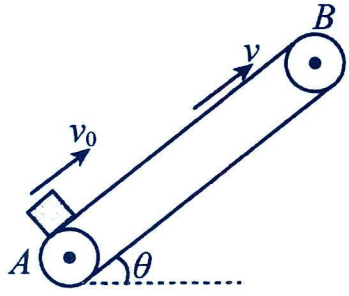
C．物块 A、B 到达传送带底端时速度大小不相等

D．物块 A、B 在传送带上的划痕长度之比为1:3



【变式训练】

1．（多选题）如图所示，为皮带传输装置示意图的一部分，传送带与水平地面的倾角θ=37°，A、B 两端相距 4.45m，质量为 m=10kg 的物体以 v_0=5m/s 的速度沿 AB 方向从 A 端滑上传送带，物体与传送带间的动摩擦因数处处相同，均为 0.5（g=10m/s²，sin37°= 0.6、cos37°= 0.8），下列说法中正确的是（　　）



A．开始时物体的加速度大小一定为10m/s²

B．若传送带不转动，物体沿传送带上滑的最大距离是 1.25m

C．若传送带逆时针运转的速度 $v=4.0\,\mathrm{m/s}$，物体沿传送带上滑的最大距离是 1.25m

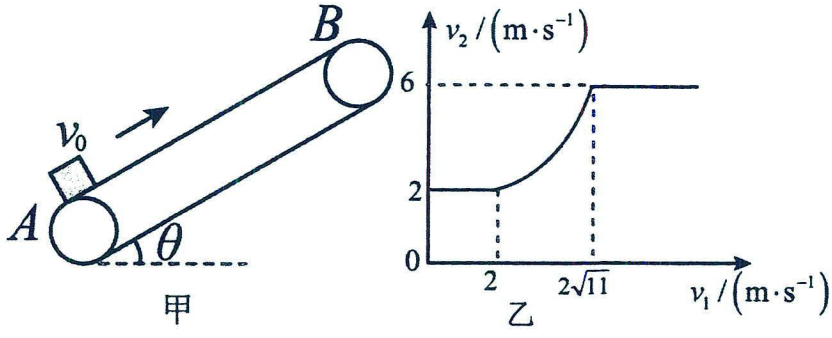
D．若传送带顺时针运转的速度 $v=4.0\,\mathrm{m/s}$，物体从 A 点到达 B 点所需的时间是 2.1s

2．（多选题）如图所示，传送带与水平方向夹角为θ，与两皮带轮相切与A、B两点，从A到B长度为$L=2\text{m}$。传送带以一定的速率顺时针转动。现有一体积可忽略小物块在传送带下端A以$v_0=2\sqrt{11}\text{m/s}$的初速度冲上传送带。当改变传送带匀速传动的速度v_1时，小物块到达B处的速度v_2也会相应变化，v_2和v_1的关系如图乙所示，取重力加速度大小$g=10\text{m/s}^2$。下列说法正确的是（　　）

A．传送带与水平方向夹角$\sin\theta=0.6$　　B．物块与传送带间的动摩擦因数为0.4

C．物块在传送带上的最短运动时间为$\left(\sqrt{11}-3\right)\text{s}$

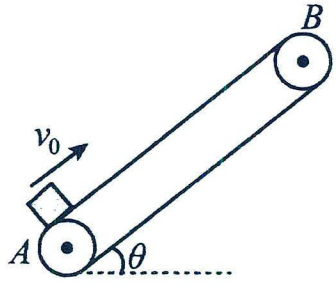
D．当传送带的速度为5m/s时，物块在传送带上形成的划痕长为$\left(\frac{69}{20}-\sqrt{11}\right)\text{m}$



3．如图为传送带装置示意图的一部分，传送带与水平地面间的夹角θ＝37°，A、B两端的距离足够远，质量m＝1kg的物体（可视为质点）以速度$v_0=8\text{m/s}$沿AB方向从A端滑上传送带，物体与传送带间的动摩擦因数为0.5，重力加速度$g=10\text{m/s}^2$，$\sin37°=0.6$，$\cos37°=0.8$。

求:(1)若传送带不转动，求物体沿传送带上滑的最大距离；

(2)若传送带沿顺时针方向运转的速度$v=5\text{m/s}$，求物体从A点上滑到最高点所需的时间以及此过程中，传送带上的划痕长度。



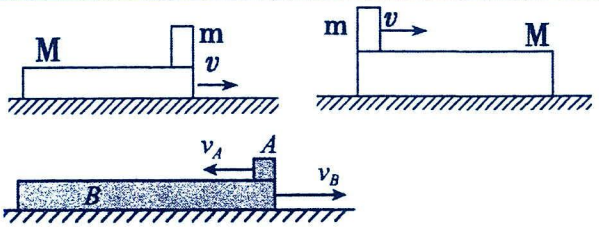
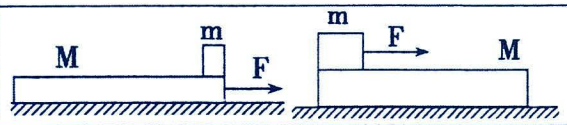
考点二：板块问题

1.模型特点：滑块（视为质点）置于木板上，滑块和木板均相对地面运动，且滑块和木板在摩擦力的作用下或者还有外力作用下发生相对滑动。

2.滑块—木板模型的状态分析

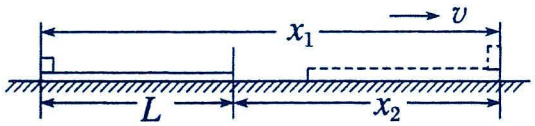
运动状态	滑块与木板速度不相等	滑块与木板速度相等瞬间	滑块与木板共速运动
处理方法	隔离法	假设法	整体法
临界条件	（1）当滑块与木板速度相同时，“板块”间的摩擦力可能由滑动摩擦力转变为静摩擦力或者两者间不再有摩擦力(水平面上共同匀速运动). （2）当木板的长度一定时，滑块恰好滑到木板的边缘，且速度相等，是滑块恰好不滑离木板的临界条件		

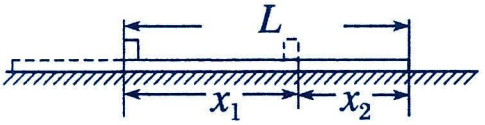
3．四种常见类型：滑块 m 与木板 M 之间有摩擦，地面光滑或者粗糙，有外力或者有初速度，亦或同时存在外力合初速度。

分类	常见模型	终了条件
无外力作用		(1)滑块 m 停在木板 M 上某位置。 (2)滑块 m 恰好没有滑离木板。 (3)滑块 m 滑离木板 M。
有外力作用		

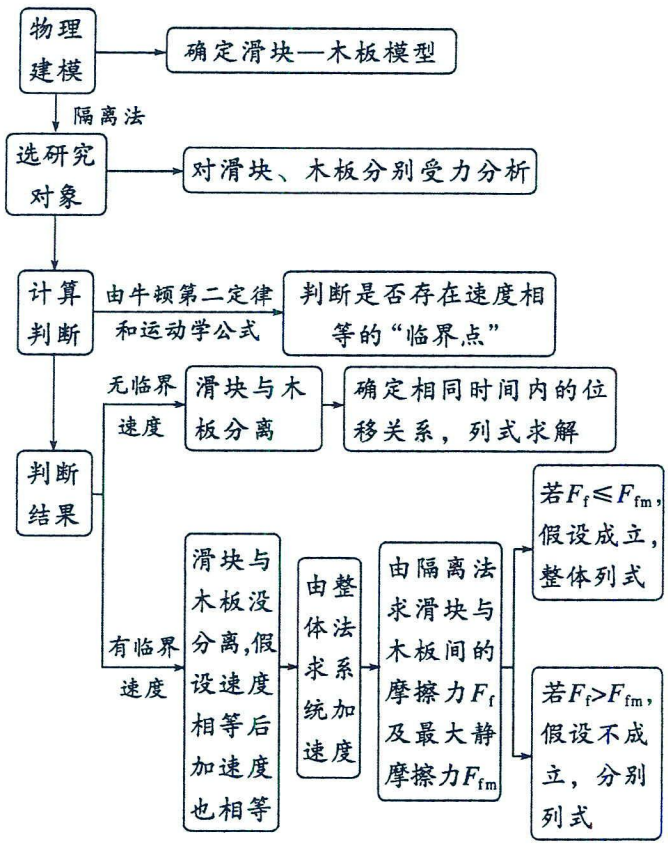
4．位移关系：如图所示，滑块由木板一端运动到另一端的过程中，

滑块和木板同向运动时，位移之差$\Delta x=x_1-x_2=L$(板长)；滑块和木板反向运动时，位移大小之和 $x_2+x_1=L$.





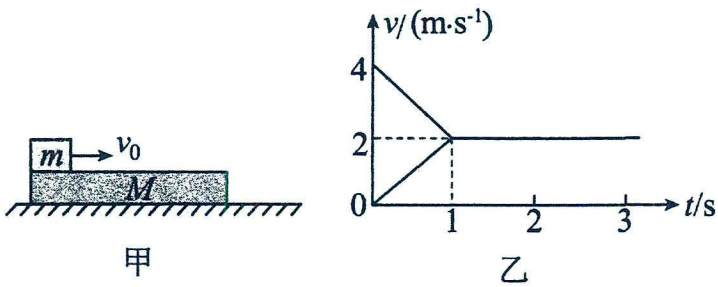
5.处理“板块”模型中动力学问题的流程



题型一:无外力 F 下的水平板块

【精选例题】

【例 1】如图甲所示，质量为 M＝2kg 的木板静止在水平面上，可视为质点的物块（质量设为 m）从木板的左侧沿木板表面水平冲上木板，整个运动过程小物块未滑离木板，物块和木板的速度时间（v-t）图像如图乙所示，g=10m/s^2，则下列说法正确的是（　　）



A．可求得物块在前 2s 内的位移为 x=5m

B．可求得物块与木板间的动摩擦因数为μ=0.1

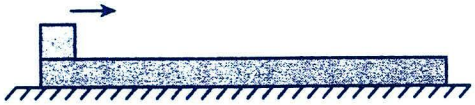
C．可求得木板的长度为 L=2m

D．可求得木板的最小长度为 L=2m

【例 2】如图所示，在水平地面上静置着一块质量$m_1=2\text{kg}$的长木板，长木板与地面间的动摩擦因数$\mu=0.1$。一物块（视为质点）的质量$m_2=1\text{kg}$，物块与长木板间的动摩擦因数$\mu_2=0.4$，物块以大小$v_0=9\text{m/s}$、水平向右的初速度滑上长木板左端，物块未滑离长木板。取重力加速度大小$g=10\text{m/s}^2$，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力。

求：(1)长木板刚开始运动时的加速度大小a_1；

(2)长木板的最小长度 L；(3)整个过程物块的位移大小 x。



【例 3】如图 1 所示，小铁块位于长木板的最左端，小铁块的质量是 5kg，长木板的质量是 10kg。$t=0$时二者以$v_0=8\text{m/s}$的初速度一起向右运动，$t=0.5\text{s}$时长木板与右侧的挡板（未画出）相碰（碰撞时间极短），碰撞之前的运动过程中小铁块与长木板通过锁定装置锁定，碰撞前瞬间解除锁定，碰撞过程中没有能量损失，长木板运动的部分$v-t$图像如图 2 所示，在运动过程中小铁块恰好没有从长木板上滑下。小铁块可视为质点，重力加速度 g 取10m/s^2，最大静摩擦力等于滑动摩擦力。求：

（1）长木板与水平地面之间以及小铁块与长木板之间的动摩擦因数；

（2）长木板的长度；（3）长木板与挡板碰撞后系统产生的内能。



图1

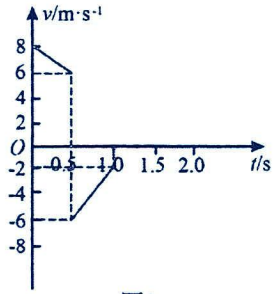


图2

【变式训练】

1．如图所示，可视为质点的物体 A 质量 $m=1\text{kg}$，足够长的长木板 B 质量 $M=2\text{kg}$，A 与 B 之间的动摩擦因数 $\mu=0.2$，A 以初速度 $v_0=6\text{m/s}$ 从左端滑上静止在光滑水平面上的长木板 B，重力加速度大小 $g=10\text{m/s}^2$。则（　）

A．A 在 B 上滑动过程中，B 受到的摩擦力大小为 4N，方向向右

B．A 在 B 上滑动过程中，A 的加速度大小为 2m/s^2

C．A 在 B 达到的共同速度大小为 2m/s

D．A 在 B 速度相等时，A 相对 B 滑行的距离为 4m



2．如图所示，质量为 $3m$、长 $L=1\text{m}$ 的木板静置于水平地面上。一质量为 m、可视为质点的滑块从左端以某一速度水平滑上木板，滑块做匀减速运动，最后停在木板最右端，此过程木板恰好能保持静止。已知滑块与木板间的动摩擦因数为 μ，滑块滑过第 1 个 $\frac{1}{4}\text{m}$ 的时间为 $\left(1-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\text{s}$，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力。求：(1)木板与水平地面间的动摩擦因数 μ'；

(2)滑块滑上木板时的速度大小 v 及其加速度大小 a；

(3)若木板静置于光滑水平面上，滑块仍以原速度从左端滑上木板，并以原加速度做匀减速运动，木板的加速度为 $\frac{2}{3}\text{m/s}^2$，两者相对静止时，滑块离木板右端的距离 s。

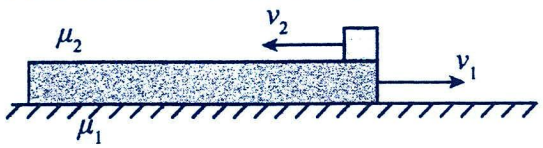


3．质量为$M=5\text{kg}$的长木板置于水平面上，物块（视为质点）质量$m=1\text{kg}$，初始时刻物块处于长木板右端。长木板与水平面间、物块与长木板间的动摩擦因数分别为$\mu_1=0.15$和$\mu_2=0.1$。某时刻分别给长木板和物块如图所示的初速度，大小分别为$v_1=5\text{m/s}$、$v_2=1\text{m/s}$，方向相反。物块在以后运动过程始终没有滑离长木板。取$g=10\text{m/s}^2$。求：

(1)刚开始运动时长木板与物块的加速度大小a_1和a_2；

(2)从开始运动到物块与长木板速度第一次相等所用的时间t_1；

(3)到两者都静止时，物块距木板右端的距离。



题型二:有外力 F 下的水平板块

【精选例题】

【例 1】如图甲所示，长木板 B 固定在光滑水平面上，可视为质点的物体 A 静止叠放在 B 的最左端。现用 F=6N 的水平力向右拉 A，经过 5sA 运动到 B 的最右端，且其 v-t 图像如图乙所示。已知 A、B 的质量分别为 1kg、4kg，A、B 间的最大静摩擦力等于滑动摩擦力，g 取 10m/s²，

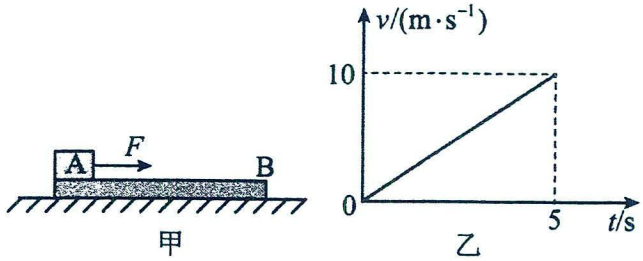
下列说法正确的是（　　）

A．A 的加速度大小为 0.5m/s²

B．A、B 间的动摩擦因数为 0.4

C．若 B 不固定，B 的加速度大小为 1m/s²

D．若 B 不固定，A 运动到 B 的最右端所用的时间为 $5\sqrt{2}$s



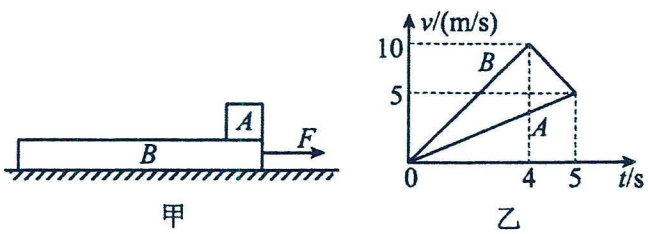
【例 2】如图甲所示，粗糙水平地面上有一质量 M=6kg 的足够长木板 B，将一质量 m=2kg 的小物块 A（视为质点）轻放在木板 B 的右端，从 t=0 时刻起对 B 施加一水平向右的水平恒力 F，经过 t=4s 后撤去恒力 F，用传感器测得 A、B 的速度-时间图像如图乙所示，取 g=10m/s²。求：

(1)A、B 间的动摩擦因数μ_1；

(2)B 与地面间的动摩擦因数μ_2;

(3)恒力 F 的大小；

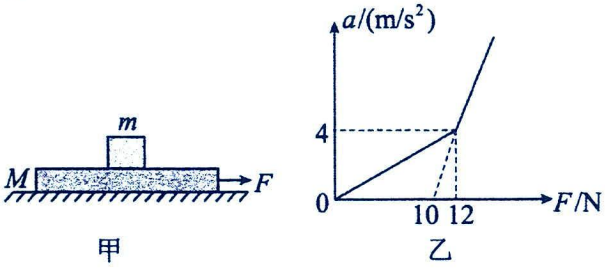
(4)撤去 F 时 A 到 B 右端的距离 L。



【变式训练】

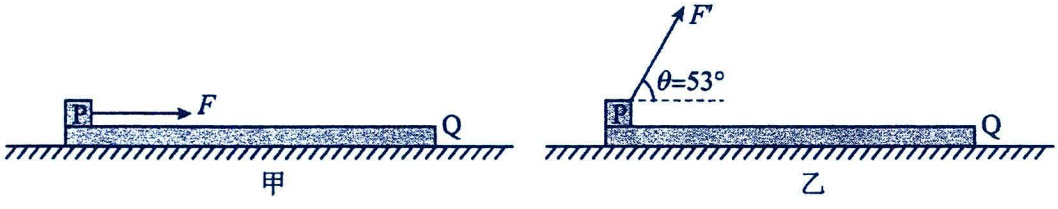
1．如图甲所示，一质量为 M 的长木板静置于光滑水平面上，其上放置质量为 m 的小滑块。木板受到随时间 t 变化的水平拉力 F 作用时，用传感器测出其加速度 a，得到如图乙所示 $a-F$ 图像。最大静摩擦力与滑动摩擦力相等，取 $g=10\text{m/s}^2$，求：(1)滑块的质量和木板的质量

(2)滑块与木板间动摩擦因数(3)当 $F=8\text{N}$ 时滑块加速度



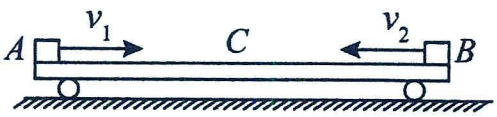
2．如图甲，足够长、质量 $m_Q=2\text{kg}$ 的木板 Q 静止在水平面上，质量 $m_P=2\text{kg}$ 的小滑块 P（可视为质点）静止在木板左端，滑块与木板间的动摩擦因数 $\mu_1=0.5$，木板与水平面间的动摩擦因数 $\mu_2=0.2$。从零时刻起，对滑块施加水平向右的恒定外力 $F=15\text{N}$，此时滑块相对木板滑动，经过时间 $t=2\text{s}$ 撤去此力。取 $g=10\text{m/s}^2$，则：(1)撤去外力前，滑块受到的摩擦力大小；

(2)木板的最大速度；(3)如图乙，若零时刻起，对滑块施加的恒定外力 $F'=15\text{N}$，方向变为与水平面成 $\theta=53°$ 斜向右上方，经过时间 $t'=2.4\text{s}$ 撤去此力，已知 $\sin 53°=0.8,\cos 53°=0.6$，求木板运动的时间。



题型三:单板+多块

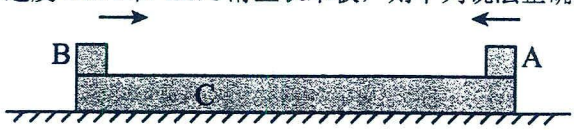
常见模型如下:





【精选例题】

【例 1】如图所示，C 是放在光滑的水平面上的一块木板，木板的质量为3kg，在木板的上表面有两块质量均为1kg的小木块 A 和 B，它们与木板间的动摩擦因数均为0.2。最初木板静止，A、B 两木块同时以相向的水平初速度2m/s和4m/s滑上长木板，则下列说法正确的是（　　）



A．若 A、B 始终未滑离木板也未发生碰撞，则木板至少长为4.8m

B．木块 B 的最小速度是零

C．从刚开始运动到 A、B、C 速度刚好相等的过程中，木块 A 所发生的位移是1m

D．木块 A 向左运动的最大位移为4.8m

【例 2】如图所示，足够大的粗糙水平地面上静置一长木板，两个均可视为质点的滑块 1、2 分别放在木板两端，现使两滑块同时以$v_0=3\text{m/s}$的速度相向滑动，两滑块恰好在木板上相遇。已知木板的质量$m_0=4\text{kg}$，滑块 1 的质量$m_1=5\text{kg}$，滑块 2 的质量$m_2=1\text{kg}$，木板与地面间的动摩擦因数$\mu_0=0.1$，两滑块与木板间的动摩擦因数均为$\mu=0.5$，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度大小$g=10\text{m/s}^2$。求：(1)木板的最大速度v_m；(2)木板的长度 L；(3)木板沿地面移动的距离 x。



【变式训练】

1．如图所示，足够大的水平地面上静置一木板，两个均可视为质点的滑块 A、B 分别放在木板两端，现使两滑块同时以 3m/s 的速度相向滑动，两滑块恰好在木板的正中间相遇，相遇前木板做匀加速直线运动，相遇后木板做匀减速直线运动。已知滑块 A 的质量为 5kg、与木板间的动摩擦因数为 0.2，滑块 B 的质量为 1kg、与木板间的动摩擦因数为 0.4，木板与地面间的动摩擦因数为 0.05，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度大小 $g=10\mathrm{m/s^2}$。下列说法正确的是（　　）

A．木板的长度为 2m

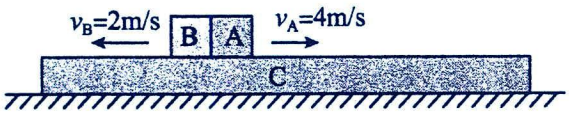
B．木板的质量为 2kg

C．木板运动的最大距离为 2m

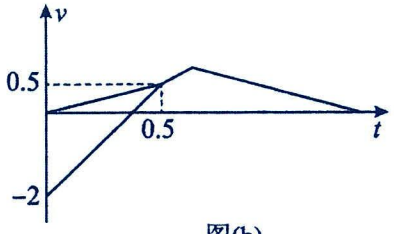
D．整个过程中滑块 B 的位移大小为 1.5m



2．如图（a），质量 m_C=1kg 的长木板 C 上表面放置质量 m_A=2kg 的物块 A 和质量 m_B=1kg 的物块 B，初始 A、B、C 均静止，t=0 时刻，AB 反向冲出，已知 v_A=4m/s，v_B=2m/s。物块 A、B 都恰好没从长木板滑落。物块 A、B 与长木板 C 之间的动摩擦因数均为μ_1，长木板 C 与地面之间的动摩擦因数为μ_2，物块 B 与长木板 C 的 v-t 图像如图（b）所示，取重力加速度 g=10m/s²。



图(a)



图(b)

求：（1）动摩擦因数μ_1、μ_2的大小；

（2）木板 C 停止运动的时间；

（3）木板 C 的长度。

【精选例题】

【例 1】如图所示，质量为 2m 的足够长的木板 C 静置于光滑水平面上，可视为质点、质量均为 m 的物块 A、B 静置于 C 上，B 位于 A 右方 $L=2\text{m}$ 处。A、C 间的动摩擦因数 $\mu_A=0.3$，B、C 间的动摩擦因数 $\mu_B=0.2$。$t=0$ 时刻，给 C 施加一水平向右的恒力 F，当 $F\le 8\text{N}$ 时，物块 A，B 不会相遇；将 A、B 第一次相遇的时刻记为 t，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$，则下列说法错误的是（　）



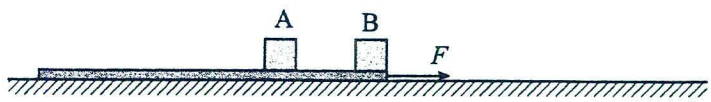
A．物块 A 的最大加速度为 3m/s^2

B．物块 B 的最大加速度为 2m/s^2

C．t 的最小值为 2s

D．长木板 C 的质量为 1kg

【例 2】在足够大的水平地面上，静置一质量为 2kg、长度为 0.7m 的薄木板，木板上距木板左端 0.5m 处放有质量为 4kg 的小滑块 A，右端放有质量为 2kg 的小滑块 B，现在木板右端施加一水平恒力 $F=28\text{N}$，一段时间后撤去恒力 F，滑块 B 恰好从木板左端掉落。已知木板与地面间的动摩擦因数为 0.1，滑块 A 与木板间的动摩擦因数为 0.2，滑块 B 与木板间的动摩擦因数为 0.4，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，两滑块均可视为质点，取重力加速度大小 $g=10\text{m/s}^2$。下列说法正确的是（　　）



A．滑块 A 离开木板时的速度大小为 2m/s

B．滑块 B 离开木板时的速度大小为 5m/s

C．水平恒力作用的时间为 1.5s

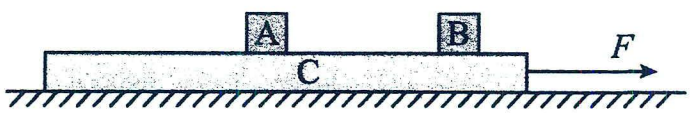
D．木板的最大速度为 7m/s

【例 3】如图所示，质量为 $M=4\text{kg}$ 的足够长木板 C 静置于光滑水平面上，可视为质点、质量均为 $m=2\text{kg}$ 的煤块 A、B 静置于 C 上，B 位于 A 右侧 $L=2\text{m}$ 处。A、C 间的动摩擦因数 $\mu_A=0.2$，B、C 间的动摩擦因数 $\mu_B=0.1$，给 C 施加一水平向右的恒力 F，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度大小 $g=10\text{m/s}^2$。

（1）若 $F=4\text{N}$，求煤块 B 与 C 之间的摩擦力大小 f；

（2）若 $F=10\text{N}$，求从刚开始施加力至 A、B 第一次相遇所用的时间 t_0；

（3）若 $F=16\text{N}$，求从刚开始施加力至 A、B 第一次相遇时木板 C 上的划痕长度 x；



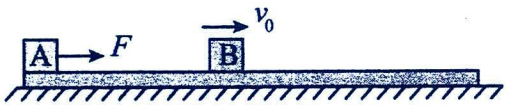
【跟踪练习】：

1．如图所示，在水平地面上静置一质量 M=2 kg 的长木板，在长木板左端静置一质量 m=1 kg 的小物块 A，在 A 的右边静置一小物块 B（B 表面光滑），B 的质量与 A 相等，A、B 之间的距离 L_0=5 m。在 t=0 时刻 B 以 v_0=2 m/s 的初速度向右运动，同时对 A 施加一水平向右、大小为 6 N 的拉力 F，A 开始相对长木板滑动。t_1=2 s 时 A 的速度大小为 v_1=4 m/s，木板与地面间的动摩擦因数μ=0.05，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，g=10 m/s^2，求：

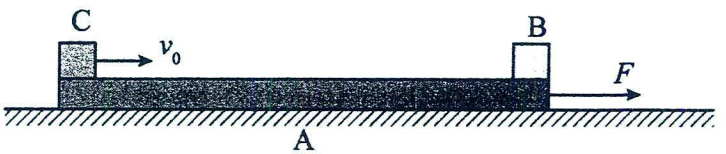
(1)物块 A 与木板间的动摩擦因数μ_A；

(2)已知 t_2=2.5 s 时两物块均未滑离长木板，求此时物块 A、B 间的距离 x；

(3)当 B 滑到木板的右端时 A、B 恰好相碰，求木板长度 L。



2．如图所示，一长为$L=10\text{m}$、质量$m_{\text{A}}=3\text{kg}$的木板A静止于足够长的水平地面上，质量为$m_{\text{B}}=2\text{kg}$的滑块B置于木板A的最右端。某时刻质量为$m_{\text{C}}=1\text{kg}$的滑块C从木板A的最左端以速度$v_0=10\text{m/s}$水平向右滑上木板A，同时对木板A施加一方向水平向右、大小为$F=22\text{N}$的作用力，此后B与A发生相对运动，当C与A的速度相等的瞬间，撤去F。已知A与地面间的动摩擦因数为$\mu_1=\frac{1}{6}$，B与A间的动摩擦因数$\mu_2=0.1$，C与A间的动摩擦因数$\mu_3=0.5$。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，B、C均可视为质点，取重力加速度大小$g=10\text{m/s}^2$。求：



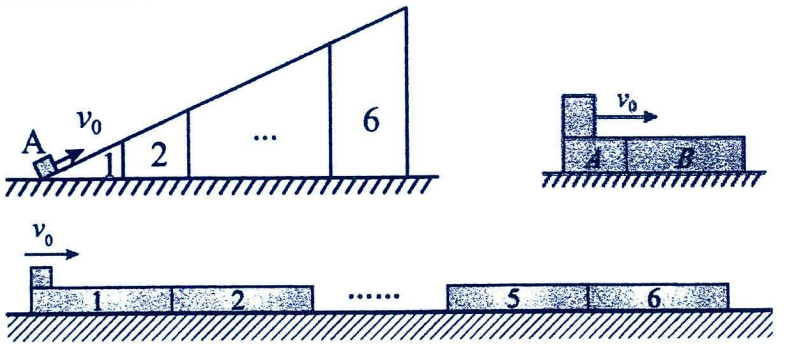
(1)B、C刚开始在A上滑动时的加速度大小；

(2)力F的作用时间；

(3)当A、B、C均静止时，B与C之间的距离。

题型四:单块+多板

常见模型如下:

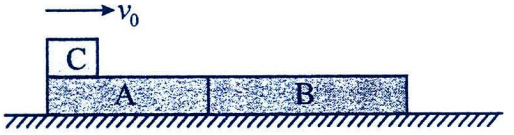


【精选例题】

【例 1】如图所示，长度分别为$l_A=1.3\text{m}$，$l_B=2.52\text{m}$的木板 A、B 放在粗糙水平地面上，A、B 与地面间的动摩擦因数均为$\mu_1=0.2$。物块 C（可视为质点）以初速度$v_0=7\text{m/s}$从 A 的左端滑上 A，且 C 在 A 上滑行时，A 不动，C 滑上 B 时 B 开始运动，C 与 A、B 间的动摩擦因数均为$\mu_2=0.5$，已知 A、B、C 的质量相同，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，$g=10\text{m/s}^2$。C 在 B 上滑行时，求：

（1）B、C 的加速度大小；

（2）C 在 B 上滑动的时间。

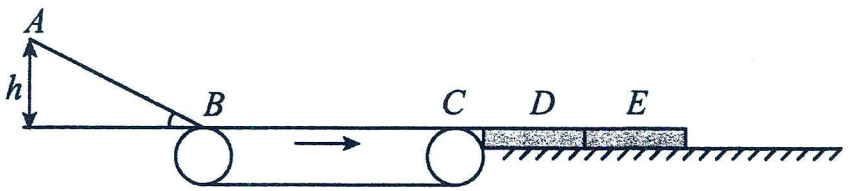


【变式训练】

1．如图所示，以 v＝4m/s 的速度顺时针匀速转动的水平传送带，左端与粗糙倾斜轨道在 B 点平滑对接，右端与放在粗糙水平地面上的长木板 D 上表面等高，且紧密靠近（间隙可以忽略不计），相同长木板 E 与 D 接触但不粘连，每块木板长 L＝1.2m、质量 M＝0.2kg。质量 m＝0.1kg 的小物块（可以看做质点）从倾斜轨道上高 h＝3m 处的 A 点由静止开始下滑，经过传送带后滑上木板 D。物块与倾斜轨道间的动摩擦因数 $\mu_1=0.3$，物块与传送带和木板之间的动摩擦因数均为 $\mu_2=0.5$，木板 D、E 与地面间的动摩擦因数 $\mu_3=0.1$。倾斜轨道与水平面的夹角θ＝37°，传送带 BC 之间的距离 d＝8m。已知 sin37°＝0.6，cos37°＝0.8，重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$，最大静摩擦力等于滑动摩擦力。求:（1）求物块到达 B 点时的速度大小 v_B；

（2）求物块从 B 点运动到 C 点的总时间 t；

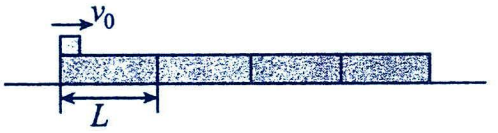
（3）物块最终能否停在木板上？如果能，求出物块最终停在哪块木板上，及距此木板左端多远的距离；如果不能，请通过计算说明理由。



2．如图所示，4 个完全相同的木块一个挨一个地静置于水平地面上（彼此不相连），每个木块的质量 $m=0.8\text{kg}$、长度 $L=2\text{m}$，与地面间的动摩擦因数 $\mu_1=0.1$。一质量 $M=1\text{kg}$ 的小铅块（视为质点）从左侧第一个木块的最左端以大小 $v_0=5\text{m/s}$ 的初速度开始向右运动，它与木块间的动摩擦因数 $\mu_2=0.2$，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$。(1)当小铅块刚运动至左侧第 2 个木块上时，求此时小铅块的速度大小 v_1；

(2)求小铅块运动至左侧第几个木块上时，小铅块下方的木块开始滑动；

(3)小铅块停止运动时，求与左侧第 1 个木块最左端的距离。



题型五:多次碰撞

【精选例题】

【例 1】如图所示，质量为$2m$、可当成质点的滑块放在质量为m的长木板上，已知滑块和木板之间的动摩擦因数为μ，水平地面光滑，某时刻滑块和木板以相同的初速度v_0向右做匀速直线运动，在木板的右侧固定有一竖直放置的挡板，木板与挡板碰撞过程无能量损失，碰撞时间极短可以忽略不计，最终滑块恰好静止在木板右端（滑块未与挡板碰撞），重力加速度大小为g，求：(1)木板的长度L；

(2)从木板与挡板第一次碰撞到滑块停下来所用的时间t。



考点三：倾斜板块问题

题型一:无外力 F 下的倾斜板块

【精选例题】

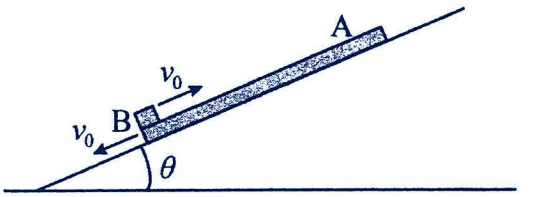
【例 1】如图所示，水平地面上固定一倾角为θ的足够长斜面，斜面上放置一质量为 m 的足够长木板 A，长木板下端有一质量为$2m$的小滑块 B；木板与斜面的动摩擦因数为$\mu=\tan\theta$，滑块与木板间的动摩擦因数为$\mu'=\frac{1}{2}\tan\theta$。初始时，滑块与木板以等大的速度$v_0$分别向上向下运动（长木板不会与地面发生碰撞，重力加速度为 g），则下列说法中正确的是（　　）

A．木板下滑过程中，由于有摩擦力作用木板与滑块组成的系统动量不守恒

B．滑块向上运动的最大位移大小为$\frac{v_0^2}{3g\sin\theta}$

C．木板静止时滑块的速度大小为$\frac{1}{3}v_0$

D．滑块向上运动到最高点时木板一定静止



【变式训练】

1．避险车道是指在长陡下坡路段行车道外侧增设的供速度失控车辆驶离正线安全减速的专用车道，是避免恶性交通事故的重要设施。如图，避险车道由制动坡床和防撞设施等组成，制动坡床视为与水平面夹角为$\theta=37°$的斜面。一辆长 12m 的载有货物的货车因刹车失灵从干道驶入制动坡床，当车速为 23m/s 时，车尾位于制动坡床的底端，货物开始在车厢内向车头滑动，当货物在车厢内滑动了 6m 时，车头距制动坡床顶端 38m。再过一段时间，当货车速度减为零时司机拉动手刹，货车停止不动；当货物速度减为零时，启动货物锁止装置，货物也停止不动。已知货车质量是货物质量的 4 倍，货物与车厢间的动摩擦因数为 0.125，货车在制动坡床上运动受到的坡床阻力大小为货车和货物总重力的 0.34 倍。货物与货车分别视为小滑块和平板。取 g=10m/s^2，sin37°=0.6，cos37°=0.8。

求：（1）货物在车厢内滑动时加速度的大小和方向；（2）货车的加速度大小；

（3）货物相对货车滑动 6m 时所用的时间和此时货车的位移；（4）制动坡床的长度。

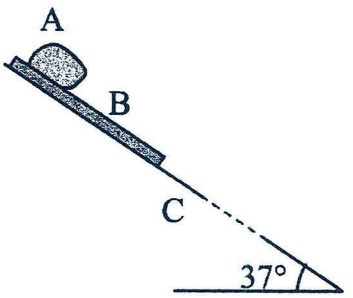




2．下暴雨时，有时会发生山体滑坡或泥石流等地质灾害。某地有一倾角为37°的山坡C，上面有一质量为2m的石板B，其上下表面与斜面平行；B上有一碎石堆A（含有大量泥土），A和B均处于静止状态，如图所示。假设某次暴雨中，A浸透雨水后总质量为m（可视为质量不变的滑块），在极短时间内，A、B间的动摩擦因数μ_1减小为$\frac{3}{8}$，B、C间的动摩擦因数μ_2减小为0.5，A和B开始运动，此时刻为计时起点；在第2s末，A、B间的动摩擦因数又减小了$\frac{1}{8}$，B、C间的动摩擦因数μ_2保持不变。已知A开始运动时，A离B下边缘的距离$l=25.5\text{m}$，C足够长，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力。取重力加速度大小$g=10\text{m/s}^2$（sin37°=0.6 cos37°=0.8）。求：

（1）在0～2s时间内A和B加速度的大小；

（2）A在B上总的运动时间。

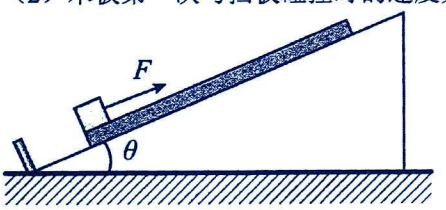


题型二:有外力 F 下的倾斜板块

【精选例题】

【例 1】一质量为 $M=5\text{kg}$ 的木板放在倾角 $\theta=37°$ 的光滑斜面上，并在外力作用下保持静止状态。斜面底端固定一垂直于斜面的挡板，木板左下端距挡板的距离为 $s_0=1.25\text{m}$ 。$t=0$ 时刻，撤去作用在木板上的外力，同时一质量 $m=10\text{kg}$ 的小物块从木板左下端以沿斜面向上的初速度 $v_0=4\text{m/s}$ 滑上木板，并对小物块施加沿斜面向上的外力 F，$0\sim1\text{s}$ 时间内，$F=F_1=80\text{N}$，该力在 $t=1\text{s}$ 时变为 $F=F_2=60\text{N}$，方向沿斜面向下，并在此后保持不变。已知木板与物块间的动摩擦因数 $\mu=0.5$，小物块可以看作质点，斜面足够长，且整个过程中小物块不会从木板右端滑出，重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$，$\sin37°=0.6$。求：（1）$0\sim1\text{s}$ 时间内，小物块和木板的加速度的大小；

（2）木板第一次与挡板碰撞时的速度大小。



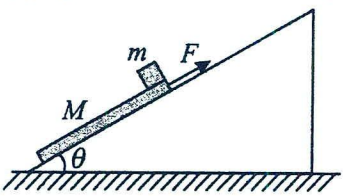
【变式训练】

1．如图所示，倾角θ = 37°的足够长光滑斜面固定在水平面上，斜面上放一长 L = 10.8 m、质量 M = 2 kg 的薄木板，木板的顶端叠放一质量 m = 1 kg 的物块（视为质点）。对木板施加沿斜面向上的恒力 F（大小未知），使木板沿斜面向上由静止开始运动。已知物块与木板间的最大静摩擦力等于滑动摩擦力，认为物块和木板分离前、后瞬间的速度均不变，取重力加速度大小 g = 10 m/s^2，sin37° = 0.6，cos37° = 0.8。

(1)若物块未离开木板时始终处于静止状态，求物块与木板间的动摩擦因数μ；

(2)若物块与木板间的动摩擦因数μ′ = 0.8，求使物块不滑离木板时恒力 F 的范围；

(3)若μ′ = 0.8，F = 24 N，求物块运动至最高点时与木板底端的距离 x。

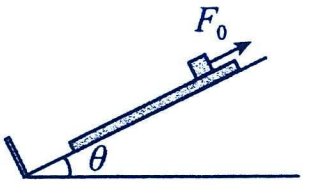


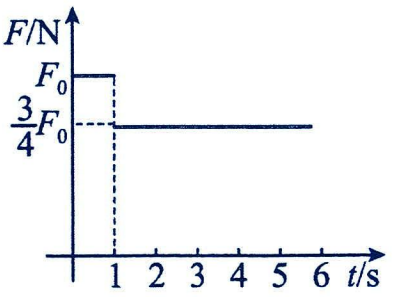
2．一质量为 M＝0.5kg 的木板放在倾角 $\theta=37°$ 的光滑斜面上，并在外力作用下保持静止状态。木板下端距斜面底端的距离为 s＝10.25m，斜面底端固定着一弹性薄挡板，与之相碰的物体会以原速率弹回。t＝0 时刻，撤去作用在木板上的外力，同时将一质量为 m＝1kg 的小物块从距离木板下端 l＝54m 处，以沿木板向上的初速度 $v_0=4\mathrm{m/s}$ 滑上木板，对小物块施加沿斜面向上的外力 $F_0=8\mathrm{N}$（该力在 1s 时变为 $\frac{3}{4}F_0$）。当木板第一次与弹性薄挡板相碰时，撤去施加在小物块上的外力。已知木板与物块间的动摩擦因数 $\mu=0.5$，小物块可以看作质点，且整个过程中小物块不会从木板上端滑出，取 $g=10\mathrm{m/s^2}$，求：

（1）0 至 1s 时间内，小物块和木板的加速度的大小和方向；

（2）木板第一次与挡板碰撞时的速度大小；

（3）当木板与挡板第二次碰撞时，物块离木板下端的距离 d。





题型三:多次碰撞

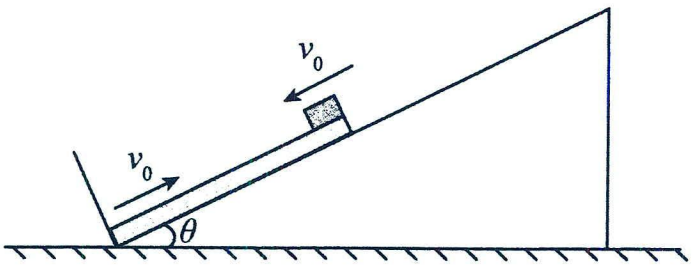
【精选例题】

【例 1】如图所示，在水平地面上固定一倾角$\theta=30°$的足够长斜面，斜面底部有一固定挡板。一足够长的木板位于斜面底端，木板质量为$5m$，在木板上端有一质量为 m 的物块。已知木板与斜面之间的动摩擦因素$\mu_1=\frac{\sqrt{3}}{3}$，物块与木板之间的动摩擦因素$\mu_2=\frac{\sqrt{3}}{2}$，重力加速度 g 取$10\mathrm{m/s^2}$。现给木板一个沿斜面向上的初速度$v_0=37.5\mathrm{m/s}$，同时给物块一个大小也为v_0、方向沿斜面向下的初速度。假设每次木板与挡板碰撞前后速度大小不变，求：（$\sin30°=\frac{1}{2},\cos30°=\frac{\sqrt{3}}{2}$，你可能会用到$a+aq+aq^2+aq^3+\cdots+aq^{n-1}=\frac{a\left(1-q^n\right)}{1-q}$）

（1）刚开始运动时物块和木板的加速度的大小；

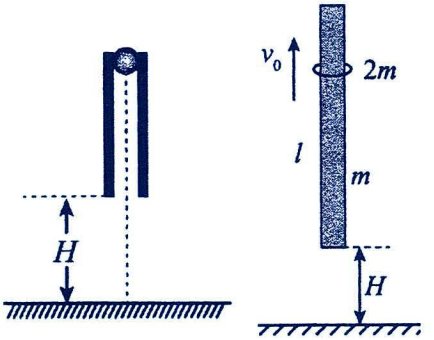
（2）经多长时间木板与挡板第一次发生碰撞；

（3）最终物块与木板上端之间的距离（结果可用分数表示）。



考点四：竖直面类板块问题

常见模型如下:



【精选例题】

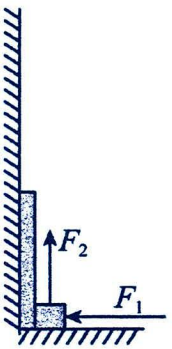
【例 1】某电视台的娱乐节目中，有一个拉板块的双人游戏，考验两人的默契度。如图所示，一长 $L=1.2\text{m}$，质量为 $M=0.5\text{kg}$ 的木板靠在光滑竖直墙面上，木板右下方有一质量 $m=1.0\text{kg}$ 的小滑块（可视为质点），滑块与木板间的动摩擦因数为 $\mu=0.2$，滑块与木板间的最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度大小 $g=10\text{m/s}^2$。

一人用水平恒力 F_1 向左作用在滑块上，另一人用竖直恒力 F_2 向上拉动滑块，使滑块从地面由静止开始向上运动。

（1）为使木板能向上运动，F_1 必须满足什么条件？

（2）若 $F_1=28\text{N}$，为使滑块与木板能发生相对滑动，F_2 必须满足什么条件？

（3）游戏中，如果在滑块上移 $h=1.6\text{m}$ 时，滑块与木板没有分离，才算两人配合默契，游戏成功。现 $F_1=30\text{N}$，$F_2=25\text{N}$，请通过计算判断游戏能否成功。

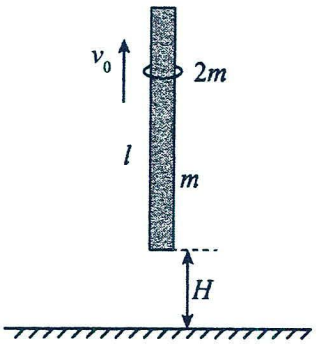


【例 2】如图甲所示，一质量 m=5kg 的粗细均匀的圆木棒竖直放置，在外力作用下保持静止状态，下端距水平弹性地面的高度为 H=5.25m，与地面相碰的物体会以原速率弹回，木棒上有一质量为 2m 的弹性小环。若 t= 0 时刻，小环从木棒上某处以竖直向上 v_0=4m/s 的初速度向上滑动，并对小环施加竖直向上的如图乙所示的外力 F，与此同时撤去作用在木棒上的外力。当木棒第一次与弹性地面相碰时，撤去施加在小环上的外力。已知木棒与小环间的滑动摩擦力 f=1.2mg，小环可以看作质点，且整个过程中小环不会从木棒上端滑出，取 g=10m/s^2，不计空气阻力，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，求：

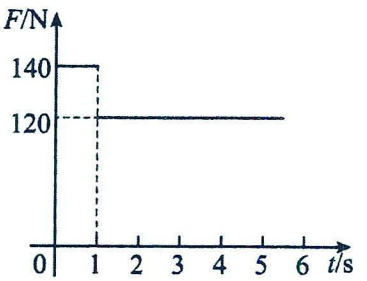
（1）当小环和木棒最初开始运动时的加速度的大小；

（2）木棒第一次与弹性材料碰撞时的速度的大小；

（3）若木棒恰好与地面第 4 次碰撞时弹性小环从木棒底端滑落，求小环开始运动时距木棒下端的距离 l （结果可以用分数表示）。



甲



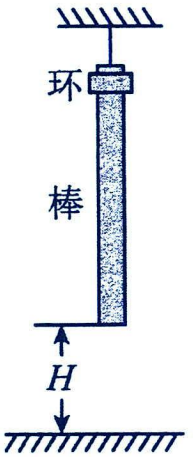
乙

【变式训练】

1．如图所示，一轻绳吊着粗细均匀的棒，棒下端离地面高 H，上端套着一个细环。棒和环的质量均为 m，相互间最大静摩擦力等于滑动摩擦力，大小为 kmg（k>1）。断开轻绳，棒和环自由下落。假设棒足够长，与地面发生碰撞时，棒在碰撞前后的速度大小不变、方向反向。并且棒与地面碰撞时间极短。棒在整个运动过程中始终保持竖直，空气阻力不计。求：(1)棒第一次与地面碰撞弹起上升过程中，环的加速度 a 大小；

(2)棒与地面第二次碰撞时的速度大小 v

(3)从断开轻绳到棒与地面第二次碰撞的瞬间，棒运动的路程 S。

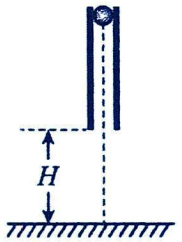


2．如图所示，一竖直圆管质量为 M，下端距水平地面的高度为 H，顶端塞有一质量为 m 的小球，圆管由静止自由下落，与地面发生多次弹性碰撞，且每次碰撞时间均极短，小球一直都在管内；在运动过程中，管始终保持竖直。已知 M = 2m，球和管之间的滑动摩擦力大小为 2mg，g 为重力加速度的大小，不计空气阻力。

(1)求管第一次与地面碰撞后的瞬间，管和球各自的加速度大小；

(2)求管第二次与地面碰撞前瞬间的速度；

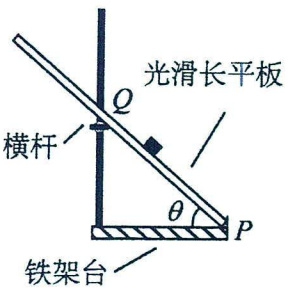
(3)求管从开始下落到最终停下全过程运动的路程。



跟踪练习(八)

一、单选题

1．如图，将光滑长平板的下端置于铁架台水平底座上的挡板 P 处，上部架在横杆上。横杆的位置可在竖直杆上调节，使得平板与底座之间的夹角θ可变。将小物块由平板与竖直杆交点 Q 处静止释放，物块沿平板从 Q 点滑至 P 点所用的时间 t 与夹角θ的大小有关。若由 30°逐渐增大至 60°，物块的下滑时间 t 将（　　）

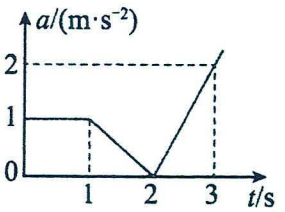


A．逐渐增大　　B．逐渐减小　　C．先增大后减小　　D．先减小后增大

2．高铁车厢里的水平桌面上放置一本书，书与桌面间的动摩擦因数为 0.4，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度 $g=10\mathrm{m/s^2}$。若书不滑动，则高铁的最大加速度不超过（　　）

A．$2.0\mathrm{m/s^2}$　　B．$4.0\mathrm{m/s^2}$　　C．$6.0\mathrm{m/s^2}$　　D．$8.0\mathrm{m/s^2}$

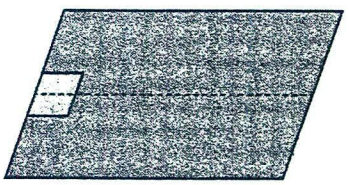
3．某同学在无人机下用细绳悬挂一质量为 0.2kg 的小球，$t=0$ 时刻无人机提着小球由静止竖直上升，无人机加速度 a 随时间 t 变化图像如图所示，$t=3\mathrm{s}$ 时细绳断开，此时小球位于空中 P 点。不计空气阻力，重力加速度大小取 $g=10\mathrm{m/s^2}$，下列说法正确的是（　　）



A．$t=1.5\mathrm{s}$ 时，小球处于失重状态　　B．小球上升过程中的最大速度为 2.5m/s

C．小球对绳的最大拉力为 2.6N　　D．P 点为小球上升的最高点

4．如图，一小物块从长 1m 的水平桌面一端以初速度 v_0 沿中线滑向另一端，经过 1s 从另一端滑落。物块与桌面间动摩擦因数为μ，g 取 $10\mathrm{m/s^2}$。下列 v_0、μ值可能正确的（　）

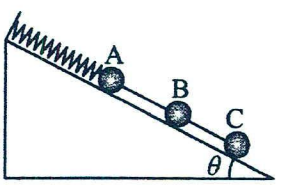


A．$v_0=2.5\mathrm{m/s}$　　B．$v_0=1.5\mathrm{m/s}$　　C．$\mu=0.28$　　D．$\mu=0.25$

5．如图，倾角为 $\theta=30°$ 的光滑斜面固定在地面上，轻质弹簧一端固定在斜面顶端，另一端与 A 球相连，A、B 间固定一个轻杆，B、C 间由一轻质细线连接。已知 A、B、C 三个小球的质量分别为 m、2m、2m，弹簧、轻杆与细线均平行于斜面，初始时系统处于静止状态。细线被烧断的瞬间，已知重力加速度为 g，下列说法正确的（　）

A．A 球的加速度大小为 $\frac{g}{3}$　　B．B 球的加速度大小为 $\frac{g}{2}$

C．弹簧的弹力大小为 $\frac{3}{2}mg$　　D．轻杆的拉力大小为 $\frac{4}{3}mg$



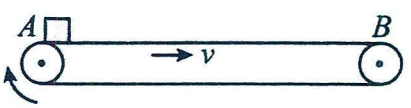
6．如图所示，水平传送带以 $v=1\mathrm{m/s}$ 的恒定速率运行。将一小物体无初速地放在 A 处，物体与传送带之间的动摩擦因数 $\mu=0.1$，A、B 间的距离为 2m，g 取 $10\mathrm{m/s^2}$，下列说法正确的是（　　）

A．物体在传送带上的加速时间为 0.5s

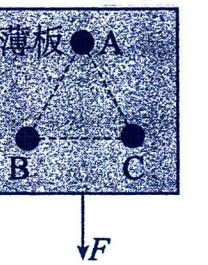
B．物体从 A 处到 B 处的时间为 2s

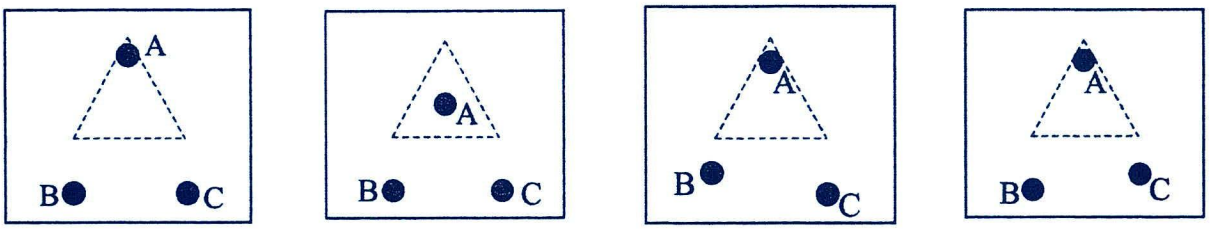
C．物体刚被放上传送带时的加速度大小为 $1\mathrm{m/s^2}$

D．若传送带的速度足够大，物体从 A 处到 B 处的最短时间为 1.5s



7．如图，水平桌面上有一薄板，薄板上摆放着小圆柱体 A、B、C，圆柱体的质量分别为m_A、m_B、m_C，且$m_A > m_B > m_C$。用一水平外力将薄板沿垂直BC的方向抽出，圆柱体与薄板间的动摩擦因数均相同，圆柱体与桌面间的动摩擦因数也均相同。则抽出后，三个圆柱体留在桌面上的位置所组成的图形可能是图（　　）





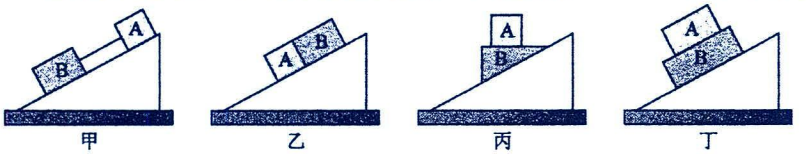
A　　B　　C　　D

二、多选题

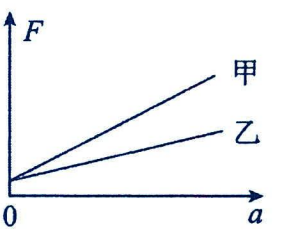
8．如图所示，斜面光滑且固定在地面上，A、B 两物体相对静止一起沿光滑斜面下滑，下列判断正确的是（　　）

A．图甲中物块 A、B 之间的绳子没有弹力　　B．图乙中物块 A、B 之间有弹力

C．图丙中物块 A、B 之间既有摩擦力，又有弹力　　D．图丁中物块 A、B 之间既有摩擦力，又有弹力



9．用水平拉力使质量分别为$m_{甲}$、$m_{乙}$的甲、乙两物体在水平桌面上由静止开始沿直线运动，两物体与桌面间的动摩擦因数分别为$\mu_{甲}$和$\mu_{乙}$。甲、乙两物体运动后，所受拉力 F 与其加速度 a 的关系图线如图所示。由图可知（　）



A．$m_{甲} < m_{乙}$　　B．$m_{甲} > m_{乙}$

C．$\mu_{甲} < \mu_{乙}$　　D．$\mu_{甲} > \mu_{乙}$

10．如图，质量相等的两滑块 P、Q 置于水平桌面上，二者用一轻弹簧水平连接，两滑块与桌面间的动摩擦因数均为μ。重力加速度大小为 g。用水平向右的拉力 F 拉动 P，使两滑块均做匀速运动；某时刻突然撤去该拉力，则从此刻开始到弹簧第一次恢复原长之前（　　）



A．P 的加速度大小的最大值为$2\mu g$

B．Q 的加速度大小的最大值为$2\mu g$

C．P 的位移大小一定大于 Q 的位移大小

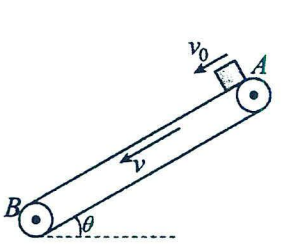
D．P 的速度大小均不大于同一时刻 Q 的速度大小

三、解答题

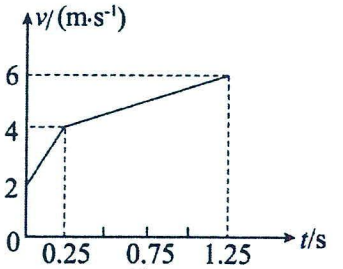
11．如图甲所示，倾角为θ的传送带以恒定的速率 v 沿逆时针方向运行。$t=0$时刻，质量$m=2\text{kg}$的小物块以初速度v_0从 A 端滑上传送带，小物块的速度随时间变化的图像如图乙所示，1.25s 时小物块从 B 端滑离传送带。沿传送带向下为正方向，重力加速度 g 取10m/s^2，求：

(1)小物块与传送带之间的动摩擦因数μ和传送带的倾角θ？

(2)小物块从 A 到 B 的过程中，相对传送带滑行的路程？



甲



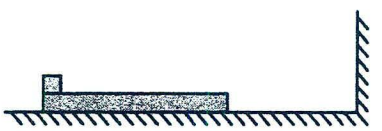
乙

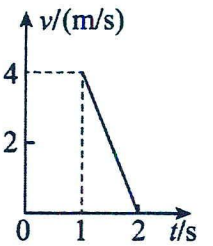
12．一长木板置于粗糙水平地面上，木板左端放置一小物块，在木板右方有一墙壁，木板右端与墙壁的距离为4.5m，如图（a）所示。$t=0$时刻开始，小物块与木板一起以共同速度向右运动，直至 t=1s 时木板与墙壁碰撞（碰撞时间极短）。碰撞前后木板速度大小不变，方向相反；运动过程中小物块始终未离开木板。已知碰撞后 1s 时间内小物块的$v-t$图线如图（b）所示。木板的质量是小物块质量的 15 倍，重力加速度大小 g 取10m/s^2。求：

（1）木板与地面间的动摩擦因数μ_1及小物块与木板间的动摩擦因数μ_2；

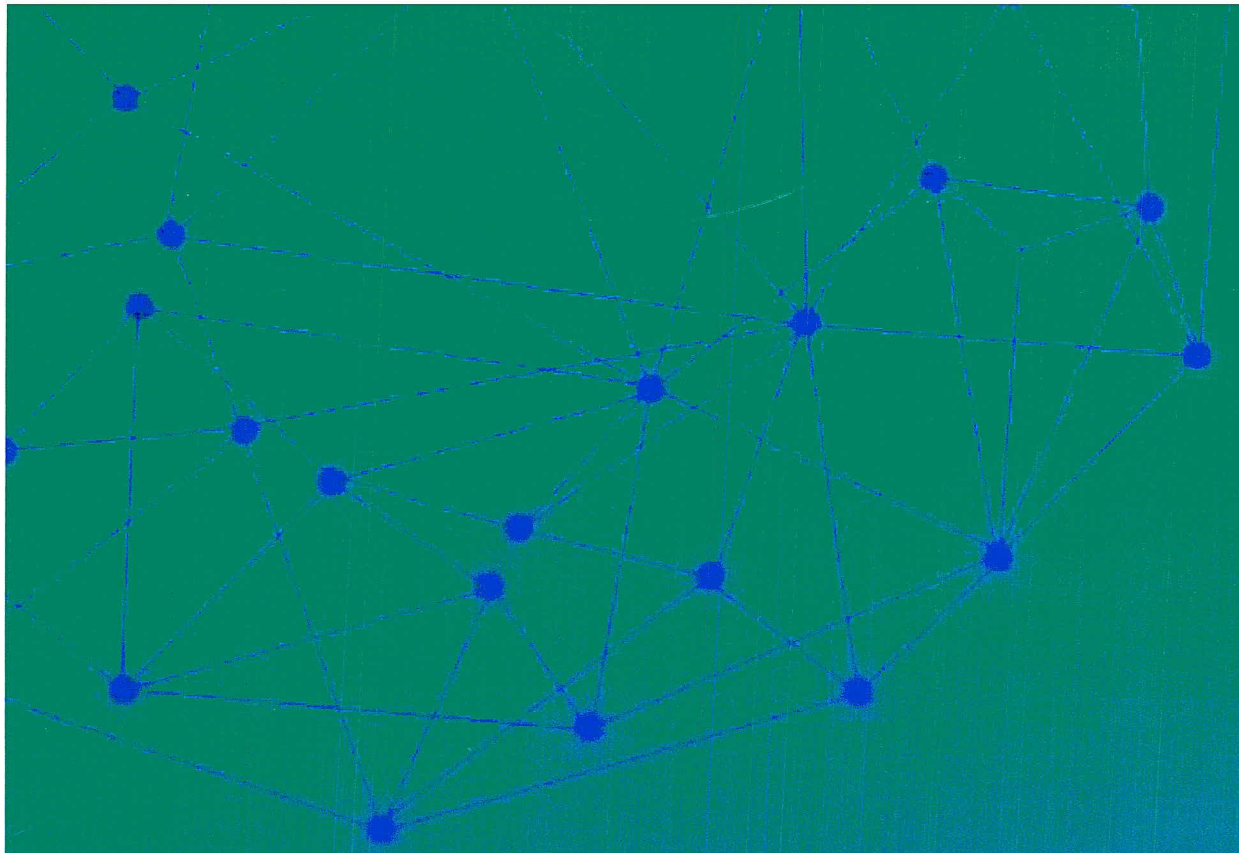
（2）木板的最小长度；

（3）木板右端离墙壁的最终距离。


图(a)



图(b)



物理星空高中物理好资料
要刷就刷题型全练一本通
练最好的题型提最狠的分