奔跑物理《高三一轮》教材的优势

一、精选难度适中、必考常考的高考真题

绝大多数高三考生的物理成绩集中在 30 分左右，那些最常见的考点、最简单的考题都拿不到分数，我们真的需要去做那些难题、偏题吗！

奔跑物理《高三一轮》教材精选历年高考真题中最常考的、难度中等和简单的考题，能够搞定这些真题，985 绝对没有问题！

二、设置“公式检测”部分，先理论后实战

绝大多数考生进入高三之后，高一高二知识早忘得干干净净，甚至很多同学在高一高二就没有认真学过物理。以这样的状态直接做题，当然无从下手。

奔跑物理《高三一轮》教材在每节真题之前，设置“公式检测”环节（从《高中物理公式模型检测卡（高三版）》中提取基础内容），将本节涉及的公式和模型总结提炼，并且挖成填空题的形式。搞定理论知识，做题有章可循。

三、题量合适，建立自信

市面上的高三一轮教材动辄三、四百页，而且文字密密麻麻，加之又偏又难，没有重点，别说考生了，老师都无法完成。学生做上两页就疲惫胆怯、缴械投降了。

奔跑物理《高三一轮》教材上下两册一共才一百多页，而且“字大行疏”，保证绝大多数考生都能够顺利且认真地完成。对于那些脍炙人口的经典考题，更是应该反复练习，加深印象！

目录

专题一 匀变速直线运动 1
第 1 节 基本公式、自由落体及应用 1
第 2 节 图像、特殊规律、拓展公式和实验 5
专题二 力与平衡 11
第 1 节 受力平衡 11
第 2 节 实验 16
专题三 牛顿第二定律 20
第 1 节 斜面模型、传送带 20
第 2 节 板块模型 26
第 3 节 实验：验证牛顿第二定律 30
专题四 曲线运动 33
第 1 节 平抛运动 33
第 2 节 水平面内的匀速圆周运动 39
专题五 万有引力与航天 44
第 1 节 定律、基本公式、一宇、黄金代换 44
第 2 节 同步卫星、天体密度、双星、变轨 48
专题六 机械能守恒定律 52
第 1 节 功、功率、动能定理 52
第 2 节 机械能守恒定律及实验 57
专题七 动量守恒定律 63
第 1 节 冲量、动量、动量定理和动量守恒定律基础 63
第 2 节 碰撞模型和类似模型 66
第 3 节 实验：验证动量守恒定律 72
专题八 机械振动和机械波 76
第 1 节 简谐运动 76
第 2 节 机械波 81
专题九 光学 86
第 1 节 光的折射和全反射 86
第 2 节 光的干涉、衍射和偏振 93

专题一 匀变速直线运动

第 1 节 基本公式、自由落体及应用

♦ 公式检测 ♦

1、位移、速度和加速度

- 位移：_____指向_____的_____线段。
- 量性：_____量；单位：_____
- 速度的定义式：_____；速度是_____量；单位_____；

  单位换算：72 km/h =_____m/s
- _____叫做瞬时速率，简称_____。
- 加速度的定义式：_____；加速度是_____量；单位_____
- 加速/减速的判断：加速：a 方向与 v 方向_____；

  减速：a 方向与 v 方向_____。
- 匀变速直线运动：加速度_____的直线运动。

2、匀变速直线运动的三个基本公式

- 匀加速直线运动
  - 速度—时间公式：_____
  - 位移—时间公式：_____
  - 速度—位移公式：_____
- 匀减速直线运动
  - 速度—时间公式：_____
  - 位移—时间公式：_____
  - 速度—位移公式：_____

3、自由落体和竖直上抛

- 自由落体运动的三个基本公式
  - 速度—时间公式：_____
  - 位移—时间公式：_____
  - 速度—位移公式：_____
- 竖直上抛到达最高点的时间：t =_____
- 竖直上抛的最大高度：h =_____

♦ 实战演练 ♦

1.（2013·广东）某航母跑道长为 200 m，飞机在航母上滑行的最大加速度为 6 m/s^2，起飞需要的最低速度为 50 m/s。那么，飞机在滑行前，需要借助弹射系统获得的最小初速度为（　　）

A．5 m/s　　B．10 m/s　　C．15 m/s　　D．20 m/s

2.（2019·海南）汽车在平直公路上以 20 m/s 的速度匀速行驶。前方突遇险情，司机紧急刹车，汽车做匀减速运动，加速度大小为 8 m/s^2。从开始刹车到汽车停止，汽车运动的距离为（　　）

A．10 m　　B．20 m　　C．25 m　　D．50 m

3.（2011·天津）质点做直线运动的位移 x 与时间 t 的关系为 $x=5t+t^2$ (各物理量均采用国际单位制单位)，则该质点（　　）

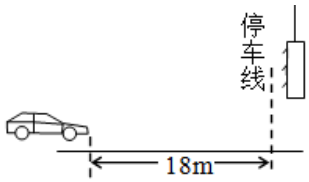
A．第 1 s 内的位移是 5 m

B．前 2 s 内的平均速度是 6 m/s

C．任意相邻的 1 s 内位移差都是 1 m

D．任意 1 s 内的速度增量都是 2 m/s

4.（多选）（2009·江苏）如图所示，以 8 m/s 匀速行驶的汽车即将通过路口，绿灯还有 2 s 将熄灭，此时汽车距离停车线 18 m。该车加速时最大加速度大小为 2 m/s^2，减速时最大加速度大小为 5 m/s^2。此路段允许行驶的最大速度为 12.5 m/s，下列说法中正确的有（　　）



A．如果立即做匀加速运动，在绿灯熄灭前汽车可能通过停车线

B．如果立即做匀加速运动，在绿灯熄灭前通过停车线汽车一定超速

C．如果立即做匀减速运动，在绿灯熄灭前汽车一定不能通过停车线

D．如果距停车线 5 m 处减速，汽车能停在停车线处

5.（2018·浙江）竖井中的升降机可将地下深处的矿石快速运送到地面。某一竖井的深度为 104 m，升降机运行的最大速度为 8 m/s，加速度大小不超过 1 m/s^2，假定升降机到井口的速度为 0，则将矿石从井底提升到井口的最短时间是（　　）

A．13 s　　B．16 s　　C．21 s　　D．26 s

6.（2018·海南）一攀岩者以 1 m/s 的速度匀速向上攀登，途中碰落了岩壁上的石块，石块自由下落。3 s 后攀岩者听到石块落地的声音，此时他离地面的高度约为（　　）

A．10 m　　B．30 m　　C．50 m　　D．70 m

7.（2020·上海）钥匙从距水面 20 m 高的桥侧自由下落，一竹筏前端在钥匙下落瞬间恰位于其正下方，该竹筏以 2 m/s 的速度匀速行驶。若钥匙落入竹筏，则竹筏长度至少为（不考虑竹筏宽度，g 取 10 m/s^2）（　　）

A．2 m　　B．4 m　　C．6 m　　D．8 m

8.（多选）（2008·上海）某物体以 30 m/s 的初速度竖直上抛，不计空气阻力，g 取 10 m/s^2。5 s 内物体的（　　）

A．路程为 65 m

B．位移大小为 25 m，方向向上

C．速度改变量的大小为 10 m/s

D．平均速度大小为 13 m/s，方向向上

9.（2015·上海）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．$\frac{h}{v}$

10.（2008·四川）A、B 两辆汽车在笔直的公路上同向行驶。当 B 车在 A 车前 84 m 处时，B 车速度为 4 m/s，且正以 2 m/s^2 的加速度做匀加速运动；经过一段时间后，B 车加速度突然变为零。A 车一直以 20 m/s 的速度做匀速运动，经过 12 s 后两车相遇。问 B 车加速行驶的时间是多少？

11．甲、乙两车在一条直线上沿相同方向运动，甲在乙前 $x = 56$ m 处，甲以初速度 $v_1 = 16$ m/s、加速度大小为 $a_1 = 2$ m/s^2 匀减速刹车，乙以初速度 $v_2 = 4$ m/s、加速度大小为 $a_2 = 1$ m/s^2 做匀加速运动，求：

（1）乙车追上甲车前两者间的最大距离；

（2）乙车追上甲车所需要的时间。

12．在水平轨道上有一列火车 A 正以 $v_0 = 180$ km/h 的速度匀速运动，司机突然发现前方有一列火车 B 静止在同一轨道上并相距 $x = 250$ m，于是 A、B 两列火车司机立即采取措施，A 火车立即做匀减速运动，B 火车立即做加速度为 $a_2 = 2$ m/s^2 的匀加速运动，要使两火车不相撞，A 火车做匀减速运动的加速度 a_1 至少为多大？

第 2 节 图像、特殊规律、拓展公式和实验

♦ 公式检测 ♦

1、运动学图像

（1）主要特点对比

- *v-t* 图像，斜率（切线斜率）表示_____；

  x-t 图像，斜率表示_____。

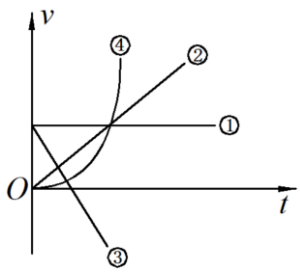
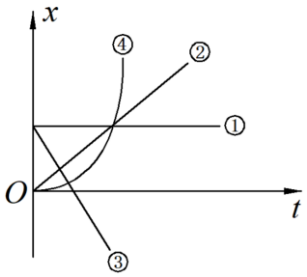
- *v-t* 图像，运动方向（即速度方向）看_____；

  x-t 图像，运动方向看_____。

- *v-t* 图像，位移用_____表示；

  x-t 图像，位移 = _____。

（2）*v-t* 图像和 *x-t* 图像的对比

	
①朝___方向做_____直线运动	①_____
②朝___方向做_____直线运动	②朝___方向做_____直线运动
③先朝___方向做_____直线运动； 后朝___方向做_____直线运动	③先朝___方向做_____直线运动； 后朝___方向做_____直线运动
④朝___方向做_____直线运动	④朝___方向做_____直线运动

2、初速度为零的匀加速直线运动的几个特殊规律

（1）用相同时间间隔 T 分割

- 前 $1T$、前 $2T$、前 $3T$、…、前 nT 的位移之比：_____
- 第 $1T$、第 $2T$、第 $3T$、…、第 nT 的位移之比：_____

（2）用相同位移 x 分割

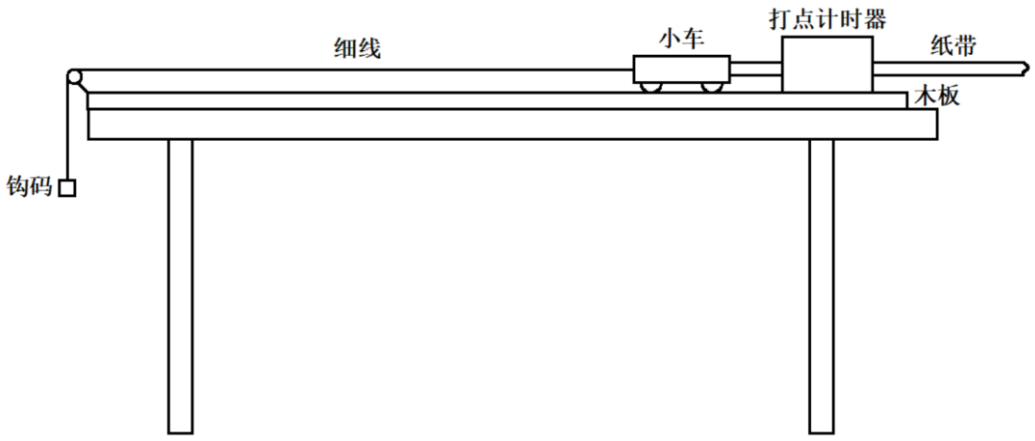
- 前 $1x$、前 $2x$、前 $3x$、…、前 nx 的时间之比：_____
- 第 $1x$、第 $2x$、第 $3x$、…、第 nx 的时间之比：_____
- 第 $1x$ 末、第 $2x$ 末、…、第 nx 末的速度之比：_____

3、匀变速直线运动的几个拓展公式

- 平均速度公式：$\bar{v}=\dfrac{\quad}{t}$（普遍适用）$=\dfrac{\quad}{2}$（仅适用于匀变速直线运动）
- 中间时刻瞬时速度：$v_{\frac{t}{2}}=\bar{v}=\dfrac{x}{\quad}$
- 特征方程：用相同时间间隔 T 连续分割匀变速直线运动，相邻位移差_____，

  即 $x_2-x_1=$_____=……；且 $\Delta x=$_____。

4、实验：研究匀变速直线运动



（1）两种打点计时器

·电磁打点计时器和电火花计时器均使用_____电源（选填“直流”或“交流”），电源频率均为 f=_____，打点周期（两次打点时间间隔）均为 t=_____；

·电磁打点计时器的电源电压为_____V，电火花计时器的电源电压为_____V；相比于电磁打点计时器，电火花计时器的阻力和误差更_____（选填“大”或“小”）。

（2）操作注意事项

·细线应与木板_____；

·释放前，小车应_____打点计时器；

·先_____，再_____。

（3）计时和测量距离

·相邻两个计时点（实际打点）的时间间隔 t =_____；

·相邻两个计数点（每隔 4 个计时点选取一个计数点）的时间间隔 T =_____。

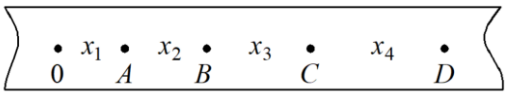
·刻度尺读数保留_____位小数（单位为 cm）。

（4）匀加速直线运动的“近似”证明

_____

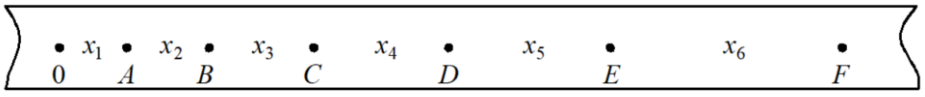
（5）求各点瞬时速度和纸带的加速度（相邻两点时间间隔为 T）

·情形一



B 点瞬时速度：_____ 纸带加速度：_____

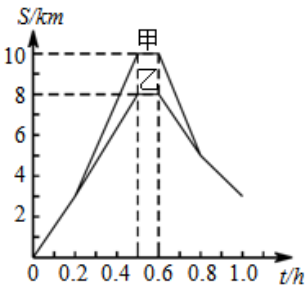
·情形二



D 点瞬时速度：_____ 纸带加速度：_____

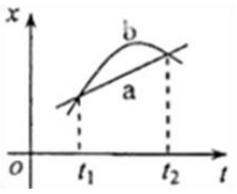
♦ 实战演练 ♦

1.（2015·广东卷）甲、乙两人同时同地出发骑自行车做直线运动，前 1 小时内的位移-时间图象如图所示。下列表述正确的是（　　）



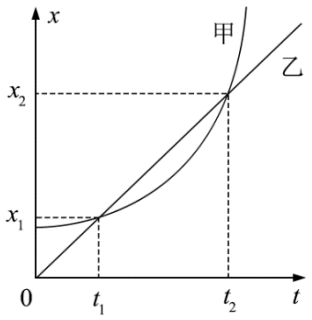
A．0.2 - 0.5 小时内，甲的加速度比乙的大
B．0.2 - 0.5 小时内，甲的速度比乙的大
C．0.6 - 0.8 小时内，甲的位移比乙的小
D．0.8 小时内，甲、乙骑行的路程相等

2.（多选）（2013·新课标 I 卷）如图所示，直线 a 和曲线 b 分别是平直公路上行驶的汽车 a 和 b 的位移-时间（x-t）图象。由图可知（　　）



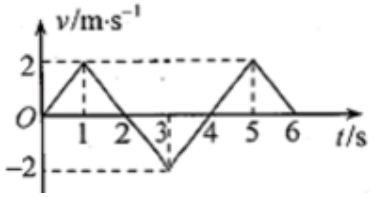
A．在时刻 t_1，a 车追上 b 车
B．在时刻 t_2，a、b 两车运动方向相反
C．在 t_1 到 t_2 这段时间内，b 车的速率先减小后增大
D．在 t_1 到 t_2 这段时间内，b 车的速率一直比 a 车的大

3.（多选）（2018·新课标 III 卷）甲、乙两车在同一平直公路上同向运动，甲做匀加速直线运动，乙做匀速直线运动。甲、乙两车的位置 x 随时间 t 的变化如图所示。下列说法正确的是（　　）



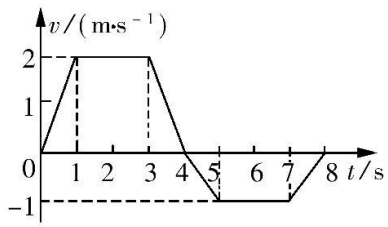
A．在 t_1 时刻两车速度相等
B．从 0 到 t_1 时间内，两车走过的路程相等
C．从 t_1 到 t_2 时间内，两车走过的路程相等
D．从 t_1 到 t_2 时间内的某时刻，两车速度相等

4.（2014·天津卷）质点做直线运动的速度-时间图象如图所示，该质点（　　）



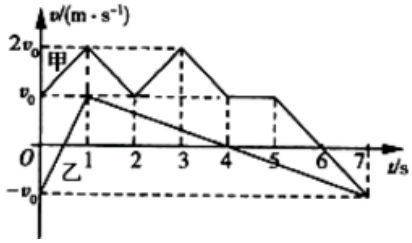
A．在第 1 秒末速度方向发生了改变
B．在第 1 秒末加速度方向发生了改变
C．在前 2 秒内发生的位移为零
D．第 3 秒末和第 6 秒末的位置相同

5.（2014·大纲）一质点沿 x 轴做直线运动，其 $v-t$ 图像如图所示。质点在 $t=0$ 时位于 $x=5$ m 处，开始沿 x 轴正向运动。当 $t=8$ s 时，质点在 x 轴上的位置为（　　）



A．$x=3$ m　　B．$x=8$ m　　C．$x=9$ m　　D．$x=14$ m

6.（多选）（2013·四川卷）甲、乙两物体在 $t=0$ 时刻经过同一位置沿 x 轴运动，v-t 图象如图所示，则（　　）



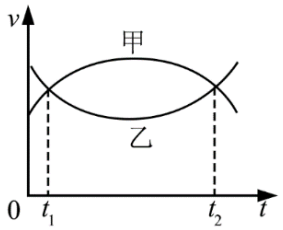
A．甲、乙在 $t=0$ 到 $t=1$ s 之间沿同一方向运动

B．乙在 $t=0$ 到 $t=7$ s 之间的位移为零

C．甲在 $t=0$ 到 $t=4$ s 之间做往复运动

D．甲、乙在 $t=6$ s 时的加速度方向相同

7.（多选）（2018·新课标 II 卷）甲、乙两汽车同一条平直公路上同向运动，其速度—时间图像分别如图中甲、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

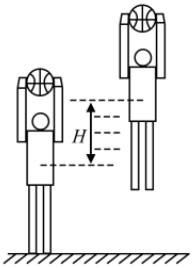
D．乙车的加速度大小先减小后增大

8.（2015•浙江）质量为 m 的物体从高为 h 处自由下落，开始的 $\frac{h}{3}$ 用时为 t，则（　　）

A．物体落地所用的时间为 $\sqrt{3}t$　　B．物体落地所用的时间为 $3t$

C．物体落地时的速度为 $6gt$　　D．物体落地时的速度为 $3gt$

9.（2019·新课标 I 卷）如图，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。上升第一个 $\frac{H}{4}$ 所用的时间为 t_1，第四个 $\frac{H}{4}$ 所用的时间为 t_2。不计空气阻力，则 $\frac{t_2}{t_1}$ 满足（　　）

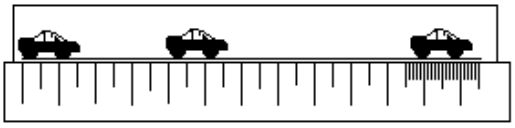


A．$1<\frac{t_2}{t_1}<2$　　B．$2<\frac{t_2}{t_1}<3$　　C．$3<\frac{t_2}{t_1}<4$　　D．$4<\frac{t_2}{t_1}<5$

10.（2016·上海）物体做匀加速直线运动，相继经过两端距离为 16 m 的路程，第一段用时 4 s，第二段用时 2 s，则物体的加速度是（　　）

A．$\frac{2}{3}$ m/s^2　　B．$\frac{4}{3}$ m/s^2　　C．$\frac{8}{9}$ m/s^2　　D．$\frac{16}{9}$ m/s^2

11.（1999·上海）为了测定某辆轿车在平直路上起动时的加速度（轿车起动时的运动可近似看作匀加速运动），某人拍摄了一张在同一底片上多次曝光的照片（如图）。如果拍摄时每隔 2 秒曝光一次，轿车车身总长为 4.5 米，那么这辆轿车的加速度约为（　　）



A.1 m/s^2　　B.2 m/s^2　　C.3 m/s^2　　D.4 m/s^2

12．（多选）某一做匀加速直线运动的物体在时间 T 内通过位移 x_1 到达 A 点，接着在时间 T 内通过位移 x_2 到达 B 点，则以下判断正确的是（　　）

A．物体在 A 点的速度大小为 $\frac{x_1+x_2}{2T}$　　B．物体运动的加速度为 $\frac{2x_1}{T^2}$

C．物体运动的加速度为 $\frac{x_2-x_1}{T^2}$　　D．物体在 B 点的速度大小为 $\frac{3x_2-x_1}{2T}$

13．（2016·天津）某同学利用图 1 示装置研究小车的匀变速直线运动。

①实验中必要的措施是_____。

A．细线必须与长木板平行

B．先接通电源再释放小车

C．小车的质量远大于钩码的质量

D．平衡小车与长木板间的摩擦力

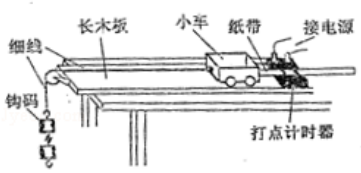


图1

②他实验时将打点机器接到频率为 50 Hz 的交流电源上，得到一条纸带，打出的部分计数点如图 2 所示（每相邻两个计数点间还有 4 个点，图中未画出）。s_1 = 3.59 cm，s_2 = 4.41 cm，s_3 = 5.19 cm，s_4 = 5.97 cm，s_5 = 6.78 cm，s_6 = 7.64 cm。则小车的加速度 a =_____m/s^2（要求充分利用测量的数据），打点计时器在打 B 点时小车的速度 v_B =_____m/s。（结果均保留两位有效数字）

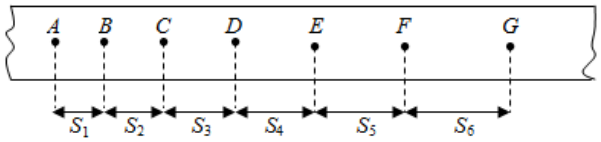
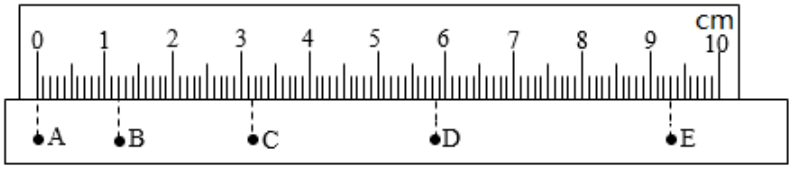


图2

14．（2019•新课标Ⅰ卷）某小组利用打点计时器对物块沿倾斜的长木板加速下滑时的运动进行探究。物块拖动纸带下滑，打出的纸带一部分如图所示。已知打点计时器所用交流电的频率为 50 Hz，纸带上标出的每两个相邻点之间还有 4 个打出的点未画出。在 A、B、C、D、E 五个点中，打点计时器最先打出的是_____点，在打出 C 点时物块的速度大小为_____m/s（保留 3 位有效数字）；物块下滑的加速度大小为_____m/s^2（保留 2 位有效数字）。



15．（2022•全国乙卷）用雷达探测一高速飞行器的位置。从某时刻（t = 0）开始的一段时间内，该飞行器可视为沿直线运动，每隔 1s 测量一次其位置，坐标为 x，结果如下表所示：

t / s	0	1	2	3	4	5	6
x / m	0	507	1094	1759	2505	3329	4233

回答下列问题：

（1）根据表中数据可判断该飞行器在这段时间内近似做匀加速运动，判断的理由是：_____；

（2）当 x = 507 m 时，该飞行器速度的大小 v = _____m/s；

（3）这段时间内该飞行器加速度的大小 a =_____m/s^2（保留 2 位有效数字）。

专题二 力与平衡

第 1 节 受力平衡

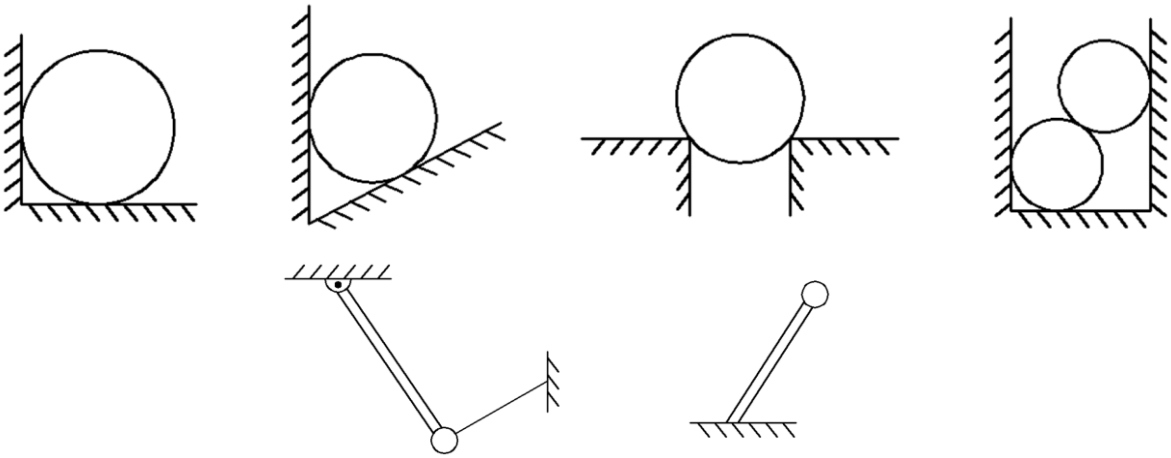
♦ 公式检测 ♦

1、三大力

（1）重力

$G=$_____；高度变高，g 变_____，纬度变高，g 变_____。

（2）弹力的方向（画出小球受到的弹力）



（3）弹簧弹力的大小（胡克定律）

$F=$_____

k 表示弹簧的_____。常用单位为_____或_____。

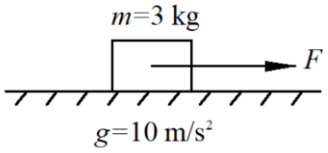
x 表示弹簧的_____。伸长时，$x=$_____；压缩时，$x=$_____。

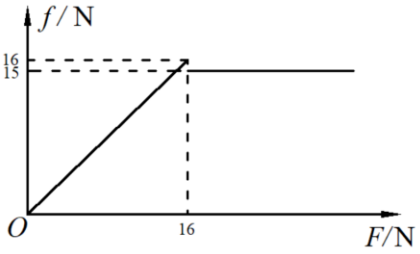
（4）摩擦力

• 滑动摩擦力

$f=$_____ μ 表示_____，只与材料及接触面粗糙程度有关。

·举例





（最初物块静止，拉力 F 从 0 逐渐增大）

▫ 当拉力 F=10 N 时，物体处于_____状态，此时，_____摩擦力=_____N。

▫ 最大静摩擦力 f_m=_____N。

▫ 滑动摩擦力 f=_____N，可得动摩擦因数 μ=_____。

▫ 撤去拉力 F 到停止过程中，滑动摩擦力_____（选填“增大”、“减小”或“不变”）。

2、力的合成

·二力合成遵循_____定则。若二力垂直，合力大小根据_____定理计算。

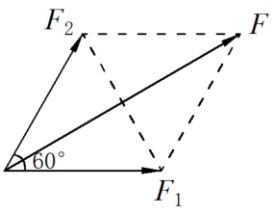
·两个力的合力的大小范围_____ ≤$F_{合}$≤_____（用 F_1 和 F_2 表示）

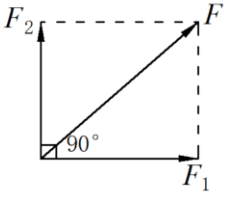
·三个力的合力的大小范围

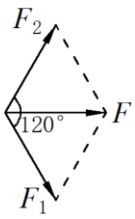
▫ 情况 1：F_1=3 N，F_2=4 N，F_3=5 N，_____ ≤$F_{合}$≤_____

▫ 情况 2：F_1=3 N，F_2=4 N，F_3=9 N，_____ ≤$F_{合}$≤_____

·两个等大分力求合力的三个特殊夹角







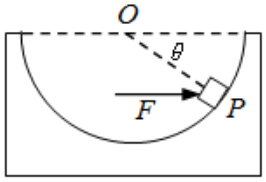
·θ=60°，$F_{合}$=____F_1

·θ=90°，$F_{合}$=____F_1

·θ=120°，$F_{合}$=____F_1

♦ 实战演练 ♦

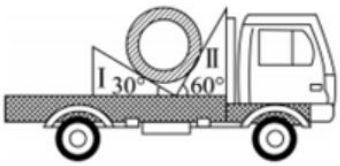
1.（2009·山东）如图所示，光滑半球形容器固定在水平面上，O 为球心，一质量为 m 的小滑块，在水平力 F 的作用下静止 P 点。设滑块所受支持力为 F_N。OP 与水平方向的夹角为 θ。下列关系正确的是（　　）



A．$F=\dfrac{mg}{\tan\theta}$　　B．$F=mg\tan\theta$

C．$F_N=\dfrac{mg}{\tan\theta}$　　D．$F_N=mg\tan\theta$

2.（2019·新课标 III 卷）用卡车运输质量为 m 的匀质圆筒状工件，为使工件保持固定，将其置于两光滑斜面之间，如图所示。两斜面Ⅰ、Ⅱ固定在车上，倾角分别为 30°和 60°。重力加速度为 g。当卡车沿平直公路匀速行驶时，圆筒对斜面Ⅰ、Ⅱ压力的大小分别为 F_1、F_2，则（　　）



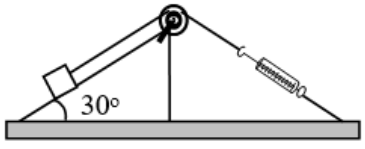
A．$F_1=\dfrac{\sqrt{3}}{3}mg$，$F_2=\dfrac{\sqrt{3}}{2}mg$　　B．$F_1=\dfrac{\sqrt{3}}{2}mg$，$F_2=\dfrac{\sqrt{3}}{3}mg$

C．$F_1=\dfrac{1}{2}mg$，$F_2=\dfrac{\sqrt{3}}{2}mg$　　D．$F_1=\dfrac{\sqrt{3}}{2}mg$，$F_2=\dfrac{1}{2}mg$

3.（2019·新课标 II 卷）物块在轻绳的拉动下沿倾角为 30°的固定斜面向上匀速运动，轻绳与斜面平行。已知物块与斜面之间的动摩擦因数为 $\dfrac{\sqrt{3}}{3}$，重力加速度取 10 m/s^2。若轻绳能承受的最大张力为 1500 N，则物块的质量最大为（　　）

A．150 kg　　B．$100\sqrt{3}$ kg　　C．200 kg　　D．$200\sqrt{3}$ kg

4.（2012·浙江）如图所示，与水平面夹角为 30°的固定斜面上有一质量 m = 1.0 kg 的物体。细绳的一端与物体相连，另一端经摩擦不计的定滑轮与固定的弹簧秤相连．物体静止在斜面上，弹簧秤的示数为 4.9 N．关于物体受力的判断(取 g = 9.8 m/s^2)，下列说法正确的是（　　）



A．斜面对物体的摩擦力大小为零

B．斜面对物体的摩擦力大小为 4.9 N，方向竖直向上

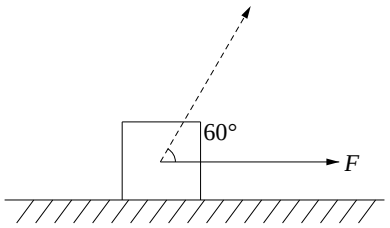
C．斜面对物体的支持力大小为 $4.9\sqrt{3}$ N，方向竖直向上

D．斜面对物体的支持力大小为 4.9 N，方向垂直斜面向上

5.（2017·新课标 II 卷）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．$\frac{\sqrt{3}}{6}$

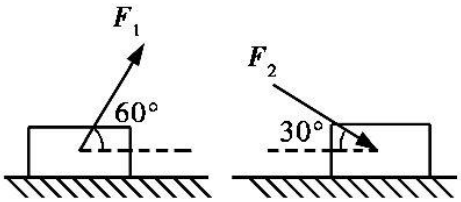
C．$\frac{\sqrt{3}}{3}$　　D．$\frac{\sqrt{3}}{2}$



6.（2010·新课标卷）如图所示，一物块置于水平地面上。当用与水平方向成 60°角的力 F_1 拉物块时，物块做匀速直线运动；当改用与水平方向成 30°角的力 F_2 推物块时，物块仍做匀速直线运动。若 F_1 和 F_2 的大小相等，则物块与地面之间的动摩擦因数为（　　）

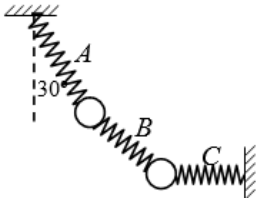
A．$\sqrt{3}-1$　　B．$2-\sqrt{3}$

C．$\frac{\sqrt{3}}{2}-\frac{1}{2}$　　D．$1-\frac{\sqrt{3}}{2}$



7.（2013·山东）如图所示，用完全相同的轻弹簧 A、B、C 将两个相同的小球连接并悬挂。小球处于静止状态，弹簧 A 与竖直方向的夹角为 30°，弹簧 C 水平，则弹簧 A、C 的伸长量之比为（　　）

A．$\sqrt{3}:4$　　B．$4:\sqrt{3}$　　C．$1:2$　　D．$2:1$



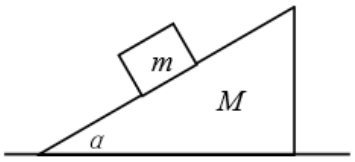
8.（2013·北京）倾角为 α、质量为 M 的斜面体静止在水平桌面上，质量为 m 的木块静止在斜面体上。下列结论正确的是（　　）

A．木块受到的摩擦力大小是 $mg\cos\alpha$

B．木块对斜面两体的压力大小是 $mg\sin\alpha$

C．桌面对斜面体的摩擦力大小是 $mg\sin\alpha\cos\alpha$

D．桌面对斜面体的支持力大小是 $(M+m)g$



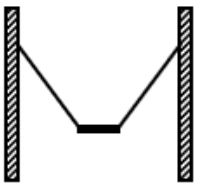
9.（2014·山东）如图，用两根等长轻绳将木板悬挂在竖直木桩上等高的两点，制成一简易秋千。某次维修时将两轻绳各剪去一小段，但仍保持等长且悬挂点不变。木板静止时，F_1 表示木板所受合力的大小，F_2 表示单根轻绳对木板拉力的大小，则维修后（　　）

A、F_1 不变，F_2 变大

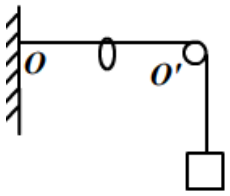
B、F_1 不变，F_2 变小

C、F_1 变大，F_2 变大

D、F_1 变小，F_2 变小



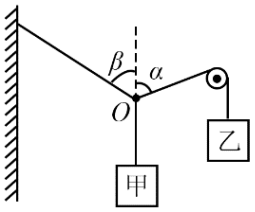
10.（2014·海南）如图，一不可伸长的光滑轻绳，其左端固定于 O 点，右端跨过位于 O' 点的固定光滑轴悬挂一质量为 M 的物体；OO' 段水平，长度为 L；绳子上套一可沿绳滑动的轻环。现在轻环上悬挂一钩码，平衡后，物体上升 L。则钩码的质量为（　　）



A．$\frac{\sqrt{2}}{2}M$　　B．$\frac{\sqrt{3}}{2}M$

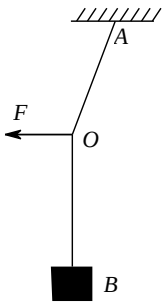
C．$\sqrt{2}M$　　D．$\sqrt{3}M$

11.（2020·新课标 III 卷）如图，悬挂甲物体的细线拴牢在一不可伸长的轻质细绳上 O 点处；绳的一端固定在墙上，另一端通过光滑定滑轮与物体乙相连。甲、乙两物体质量相等。系统平衡时，O 点两侧绳与竖直方向的夹角分别为 α 和 β。若 α=70°，则 β 等于（　　）



A．45°　　B．55°　　C．60°　　D．70°

12.（2016·新课标 II 卷）质量为 m 的物体用轻绳 AB 悬挂于天花板上。用水平向左的力 F 缓慢拉动绳的中点 O，如图所示。用 T 表示绳 OA 段拉力的大小，在 O 点向左移动的过程中（　　）



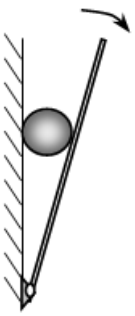
A．F 逐渐变大，T 逐渐变大

B．F 逐渐变大，T 逐渐变小

C．F 逐渐变小，T 逐渐变大

D．F 逐渐变小，T 逐渐变小

13.（2012·新课标卷）如图，一小球放置在木板与竖直墙面之间。设墙面对球的压力大小为 N_1，球对木板的压力大小为 N_2。以木板与墙连接点所形成的水平直线为轴，将木板从图示位置开始缓慢地转到水平位置。不计摩擦，在此过程中（　　）



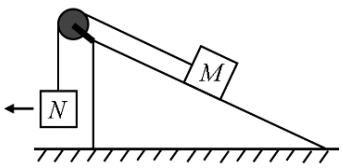
A．N_1 始终减小，N_2 始终增大

B．N_1 始终减小，N_2 始终减小

C．N_1 先增大后减小，N_2 始终减小

D．N_1 先增大后减小，N_2 先减小后增大

14.（多选）（2019·新课标 I 卷）如图，一粗糙斜面固定在地面上，斜面顶端装有一光滑定滑轮。一细绳跨过滑轮，其一端悬挂物块 N。另一端与斜面上的物块 M 相连，系统处于静止状态。现用水平向左的拉力缓慢拉动 N，直至悬挂 N 的细绳与竖直方向成 45°。已知 M 始终保持静止，则在此过程中（　　）



A．水平拉力的大小可能保持不变

B．M 所受细绳的拉力大小一定一直增加

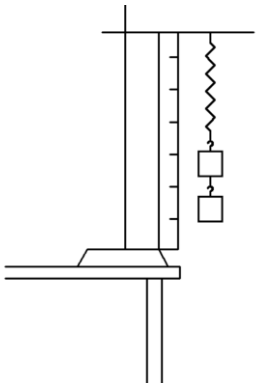
C．M 所受斜面的摩擦力大小一定一直增加

D．M 所受斜面的摩擦力大小可能先减小后增加

第 2 节 实验

♦ 公式检测 ♦

1、实验：探究弹簧弹力和弹簧伸长量的关系



·刻度尺应_____放置；

刻度尺读数：保留_____位小数（单位为 cm）。

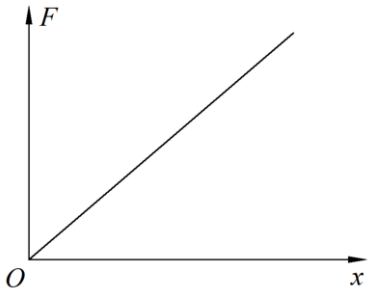
·悬挂钩码前，先测量_____。

·应_____（选填“逐一”或“随意”）增挂钩码，避免钩码过重超过弹簧的_____。

·记录数据：弹簧弹力 $F=$ _____；弹簧伸长量 $x=$_____（用 l_0 表示弹簧原长，l 表示悬挂钩码时的弹簧长度）。

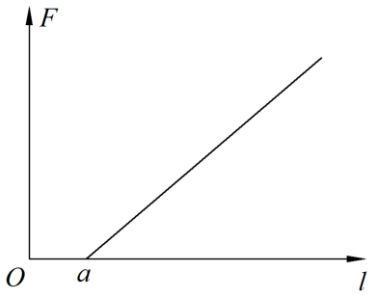
·如左图，弹簧弹力—伸长量图像（*F-x* 图）是一条_____（描述图线特点），其斜率表示弹簧的_____。

·如右图，弹簧弹力—弹簧长度图像（*F-l* 图）的斜率表示弹簧的_____，横轴截距表示弹簧的_____。



图弹簧弹力—伸长量图像

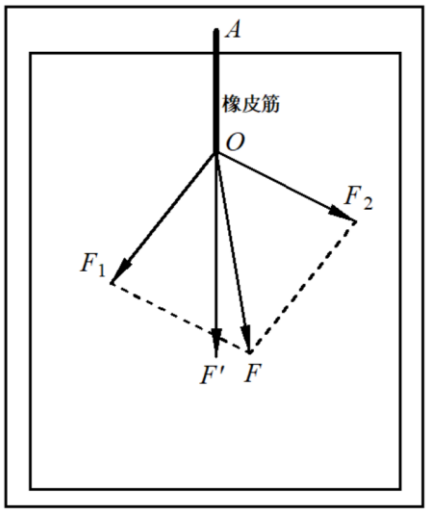
（*F-x* 图像）



弹簧弹力—弹簧长度图像

（*F-l* 图像）

2、实验：验证力的平行四边形定则



• 实验原理：_____法。

• 细线应与木板_____。

• 使用两个弹簧测力计拉伸橡皮条，夹角不应过大或过小，末端标为 O 点。记录两个拉力 F_1 和 F_2，既要记录_____，也要记录_____。

• 考查弹簧测力计读数：

▫ 最小分度 $d = 0.1$ N，保留到小数点后第_____位，如 3.25 N；

▫ 最小分度 $d = 0.2$ N，保留到小数点后第_____位，如 3.2 N。

• 为准确画出力的方向，细线应_____（选填“长”或“短”）一些，记录的两点应尽量_____（选填“远”或“近”）一些。

• 以 F_1 和 F_2 为邻边，作_____，对角线记为 F。

• 使用一个弹簧测力计将橡皮条末端_____，记为 F'。

• 合力的理论值为_____，合力的实际值为_____（选填“F”或“F'”）。

• _____（选填“F”或“F'”）一定与橡皮条方向 OA 共线。

• 比较 F 和 F' 的_____和_____，若误差在允许范围内，则验证成功。

• 多做几组，重新验证，_____（选填“需要”或“不需要”）将橡皮条末端仍然拉至 O 点。

♦ 实战演练 ♦

1.（2015·鼓楼区）某同学做“探究弹力和弹簧伸长量的关系”的实验。

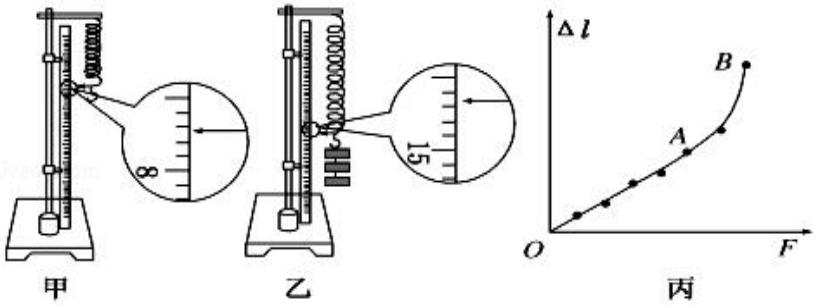
①图甲是不挂钩码时弹簧下端指针所指的标尺刻度，其示数为 7.73 cm，图乙是在弹簧下端悬挂钩码后指针所指的标尺刻度，此时弹簧的伸长量Δl 为_____cm；

②本实验通过在弹簧下端悬挂钩码的方法来改变弹簧的弹力，关于此操作，下列选项中规范的做法是_____；（填选项前的字母）

A．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

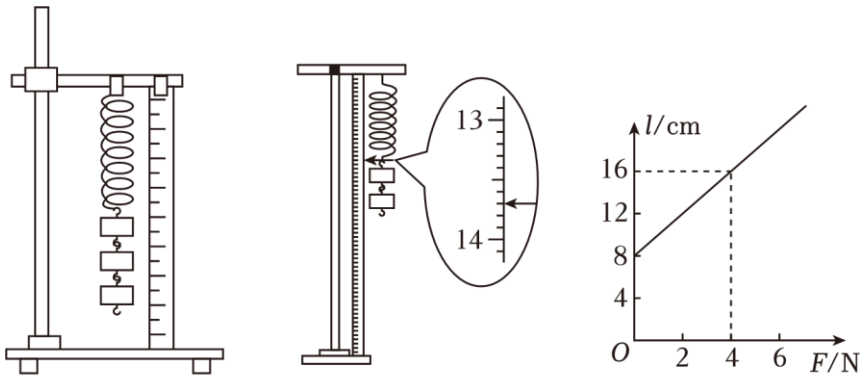
B．随意增减钩码，记下增减钩码后指针所指的标尺刻度和对应的钩码总重

③图丙是该同学描绘的弹簧的伸长量Δl 与弹力 F 的关系图线，图线的 AB 段明显偏离直线 OA，造成这种现象的主要原因是_____。



甲 乙 丙

2．某研究性学习小组在做“探究弹簧弹力的大小与伸长量的关系”的实验中，设计了如图甲所示的实验装置。



甲 乙 丙

（1）关于该实验，下列说法正确的是_____。

A．所挂钩码不宜过多，以免弹簧超出它的弹性限度

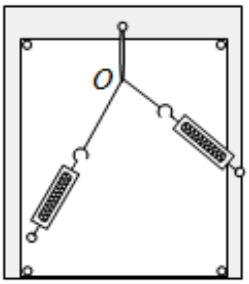
B．用刻度尺测得弹簧的长度即为弹簧的伸长量

C．用悬挂钩码的方法给弹簧施加拉力，应保证弹簧位于竖直位置且处于静止状态

（2）该组同学在做实验时，依次在弹簧下端挂上钩码，指针对应毫米刻度尺如图乙所示，此时指针示数为_____ cm。

（3）在以弹簧弹力为横轴 F、指针对应刻度 l 为纵轴的坐标系中，得到 l-F 图像如图丙所示，请根据图像分析并得出弹簧的劲度系数 k=_____N/m。

3.（2015·安徽）在“验证力的平行四边形定则”实验中，某同学用图钉把白纸固定在水平放置的木板上，将橡皮条的一端固定在板上一点，两个细绳套系在橡皮条的另一端，用两个弹簧测力计分别拉住两个细绳套，互成角度地施加拉力，使橡皮条伸长，结点到达纸面上某一位置。如图所示，请将以下的实验操作和处理补充完整：



①用铅笔描下结点位置，记为 O；
②记录两个弹簧测力计的示数 F_1 和 F_2，沿每条细绳（套）的方向用铅笔分别描出几个点，用刻度尺把相应的点连成线；
③只用一个弹簧测力计，通过细绳套把橡皮条的结点仍拉到位置 O，记录测力计的示数 F_3，_____；
④按照力的图示要求，作出拉力 F_1，F_2，F_3；
⑤根据力的平行四边形定则作出 F_1 和 F_2 的合力 F；
⑥比较_____的一致程度，若有较大差异，对其原因进行分析，并作出相应的改进后再次进行实验。

4.（2023·全国乙卷）在“验证力的平行四边形定则”的实验中使用的器材有：木板、白纸、两个标准弹簧测力计、橡皮条、轻质小圆环、刻度尺、铅笔、细线和图钉若干。完成下列实验步骤：
①用图钉将白纸固定在水平木板上。
②将橡皮条的一端固定在木板上，另一端系在轻质小圆环上。将两细线也系在小圆环上，它们的另一端均挂上测力计。用互成一定角度、方向平行于木板、大小适当的力拉动两个测力计，小圆环停止时由两个测力计的示数得到两拉力 F_1 和 F_2 的大小，并_____。（多选，填正确答案标号）
A．用刻度尺量出橡皮条的长度
B．用刻度尺量出两细线的长度
C．用铅笔在白纸上标记出小圆环的位置
D．用铅笔在白纸上标记出两细线的方向
③撤掉一个测力计，用另一个测力计把小圆环拉到_____，由测力计的示数得到拉力 F 的大小，沿细线标记此时 F 的方向。
④选择合适标度，由步骤②的结果在白纸上根据力的平行四边形定则作 F_1 和 F_2 的合成图，得出合力 F' 的大小和方向；按同一标度在白纸上画出力 F 的图示。
⑤比较 F' 和 F 的_____，从而判断本次实验是否验证了力的平行四边形定则。

专题三 牛顿第二定律

第 1 节 斜面模型、传送带

♦ 公式检测 ♦

1、牛顿第二定律

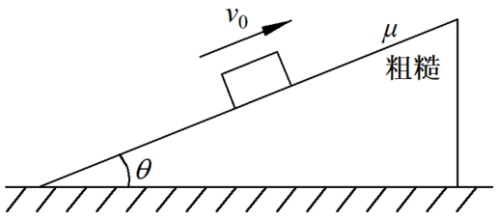
$a=$——或 $F=$_____

• F 指物体受到所有力的_____；

• a 的方向与 F 的方向_____。

2、斜面模型

（1）粗糙斜面（v_0 沿斜面向上）

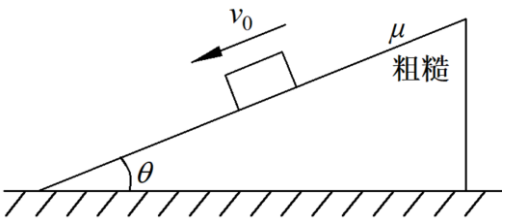


• 物块沿斜面向____做_____运动，

$a=\dfrac{\qquad\qquad\qquad\qquad}{m}=$_____。

• 速度为零后，请同学们自行思考后续情况。

（2）粗糙斜面（v_0 沿斜面向下）



• 若_____，则物块沿斜面向下做_____运动，

$a=\dfrac{\qquad\qquad\qquad\qquad}{m}=$_____；

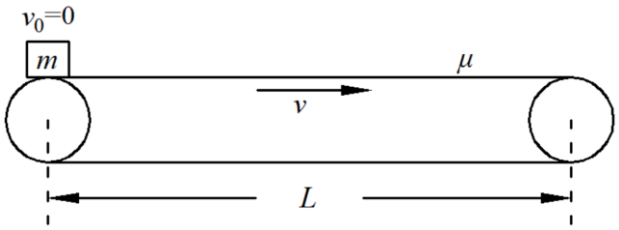
- 若_____，则物块沿斜面向下做_____运动，

$a=\dfrac{\qquad\qquad\qquad\qquad}{m}=$_____；

- 若_____，则物块沿斜面向下做匀速直线运动。

3、传送带模型

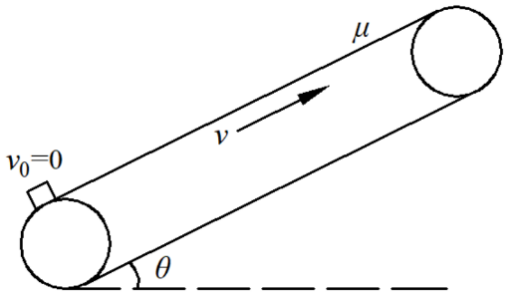
（1）水平传送带（$v_0=0$）



- 刚开始做_____运动，$a=\dfrac{\qquad\qquad}{m}=$_____；
- 假设能共速，根据公式_____，求共速需要的位移 x；
- 分情况讨论：
  - 若_____，全程做匀加速直线运动；
  - 若_____，先做_____运动，根据公式_____，计算运动时间 t_1；

再做_____运动，根据公式_____，计算运动时间 t_2。

（2）倾斜传送带（向上传输）

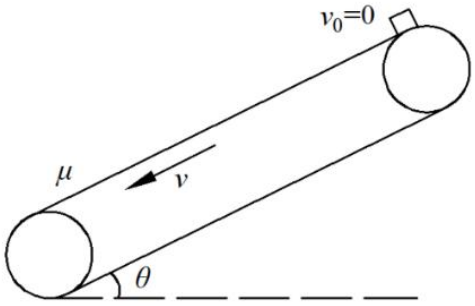


- 刚开始沿斜面向上做_____运动，

$a=\dfrac{\qquad\qquad\qquad\qquad}{m}=$_____；

- 若能共速，共速后沿斜面向上做_____运动。

（3）倾斜传送带（向下传输）



- 刚开始沿斜面向下做_____运动，

$a=\dfrac{\qquad\qquad\qquad\qquad}{m}=$_____；

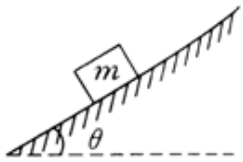
- 若能共速，共速后
  - 若_____，继续做匀速直线运动；
  - 若_____，继续做_____运动，

$a=\dfrac{\qquad\qquad\qquad\qquad}{m}=$_____。

（若物块具有沿斜面向下的初速度，情况会更加复杂，请有余力的同学自行研究）

♦ 实战演练 ♦

1.（2009·北京）如图所示，将质量为 m 的滑块放在倾角为 θ 的固定斜面上。滑块与斜面之间的动摩擦因数为 μ。若滑块与斜面之间的最大静摩擦力与滑动摩擦力大小相等，重力加速度为 g，则（　　）

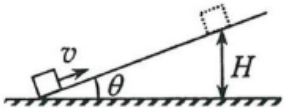


A．将滑块由静止释放，如果 $\mu>\tan\theta$，滑块将下滑
B．给滑块沿斜面向下的初速度，如果 $\mu<\tan\theta$，滑块将减速下滑
C．用平行于斜面向上的力拉滑块向上匀速滑动，如果 $\mu=\tan\theta$，拉力大小应是 $2mg\sin\theta$
D．用平行于斜面向下的力拉滑块向下匀速滑动，如果 $\mu=\tan\theta$，拉力大小应是 $mg\sin\theta$

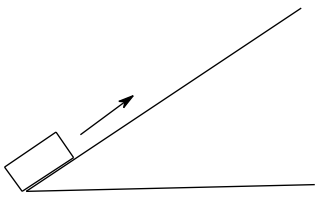
2.（2014·大纲卷）一物块沿倾角为 θ 的斜坡向上滑动。当物块的初速度为 v 时，上升的最大高度为 H，如图所示；当物块的初速度为 $\frac{v}{2}$ 时，上升的最大高度记为 h。重力加速度大小为 g，则物块与斜坡间的动摩擦因数和 h 分别为（　　）

A．$\tan\theta$ 和 $\frac{H}{2}$　　B．$(\frac{v^2}{2gH}-1)\tan\theta$ 和 $\frac{H}{2}$

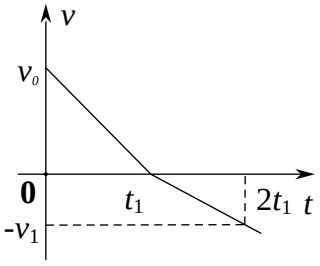
C．$\tan\theta$ 和 $\frac{H}{4}$　　D．$(\frac{v^2}{2gH}-1)\tan\theta$ 和 $\frac{H}{4}$



3.（多选）（2015·新课标 I 卷）如图（a），一物块在 $t=0$ 时刻滑上一固定斜面，其运动的 v-t 图线如图（b）所示。若重力加速度及图中的 v_0，v_1，t_1 均为已知量，则可求出（　　）



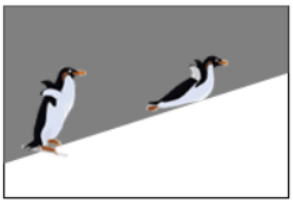
图（a）



图（b）

A．斜面的倾角
B．物块的质量
C．物块与斜面间的动摩擦因数
D．物块沿斜面向上滑行的最大高度

4.（2018·浙江）可爱的企鹅喜欢在冰面上玩游戏，有一企鹅在倾角为 37°的倾斜冰面上，先以加速度 $a = 0.5\ \mathrm{m/s^2}$ 从冰面底部由静止开始沿直线向上“奔跑”，$t = 8\ \mathrm{s}$ 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 $\mu = 0.25$，已知 sin37°=0.60，cos37°=0.80，求：



（1）企鹅向上“奔跑”的位移大小；

（2）企鹅在冰面滑动的加速度大小；

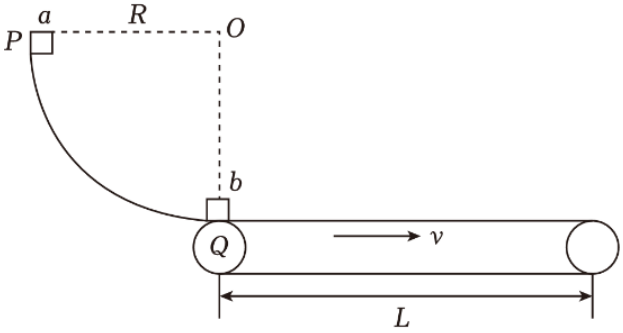
（3）企鹅退滑到出发点时的速度大小。（结果可用根式表示）

5.（2020·海南）光滑的四分之一圆弧轨道 PQ 竖直放置，底端与一水平传送带相切，一质量 $m_a = 1\ \mathrm{kg}$ 的小物块 a 从圆弧轨道最高点 P 由静止释放，到最低点 Q 时与另一质量 $m_b = 3\ \mathrm{kg}$ 小物块 b 发生弹性正碰（碰撞时间极短）。已知圆弧轨道半径 $R = 0.8\ \mathrm{m}$，传送带的长度 $L = 1.25\ \mathrm{m}$，传送带以速度 $v = 1\ \mathrm{m/s}$ 顺时针匀速转动，小物体与传送带间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$，$g = 10\ \mathrm{m/s^2}$。求

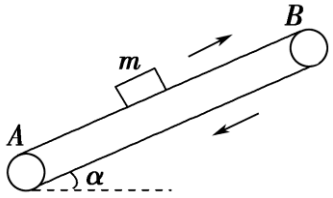
（1）碰撞前瞬间小物块 a 对圆弧轨道的压力大小；

（2）碰后小物块 a 能上升的最大高度；

（3）小物块 b 从传送带的左端运动到右端所需要的时间。



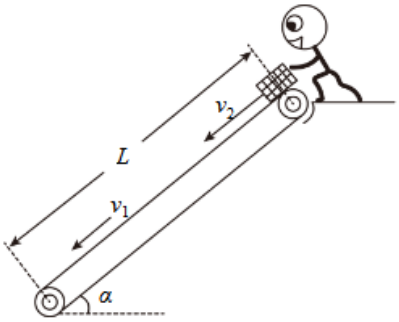
6．如图所示，传送带两轮 A、B 的距离 $L=11\ \text{m}$，皮带以恒定速度 $v=2\ \text{m/s}$ 运动，现将一质量为 m 的物块无初速度地放在 A 端，若物体与传送带间的动摩擦因数为 $\mu=0.8$，传送带的倾角为 $\alpha=37°$，那么物块 m 从 A 端运到 B 端所需的时间是多少？（$g=10\ \text{m/s}^2$，$\cos37°=0.8$）



7．（2021·辽宁）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 $v_1=0.6\ \text{m/s}$ 运行的传送带与水平面间的夹角 $\alpha=37°$，转轴间距 $L=3.95\ \text{m}$。工作人员沿传送方向以速度 $v_2=1.6\ \text{m/s}$ 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 $\mu=0.8$。取重力加速度 $g=10\ \text{m/s}^2$，$\sin37°=0.60$，$\cos37°=0.80$。求：

（1）小包裹相对传送带滑动时加速度的大小 a；

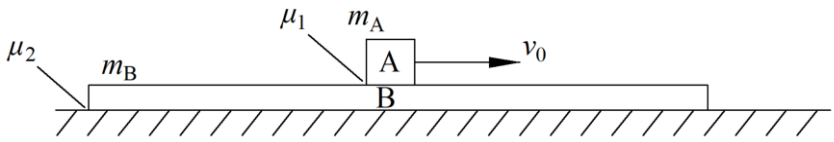
（2）小包裹通过传送带所需的时间 t。



第 2 节 板块模型

♦ 公式检测 ♦

1、物块有 v_0



①共速前

• A 做_____运动，加速度 $a_A=$ ；

• B 做_____运动，加速度 $a_B=$ ；

• 设共速时间为 $t_{共}$，根据速度等式_____，求出 $t_{共}$ 和 $v_{共}$；

• 0 ~ $t_{共}$，位移 $x_A=$_____，$x_B=$_____，

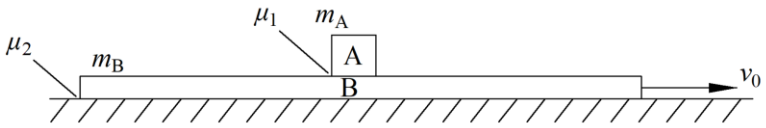
相对位移 $\Delta x=$_____。

②共速后

• A、B 一起做_____运动，$a_{共}=$ ；

• $t_{共}$ 之后，根据公式_____，求出位移 $x_{共}$。式中，$v_{共}=$_____。

2、木板有v_0



①共速前

- A 做_____运动，加速度$a_A=\dfrac{\qquad\qquad}{m_A}$；
- B 做_____运动，加速度$a_B=\dfrac{\qquad\qquad\qquad\qquad}{m_B}$；
- 设共速时间为$t_{共}$，根据速度等式_____，求出$t_{共}$和$v_{共}$；
- 0～ $t_{共}$，位移$x_A=$_____，$x_B=$_____。

②共速后，分情况讨论

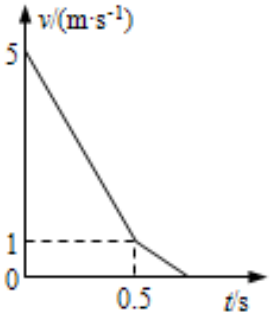
- 若$\mu_1\geq\mu_2$，则 A、B 一起做_____运动，$a_{共}=\dfrac{\qquad\qquad}{m_A+m_B}$；
  - $t_{共}$之后，根据公式_____，求出位移$x_{共}$。式中，$v_{共}=$_____。
- 若$\mu_1<\mu_2$，则 A、B 分开做_____运动
  - $a'_A=\dfrac{\qquad\qquad}{m_A}$，$a'_B=\dfrac{\qquad\qquad\qquad\qquad}{m_B}$；
  - $t_{共}$之后，根据公式_____，求出位移x'_A；
  - $t_{共}$之后，根据公式_____，求出位移x'_B。

♦ 实战演练 ♦

1.（2013·全国 II 卷）一长木板在水平地面上运动，在 $t = 0$ 时刻将一相对于地面静止的物块轻放到木板上，以后木板运动的速度--时间图象如图所示。已知物块与木板的质量相等，物块与木板间及木板与地面间均有摩擦，物块与木板间的最大静摩擦力等于滑动摩擦力，且物块始终在木板上。取重力加速度的大小 $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$，求：

（1）物块与木板间、木板与地面间的动摩擦因数；

（2）从 $t = 0$ 时刻到物块与木板均停止运动时，物块相对于木板的位移的大小。

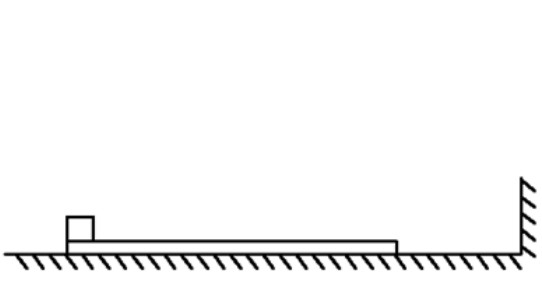


2.（2015·新课标 I）一长木板置于粗糙水平地面上，木板左端放置一小物块；在木板右方有一墙壁，木板右端与墙壁的距离为 4.5 m，如图（a）所示。$t=0$ 时刻开始，小物块与木板一起以共同速度向右运动，直至 $t=1$ s 时木板与墙壁碰撞（碰撞时间极短）。碰撞前后木板速度大小不变，方向相反；运动过程中小物块始终未离开木板。已知碰撞后 1 s 时间内小物块的 v-t 图线如图（b）所示。木板的质量是小物块质量的 15 倍，重力加速度大小 g 取 10 m/s^2。求

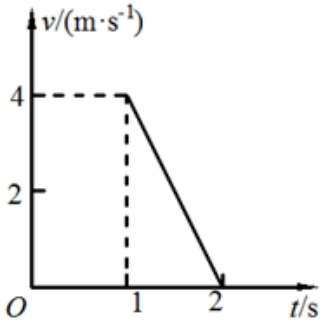
（1）木板与地面间的动摩擦因数 μ_1 及小物块与木板间的动摩擦因数 μ_2；

（2）木板的最小长度；

（3）木板右端离墙壁的最终距离。



图（a）

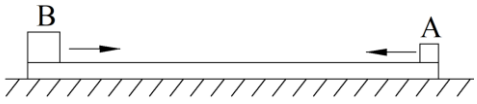


图（b）

3.（2017·新课标 III 卷）两个滑块 A 和 B 的质量分别为 $m_A=1$ kg 和 $m_B=5$ kg，放在静止于水平地面上的木板的两端，两者与木板间的动摩擦因数均为 $\mu_1=0.5$；木板的质量为 $m=4$ kg，与地面间的动摩擦因数为 $\mu_2=0.1$。某时刻 A、B 两滑块开始相向滑动，初速度大小均为 $v_0=3$ m/s。A、B 相遇时，A 与木板恰好相对静止。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度大小 $g=10$ m/s^2。求：

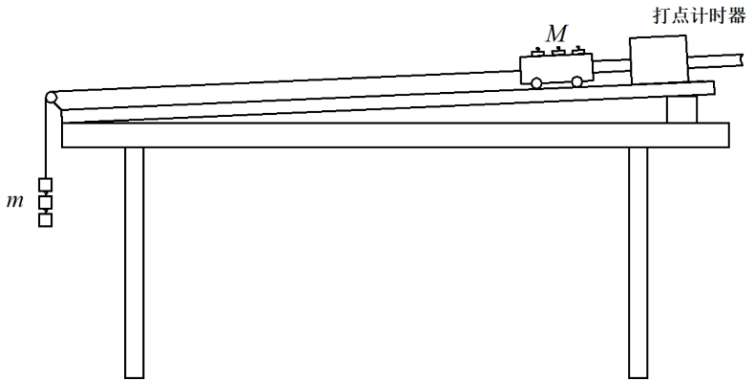
（1）B 与木板相对静止时，木板的速度；

（2）A、B 开始运动时，两者之间的距离。



第 3 节 实验：验证牛顿第二定律

♦ 公式检测 ♦



（1）实验原理

• _____法；

• 控制小车质量不变，改变细线拉力时，应绘制 $a-$_____图像；

• 控制细线拉力不变，改变小车质量时，应绘制 $a-$_____图像。

（2）核心考点

①必须平衡_____

• 目的：将小车所受几个力的合力简化为只有_____；

• 验证方法：小车_____钩码，_____纸带（选填“连”或“不连”）；

• 轻推小车，若纸带上打点_____，说明小车做匀速运动，平衡摩擦力成功；

• 改变小车质量，_____（选“需要”或“不需要”）再次平衡摩擦力。

②必须满足：钩码质量_____小车质量

• 目的：用_____近似代替细线对小车的拉力 F。

♦ 实战演练 ♦

1.（2012·安徽）图 1 为“验证牛顿第二定律”的实验装置示意图。砂和砂桶的总质量为 m，小车和砝码的总质量为 M。实验中用砂和砂桶总重力的大小作为细线对小车拉力的大小。

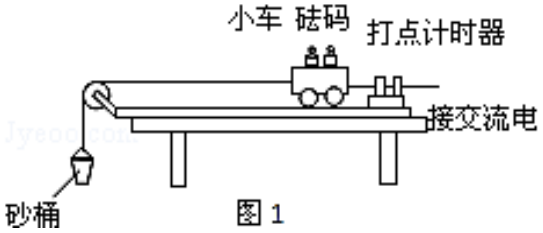


图 1

（1）试验中，为了使细线对小车的拉力等于小车所受的合外力，先调节长木板一端滑轮的高度，使细线与长木板平行。接下来还需要进行的一项操作是_____。

A．将长木板水平放置，让小车连着已经穿过打点计时器的纸带，给打点计时器通电，调节 m 的大小，使小车在砂和砂桶的牵引下运动，从打出的纸带判断小车是否做匀速运动。

B．将长木板的一端垫起适当的高度，让小车连着已经穿过打点计时器的纸带，撤去砂和砂桶，给打点计时器通电，轻推小车，从打出的纸带判断小车是否做匀速运动。

C．将长木板的一端垫起适当的高度，撤去纸带以及砂和砂桶，轻推小车，观察判断小车是否做匀速运动。

（2）实验中要进行质量 m 和 M 的选取，以下最合理的一组是_____。

A．M = 20 g，m = 10 g、15 g、20 g、25 g、30 g、40 g

B．M = 200 g，m = 20 g、40 g、60 g、80 g、100 g、120 g

C．M = 400 g，m = 10 g、15 g、20 g、25 g、30 g、40 g

D．M = 400 g，m = 20 g、40 g、60 g、80 g、100 g、120 g

（3）图 2 是实验中得到的一条纸带，A、B、C、D、E、F、G 为 7 个相邻的计数点，相邻的两个计数点之间还有四个点未画出。量出相邻的计数点之间的距离分别为 S_{AB} = 4.22 cm、S_{BC} = 4.65 cm、S_{CD} = 5.08 cm、S_{DE} = 5.49 cm、S_{EF} = 5.91 cm、S_{FG} = 6.34 cm。已知打点计时器的工作频率为 50 Hz，则小车的加速度 a =_____m/s^2（结果保留 2 位有效数字）。

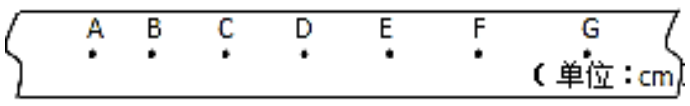


图 2

2．（2013·天津）某实验小组利用图 1 的装置探究加速度与力、质量的关系。

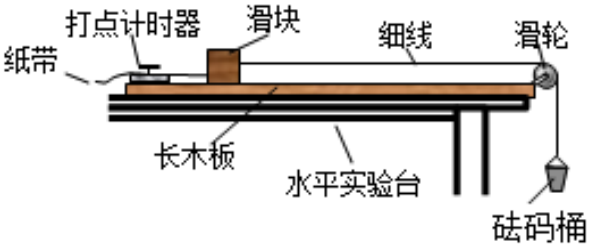


图1

①下列做法正确的_____（填字母代号）

A．调节滑轮的高度，使牵引木块的细绳与长木板保持平行

B．在调节木板倾斜度平衡木块受到的滑动摩擦力时，将装有砝码的砝码桶通过定滑轮拴木块上

C．实验时，先放开木块再接通打点计时器的电源

D．通过增减木块上的砝码改变质量时，不需要重新调节木板倾斜度

②为使砝码桶及桶内砝码的总重力在数值上近似等于木块运动时受到的拉力，应满足的条件是砝码桶及桶内砝码的总质量_____木块和木块上砝码的总质量（填“远大于”、“远小于”或“近似于”）。

③甲、乙两同学在同一实验室，各取一套图示的装置放在水平桌面上，木块上均不放砝码，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 2 中甲、乙两条直线。设甲、乙用的木块质量分别为 $m_{甲}$、$m_{乙}$，甲、乙用的木块与木板间的动摩擦因数分别为 $\mu_{甲}$，$\mu_{乙}$，由图可知，$m_{甲}$_____$m_{乙}$，$\mu_{甲}$_____$\mu_{乙}$（填“大于”、“小于”或“等于”）。

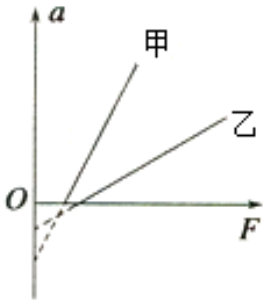


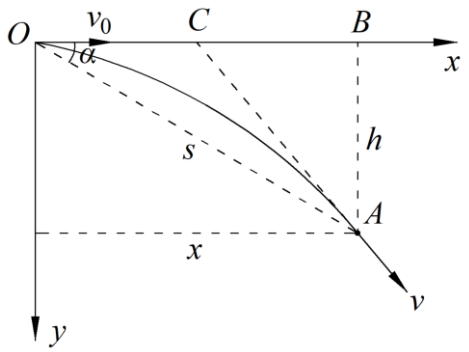
图2

专题四 曲线运动

第 1 节 平抛运动

♦ 公式检测 ♦

1、基本公式



（1）运动形式

- 水平方向：做_____运动；
- 竖直方向：做_____运动。

（2）位移规律

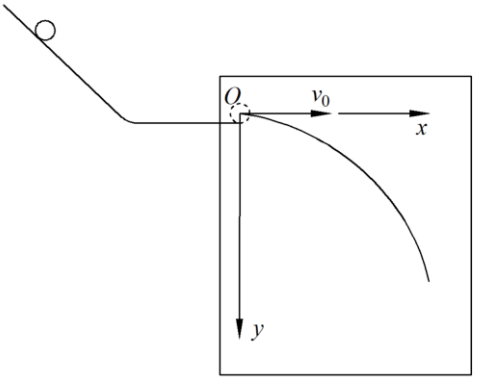
- 水平位移：$x=$_____
- 竖直位移：$y=$_____
- 合位移大小：$s=$_____
- 位移偏转角 α 正切值 $\tan\alpha=$ ———— = ————

（3）速度规律

- 图中对 A 点的速度 v 进行正交分解，并标出两个分速度 v_0、v_y 和速度偏转角 β。
- 竖直分速度：$v_y=$_____
- 合速度大小：$v=$_____
- 速度偏转角 β 正切值 $\tan\beta=$ ———— = ————

2、实验：研究平抛运动

①实验装置和操作考点



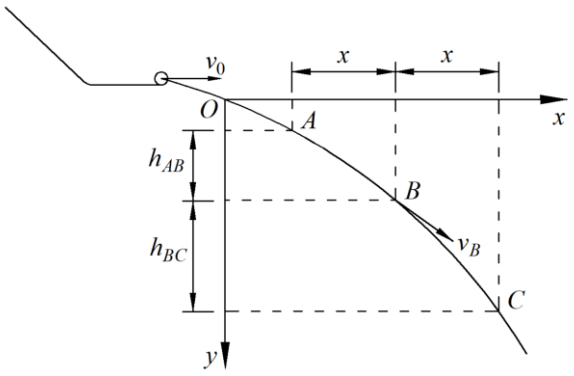
·轨道末端保持_____；

·每次从轨道上_____由_____释放小球；

·轨道_____（选填“需要”或“不需要”）光滑；

·以_____（选填“轨道末端点”或“抛出位置的球心”）为原点建立直角坐标系。

②“三点法”求v_0



·选点要求：相邻两点水平距离_____；

·_____（选填“必须”或“不需要”）以抛出位置为原点建立直角坐标系；

·竖直方向：_____，得$t=$_____；

·水平方向：$v_0=$——$=\cdots$

·求B点的速度v_B：▫ 对B点的速度v_B进行正交分解；

▫ 竖直分速度$v_{By}=$_____；

▫ $v_B=$_____。

♦ 实战演练 ♦

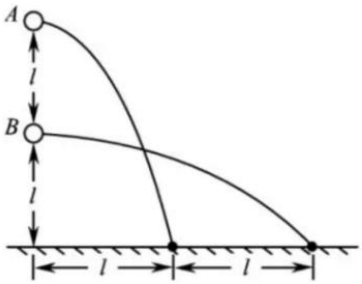
1.（多选）（2020·江苏）如图所示，小球 A、B 分别从 $2l$ 和 l 的高度水平抛出后落地，上述过程中 A、B 的水平位移分别为 l 和 $2l$。忽略空气阻力，则（　　）

A．A 和 B 的位移大小相等

B．A 的运动时间是 B 的 2 倍

C．A 的初速度是 B 的 $\frac{1}{2}$

D．A 的末速度比 B 的大



2.（2011·海南）如图所示，水平地面上有一个坑，其竖直截面为半圆。ab 为沿水平方向的直径。若在 a 点以初速度 v_0 沿 ab 方向抛出一小球，小球会击中坑壁上的 c 点。已知 c 点与水平地面的距离为圆半径的一半，求圆的半径。



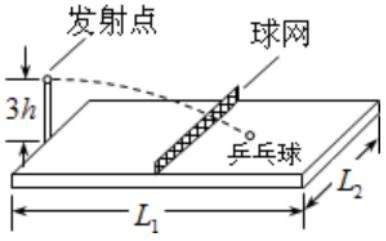
3.（2015·新课标 I 卷）一带有乒乓球发射机的乒乓球台如图所示。水平台面的长和宽分别为 L_1 和 L_2，中间球网高度为 h。发射机安装于台面左侧边缘的中点，能以不同速率向右侧不同方向水平发射乒乓球，发射点距台面高度为 $3h$。不计空气的作用，重力加速度大小为 g。若乒乓球的发射速率 v 在某范围内，通过选择合适的方向，就能使乒乓球落到球网右侧台面上，则 v 的最大取值范围是（　　）

A．$\frac{L_1}{2}\sqrt{\frac{g}{6h}}<v<L_1\sqrt{\frac{g}{6h}}$

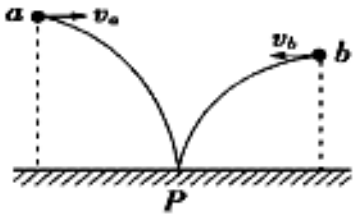
B．$\frac{L_1}{4}\sqrt{\frac{g}{h}}<v<L_1\sqrt{\frac{(4L_1^2+L_2^2)g}{6h}}$

C．$\frac{L_1}{2}\sqrt{\frac{g}{6h}}<v<\frac{L_1}{2}\sqrt{\frac{(4L_1^2+L_2^2)g}{6h}}$

D．$\frac{L_1}{4}\sqrt{\frac{g}{h}}<v<\frac{1}{2}\sqrt{\frac{(4L_1^2+L_2^2)g}{6h}}$



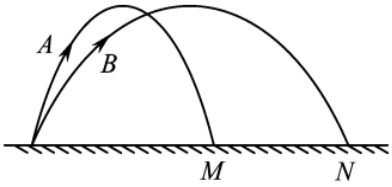
4.（2006·重庆）如图所示，在同一竖直面内，小球 a、b 从高度不同的两点，分别以初速度 v_a 和 v_b 沿水平方向抛出，经过时间 t_a 和 t_b 后落到与两抛出点水平距离相等的 P 点。若不计空气阻力，下列关系正确的是（　　）



A．$t_a>t_b$，$v_a<v_b$　　B．$t_a>t_b$，$v_a>v_b$

C．$t_a<t_b$，$v_a<v_b$　　D．$t_a<t_b$，$v_a>v_b$

5.（多选）（2013·江苏）如图所示，从地面上同一位置抛出两小球 A、B，分别落在地面上的 M、N 点，两球运动的最大高度相同。空气阻力不计，则（　　）



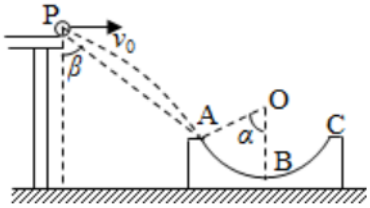
A．B 的加速度比 A 的大

B．B 的飞行时间比 A 的长

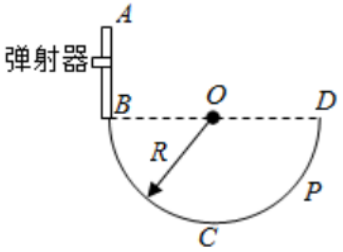
C．B 在最高点的速度比 A 在最高点的大

D．B 在落地时的速度比 A 在落地时的大

6.（2016·上海）如图，圆弧形凹槽固定在水平地面上，其中 ABC 是位于竖直平面内以 O 为圆心的一段圆弧，OA 与竖直方向的夹角为 α。一小球以速度 v_0 从桌面边缘 P 水平抛出，恰好从 A 点沿圆弧的切线方向进入凹槽。小球从 P 到 A 的运动时间为_____；直线 PA 与竖直方向的夹角 β 的正切值 $\tan\beta=$_____。



7.（2017·浙江）图中给出了某一通关游戏的示意图，安装在轨道 AB 上可上下移动的弹射器，能水平射出速度大小可调节的弹丸，弹丸射出口在 B 点正上方，竖直面内的半圆弧 BCD 的半径 R=2.0 m，直径 BD 水平且与轨道 AB 处在同一竖直面内，小孔 P 和圆心 O 连线与水平方向夹角为 $\alpha=37°$，游戏要求弹丸垂直在 P 点圆弧切线方向射入小孔 P 就能进入下一关，为了能通关，弹射器离 B 点的高度和弹丸射出的初速度分别是（不计空气阻力，sin37°=0.6，cos37°=0.8）（　　）



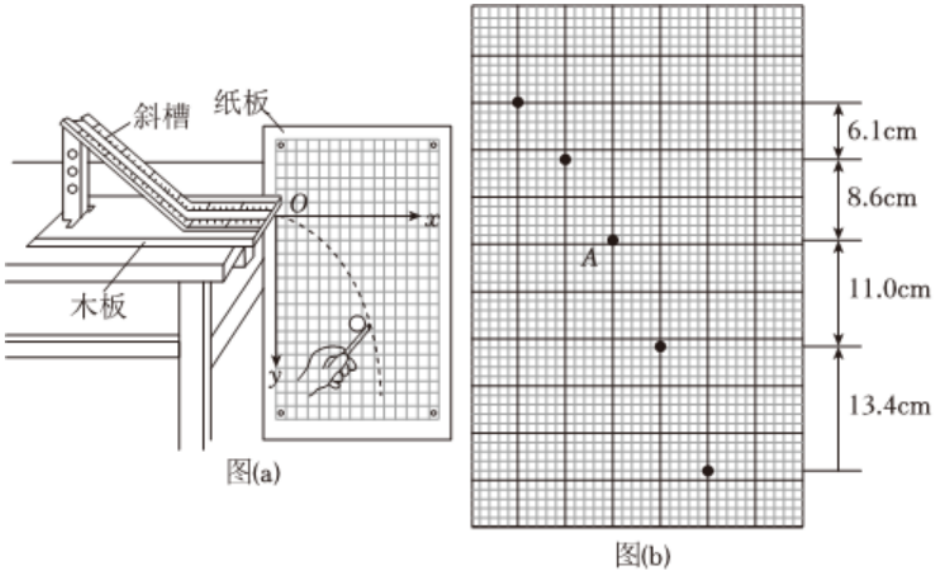
A．0.15m，$4\sqrt{3}$m/s　　B．1.5m，$4\sqrt{3}$m/s

C．0.15m，$2\sqrt{6}$m/s　　D．1.5m，$2\sqrt{6}$m/s

8.（2018·新课标 III 卷）在一斜面顶端，将甲、乙两个小球分别以 v 和 $\frac{v}{2}$ 的速度沿同一方向水平抛出，两球都落在该斜面上。甲球落至斜面时的速率是乙球落至斜面时速率的（　　）

A．2 倍　　B．4 倍　　C．6 倍　　D．8 倍

9.（2021·全国乙卷）某同学利用图（a）所示装置研究平抛运动的规律。实验时该同学使用频闪仪和照相机对做平抛运动的小球进行拍摄，频闪仪每隔 0.05 s 发出一次闪光，某次拍摄后得到的照片如图（b）所示（图中未包括小球刚离开轨道的影像）。图中的背景是放在竖直平面内的带有方格的纸板，纸板与小球轨迹所在平面平行，其上每个方格的边长为 5 cm。该同学在实验中测得的小球影像的高度差已经在图（b）中标出。



完成下列填空：（结果均保留 2 位有效数字）

（1）小球运动到图（b）中位置 *A* 时，其速度的水平分量大小为_____m/s；竖直分量大小为_____m/s；

（2）根据图（b）中数据可得，当地重力加速度的大小为_____m/s^2。

10.（2014·安徽）图 1 是“研究平抛物体运动”的实验装置图，通过描点画出平抛小球的运动轨迹。

（1）以下是实验过程中的一些做法，其中合理的是_____。

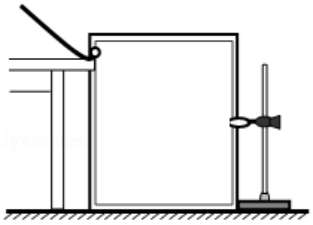


图 1

a．安装斜槽轨道，使其末端保持水平

b．每次小球释放的初始位置可以任意选择

c．每次小球应从同一高度由静止释放

d．为描出小球的运动轨迹，描绘的点可以用折线连接

（2）实验得到平抛小球的运动轨迹，在轨迹上取一些点，以平抛起点 *O* 为坐标原点，测量它们的水平坐标 *x* 和竖直坐标 *y*，图 2 中 *y*-*x*^{2} 图象能说明平抛小球运动轨迹为抛物线的是_____。

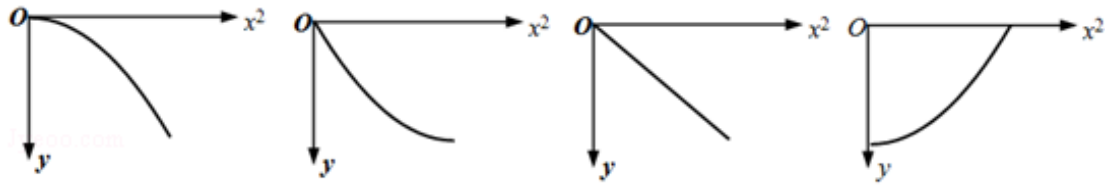


图 2

（3）图 3 是某同学根据实验画出的平抛小球的运动轨迹，O 为平抛的起点，在轨迹上任取三点 A、B、C，测得 A、B 两点竖直坐标 y_1 为 5.0 cm，y_2 为 45.0 cm，A、B 两点水平间距△x 为 40.0 cm，则平抛小球的初速度 v_0 为_____m/s，若 C 点的竖直坐标 y_3 为 60.0 cm，则小球在 C 点的速度 v_C 为_____m/s（结果保留两位有效数字，g 取 10 m/s²）。

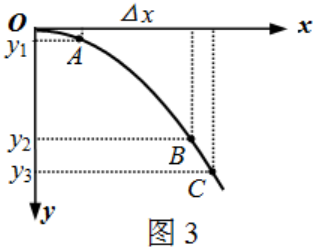


图 3

第 2 节 水平面内的匀速圆周运动

♦ 公式检测 ♦

1、基本公式

• $v=\dfrac{\quad}{t}$，$v=\dfrac{\quad}{T}$；

• $\omega=\dfrac{\quad}{t}$，$\omega=\dfrac{\quad}{T}$，角速度 ω 的单位：_____，$v=\omega$____；

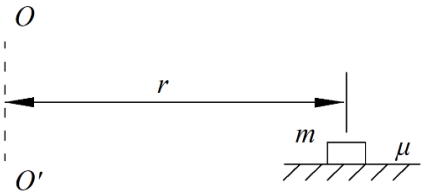
• $T=\dfrac{\quad}{v}$，$T=\dfrac{\quad}{\omega}$，$f=\dfrac{1}{\quad}$，频率 f 的单位：_____，$\omega=2\pi$____；

• 转速 n 的两个常用单位：_____和_____，n、f、ω 两两成_____，

若 $n=600\ \mathrm{r/min}$，则 $f=$_____，$\omega=$_____；

• $a=\dfrac{\quad}{r}=$_____$r=\dfrac{4\pi^2}{\quad}r$，$F_n=m$_____$=m\dfrac{\quad}{r}=m$_____$r=m\dfrac{4\pi^2}{\quad}r$

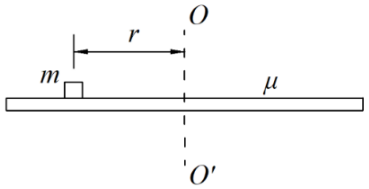
2、汽车过水平粗糙弯道



• 沿_____方向的_____提供向心力；

• 最大过弯速度：_____$=m\dfrac{v_{\max}^2}{r}$，得 $v_{\max}=$_____。

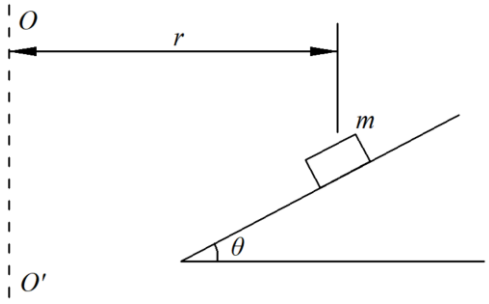
3、转盘模型（一个物块）



• 沿_____方向的_____提供向心力；

• 稳定转动的最大角速度：_____$=m\omega_{\max}^2 r$，得 $\omega_{\max}=$_____。

4、汽车过倾斜光滑弯道

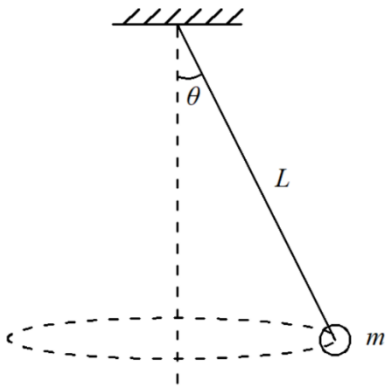


• _____和_____的合力提供向心力，并画出力的合成的平行四边形；

• 唯一过弯速度：_____ $=m\frac{v_c^2}{r}$，得$v_c=$_____；

• 对于粗糙路面，若速度略大于v_c，汽车仍能以该半径做匀速圆周运动，描述此时汽车受到的静摩擦力的方向：_____。

5、圆锥摆模型



• _____和_____的合力提供向心力，并画出力的合成的平行四边形；

• 求拉力：_____，得$F=$_____；

• 求向心力：_____，得$F_n=$_____；

• 求半径：_____，得$r=$_____；

• 求角速度：_____，得$\omega=$_____。

♦ 实战演练 ♦

1.（2018·浙江）A、B 两艘快艇在湖面上做匀速圆周运动，在相同时间内，它们通过的路程之比是 4:3，运动方向改变的角度之比是 3:2，则它们（　　）

A．线速度大小之比为 4:3

B．角速度大小之比为 3:4

C．圆周运动的半径之比为 2:1

D．向心加速度大小之比为 1:2

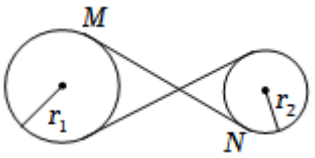
2.（多选）（2008·宁夏）图示为某一皮带传动装置。主动轮的半径为 r_1，从动轮的半径为 r_2。已知主动轮做顺时针转动，转速为 n，转动过程中皮带不打滑。下列说法正确的是（　　）

A．从动轮做顺时针转动

B．从动轮做逆时针转动

C．从动轮的转速为 $\frac{r_1}{r_2}n$

D．从动轮的转速为 $\frac{r_2}{r_1}n$



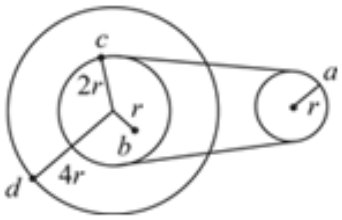
3.（多选）（1992·全国）图中所示为一皮带传动装置，右轮的半径为 r，a 是它边缘上的一点。左侧是一轮轴，大轮的半径为 $4r$，小轮的半径为 $2r$。b 点在小轮上，到小轮中心的距离为 r。c 点和 d 点分别位于小轮和大轮的边缘上。若在传动过程中，皮带不打滑。则（　　）

A．a 点与 b 点的线速度大小相等

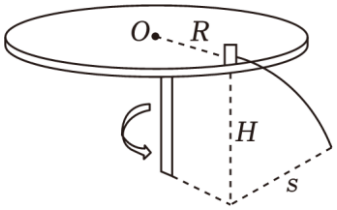
B．a 点与 b 点的角速度大小相等

C．a 点与 c 点的线速度大小相等

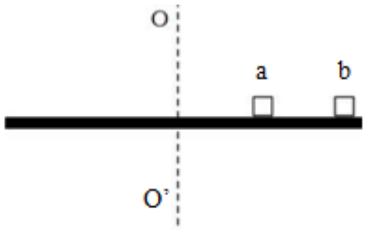
D．a 点与 d 点的向心加速度大小相等



4.（2012·福建）如图，置于圆形水平转台边缘的小物块随转台缓慢加速转动，当转速达到某一数值时，物块恰好滑离转台开始做平抛运动。现测得转台半径 $R=0.5\ \text{m}$，离水平地面的高度 $H=0.8\ \text{m}$，物块平抛落地过程水平位移的大小 $s=0.4\ \text{m}$。设物块所受的最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度 $g=10\ \text{m/s}^2$。则物块做平抛运动的初速度大小为_____m/s，物块与转台间的动摩擦因数为_____。



5.（多选）（2014·新课标Ⅰ卷）如图，两个质量均为 m 的小木块 a 和 b（可视为质点）放在水平圆盘上，a 与转轴 OO' 的距离为 l，b 与转轴的距离为 $2l$。木块与圆盘的最大静摩擦力为木块所受重力的 k 倍，重力加速度大小为 g。若圆盘从静止开始绕轴缓慢地加速转动，用 ω 表示圆盘转动的角速度，下列说法正确的是（　　）



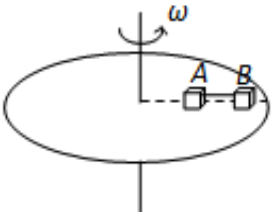
A．b 一定比 a 先开始滑动

B．a、b 所受的摩擦力始终相等

C．$\omega=\sqrt{\dfrac{kg}{2l}}$ 是 b 开始滑动的临界角速度

D．当 $\omega=\sqrt{\dfrac{2kg}{3l}}$ 时，a 所受摩擦力的大小为 kmg

6.（多选）如图所示，在匀速转动的水平圆盘上，沿半径方向放置两个用细线相连的质量均为 m 的小物体 A、B，它们到转轴的距离分别为 r_A=20 cm，r_B=30 cm，A、B 与盘间最大静摩擦力均为重力的 0.4 倍，现极其缓慢的增加转盘的角速度（　　）



A．当细线上开始出现张力时，圆盘的角速度 $\dfrac{2}{3}\sqrt{30}$ rad/s

B．当 A 开始滑动时，圆盘的角速度 $2\sqrt{5}$ rad/s

C．当 A 开始滑动时，圆盘的角速度 4 rad/s

D．当 A 即将滑动时，烧断细线，B 将远离圆心，A 将继续做圆周运动

7.（2020·上海）一质量为 2.0×10^3 kg 的汽车在水平公路上行驶，路面对轮胎的径向最大静摩擦力为 1.4×10^4 N，当汽车经过半径为 80 m 的弯道时，下列判断正确的是（　　）



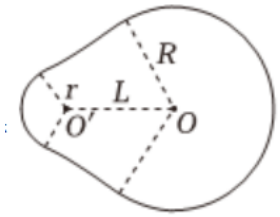
A．汽车转弯时所受的力有重力、弹力、摩擦力和向心力

B．汽车转弯的速度为 20 m/s 时所需的向心力为 1.4×10^4 N

C．汽车转弯的速度为 20 m/s 时汽车会发生侧滑

D．汽车能安全转弯的向心加速度不超过 7.0 m/s^2

8.（多选）（2016·浙江）如图所示为赛车场的一个水平“梨形”赛道，两个弯道分别为半径 R=90 m 的大圆弧和 r=40 m 的小圆弧，直道与弯道相切。大、小圆弧圆心 O、O' 距离 L = 100 m。赛车沿弯道路线行驶时，路面对轮胎的最大径向静摩擦力是赛车重力的 2.25 倍，假设赛车在直道上做匀变速直线运动，在弯道上做匀速圆周运动，要使赛车不打滑，绕赛道一圈时间最短（发动机功率足够大，重力加速度 g=10 m/s^2，π=3.14）。则赛车（　　）



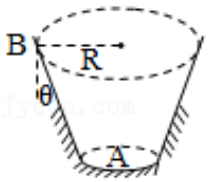
A．在绕过小圆弧弯道后加速

B．在大圆弧弯道上的速率为 45 m/s

C．在直道上的加速度大小为 5.63 m/s^2

D．通过小圆弧弯道的时间为 5.85 s

9.（2000·全国）图中 A 是一杂技表演场地的底面，四周的墙壁不是沿竖直方向，墙与竖直方向的夹角为 θ，一位杂技演员 B 骑一辆摩托车，沿着墙壁在水平面内做匀速圆周运动。若不计车辆与墙面之间的摩擦力，求当圆周的半径为 R 时车速为多少？



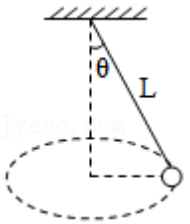
10.（2008·全国）如图所示，一根细绳，上端固定在天花板上，下端连接一个小球，小球在水平面上做匀速圆周运动，不考虑阻力。设 θ 可取值 θ_1 和 θ_2，与之相应的小球运动的周期用 T_1 和 T_2 表示，则当 $\theta_1>\theta_2$ 时（　　）

A．$T_1>T_2$

B．$T_1<T_2$

C．$T_1=T_2$

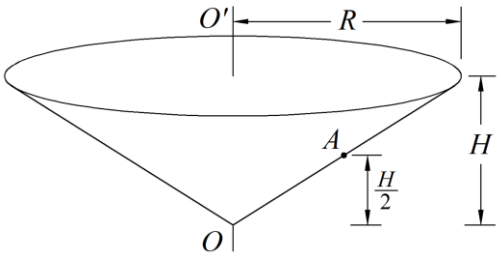
D．T_1 和 T_2 的大小关系取决于绳长及小球的质量



11.（2009·广东）如图所示，一个竖直放置的圆锥筒可绕其中心轴 OO' 转动，筒内壁粗糙，筒口半径和筒高分别为 R 和 H，筒内壁 A 点的高度为筒高的一半，内壁上有一质量为 m 的小物块，重力加速度为 g，求：

①当筒不转动时，物块静止在筒壁 A 点受到的摩擦力和支持力的大小；

②当物块在 A 点随筒做匀速转动，且其所受到的摩擦力为零时，筒转动的角速度。



专题五 万有引力与航天

第 1 节 定律、基本公式、一宇、黄金代换

♦ 公式检测 ♦

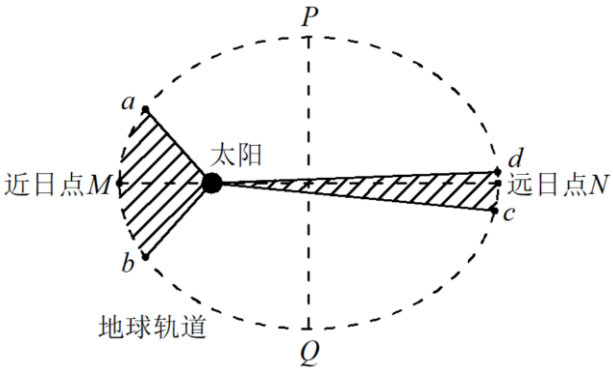
1、开普勒三定律

（1）开普勒第一定律

内容：所有行星绕太阳运动的轨道都是_____，太阳处在_____的一个_____上。

拓展：若椭圆近似为圆，即行星绕太阳做匀速圆周运动，太阳位于_____上。

（2）开普勒第二定律



内容：对任意一个行星，它与太阳的连线在相等的时间内扫过_____。

拓展：

• 行星在近日点速度最_____，在远日点速度最_____。

• $t_{MPN}=t_{NQM}=$_____T，t_{MP}_____$\frac{1}{4}T$，t_{PN}_____$\frac{1}{4}T$。

（3）开普勒第三定律

内容：$\frac{a^3}{T^2}=k$　　a 表示椭圆轨道的_____。

拓展：

• 使用条件：对比的两颗行星（或卫星）必须围绕_____中心天体。

• 若对比两个圆形轨道，则有$\frac{\quad}{T_1^2}=\frac{\quad}{T_2^2}$。

2、万有引力定律

（1）万有引力定律

$F_{引}=G$————

（2）万有引力提供匀速圆周运动的向心力

·加速度：$G\frac{Mm}{r^2}=$_____ $\Rightarrow$ $a=$_____

·线速度：$G\frac{Mm}{r^2}=$_____ $\Rightarrow$ $v=$_____

·角速度：$G\frac{Mm}{r^2}=$_____ $\Rightarrow$ $\omega=$_____

·周期： $G\frac{Mm}{r^2}=$_____ $\Rightarrow$ $T=$_____

·总结：高轨_____速_____周期，低轨_____速_____周期。

3、黄金代换

若忽略中心天体的自转，有_____

4、宇宙速度

（1）第一、二、三宇宙速度的定义

·第一宇宙速度：物体不落回地面的最_____发射速度，也称为_____，简称为_____，$v_1=$_____km/s。

·第二宇宙速度：物体挣脱_____的引力束缚需要的最小发射速度，$v_2=11.2$km/s。

·第三宇宙速度：物体挣脱_____的引力束缚需要的最小发射速度，$v_3=16.7$km/s。

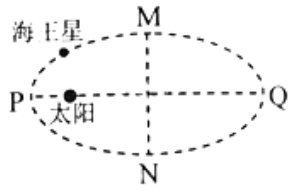
（2）第一宇宙速度的计算

·方法一：$G\frac{Mm}{\text{————}}=m$————，得$v_1=$_____。

·方法二：结合黄金代换，得$v_1=$_____。

♦ 实战演练 ♦

1.（多选）（2017·新课标 II 卷）如图所示，海王星绕太阳沿椭圆轨道运动，P 为近日点，Q 为远日点，M、N 为轨道短轴的两个端点，运行的周期为 T_0，若只考虑海王星和太阳之间的相互作用，则海王星在从 P 经 M、Q 到 N 的运动过程中（　　）



A．从 P 到 M 所用的时间等于 $\frac{T_0}{4}$

B．从 Q 到 N 阶段，机械能逐渐变大

C．从 P 到 Q 阶段，速率逐渐变小

D．从 M 到 N 阶段，万有引力对它先做负功后做正功

2.（2018·新课标 III 卷）为了探测引力波，“天琴计划”预计发射地球卫星 P，其轨道半径约为地球半径的 16 倍；另一地球卫星 Q 的轨道半径约为地球半径的 4 倍。P 与 Q 的周期之比约为（　　）

A．2:1　　B．4:1　　C．8:1　　D．16:1

3.（2014·浙江）“卡戎星（Charon）”被认为是冥王星唯一的卫星，它的公转轨道半径 r_1=19600 km，公转周期 T_1=6.39 天。2006 年 3 月，天文学家新发现两颗冥王星的小卫星，其中一颗的公转轨道半径 r_2=48000 km，则它的公转周期 T_2 最接近于（　　）

A．15 天　　B．25 天　　C．35 天　　D．45 天

4.（2020·新课标 I 卷）火星的质量约为地球质量的 1/10，半径约为地球半径的 1/2，则同一物体在火星表面与在地球表面受到的引力的比值约为（　　）

A．0.2　　B．0.4　　C．2.0　　D．2.5

5.（2020·天津）北斗问天，国之夙愿。我国北斗三号系统的收官之星是地球静止轨道卫星，其轨道半径约为地球半径的 7 倍。与近地轨道卫星相比，地球静止轨道卫星（　　）

A．周期大　　B．线速度大　　C．角速度大　　D．加速度大

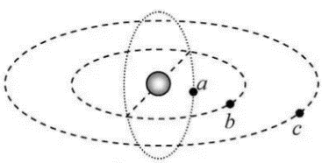
6.（2020·浙江）如图所示，卫星 a、b、c 沿圆形轨道绕地球运行。a 是极地轨道卫星，在地球两极上空约 1000 km 处运行；b 是低轨道卫星，距地球表面高度与 a 相等；c 是地球同步卫星，则（　　）

A．a、b 的周期比 c 大

B．a、b 的向心力一定相等

C．a、b 的速度大小相等

D．a、b 的向心加速度比 c 小



7.（2018·浙江）土星最大的卫星叫“泰坦”，每 16 天绕土星一周，其公转轨道半径约为 1.2×10^6 km，已知引力常量 $G=6.67\times10^{-11}\,\mathrm{N\cdot m^2/kg^2}$，则土星的质量约为（　　）

A．5×10^{17} kg　　B．5×10^{26} kg　　C．7×10^{33} kg　　D．4×10^{36} kg

8.（多选）（2020·江苏）甲、乙两颗人造卫星质量相等，均绕地球做圆周运动，甲的轨道半径是乙的 2 倍。下列应用公式进行的推论正确的有（　　）

A．由 $v=\sqrt{gR}$ 可知，甲的速度是乙的 $\sqrt{2}$ 倍

B．由 $a=\omega^2 r$ 可知，甲的向心加速度是乙的 2 倍

C．由 $F=G\frac{Mm}{r^2}$ 可知，甲的向心力是乙的 $\frac{1}{4}$

D．由 $\frac{r^3}{T^2}=k$ 可知，甲的周期是乙的 $2\sqrt{2}$ 倍

9.（2008·江苏）火星的质量和半径分别约为地球的 0.1 和 0.5，地球表面的重力加速度为 g，则火星表面的重力加速度约为（　　）

A．$0.2g$　　B．$0.4g$　　C．$2.5g$　　D．$5g$

10.（2017·海南）已知地球质量为月球质量的 81 倍，地球半径约为月球半径的 4 倍。若在月球和地球表面同样高度处，以相同初速度水平抛出物体，抛出点与落地点间的水平距离分别为 $s_{月}$ 和 $s_{地}$，则 $s_{月}:s_{地}$ 约为（　　）

A．9:4　　B．6:1　　C．3:2　　D．1:1

11.（2014·福建）若有一颗“宜居”行星，其质量为地球的 p 倍，半径为地球的 q 倍，则该行星卫星的环绕速度是地球卫星环绕速度的（　　）

A．$\sqrt{pq}$ 倍　　B．$\sqrt{\frac{q}{p}}$ 倍　　C．$\sqrt{\frac{p}{q}}$ 倍　　D．$\sqrt{pq^3}$ 倍

12.（2014·江苏）已知地球的质量约为火星质量的 10 倍,地球的半径约为火星半径的 2 倍,则航天器在火星表面附近绕火星做匀速圆周运动的速率约为（　　）

A．3.5 km/s　　B．5.0 km/s　　C．7.7 km/s　　D．35.2 km/s

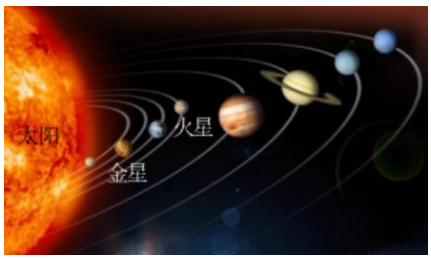
13.（2017·浙江）如图所示，设行星绕太阳的运动是匀速圆周运动，金星自身的半径是火星的 n 倍，质量为火星的 k 倍。不考虑行星自转的影响，则（　　）

A．金星表面的重力加速度是火星的 $\frac{k}{n}$ 倍

B．金星的“第一宇宙速度”是火星的 $\sqrt{\frac{k}{n}}$ 倍

C．金星绕太阳运动的加速度比火星小

D．金星绕太阳运动的周期比火星大



第 2 节 同步卫星、天体密度、双星、变轨

♦ 公式检测 ♦

1、地球同步卫星

- 轨道平面相同：轨道平面与_____平面共面。
- 周期相同：与地球自转周期相同，$T=$_____。
- 线速度、角速度、向心加速度也大小相等。

2、天体的密度（利用卫星的公转周期）

$\rho=\dfrac{M}{V}$

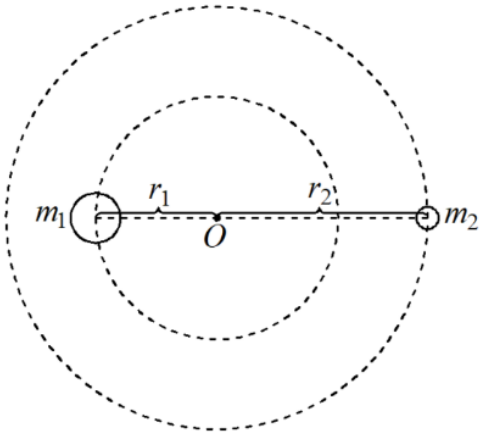
$G\dfrac{Mm}{r^2}=$ _____ } $\rho=$_____

$V=\dfrac{4}{3}\pi R^3$

常考查：

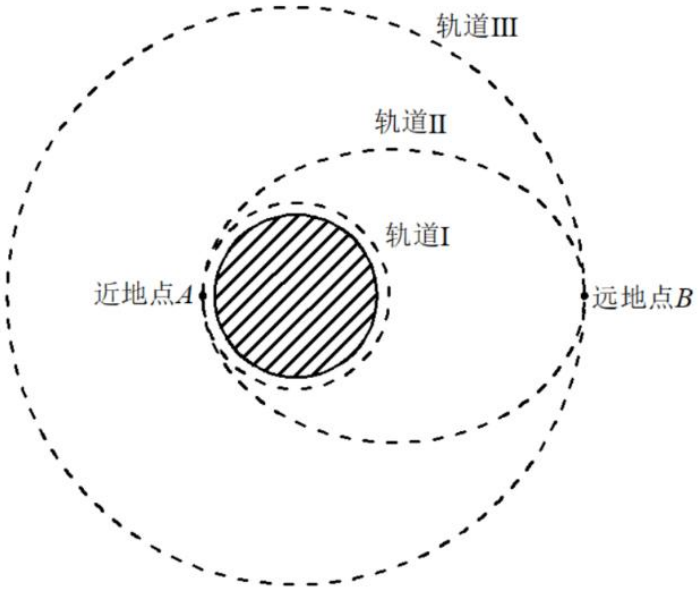
- 近地卫星，特点：_____；
- 同步卫星，特点：_____。

3、双星模型



- _____和_____相同
- 公转半径与质量成_____：$\dfrac{r_1}{r_2}=$_____
- 周期公式：$T=$_____

4、卫星变轨



（1）变轨方式

• $\mathrm{I}\Rightarrow\mathrm{II}\Rightarrow\mathrm{III}$：在 A、B 点瞬间_____；

• $\mathrm{III}\Rightarrow\mathrm{II}\Rightarrow\mathrm{I}$：在 B、A 点瞬间_____。

（2）v、a、T 的比较

• v_{IIA}_____v_{I}_____v_{III}_____v_{IIB}

• a_{IIA}_____a_{IA}_____a_{IIIB}_____a_{IIB}

• T_{III}_____T_{II}_____T_{I}

（3）能量

• 机械能：E_{III}_____E_{II}_____E_{I}

• 引力势能：E_{pIII}_____E_{pI}

• 动能：E_{kIII}_____E_{kI}

♦ 实战演练 ♦

1.（多选）（2017·江苏）“天舟一号”货运飞船于 2017 年 4 月 20 日在文昌航天发射中心成功发射升空，与“天宫二号”空间实验室对接前，“天舟一号”在距离地面约 380 km 的圆轨道上飞行，则其（　　）

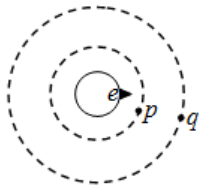
A．角速度小于地球自转角速度

B．线速度小于第一宇宙速度

C．周期小于地球自转周期

D．向心加速度小于地面的重力加速度

2.（2008·四川）如图，地球赤道上山丘 e，近地资源卫星 p 和同步通信卫星 q 均在赤道平面上绕地球做匀速圆周运动。设 e、p、q 的圆周运动速率分别为 v_1、v_2、v_3，向心加速度分别为 a_1、a_2、a_3，则（　　）



A．$v_1>v_2>v_3$

B．$v_1<v_2<v_3$

C．$a_1>a_2>a_3$

D．$a_1<a_3<a_2$

3.（2016·新课标 I 卷）利用三颗位置适当的地球同步卫星，可使地球赤道上任意两点之间保持无线电通讯，目前，地球同步卫星的轨道半径约为地球半径的 6.6 倍，假设地球的自转周期变小，若仍仅用三颗同步卫星来实现上述目的，则地球自转周期的最小值约为（　　）

A．1 h　　B．4 h　　C．8 h　　D．16 h

4.（2020·新课标 II 卷）若一均匀球形星体的密度为 ρ，引力常量为 G，则在该星体表面附近沿圆轨道绕其运动的卫星的周期是（　　）

A．$\sqrt{\dfrac{3\pi}{G\rho}}$　　B．$\sqrt{\dfrac{4\pi}{G\rho}}$　　C．$\sqrt{\dfrac{1}{3\pi G\rho}}$　　D．$\sqrt{\dfrac{1}{4\pi G\rho}}$

5.（2010·北京）一物体静置在平均密度为 ρ 的球形天体表面的赤道上。已知万有引力常量为 G，若由于天体自转使物体对天体表面压力恰好为零，则天体自转周期为（　　）

A．$\left(\dfrac{4\pi}{3G\rho}\right)^{\frac{1}{2}}$　　B．$\left(\dfrac{3}{4\pi G\rho}\right)^{\frac{1}{2}}$　　C．$\left(\dfrac{\pi}{G\rho}\right)^{\frac{1}{2}}$　　D．$\left(\dfrac{3\pi}{G\rho}\right)^{\frac{1}{2}}$

6.（2004·北京）1990 年 5 月，紫金山天文台将他们发现的第 2752 号小行星命名为吴健雄星，该小行星的半径为 16 km。若将此小行星和地球均看成质量分布均匀的球体，小行星密度与地球相同。已知地球半径 $R=6400$ km，地球表面重力加速度为 g。这个小行星表面的重力加速度为（　　）

A．$400g$　　B．$\dfrac{1}{400}g$　　C．$20g$　　D．$\dfrac{1}{20}g$

7.（2013·山东）双星系统由两颗恒星组成，两恒星在相互引力的作用下，分别围绕其连线上的某一点做周期相同的匀速圆周运动。研究发现，双星系统演化过程中，两星的总质量、距离和周期均可能发生变化。若某双星系统中两星做圆周运动的周期为 T，经过一段时间演化后，两星总质量变为原来的 k 倍，两星之间的距离变为原来的 n 倍，则此时圆周运动的周期为（　　）

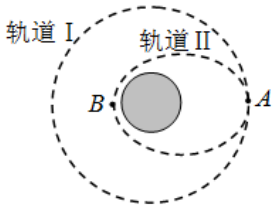
A．$\sqrt{\frac{n^3}{k^2}}T$　　B．$\sqrt{\frac{n^3}{k}}T$　　C．$\sqrt{\frac{n^2}{k}}T$　　D．$\sqrt{\frac{n}{k}}T$

8.（2012·重庆）冥王星与其附近的另一星体卡戎可视为双星系统，质量比约为 7:1，同时绕它们连线上某点 O 做匀速圆周运动。由此可知，冥王星绕 O 点运动的(　　)

A．轨道半径约为卡戎的 $\frac{1}{7}$　　B．角速度大小约为卡戎的 $\frac{1}{7}$

C．线速度大小约为卡戎的 7 倍　　D．向心力大小约为卡戎的 7 倍

9.（多选）（2010·江苏）2009 年 5 月，航天飞机在完成对哈勃空间望远镜的维修任务后，在 A 点从圆形轨道Ⅰ进入椭圆道Ⅱ，B 为轨道Ⅱ上的一点，如图所示。关于航天飞机的运动，下列说法中正确的有（　　）



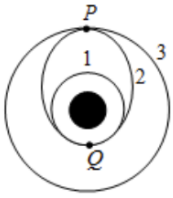
A．在轨道Ⅱ上经过 A 的速度小于经过 B 的速度

B．在轨道Ⅱ上经过 A 的动能小于在轨道Ⅰ上经过 A 的动能

C．在轨道Ⅱ上运动的周期小于在轨道Ⅰ上运动的周期

D．在轨道Ⅱ上经过 A 的加速度小于在轨道Ⅰ上经过 A 的加速度

10.（多选）（1998·上海）发射地球同步卫星时，先将卫星发射至近地圆轨道 1，然后点火，使其沿椭圆轨道 2 运行，最后再次点火。将卫星送入同步圆轨道 3。轨道 1、2 相切于 Q 点，轨道 2、3 相切于 P 点，则当卫星分别在 1，2，3 轨道上正常运行时，以下说法正确的是（　　）



A. 卫星在轨道 3 上的速率大于在轨道 1 的速率

B. 卫星在轨道 3 上的角速度小于在轨道 1 上的角速度

C. 卫星在轨道 1 上经过 Q 点时的加速度大于它在轨道 2 上经过 Q 点时的加速度

D. 卫星在轨道 2 上经过 P 点的加速度等于它在轨道 3 上经过 P 点的加速度

11.（2016·天津）我国即将发射“天宫二号”空间实验室，之后发射“神舟十一号”飞船与“天宫二号”对接。假设“天宫二号”与“神舟十一号”都围绕地球做匀速圆周运动，为了实现飞船与空间实验室的对接，下列措施可行的是（　　）

A．使飞船与空间实验室在同一轨道上运行，然后飞船加速追上空间实验室实现对接

B．使飞船与空间实验室在同一轨道上运行，然后空间实验室减速等待飞船实现对接

C．飞船先在比空间实验室半径小的轨道上加速，加速后飞船逐渐靠近空间实验室，两者速度接近时实现对接

D．飞船先在比空间实验室半径小的轨道上减速，减速后飞船逐渐靠近空间实验室，两者速度接近时实现对接

专题六 机械能守恒定律

第 1 节 功、功率、动能定理

♦ 公式检测 ♦

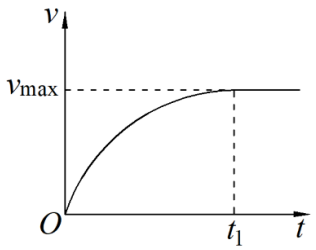
1、功

- 定义式：$W=$_____ 单位：_____；量性：_____
- 功的正负
  - 当$0\le\alpha<\frac{\pi}{2}$时，F做_____；
  - 当_____时，F不做功；
  - 当_____时，F做负功。

2、功率

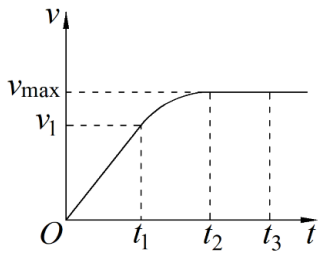
- 定义式：$P=$_____ 单位：_____；量性：_____
- 分类
  - 平均功率$P=$_____
  - 瞬时功率$P=$_____
- 机车启动问题（阻力f恒定）

①以恒定功率P启动



- $0\sim t_1$：根据$P=$_____，牵引力F逐渐_____
- $0\sim t_1$：根据牛顿第二定律$a=$_____，做_____直线运动
- 最大速度$v_{max}=\frac{P}{\quad}$（此时$F=f$）

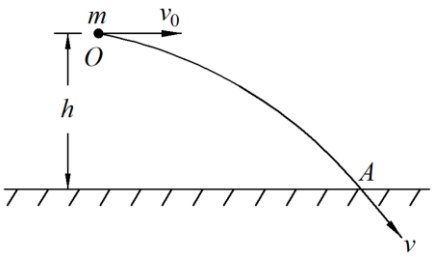
②以恒定加速度启动（额定功率为 P）



- $0\sim t_1$：因为匀加速，所以牵引力 F_____
- $0\sim t_1$：牛二 $a=$_____
- t_1 时刻：牵引力功率达到 $P_{额}$，且 $P_{额}=$_____
- $t_1\sim t_2$：做_____直线运动
- 最大速度 $v_{max}=$——（此时 $F=f$）

3、动能定理

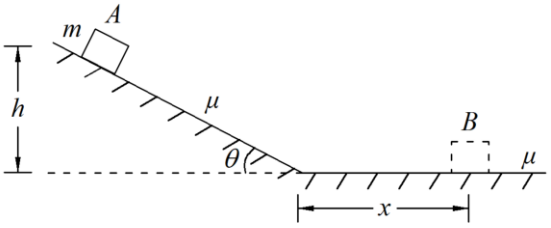
- 表达式：$W_{合}=\Delta E_k$　　式中，$\Delta E_k=$_____
- 举例（书写动能定理方程）
  - 例 1



从*O*点平抛至*A*点

_____

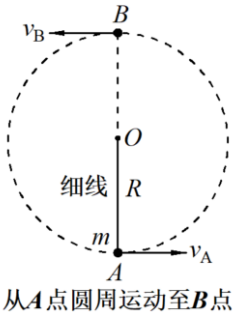
  - 例 2



从*A*点静止释放，停止于*B*点

_____

  - 例 3

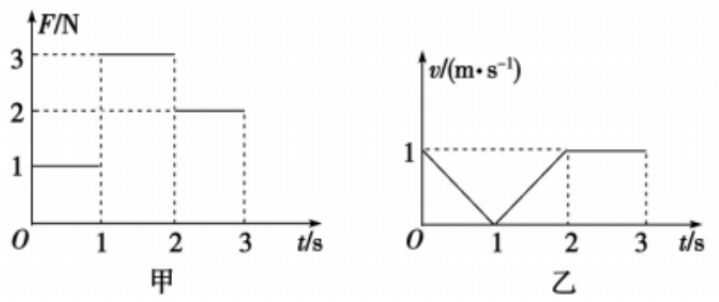


从*A*点圆周运动至*B*点

_____

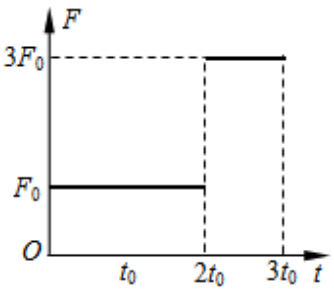
♦ 实战演练 ♦

1．一滑块在水平地面上沿直线滑行，t=0 时其速度为 1 m/s。从此刻开始滑块运动方向上再施加一水平面作用力 F，力 F 和滑块的速度 v 随时间的变化规律分别如图甲和图乙所示。设在第 1 秒内、第 2 秒内、第 3 秒内力 F 对滑块做的功分别为 W_1、W_2、W_3，则以下关系正确的是（　　）



A．$W_1=W_2=W_3$　　B．$W_1<W_2<W_3$　　C．$W_1<W_3<W_2$　　D．$W_1=W_2<W_3$

2．（多选）（2009·宁夏）质量为 m 的物体静止在光滑水平面上，从 $t=0$ 时刻开始受到水平力的作用。力的大小 F 与时间 t 的关系如图所示，力的方向保持不变，则（　　）



A．$3t_0$ 时刻的瞬时功率为 $\dfrac{5F_0^2t_0}{m}$

B．$3t_0$ 时刻的瞬时功率为 $\dfrac{15F_0^2t_0}{m}$

C．在 $t=0$ 到 $3t_0$ 这段时间内，水平力的平均功率为 $\dfrac{23F_0^2t_0}{4m}$

D．在 $t=0$ 到 $3t_0$ 这段时间内，水平力的平均功率为 $\dfrac{25F_0^2t_0}{6m}$

3．（多选）（2011·海南）一质量为 1 kg 的质点静止于光滑水平面上，从 $t=0$ 时起，第 1 秒内受到 2 N 的水平外力作用，第 2 秒内受到同方向的 1 N 的外力作用。下列判断正确的是（　　）

A．0～2 s 内外力的平均功率是 $\dfrac{9}{4}$ W

B．第 2 秒内外力所做的功是 $\dfrac{5}{4}$ J

C．第 2 秒末外力的瞬时功率最大

D．第 1 秒内与第 2 秒内质点动能增加量的比值是 $\dfrac{4}{5}$

4.（2020·江苏）质量为1.5×10^3 kg 的汽车在水平路面上匀速行驶，速度为 20 m/s，受到的阻力大小为1.8×10^3 N。此时，汽车发动机输出的实际功率是（　　）

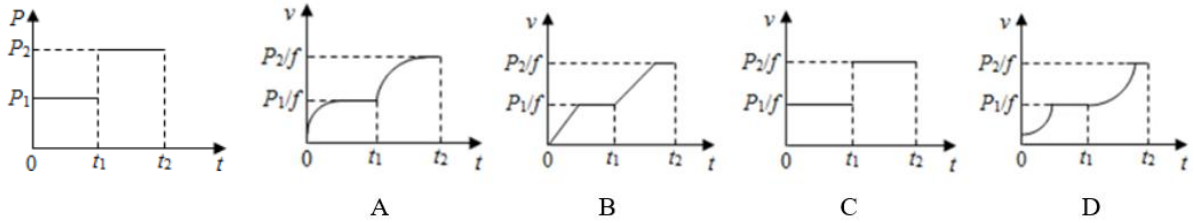
A．90 W　　B．30 kW　　C．36 kW　　D．300 kW

5.（多选）（2020·天津）复兴号动车在世界上首次实现速度 350 km/h 自动驾驶功能，成为我国高铁自主创新的又一重大标志性成果。一列质量为 m 的动车，初速度为v_0，以恒定功率 P 在平直轨道上运动，经时间 t 达到该功率下的最大速度v_{m}，设动车行驶过程所受到的阻力 F 保持不变。动车在时间 t 内（　　）

A．做匀加速直线运动　　B．加速度逐渐减小

C．牵引力的功率$P=Fv_{\mathrm{m}}$　　D．牵引力做功$W=\frac{1}{2}mv_{\mathrm{m}}^2-\frac{1}{2}mv_0^2$

6.（2015·新课标 II 卷）一汽车在平直公路上行驶。从某时刻开始计时，发动机的功率 P 随时间 t 的变化如图所示。假定汽车所受阻力的大小 f 恒定不变。下列描述该汽车的速度 v 随时间 t 变化的图线中，可能正确的是（　　）



A　　B　　C　　D

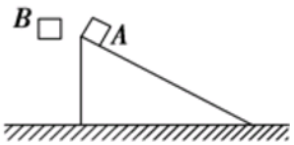
7.（多选）如图所示，质量相同的两物体处于同一高度，A 沿固定在地面上的光滑斜面下滑，B 自由下落，最后到达同一水平面，则（　　）

A．重力对两物体做的功相同

B．到达底端时两物体的动能相同

C．到达底端时重力的瞬时功率相同

D．重力的平均功率相同



8.（多选）（2016·浙江）一滑草场某条滑道由上下两段高均为 h，与水平面倾角分别为 45° 和 37° 的滑道组成，滑草车与草地之间的动摩擦因数为 μ。质量为 m 的载人滑草车从坡顶由静止开始自由下滑，经过上、下两段滑道后，最后恰好静止于滑道的底端（不计滑草车在两段滑道交接处的能量损失，$\sin37^\circ=0.6$，$\cos37^\circ=0.8$）。则（　　）

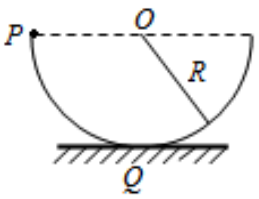
A．动摩擦因数$\mu=\frac{6}{7}$　　B．载人滑草车最大速度为$\sqrt{\frac{2gh}{7}}$

C．载人滑草车克服摩擦力做功为 mgh　　D．载人滑草车在下段滑道上加速度大小为$\frac{3}{5}g$

9．如图，一半径为 R 的半圆形轨道竖直固定放置，轨道两端等高；质量为 m 的质点自轨道端点 P 由静止开始滑下，滑到最低点 Q 时，对轨道的正压力为 $2mg$，重力加速度大小为 g。质点自 P 滑到 Q 的过程中，克服摩擦力所做的功为（　　）

A．$\frac{1}{4}mgR$　　B．$\frac{1}{3}mgR$

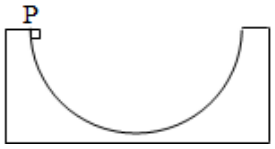
C．$\frac{1}{2}mgR$　　D．$\frac{\pi}{4}mgR$



10．（多选）（2016·新课标 III）如图，一固定容器的内壁是半径为 R 的半球面；在半球面水平直径的一端有一质量为 m 的质点 P。它在容器内壁由静止下滑到最低点的过程中，克服摩擦力做的功为 W。重力加速度大小为 g。设质点 P 在最低点时，向心加速度的大小为 a，容器对它的支持力大小为 N，则（　　）

A．$a=\frac{2(mgR-W)}{mR}$　　B．$a=\frac{2mgR-W}{mR}$

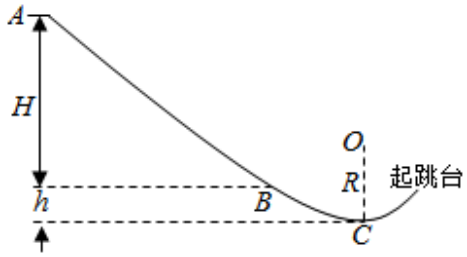
C．$N=\frac{3mgR-2W}{R}$　　D．$N=\frac{2(mgR-W)}{R}$



11．（2016·天津）跳台滑雪是其中最具观赏性的项目之一，如图所示，质量 $m=60$ kg 的运动员从长直轨道 AB 的 A 处由静止开始以加速度 $a=3.6$ m/s^2 匀加速下滑，到达助滑道末端 B 时速度 $v_B=24$ m/s，A 与 B 的竖直高度差 $H=48$ m。为了改变运动员的运动方向，在助滑道与起跳台之间用一段弯曲滑道衔接，其中最低点 C 处附近是一段以 O 为圆心的圆弧，助滑道末端 B 与滑道最低点 C 的高度差 $h=5$ m，运动员在 B、C 间运动时阻力做功 $W=-1530$ J，取 $g=10$ m/s^2。

（1）求运动员在 AB 段下滑时受到阻力 F_f 的大小；

（2）若运动员能承受的最大压力为其所受重力的 6 倍，则 C 点所在圆弧的半径 R 至少应为多大？



第 2 节 机械能守恒定律及实验

♦ 公式检测 ♦

1、机械能守恒定律

（1）机械能

• 动能 $E_k=$_____

• 重力势能 $E_P=$_____

• 弹性势能 $E_P=$_____

• 机械能 $E=$_____+_____

补充：重力做功的功能关系

• 重力做正功，重力势能_____；

• 重力做负功，重力势能_____；

• 且重力做功多少等于重力势能变化多少。

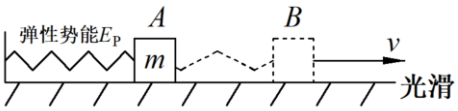
（2）机械能守恒的条件

$W_{其他力}=0$

即系统只有_____或_____做功，其他力不做功。

（3）举例（书写机械能守恒方程）

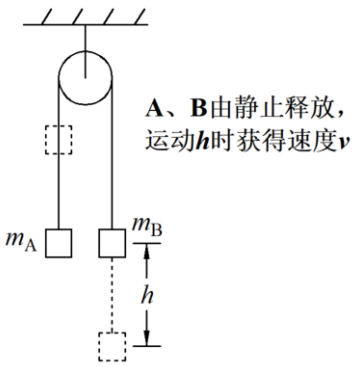
• 例 1



A点静止释放，B点弹簧恢复原长

_____

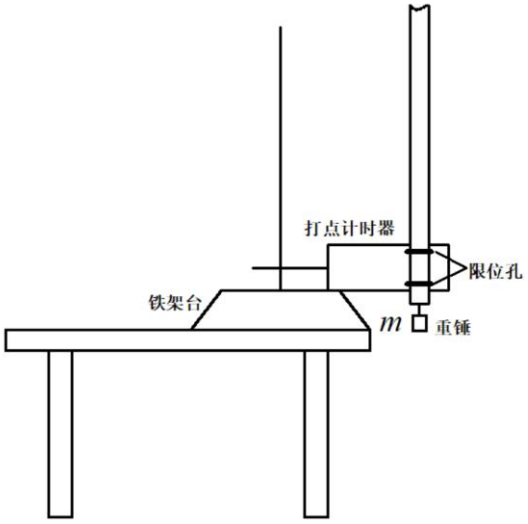
• 例 2

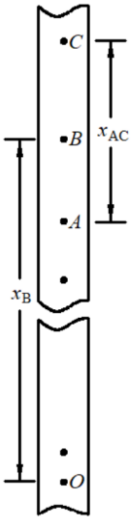


A、B由静止释放，运动h时获得速度v

_____

2、实验：验证机械能守恒定律



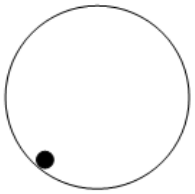


- 减小阻力的手段
  - 选用质量_____、体积_____、密度_____的重锤
  - 打点计时器的两个限位孔应_____
  - 释放前，_____（选填“手提纸带末端”、“手拖重锤”）
- 验证（相邻两个计数点时间间隔为 T）
  - 重力势能的减少量：$\Delta E_{\mathrm{p}}=$_____
  - 动能的增加量 $\Delta E_{\mathrm{k}}=E_{kB}=\frac{1}{2}mv_B^2=$_____
  - 验证_____和_____是否相等
  - _____（选填“需要”、“不需要”）测量重锤的质量
  - 测量工具_____（选填“需要”、“不需要”）天平
- 误差分析

由于存在_____，产生_____（选填“偶然”、“系统”）误差，ΔE_{p} ____ ΔE_{k}。

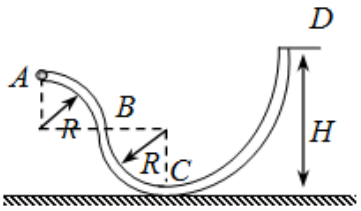
♦ 实战演练 ♦

1.（2016·海南）如图，光滑圆轨道固定在竖直面内，一质量为 m 的小球沿轨道做完整的圆周运动。已知小球在最低点时对轨道的压力大小为 N_1，在最高点时对轨道的压力大小为 N_2。重力加速度大小为 g，则 N_1-N_2 的值为（　　）



A．$3mg$　　B．$4mg$　　C．$5mg$　　D．$6mg$

2.（多选）（2012·浙江）由光滑细管组成的轨道，其中 AB 段和 BC 段是半径为 R 的四分之一圆弧，轨道固定在竖直平面内。一质量为 m 的小球，从距离水平地面高为 H 的管口 D 处静止释放，最后能够从 A 端水平抛出落到地面上，下列说法正确的是（　　）



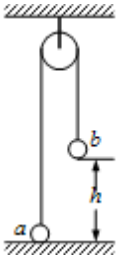
A．小球落到地面时相对于 A 点的水平位移值为 $2\sqrt{2RH-2R^2}$

B．小球落到地面时相对于 A 点的水平位移值为 $2\sqrt{2RH-4R^2}$

C．小球能从细管 A 端水平抛出的条件是 $H>2R$

D．小球能从细管 A 端水平抛出的最小高度 $H_{min}=\frac{5}{2}R$

3.（2008·全国）如图，一很长的不可伸长的柔软细绳跨过光滑定滑轮，绳两端各系一小球 a 和 b。a 球质量为 m，静置于地面，b 球质量为 $3m$，用手托住，高度为 h，此时轻绳刚好拉紧。从静止开始释放 b 后，a 可能到达的最大高度为（　　）

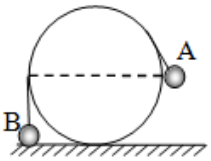


A．h　　B．$1.2h$　　C．$1.5h$　　D．$2h$

4.（2012·上海）如图所示，可视为质点的小球 A、B 用不可伸长的细软轻线连接，跨过固定在地面上半径为 R 的光滑圆柱，A 的质量为 B 的两倍。当 B 位于地面时，A 恰与圆柱轴心等高。将 A 由静止释放，B 上升的最大高度是（　　）

A．$2R$　　B．$\frac{5}{3}R$

C．$\frac{4}{3}R$　　D．$\frac{2}{3}R$



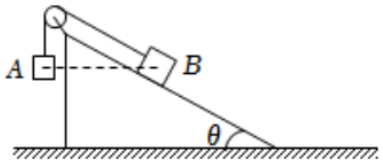
5.（多选）（2012·福建）如图所示，表面光滑的固定斜面顶端安装一定滑轮，小物块 A、B 用轻绳连接并跨过滑轮（不计滑轮的质量和摩擦）。初始时刻，A、B 处于同一高度并恰好保持静止状态。剪断轻绳后 A 下落、B 沿斜面下滑，则从剪断轻绳到物块着地，两物块（　　）

A．速率的变化量不同

B．机械能的变化量相同

C．重力势能的变化量相同

D．重力做功的平均功率相同



6.（多选）（2011·新课标）一蹦极运动员身系弹性蹦极绳从水面上方的高台下落，到最低点时距水面还有数米距离。假定空气阻力可忽略，运动员可视为质点，下列说法正确的是（　　）

A．运动员到达最低点前重力势能始终减小

B．蹦极绳张紧后的下落过程中，弹力做负功，弹性势能增加

C．蹦极过程中，运动员、地球和蹦极绳所组成的系统机械能守恒

D．蹦极过程中，重力势能的改变与重力势能零点的选取有关

7.（2015·天津）如图所示，固定的竖直光滑长杆上套有质量为 m 的小圆环，圆环与水平状态的轻质弹簧一端连接，弹簧的另一端连接在墙上，并且处于原长状态，现让圆环由静止开始下滑，已知弹簧原长为 L，圆环下滑到最大距离时弹簧的长度变为 $2L$（未超过弹性限度），则在圆环下滑到最大距离的过程中（　　）

A、圆环的机械能守恒

B、弹簧弹性势能变化了 $\sqrt{3}mgL$

C、圆环下滑到最大距离时，所受合力为零

D、圆环重力势能与弹簧弹性势能之和保持不变



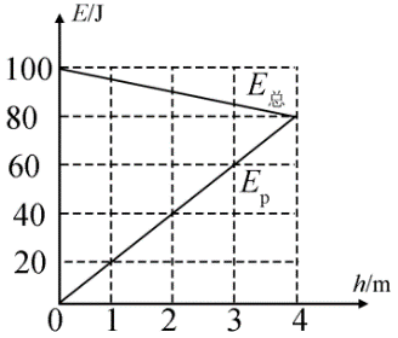
8.（多选）（2019·新课标 II 卷）从地面竖直向上抛出一物体，其机械能 $E_{总}$ 等于动能 E_k 与重力势能 E_p 之和。取地面为重力势能零点，该物体的 $E_{总}$ 和 E_p 随它离开地面的高度 h 的变化如图所示。重力加速度取 10 m/s^2。由图中数据可得（　　）

A．物体的质量为 2 kg

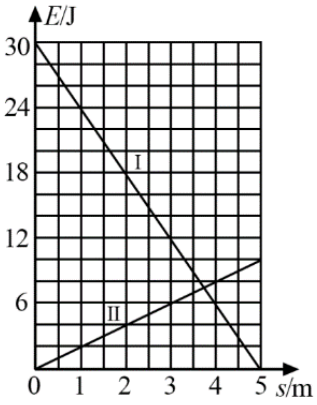
B．$h=0$ 时，物体的速率为 20 m/s

C．$h=2$ m 时，物体的动能 $E_k=40$ J

D．从地面至 $h=4$ m，物体的动能减少 100 J



9．（多选）（2020·浙江）一物块在高 3.0 m、长 5.0 m 的斜面顶端从静止开始沿斜面下滑，其重力势能和动能随下滑距离 s 的变化如图中直线 I、II 所示，重力加速度取 10 m/s^2。则（　　）



A．物块下滑过程中机械能不守恒
B．物块与斜面间的动摩擦因数为 0.5
C．物块下滑时加速度的大小为 6.0 m/s^2
D．当物块下滑 2.0 m 时机械能损失了 12 J

10．（2016·北京）利用图 1 装置做“验证机械能守恒定律实验”。

①为验证机械能是否守恒，需要比较重物下落过程中任意两点间的_____。

A．动能变化量与势能变化量
B．速度变化量和势能变化量
C．速度变化量和高度变化量

②除带夹子的重物、纸带、铁架台（含铁夹）、电磁打点计时器、导线及开关外，在下列器材中，还必须使用的两种器材是_____。

A．交流电源　　B．刻度尺　　C．天平（含砝码）

③实验中，先接通电源，再释放重物，得到图 2 所示的一条纸带。在纸带上选取三个连续打出的点 A、B、C，测得它们到起始点 O 的距离分别为 h_A、h_B、h_C。

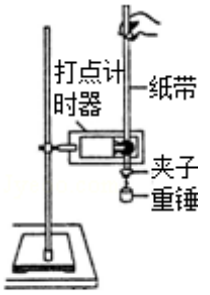


图1

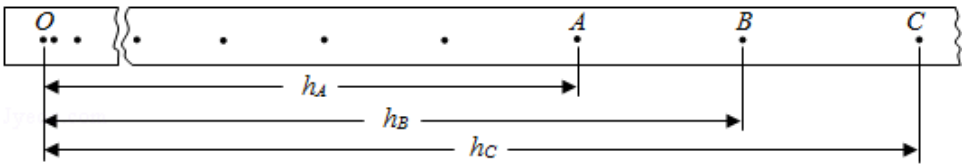


图2

已知当地重力加速度为 g，打点计时器打点的周期为 T。设重物的质量为 m。从打 O 点到打 B 点的过程中，重物的重力势能变化量 ΔE_p=_____，动能变化量 ΔE_k=_____。

④大多数学生的实验结果显示，重力势能的减少量大于动能的增加量，原因是_____。

A．利用公式 $v=gt$ 计算重物速度

B．利用公式 $v=\sqrt{2gh}$ 计算重物速度

C．存在空气阻力和摩擦力阻力的影响
D．没有采用多次试验取平均值的方法

11.（2021•浙江）在“验证机械能守恒定律”实验中，小王用如图 1 所示的装置，让重物从静止开始下落，打出一条清晰的纸带，其中的一部分如图 2 所示。O 点是打下的第一个点，A、B、C 和 D 为另外 4 个连续打下的点。

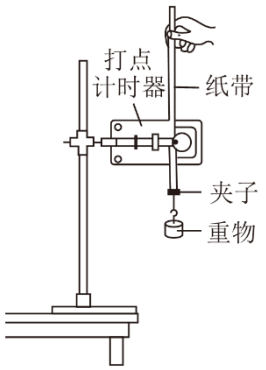


图1

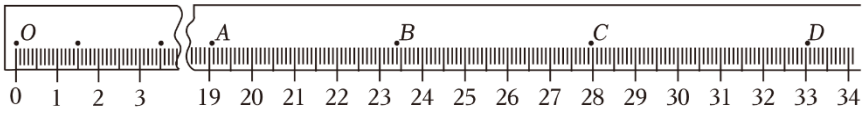


图2

①为了减小实验误差，对体积和形状相同的重物，实验时选择密度大的，理由是_____。

②已知交流电频率为 50 Hz，重物质量为 200 g，当地重力加速度 $g = 9.80\ \mathrm{m/s^2}$，则从 O 点到 C 点，重物的重力势能变化量的绝对值 $|\Delta E_p| =$ _____J、C 点的动能 $E_{kC} =$ _____J（计算结果均保留 3 位有效数字）。比较 E_{kC} 与 $|\Delta E_p|$ 的大小，出现这一结果的原因可能是_____（单选）。

A．工作电压偏高

B．存在空气阻力和摩擦力

C．接通电源前释放了纸带

专题七 动量守恒定律

第 1 节 冲量、动量、动量定理和动量守恒定律基础

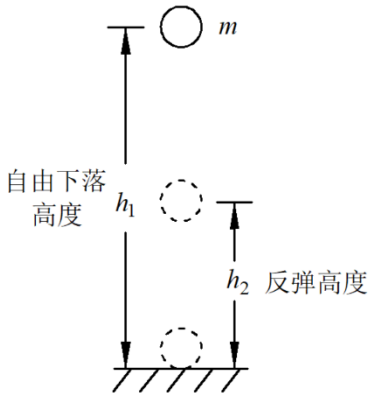
♦ 公式检测 ♦

1、冲量、动量

- 冲量：$I=$_____ 单位：_____；量性：_____；I 的方向与_____的方向相同
- 动量：$p=$_____ 单位：_____；量性：_____；p 的方向与_____的方向相同

2、动量定理

- 动量定理：$I_{合}=$_____
- 例



设碰撞时间为 Δt，求碰撞的平均作用力大小 F

- 自由落体计算碰前速度大小

_____ 得 $v_1=$_____

- 竖直上抛计算碰后速度大小

_____ 得 $v_2=$_____

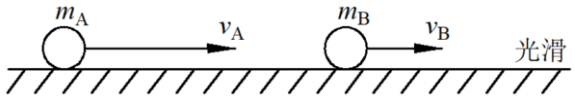
- 对小球碰撞过程应用动量定理（规定向下为正方向）

_____$=mv'-mv$

式中，$v=$____的 v_1，$v'=$____的 v_2（选填“正”或“负”）。

3、动量守恒定律

- 动量守恒的条件：系统所受_____之和为零。
- 动量守恒定律的普遍表达式



4、反冲模型：火箭发射 $mv_{燃气}=(M-m)v_{火箭}$

♦ 实战演练 ♦

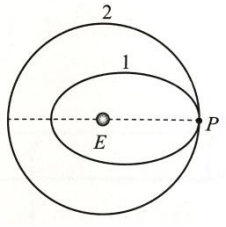
1.（2017·天津）“天津之眼”是一座跨河建设、桥轮合一的摩天轮，是天津市的地标之一。摩天轮悬挂透明座舱，乘客随座舱在竖直面内做匀速圆周运动。下列叙述正确的是（　　）

A．摩天轮转动过程中，乘客的机械能保持不变
B．在最高点，乘客重力大于座椅对他的支持力
C．摩天轮转动一周的过程中，乘客重力的冲量为零
D．摩天轮转动过程中，乘客重力的瞬时功率保持不变



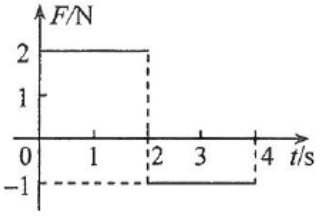
2.（2016·北京）如图所示，一颗人造卫星原来在椭圆轨道 1 绕地球 E 运行，在 P 点变轨后进入轨道 2 做匀速圆周运动。下列说法正确的是（　　）

A．不论在轨道 1 还是轨道 2 运行，卫星在 P 点的速度都相同
B．不论在轨道 1 还是轨道 2 运行，卫星在 P 点的加速度都相同
C．卫星在轨道 1 的任何位置都具有相同加速度
D．卫星在轨道 2 的任何位置都具有相同动量



3.（多选）（2017·新课标 III 卷）一质量为 2 kg 的物块在合外力 F 的作用下从静止开始沿直线运动。F 随时间 t 变化的图线如图所示，则（　　）

A．t =1 s 时物块的速率为 1 m/s
B．t =2 s 时物块的动量大小为 4 kg·m/s
C．t =3 s 时物块的动量大小为 5 kg·m/s
D．t =4 s 时物块的速度为零



4.（2018·新课标 II 卷）高空坠物极易对行人造成伤害。若一个 50 g 的鸡蛋从一居民楼的 25 层坠下，与地面的碰撞时间约为 2 ms，则该鸡蛋对地面产生的冲击力约为（　　）

A．10 N　　B．10^2 N　　C．10^3 N　　D．10^4 N

5.（2015·重庆）高空作业须系安全带，如果质量为 m 的高空作业人员不慎跌落，从开始跌落到安全带对人刚刚产生作用前人下落的距离为 h（可视为自由落体运动）。此后经历时间 t 安全带达到最大伸长，若在此过程中该作用力始终竖直向上，则该段时间安全带对人的平均作用力大小为（　　）

A．$\frac{m\sqrt{2gh}}{t}+mg$　　B．$\frac{m\sqrt{2gh}}{t}-mg$　　C．$\frac{m\sqrt{gh}}{t}+mg$　　D．$\frac{m\sqrt{gh}}{t}-mg$

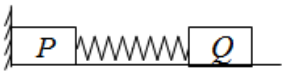
6.（2016·全国）两个滑块 P 和 Q 用弹簧相连，置于水平的光滑地面上，滑块 P 紧靠竖直的墙，用一外力推着 Q 使弹簧压缩后处于静止状态，如图所示。现突然撤掉推 Q 的外力，则在从释放 Q 到弹簧恢复到原长过程中，P、Q 和弹簧组成的系统（　　）

A．动量守恒，机械能守恒

B．动量不守恒，机械能守恒

C．动量守恒，机械能不守恒

D．动量不守恒，机械能不守恒



7.（2017·江苏）甲、乙两运动员在做花样滑冰表演，沿同一直线相向运动，速度大小都是 1 m/s，甲、乙相遇时用力推对方，此后都沿各自原方向的反方向运动，速度大小分别为 1 m/s 和 2 m/s。求甲、乙两运动员的质量之比。

8.（2015·浙江）质量 $m_1=3.0\times10^3$ kg 的小货车因故障停在车道上，后面一辆质量 $m_2=1.5\times10^3$ kg 的轿车来不及刹车，直接撞入货车尾部失去动力，相撞后两车一起沿轿车运动方向滑行了 $s=6.75$ m 停下，已知车轮与路面的动摩擦因数 $\mu=0.6$，求碰撞前轿车的速度大小（重力加速度取 $g=10\ \text{m/s}^2$）。

9.（2017·新课标 I 卷）将质量为 1.00 kg 的模型火箭点火升空，50 g 燃烧的燃气以大小为 600 m/s 的速度从火箭喷口在很短时间内喷出。在燃气喷出后的瞬间，火箭的动量大小为（喷出过程中重力和空气阻力可忽略）（　　）

A．30kg·m/s　　B．5.7×10^2kg·m/s　　C．6.0×10^2kg·m/s　　D．6.3×10^2kg·m/s

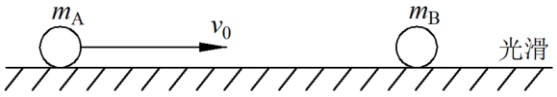
10.（2013·福建）将静置在地面上，质量为 M（含燃料）的火箭模型点火升空，在极短时间内以相对地面的速度 v_0 竖直向下喷出质量为 m 的炽热气体。忽略喷气过程重力和空气阻力的影响，则喷气结束时火箭模型获得的速度大小是（　　）

A．$\frac{m}{M}v_0$　　B．$\frac{M}{m}v_0$　　C．$\frac{M}{M-m}v_0$　　D．$\frac{m}{M-m}v_0$

第 2 节 碰撞模型和类似模型

♦ 公式检测 ♦

1、碰撞模型



（1）“一动一静”中的弹性碰撞

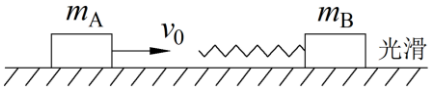
- 动量守恒_____
- 机械能守恒_____

联立解得 $v_A=$_____，$v_B=$_____

（2）“一动一静”中的完全非弹性碰撞

- 动量守恒 _____，解得 $v_{共}=\cdots\cdots$
- 机械能损失 _____

2、弹簧模型



①考点 1：未接触 到 弹簧最短

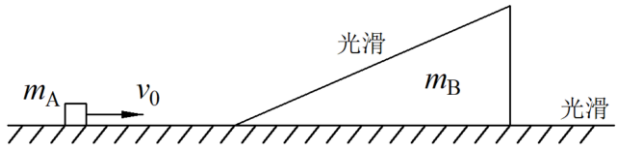
- 动量守恒 _____，解得 $v_{共}=\cdots\cdots$
- 最大弹性势能 _____

②考点 2：未接触 到 再次分开

- 动量守恒 _____
- 机械能守恒 _____

联立解得 $v_A=$_____，$v_B=$_____

3、水平方向动量守恒



①未滑上 到 最高点

• 水平方向动量守恒 _____，解得 $v_{共}=\cdots\cdots$

• 机械能守恒 _____，解得 $h_{MAX}=\cdots\cdots$

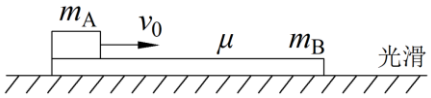
②未滑上 到 再次滑下

• 水平方向动量守恒 _____

• 机械能守恒 _____

联立解得 $v_A=$_____， $v_B=$_____

4、木板—物块模型（物块从木板左端滑上，恰好未滑下木板）



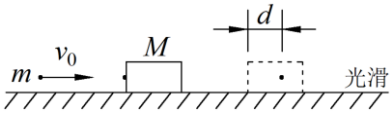
• 类似“一动一静”中的_____碰撞

• 动量守恒 _____，解得 $v_{共}=\cdots\cdots$

• 机械能损失 _____，

• 又，机械能损失转化为摩擦生热，结合 $E_{损}=$_____，可解得木板长度 $L=\cdots\cdots$

5、子弹—木块模型（未打穿）（设阻力恒为 f ）



• 类似“一动一静”中的_____碰撞

• 动量守恒 _____，解得 $v_{共}=\cdots\cdots$

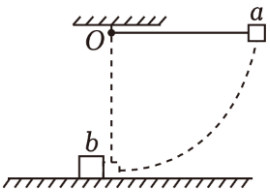
• 机械能损失 _____，

• 又，机械能损失转化为摩擦生热，结合 $E_{损}=$_____，可解得打入深度 $d=\cdots\cdots$

♦ 实战演练 ♦

1.（2019·海南）如图，用不可伸长轻绳将物块 a 悬挂在 O 点：初始时，轻绳处于水平拉直状态。现将 a 由静止释放，当物块 a 下摆至最低点时，恰好与静止在水平面上的物块 b 发生弹性碰撞（碰撞时间极短），碰撞后 b 滑行的最大距离为 s。已知 b 的质量是 a 的 3 倍。b 与水平面间的动摩擦因数为 μ，重力加速度大小为 g。求

（1）碰撞后瞬间物块 b 速度的大小；
（2）轻绳的长度。



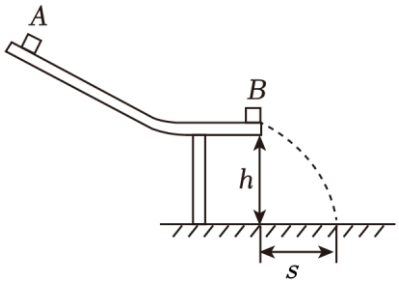
2.（2013·新课标 I 卷）在粗糙的水平桌面上有两个静止的木块 A 和 B，两者相距为 d。现给 A 一初速度，使 A 与 B 发生弹性正碰，碰撞时间极短。当两木块都停止运动后，相距仍然为 d。已知两木块与桌面之间的动摩擦因数均为 μ，B 的质量为 A 的 2 倍，重力加速度大小为 g。求 A 的初速度的大小。

3.（2021·北京）如图所示，小物块 A、B 的质量均为 $m=0.10\ \text{kg}$，B 静止在轨道水平段的末端。A 以水平速度 v_0 与 B 碰撞，碰后两物块粘在一起水平抛出。抛出点距离水平地面的竖直高度为 $h=0.45\ \text{m}$，两物块落地点距离轨道末端的水平距离为 $s=0.30\ \text{m}$，取重力加速度 $g=10\ \text{m/s}^2$。求：

（1）两物块在空中运动的时间 t；

（2）两物块碰前 A 的速度 v_0 的大小；

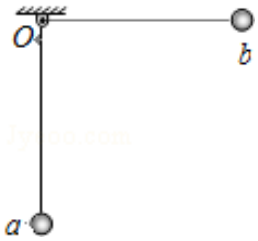
（3）两物块碰撞过程中损失的机械能 ΔE。



4.（2012·新课标卷）如图，小球 a、b 用等长细线悬挂于同一固定点 O。让球 a 静止下垂，将球 b 向右拉起，使细线水平。从静止释放球 b，两球碰后粘在一起向左摆动，此后细线与竖直方向之间的最大偏角为 60°。忽略空气阻力，求

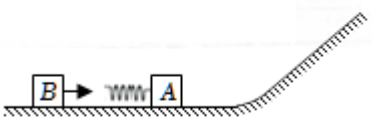
（1）两球 a、b 的质量之比；

（2）两球在碰撞过程中损失的机械能与球 b 在碰前的最大动能之比。

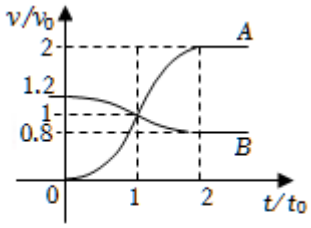


5.（2022·全国乙卷）如图（a），一质量为 m 的物块 A 与轻质弹簧连接，静止在光滑水平面上；物块 B 向 A 运动，$t=0$ 时与弹簧接触，到 $t=2t_0$ 时与弹簧分离，第一次碰撞结束，A、B 的 $v-t$ 图像如图（b）所示。已知从 $t=0$ 到 $t=t_0$ 时间内，物块 A 运动的距离为 $0.36v_0t_0$。A、B 分离后，A 滑上粗糙斜面，然后滑下，与一直在水平面上运动的 B 再次碰撞，之后 A 再次滑上斜面，达到的最高点与前一次相同。斜面倾角为 θ（$\sin\theta=0.6$），与水平面光滑连接。碰撞过程中弹簧始终处于弹性限度内。求：

（1）第一次碰撞过程中，弹簧弹性势能的最大值；



图(a)

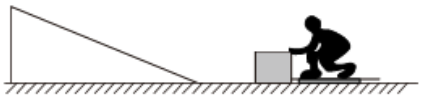


图(b)

6.（2016·新课标 II 卷）光滑冰面上静止放置一表面光滑的斜面体，斜面体右侧一蹲在滑板上的小孩和其面前的冰块均静止于冰面上。某时刻小孩将冰块以相对冰面 3 m/s 的速度向斜面体推出，冰块平滑地滑上斜面体，在斜面体上上升的最大高度为 h = 0. 3 m（h 小于斜面体的高度）。小孩与滑板的总质量为 m_1 = 30 kg，冰块的质量为 m_2 = 10 kg，小孩与滑板始终无相对运动。取重力加速度的大小 g = 10 m/s^2。

（1）求斜面体的质量；

（2）通过计算判断，冰块与斜面体分离后能否追上小孩。



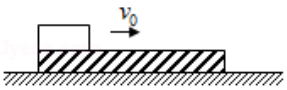
7.（多选）（2018•海南）如图（a），一长木板静止于光滑水平桌面上，$t=0$时，小物块以速度v_0滑到长木板上，图（b）为物块与木板运动的$v-t$图象，图中t_1、v_0、v_1已知。重力加速度大小为g。由此可求得（　　）

A．木板的长度

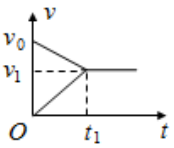
B．物块与木板的质量之比

C．物块与木板之间的动摩擦因数

D．从$t=0$开始到t_1时刻，木板获得的动能



图（a）



图（b）

8.（2018•天津）质量为0.45 kg的木块静止在光滑水平面上，一质量为0.05 kg的子弹以200 m/s的水平速度击中木块，并留在其中，整个木块沿子弹原方向运动，则木块最终速度的大小是_____m/s。若子弹在木块中运动时受到的平均阻力为4.5×10^3 N，则子弹射入木块的深度为_____m。

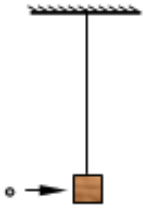
9.（多选）（2018•海南）如图，用长为L的轻绳悬挂一质量为M的沙箱，沙箱静止。一质量为m的弹丸以速度v水平射入沙箱并留在其中，随后与沙箱共同摆动一小角度。不计空气阻力。对子弹射向沙箱到与其共同摆过一小角度的过程（　　）

A．若保持m、v、L不变，M变大，则系统损失的机械能变大

B．若保持M、v、L不变，m变大，则系统损失的机械能变小

C．若保持M、m、L不变，v变大，则系统损失的机械能变大

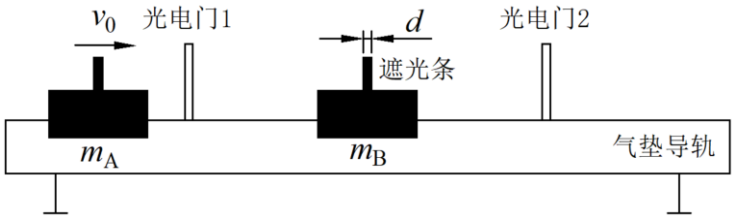
D．若保持M、m、v不变，L变大，则系统损失的机械能变大



第 3 节 实验：验证动量守恒定律

♦ 公式检测 ♦

1、方案一：利用光电门测量速度



- 调节气垫导轨保证_____。
- 滑块 A 第一次通过光电门 1 的瞬时速度 $v_0=$_____（设遮光时间为 Δt_1）。
- 完全非弹性碰撞

（滑块 A、B 一起通过光电门 2 的遮光时间为 Δt_2）

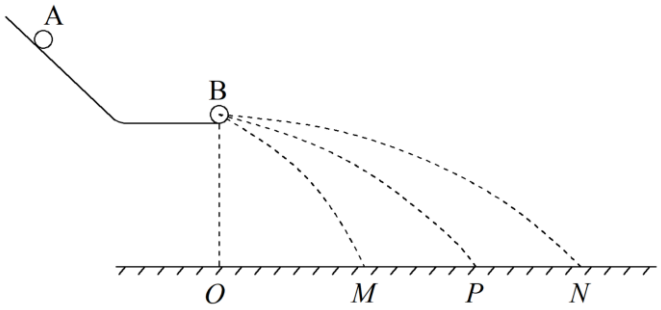
  - 验证动量守恒定律的表达式_____；
  - _____（选填“需要”或“不需要”）测量遮光条的宽度 d。

- 弹性碰撞

（滑块 A 再次通过光电门 1 的遮光时间为 Δt_2，滑块 B 通过光电门 2 的遮光时间为 Δt_3）

  - 验证动量守恒定律的表达式_____；
  - 验证机械能守恒定律的表达式_____；
  - 验证弹性碰撞的表达式_____；
  - _____（选填“需要”或“不需要”）测量遮光条的宽度 d。

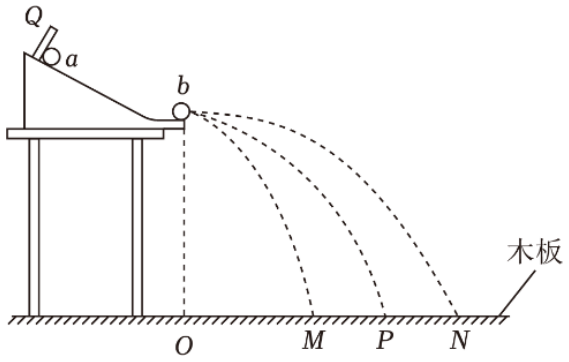
2、方案二：利用平抛运动测量速度



- 轨道末端保持_____；小球每次从_____由_____下滑。
- _____（选填“需要”或“不需要”）轨道光滑。
- 上图中，要求m_A_____m_B（选填“>”、“<”或“=”）。
- 验证动量守恒定律的表达式_____。
- 验证机械能守恒定律的表达式_____。
- 验证弹性碰撞的表达式_____。
- _____（选填“需要”或“不需要”）测量平抛运动的高度。

♦ 实战演练 ♦

1.（2024•新课标）某同学用如图所示的装置验证动量守恒定律。将斜槽轨道固定在水平桌面上，轨道末段水平，右侧端点在水平木板上的垂直投影为 O，木板上叠放着白纸和复写纸。实验时先将小球 a 从斜槽轨道上 Q 处由静止释放，a 从轨道右端水平飞出后落在木板上；重复多次，测出落点的平均位置 P 和 Q 点的距离 x_P。将与 a 半径相等的小球 b 置于轨道右侧端点，再将小球 a 从 Q 处由静止释放，两球碰撞后均落在木板上；重复多次，分别测出 a、b 两球落点的平均位置 M、N 与 O 点的距离 x_M、x_N。

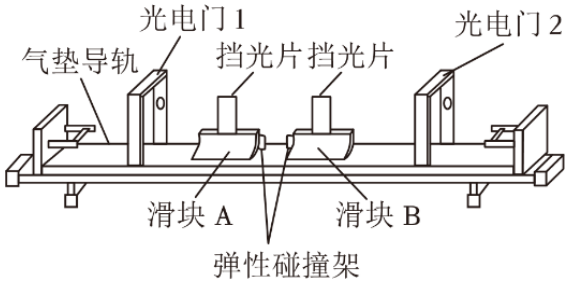


完成下列填空：

（1）记 a、b 两球的质量分别为 m_a、m_b，实验中须满足条件 m_a ___ m_b（填“>”或“<”）；

（2）如果测得的 x_p、x_M、x_N、m_a 和 m_b 在实验误差范围内满足关系式_____，则验证了两小球在碰撞中满足动量守恒定律。实验中，用小球落点与 O 点的距离来代替小球水平飞出时的速度，依据是_____。

2．用如图所示的装置可以“验证动量守恒定律”，在滑块 A、B 相碰的端面上装有弹性碰撞架，它们的上端装有等宽的挡光片。



（1）实验前需要调节气垫导轨水平：在轨道上只放滑块 A，轻推一下滑块 A，其通过光电门 1 和光电门 2 的时间分别为 t_1、t_2，当 t_1 _____ t_2（选填“>”“<”或“=”），则说明气垫导轨水平。

（2）分别测出滑块 A、B 的总质量m_1和m_2，滑块 A 置于光电门 1 的左侧，滑块 B 静置于两光电门间的某一适当位置，给 A 一个向右的初速度，通过光电门 1 的时间为Δt_1，A、B 碰撞后 A 通过光电门 1 的时间为Δt_2，B 通过光电门 2 的时间为Δt_3，为完成该实验，下列说法正确的有_____。

A．滑块 A 的总质量m_1应大于滑块 B 的总质量m_2

B．不需要测量遮光片的宽度 d

C．需要测量光电门 1 到光电门 2 的间距 L

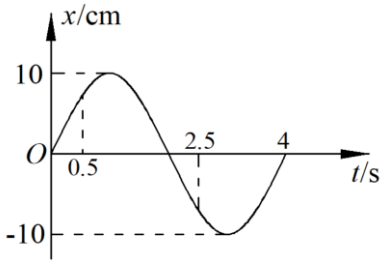
（3）若测量的物理量能够满足方程 _____（用测量物理量表示），则可验证碰撞过程中系统动量守恒。

专题八 机械振动和机械波

第 1 节 简谐运动

♦ 公式检测 ♦

1、简谐运动的图像和公式



- 振幅 A =_____，周期 T =_____。
- 质点简谐运动的方程：_____。
- t = 0.5 s 时刻（选填“x 轴正方向”或“x 轴负方向”）

  回复力 F 的方向：_____，加速度 a 的方向：_____，

  速度 v 的方向：_____，位移 x 的方向：_____。
- t = 2.5 s 时刻（选填“x 轴正方向”或“x 轴负方向”）

  回复力 F 的方向：_____，加速度 a 的方向：_____，

  速度 v 的方向：_____，位移 x 的方向：_____。
- 2.5 s ~ 4 s

  回复力 F 大小如何变化：_____，加速度 a 大小如何变化：_____，

  速度 v 大小如何变化：_____，位移 x 大小如何变化：_____，

  动能 E_k 如何变化：_____，势能 E_p 如何变化：_____，

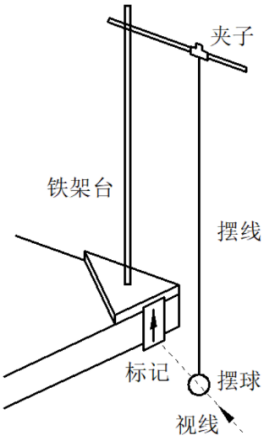
  机械能 E 如何变化：_____。
- 振幅越大，机械能_____。
- 8 s 内，质点路程 =_____；6 s 内，质点路程 =_____；4 s 内，质点路程 =____；

  2 s 内，质点路程 =_____；1 s 内，质点路程：_____。

2、实验：用单摆测定重力加速度

①测量摆长 l

$$l=l'+\frac{d}{2}$$



- 式中，l' 是_____，d 是_____。
- 细线要质量_____，弹性_____；

  金属球要体积_____，密度_____。
- 摆角不超过_____。

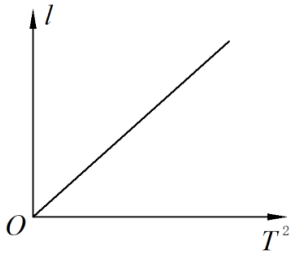
②测量周期 T

- 测量单摆完成 50 次全振动的时间 t，则单摆周期 $T=$ _____。
- 从摆球经过_____时开始计时，计时误差小。

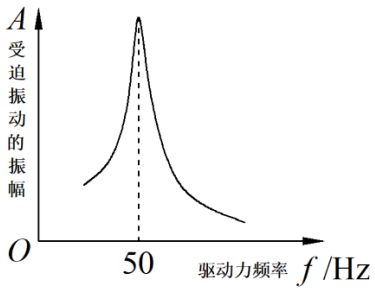
③根据单摆的周期公式_____，计算重力加速度 $g=$ _____。

④改变摆长，多次测量求 g 的平均值。

⑤也可以绘制 $l-T^2$ 图像，对应线性方程为 $l=$ _____ T^2，则图线斜率 $k=$ _____，可得 $g=$ _____。



3、共振



- 当_____频率 =_____频率时，发生共振，即受迫振动的振幅最_____。
- 由图可知，系统的固有频率 =_____。

♦ 实战演练 ♦

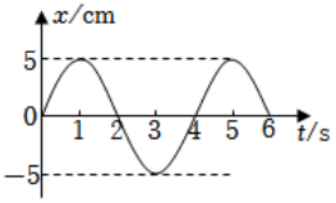
1.（2017·北京）某弹簧振子沿x轴的简谐振动图象如图所示，下列描述正确的是（　　）

A．$t=1$ s时，振子的速度为零，加速度为负的最大值

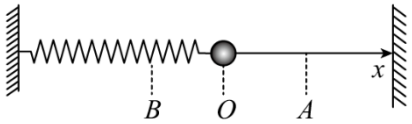
B．$t=2$ s时，振子的速度为负，加速度为正的最大值

C．$t=3$ s时，振子的速度为负的最大值，加速度为零

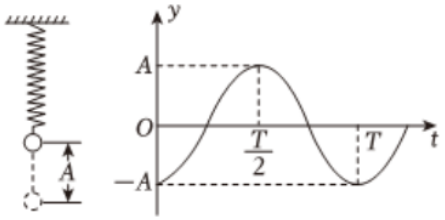
D．$t=4$ s时，振子的速度为正，加速度为负的最大值



2.（2021·河北）如图，一弹簧振子沿x轴做简谐运动，振子零时刻向右经过A点，2 s后第一次到达B点，已知振子经过A、B两点时的速度大小相等，2 s内经过的路程为0.4 m。该弹簧振子的周期为_____s，振幅为_____m。



3.（2021·广东）如图所示，一个轻质弹簧下端挂一小球，小球静止。现将小球向下拉动距离A后由静止释放，并开始计时，小球在竖直方向做简谐运动，周期为T。经$\frac{T}{8}$时间，小球从最低点向上运动的距离_____$\frac{A}{2}$（选填“大于”、“小于”或“等于”）；在$\frac{T}{4}$时刻，小球的动能_____（选填“最大”或“最小”）。



4.（多选）（2018·天津）一振子沿x轴做简谐运动，平衡位置在坐标原点。$t=0$时振子的位移为-0.1 m，$t=1$ s时位移为0.1 m，则（　　）

A．若振幅为0.1 m，振子周期可能为$\frac{2}{3}$ s　　B．若振幅为0.1 m，振子周期可能为$\frac{4}{5}$ s

C．若振幅为0.2 m，振子周期可能为4 s　　D．若振幅为0.2 m，振子周期可能为6 s

5.（多选）（2019·江苏）一单摆做简谐运动，在偏角增大的过程中，摆球的（　　）

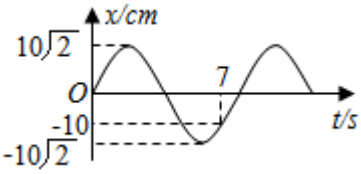
A．位移增大　　B．速度增大　　C．回复力增大　　D．机械能增大

6.（2009·上海）做简谐振动的单摆摆长不变，若摆球质量增加为原来的4倍，摆球经过平衡位置时速度减小为原来的$\frac{1}{2}$，则单摆振动的（　　）

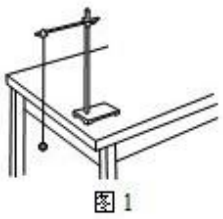
A．频率、振幅都不变　　B．频率、振幅都改变

C．频率不变、振幅改变　　D．频率改变、振幅不变

7.（2015·浙江）某个质点的简谐运动图象如图所示，求振动的振幅和周期。



8.（2013·安徽）根据单摆周期公式$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，可以通过实验测量当地的重力加速度。如图 1 所示，将细线的上端固定在铁架台上，下端系一小钢球，就做成了单摆。


图 1

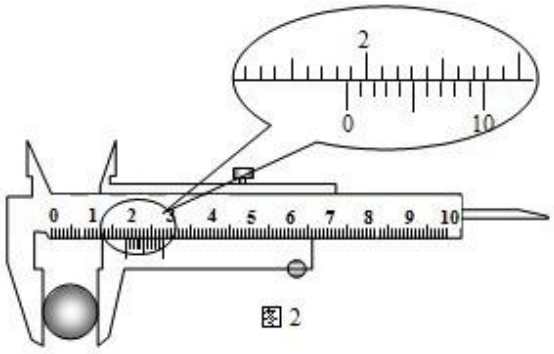


图 2

（1）用游标卡尺测量小钢球直径，示数如图 2 所示，读数为_____mm。

（2）以下是实验过程中的一些做法，其中正确的有_____。

a．摆线要选择细些的、伸缩性小些的，并且尽可能长一些

b．摆球尽量选择质量大些、体积小些的

c．为了使摆的周期大一些，以方便测量，开始时拉开摆球，使摆线相距平衡位置有较大的角度

d．拉开摆球，使摆线偏离平衡位置大于 5°，在释放摆球的同时开始计时，当摆球回到开始位置时停止计时，此时间间隔△t 即为单摆周期 T

e．拉开摆球，使摆线偏离平衡位置不大于 5°，释放摆球，当摆球振动稳定后，从平衡位置开始计时，记下摆球做 50 次全振动所用的时间△t，则单摆周期$T=\frac{\Delta t}{50}$

9.（2015·北京）用单摆测定重力加速度的实验装置如图 1 所示。

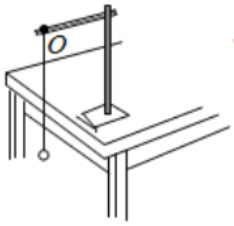


图1

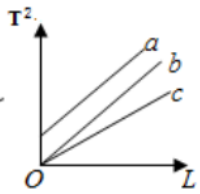


图2

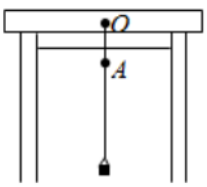


图3

（1）组装单摆时，应在下列器材中选用_____（选填选项前的字母）。

A．长度为 1 m 左右的细线

B．长度为 30 cm 左右的细线

C．直径为 1.8 cm 的塑料球

D．直径为 1.8 cm 的铁球

（2）测出悬点 O 至小球球心的距离（摆长）L 及单摆完成 n 次全振动所用的时间 t，则重力加速度 $g=$_____（用 L、n、t 表示）。

（3）如表是某同学记录的 3 组实验数据，并做了部分计算处理。

组次	1	2	3
摆长 L / cm	80.00	90.00	100.00
50 次全振动时间 t / s	90.0	95.5	100.5
振动周期 T / s	1.80	1.91	
重力加速度 g /（m·s^{-2}）	9.74	9.73	

请计算出第 3 组实验中的 $T=$_____s，$g=$_____m/s^2。

（4）用多组实验数据做出 T^2-L 图象，也可以求出重力加速度 g，已知三位同学做出的 T^2-L 图线的示意图如图 2 中的 a、b、c 所示，其中 a 和 b 平行，b 和 c 都过原点，图线 b 对应的 g 值最接近当地重力加速度的值。则相对于图线 b，下列分析正确的是_____

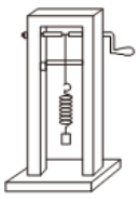
A．出现图线 a 的原因可能是误将悬点到小球下端的距离记为摆长 L

B．出现图线 c 的原因可能是误将 49 次全振动记为 50 次

C．图线 c 对应的 g 值小于图线 b 对应的 g 值

（5）某同学在家里测重力加速度，他找到细线和铁锁，制成一个单摆，如图 3 所示，由于家里只有一根量程为 30 cm 的刻度尺，于是他在细线上的 A 点做了一个标记，使得悬点 O 到 A 点间的细线长度小于刻度尺量程。保持该标记以下的细线长度不变，通过改变 O、A 间细线长度以改变摆长。实验中，当 O、A 间细线的长度分别为 l_1、l_2 时，测得相应单摆的周期为 T_1、T_2。由此可得重力加速度 $g=$_____（用 l_1、l_2、T_1、T_2 表示）。

10．（2013·江苏）如图所示的装置，弹簧振子的固有频率是 4 Hz。现匀速转动把手，给弹簧振子以周期性的驱动力，测得弹簧振子振动达到稳定时的频率为 1 Hz，则把手转动的频率为（　　）



A．1 Hz　　B．3 Hz

C．4 Hz　　D．5 Hz

11．（多选）（2016·海南）下列说法正确的是（　　）

A．在同一地点，单摆做简谐振动的周期的平方与其摆长成正比

B．弹簧振子做简谐振动时，振动系统的势能与动能之和保持不变

C．在同一地点，当摆长不变时，摆球质量越大，单摆做简谐振动的周期越小

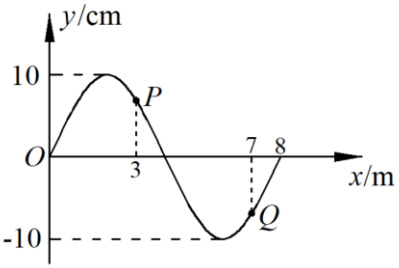
D．系统做稳定的受迫振动时，系统振动的频率等于周期性驱动力的频率

E．已知弹簧振子初始时刻的位置及其振动周期，就可知振子在任意时刻运动速度的方向

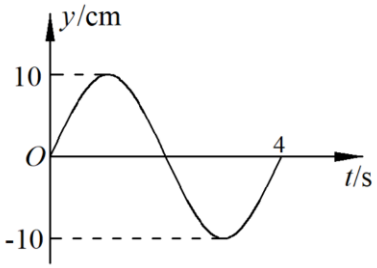
第 2 节 机械波

♦ 公式检测 ♦

1、波动图像与振动图像的结合考查



$t = 0.5$ s 时刻的波形图



质点 P 的振动图像

- $t = 0.5$ s 时刻，质点 P 速度方向沿 y 轴_____方向。
- 波沿 x 轴_____方向传播。
- $t = 0.5$ s 时刻，质点 Q 速度方向沿 y 轴_____方向。
- 振幅 A =_____，波长 λ =_____，周期 T =_____，波速 v = ——=_____。
- 波从质点 P 的平衡位置传至质点 Q 的平衡位置的时间 t_{PQ} = ———— =_____。
- 质点 P 的振动方程：_____。
- $t = 0.5$ s 时刻简谐波的波动方程：_____。
- $t = 0.5$ s 时刻质点 P 的位移 y =_____。

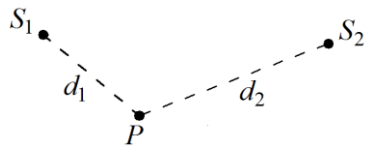
2、波的干涉

（1）概念

- 产生稳定干涉的必要条件：两列波的_____相同。
- 加强区域和减弱区域的空间位置_____（选填“不变”或“交替变化”）。
- 加强点的振幅等于两列波的振幅之_____；减弱点的振幅等于两列波的振幅之_____。
- 加强点的振幅_____（选填“一定”或“不一定”）比减弱点的振幅大，加强点的位移_____（选填“一定”或“不一定”）比减弱点的位移大。
- 振幅相同的两列波发生干涉，减弱区域的位移_____。

（2）加强点/减弱点的判断

S_1 和 S_2 为两个频率相同的波源，d_1 和 d_2 分别为位置 P 距离两个波源的波程。判断 P 点是加强点还是减弱点？



①情形一：两列波步调相同

• P 为加强点：$|d_1-d_2|=2n\cdot\frac{\lambda}{2}$（即_____是_____的_____倍（包括 $d_1=d_2$））

• P 为减弱点：$|d_1-d_2|=$_____$\frac{\lambda}{2}$（即_____是_____的_____倍）

其中，n=0,1,2,3,…

②情形二：两列波步调相反

• P 为加强点：_____

• P 为减弱点：_____

其中，n=0,1,2,3,…

3、波的衍射和多普勒效应

（1）波的衍射

• 概念：波绕过障碍物继续传播的现象。

• 产生明显衍射现象的条件：缝、孔的宽度或障碍物的尺寸跟波长_____，或者比波长更_____。

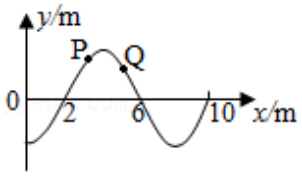
（2）多普勒效应

• 概念：波源和观察者靠近，观察者接收到的频率_____；二者远离，观察者接收到的频率_____。

• 应用：超声波测车速；计算星球靠近或远离的速度；“彩超”测血流速度。

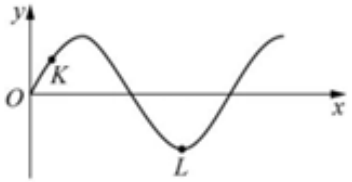
♦ 实战演练 ♦

1.（多选）（2020•海南）一列简谐横波沿 x 轴正方向传播，波的周期为 0.2 s，某时刻的波形如图所示。则（　　）



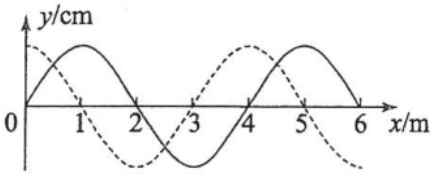
A．该波的波长为 8 m
B．该波的波速为 50 m/s
C．该时刻质点 P 向 y 轴负方向运动
D．该时刻质点 Q 向 y 轴负方向运动

2.（2021•北京）一列简谐横波某时刻的波形图如图所示。此后 K 质点比 L 质点先回到平衡位置。下列判断正确的是（　　）



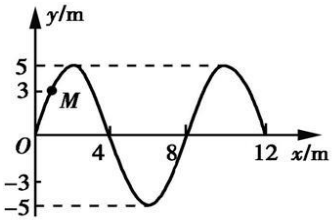
A．该简谐横波沿 x 轴负方向传播
B．此时 K 质点沿 y 轴正方向运动
C．此时 K 质点的速度比 L 质点的小
D．此时 K 质点的加速度比 L 质点的小

3.（多选）（2017•全国 3 卷）如图，一列简谐横波沿 x 轴正方向传播，实线为 t = 0 时的波形图，虚线为 t = 0.5 s 时的波形图。已知该简谐波的周期大于 0.5 s。关于该简谐波，下列说法正确的是（　　）



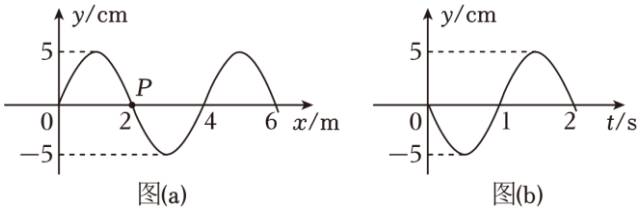
A．波长为 2 m
B．波速为 6 m/s
C．频率为 1.5 Hz
D．t = 1 s 时，x = 1 m 处的质点处于波峰
E．t = 2 s 时，x = 2 m 处的质点经过平衡位置

4.（多选）（2016•天津）在均匀介质中坐标原点 O 处有一波源做简谐运动，其表达式为 $y=5\sin\frac{\pi}{2}t$，它在介质中形成的简谐横波沿 x 轴正方向传播，某时刻波刚好传播到 x = 12 m 处，波形图象如图所示，则（　　）



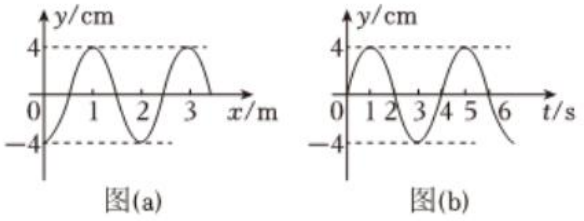
A．此后再经 6 s 该波传播到 x = 24 m 处
B．M 点在此后第 3 s 末的振动方向沿 y 轴正方向
C．波源开始振动时的运动方向沿 y 轴负方向
D．此后 M 点第一次到达 y = -3 m 处所需时间是 2 s

5.（多选）（2023 •全国乙卷）一列简谐横波沿 x 轴传播，图（a）是 t = 0 时刻的波形图；P 是介质中位于 x = 2 m 处的质点，其振动图像如图(b)所示。下列说法正确的是（　　）



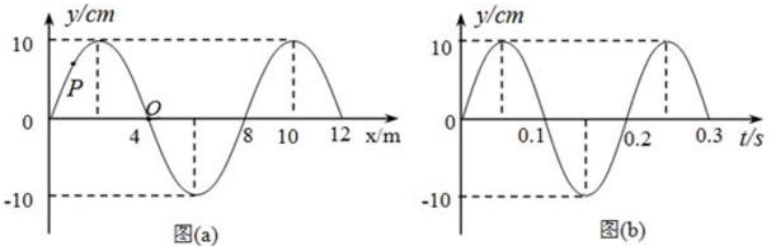
A．波速为 2 m/s
B．波向左传播
C．波的振幅是 10 cm
D．$x=3$ m 处的质点在 $t=7$ s 时位于平衡位置
E．质点 P 在 0~7 s 时间内运动的路程为 70 cm

6．（多选）（2014·全国 1 卷）图（a）为一列简谐横波在 $t=2$ s 时的波形图，图（b）为媒质中平衡位置在 $x=1.5$ m 处的质点的振动图象，P 是平衡位置为 $x=2$ m 的质点，下列说法正确的是（　　）



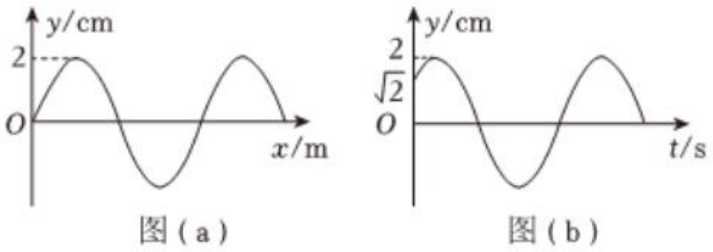
A．波速为 0.5 m/s
B．波的传播方向向右
C．0～2 s 时间内，P 运动的路程为 8 cm
D．0～2 s 时间内，P 向 y 轴正方向运动
E．当 $t=7$ s 时，P 恰好回到平衡位置

7．（多选）（2014·全国 2 卷）图（a）为一列简谐横波在 $t=0.10$ s 时刻的波形图，P 是平衡位置在 $x=1.0$ m 处的质点，Q 是平衡位置在 $x=4.0$ m 处的质点；图（b）为质点 Q 的振动图象，下列说法正确的是（　　）



A．在 $t=0.10$ s 时，质点 Q 向 y 轴正方向运动
B．在 $t=0.25$ s 时，质点 P 的加速度方向与 y 轴正方向相同
C．从 $t=0.10$ s 到 $t=0.25$ s，该波沿 x 轴负方向传播了 6 m
D．从 $t=0.10$ s 到 $t=0.25$ s，质点 P 通过的路程为 30 cm
E．质点 Q 简谐运动的表达式为 $y=0.10\sin 10\pi t$（国际单位制）

8．（2012·全国）一简谐横波沿 x 轴正向传播，$t=0$ 时刻的波形如图（a）所示，$x=0.30$m 处的质点的振动图线如图（b）所示，该质点在 $t=0$ 时刻的运动方向沿 y 轴_____（填“正向”或“负向”）。已知该波的波长大于 0.30 m，则该波的波长为_____m。



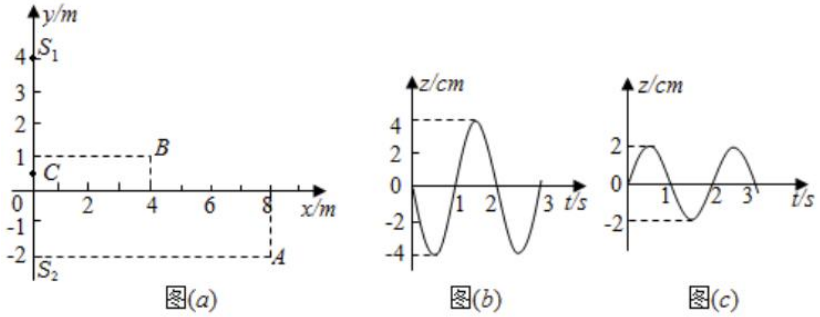
9.（2013·山东）如图所示，在某一均匀介质中，*A*、*B* 是振动情况完全相同的两个波源，其简谐运动表达式均为 $x=0.1\sin(20\pi t)$ m，介质中 *P* 点与 *A*、*B* 两波源间的距离分别为 4 m 和 5 m，两波源形成的简谐波分别沿 *AP*、*BP* 方向传播，波速都是 10 m/s。

（1）求简谐横波的波长。

（2）*P* 点的振动_____（填“加强”或“减弱”）。



10.（2017·全国 1 卷）如图（a），在 *xy* 平面内有两个沿 *z* 方向做简谐振动的点波源 S_1（0，4）和 S_2（0，-2）。两波源的振动图线分别如图（b）和图（c）所示，两列波的波速均为 1.00 m/s。两列波从波源传播到点 *A*（8，-2）的路程差为_____m，两列波引起的点 *B*（4，1）处质点的振动相互_____（填“加强”或“减弱”），点 *C*（0，0.5）处质点的振动相互_____（填“加强”或“减弱”）。



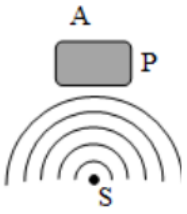
11.（2015·上海）如图，*P* 为桥墩，*A* 为靠近桥墩浮在水面的叶片，波源 *S* 连续振动，形成水波，此时叶片 *A* 静止不动．为使水波能带动叶片振动，可用的方法是（　　）

A．提高波源频率

B．降低波源频率

C．增加波源距桥墩的距离

D．减小波源距桥墩的距离



12.（多选）（2018·海南）警车向路上的车辆发射频率已知的超声波，同时探测反射波的频率。下列说法正确的是（　　）

A．车辆匀速驶向停在路边的警车，警车探测到的反射波频率增高

B．车辆匀速驶离停在路边的警车，警车探测到的反射波频率降低

C．警车匀速驶向停在路边的汽车，探测到的反射波频率降低

D．警车匀速驶离停在路边的汽车，探测到的反射波频率不变

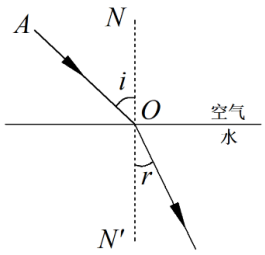
专题九 光学

第 1 节 光的折射和全反射

♦ 公式检测 ♦

1、光的折射

（1）折射率



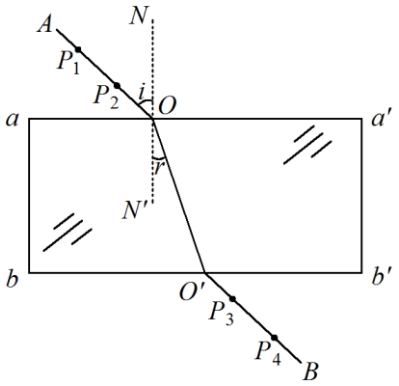
• 折射率的定义式 $n=$————

• 光从真空（空气）射入某种介质，入射角总是_____折射角。

• 折射率与光速的关系 $n=$————

• 任何介质的折射率都_____1。

（2）实验：测定玻璃的折射率



a）实验步骤

①在白纸上作直线 aa' 作为界面，作法线 NN'，画一条入射光线 AO，使入射角 i 适当大些。

②在 AO 线上插两枚大头针 P_1、P_2，沿 aa' 放置玻璃砖。

③沿玻璃砖作另一边界 bb'。在 bb' 一侧插大头针 P_3，恰好_____。

④在 bb' 一侧插大头针 P_4，恰好_____。

⑤移去玻璃砖，拔去大头针，过 P_3、P_4 作直线 BO'，_____就是折射光线。

⑥用量角器量出入射角 i 和折射角 r 的大小，得到折射率 $n=$ ———— 。

⑦多次实验求平均值。

b）补充

·也可以应用图像法求折射率：用 sin$i$ 表示纵坐标，用 sin$r$ 表示横坐标，则图线的_____就等于玻璃的折射率。

·如果玻璃砖两边不平行，则测得的折射率_____。

2、光的全反射

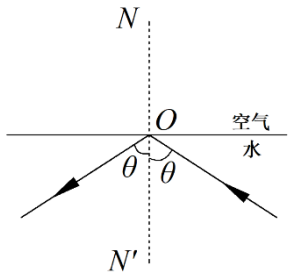
（1）发生全反射的条件

·光线由_____介质射向_____介质。

·入射角_____临界角（C）

（2）全反射的临界角与折射率的关系式

_____



3、七色光各物理量的比较

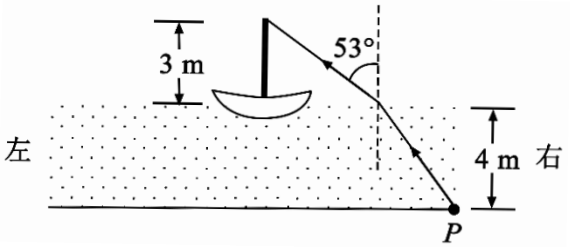
分组	物理量	变化趋势 （按“红橙黄绿蓝靛紫”排序） （选填“增大”或“减小”）	决定因素
第 1 组	频率（f）	_____	_____
	折射率（n）	_____	/
第 2 组	介质中的光速（v）	_____	_____
	波长（λ）	_____	_____
	临界角（C）	_____	/

♦ 实战演练 ♦

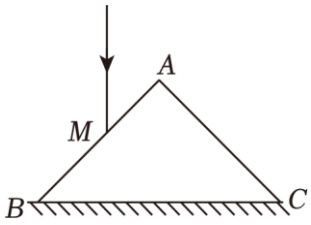
1.（2019 • 全国 1 卷）一艘帆船静止在湖面上，帆船的竖直桅杆顶端高出水面 3 m。距水面 4 m 的湖底 P 点发出的激光束，从水面出射后恰好照射到桅杆顶端，该出射光束与竖直方向的夹角为 53°（取 sin53° = 0.8）。已知水的折射率为$\frac{4}{3}$。

（i）求桅杆到 P 点的水平距离；

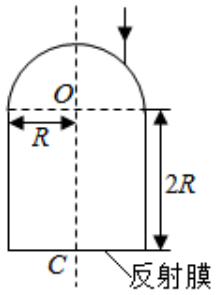
（ii）船向左行驶一段距离后停止，调整由 P 点发出的激光束方向，当其与竖直方向夹角为 45°时，从水面射出后仍然照射在桅杆顶端，求船行驶的距离。



2.（2023 • 全国乙卷）如图，一折射率为$\sqrt{2}$的棱镜的横截面为等腰直角三角形ΔABC，$AB=AC=l$，BC 边所在底面上镀有一层反射膜。一细光束沿垂直于 BC 方向经 AB 边上的 M 点射入棱镜，若这束光被 BC 边反射后恰好射向顶点 A，求 M 点到 A 点的距离。



3.（2017·全国 1 卷）如图，一玻璃工件的上半部是半径为 R 的半球体，O 点为球心；下半部是半径为 R、高为 $2R$ 的圆柱体，圆柱体底面镀有反射膜。有一平行于中心轴 OC 的光线从半球面射入，该光线与 OC 之间的距离为 $0.6R$。已知最后从半球面射出的光线恰好与入射光线平行（不考虑多次反射）。求该玻璃的折射率。



4.（2019·天津）某小组做测定玻璃的折射率实验，所用器材有：玻璃砖，大头针，刻度尺，圆规，笔，白纸。

①下列哪些措施能够提高实验准确程度_____。

A．选用两光学表面间距大的玻璃砖

B．选用两光学表面平行的玻璃砖

C．选用粗的大头针完成实验

D．插在玻璃砖同侧的两枚大头针间的距离尽量大些

②该小组用同一套器材完成了四次实验，记录的玻璃砖界线和四个大头针扎下的孔洞如图 1 所示，其中实验操作正确的是_____。

③该小组选取了操作正确的实验记录，在白纸上画出光线的径迹，以入射点 O 为圆心作圆，与入射光线、折射光线分别交于 A、B 点，再过 A、B 点作法线 NN' 的垂线，垂足分别为 C、D 点，如图 2 所示，则玻璃的折射率 n = _____。（用图中线段的字母表示）

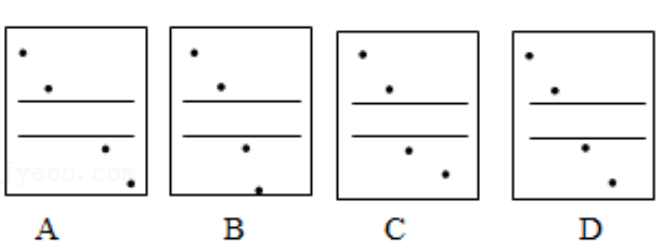


图1

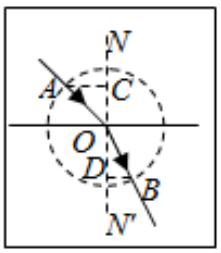


图2

5.（2023·全国）一玻璃砖上下底面为相互平行的平面，两个侧面中一个为平面，另一个为圆柱面的一部分。现要用插针法测量该玻璃砖的折射率，可用的器材还有：木板，白纸，铅笔，四枚大头针和带刻度的三角板（一个角为直角，两个锐角均为45°）。

完成下列实验步骤中的填空并完成光路示意图：

（1）将铺有白纸的木板平放在桌面上，玻璃砖放在白纸上面（图中纸面为玻璃砖底面），用铅笔描下其轮廓线，如图所示。

（2）将玻璃砖移开，过其轮廓直线段的中点 O 作垂线（图中点划线）与圆弧交于 a 点，在轮廓外过 a 点做一条与点划线夹角为45°的直线 ab；然后将玻璃砖放回原处。

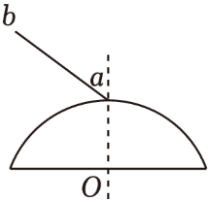
（3）将第一、第二两枚大头针插在_____。

（4）在玻璃砖的另一侧插上第三枚大头针和第四枚大头针，使得_____。

（5）再次移开玻璃砖，过第三、第四枚大头针在纸上的插孔作直线，与轮廓线交于 O' 点，测量线段_____和_____的长度。

（6）完成光路示意图。

（7）可以求出玻璃砖的折射率的表达式为 $n=$_____。



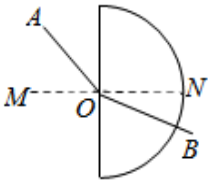
6.（2016·四川）某同学通过实验测定半圆形玻璃砖的折射率 n。如图甲所示，O 是圆心，MN 是法线，AO、BO 分别表示某次测量时光线在空气和玻璃砖中的传播路径。该同学测得多组入射角 i 和折射角 r，做出 $\sin i-\sin r$ 图像如图乙所示。则（　　）

A．光由 A 经 O 到 B，$n=1.5$

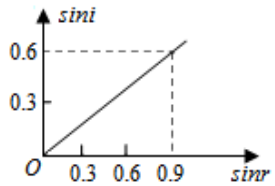
B．光由 B 经 O 到 A，$n=1.5$

C．光由 A 经 O 到 B，$n=0.67$

D．光由 B 经 O 到 A，$n=0.67$

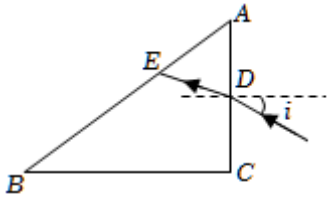


甲



乙

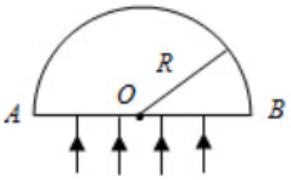
7.（2022·全国乙卷）一细束单色光在三棱镜 ABC 的侧面 AC 上以大角度由 D 点入射（入射面在棱镜的横截面内），入射角为 i，经折射后射至 AB 边的 E 点，如图所示。逐渐减小 i，E 点向 B 点移动，当 $\sin i=\dfrac{1}{6}$ 时，恰好没有光线从 AB 边射出棱镜，且 $DE=DA$。求棱镜的折射率。



8.（2014·全国 1 卷）一个半圆柱形玻璃砖，其横截面是半径为 R 的半圆，AB 为半圆的直径，O 为圆心，如图所示。玻璃的折射率为 $n=\sqrt{2}$。

（i）一束平行光垂直射向玻璃砖的下表面，若光线到达上表面后，都能从该表面射出，则入射光束在 AB 上的最大宽度为多少?

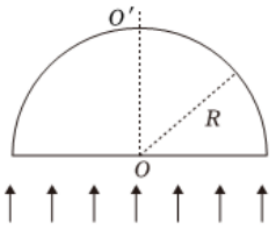
（ii）一细束光线在 O 点左侧与 O 相距 $\frac{\sqrt{3}}{2}R$ 处垂直于 AB 从下方入射，求此光线从玻璃砖射出点的位置。



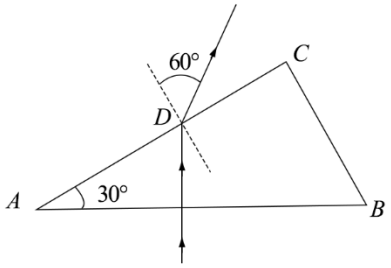
9.（2017·全国 3 卷）如图，一半径为 R 的玻璃半球，O 点是半球的球心，虚线 OO' 表示光轴（过球心 O 与半球底面垂直的直线）。已知玻璃的折射率为 1.5。现有一束平行光垂直入射到半球的底面上，有些光线能从球面射出（不考虑被半球的内表面反射后的光线）。求：

（i）从球面射出的光线对应的入射光线到光轴距离的最大值；

（ii）距光轴 $\frac{R}{3}$ 的入射光线经球面折射后与光轴的交点到 O 点的距离。

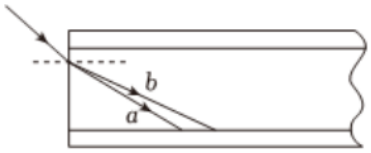


10.（2018·全国1卷）如图，ΔABC为一玻璃三棱镜的横截面，$\angle A=30°$，一束红光垂直AB边射入，从AC边上的D点射出，其折射角为$60°$，则玻璃对红光的折射率为_____。若改用蓝光沿同一路径入射，则光线在D点射出时的折射角_____（“小于”“等于”或“大于”）$60°$。



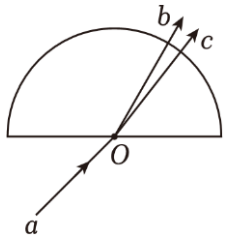
11.（2021·辽宁）一束复色光从空气射入光导纤维后分成a、b两束单色光，光路如图所示。比较内芯中的a、b两束光，a光的（　　）

A．频率小，发生全反射的临界角小
B．频率大，发生全反射的临界角小
C．频率小，发生全反射的临界角大
D．频率大，发生全反射的临界角大



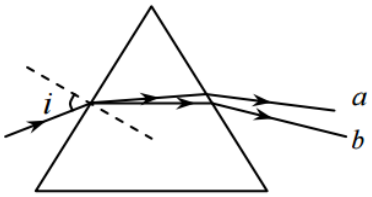
12.（2021·北京）如图所示的平面内，光束a经圆心O射入半圆形玻璃砖，出射光为b、c两束单色光。下列说法正确的是（　　）

A．这是光的干涉现象
B．在真空中光束b的波长大于光束c的波长
C．玻璃砖对光束b的折射率大于对光束c的折射率
D．在玻璃砖中光束b的传播速度大于光束c的传播速度



13.（2017•天津）明代学者方以智在《阳燧倒影》中记载：“凡宝石面凸，则光成一条，有数棱则必有一面五色”，表明白光通过多棱晶体折射会发生色散现象。如图所示，一束复色光通过三棱镜后分解成两束单色光a、b，下列说法正确的是（　　）

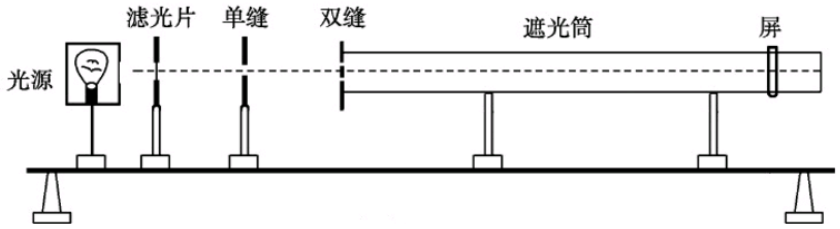
A．若增大入射角i，则b光先消失
B．在该三棱镜中a光波长小于b光
C．a光能发生偏振现象，b光不能发生
D．若a、b光分别照射同一光电管都能发生光电效应，则a光的遏止电压低



第 2 节 光的干涉、衍射和偏振

♦ 公式检测 ♦

1、实验：用双缝干涉测量光的波长



（1）使用测量头测量相邻两个亮条纹（或暗条纹）的_____间距 Δx

• 测量时，应使分划板的中心刻线与条纹的_____对齐。

• 为了减小误差，可测出 n 条亮纹（或暗纹）间的距离 a，则 $\Delta x=$_____。

（2）根据 $\Delta x=$_____，可求出波长 $\lambda=$_____

• 式中，d 表示_____，l 表示_____。

（3）若干涉条纹模糊，为了清晰，可以调节拨杆使单缝和双缝_____。

2、光的衍射和偏振

•光的衍射图样中，相邻条纹间距_____；干涉图样中，相邻条纹间距_____（选填“相等”或“不相等”）。

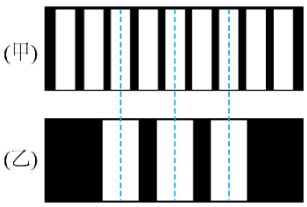
• 泊松亮斑是光的_____现象。

• 只有_____才有偏振现象，光的偏振充分说明光是_____。

• 偏振光的应用：拍摄水面下的景物或者玻璃橱窗里的物体时，给镜头加偏振片滤去水面或玻璃表面的反射光，使景、像清晰。其它应用还有立体电影、偏振太阳镜等。

♦ 实战演练 ♦

1.（2023•江苏）用某种单色光进行双缝干涉实验，在屏上观察到的干涉条纹如图甲所示，改变双缝间的距离后，干涉条纹如图乙所示，图中虚线是亮纹中心的位置。则双缝间的距离变为原来的（　　）



A．$\frac{1}{3}$倍　　B．$\frac{1}{2}$倍

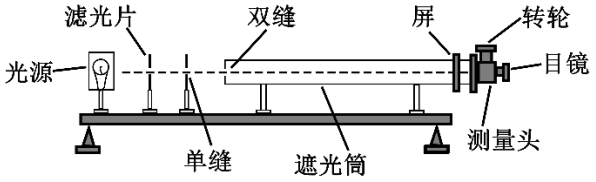
C．2倍　　D．3倍

2.（2015•全国 1 卷）在双缝干涉实验中，分别用红色和绿色的激光照射同一双缝，在双缝后的屏幕上，红光的干涉条纹间距 Δx_1 与绿光的干涉条纹间距 Δx_2 相比 Δx_1 ___ Δx_2（填“＞”“＜”或“＝”）。若实验中红光的波长为630 nm，双缝到屏幕的距离为1 m，测得第一条到第 6 条亮条纹中心间的距离为10.5 mm，则双缝之间的距离为_____mm（保留 3 位有效数字）。

3.（2014•大纲）双缝干涉实验中，一钠灯发出的波长为 589 nm 的光，在距双缝 1.00 m 的屏上形成干涉图样。图样上相邻两明纹中心间距为0.350 cm，则双缝的间距为（　　）

A．2.06×10^{-7} m　　B．2.06×10^{-4} m　　C．1.68×10^{-4} m　　D．1.68×10^{-3} m

4.（2019•全国 2 卷）某同学利用图示装置测量某种单色光的波长。实验时，接通电源使光源正常发光：调整光路，使得从目镜中可以观察到干涉条纹。回答下列问题：



（i）若想增加从目镜中观察到的条纹个数，该同学可_____；

A．将单缝向双缝靠近

B．将屏向靠近双缝的方向移动

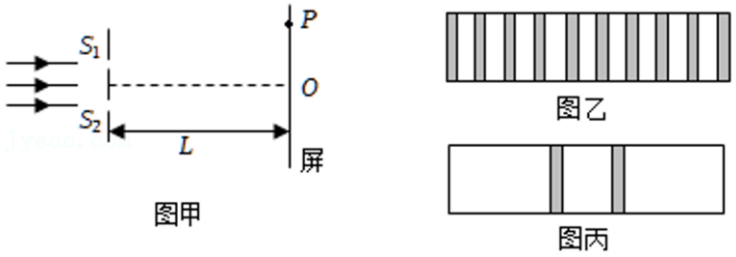
C．将屏向远离双缝的方向移动

D．使用间距更小的双缝

（ii）若双缝的间距为 d，屏与双缝间的距离为 l，测得第 1 条暗条纹到第 n 条暗条纹之间的距离为 Δx，则单色光的波长 λ = _____；

（iii）某次测量时，选用的双缝的间距为 0.300 mm，测得屏与双缝间的距离为 1.20 m，第 1 条暗条纹到第 4 条暗条纹之间的距离为 7.56 mm。则所测单色光的波长为_____nm（结果保留 3 位有效数字）。

5.（多选）（2022•山东）某同学采用图甲所示的实验装置研究光的干涉与衍射现象，狭缝 S_1、S_2 的宽度可调，狭缝到屏的距离为 L。同一单色光垂直照射狭缝，实验中分别在屏上得到了图乙、图丙所示图样。下列描述正确的是（　　）



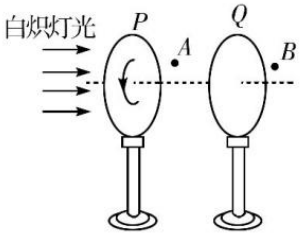
A．图乙是光的双缝干涉图样，当光通过狭缝时，也发生了衍射
B．遮住一条狭缝，另一狭缝宽度增大，其他条件不变，图丙中亮条纹宽度增大
C．照射两条狭缝时，增加 L，其他条件不变，图乙中相邻暗条纹的中心间距增大
D．照射两条狭缝时，若光从狭缝 S_1、S_2 到屏上 P 点的路程差为半波长的奇数倍，P 点处一定是暗条纹

6.（2019•江苏）两支铅笔并排放在一起，中间留一条狭缝，通过这条狭缝去看与其平行的日光灯，能观察到彩色条纹，这是由于光的_____（选填“折射”“干涉”或“衍射”）。当缝的宽度_____（选填“远大于”或“接近”）光波的波长时，这种现象十分明显。

7.（2013•大纲）下列现象中，属于光的衍射的是（　　）
A．雨后天空出现彩虹　　B．通过一个狭缝观察日光灯可看到彩色条纹
C．海市蜃楼现象　　D．日光照射在肥皂膜上出现彩色条纹

8.（2022•北京）下列现象能说明光是横波的是（　　）
A．光的衍射现象　　B．光的折射现象
C．光的偏振现象　　D．光的干涉现象

9.（2012•江苏）如图所示，白炽灯的右侧依次平行放置偏振片 P 和 Q，A 点位于 P、Q 之间，B 点位于 Q 右侧。旋转偏振片 P，A、B 两点光的强度变化情况是（　　）
A．A、B 均不变　　B．A、B 均有变化
C．A 不变，B 有变化　　D．A 有变化，B 不变



10.（2007•江苏）光的偏振现象说明光是横波。下列现象中不能反映光的偏振特性的是（　　）
A．一束自然光相继通过两个偏振片，以光束为轴旋转其中一个偏振片，透射光的强度发生变化
B．一束自然光入射到两种介质的分界面上，当反射光线与折射光线之间的夹角恰好是90°时，反射光是偏振光
C．日落时分，拍摄水面下的景物，在照相机镜头前装上偏振滤光片可以使景象更清晰
D．通过手指间的缝隙观察日光灯，可以看到彩色条纹