高考物理 100 个微专题专项精练

目录

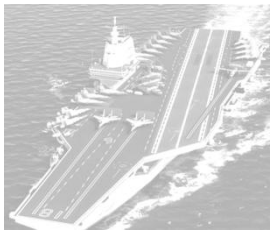
微专练 1　匀变速直线运动规律的应用 4
微专练 2　“刹车类”模型与“0－v－0”模型 5
微专练 3　自由落体运动与竖直上抛运动 8
微专练 4　运动学图像问题的分析 10
微专练 5　非常规图像问题 12
微专练 6　追及相遇问题 14
微专练 7　静态平衡问题 16
微专练 8　动态平衡问题 20
微专练 9　整体法、隔离法在平衡问题中的应用 22
微专练 10　平衡状态下的“临界与极值”问题 26
微专练 11　加速度突变问题 29
微专练 12　牛顿运动定律的应用 31
微专练 13　超重、失重问题 33
微专练 14　斜面模型 35
微专练 15　动力学中的图像问题 38
微专练 16　动力学中的临界与极值问题 42
微专练 17　“小船过河”与“关联速度”问题 45
微专练 18　抛体相遇与平抛临界问题 48
微专练 19　斜(曲)面上的平抛运动 51
微专练 20　圆锥摆模型 53
微专练 21　圆盘模型 55
微专练 22　竖直面内与倾斜面内的圆周运动 57
微专练 23　天体质量与密度的计算 62
微专练 24　卫(行)星运行规律与宇宙速度 63
微专练 25　双星、多星模型 66
微专练 26　卫星变轨、对接、追及相遇问题 68
微专练 27　恒力和变力的功与功率 70
微专练 28　机车启动问题 74
微专练 29　动能定理的应用 76
微专练 30　机械能守恒与圆周运动 80
微专练 31　含弹簧系统的机械能守恒问题 82
微专练 32　非质点类和多物体机械能守恒问题 84
微专练 33　与机械能有关的图像问题 87
微专练 34　功能关系的应用 91
微专练 35　动量定理的应用 93
微专练 36　碰撞与类碰撞模型 97
微专练 37　爆炸、反冲和人船模型 100
微专练 38　库仑力作用下的平衡与非平衡问题 102
微专练 39　“三种方法”巧解电场强度的叠加问题 104
微专练 40　电场线、等势面、运动轨迹的综合问题 107
微专练 41　匀强电场中电场强度与电势差的关系 109
微专练 42　电场中的四类图像分析 113
微专练 43　平行板电容器的动态分析 115
微专练 44　带电粒子在电场中的加速和偏转 117
微专练 45　两类电学元件和两类 U－I 图像 122
微专练 46　闭合电路动态分析与故障分析 124

微专练 47　含电容的直流电路分析 126
微专练 48　安培力作用下导体的平衡问题 129
微专练 49　带电粒子在直线边界磁场中的运动 130
微专练 50　带电粒子在圆形边界磁场中的运动 135
微专练 51　洛伦兹力在现代科技中的应用 140
微专练 52　楞次定律及其推论的应用 143
微专练 53　法拉第电磁感应定律的应用 148
微专练 54　电磁感应中的图像问题 152
微专练 55　交流电的产生与“四值”问题 157
微专练 56　变压器与远距离输电 161
微专练 57　机械振动和机械波 165
微专练 58　简谐运动和机械波的多解问题 169
微专练 59　光的折射与全反射 171
微专练 60　几何光学和物理光学的综合问题 176
微专练 61　气体实验定律与图像、热力学定律综合问题 178
微专练 62　光电效应及图像问题 182
微专练 63　原子能级跃迁问题 184
微专练 64　半衰期、核反应与核能 186
微专练 65　测量做直线运动物体的瞬时速度 190
微专练 66　探究弹簧弹力与形变量的关系 191
微专练 67　探究两个互成角度的力的合成规律 193
微专练 68　探究加速度与物体受力、物体质量的关系 195
微专练 69　测量动摩擦因数 197
微专练 70　探究平抛运动的特点 199
微专练 71　探究向心力的大小与半径、角速度、质量的关系 201
微专练 72　验证机械能守恒定律 203
微专练 73　验证动量守恒定律 205
微专练 74　用单摆测量重力加速度的大小 207
微专练 75　观察电容器的充、放电现象 209
微专练 76　测量导体的电阻和电阻率 210
微专练 77　测量电源的电动势和内阻 212
微专练 78　用多用电表测量电学中的物理量 214
微专练 79　简单传感器及电路设计 216
微专练 80　探究影响感应电流方向的因素 218
微专练 81　探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系 219
微专练 82　测量玻璃的折射率 221
微专练 83　用双缝干涉实验测量光的波长 224
微专练 84　用油膜法估测油酸分子的大小 226
微专练 85　探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系 227
微专练 86　单独气体和关联气体问题 230
微专练 87　气体变质量问题 233
微专练 88　机械振动和机械波 237
微专练 89　光的折射与全反射 239
微专练 90　两类动力学问题 243
微专练 91　含传送带模型的多过程问题 246
微专练 92　含板块模型的多过程问题 250
微专练 93　含弹簧模型的多过程问题 254
微专练 94　带电粒子在组合场中的运动 258
微专练 95　带电粒子(体)在叠加场中的运动 262

微专练 96　带电粒子在交变场中的运动 266
微专练 97　电磁感应中的线框模型 270
微专练 98　电磁感应中的单棒模型 274
微专练 99　电磁感应中的双棒模型 278
微专练 100　电磁感应和电路在新情境中的应用 282

微专练 1　匀变速直线运动规律的应用

1.(速度位移公式的应用)“福建舰”是中国完全自主设计建造的首艘电磁弹射型航空母舰。采用平直通长飞行甲板，如图所示。某舰载机由弹射系统提供 30 m/s 的初速度，在甲板的跑道上以 5 m/s^2 的加速度做匀加速直线运动，当舰载机速度达到 50 m/s 时能离开航空母舰起飞。下列说法正确的是(　　)



A.航空母舰静止，舰载机需在甲板上加速滑行 10 s 起飞

B.航空母舰静止，舰载机需在甲板上加速滑行 160 m 起飞

C.研究航空母舰在海上运动的时间，航空母舰不可以看成质点

D.研究舰载机在航空母舰上加速运动的时间，舰载机不可以看成质点

2.(位移时间公式的应用)具有完全自主知识产权的“复兴号”动车组以安全快捷、平稳舒适、高品质的运营服务成为中国高铁的一张亮丽名片。一列有 8 节车厢的“复兴号”动车组从某地高铁站开出，做匀加速直线运动，车头经过路边一保持不动的工作人员时速度大小为 6 m/s，车尾经过该工作人员时速度大小为 8 m/s。每节车厢的长度相等，则前 4 节车厢经过工作人员的时间与后 4 节车厢经过工作人员的时间之比为(　　)



A.$\frac{5\sqrt{2}+1}{7}$　　B.$\frac{5\sqrt{2}-1}{7}$

C.$\sqrt{2}+1$　　D.$\sqrt{2}-1$

3.(待定系数法求运动参量)(多选)一质点沿直线 Ox 方向运动，它离开 O 点的距离 x 随时间变化的关系为 $x=(8-t^2)$m，则下列说法正确的是(　　)

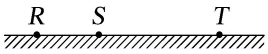
A.该质点做的是加速度为 −2 m/s^2 的匀减速直线运动

B.该质点在 $t=0$ 到 $t=2$ s 间的平均速度大小为 2 m/s

C.该质点在 $t=4$ s 时的速度大小为 8 m/s

D.该质点在 $t=0$ 到 $t=4$ s 间的位移大小为 8 m

4.(平均速度公式的应用)如图所示，电动公交车做匀减速直线运动进站，连续经过 R、S、T 三点，已知 ST 间的距离是 RS 的两倍，RS 段的平均速度是 10 m/s，ST 段的平均速度是 5 m/s，则公交车经过 T 点时的瞬时速度为(　　)



A.3 m/s　　B.2 m/s

C.1 m/s　　D.0.5 m/s

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

A.加速度大小为 3.2 m/s^2

B.第 3 s 初至第 4 s 末的位移大小为 5.6 m

C.后 2 s 内的位移大小为 16 m

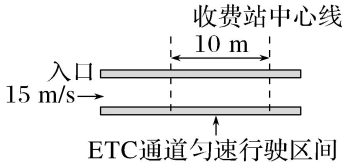
D.第 3 s 初的速度比第 5 s 末的速度小 3.2 m/s

6.(初速度为零的推论的应用)某列车从武汉站由静止启动做匀加速直线运动，一工作人员站在站台上与第一节车厢的前端相齐。已知列车各节车厢的长度相同，各车厢间的间隙不计，若第三节车厢经过工作人员的时间为 t，则第一节车厢经过他的时间为(　　)

A.$\frac{3}{2}t$　　B.$2t$

C.$(1+\sqrt{2})t$　　D.$(\sqrt{2}+\sqrt{3})t$

7.(ETC 通道问题)如图所示，ETC 是高速公路上不停车电子收费系统的简称。一汽车在平直公路上以 15 m/s 的速度行驶，汽车通过 ETC 通道前，以 2.5 m/s^2 的加速度减速，当速度减至 5 m/s 后，匀速通过长为 10 m 的匀速行驶区间。当车头到达收费站中心线后，再以 5 m/s^2 的加速度匀加速至 15 m/s，汽车从开始减速至回到原行驶速度的过程，下列判断正确的是(　　)



A.通过的最短距离为 60 m

B.通过的最短距离为 70 m

C.所用的最短时间为 4 s

D.所用的最短时间为 6 s

微专练 2　“刹车类”模型与“0－v－0”模型

1.(刹车问题)汽车紧急刹车后，停止运动的车轮在水平地面上滑动直至停止，在地面上留下的痕迹称为刹车线。由刹车线的长短可知汽车刹车前的速度。已知汽车刹车减速运动的加速度大小为 8.0 m/s^2，测得刹车线长 25 m。汽车在刹车前的瞬间的速度大小为(　　)

A.10 m/s　　B.15 m/s

C.20 m/s　　D.30 m/s

2.(刹车问题)列车进站时以 20 m/s 的初速度开始做匀减速直线运动加速度大小为 1.25 m/s^2，列车速度减为 0 后在李子坝站停靠了 50 s。则关于列车进站过程下列说法正确的是(　　)



A.列车在减速运动阶段速度减小得越来越慢

B.列车开始减速后，t=8 s 时的速度为 12 m/s

C.列车开始减速后，20 s 内的位移为 150 m

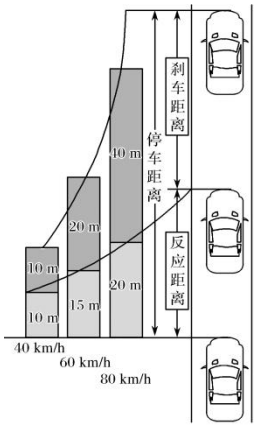
D.列车匀减速阶段最后 1 s 内的位移大小是 0.625 m

3.(逆向思维的应用)假设某次深海探测活动中，“蛟龙号”完成海底科考任务后竖直上浮，从上浮速度为 v 时开始匀减速并计时，经过时间 t，“蛟龙号”上浮到海面，速度恰好减为零，则“蛟龙号”在 t_0(t_0<t)时刻距离海面的深度为(　　)

A.$vt_0\left(1-\frac{t_0}{2t}\right)$　　B.$\frac{v(t-t_0)^2}{2t}$

C.$\frac{vt}{2}$　　D.$\frac{vt_0^2}{2t}$

4.(刹车问题)根据我国道路交通管理的相关规定，同一车道行驶的机动车，后车必须根据行驶速度、天气和路面情况，与前车保持必要的安全距离。如图所示的安全距离示意图，标出了一般情况下汽车在不同行驶速度下所对应的大致安全距离。在通常情况下，驾驶者的反应时间平均为 0.4～1.5 s，下列说法正确的是(　　)



A.反应时间是指刹车后的 0.4 s 至 1.5 s 一段时间

B.驾驶员酒后的反应时间一定会大于 3 s

C.由图像看出，当行驶速度为 60 km/h，停车距离与反应距离的比值为 9∶4

D.由图像看出，随着行驶速度的增大，反应距离与刹车距离的比值逐渐减小

5.(刹车问题)(多选)如图所示“礼让行人”是城市文明的重要标志。某汽车正以 54 km/h 的速度行驶在城市道路上，在车头距离“礼让行人”停车线 36 m 时，驾驶员发现前方有行人通过人行横道，驾驶员的反应时间为 0.2 s，刹车后汽车匀减速滑行，为了停止让行，汽车不能越过停车线。则下列说法正确的是(　　)



A.汽车刹车滑行的最大距离为 33 m

B.汽车刹车的最小加速度为 4 m/s^2

C.汽车用于减速滑行的最长时间为 4.4 s

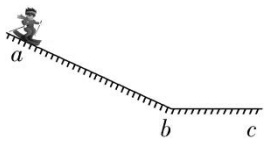
D.汽车行驶的平均速度不能超过 7.6 m/s

6.(“0－v－0”模型)在同一直线上的 A、B 两个高铁实验站台之间的距离为 s，某次实验中一列实验高铁沿轨道由静止从 A 出发驶向 B，高铁先以大小为 a 的加速度匀加速运动一段时间，接着以大小为 $2a$ 的加速度匀减速运动，到达 B 时速度恰好为零，该过程中高铁的最大速度为(　　)

A.$\sqrt{\dfrac{4as}{3}}$　　B.$\sqrt{as}$

C.$\sqrt{\dfrac{2as}{3}}$　　D.$\sqrt{\dfrac{as}{3}}$

7.(“0－v－0”模型)(多选)滑雪是一项非常刺激的运动，为指导滑雪运动员训练，需记录运动员在不同时刻的速度大小。如图所示，运动员从 a 点由静止开始沿直线下滑，到达 c 点时速度为零，已知滑道的粗糙程度不变，且运动员经过 b 点前后的速度大小不变，运动员各时刻速度大小如表所示。则(　　)



时刻 t(s)	1.0	2.0	3.0	6.0	9.0	10.0	11.0
速度 v(m·s^{-1})	2	4	6	12	12	8	4

A.运动员在滑道内做先加速后匀速再减速的运动

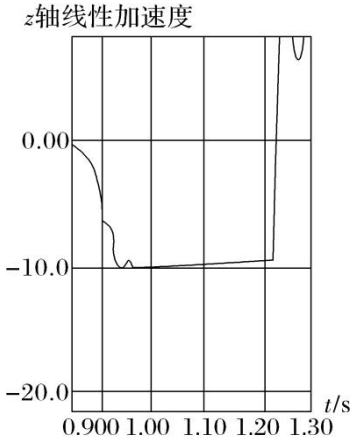
B.运动员滑到 *b* 点时速度大小为 16 m/s

C.滑道 *ab* 段与 *bc* 段的长度之比为 3∶1

D.运动员在 *ab* 段和 *bc* 段的平均速度大小相等

微专练 3　自由落体运动与竖直上抛运动

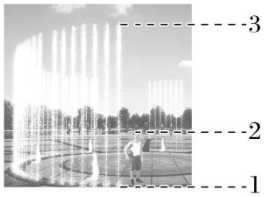
1.(自由落体运动)利用智能手机安装的软件可以测量自由落体运动加速度。让手机由手中静止释放，然后再用手接住手机，手机上显示加速度随时间变化的图线如图所示。其中表示自由落体加速度的时间段是(　　)



A.0～0.900 s　　B.0.900～1.00 s

C.1.00～1.20 s　　D.1.20～1.30 s

2.(估算问题)如图，篮球运动员站在广场上的某一喷泉水柱旁边，虚线“1”“2”“3”所在水平面分别是地面、运动员的头顶、该水柱最高点所在的水平面。根据图中信息和生活经验，可以估算出该水柱从地面喷出时的速度约为(　　)



A.2 m/s　　B.6 m/s

C.10 m/s　　D.20 m/s

3.(位移与时间关系式的应用)2023 年，我国某运动员获得杭州亚运会女子单人 10 米跳台冠军。某轮比赛中，运动员在跳台上倒立静止，然后下落，前 5 m 完成技术动作，随后 5 m 完成姿态调整。假设整个下落过程近似为自由落体运动，重力加速度大小取 10 m/s^2，则她用于姿态调整的时间约为(　　)



A.0.2 s　　B.0.4 s

C.1.0 s　　D.1.4 s

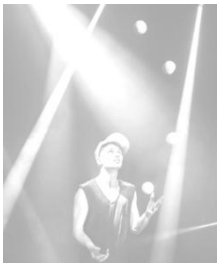
4.(自由落体规律的应用)图示描述的是伽利略在比萨斜塔上做落体实验的故事。不计空气阻力，小球从塔上自由下落，由静止开始经过第一段 h 速度的增加量为Δv_1，经过第三段 h 速度的增加量为Δv_2，则Δv_1与Δv_2的比值满足(　　)



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

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

5.(竖直上抛的应用)如图所示，杂技演员表演抛球游戏，他一共有 4 个球，每隔相等的时间竖直向上抛出一个小球(不计一切阻力，小球间互不影响)，若每个球上升的最大高度都是 1.8 米，忽略每个球在手中的停留时间，重力加速度 g 取 10 m/s^2，则杂技演员刚抛出第 4 个球时，第 1 个球和第 2 个球之间的距离与第 3 个球和第 4 个球之间的距离之比为(　　)

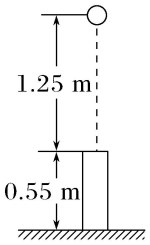


A.1∶1　　B.1∶4

C.1∶3　　D.1∶$\sqrt{2}$

6.(自由落体与竖直上抛的相遇问题)如图所示，长度为 0.55 m 的圆筒竖直放在水平地面上，在圆筒正上方距其上端 1.25 m 处有一小球(可视为质点)。在由静止释放小球的同时，将圆筒竖直向上抛出，结

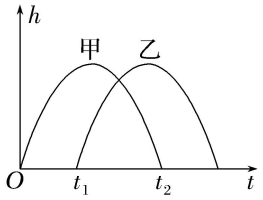
果在圆筒落地前的瞬间，小球在圆筒内运动而没有落地，则圆筒上抛的速度大小至少为(空气阻力不计，取 $g=10\ \mathrm{m/s^2}$)(　　)



A.2.3 m/s　　B.2.5 m/s

C.2.9 m/s　　D.3.2 m/s

7.(竖直上抛的相遇问题)甲、乙两小球先后从同一水平面的两个位置，以相同的初速度竖直向上抛出，小球距抛出点的高度 h 与时间 t 的关系如图所示。不计空气阻力，重力加速度为 g，则两小球在图中的交点位置时，距离抛出点的高度为(　　)

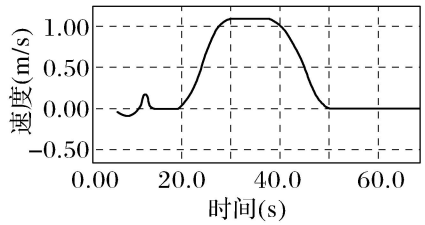


A.$\frac{1}{2}gt_2$　　B.$\frac{1}{8}g(t_2^2-t_1^2)$

C.$\frac{1}{4}g(t_2^2-t_1^2)$　　D.$\frac{1}{2}g(t_2^2-t_1^2)$

微专练 4　运动学图像问题的分析

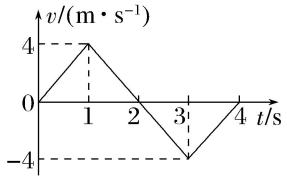
1.($v-t$ 图像)电梯上升过程中，某同学用智能手机记录了电梯速度随时间变化的关系，如图所示。电梯加速上升的时段是(　　)



A.从 20.0 s 到 30.0 s　　B.从 30.0 s 到 40.0 s

C.从 40.0 s 到 50.0 s　　D.从 50.0 s 到 60.0 s

2.($v-t$ 图像)物理兴趣小组制作一电动小车，可以通过遥控器灵活操控其运动。某次活动中，小组成员操控小车沿一直线做较为复杂的运动，其运动的 $v-t$ 图像如图所示。关于小车在前 4 s 的运动，下列说法正确的是(　　)



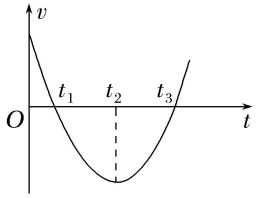
A.小车一直朝同一方向运动

B.小车的加速度不变

C.前 4 s 内小车发生的位移大小为 8 m

D.小车在第 1 s 内的位移和前 3 s 内的位移相同

3.($v-t$ 图像)小物块静止在光滑水平面上，在外力作用下沿水平面运动，以运动中某时刻为计时起点，小物块运动的速度 v 与时间 t 的关系如图所示。下列说法正确的是(　　)



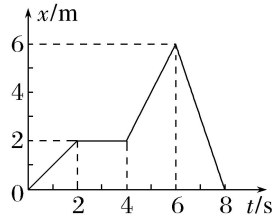
A.小物块做曲线运动

B.t_1 时刻小物块加速度为零

C.t_2 时刻小物块运动方向反向

D.0～t_3，小物块加速度先减小后增大

4.($x-t$ 图像)某质点做直线运动的位置 x 与时间 t 的关系图像如图所示。由图像可知(　　)



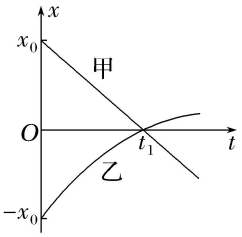
A.前 4 s 内，质点先加速运动再匀速运动

B.前 3 s 内质点的位移是 2 m

C.第 4 s 内质点的位移是 2 m

D.前 6 s 内质点的平均速度为 3 m/s

5.($x-t$ 图像)(多选)甲、乙两汽车沿平直公路相向行驶，其 $x-t$ 图像如图所示，下列说法正确的是(　　)



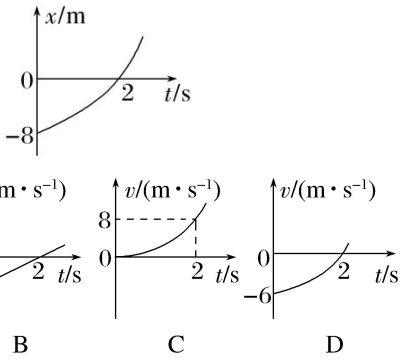
A.在 t_1 时刻，两车的速度大小相等

B.在 0 时刻，甲车的速度小于乙车的速度

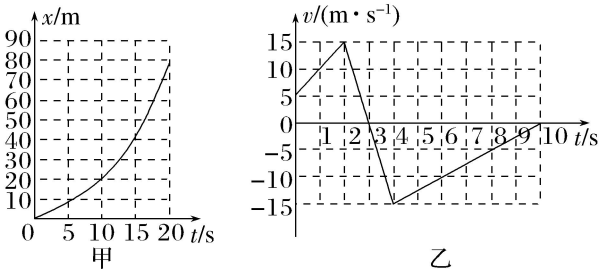
C.在 0～t_1 时间内，两车的平均速度大小相等

D.在 0～t_1 时间内，甲车的平均速度大于乙车的平均速度

6.(图像转换)如图所示为一物体沿直线运动的位移—时间图像，下列关于该物体的速度—时间图像可能正确的是(　　)



7.($x-t$ 图像和 $v-t$ 图像结合)如图所示，甲是某质点的位移—时间图像(抛物线)，乙是另一质点的速度—时间图像，关于这两图像，下列说法中正确的是(　　)



A.由图甲可知，质点加速度为 4 m/s^2

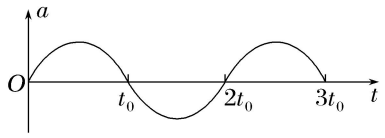
B.由图甲可知，质点在前 10 s 内的平均速度大小为 4 m/s

C.由图乙可知，质点在 2～4 s 内的位移为 0

D.由图乙可知，质点在运动过程中，加速度的最大值为 7.5 m/s^2

微专练 5　非常规图像问题

1.($a-t$ 图像)(多选)$t=0$ 时刻，质点 P 从原点由静止开始做直线运动，其加速度 a 随时间 t 按图示的正弦曲线变化，周期为 $2t_0$。在 0～$3t_0$ 时间内，下列说法正确的是(　　)



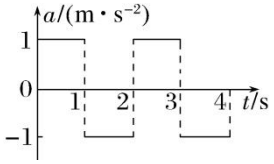
A.$t=2t_0$ 时，P 回到原点

B.$t=2t_0$ 时，P 的运动速度最小

C.$t=t_0$ 时，P 到原点的距离最远

D.$t=\frac{3}{2}t_0$ 时，P 的运动速度与 $t=\frac{1}{2}t_0$ 时相同

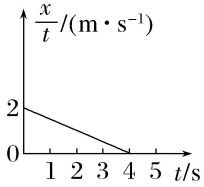
2.($a-t$ 图像)一物体由静止开始沿直线运动，其加速度随时间变化的规律如图所示，取物体开始运动的方向为正方向，则物体 4 s 内发生的位移为(　　)



A.1 m　　B.2 m

C.3 m　　D.4 m

3.($\frac{x}{t}-t$ 图像)一质点以某一初速度开始做直线运动，从质点开始运动计时，经时间 t 质点的位移为 x，其$\frac{x}{t}-t$ 图像如图所示。下列说法正确的是(　　)



A.质点做匀加速直线运动

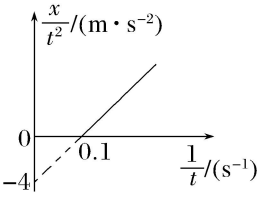
B.任意相邻的 0.2 s 内，质点位移差的大小均为 0.04 m

C.任意 1 s 内，质点速度增量的大小均为 0.5 m/s

D.质点在 1 s 末与 3 s 末的速度方向相同

4.($\frac{x}{t^2}-\frac{1}{t}$图像)随着科技的发展，自动驾驶成为当代汽车领域的重要技术，在某汽车公司研究旗下跑车刹车性能的测试中，得到了如图所示的$\frac{x}{t^2}-\frac{1}{t}$图像，则这辆跑车运动 7 s 后的位移为(　　)

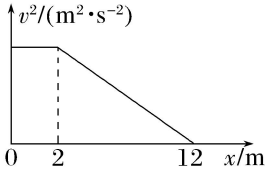




A.100 m　　B.140 m

C.80 m　　D.50 m

5.(v^2-x 图像)预碰撞安全系统能自动探测前方障碍物，测算出发生碰撞的可能性，若系统判断碰撞不可避免，则会预先收紧前座安全带、启动刹车来最大限度地减轻损伤。某新型赛车进行自动刹车性能测试的运动学图像如图所示，已知汽车在平直路面上行驶，从发现问题开始计时，经 0.1 s 反应时间后开始采取制动措施，之后做匀减速直线运动直到停止，则以下说法正确的是(　　)



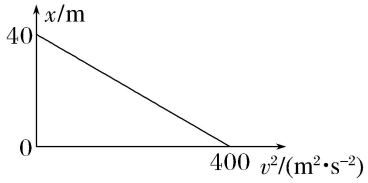
A.汽车运动的最后 5 m 内平均速度大小为 $5\sqrt{2}$ m/s

B.$t=1$ s 时，汽车停止运动

C.汽车初速度大小为 40 m/s

D.汽车减速时的加速度大小为 40 m/s^2

6.($x-v^2$ 图像)(多选)目前我国大力提倡发展新能源，不仅在购车方面有国家和地方双补贴、免缴购置税等好政策，而且在出行上部分城市也实施了新能源汽车免受限号的政策，受到大家的青睐。为检测某新能源动力车的刹车性能，如图所示是一次在平直公路上实验时，动力车整个刹车过程中位移与速度平方之间的关系图像。下列说法正确的是(　　)



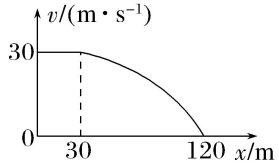
A.动力车的初速度为 20 m/s

B.刹车过程动力车的加速度大小为 10 m/s^2

C.刹车过程持续的时间为 4 s

D.刹车过程经过 6 s 时动力车的位移为 30 m

7.($v-x$ 图像)实验小组通过实验研究汽车在晴天干燥路面和雨天湿滑路面上的制动效果。在晴天干燥路面测试的初速度为 30 m/s，从发出刹车指令到汽车停下的过程的 $v-x$ 图像如图所示。在雨天湿滑路面测试的初速度为 24 m/s，假设人的反应时间不变，从发出刹车指令到汽车停下的过程经过的位移与晴天干燥路面时相同。根据 $v-x$ 图像及所给数据可以推断两种情况下汽车刹车的加速度大小之比 $a_{干}:a_{湿}$ 为(　　)

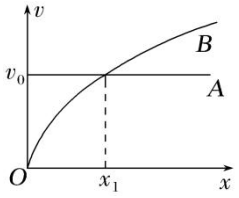


A.5∶4　　B.5∶3

C.4∶3　　D.3∶2

微专练 6　追及相遇问题

1.(匀加速运动追匀速运动)A、B 两物体同时同地向同一方向运动，其速度与位移变化关系图像如图所示，A 物体做匀速直线运动、速度大小为 v_0。B 物体的速度与位移关系图像为过原点开口向右的抛物线。两图像交点坐标为(x_1、v_0)，下列说法正确的是(　　)



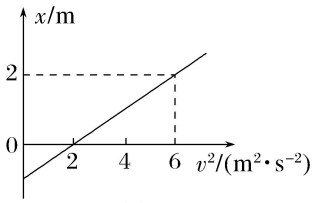
A.出发后，A、B 两物体相遇时 B 物体的速度大小为 $2v_0$

B.A、B 两物体在距坐标原点 x_1 处相遇

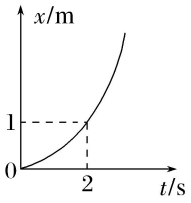
C.B 物体在 x_1 处的加速度 $a=\dfrac{v_0^2}{x_1}$

D.B 物体做加速度减小的加速运动

2.(匀加速运动追匀加速运动)(多选)a、b 两物体均沿 x 轴正方向从静止开始做匀变速直线运动，$t=0$ 时刻两物体同时出发，a 物体的位置 x 随速率平方 v^2 的变化关系如图甲所示，b 物体的位置 x 随运动时间 t 的变化关系如图乙所示，则(　　)



甲



乙

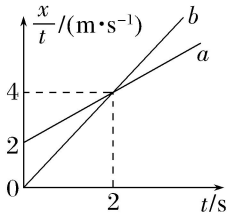
A.a 物体的加速度大小为 1 m/s^2

B.$t=1$ s 时，两物体相距 0.5 m

C.2～4 s 内 a 物体的平均速度大小为 1.5 m/s^2

D.两物体相遇时，a 物体的速度是 b 物体速度的 2 倍

3.(匀加速运动追匀加速运动)在同一平直路面上，从同一地点沿同方向运动的两辆汽车 A、B，A 车的运动图像如图线 a 所示，B 车的运动图像如图线 b 所示，则(　　)



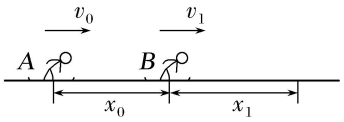
A.0～2 s 内 A 车的速度大，2 s 后 B 车速度大

B.$t=2$ s 时，两车相遇

C.$t=4$ s 时，两车相遇

D.A 车的初速度是 2 m/s，加速度是 1 m/s^2

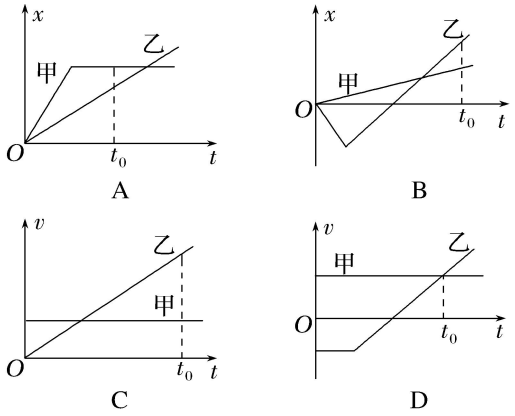
4.(匀速运动追匀减速运动)滑雪运动是 2022 年北京冬季奥运会主要的比赛项目。如图所示，水平滑道上运动员 A、B 间距 $x_0=10$ m。运动员 A 以速度 $v_0=5$ m/s 向前匀速运动。同时运动员 B 以初速度 $v_1=8$ m/s 向前匀减速运动，加速度的大小 $a=2$ m/s^2，运动员 A 在运动员 B 继续运动 x_1 后追上运动员 B，则 x_1 的大小为(　　)



A.4 m　　B.10 m

C.16 m　　D.20 m

5.(二次相遇问题)(多选)甲、乙两人骑车沿同一平直公路运动，$t=0$ 时经过路边的同一路标，下列位移—时间($x-t$)图像和速度—时间($v-t$)图像对应的运动中，甲、乙两人在 t_0 时刻之前能再次相遇的是(　　)



6.(相遇问题)据统计，开车时看手机发生事故的概率是安全驾驶的 23 倍，开车时打电话发生事故的概率是安全驾驶的 2.8 倍。一辆汽车在平直公路上以 72 km/h 的速度匀速行驶，前方 55 m 处有一只流浪狗卧在公路上，该司机因用手机微信抢红包 2 s 后才发现危险，然后立即紧急刹车，以 10 m/s^2 的加速度做匀减速运动，根据以上提供的信息可知(　　)

A.若流浪狗一直静卧着，也不会被汽车撞到

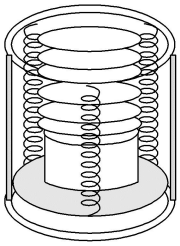
B.刹车 3 s 后，汽车通过的距离为 15 m

C.若汽车距流浪狗 15 m 时，流浪狗开始以 4 m/s 的速度向前奔跑，则流浪狗将摆脱厄运

D.若汽车距流浪狗 15 m 时，流浪狗开始以 4 m/s 的速度向前奔跑，则流浪狗仍难逃厄运

微专练 7　静态平衡问题

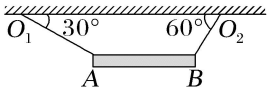
1.(共点力的平衡)餐厅暖盘车的储盘装置示意图如图所示，三根完全相同的弹簧等间距竖直悬挂在水平固定圆环上，下端连接托盘。托盘上叠放若干相同的盘子，取走一个盘子，稳定后余下的正好升高补平。已知单个盘子的质量为 300 g，相邻两盘间距 1.0 cm，重力加速度大小取 10 m/s^2。弹簧始终在弹性限度内，每根弹簧的劲度系数为(　　)



A.10 N/m　　B.100 N/m

C.200 N/m　　D.300 N/m

2.(共点力的平衡)一根长 2 m，重为 G 的不均匀直棒 AB，用两根细绳水平悬挂在天花板上，当棒平衡时细绳与水平面的夹角如图所示，则关于直棒重心 C 的位置，下列说法正确的是(　　)



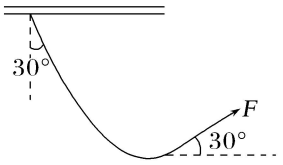
A.距离 B 端 0.5 m 处　　B.距离 B 端 0.75 m 处

C.距离 B 端$\frac{\sqrt{3}}{2}$ m 处　　D.距离 B 端$\frac{\sqrt{3}}{3}$ m 处

3.(共点力的平衡)如图甲所示，“爬绳”是一项锻炼臂力的体育运动。一位同学看见体育场支架上竖直悬挂着的粗壮而均匀的爬绳，忽然来了兴致想估测一下爬绳的重力。他在绳的下端施加一个横向的力 F 使绳缓缓偏离竖直方向，当绳的上端与竖直方向成 30°角时使绳保持静止，此时力 F 与水平方向恰好也成 30°角斜向上且大小为 15 N，如图乙所示。由此可知该绳的重力约为(　　)



甲



乙

A.15 N　　B.30 N

C.15$\sqrt{3}$ N　　D.30$\sqrt{3}$ N

4.(合成法求摩擦力)如图所示，小明正在擦一块竖直放置的黑板，可吸附在黑板上的黑板擦质量 m=0.3 kg，小明施加给黑板擦沿黑板平面内的推力大小为 F=4 N，方向水平，黑板擦做匀速直线运动，重力加速度 g 取 10 m/s^2，则关于黑板擦所受摩擦力的说法正确的是(　　)



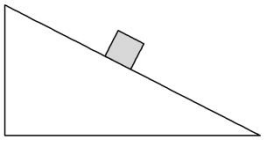
A.摩擦力大小为 5 N

B.摩擦力沿水平方向

C.黑板擦所受摩擦力与推力大小成正比

D.黑板擦吸附在黑板上静止时不受摩擦力

5.(正交分解法求解平衡问题)如图所示，质量为 1 kg 的物块静止在固定斜面上，第一次用大小为 2.5 N、方向沿斜面向下的推力推物块，物块沿斜面匀速下滑；第二次用大小为 12.5 N、方向沿斜面向上的拉力拉物块，物块沿斜面匀速上滑。取重力加速度大小 g=10 m/s^2。物块与斜面间的动摩擦因数为(　　)



A.0.2　　B.0.5

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

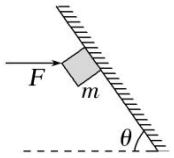
6.(正交分解法的应用)四旋翼无人机通过改变前后端的旋翼转速，形成前后旋翼升力差，使机体倾斜，产生垂直于机体指向前上方的力，实现朝前飞行。一架重为 G 的四旋翼无人机正匀速朝前飞行，机体与水平方向夹角为θ，已知空气阻力的大小与其速度大小成正比，比例系数为 k，方向与运动方向相反。则无人机的飞行速度大小为(　　)



A.$\frac{G}{k}$　　B.$\frac{G\sin\theta}{k}$

C.$\frac{G\cos\theta}{k}$　　D.$\frac{G\tan\theta}{k}$

7.(共点力的平衡)如图所示，质量为 m 的木块，被水平力 F 紧压在倾角为$\theta=60°$的墙面上处于静止状态。则关于木块的受力情况、墙面对木块的作用力(压力与摩擦力的合力)，下列说法不正确的是(　　)



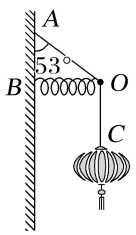
A.墙面对木块一定有压力

B.墙面对木块一定有摩擦力

C.墙面对木块的作用力大小为 F

D.墙面对木块的作用力大小为$\sqrt{F^2+(mg)^2}$

8.(平衡问题)2023 年春节，为增加节日的喜庆气氛，某街道两旁用如图所示的装置挂上了大红灯笼。OA、OC 为轻绳，OA 与竖直墙壁的夹角为 53°，OB 为轻弹簧，弹簧的劲度系数为 1 000 N/m，弹簧处于水平方向上，已知灯笼质量为 6 kg，$\sin 53°=0.8$，重力加速度大小 g 取 10 m/s²，则下列说法正确的是(　　)



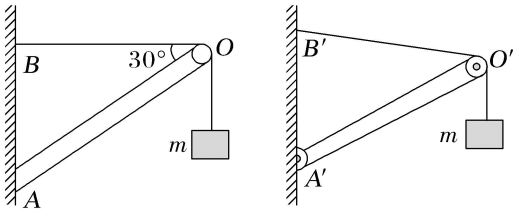
A.弹簧可能处于拉伸状态，也可能处于压缩状态

B.弹簧和轻绳 OA 对 O 点的作用力大小为 30 N

C.弹簧的形变量为 8 cm

D.轻绳 OA 上的弹力大小为 50 N

9.(定杆和动杆问题)(多选)图甲中轻杆 OA 的 A 端固定在竖直墙壁上，另一端 O 光滑，一端固定在竖直墙壁 B 点的细线跨过 O 端系一质量为 m 的重物，OB 水平；图乙中轻杆 $O'A'$可绕 A'点自由转动，另一端 O'光滑；一端固定在竖直墙壁 B'点的细线跨过 O'端系一质量也为 m 的重物，已知图甲中 $\angle BOA=30°$，以下说法正确的是(　　)



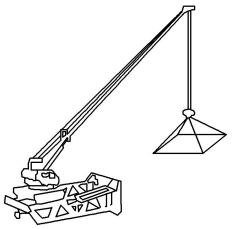
A.图甲轻杆中弹力大小为 $\sqrt{2}mg$

B.图乙轻杆中弹力大小为 $\sqrt{2}mg$

C.图甲中轻杆中弹力与细线 OB 中拉力的合力方向一定沿竖直方向

D.图乙中 $\angle B'O'A'$不可能等于 30°

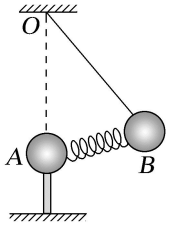
10.(平衡问题)如图所示，起重机将正方形工件缓缓吊起，四根等长的钢绳(质量不计)一端分别固定在正方形工件的四个角上，另一端汇聚一起挂在挂钩上，绳端汇聚处到每个角的距离均与正方形的对角线长度相等，每根钢绳的受力大小为 F，若工件的质量为 m，则当地的重力加速度为(　　)



A.$\frac{F}{m}$　　B.$\frac{\sqrt{3}F}{m}$

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

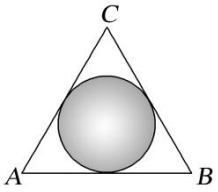
11.(相似三角形法)如图所示，A、B 两球用劲度系数为 k_1 的轻质弹簧相连，B 球用长为 L 的细线悬于 O 点，A 球固定在 O 点正下方，且 O、A 间的距离也为 L，此时绳子的拉力为 F_1，现把 A、B 间的弹簧换成劲度系数为 k_2 的轻质弹簧($k_2>k_1$)，仍使系统平衡，此时绳子的拉力为 F_2，则 F_1 和 F_2 的大小关系为(　　)



A.$F_1>F_2$　　B.$F_1<F_2$

C.$F_1=F_2$　　D.无法确定

12.(正弦定理法)如图所示，内壁光滑的等边三角形框架中放置一铁球，铁球跟三角形框架的三个面刚好接触，在一次搬运过程中，工人将框架以 A 为轴逆时针缓慢抬起，当 AC 边转到偏离竖直方向向左的夹角为 15°时($\sin 75°=\frac{\sqrt{6}+\sqrt{2}}{4}$)，$AB$ 边与 AC 边受到的压力之比为(　　)

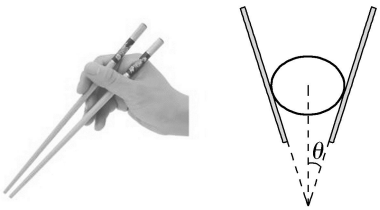


A.$\frac{\sqrt{3}+1}{2}$　　B.$\frac{\sqrt{3}-1}{2}$

C.$\frac{\sqrt{3}+1}{4}$　　D.$\frac{\sqrt{3}-1}{4}$

微专练 8　动态平衡问题

1.(分析法)筷子，古称箸、梜，通常由竹、木、骨、瓷、象牙、金属、塑料等材料制作，是华夏饮食文化的标志之一，也是世界上常用餐具之一，其发明于中国。如图所示，用筷子夹小球，小球始终处于静止状态，筷子均在竖直平面内，小球质量为 m，与筷子之间的摩擦不能忽略，重力加速度为 g，则下列说法正确的是(　　)



A.小球受到筷子的摩擦力一定沿筷子向上

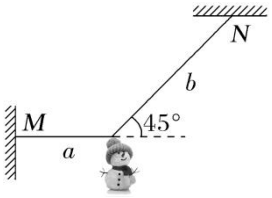
B.筷子对小球的作用力的大小为 mg

C.当筷子和竖直方向的夹角增大时，小球的合力增大

D.当筷子和竖直方向的夹角不变时，筷子对小球弹力越大摩擦力也越大

2.(图解法)如图所示，两根细线(不可伸长，但长度可以改变)的一端分别固定在 M、N 两点，另一端系

在一个玩具娃娃上，使 a 段细线恰好水平，b 段细线与水平方向的夹角为 45°。若使 a 段细线的悬点缓慢向下移动一小段距离，玩具娃娃的位置不变，则与移动前相比(　　)



A.a 段细线的拉力变小

B.a 段细线的拉力不变

C.b 段细线的拉力变大

D.b 段细线的拉力变小

3.(解析法)獐羊具有很强大的爬坡能力，如图是獐羊爬上水坝壁上舔舐钙盐的场景。假设獐羊从水平地面缓慢爬上圆弧山坡，则在此过程中獐羊(　　)





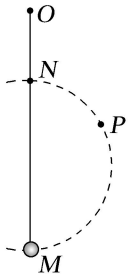
A.受到的支持力增大

B.受到的摩擦力增大

C.受到山坡的作用力增大

D.机械能保持不变

4.(解析法)如图所示，将质量为 m 的小球用橡皮条悬挂在竖直墙的 O 点，小球静止在 M 点，N 为 O 点正下方一点，ON 间的距离等于橡皮条原长，在 N 点固定一铁钉，铁钉位于橡皮条右侧。现对小球施加拉力 F，使小球沿以 MN 为直径的圆弧缓慢向 N 运动，P 为圆弧上的点，角 PNM 为 60°。橡皮条始终在弹性限度内，不计一切摩擦，重力加速度为 g，则(　　)



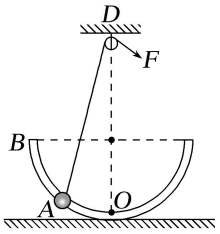
A.在 P 点橡皮条弹力大小为 $\frac{\sqrt{5}}{2}mg$

B.在 P 点时拉力 F 大小为 $\frac{\sqrt{5}}{2}mg$

C.小球在 M 向 N 运动的过程中拉力 F 的方向始终跟橡皮条垂直

D.小球在 M 向 N 运动的过程中拉力 F 先变大后变小

5.(相似三角形法)光滑半圆弧形轻杆固定在地面上，轻绳一端跨过定滑轮，另一端连接一穿在轻杆上的小球，使小球从 A 点缓慢运动到 B 点的过程中，下列说法正确的是(　　)



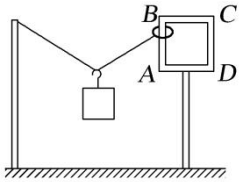
A.轻杆对小球的支持力不变

B.轻杆对小球的支持力变小

C.轻绳对小球的拉力先变小再变大

D.轻绳对小球的拉力不变

6.(晾衣绳模型)(多选)如图所示，一光滑轻绳左端固定在竖直杆顶端，其右端系于一光滑圆环上，圆环套在光滑的矩形支架 $ABCD$ 上。现将一物体以轻质光滑挂钩悬挂于轻绳之上，若使光滑圆环沿着 $ABCD$ 方向在支架上缓慢地顺时针移动，圆环在 A、B、C、D 四点时，绳上的张力分别为 F_a、F_b、F_c、F_d，则(　　)

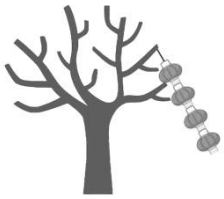


A.$F_a<F_b$　　B.$F_b>F_c$

C.$F_c=F_d$　　D.$F_d>F_a$

微专练 9　整体法、隔离法在平衡问题中的应用

1.(绳连接)(多选)如图所示，夏日的风中，有四个固定连接起来的大灯笼被吹起来处于静止状态，此时悬挂最上面灯笼的绳子与竖直方向的夹角为 45°，灯笼序号自上往下依次标记为 1、2、3、4，每个灯笼质量均为 m，假设每个灯笼所受的风力均为 f，重力加速度大小为 g，则(　　)



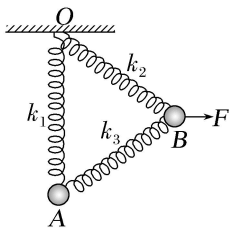
A.每根绳与竖直方向的夹角均不相同

B.四个灯笼所受到的风力之和等于 $4mg$

C.2 号灯笼与 3 号灯笼之间的作用力等于 $2mg$

D.3 号、4 号灯笼之间的作用力为 $\sqrt{2}mg$

2.(弹簧连接)(多选)如图所示，A、B 两球完全相同，质量均为 m，两球可视为质点，用三根完全相同的轻弹簧固定连接，在水平拉力 F 作用下均处于静止状态，k_1 弹簧位于竖直方向，则下列有关说法正确的是(　　)



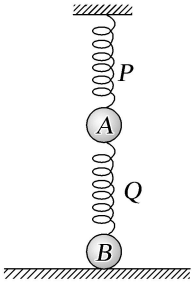
A.k_3 弹簧没有发生形变

B.k_2、k_3 弹簧长度一样长

C.B 球必受四个力作用

D.k_2 弹簧最长

3.(弹簧连接)(多选)如图所示，B 球在地面上，A 球与 B 球用弹簧 Q 连接、A 球与天花板用弹簧 P 连接，A、B 球的球心及两弹簧轴线在同一竖直线上，P 的弹力是 Q 的弹力的 2 倍，A、B 两球的质量均为 0.5 kg，重力加速度大小为 10 m/s^2，则下列判断正确的是(　　)



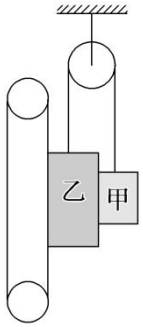
A.两弹簧可能都处于压缩状态

B.P 弹簧对天花板的作用力可能为$\frac{10}{3}$ N

C.B 球对地面的压力可能为零

D.可能 P 弹簧压缩，Q 弹簧拉伸

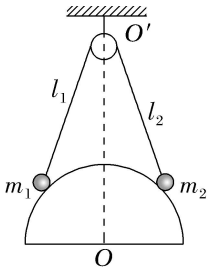
4.(绳连接)质量相等的物体甲与木板乙通过光滑定滑轮(定滑轮质量不计)用轻绳竖直连接。对甲施加水平方向的力，将甲、乙压在逆时针转动的固定竖直传送带上，如图所示。甲、乙恰好均处于静止状态(最大静摩擦力等于滑动摩擦力)，则甲、乙间的动摩擦因数μ_1与乙、传送带间的动摩擦因数μ_2的比为(所有轻绳始终处于竖直方向)(　　)



A.1∶1　　B.2∶1

C.1∶2　　D.1∶3

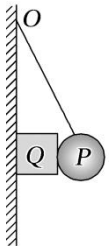
5.(绳连接)如图所示，表面光滑半径为 R 的半球固定在水平地面上，球心 O 的正上方 O'处有一个不计摩擦的定滑轮，轻质细绳两端各系一个小球挂在定滑轮上，两小球均可视为质点。两小球平衡时，若滑轮两侧细绳的长度分别为 $l_1=2.5R$，$l_2=2.4R$，则这两个小球的质量之比 $m_1∶m_2$ 为(　　)



A.24∶1　　B.25∶1

C.24∶25　　D.25∶24

6.(物物接触)如图所示，一根轻绳一端系光滑小球 P，另一端系于墙壁上的 O 点，在墙壁和小球 P 之间夹有一正方体物块 Q。小球 P、物块 Q 均始终处于静止状态，则下列说法正确的是(　　)



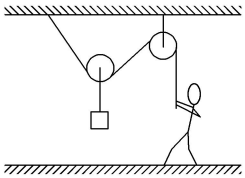
A.物块 Q 受 3 个力

B.小球 P 受 4 个力

C.若 O 点下移(绳长可变)，物块 Q 受到的静摩擦力将增大

D.若 O 点上移(绳长可变)，绳子的拉力将变小

7.(绳连接)如图所示，工人利用滑轮组将重物缓慢提起，下列说法正确的是(　　)



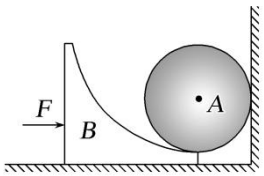
A.工人受到的重力和支持力是一对平衡力

B.工人对绳的拉力和绳对工人的拉力是一对作用力与反作用力

C.重物缓慢拉起过程，绳子拉力变小

D.重物缓慢拉起过程，绳子拉力不变

8.(图解法解连接体的问题)如图，质量分布均匀的球体 A 和四分之一圆弧形滑块 B 相切于最低点并均处于静止状态，现用水平外力 F 作用在 B 上，使 B 向右缓慢移动一小段距离，不计一切摩擦，在此过程中(　　)



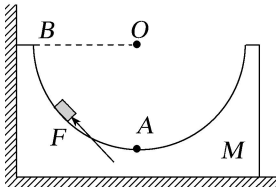
A.B 对 A 的支持力减小

B.竖直墙面对 A 的弹力不变

C.外力 F 增大

D.水平地面对 B 的支持力增大

9.(解析法解连接体的问题)质量为 M 的凹槽静止在水平地面上，内壁为半圆柱面，截面如图所示，A 为半圆的最低点，B 为半圆水平直径的端点。凹槽恰好与竖直墙面接触，内有一质量为 m 的小滑块。用推力 F 推动小滑块由 A 点向 B 点缓慢移动，力 F 的方向始终沿圆弧的切线方向，在此过程中所有摩擦均可忽略，下列说法正确的是(　　)



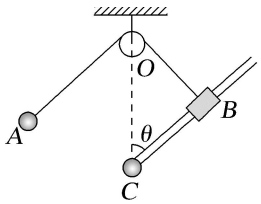
A.推力 F 先增大后减小

B.凹槽对滑块的支持力先减小后增大

C.墙面对凹槽的压力先增大后减小

D.水平地面对凹槽的支持力先减小后增大

10.(电场力作用下的连接体问题)如图所示，质量为 100 g 的带电小球 A 和不带电滑环 B 用绕过光滑定滑轮的不可伸长的轻绳连接，滑环 B 套在与竖直方向成θ=53°角的粗细均匀的固定杆上，滑环和杆间的动摩擦因数μ=0.5，连接滑环 B 的绳与杆垂直并在同一竖直平面内，杆下端固定带电小球 C，H_{OC}=L_{OA}，由于空气潮湿小球带电荷量逐渐减小为零，滑环 B 始终静止。设滑环和杆间的最大静摩擦力等于滑动摩擦力，带电小球可看作点电荷(sin 53°=0.8)。则(　　)



A.绳子拉力逐渐变小

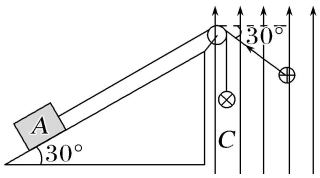
B.滑环 B 的质量不超过 0.05 kg

C.固定杆给滑环 B 的弹力方向垂直于杆向上

D.滑环 B 受到的摩擦力逐渐变小

11.(安培力作用下的连接体问题)如图所示，一倾角为 30°的粗糙斜面静止于水平地面上，质量为 $2m$ 的物块 A 置于斜面上，另有一质量为 m，长度为 l_0 的导体棒 C，通过细线跨过光滑轻质定滑轮与 A

相连，A 到滑轮的细线与斜面平行，C 到滑轮的细线竖直，C 与斜面无接触，在斜面右侧存在竖直向上、磁感应强度为 B 的匀强磁场。开始时，C 中未通电，A、C 保持静止。现向导体棒通入方向向里、大小由零缓慢增大到 I_0 的电流(供电回路题中未画出，对导体棒的受力影响可忽略)，可观察到导体棒缓慢运动，直到绳与水平面成 30°角时保持静止(如图虚线所示)，此过程中棒始终保持水平，滑块 A 与斜面始终保持静止。已知重力加速度为 g。在此过程中，下列说法正确的是(　　)



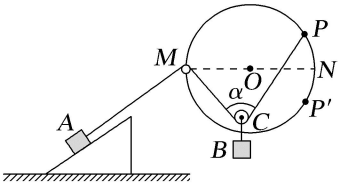
A.滑块 A 受到的摩擦力可能先减小后增大

B.地面对斜面的支持力一直在减小

C.绳受到的拉力最大值为 $\sqrt{3}mg$

D.导体棒中电流 I_0 的值为 $\dfrac{\sqrt{3}mg}{lB}$

12.(绳连接)(多选)如图所示，一个光滑大圆环竖直固定，其水平直径 MN 左端固定有一光滑小圆环，一轻绳跨过小圆环后左端与物块 A 相连，右端系于大圆环上的 P 点。将物块 A 置于静止在粗糙水平面上的粗糙斜面体上，轻绳 MA 段与斜面平行，将悬挂有重物 B 的光滑轻质动滑轮 C 置于轻绳 MP 段上，稳定后，整个系统处于静止状态。现将轻绳右端从 P 点沿大圆环缓慢移至下方关于直径 MN 对称的 P'点，斜面体与物块 A 始终保持静止状态，则在此过程中(　　)



A.轻绳 MC 段与 PC 段间的夹角 α 一定先减小后增大

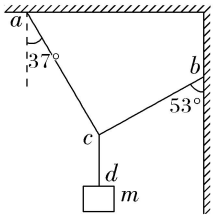
B.轻绳中的弹力一定先增大后减小

C.物块 A 与斜面体之间的摩擦力一定先减小后增大

D.斜面体与水平面之间的摩擦力一定先增大后减小

微专练 10　平衡状态下的“临界与极值”问题

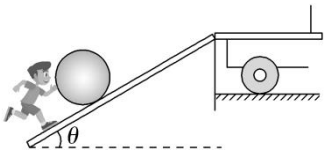
1.(拉力的最大值)如图所示，一物体在三根不可伸长的轻绳的作用下处于静止状态，ac 轻绳与竖直方向成 37°角，bc 轻绳与竖直方向成 53°角，已知 ac 轻绳与 bc 轻绳能够承受的最大拉力均为 20 N，cd 轻绳能够承受足够大的拉力，$g=10\ \mathrm{m/s^2}$，$\sin 37°=0.6$，$\sin 53°=0.8$。则所挂重物的最大质量为(　　)



A.1.6 kg　　B.2.4 kg

C.2.5 kg　　D.2.8 kg

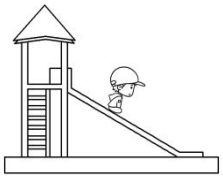
2.(推力的最小值)如图所示，装御工人利用斜面将一质量为 m，可近似为光滑的油桶缓慢地推到汽车上。在油桶上移的过程中，人对油桶推力的方向由水平方向逐渐变为与水平方向成 60°角斜向上，已知斜面的倾角为θ=30°，重力加速度为 g，则关于工人对油桶的推力大小，下列说法正确的是(　　)



A.不变　　B.逐渐变小

C.逐渐变大　　D.最小值为$\frac{mg}{2}$

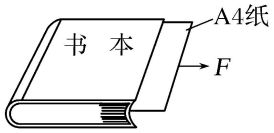
3.(高度的最小值)某幼儿园要在空地上做一个如图所示的滑梯，根据空地的大小，滑梯的水平跨度确定为 6 m。设计时，滑梯和儿童裤料之间的动摩擦因数取 0.3，则滑梯的高度至少为(　　)



A.1.4 m　　B.1.8 m

C.2.0 m　　D.2.4 m

4.(滑动临界问题)一本质量为 m 的书平放在水平桌面上，将一张 A4 纸夹在书页间，如图所示。已知书与桌面间的动摩擦因数为μ，A4 纸与书页间的动摩擦因数为 4μ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，A4 纸的质量忽略不计。现有一水平向右的力 F 作用于 A4 纸上，若要使书与 A4 纸一起运动，则 A4 纸上面书页的质量应至少大于(　　)

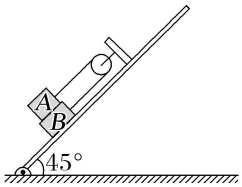


A.$\frac{m}{16}$　　B.$\frac{m}{8}$

C.$\frac{m}{4}$　　D.$\frac{m}{2}$

5.(滑动临界问题)如图所示，一轻质光滑定滑轮固定在倾斜木板上，质量分别为 m 和 2m 的物块 A、B，通过不可伸长的轻绳跨过滑轮连接，A、B 间的接触面和轻绳均与木板平行。A 与 B 间、B 与木板间的动摩擦因数均为μ，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力。当木板与水平面的夹角为 45°时，物块 A、B

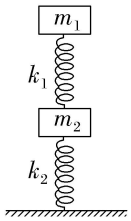
刚好要滑动，则μ的值为(　　)



A.$\frac{1}{3}$　　B.$\frac{1}{4}$

C.$\frac{1}{5}$　　D.$\frac{1}{6}$

6.(分离临界问题)如图所示，两木块的质量分别为m_1和m_2，两轻质弹簧的劲度系数分别为k_1和k_2。上面的木块压在上面的弹簧上(但不拴接)，整个系统处于平衡状态。现缓慢向上提上面的木块，直到它刚离开上面的弹簧。上述过程中，m_1木块移动的距离x_1和m_2木块移动的距离x_2分别是(　　)



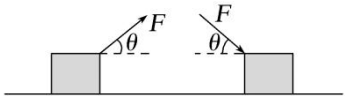
A.$x_1=m_1g\left(\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}\right)$，$x_2=\frac{m_1g}{k_2}$

B.$x_1=m_2g\left(\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}\right)$，$x_2=\frac{m_2g}{k_2}$

C.$x_1=\frac{m_1g}{k_2}$，$x_2=m_2g\left(\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}\right)$

D.$x_1=\frac{m_1g}{k_2}$，$x_2=m_1g\left(\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}\right)$

7.(函数法求极值)(多选)日常生活中，放在水平地面上的箱子可能被拖着运动，也可能被推着运动。一箱子和水平面之间的动摩擦因数为μ，且$\mu<1$，对箱子施加一外力F，方向与水平面的夹角为θ，下列说法正确的是(　　)



A.用斜向上的力拉箱子匀速运动，当$\tan\theta=\mu$时最省力

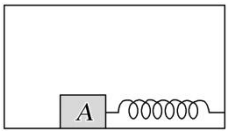
B.用斜向上的力拉箱子匀速运动，当$\tan\theta=\frac{1}{\mu}$时最省力

C.用斜向下的力推箱子，当$\tan\theta>\mu$时不可能推动箱子

D.用斜向下的力推箱子，当$\tan\theta>\frac{1}{\mu}$时不可能推动箱子

微专练 11　加速度突变问题

1.如图，物块 A 放置于粗糙的木箱底部，一水平轻弹簧一端与 A 相连，另一端与木箱竖直内壁相连，开始木箱和 A 静止，弹簧处于压缩状态，若某时刻观察到 A 开始相对于木箱向右移动，这可能是由于以下哪种原因造成(　　)



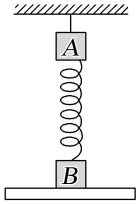
A.木箱突然向上加速运动

B.木箱突然向下加速运动

C.木箱突然向左加速运动

D.木箱突然向右加速运动

2.如图所示，质量分别为 m 和 $3m$ 的 A、B 两物块，用一轻弹簧相连，将 A 用轻绳悬挂于天花板上，用一木板托住物块 B。调整木板的位置，当系统处于静止状态时，悬挂 A 物块的悬绳恰好伸直且没有拉力，此时轻弹簧的形变量为 x，突然撤去木板，重力加速度为 g，物块运动过程中，弹簧始终在弹性限度内，则下列说法正确的是(　　)



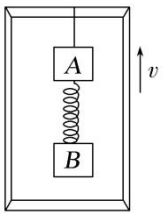
A.撤去木板瞬间，B 物块的加速度大小为 g

B.撤去木板瞬间，B 物块的加速度大小为 $0.5g$

C.撤去木板后，B 物块向下运动 $3x$ 时速度最大

D.撤去木板后，B 物块向下运动 $4x$ 时速度最大

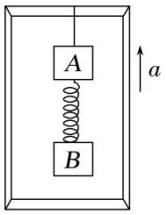
3.两质量均为 m 的物块 A、B 用轻弹簧连接起来用细线悬挂在升降机内，如图所示。升降机以 $v=2$ m/s 的速度匀速上升，某时刻细线突然断裂，则在细线断裂瞬间，A、B 的加速度分别为(取竖直向上为正方向，重力加速度大小 g 取 10 m/s^2)(　　)



A.-10 m/s^2，0　　B.-12 m/s^2，2 m/s^2

C.-20 m/s^2，0　　D.-22 m/s^2，2 m/s^2

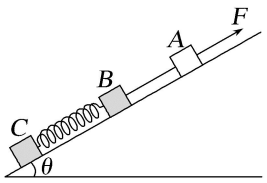
4.两质量均为 m 的物块 A、B 用轻弹簧连接起来用细线悬挂在升降机内，如图所示。当升降机正以大小为 $a=2\ \mathrm{m/s^2}$ 的加速度加速上升时，细线突然断裂，则在细线断裂瞬间，A、B 的加速度分别为(取竖直向上为正方向，重力加速度大小 g 取 $10\ \mathrm{m/s^2}$)(　　)



A.$-2\ \mathrm{m/s^2}$，$2\ \mathrm{m/s^2}$　　B.$-12\ \mathrm{m/s^2}$，$2\ \mathrm{m/s^2}$

C.$-24\ \mathrm{m/s^2}$，0　　D.$-22\ \mathrm{m/s^2}$，$2\ \mathrm{m/s^2}$

5.(多选)如图所示，A、B、C 三个物体分别用轻绳和轻弹簧连接，放置在倾角为θ的光滑斜面上，当用沿斜面向上的恒力 F 作用在物体 A 上时，三者恰好保持静止，已知 A、B、C 三者质量相等，重力加速度为 g。下列说法正确的是(　　)



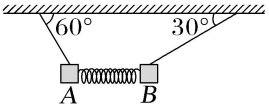
A.在轻绳被烧断的瞬间，A 的加速度大小为 $g\sin\theta$

B.在轻绳被烧断的瞬间，B 的加速度大小为 $g\sin\theta$

C.剪断弹簧的瞬间，A 的加速度大小为 $\frac{1}{2}g\sin\theta$

D.突然撤去外力 F 的瞬间，A 的加速度大小为 $\frac{3}{2}g\sin\theta$

6.(多选)如图所示，A、B 两物体用两根轻质细线分别悬挂在天花板上，两细线与水平方向夹角分别为60°和30°，A、B 间拴接的轻弹簧恰好水平，A、B 两物体处于静止状态，则(　　)



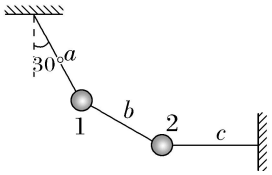
A.A、B 所受弹簧弹力大小之比为$\sqrt{3}$∶1

B.A、B 的质量之比为 m_A∶m_B=3∶1

C.悬挂 A、B 的细线上拉力大小之比为$\sqrt{3}$∶1

D.同时剪断两细线的瞬间，A、B 的瞬时加速度大小之比为 1∶$\sqrt{3}$

7.(多选)用三根细线 a、b、c 将两个小球 1 和 2 连接，并悬挂如图所示。两小球处于静止状态，细线 a 与竖直方向的夹角为 30°，细线 c 水平，以下(　　)



A.剪断细线 a 的瞬间球 1 加速度大小为 g

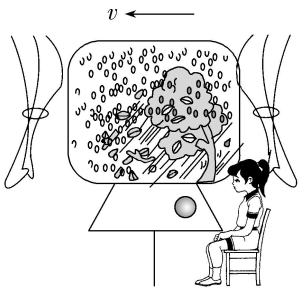
B.剪断细线 a 的瞬间球 2 加速度大小为 g

C.剪断细线 b 的瞬间球 1 加速度大小为 g

D.剪断细线 b 的瞬间球 2 加速度大小为 g

微专练 12　牛顿运动定律的应用

1.(牛顿第一定律的应用)如图所示，某同学朝着列车行进方向坐在车厢中，水平桌面上放有一静止的小球。突然，他发现小球向后滚动，则可判断(　　)



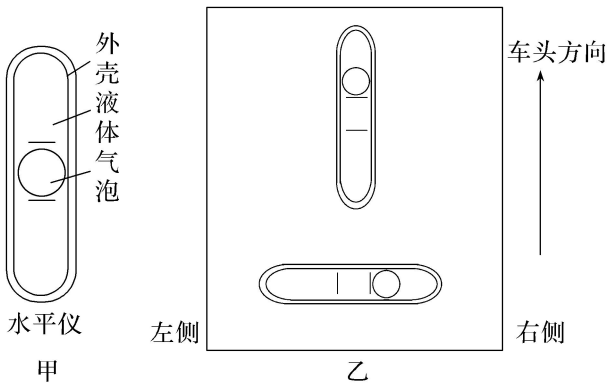
A.列车在刹车

B.列车在做匀速直线运动

C.列车在做加速直线运动

D.列车的加速度在增大

2.(牛顿第一定律的应用)水平仪的主要测量装置是一个内部封有液体的玻璃管，液体中有一气泡，水平静止时，气泡位于玻璃管中央，如图甲所示。一辆在水平轨道上行驶的火车车厢内水平放置两个水平仪，一个沿车头方向，一个垂直于车头方向。某时刻，气泡位置如图乙所示，则此时关于火车运动的说法可能正确的是(　　)



A.加速行驶，且向左转弯

B.加速行驶，且向右转弯

C.减速行驶，且向左转弯

D.减速行驶，且向右转弯

3.(牛顿第三定律的应用)如图所示是一种有趣好玩的感应飞行器的示意图，主要是通过手控感应飞行，它的底部设置了感应器装置。只需要将手置于离飞行器底部一定距离处，就可以使飞行器静止悬浮在空中，操作十分方便。下列说法正确的是(　　)



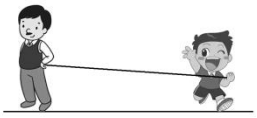
A.空气对飞行器的作用力方向竖直向上

B.手对飞行器的作用力与飞行器所受的重力是一对平衡力

C.空气对飞行器的作用力和空气对手的作用力是一对作用力和反作用力

D.因为空气会流动，所以螺旋桨对空气的作用力和空气对螺旋桨的作用力大小不相等

4.(牛顿第三定律的应用)质量为80 kg的爸爸和质量为50 kg的儿子在冰面上用一根轻绳做拔河游戏如图所示，假设儿子朝爸爸方向运动的加速度大小是2.4 m/s^2，若忽略冰面的阻力则(　　)



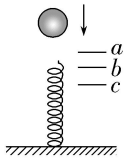
A.爸爸的加速度大小为1.5 m/s^2

B.绳子对儿子的拉力大小为120 N

C.绳子对儿子的拉力大于对爸爸的拉力

D.儿子滑动的距离小于爸爸滑动的距离

5.(牛顿第二定律的应用)(多选)如图，一个小球自空中竖直下落，落向一根竖立于地面的轻质弹簧，图中a对应与球刚接触弹簧的位置；b是球轻放在弹簧上刚好能保持静止的位置；c是球压弹簧后所能达到的最低位置，不计空气阻力，则(　　)



A.小球落至a点时速度达到最大值

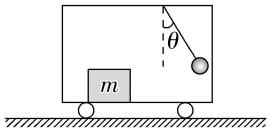
B.小球落至b点时的加速度为零

C.小球压弹簧的过程中先做加速运动，后做减速运动

D.小球从a到c的过程中加速度逐渐增大

6.(牛顿第二定律的应用)在水平铁轨上行驶的列车车厢里，车顶上用细线悬挂一个小球，车底板上放

一个质量是 m 的木箱。某段时间内，摆线与竖直方向夹角始终为θ，如图所示。下列判断正确的是(　　)



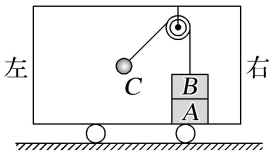
A.列车一定在加速向左运动，加速度大小为 $g\tan\theta$

B.列车可能在减速向右运动，加速度大小为 $g\sin\theta$

C.无论列车向左还是向右运动，木箱所受摩擦力方向一定向左

D.如果一段时间内观察到细线与竖直方向的夹角周期变化，列车的加速度一定在不断变化

7.(牛顿第二定律的应用)如图所示，一辆小车沿水平方向行驶，质量均为 10 kg 的两物块 A、B 叠放在小车的水平底板上，与 B 相连的竖直轻绳跨过光滑的定滑轮与质量为 0.4 kg 的小球 C 相连，物块 A、B 与小球 C、小车均保持相对静止，此时与小球 C 相连的轻绳与竖直方向成 37°角。已知重力加速度 g 取 10 m/s^2，下列说法正确的是(　　)



A.小车的加速度大小为 3 m/s^2

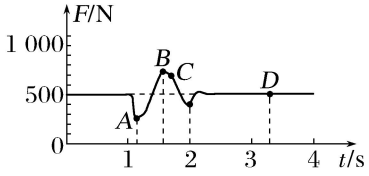
B.轻绳对小球 C 的拉力大小为 4 N

C.底板对物块 A 的摩擦力大小为 75 N

D.物块 A 对物块 B 的摩擦力大小为 75 N

微专练 13　超重、失重问题

1.(结合 $F-t$ 图像判断超重、失重)某同学站在力传感器上完成下蹲动作。力传感器的示数随时间变化的情况如图所示。图中 A、B、C、D 四点，反映该同学处于失重状态的是(　　)



A.A 点　　B.B 点

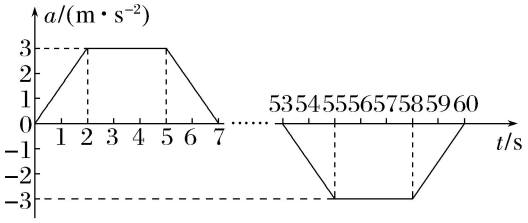
C.C 点　　D.D 点

2.(结合 $a-t$ 图像判断超重、失重)(多选)如图甲所示为东方明珠广播电视塔，是上海的标志性文化景观之一，塔高约 468 米。游客乘坐观光电梯大约 1 min 就可以到达观光平台。若电梯简化成只受重力与绳索拉力，已知电梯在 $t=0$ 由静止开始上升，其加速度 a 与时间 t 的关系如图乙所示。下列相关说

法正确的是(　　)



甲



乙

A.t=6 s 时，电梯处于超重状态

B.7～53 s 时间内，绳索拉力最小

C.t=59 s 时，电梯处于超重状态

D.t=60 s 时，电梯速度恰好为 0

3.(电梯中超重、失重的定性分析)(多选)遇到电梯坠落时，要两臂张开背靠电梯壁，膝盖弯曲踮起脚尖，同时吸一口气在肺里。如图所示，若电梯坠落过程中紧急制动生效，电梯开始减速，假设电梯壁光滑。制动生效后相比匀速运动的电梯，下列说法正确的是(　　)



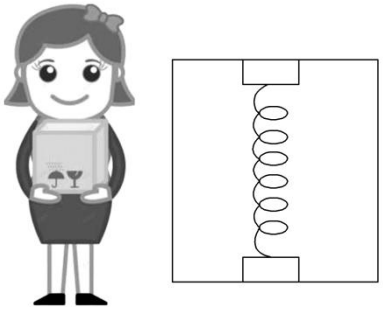
A.人脚对地板的压力变小

B.人脚和地板间的摩擦力变大

C.人后背对电梯壁的压力变大

D.人后背对电梯壁的压力不变

4.(电梯中超重、失重的定量计算)如图所示，某同学抱着箱子做蹲起运动研究超重和失重现象，在箱内的顶部和底部均安装有压力传感器。两质量均为 2 kg 的物块用轻弹簧连接分别抵住传感器。当该同学抱着箱子静止时，顶部的压力传感器显示示数 F_1=10 N。重力加速度 g 取 10 m/s^2。不计空气阻力，则(　　)



A.箱子静止时，底部压力传感器显示示数 $F_2=30$ N

B.当 $F_1=5$ N 时，箱子处于失重状态，人可能抱着箱子下蹲

C.当 $F_1=15$ N 时，箱子处于超重状态，人可能抱着箱子向上站起

D.若箱子保持竖直从高处自由释放，运动中两个压力传感器的示数均为 30 N

5.(火箭发射过程中的超重、失重)关于火箭在竖直方向加速起飞阶段的说法，下列正确的是(　　)



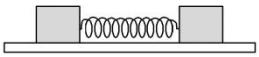
A.火箭只受到重力和空气阻力的作用

B.火箭喷出的热气流对火箭的作用力与火箭对热气流的作用力大小相等

C.火箭处于失重状态

D.保温泡沫塑料从箭壳上自行脱落后，相对地面由静止下落

6.(完全失重)物理课上，老师演示了一个实验：如图所示，水平粗糙木板上放置两个物块，其间有一个处于拉伸状态的弹簧。将木板抬至空中保持水平，两物块相对木板保持静止，然后将整个装置无初速释放，下落过程中可能观察到的现象是(　　)



A.两物块依旧相对木板保持静止

B.两物块相对木板运动且彼此靠近

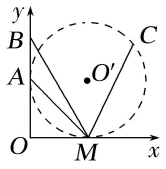
C.质量大的物块与木板保持相对静止，质量小的物块靠近质量大的物块

D.质量小的物块与木板保持相对静止，质量大的物块靠近质量小的物块

微专练 14　斜面模型

1.(同底斜面模型)如图所示，在竖直平面内建立直角坐标系 xOy，该平面内有 AM、BM、CM 三条光滑固定轨道，其中 A、C、M 三点处于同一个圆上，C 是圆上任意一点，A、M 分别为此圆与 y 轴、x

轴的切点，B 点在 y 轴上且在 A 点上方，O'为圆心。现将 a、b、c 三个小球分别从 A、B、C 点同时由静止释放，它们将沿轨道运动到 M 点。如所用时间分别为 t_A、t_B、t_C，则 t_A、t_B、t_C 的大小关系是(　　)



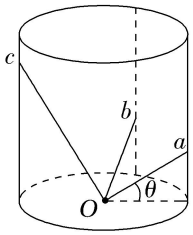
A.$t_A<t_C<t_B$

B.$t_A=t_C<t_B$

C.$t_A=t_C=t_B$

D.由于 C 点的位置不确定，无法比较时间大小关系

2.(同底斜面模型)在一圆柱体的仓库内有三块长度不同的滑板 aO、bO、cO，其下端都固定于仓库底部圆心 O 处，上端则靠在仓库侧壁上，三块滑板与水平面的夹角依次为 30°、45°、60°。若有三个小孩同时分别从 a、b、c 处开始下滑，忽略小孩与滑板之间的摩擦，则(　　)



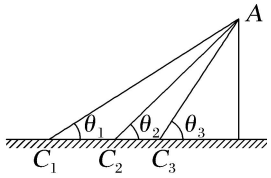
A.在 a 处和 b 处的小孩同时到 O 点

B.在 a 处和 c 处的小孩同时到 O 点

C.在 a 处的小孩最先到 O 点

D.在 c 处的小孩最先到 O 点

3.(等高斜面模型)(多选)如图所示，一个物体由 A 点出发分别沿三条光滑轨道到达 C_1、C_2、C_3，则(　　)



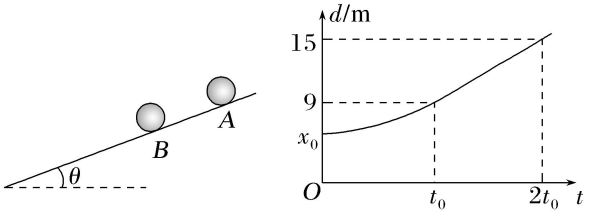
A.物体到达 C_1 点时的速度最大

B.物体分别在三条轨道上的运动时间相同

C.物体到达 C_3 的时间最短

D.在 C_3 上运动的加速度最大

4.(光滑斜面模型)(多选)如图甲所示，倾角为$\theta=37°$的足够长的光滑斜面上有两个小球 A、B 从不同位置于不同时刻静止释放。两小球可视为质点，它们在同一直线上运动，球 A 初始位置在球 B 上方 x_0 处。B 球释放 t_0 后再释放 A 球，以 B 球释放的时刻作为计时起点，测得它们之间的距离 d 随时间 t 变化的图像如图乙所示，已知重力加速度 $g=10\ \mathrm{m/s^2}$。则(　　)



甲　　乙

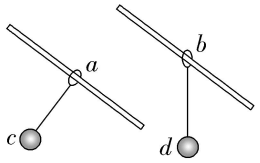
A.两小球释放的时间差为 2 s

B.两小球释放位置的距离为 6 m

C.时间足够长后，两球速度差恒定不变

D.时间足够长后，两球位移差恒定不变

5.(粗糙斜面模型)(多选)两倾斜的平行杆上分别套着 a、b 两相同圆环，两环上均用细线悬吊着相同的小球，如图所示。当它们都沿杆向下滑动，各自的环与小球保持相对静止时，a 的悬线与杆垂直，b 的悬线沿竖直方向，下列说法正确的是(　　)



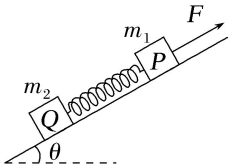
A.a 环沿杆做匀加速直线运动

B.b 环与杆有摩擦力

C.d 球处于失重状态

D.细线对 c、d 球的弹力大小相等

6.(光滑斜面上的连接体问题)(多选)如图，在倾角为θ的光滑斜面上，有两个物块 P 和 Q，质量分别为 m_1 和 m_2，用与斜面平行的轻质弹簧相连接，在沿斜面向上的恒力 F 作用下，两物块一起向上做匀加速直线运动，则(　　)



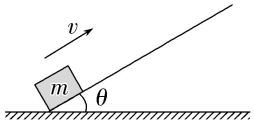
A.两物块一起运动的加速度大小为 $a=\dfrac{F}{m_1+m_2}$

B.弹簧的弹力大小为 $F_{弹}=\dfrac{m_2}{m_1+m_2}F$

C.若只增大 m_2，两物块一起向上匀加速运动时，它们的间距变大

D.若只增大θ，两物块一起向上匀加速运动时，它们的间距变大

7.(粗糙斜面上的往复运动)某同学设计了一种测物块与斜面间动摩擦因数的方法，如图所示，调整斜面的倾角为θ，让物块从斜面底端以一定的初速度冲上斜面，物块到达最高点后又滑回原处。测出物块下滑的时间是上滑时间的 k 倍，则物块与斜面间的动摩擦因数为(　　)



A.$\frac{k^2-1}{k^2+1}\sin\theta$　　B.$\frac{k^2-1}{k^2+1}\tan\theta$

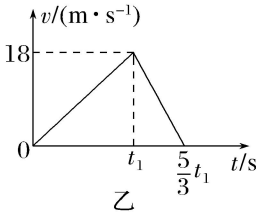
C.$\frac{k-1}{k+1}\sin\theta$　　D.$\frac{k-1}{k+1}\tan\ \theta$

微专练 15　动力学中的图像问题

1.($v-t$ 图像)如图甲所示，鸟儿有多拼，为了生存几只鸟像炮弹或标枪一样一头扎入水中捕鱼，假设小鸟的俯冲是自由落体运动，进入水中后是匀减速直线运动，其 $v-t$ 图像如图乙所示，自由落体运动的时间为 t_1，整个过程的运动时间为 $\frac{5}{3}t_1$，最大速度为 $v_m=18$ m/s，重力加速度 g 取 10 m/s^2，下列说法正确的是(　　)



甲



乙

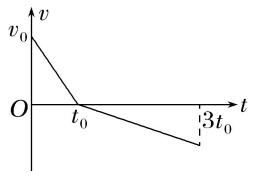
A.$t_1=1.6$ s

B.整个过程下落的高度为 27 m

C.$t_1\sim\frac{5}{3}t_1$ 时间内 $v-t$ 图像的斜率为-10 m/s^2

D.$t_1\sim\frac{5}{3}t_1$ 时间内阻力是重力的 1.5 倍

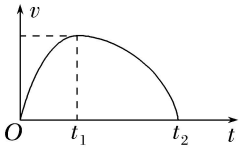
2.($v-t$ 图像)海洋馆中一潜水员把一质量为 m 的小球以初速度 v_0 从手中竖直抛出，从抛出开始计时，$3t_0$ 时刻小球返回手中，小球始终在水中且在水中所受阻力大小不变，小球的速度随时间变化的关系图像如图所示，重力加速度大小为 g，则小球在水中竖直下落过程中的加速度大小为(　　)



A.$\frac{1}{5}g$　　B.$\frac{2}{5}g$

C.$\frac{3}{5}g$　　D.$\frac{4}{5}g$

3.($v-t$ 图像)(多选)受水平外力 F 作用的物体，在粗糙水平面上做直线运动，其 $v-t$ 图像如图所示，则(　　)



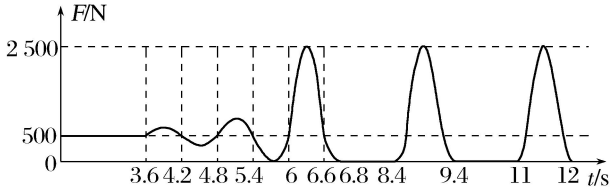
A.在 0～t_1 内，外力 F 的大小不断减小

B.在 t_1 时刻，外力 F 为零

C.在 t_1～t_2 内，外力 F 的大小可能不断减小

D.在 t_1～t_2 内，外力 F 的大小可能先减小后增大

4.($F-t$ 图像)在蹦床运动过程中，用力传感器测出弹簧床对运动员的弹力 F，如图是绘制的 F 随时间 t 的变化图像，不计空气阻力，重力加速度 $g=10\ \text{m/s}^2$，则下列说法正确的是(　　)



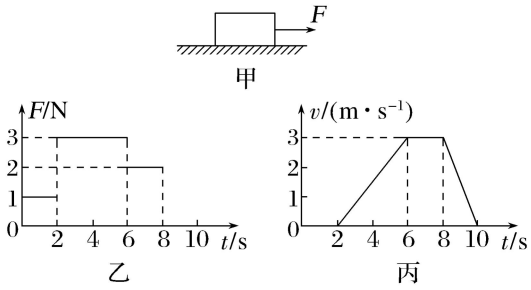
A.运动员的质量为 40 kg

B.运动员在 3.6～4.8 s 内处于超重状态

C.运动员的最大加速度大小为 50 m/s²

D.运动员离开蹦床上升的最大高度为 3.2 m

5.($v-t$ 图像＋$F-t$ 图像)一物体放在水平地面上，如图甲所示，已知物体所受水平拉力 F 随时间 t 变化的关系图像如图乙所示，物体相应的速度 v 随时间 t 变化的关系图像如图丙所示，重力加速度取 $g=10\ \text{m/s}^2$，则(　　)



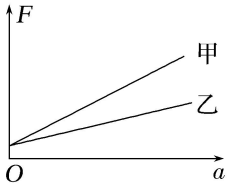
A.滑动摩擦力为 3 N

B.全过程物体发生的位移为 15 m

C.动摩擦因数为 0.2

D.物体的质量为 1.5 kg

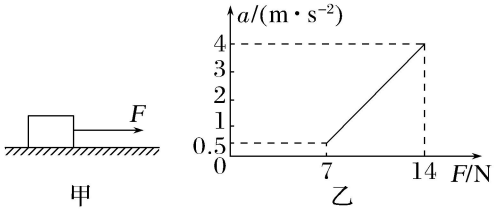
6.($F-a$ 图像)(多选)用水平拉力使质量分别为 $m_{甲}$、$m_{乙}$的甲、乙两物体在水平桌面上由静止开始沿直线运动，两物体与桌面间的动摩擦因数分别为$\mu_{甲}$和$\mu_{乙}$。甲、乙两物体运动后，所受拉力 F 与其加速度 a 的关系图线如图所示。由图可知(　　)



A.$m_{甲}<m_{乙}$　　B.$m_{甲}>m_{乙}$

C.$\mu_{甲}<\mu_{乙}$　　D.$\mu_{甲}>\mu_{乙}$

7.($a-F$ 图像)(多选)如图甲所示，物体原来静止在水平面上，用一水平力 F 拉物体，在 F 从 0 开始逐渐增大的过程中，物体先静止后又做变加速运动，其加速度 a 随外力 F 变化的图像如图乙所示。重力加速度 g 取 10 m/s^2。根据图乙中所标出的数据可计算出(　　)



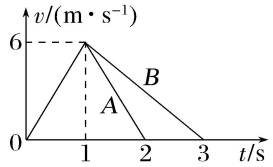
A.物体的质量为 1 kg

B.物体的质量为 2 kg

C.物体与水平面间的动摩擦因数为 0.3

D.物体与水平面间的动摩擦因数为 0.5

8.(多物体的 $v-t$ 图像)A、B 两物体同时受到同样的水平拉力后，分别在水平面上从静止开始做匀加速直线运动，1 s 后，同时撤去拉力，它们均做匀减速直线运动，直到停止，其 $v-t$ 图像如图所示，重力加速度 g 取 10 m/s^2。在 A、B 整个运动过程中，下列说法正确的是(　　)



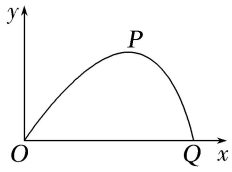
A.A、B 两物体质量之比为 4∶3

B.A、B 两物体受到摩擦力之比为 3∶2

C.A、B 两物体位移之比为 3∶4

D.A、B 两物体与水平面间动摩擦因数之比为 1∶2

9.($y-x$ 图像)如图所示，在考虑空气阻力的情况下，一小石子从 O 点抛出沿轨迹 OPQ 运动，其中 P 是最高点。若空气阻力大小与瞬时速度大小成正比，则小石子竖直方向分运动的加速度大小(　　)



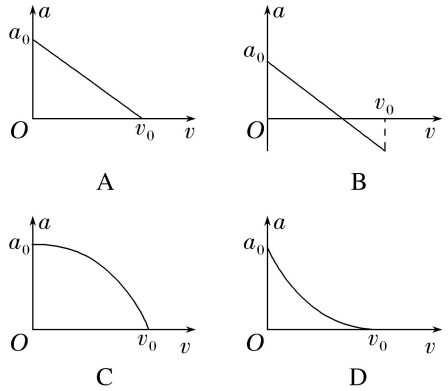
A.O 点最大

B.P 点最大

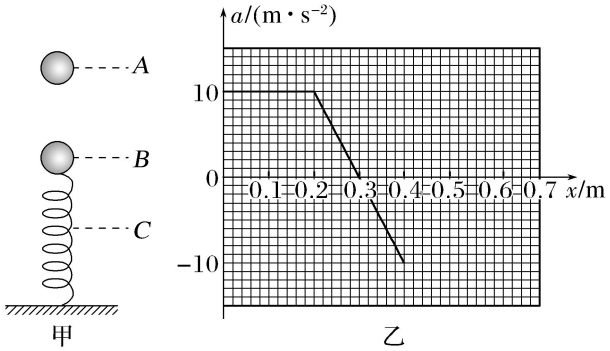
C.Q 点最大

D.整个运动过程保持不变

10.($a-v$ 图像)一个皮球从空中足够高处由静止释放，在重力和空气阻力的作用下做直线运动，若皮球受到的空气阻力大小与速度成正比，则皮球运动的加速度大小随速度变化的规律图像可能是图中的(　　)



11.($a-x$ 图像)如图甲所示，地面上竖直放置一轻质弹簧，质量为 1 kg 的小球在其正上方 0.2 m 处 A 点，自由下落到弹簧上，从小球自 A 点下落至运动到最低点 C 过程中的部分 $a-x$ 关系图像如图乙所示，不计空气阻力和小球与弹簧碰撞时损失的机械能，根据图像判断下列说法正确的是(　　)



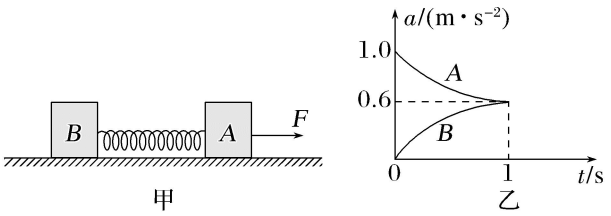
A.弹簧的弹性系数为 100 N/m

B.小球的最大速度为 5 m/s

C.小球的最大加速度为 10 m/s^2

D.A 到 C 小球的位移为 0.4 m

12.($a-t$ 图像)(多选)如图甲所示，物块 A、B 中间用一根轻质弹簧相连，静止在光滑水平面上，弹簧处于原长，物块 A 的质量为 1.5 kg。$t=0$ 时对物块 A 施加水平向右的恒力 F，$t=1$ s 时撤去，在 0～1 s 内两物块的加速度随时间变化的情况如图乙所示。弹簧始终处于弹性限度内，则(　　)



A.$t=1$ s 时物块 A 的速度为 0.8 m/s

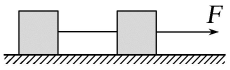
B.$t=1$ s 时弹簧弹力为 0.6 N

C.物块 B 的质量为 0.8 kg

D.F 大小为 1.5 N

微专练 16　动力学中的临界与极值问题

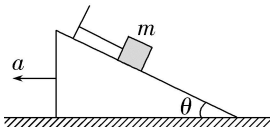
1.(绳连接体)如图所示，在光滑水平地面上，两相同物块用细线相连，两物块质量均为 1 kg，细线能承受的最大拉力为 2 N。若在水平拉力 F 作用下，两物块一起向右做匀加速直线运动。则 F 的最大值为(　　)



A.1 N　　B.2 N

C.4 N　　D.5 N

2.(脱离接触体)如图所示，质量为 m 的物体用平行于斜面的细线联接置于光滑的斜面上，若斜面向左方做加速运动，当物体刚脱离斜面时，它的加速度的大小为(　　)



A.$g\sin\theta$　　B.$g\cos\theta$

C.$g\tan\theta$　　D.$\dfrac{g}{\tan\theta}$

3.(滑动临界)高铁车厢里水平桌面上放置一本书，书与桌面间的动摩擦因数为 0.4，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度 $g=10$ m/s^2。若书不滑动，则高铁减速近站时的最大加速度不超过(　　)

A.2 m/s^2　　B.4 m/s^2

C.6 m/s^2　　D.8 m/s^2

4.(滑动临界)趣味运动会上运动员手持网球拍托球沿水平面匀加速跑，设球拍和球的质量分别为 M、m，球拍平面和水平面之间的夹角为θ，球拍与球保持相对静止，它们间的摩擦力及空气阻力不计，则(　　)



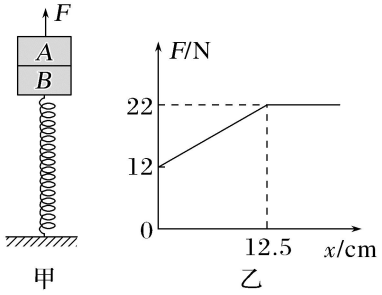
A.运动员的加速度为 $g\tan\theta$

B.球拍对球的作用力为 mg

C.运动员对球拍的作用力为$(M+m)g\cos\theta$

D.若加速度大于 $g\sin\theta$，球一定沿球拍向上运动

5.(分离临界)(多选)如图甲所示，轻质弹簧下端固定在水平面上，上端叠放着两个物体 A、B，系统处于静止状态。现用竖直向上的拉力 F 作用在物体 A 上，使 A 向上做匀加速直线运动，以系统静止时的位置为坐标原点，竖直向上为位移 x 正方向，得到 F 随 x 的变化图像如图乙所示。已知物体 A 的质量 $m=2\ \text{kg}$，重力加速度 $g=10\ \text{m/s}^2$，则下列说法正确的是(　　)



甲　　乙

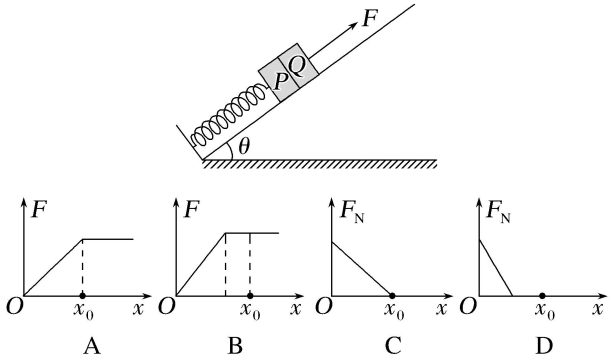
A.物块 B 的质量为 12 kg

B.物块 A 做匀加速直线运动的加速度大小为 $1\ \text{m/s}^2$

C.F 作用瞬间，A、B 之间的弹力大小为 8 N

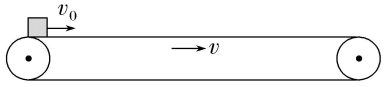
D.弹簧的劲度系数为 80 N/m

6.(分离临界)(多选)如图所示，倾角为θ的足够长的光滑斜面固定在水平地面上，轻弹簧一端连接在斜面底端，另一端拴接质量为 m_1 的物体 P，另一质量为 m_2 的物体 Q 叠放在物体 P 上，P、Q 可以看作质点，轻弹簧以及物体 P，Q 处于静止状态，此时的弹簧的形变量为 x_0，现给物体 Q 施加一个沿斜面向上的拉力 F，使它从静止开始沿斜面向上做匀加速直线运动，下列关于拉力 F、两物体间弹力 F_N 与物体 Q 的位移 x 关系的图像正确的是(　　)



A　　B　　C　　D

7.(传送带问题)(多选)如图所示，由于运力增加，石家庄正定国际机场欲让货物尽快通过传送带。已知传送带两轴心间距为 5 m，传送带向右匀速传动，其速度的大小可以由驱动系统根据需要设定，一可视为质点的小物块以 7 m/s 初速度从左端滑上传送带，已知小物块与传送带间的动摩擦因数为$\mu=0.4$，取 $g=10\ \text{m/s}^2$，则下列传送带的速度符合要求的是(　　)

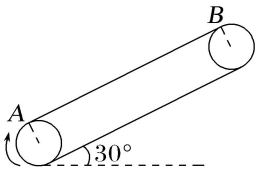


A.8 m/s　　B.9 m/s

C.10 m/s　　D.11 m/s

8.(传送带问题)(多选)如图所示，某皮带传动装置与水平面夹角为 30°，两轮轴心相距 $L=2\ \text{m}$，A、B

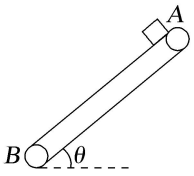
分别是传送带与两轮的切点，传送带不打滑。现传送带沿顺时针方向匀速转动，将一小物块轻轻地放置于 A 点，小物块与传送带间的动摩擦因数$\mu=\frac{\sqrt{3}}{2}$，g 取 10 m/s²，若传送带的速度可以任意调节，当小物块在 A 点以 $v_0=3\sqrt{6}$ m/s 的速度沿传送带向上运动时，小物块到达 B 点的速度可能为(　　)



A.1 m/s　　B.3 m/s

C.6 m/s　　D.9 m/s

9.(传送带的临界极值问题)(多选)某企业的生产车间在楼上，为了将工件方便快捷地运送到地面，专门安装了传送带设备，如图所示。已知传送带与水平面的夹角 $\theta=37°$，正常的运行速度是 $v=10$ m/s。现在传送带的 A 端轻轻放上一个小物块(可视为质点)，已知小物块与传送带之间的动摩擦因数为$\mu=0.5$，A、B 间距离 $s=16$ m(已知 sin 37°=0.6，cos 37°=0.8，取 $g=10$ m/s²)则(　　)



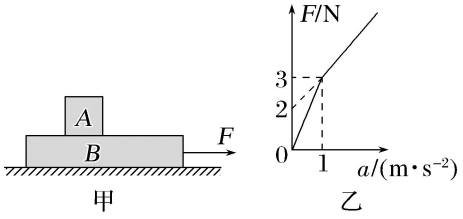
A.如果传送带不运行，小物块从 A 端运动到 B 端的时间为 4 s

B.如果传送带沿逆时针方向正常转动，小物块速度不可能超过皮带速度

C.如果传送带沿逆时针方向正常转动，小物块从 A 端运动到 B 端的时间小于传送带不运行时小物块从 A 端运动到 B 端的时间

D.如果传送带沿顺时针方向正常转动，小物块从 A 端运动到 B 端的时间大于传送带不运行时小物块从 A 端运动到 B 端的时间

10.(板块模型中的滑动临界)如图甲所示，足够长的木板 B 静置于光滑水平面上，其上表面放置小滑块 A。木板 B 在水平拉力 F 作用下，其加速度 a 随拉力 F 变化的关系图像如图乙所示，则小滑块 A 的质量为(　　)

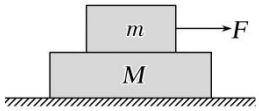


A.4 kg　　B.3 kg

C.2 kg　　D.1 kg

11.(板块模型中的滑动临界)如图所示，在光滑水平面上有一静止的质量为 $M=5$ kg 的木块，木块上静

止放置一质量 $m=1\ \text{kg}$ 的物体，物体与木块之间的动摩擦因数 $\mu=0.4$，重力加速度 g 取 $10\ \text{m/s}^2$。现用水平恒力 F 拉物体 m，下列关于物体加速度 a_m 和木块加速度 a_M 的值不可能的是(　　)



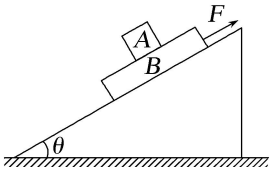
A.$a_m=0.6\ \text{m/s}^2$，$a_M=0.6\ \text{m/s}^2$

B.$a_m=1\ \text{m/s}^2$，$a_M=1\ \text{m/s}^2$

C.$a_m=1\ \text{m/s}^2$，$a_M=0.8\ \text{m/s}^2$

D.$a_m=2\ \text{m/s}^2$，$a_M=0.8\ \text{m/s}^2$

12.(倾斜板块模型的滑动临界)如图所示，一倾角为 θ 的斜面体固定在水平地面上。一质量为 m 的长木板 B 静止在斜面上，质量也为 m 的物块 A 静止在长木板上，A 与 B 间、B 与斜面间的动摩擦因数均为 μ，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，现给长木板 B 一沿着斜面向上的拉力 F，把长木板 B 从物块 A 的下面抽出，重力加速度为 g。则拉力 F 应大于(　　)

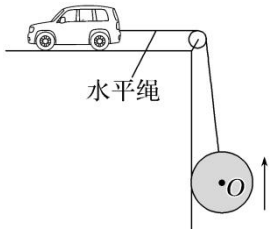


A.$mg\sin\theta+\mu mg\cos\theta$　　B.$mg\sin\theta+2\mu mg\cos\theta$

C.$4\mu mg\cos\theta$　　D.$4mg\sin\theta$

微专练 17　“小船过河”与“关联速度”问题

1.(轻绳关联)如图，跨过光滑定滑轮的轻绳一端系着铁球(大小不可忽略，系绳延长线过球心)、一端连在水平台上的玩具小车上，车牵引着绳使球沿光滑竖直墙面从较低处竖直上升。则在球匀速竖直上升且未离开墙面的过程中(　　)



A.玩具小车做减速运动

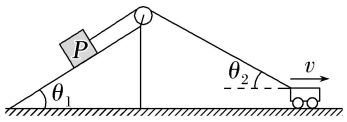
B.玩具小车做加速运动

C.绳对球的拉力大小变小

D.绳对球的拉力大小变大，球处于超重状态

2.(轻绳关联)如图所示，质量为 m 的物体 P 置于倾角为 $\theta_1=37°$ 的固定光滑斜面上，轻绳跨过光滑定滑轮分别连接 P 与小车，P 与滑轮间的轻绳平行于斜面，小车以速率 v 水平向右做匀速直线运动。当小

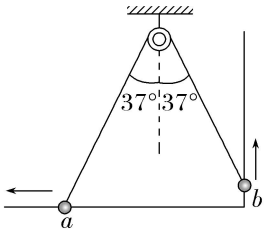
车与滑轮间的轻绳和水平方向成夹角$\theta_2=37°$时(sin 37°=0.6，cos 37°=0.8)，下列判断正确的是(　　)



A.P 的速率为 v　　B.P 的速率为 $0.8v$

C.绳的拉力等于 $0.6mg$　　D.绳的拉力小于 $0.6mg$

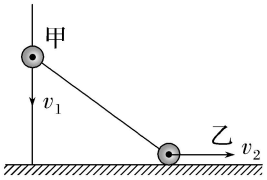
3.(轻绳关联)如图所示，绕过定滑轮的细线连着两个小球，小球 a、b 分别套在水平和竖直杆上。某时刻连接两球的细线与竖直方向的夹角均为 37°，此时 a、b 两球的速度大小之比$\frac{v_a}{v_b}$为(已知 sin 37°=0.6，cos 37°=0.8)(　　)



A.$\frac{4}{3}$　　B.$\frac{3}{4}$

C.$\frac{25}{9}$　　D.$\frac{25}{16}$

4.(轻杆关联)(多选)甲、乙两光滑小球(均可视为质点)用铰链与轻直杆连接，乙球处于光滑水平地面上，甲球套在光滑的竖直杆上，初始时轻杆竖直，杆长为 4 m。无初速度释放，使得乙球沿水平地面向右滑动，当乙球距离起点 3 m 时，下列说法正确的是(　　)



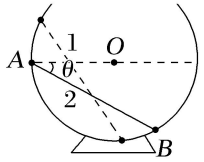
A.甲、乙两球的速度大小之比为$\sqrt{7}$∶3

B.甲、乙两球的速度大小之比为 $3\sqrt{7}$∶7

C.甲球即将落地时，乙球的速度与甲球的速度大小相等

D.甲球即将落地时，甲球的速度达到最大

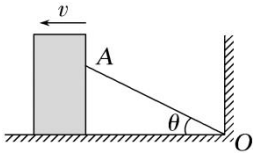
5.(轻杆关联)一轻杆两端分别固定质量为 m_A 和 m_B 的两个小球 A 和 B(可视为质点)，将其放在一个光滑球形容器中从位置 1 开始下滑，如图所示，当轻杆到达位置 2 时球 A 与球形容器球心等高，其速度大小为 v_1，已知此时轻杆与水平方向成$\theta=30°$角，B 球的速度大小为 v_2，则(　　)



A.$v_2=\frac{1}{2}v_1$　　B.$v_2=2v_1$

C.$v_2=v_1$　　D.$v_2=\sqrt{3}v_1$

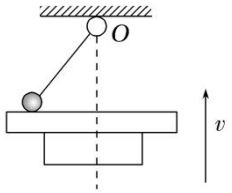
6.(接触关联)如图所示，一根长为 L 的直杆一端抵在墙角，一端倚靠在物块的光滑竖直侧壁上，物块向左以速度大小 v 运动时，直杆绕 O 点做圆周运动且始终与物块间有弹力。当直杆与水平方向的夹角为θ时，直杆上与物块接触的 A 点线速度大小(　　)



A.$\frac{v}{\sin\theta}$　　B.$\frac{v}{\cos\theta}$

C.$v\sin\theta$　　D.$v\cos\theta$

7.(接触关联)如图所示，长为 L 的轻直棒一端可绕固定轴 O 转动，另一端固定一质量为 m 的小球，小球搁在水平升降台上，升降平台以速度 v 匀速上升。下列说法正确的是(　　)



A.小球做匀速圆周运动

B.当棒与竖直方向的夹角为α时，小球的速度为$\frac{v}{\cos\alpha}$

C.棒的角速度逐渐增大

D.当棒与竖直方向的夹角为α时，棒的角速度为$\frac{v}{L\sin\alpha}$

8.(最短时间渡河)(多选)宽为 d 的一条河，越靠近河中心水的流速越大，小船在静水中的速度为 v_0，渡河时船头垂直河岸，则下列说法正确的是(　　)

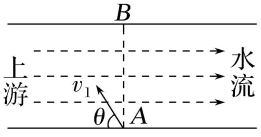
A.渡河时间为$\frac{d}{v_0}$

B.此种方式渡河，所用的时间最短

C.小船渡河的轨迹为直线

D.小船到达河中心时速度最大

9.(最小位移渡河)(多选)如图，小船以大小为 $v_1=5$ m/s，船头与上游河岸成$\theta=60°$角的速度(在静水中的速度)从 A 处过河，经过一段时间正好到达正对岸 B 处。已知河宽 $d=180$ m，则下列说法中正确的(　　)



A.河中水流速度为 $2.5\sqrt{3}$ m/s

B.小船以最短位移渡河的时间为 $24\sqrt{3}$ s

C.小船渡河的最短时间为 24 s

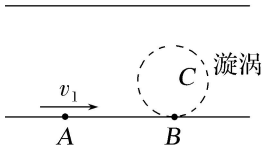
D.小船以最短时间渡河时到达对岸的位移是 $90\sqrt{5}$ m

10.(船速小于水速前提下的最小位移渡河)为了备战皮划艇比赛，某队员在河中进行训练。若河岸平直，河面宽 150 m，水流速度大小为 4 m/s，皮划艇相对静水的速度大小为 2 m/s，则皮划艇渡河的最短航程为(　　)

A.100 m　　B.150 m

C.225 m　　D.300 m

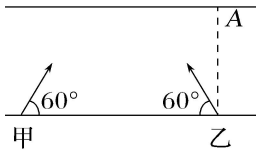
11.(最小速度渡河)如图，某河流中水流速度大小恒为 v_1，A 处的下游 C 处有个漩涡，漩涡与河岸相切于 B 点，漩涡的半径为 r，$AB=\frac{4}{3}r$。为使小船从 A 点出发以恒定的速度安全到达对岸，小船航行时在静水中速度的最小值为(　　)



A.$\frac{3}{5}v_1$　　B.$\frac{24}{25}v_1$

C.v_1　　D.$\frac{5}{3}v_1$

12.(正交分解法研究小船渡河)甲、乙两船在同一条河流中同时开始渡河，河宽为 H，河水流速为 v_0，划船速度均为 v，出发时两船相距 $\frac{2\sqrt{3}}{3}H$，甲、乙两船船头均与河岸成 60°角，如图所示。已知乙船恰好能垂直到达对岸 A 点，则下列判断正确的是(　　)



A.甲、乙两船到达对岸的时间不同

B.甲船在 A 点右侧靠岸

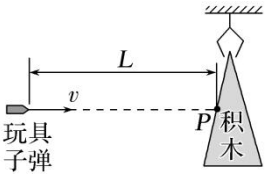
C.两船可能在未到达对岸前相遇

D.甲船也在 A 点靠岸

微专练 18　抛体相遇与平抛临界问题

1.(平抛与自由落体相遇)如图所示，在竖直平面内，截面为三角形的小积木悬挂在离地足够高处，一

玩具枪的枪口与小积木上 P 点等高且相距为 L。当玩具子弹以水平速度 v 从枪口向 P 点射出时，小积木恰好由静止释放，子弹从射出至击中积木所用时间为 t，不计空气阻力。下列关于子弹的说法正确的是(　　)



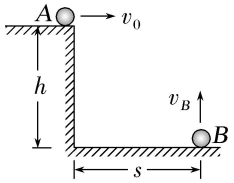
A.将击中 P 点，t 大于$\frac{L}{v}$

B.将击中 P 点，t 等于$\frac{L}{v}$

C.将击中 P 点上方，t 大于$\frac{L}{v}$

D.将击中 P 点下方，t 等于$\frac{L}{v}$

2.(平抛与竖直上抛相遇)如图所示，在高为 $h=5$ m 的平台边缘水平抛出小球 A，同时在水平地面上距台面边缘水平距离为 $s=10$ m 处竖直上抛小球 B，两球运动轨迹在同一竖直平面内，不计空气阻力，重力加速度 $g=10$ m/s^2。若两球能在空中相遇，则下列说法正确的是(　　)



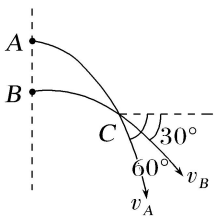
A.A 球的初速度可能是 8 m/s

B.B 球的初速度可能是 4 m/s

C.A 球和 B 球的初速度之比为 1∶2

D.A 球和 B 球的初速度之比为 2∶1

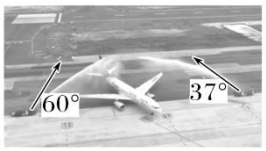
3.(平抛相遇)如图所示，从足够高的 A、B 两点先后平抛两个小球，之后两球在空中的 C 点相碰，测得从 A、B 两点平抛出的小球在 C 点时速度与水平方向的夹角分别为 60°、30°。已知 A、B 两点在同一竖直线上，C 点到 A、B 点的水平距离为 d，重力加速度为 g，不计空气阻力，则 A、B 两点间的竖直距离为(　　)



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

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

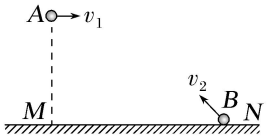
4.(斜抛相遇)2023 年 1 月 18 日，中国首都航空 JD455 航班在马尔代夫维拉纳国际机场平稳降落，马尔代夫政府特意安排水门礼热烈欢迎中国游客的到来。如图所示，飞机平稳降落后，左右两条水柱从两辆大型消防车同一高度斜向上射出，射出时速度方向与水平方向的夹角分别为 60°和 37°，两条水柱恰好在最高点相遇(已知 sin 37°＝0.6，cos 37°＝0.8，不计空气阻力和水柱间的相互影响)，则左右两条水柱射出时的速度大小的比值为(　　)



A.$\frac{3\sqrt{3}}{5}$　　B.$\frac{2\sqrt{3}}{5}$

C.$\frac{5\sqrt{3}}{6}$　　D.$\frac{5}{6}$

5.(平抛与斜抛相遇)在水平面上 M 点的正上方 0.3 m 高度处，将 A 球以初速度 $v_1=2$ m/s 水平向右抛出，在 M 点右侧地面上 N 点处，将 B 球以初速度 $v_2=\sqrt{2}$ m/s 斜向左上方 45°角抛出，A 球、B 球水平距离为 0.9 m，不计空气阻力，以下说法正确的是(　　)



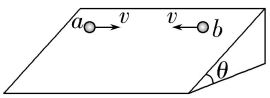
A.若两球同时抛出，经过 0.1 s 后相遇

B.若两球同时抛出，相遇时速度变化量相等

C.若两球同时抛出，相遇时水平位移相同

D.若两球分别抛出并未相遇，落地后不反弹，则两球在空中运动时间相等

6.(类平抛的相遇问题)(多选)如图所示，在倾角为$\theta=30°$的足够大的光滑斜面上，将小球 a、b 同时沿水平方向以相同的速率相对抛出。已知初始时 a、b 在同一水平面上，不计空气阻力，下列说法正确的是(　　)



A.抛出后的一段时间内，a 的运动轨迹是直线

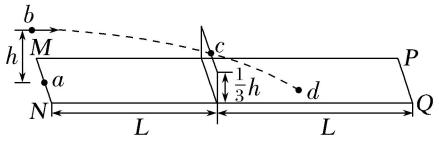
B.抛出后的一段时间内，b 的运动轨迹是抛物线

C.无论速率为多少，a、b 一定能相遇

D.无论速率为多少，a、b 不可能相遇

7.(平抛临界问题)(多选)如图所示，球网位于球台的中间位置，球台的左、右边界分别记为 MN、PQ，

边界 MN 中点 a 正上方 h 处为 b 点。某次运动员将球从 b 点垂直于 MN 水平向右击出，恰好经过网上边沿的 c 点后落在球台上 d 点，不计空气阻力。已知网高为 $\frac{1}{3}h$，MN、PQ 之间的距离为 $2L$，重力加速度为 g。以下说法正确的是(　　)



A.乒乓球被击出时的初速度大小为 $\frac{L}{2}\sqrt{\frac{3g}{h}}$

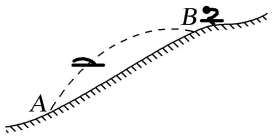
B.球的落点 d 与击出点 b 之间的水平距离为 $\frac{\sqrt{6}}{2}L$

C.球在落点 d 处的速度方向与水平方向夹角的正切值为 $\frac{\sqrt{6h}}{3L}$

D.若只限定在 b 点水平击出，球的初速度只有不大于 $2L\sqrt{\frac{2g}{h}}$，才会落在对方台面上

微专练 19　斜(曲)面上的平抛运动

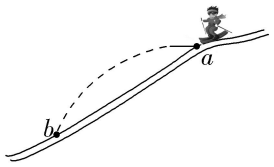
1.(从斜面抛出又落回斜面)2022 年在中国举行的第 24 届冬奥会跳台比赛中，某运动员从跳台 B 处沿水平方向飞出，在斜坡 A 处着陆，如图所示。运动员可视为质点，忽略空气阻力的影响。若测得运动员在空中飞行的时间约为 4 s，A、B 两点间的水平距离约为 80 m，则运动员从 B 点飞出时的速度大小约为(　　)



A.20 m/s　　B.40 m/s

C.10 m/s　　D.16 m/s

2.(从斜面抛出又落回斜面)跳台滑雪是一种勇敢者运动，运动员在滑雪道上获得一定速度后从跳台飞出，在空中飞行一段距离后着陆。如图，某运动员从跳台 a 处沿水平方向飞出，已知 2 s 时运动员离斜坡面最远，a 到 b 的水平距离为 60 m。不计空气阻力，重力加速度 $g=10\ \text{m/s}^2$，下列说法正确的是(　　)



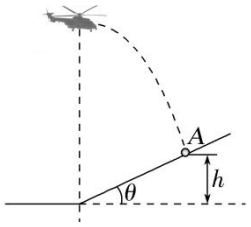
A.运动员离坡面的最大距离为 12 m

B.运动员离坡面的最大距离为 20 m

C.运动员在 a 处的速度大小为 10 m/s

D.斜坡的倾角为 37°

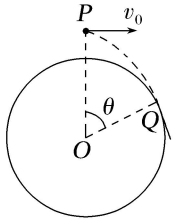
3.(垂直落在斜面上)如图，轰炸机沿水平方向匀速飞行，到达山坡底端正上方时释放一颗炸弹，并垂直击中山坡上的目标 A，已知 A 点高度为 h，重力加速度为 g，不计空气阻力，则轰炸机的飞行速度为(　　)



A.$\frac{1}{2}\sqrt{gh}$　　B.$\frac{\sqrt{2gh}}{2}$

C.$\sqrt{gh}$　　D.$\sqrt{2gh}$

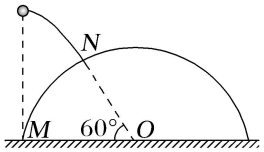
4.(轨迹与圆柱相切)如图所示，在水平放置的半径为 R 的圆柱体的正上方的 P 点将一小球以水平速度 v_0 沿垂直于圆柱体的轴线方向抛出，小球飞行一段时间后恰好从圆柱体的 Q 点沿切线飞过，测得 O、Q 连线与竖直方向的夹角为θ，那么小球完成这段飞行的时间是(　　)



A.$\frac{v_0}{g\tan\theta}$　　B.$\frac{g\tan\theta}{v_0}$

C.$\frac{R\sin\theta}{v_0}$　　D.$\frac{R\cos\theta}{v_0}$

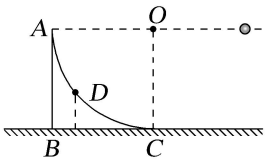
5.(落向圆心)如图所示，一个半圆形轨道放置在水平地面上，轨道半径为 R，O 点为其圆心，从轨道最左端 M 点正上方的某处水平抛出一个小球，小球落在半圆轨道上时速度恰好沿 NO 方向，NO 与水平方向的夹角为 60°，则小球抛出时的高度为(　　)



A.$\frac{\sqrt{3}}{4}R$　　B.$\frac{\sqrt{3}}{2}R$

C.$\frac{3\sqrt{3}}{4}R$　　D.$\sqrt{3}R$

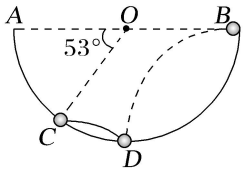
6.(垂直落在圆弧表面)如图所示，半径为 5 m 的四分之一圆弧 ABC 固定在水平地面上，O 为圆心。在圆心 O 右侧同一水平线上某点处，水平向左抛出一个小球，小球可视为质点，恰好垂直击中圆弧上的 D 点，D 点到水平地面的高度为 2 m，g 取 10 m/s^2，则小球的抛出速度是(　　)



A.$\frac{3\sqrt{5}}{2}$　　B.$\frac{4\sqrt{5}}{3}$

C.$\frac{8\sqrt{15}}{3}$　　D.$\frac{4\sqrt{15}}{3}$

7.(圆弧内的平抛运动)如图，在竖直平面内有一半圆形轨道，圆心为 O，AB 为水平直径，D 点为半圆形轨道的最低点，C 为轨道上的一点，CO 与水平直径的夹角为 53°，甲、乙两小球分别从 B 点和 C 点水平抛出，两球都落到 D 点。不计空气阻力，小球可视为质点，sin 53°＝0.8，则甲、乙两球初速度之比为(　　)



A.$\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{5}}$　　B.$\frac{\sqrt{5}}{3}$

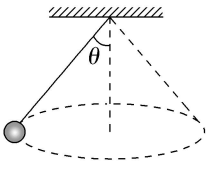
C.$\frac{3}{5}$　　D.$\frac{5}{9}$

微专练 20　圆锥摆模型

1.(圆锥摆模型)如图甲所示，在花样滑冰比赛中，男运动员手拉女运动员做匀速圆周运动，女运动员恰好离开水平冰面。该过程可简化为轻绳系一小球在水平面内悬空做匀速圆周运动(如图乙)，已知绳长为 L，轻绳与竖直方向的夹角为θ＝45°，小球的质量为 m，小球的线速度大小为 v。下列说法正确的是(　　)



甲



乙

A.小球的角速度为$\frac{v}{L}$

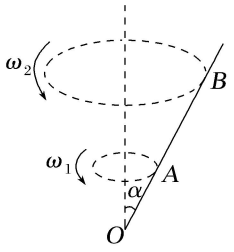
B.小球所受合力的大小为$\frac{\sqrt{2}mv^2}{L}$

C.小球做匀变速曲线运动

D.当地的重力加速度大小为$\frac{2v^2}{L}$

2.(等角圆锥摆模型)(多选)如图所示，光滑杆偏离竖直方向的夹角为α，杆以 O 为支点绕竖直线旋转。

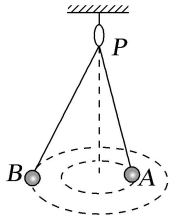
质量为 m 的小环套在杆上可沿杆滑动，当杆的角速度为ω_1时，小环旋转平面在 A 处；当杆角速度为ω_2时，小环旋转平面在 B 处，设环在 A、B 两处对杆的压力分别为 F_{N1}、F_{N2}。则有(　　)



A.$F_{N1}>F_{N2}$　　B.$F_{N1}=F_{N2}$

C.$\omega_1<\omega_2$　　D.$\omega_1>\omega_2$

3.(等高圆锥摆模型)(多选)天花板下悬挂的轻质光滑小圆环 P 可绕过悬挂点的竖直轴无摩擦地旋转。一根轻绳穿过 P，两端分别连接质量为 m_1 和 m_2 的小球 A、B($m_1\neq m_2$)。设两球同时做如图所示的圆锥摆运动，且在任意时刻两球均在同一水平面内，则(　　)



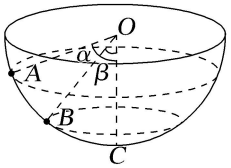
A.两球运动的周期相等

B.两球的向心加速度大小相等

C.球 A、B 到 P 的距离之比等于 m_2∶m_1

D.球 A、B 到 P 的距离之比等于 m_1∶m_2

4.(等长圆锥摆模型)(多选)如图所示，有一固定的且内壁光滑的半球面，球心为 O，最低点为 C，有两个可视为质点且质量相同的小球 A 和 B，在球面内壁两个高度不同的水平面内做匀速圆周运动，A 球的轨迹平面高于 B 球的轨迹平面，A、B 两球与 O 点的连线与竖直线 OC 间的夹角分别为$\alpha=53°$和$\beta=37°$(sin 37°＝0.6)，则(　　)



A.A、B 两球所受支持力的大小之比为 4∶3

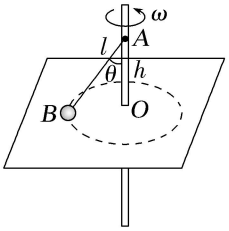
B.A、B 两球运动的周期之比为 2∶$\sqrt{3}$

C.A、B 两球的角速度之比为 2∶$\sqrt{3}$

D.A、B 两球的线速度之比为 2∶$\sqrt{3}$

5.(圆锥摆的临界问题)如图所示，转动轴垂直于光滑水平面，交点 O 的上方 h 高处(A 点)固定细绳的一端，细绳的另一端连接一质量为 m 的小球 B，绳长 $l>h$，重力加速度为 g，转动轴带动小球在光滑

水平面内做圆周运动。当转动的角速度ω逐渐增大时，下列说法正确的是(　　)



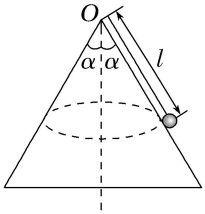
A.小球始终受三个力的作用

B.细绳上的拉力始终保持不变

C.要使小球不离开水平面，角速度的最大值为$\sqrt{\frac{g}{h}}$

D.若小球离开了水平面，则角速度为$\sqrt{\frac{g}{h}}$

6.(圆锥摆的临界问题)(多选)如图所示，用一根长为l的轻绳一端系一质量为m的小球(可视为质点)，另一端固定在光滑固定的圆锥体顶端，锥面与竖直方向的夹角$\alpha=37°$，小球绕着锥体的轴线在水平面内做匀速圆周运动，重力加速度为g，$\sin 37°=0.6$。则(　　)



A.小球恰好离开锥面时的角速度为$\sqrt{\frac{5g}{l}}$

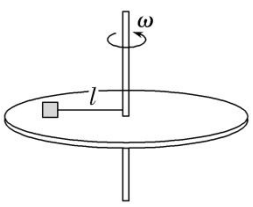
B.小球恰好离开锥面时的线速度为$\frac{3}{10}\sqrt{5gl}$

C.若小球恰好离开锥面时，绳子的拉力大小为$\frac{29}{25}mg$

D.若小球恰好离开锥面时，绳子的拉力大小为$\frac{5}{4}mg$

微专练 21　圆盘模型

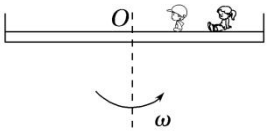
1.(单一物体的圆盘模型)如图所示，一小物块(看作质点)放在水平转盘上，用一根长为l的轻绳沿半径方向与转轴相连，绳与盘面平行，物块与盘面的动摩擦因数为μ，当物块与盘以角速度$\omega=\sqrt{\frac{2\mu g}{l}}$转动时，小物块所受力的个数为(　　)



A.2　　B.3

C.4　　D.5

2.(两个物块的圆盘模型)如图所示，为游乐场中的水平大转盘简化图，两个质量 m 不同的同学坐在转盘中，到转盘中心的距离 r 不同，两同学与转盘的动摩擦因数μ不同。转盘绕竖直轴转动，当转盘从静止开始逐渐增大转速的过程中，下列说法正确的是(　　)



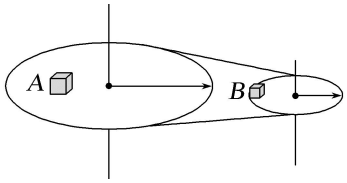
A.m 小的同学先滑动

B.μ小的同学先滑动

C.滑动的先后既与 m 有关，还与$\frac{\mu}{r}$有关

D.滑动的先后与 m 无关，与$\frac{\mu}{r}$有关

3.(皮带传动圆盘模型)如图，主动轮大圆盘与从动轮小圆盘通过皮带(不打滑)连接，大圆盘与小圆盘的半径之比为 3∶1，材料相同的可以视为质点的两物体质量之比为 m_A∶m_B=3∶1，两个物体距离转动轴的距离相等，现在让圆盘转动起来。下列说法中正确的是(　　)



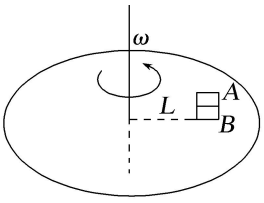
A.物体 A 与物体 B 相对圆盘滑动之前的角速度之比为 3∶1

B.物体 A 与物体 B 相对圆盘滑动之前的摩擦力之比为 3∶1

C.物体 A 与物体 B 相对圆盘滑动之前的线速度之比为 3∶1

D.如果增加主动轮的转速，则 B 物体先相对圆盘滑动

4.(圆盘上的叠块模型)(多选)如图所示，粗糙水平圆盘上，质量均为 m 的 A、B 两物块叠放在一起，距轴心距离为 L，随圆盘一起做匀速圆周运动。已知圆盘与 B 之间的动摩擦因数为μ，B 与 A 之间的动摩擦因数为 0.5μ，假如最大静摩擦力大小等于滑动摩擦力，则下列说法正确的是(　　)



A.物块 A、B 一起匀速转动过程中加速度恒定

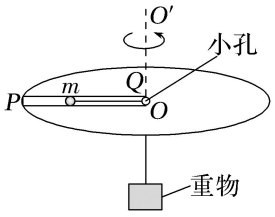
B.物块 A、B 一起转动过程中所需向心力大小相等

C.A、B 一起转动的最大角速度为$\sqrt{\frac{\mu g}{2L}}$

D.当 A、B 恰发生相对运动时圆盘对 B 的摩擦力为 2μmg

5.(含连接体的圆盘模型)(多选)如图，水平圆盘的圆心 O 处开一小孔，沿径向固定一长度为 L 的细玻

璃管 PQ，P 端与圆盘边缘重合，Q 端与圆心 O 重合，管内有一半径略小、质量为 m 的小球，系在小球上的轻绳穿过小孔，下端悬挂重物，圆盘在电机驱动下可绕竖直轴 OO' 匀速转动，转速为 n 时重物处于悬停状态，不计一切摩擦，重力加速度大小为 g。下列说法正确的是(　　)



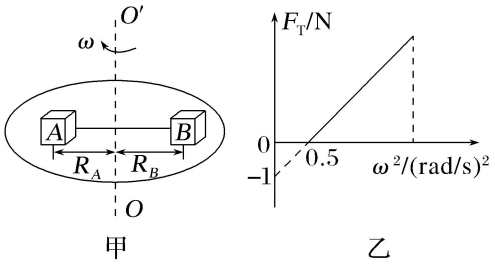
A.小球越靠近 Q 端，悬停的重物质量越大

B.小球越靠近 P 端，悬停的重物质量越大

C.若小球处于玻璃管正中间，悬停的重物质量为$\dfrac{2\pi^2 mLn^2}{g}$

D.若略微增大圆盘转速，重物将上升一定高度后再悬停

6.(圆心异侧牵连的圆盘模型)(多选)如图甲所示，两个完全相同的物块 A 和 B(均可视为质点)放在水平圆盘上，它们分居圆心两侧，用不可伸长的轻绳相连。两物块质量均为 1 kg。与圆心距离分别为 R_A 和 R_B，其中 $R_A<R_B$ 且 $R_A=1$ m。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，当圆盘以不同角速度ω绕轴 OO'匀速转动时，绳中弹力 F_T 与ω^2 的变化关系如图乙所示，重力加速度 $g=10$ m/s^2。下列说法正确的是(　　)



A.物块与圆盘间的动摩擦因数$\mu=0.1$

B.物块 B 与圆心距离 $R_B=2$ m

C.当角速度为 1 rad/s 时圆盘对 A 的静摩擦力指向圆心

D.当角速度为$\sqrt{2}$ rad/s 时，A 恰好要相对圆盘发生滑动

微专练 22　竖直面内与倾斜面内的圆周运动

1.(秋千模型)荡秋千是人们平时喜爱的一项休闲娱乐活动，如图所示小孩正在荡秋千，若忽略空气阻力，则下列说法正确的是(　　)



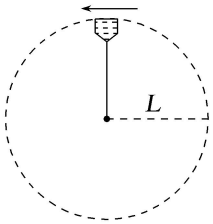
A.在最高点时小孩速度为零，处于平衡状态

B.在最低点时小孩处于失重状态

C.在最低点时小孩速度最大，加速度为零

D.在最低点时小孩对踏板的压力大小等于踏板对该同学的支持力

2.(水流星模型)杂技演员表演“水流星”，在长为 1.6 m 的细绳的一端，系一个与水的总质量为 $m=0.5$ kg 的盛水容器，以绳的另一端为圆心，在竖直平面内做圆周运动，如图所示，若“水流星”通过最高点时的速率为 4 m/s，则下列说法正确的是($g=10$ m/s^2)(　　)



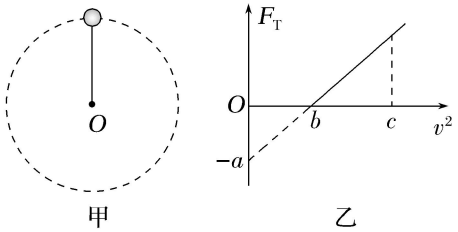
A.“水流星”通过最高点时，有水从容器中流出

B.“水流星”通过最高点时，绳的张力及容器底部受到的压力均为零

C.“水流星”通过最高点时，处于完全失重状态，不受力的作用

D.“水流星”通过最高点时，绳子的拉力大小为 5 N

3.(“绳—球”模型)(多选)如图甲所示，用一轻质绳拴着一质量为 m 的小球，在竖直平面内做圆周运动(不计一切阻力)，小球运动到最高点时绳对小球的拉力为 F_T，小球在最高点的速度大小为 v，其 F_T-v^2 图像如图乙所示，则(　　)



A.当地的重力加速度为$\frac{m}{a}$

B.轻质绳长为$\frac{mb}{a}$

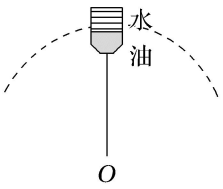
C.当 $v^2=c$ 时，轻质绳的拉力大小为$\frac{ac}{b}+a$

D.只要 $v^2\geqslant b$，小球在最低点和最高点时绳的拉力差均为 $6a$

4.(完全失重状态下的匀速圆周运动)2022 年 3 月 23 日，三位神舟十三号航天员翟志刚、王亚平、叶光富相互配合完成“天宫课堂”第二次太空授课。如图所示，授课中航天员叶光富手拉细线不断加速

让一个小瓶子在竖直平面内做圆周运动，从而实现瓶内油水分层。若绳子长为 l(瓶子可视为质点)，水的质量为 m，则(　　)





A.油和水的向心加速度相等

B.油受到的向心力可能大于水

C.水受到瓶子的作用力为 $m\frac{v^2}{l}$

D.瓶子在最高点的速度一定大于$\sqrt{gl}$

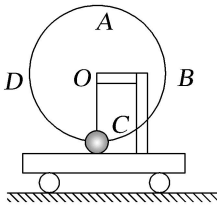
5.(竖直面内的圆周运动)如图所示，飞机特技表演既震撼又刺激，一质量为 m 的飞行员驾驶飞机在竖直面内做匀速圆周运动，飞行至最低点时飞行员对座椅的压力大小为 F_{N1}，飞行至最高点时飞行员对座椅的压力大小为 F_{N2}，已知重力加速度为 g，则 F_{N1} 与 F_{N2} 大小之差为(　　)



A.0　　B.2mg

C.4mg　　D.6mg

6.(竖直面内的圆周运动)(多选)如图所示，带有支架总质量为 M 的小车静止在水平面上，质量为 m 的小球通过轻质细绳静止悬挂在支架上的 O 点，绳长为 L，现给小球一初速度 v_0 让小球在竖直平面内以 O 点为圆心做圆周运动，小球恰能通过最高点 A，其中 A、C 为圆周运动的最高点和最低点，B、D 与圆心 O 等高。小球运动过程中，小车始终保持静止，不计空气阻力，重力加速度为 g。则下列说法正确的是(　　)



A.小球通过最低点 C 的速率为 $v_0=\sqrt{3gL}$

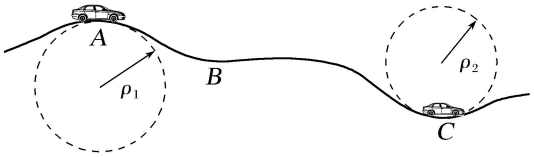
B.小球通过最低点 C 时，地面对小车支持力大小为 $Mg+6mg$

C.小球通过 B 点时，小车受地面向左的摩擦力大小为 $2mg$

D.小球通过 D 点时，小球处于失重状态

7.(凸、凹形桥模型)汽车行驶中经常会经过一些凹凸不平的路面，其凹凸部分路面可以看作圆弧的一

部分，如图所示的 A、B、C 处，其中 B 处的曲率半径最大，A 处的曲率半径为ρ_1，C 处的曲率半径为 ρ_2，重力加速度为 g。若有一辆可视为质点、质量为 m 的小汽车与路面之间各处的动摩擦因数均为μ，当该车以恒定的速率 v 沿这段凹凸路面行驶时，下列说法正确的是(　　)



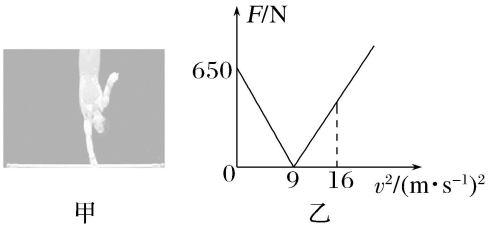
A.汽车经过 A 处时处于超重状态，经过 C 处时处于失重状态

B.汽车经过 B 处时最容易爆胎

C.为了保证行车不脱离路面，该车的行驶速度不得超过$\sqrt{g\rho_1}$

D.汽车经过 C 处时所受的摩擦力大小为μmg

8.(“杆—球”模型)(多选)做“单臂大回环”的高难度动作时，用一只手抓住单杠，伸展身体，以单杠为轴做圆周运动。如图甲所示，运动员运动到最高点时，用力传感器测得运动员与单杠间弹力大小为 F，用速度传感器记录他在最高点的速度大小为 v，得到 $F-v^2$ 图像如图乙所示。g 取 10 m/s^2，则下列说法中正确的是(　　)



甲　　乙

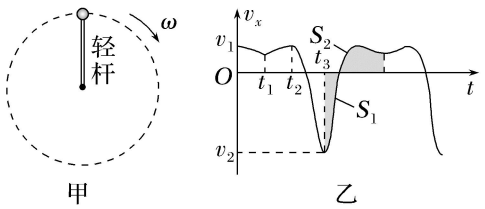
A.运动员的质量为 65 kg

B.运动员的重心到单杠的距离为 0.9 m

C.当运动员在最高点的速度为 4 m/s 时，受单杠的弹力方向向上

D.当运动员在最高点的速度为 4 m/s 时，受单杠的弹力方向向下

9.(“杆—球”模型)一端连在光滑固定轴上，可在竖直平面内自由转动的轻杆，另一端与一小球相连，如图甲所示。现使小球在竖直平面内做圆周运动，到达某一位置开始计时，取水平向右为正方向，小球的水平分速度 v_x 随时间 t 的变化关系如图乙所示，不计空气阻力，下列说法中正确的是(　　)



甲　　乙

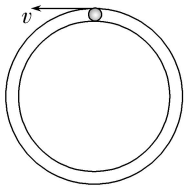
A.t_1 时刻小球通过最高点，t_3 时刻小球通过最低点

B.t_2 时刻小球通过最高点，t_3 时刻小球通过最低点

C.v_1 大小一定大于 v_2 大小，图乙中 S_1 和 S_2 的面积一定相等

D.v_1 大小可能等于 v_2 大小，图乙中 S_1 和 S_2 的面积可能不等

10.(“管—球”模型)如图所示，竖直平面内固定有一个半径为 R 的光滑圆环形细管，现给小球(直径略小于管内径)一个初速度，使小球在管内做圆周运动，小球通过最高点时的速度为 v。已知重力加速度为 g，则下列叙述中正确的是(　　)



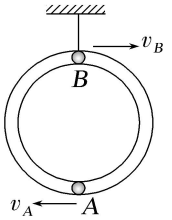
A.v 的最小值为$\sqrt{gR}$

B.当 $v=\sqrt{gR}$时，小球处于完全失重状态，不受力的作用

C.当 $v=\sqrt{2gR}$时，轨道对小球的弹力方向竖直向下

D.当 v 由$\sqrt{gR}$逐渐减小的过程中，轨道对小球的弹力也逐渐减小

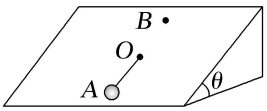
11.(“管—球”模型)如图所示，质量为 4 kg、半径为 0.5 m 的光滑管状细圆环用轻杆固定在竖直平面内，A、B 两小球的直径略小于管的内径，它们的质量分别为 $m_A=1$ kg、$m_B=2$ kg。某时刻，A、B 两球分别位于圆环最低点和最高点，且 A 的速度大小为 $v_A=3$ m/s，此时杆的下端受到向上的压力，大小为 56 N。则 B 球的速度大小 v_B 为(取 $g=10$ m/s^2)(　　)



A.2 m/s　　B.4 m/s

C.6 m/s　　D.8 m/s

12.(倾斜面的圆周运动)(多选)如图所示，在倾角为θ的足够大的固定斜面上，一长度为 L 的轻杆一端可绕斜面上的 O 点自由转动，另一端连着一质量为 m 的小球(视为质点)。现使小球从最低点 A 以速率 v 开始在斜面上做圆周运动，通过最高点 B。重力加速度大小为 g，轻杆与斜面平行，不计一切摩擦。下列说法正确的是(　　)



A.小球通过 A 点时所受轻杆的作用力大小为 $mg\sin\theta+m\frac{v^2}{L}$

B.小球通过 B 点时的最小速度为$\sqrt{gL\sin\theta}$

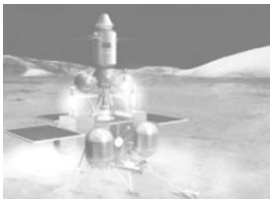
C.小球通过 A 点时斜面对小球的支持力与小球的速度无关

D.若小球以$\sqrt{gL\sin\theta}$的速率通过 B 点时突然脱落而离开轻杆，则小球到达与 A 点等高处时与 A 点间的

距离为 $2L$

微专练 23　天体质量与密度的计算

1.(求天体质量)“嫦娥三号”携带“玉兔”探测车在月球虹湾成功软着陆，在实施软着陆过程中，“嫦娥三号”离月球表面某高度处最后一次悬停，确认着陆点。若总质量为 M 的“嫦娥三号”在最后一次悬停时，反推发动机对其提供反推力大小为 F，方向竖直向上，引力常量为 G，月球半径为 R，则月球的质量为(　　)



A.$\frac{GM}{FR}$　　B.$\frac{GM}{FR^2}$

C.$\frac{FR^2}{GM}$　　D.$\frac{FR}{GM}$

2.(求天体质量)2022 年 11 月 27 日，我国在西昌卫星发射中心使用“长征二号”丁运载火箭，成功将“遥感三十六号”卫星发射升空，卫星顺利进入预定轨道，发射任务获得圆满成功。若已知该卫星在预定轨道上绕地球做匀速圆周运动，其线速度大小为 v，角速度大小为 ω，引力常量为 G，则地球的质量为(　　)

A.$\frac{v^3}{G\omega^2}$　　B.$\frac{v^2}{G\omega}$

C.$\frac{v^3}{G\omega}$　　D.$\frac{v^2}{G\omega^2}$

3.(求天体质量)宇航员在地球上的水平地面将一小球水平抛出，使小球产生一定的水平位移，当他登陆一半径为地球半径 2 倍的星球后，站在该星球水平地面上以和地球完全相同的方式水平抛出小球，测得小球的水平位移大约是地球上平抛时的 4 倍，由此宇航员估算该星球的质量 $M_{星}$ 约为(式中 M 为地球的质量)(　　)

A.$M_{星}=\frac{1}{2}M$　　B.$M_{星}=2M$

C.$M_{星}=\frac{1}{4}M$　　D.$M_{星}=4M$

4.(根据重力加速度求密度)在未来太空探测过程中，若宇航员乘飞船来到了某星球，在星球表面将一个物体竖直向上以初速度 v_0 抛出，经过 t 时间落回抛出点，已知该星球的半径为地球半径的 k 倍，地球表面重力加速度为 g，则该星球的密度与地球的密度之比为(　　)

A.$\frac{v_0}{kgt}$　　B.$\frac{2v_0}{kgt}$

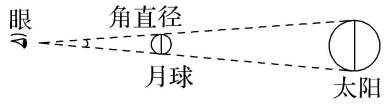
C.$\frac{kv_0}{gt}$　　D.$\frac{kv_0}{2gt}$

5.(根据近地卫星周期求密度)近日，某天文学家团队利用空间望远镜，发现了 4 个迄今已知最古老的星系，其中一个星系形成于宇宙大爆炸后 3.2 亿年，当时宇宙尚处于“婴儿”阶段。该星系内每个星球贴近其表面运行的卫星的周期用 T 表示，被环绕的星球的平均密度用ρ表示，若ρ与$\frac{1}{T^2}$的关系图像为直线，斜率为 k，则引力常量可表示为(　　)

A.$3k\pi$　　B.$\frac{3k}{\pi}$

C.$\frac{3\pi}{k}$　　D.$\frac{k}{3}\pi$

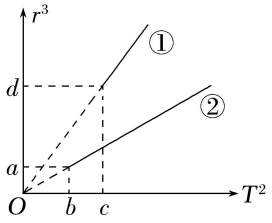
6.(利用观测角求密度)在地球上观察，月球和太阳的角直径(直径对应的张角)近似相等，如图所示。若月球绕地球运动的周期为 T_1，地球绕太阳运动的周期为 T_2，地球半径是月球半径的 k 倍，则地球与太阳的平均密度之比约为(　　)



A.$k^3\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$　　B.$k^3\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2$

C.$\frac{1}{k^3}\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$　　D.$\frac{1}{k^3}\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2$

7.(根据 r^3-T^2 图像求质量和密度)(多选)某天文爱好者根据地球和木星的不同卫星做圆周运动的半径 r 与周期 T，作出如图所示的图像，图线①中 c 的左侧部分为虚线，图线②中 b 的左侧部分为虚线。已知引力常量为 G，木星质量大于地球质量。下列说法正确的是(　　)



A.图线①是木星卫星运动的规律

B.地球的质量为$\frac{4\pi^2 d}{Gc}$

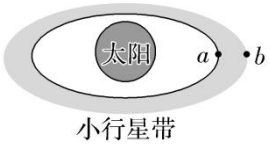
C.木星的密度为$\frac{3\pi}{Gc}$

D.木星与地球的密度之比为$\frac{c}{b}$

微专练 24　卫(行)星运行规律与宇宙速度

1.(行星参量比较)(多选)如图所示，在火星轨道的外侧有一小行星带，内外两颗小行星 a、b 分别绕太

阳做匀速圆周运动。则(　　)



A.a、b 两颗小行星的角速度相等

B.a、b 两颗小行星的动能可能相等

C.小行星 a 表面的重力加速度可能比 b 的小

D.两颗小行星与太阳的连线在相同时间内扫过的面积相等

2.(黄金代换)中国空间站工程“巡天”望远镜(简称 CSST)将于 2024 年前后投入运行，CSST 以“天宫”空间站为太空母港，日常工作时与空间站共轨独立飞行且与空间站保持适当距离，在需要补给或者维修升级时，主动与“天宫”交会对接，停靠太空母港。已知地球半径为 R，空间站轨道半径与地球半径的比值为 k，地球表面的重力加速度大小为 g，则 CSST 日常工作时的速度大小为(　　)

A.$\sqrt{kgR}$　　B.$\sqrt{\dfrac{gR}{k}}$

C.$\sqrt{\dfrac{g}{k^2R}}$　　D.$\sqrt{\dfrac{g}{k^3R}}$

3.(地球第一宇宙速度)2023 年 1 月 13 日，“长征二号”丙运载火箭在西昌卫星发射中心点火起飞，成功将“亚太 6E”卫星送入预定轨道。若卫星入轨后做匀速圆周运动，轨道半径为 r，线速度大小为 v，地球的半径为 R，则地球的第一宇宙速度为(　　)

A.$\dfrac{vr}{R}$　　B.$\dfrac{vR}{r}$

C.$\sqrt{\dfrac{v^2R}{r}}$　　D.$\sqrt{\dfrac{v^2r}{R}}$

4.(火星第一宇宙速度)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，地球的第一宇宙速度为 8 km/s，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.17.7 km/s　　D.35.2 km/s

5.(月球第一宇宙速度)截止到 2023 年 3 月，嫦娥五号探测器已取得多项科研成果。已知地球质量为月球质量的 k 倍，地球半径 R 为月球半径的 p 倍，地球表面的重力加速度为 g，则嫦娥五号探测器在近月圆形轨道的线速度大小约为(　　)

A.$\sqrt{\dfrac{kgR}{p}}$　　B.$\sqrt{\dfrac{pgR}{k}}$

C.$\sqrt{\dfrac{k^2gR}{p}}$　　D.$\sqrt{\dfrac{p^2gR}{k}}$

6.(根据第一宇宙速度求质量比)如图所示是地球唯一的天然卫星——月球与地球某时刻的位置关系。已知地、月的第一宇宙速度之比约为 24∶5，近地卫星与近月卫星(运行轨道均可近似看作圆)的环绕

周期之比约为3∶4，则地、月质量之比约为(　　)



A.83∶1　　B.86∶1

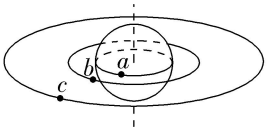
C.89∶1　　D.92∶1

7.(同步卫星与赤道上物体速度的比较)已知地球半径为R，地球表面重力加速度为g，地球自转周期为T，则地球同步卫星的线速度与赤道上物体的线速度之比为(　　)

A.$\sqrt{\frac{gT^2}{4R\pi^2}}$　　B.$\sqrt[3]{\frac{gT^2}{4R\pi^2}}$

C.$\sqrt{\frac{gRT^2}{4\pi^2}}$　　D.$\sqrt[3]{\frac{4R\pi^2}{gT^2}}$

8.(同步卫星、近地卫星、赤道上物体运动参量的比较)(多选)如图所示，a为地球赤道上的物体，b为沿地球表面附近做匀速圆周运动的人造卫星，c为地球同步卫星；已知地球的半径R与重力加速度g，关于a、b、c三个物体或卫星做匀速圆周运动的说法中正确的是(　　)



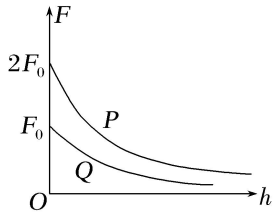
A.a、b、c三者速度关系是$v_a>v_b>v_c$

B.a、b、c三者周期关系是$T_a=T_c>T_b$

C.a、b、c三者加速度的关系是$a_b>a_c>a_a$

D.a、b、c三者所受到向心力的关系是$F_c>F_b>F_a$

9.($F-h$关系图像)如图所示为宇宙飞船分别靠近星球P和星球Q的过程中，其所受星球的万有引力F与到星球表面距离h的关系图像。已知星球P和星球Q的半径都为R，下列说法正确的是(　　)



A.星球P和星球Q的质量之比为1∶2

B.星球P表面和星球Q表面的重力加速度之比为1∶2

C.星球P和星球Q的第一宇宙速度之比为2∶1

D.星球P和星球Q的近地卫星周期之比为1∶$\sqrt{2}$

微专练 25　双星、多星模型

1.(双星的运动参量的比较)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(　　)

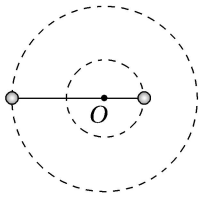
A.轨道半径约为卡戎的$\frac{1}{7}$

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

2.(双星动态问题)天文学家发现了一对被称为“灾难变星”的罕见双星系统，约每 51 分钟彼此绕行一圈，通过天文观测的数据，模拟该双星系统的运动，推测在接下来的 7 000 万年里，这对双星彼此绕行的周期逐渐减小至 18 分钟。如果将该双星系统简化为理想的圆周运动模型，如图所示，两星球在万有引力作用下，绕 O 点做匀速圆周运动。不考虑其他天体的影响，两颗星球的质量不变，在彼此绕行的周期逐渐减小的过程中，下列说法中正确的是(　　)



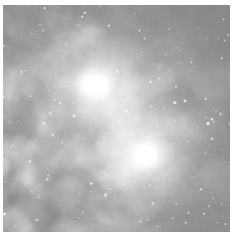
A.每颗星球的角速度都在逐渐变小

B.两颗星球的距离在逐渐的变大

C.两颗星球的轨道半径之比保持不变

D.每颗星球的加速度都在变小

3.(双星动态问题)在银河系中，有近一半的恒星像太阳一样孤独，而另一半则有一颗或多颗其他恒星相互环绕而陪伴。某科学团队发现了一个罕见的孤立双星系统，每 51 分钟相互环绕一圈，设该双星的质量分别为 m、M，两者之间的距离为 L，则关于该双星系统，下列说法正确的是(　　)



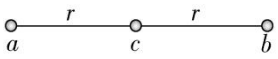
A.引力常量 $G=\frac{4\pi^2L^3}{51^2(M+m)}$

B.引力常量 $G=\frac{4\pi^2L^3}{51^2M}$

C.若恒星质量不变，二者相互环绕速度加快，可知二者环绕轨道半径逐渐减小

D.若质量为 M 的恒星有一部分质量转移到质量为 m 的恒星上，且双星间的距离不变，那么一定会影响二者相互环绕的速度

4.(三星模型)在宇宙中，单独存在的恒星占少数，更多的是双星、三星甚至多星系统。如图所示为一个简化的直线三星系统模型：三个星球的质量均为 m，a、b 两个星球绕处于二者中心的星球 c 做半径为 r 的匀速圆周运动。已知引力常量为 G，忽略其他星体对他们的引力作用，则下列说法正确的是(　　)



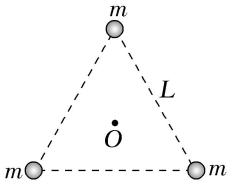
A.星球 a 做匀速圆周运动的加速度大小为$\frac{2Gm^2}{r^2}$

B.星球 a 做匀速圆周运动的线速度大小为$\sqrt{\frac{Gm}{r}}$

C.星球 b 做匀速圆周运动的周期为 $4\pi\sqrt{\frac{r^3}{5Gm}}$

D.若因某种原因中心星球 c 的质量缓慢减小，则星球 a、b 的线速度均将缓慢增大

5.(三星模型)宇宙空间存在一些离其他恒星较远的三星系统，其中有一种三星系统如图所示，三颗质量均为 m 的星体位于等边三角形的三个顶点，三角形边长为 L。忽略其他星体对它们的引力作用，三星在同一平面内绕三角形中心 O 做匀速圆周运动，引力常量为 G。下列说法正确的是(　　)



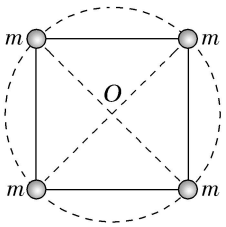
A.每颗星做圆周运动的线速度为$\sqrt{\frac{3Gm}{L^3}}$

B.每颗星做圆周运动的加速度与三星的质量无关

C.若距离 L 和每颗星的质量 m 都变为原来的 2 倍，则周期变为原来的 2 倍

D.若距离 L 和每颗星的质量 m 都变为原来的 2 倍，则线速度变为原来的 2 倍

6.(四星模型)(多选)宇宙中存在一些质量相等且离其他恒星较远的四颗星组成的四星系统，通常可忽略其他星体对它们的引力作用，如图，设四星系统中每个星体的质量均为 m，半径均为 R，四颗星稳定分布在边长为 L 的正方形的四个顶点上。已知引力常量为 G，关于四星系统(忽略星体自转的影响)，下列说法正确的是(　　)



A.四颗星的向心加速度的大小为$\frac{2\sqrt{2}Gm}{L^2}$

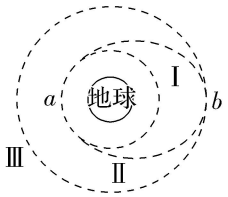
B.四颗星运行的线速度大小是$\sqrt{\frac{Gm(1+2\sqrt{2})}{2\sqrt{2}L}}$

C.四颗星表面的重力加速度均为$G\frac{m}{R^2}$

D.四颗星的周期均为$2\pi L\sqrt{\frac{2L}{Gm(1+2\sqrt{2})}}$

微专练26　卫星变轨、对接、追及相遇问题

1.(急变轨)如图是一次卫星发射过程。先将卫星发射进入绕地球的较低圆形轨道Ⅰ，然后在a点使卫星进入椭圆形的转移轨道Ⅱ，再在椭圆轨道的远地点b使卫星进入同步轨道Ⅲ，则下列说法正确的是(　　)



A.卫星在轨道Ⅰ的速率小于卫星在轨道Ⅲ的速率

B.卫星在轨道Ⅰ的周期大于卫星在轨道Ⅲ的周期

C.卫星运动到轨道Ⅱ的b点时的加速度与轨道Ⅲ的b点加速度相等

D.卫星运动到轨道Ⅰ的a点时，需减速才可进入轨道Ⅱ

2.(慢变轨)(多选)在空间运行的某人造地球卫星由于空气阻力的作用运行轨道将发生变化，则卫星运行轨道发生变化后，下列说法正确的是(　　)

A.卫星的线速度将减小

B.卫星的角速度将变大

C.卫星的向心加速度将变大

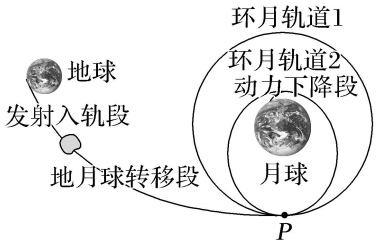
D.卫星的运行周期将要变大

3.(慢变轨)物体在万有引力场中具有的势能叫做引力势能。取两物体相距无穷远时的引力势能为零，一个质量为m_0的质点距离质量为M_0的引力源中心为r_0时。其引力势能$E_p=-\frac{GM_0m_0}{r_0}$(式中G为引力常数)。现有一颗质量为m的人造地球卫星以圆形轨道环绕地球飞行，由于受高空稀薄空气的阻力作用，卫星的圆轨道半径从r_1缓慢减小到r_2。已知地球的半径为R，地球表面的重力加速度为g，此过程中卫星克服空气阻力做功为(　　)

A.$\frac{mgR}{2}\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$　　B.$\frac{mgR}{2}\left(\frac{1}{r_2}-\frac{1}{r_1}\right)$

C.$\frac{mgR^2}{2}\left(\frac{1}{r_2}-\frac{1}{r_1}\right)$　　D.$\frac{mgR^2}{2}\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$

4.(地月转移)(多选)嫦娥工程分为三期，简称“绕、落、回”三步走。嫦娥探测器在历经主动减速、快速调整、悬停避障、缓速下降等阶段后，着陆器、上升器组合体最后稳稳地落于月面。如图所示为我国嫦娥工程第二阶段的登月探测器“嫦娥三号”卫星的飞行轨道示意图。则(　　)



A.登月探测器在环月轨道 2(椭圆轨道)上绕行时 P 点处速度最大

B.登月探测器在环月轨道 1(圆轨道)的速度比月球上的第一宇宙速度小

C.登月探测器在接近月面过程喷火以减速，该过程机械能增加

D.登月探测器在环月轨道 1 上 P 点的速度大于在环月轨道 2 上 P 点的速度

5.(飞船与空间站的对接)2022 年 5 月，我国成功完成了天舟四号货运飞船与空间站的对接，形成的组合体在地球引力作用下绕地球做圆周运动，周期约 90 分钟。下列说法正确的是(　　)

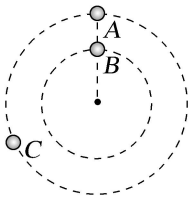
A.组合体中的货物处于超重状态

B.组合体的速度大小略大于第一宇宙速度

C.组合体的角速度大小比地球同步卫星的大

D.组合体的加速度大小比地球同步卫星的小

6.(追及相遇问题)(多选)我国的北斗三号卫星导航系统由 24 颗中圆地球轨道卫星、3 颗地球静止轨道卫星和 3 颗倾斜地球同步轨道卫星共 30 颗卫星组成。如图所示，A、C 为地球静止轨道卫星，B 为在赤道平面的中圆地球轨道卫星，绕行方向均与地球自转方向一致。已知地球自转周期为 T_1，卫星 B 的运行周期为 T_2，图示时刻，卫星 A 与卫星 B 相距最近。下列说法正确的是(　　)



A.卫星 A、B、C 的向心加速度的大小关系为 $a_A=a_C<a_B$

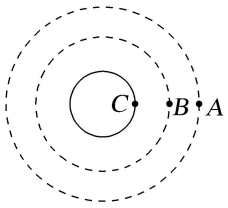
B.卫星 C 向后喷气加速可沿圆轨道追上卫星 A

C.经过时间$\frac{T_1T_2}{T_1-T_2}$，卫星 A 与卫星 B 又一次相距最近

D.卫星 A、C 的发射速度小于第一宇宙速度

7.(追及相遇问题)(多选)导航系统是一种利用人造卫星对物体进行定位测速的工具，目前世界上比较完

善的导航系统有美国的 GPS 系统，中国的北斗系统，欧洲的伽利略导航系统以及俄罗斯的 GLONASS 系统，其中美国的 GPS 系统采用的是运行周期为 12 小时的人造卫星，中国的北斗系统一部分采用了同步卫星，现有一颗北斗同步卫星 *A* 和一颗赤道平面上方的 GPS 卫星 *B*，某时刻两者刚好均处在地面某点 *C* 的正上方，如图所示，下列说法正确的是(　　)



A.*A* 的速度比 *B* 的小

B.若两者质量相等，则发射 *A* 需要更多的能量

C.此时刻 *B* 处在 *A*、*C* 连线的中点

D.从此时刻起，经过 12 小时，两者相距最远

微专练 27　恒力和变力的功与功率

1.(判断功的正、负)关于做功情况，以下说法正确的是(　　)

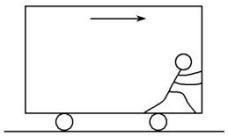
A.跳高运动员起跳时地面对人的支持力做正功

B.短跑运动员加速运动阶段地面对人的摩擦力做正功

C.短跑运动员匀速运动阶段地面对人的摩擦力不做功

D.短跑运动员减速运动阶段地面对人的摩擦力做负功

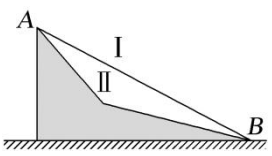
2.(功和功率)如图，小车向右做匀速直线运动，人站在车厢里向前推车，并与车保持相对静止，推车的力逐渐增大，则下列说法正确的是(　　)



A.推力对车厢不做功　　B.摩擦力对人做负功

C.推力的功率逐渐增大　　D.摩擦力的功率不变

3.(摩擦力做功)如图所示，物体由静止开始分别沿不同斜面由顶端 *A* 滑至底端 *B*，两次下滑的路径分别为图中的Ⅰ和Ⅱ，两次物体与斜面的摩擦系数相同，且不计路径Ⅱ中转折处的能量损失，则两次摩擦力对物体所做的功(　　)



A.第一次小　　B.第二次小

C.两次一样大　　D.无法确定

4.(恒力的功率)(多选)如图所示，黑板擦在手施加的恒力 F 作用下以速度大小 v 匀速向上擦拭黑板，已知黑板擦与竖直黑板间的动摩擦因数为 μ，不计黑板擦的重力，下列说法正确的是(　　)



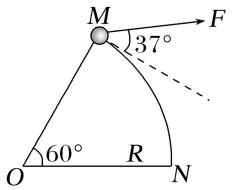
A.黑板对黑板擦的弹力大小为 $\frac{\mu F}{\sqrt{1+\mu^2}}$

B.黑板对黑板擦的弹力大小为 $\frac{F}{\sqrt{1+\mu^2}}$

C.恒力 F 的功率大小为 Fv

D.恒力 F 的功率大小为 $\frac{\mu F v}{\sqrt{1+\mu^2}}$

5.(变力做功)水平桌面上，长 6 m 的轻绳一端固定于 O 点，如图所示(俯视图)，另一端系一质量 $m=2.0$ kg 的小球。现对小球施加一个沿桌面大小不变的力 $F=10$ N，F 拉着物体从 M 点运动到 N 点，F 的方向始终与小球的运动方向成 37°角。已知小球与桌面间的动摩擦因数 $\mu=0.2$，不计空气阻力，取 $g=10$ m/s^2，sin 37°$=0.6$，cos 37°$=0.8$，则下列说法正确的是(　　)



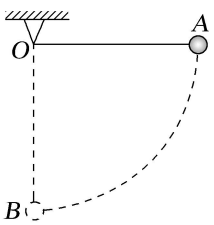
A.拉力 F 对小球做的功为 16π J

B.拉力 F 对小球做的功为 8π J

C.小球克服摩擦力做的功为 16π J

D.小球克服摩擦力做的功为 4π J

6.(变力做功)(多选)如图所示，摆球质量为 m，悬线长度为 L，把悬线拉到水平位置后放手。设在摆球从 A 点运动到最低点 B 点的过程中空气阻力的大小恒为 F，则在该过程中(　　)



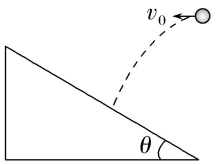
A.重力做功的功率一直增大

B.悬线的拉力做功为 0

C.空气阻力做功为$-mgL$

D.空气阻力做功为$-\frac{1}{2}F\pi L$

7.(瞬时功率与平均功率)(多选)如图所示，质量为 $m=2$ kg 的小球，以 $v_0=15$ m/s 的初速度，朝着一个倾角为$\theta=37°$的斜面平抛出去，它落到斜面上时的速度方向刚好和斜面垂直，则(　　)



A.该小球落到斜面上的瞬间重力对小球做功的瞬时功率为 500 W

B.该小球落到斜面上的瞬间重力对小球做功的瞬时功率为 400 W

C.整个平抛运动过程中重力对小球做功的平均功率为 200 W

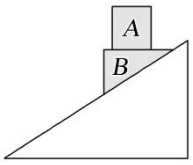
D.整个平抛运动过程中重力对小球做功的平均功率为 400 W

8.(多过程做功问题)质量为 1 kg 的物块静止在水平面上，给物块一大小为 3 m/s 的初速度，物块在水平面上滑行 1 s 后停下，若给物块一相同的初速度的同时，再给物块一个沿运动方向的恒力 F，结果物块运动 3 s 后停下，重力加速度大小取 10 m/s^2，则整个过程中拉力 F 做功为(　　)

A.9 J　　B.9.5 J

C.10 J　　D.10.5 J

9.(正、负功的判断)如图所示，木块 B 上表面是水平的，木块 A 置于 B 上，并与 B 保持相对静止，一起沿固定的光滑斜面由静止开始下滑，在下滑过程中(　　)



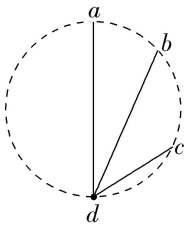
A.A 所受的合力对 A 做正功

B.B 对 A 的弹力对 A 做正功

C.B 对 A 的摩擦力对 A 做负功

D.A 对 B 的作用力对 B 做正功

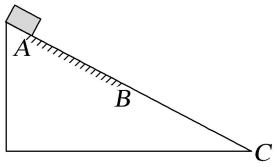
10.(等时圆与平均功率)如图所示，ad、bd、cd 是竖直面内三根固定的光滑细杆，a、b、c、d 位于同一圆周上，a 点为圆周的最高点，d 点为最低点。每根杆上都套着一个质量相等的小滑环(图中未画出)，三个滑环分别从 a、b、c 处由静止释放，用 P_1、P_2、P_3 表示各滑环从静止滑到 d 过程中重力的平均功率，则(　　)

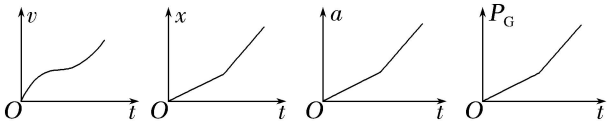


A.$P_1<P_2<P_3$　　B.$P_1>P_2>P_3$

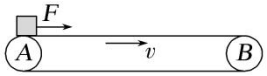
C.$P_3>P_1>P_2$　　D.$P_1=P_2=P_3$

11.(与图像结合问题)如图所示，固定斜面上半部分 AB 段粗糙且粗糙程度相同，下半部分 BC 段光滑，滑块从斜面顶端 A 点由静止释放，沿斜面向下滑动，取沿斜面向下为正方向，下列选项中分别是滑块的速度 v、位移 x、加速度 a、重力的瞬时功率 P_G 与时间 t 的关系图像，其中正确的是(　　)





12.(传送带模型中的功与功率)如图所示，水平传送带以恒定速度 $v=16$ m/s 顺时针匀速运行，左右两端 A、B 之间距离 $L=16$ m。现将一质量 $m=2$ kg 可看作质点的物块轻轻放到传送带 A 端，同时对物块施加一水平向右的恒力 $F=10$ N。已知物块与传送带之间的动摩擦因数为$\mu=0.30$，重力加速度 $g=10$ m/s^2。物块从 A 端运动到 B 端的过程中，下列说法正确的是(　　)



A.物块从 A 端运动到 B 端的过程先匀加速运动后匀速运动

B.物块从 A 端运动到 B 端的时间 $t=1$ s

C.摩擦力对物块做功 $W=96$ J

D.物块运动到 B 端时，恒力 F 的瞬时功率 $P=200$ W

13.(板块模型中的功与功率)(多选)如图所示，质量为 M、长度为 L 的木板静止在光滑的水平面上，质量为 m 的小物体(可视为质点)放在木板上最左端，现用水平恒力 F 作用在小物体上，使物体从静止开始做匀加速直线运动。已知物体和木板之间的摩擦力为 F_f。当物体滑到木板的最右端时，木板运动的距离为 x，则在此过程中(　　)



A.力 F 对物体做功大小为 $F(L+x)$

B.摩擦力对物体做功为$-F_fL$

C.摩擦力对物体做功为$-F_fx$

D.摩擦力对木板做功为 F_fx

微专练 28　机车启动问题

1.($P=fv_m$ 的应用)“复兴号”动车组由多节车厢提供动力，从而达到提速的目的。每节车厢的质量均相同的“复兴号”动车组在平直的轨道上行驶，该动车组共有 m 节车厢，其中 n 节是动力车厢，每节动力车厢发动机的额定功率均为 P，若动车组受到的阻力与其速率成正比($f=kv$，k 为常量)，则动车组能达到的最大速度为(　　)

A.$\sqrt{\dfrac{nP}{k}}$　　B.$\sqrt{\dfrac{kP}{n}}$

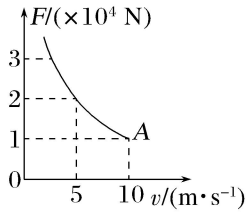
C.$\dfrac{nP}{mk}$　　D.$\dfrac{nP}{k}$

2.(功率突变问题)一辆质量为 m 的汽车在水平路面上以速度 v 匀速行驶，此时发动机功率为 P，汽车运动中所受阻力恒定不变。当汽车功率突然变为 $\dfrac{3}{4}P$ 的瞬间，此时加速度大小为(　　)

A.0　　B.$\dfrac{P}{4mv}$

C.$\dfrac{3P}{4mv}$　　D.$\dfrac{P}{mv}$

3.(恒定功率启动)汽车沿平直的公路以恒定功率 P 从静止开始启动，若所受阻力始终不变，如图所示为牵引力 F 与速度 v 的关系，加速过程在图中 A 点结束，所用的时间 $t=10$ s，10 s 后汽车做匀速运动。则(　　)



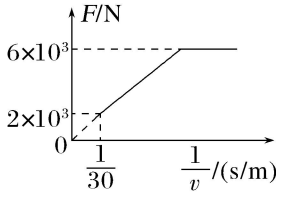
A.汽车匀速运动时的牵引力大小为 3×10^4 N

B.汽车所受阻力的大小为 1×10^4 N

C.汽车恒定功率为 5×10^4 W

D.汽车在 $t=10$ s 时，速度大小为 5 m/s

4.(恒定加速度启动)在汽车性能测试中，一汽车以恒定加速度启动后，最终以额定功率在平直公路上行驶。汽车所受牵引力与速度倒数的关系如图所示，已知汽车的质量为 $m=2\times10^3$ kg，汽车运动过程中所受阻力恒定，下列说法正确的是(　　)



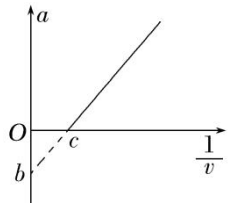
A.汽车匀加速过程中能达到的最大速度为 30 m/s

B.汽车做匀加速直线运动的时间为 4 s

C.汽车做匀加速直线运动的加速度为 1 m/s^2

D.汽车的额定功率为 6×10^4 W

5.(恒定功率启动)(多选)质量为 m 的赛车在平直赛道上以恒定功率做直线运动，其加速度 a 与速度的倒数$\frac{1}{v}$的关系如图所示。假设赛车受到的阻力不变，图像中横轴和纵轴截距 b、c 为已知值，则(　　)



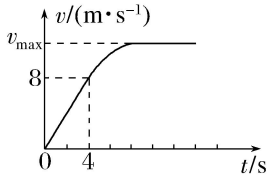
A.赛车初始阶段做加速度逐渐减小的加速运动

B.赛车初始阶段加速度随时间均匀增大

C.赛车的恒定功率为$\frac{mb}{c}$

D.赛车受到的阻力大小为$-mb$

6.(恒定的加速度启动)一辆汽车在水平路面上由静止启动，在前 4 s 内做匀加速直线运动，4 s 末达到额定功率，之后保持额定功率运动，其 $v-t$ 图像如图所示。已知汽车的质量为 $m=2.5\times10^3$ kg，汽车受到地面的阻力为 $F_f=0.1mg$，重力加速度 g 取 10 m/s^2，则下列说法正确的是(　　)



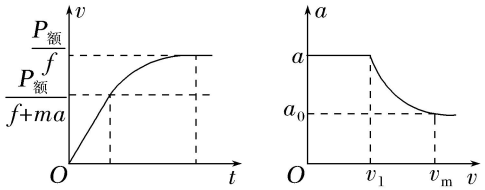
A.汽车在 2 s 时的牵引力为 5×10^3 N

B.汽车的额定功率为 72 kW

C.汽车的最大速度为 20 m/s

D.当汽车的速度为 12 m/s 时，其加速度为 1 m/s^2

7.(恒定加速度启动)(多选)下列各图是反映汽车(额定功率为 $P_{额}$)从静止开始匀加速启动，最后做匀速直线运动的过程中，其速度随时间以及加速度、牵引力和功率随速度变化的图像，其中正确的是(　　)



8.(斜面上的恒加速度启动)半坡起步是汽车驾驶中可能会遇到的问题。假设一辆质量为 2 000 kg 的汽车，在倾角θ=30°的足够长斜坡上由静止开始以大小为 0.5 m/s^2 的恒定加速度启动，行驶过程中汽车受到的空气和摩擦阻力之和恒为 1 000 N，重力加速度 g 取 10 m/s^2，汽车发动机的额定输出功率为 60 kW。则汽车从启动至发动机功率达到额定输出功率过程中，汽车发生的位移大小为(　　)

A.25 m　　B.30 m

C.50 m　　D.60 m

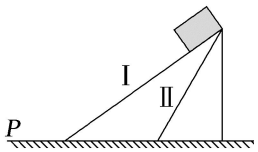
微专练 29　动能定理的应用

1.(动能定理的应用)在篮球比赛中，投篮的投射角度会影响投篮的命中率。在某次投篮中，篮球投出速度大小为 $4\sqrt{2}$ m/s，方向与水平面成 45°角。投球点在篮筐下方，竖直距离为 0.35 m。g 取 10 m/s^2，则篮球进筐的速度大小为(　　)

A.3 m/s　　B.4 m/s

C.5 m/s　　D.7 m/s

2.(动能定理的应用)如图所示，甲、乙两个小物体从同一高度分别沿斜面Ⅰ、Ⅱ下滑，两物体与接触面的动摩擦因数均为μ，斜面与水平面接触处有光滑的小圆弧相连。若物体甲由静止下滑运动到水平面上的 P 点静止，则乙物体由静止下滑，当其运动到水平面时，将停在(　　)

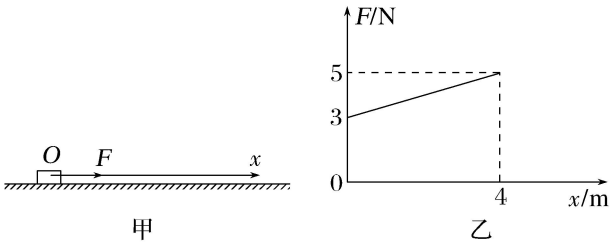


A.P 点右侧　　B.P 点

C.P 点左侧　　D.无法确定

3.(动能定理与图像结合)如图甲所示，在一无限大光滑水平面上静止放置可视为质点、质量为 m=2 kg 的物体，以物体所在初始位置为坐标原点建立一维坐标系，现给物体施加一沿 x 轴正方向的作用力 F，

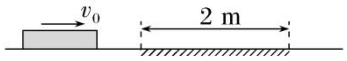
其大小与坐标的关系如图乙所示。则在 $x=4$ m 处，作用力 F 的瞬时功率为(　　)



A.15 W　　B.20 W

C.40 W　　D.无法计算

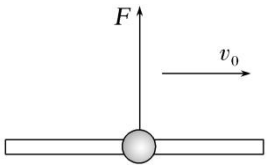
4.(动能定理求临界速度)(多选)如图所示，光滑水平面与长 2 m 的粗糙水平面平滑连接，长 $l=1$ m 的匀质木板在光滑水平面上以速度 v_0 匀速运动，随后进入粗糙水平面。已知木板与粗糙水平面间的动摩擦因数$\mu=0.1$，重力加速度 g 取 10 m/s^2，要使整个木板全部停在粗糙水平面内，则 v_0 的值可能为(　　)



A.1 m/s　　B.1.2 m/s

C.2 m/s　　D.2.5 m/s

5.(动能定理解决变力做功问题)(多选)如图所示，一个质量为 $m=1$ kg 的带孔小球穿在固定的粗糙水平长横杆上，小球与横杆间的动摩擦因数为$\mu=0.6$。某时刻小球获得一个水平向右的瞬时速度 $v_0=15$ m/s，同时小球受到一个竖直向上的作用力 F，F 与速度的平方成正比，比例常数为 $k=0.4$，重力加速度为 $g=10$ m/s^2，则小球运动的整个过程中(　　)



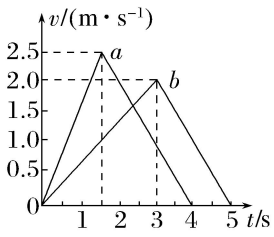
A.作用力 F 对小球做功为 0

B.作用力 F 对小球做功为－112.5 J

C.摩擦力对小球做功为－112.5 J

D.摩擦力对小球做功为－100 J

6.(全程应用动能定理解决“0－v－0”模型)质量相等的两个物体 A 和 B，并排放在水平地面上。现用同向水平拉力 F_1、F_2 分别作用于物体 A 和 B 上，作用一段时间后撤去，两物体各自滑行一段距离后停止。A、B 两物体运动的 $v-t$ 图像分别如 a、b 图线所示。由图中信息可以得出(　　)



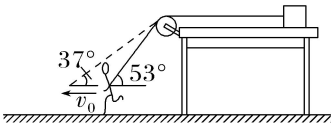
A.F_1 对 A 所做的功小于 F_2 对 B 所做的功

B.F_1 对 A 所做的功大于 F_2 对 B 所做的功

C.F_1 的最大瞬时功率是 F_2 的最大瞬时功率的 2 倍

D.F_2 的最大瞬时功率是 F_1 的最大瞬时功率的 2 倍

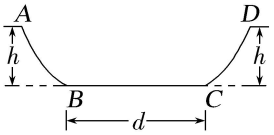
7.(动能定理的应用)如图所示，质量为 m 的物块放在光滑的水平桌面上，系在物块上的轻质绳子绕过光滑的定滑轮，滑轮右侧绳子水平，人拉着绳子的下端以速度 v_0 水平向左做匀速运动，在拉紧的绳子与水平方向的夹角由 53°变成 37°的过程中(sin 53°＝0.8、cos 53°＝0.6)，人对物体做的功为(　　)



A.$\frac{175}{288}mv_0^2$　　B.$\frac{7}{50}mv_0^2$

C.$\frac{175}{144}mv_0^2$　　D.$\frac{7}{25}mv_0^2$

8.(动能定理求往复运动的路程)如图所示，$ABCD$ 是一个盆式容器，盆内侧壁与盆底 BC 的连接处都是一段与 BC 相切的圆弧，BC 水平，其长度 d＝0.50 m，盆边缘的高度为 h＝0.30 m。在 A 处放一个质量为 m 的小物块并让其由静止下滑。已知盆内侧壁是光滑的，而盆底 BC 面与小物块间的动摩擦因数为μ＝0.10。小物块在盆内来回滑动，最后停下来，则停止的地点到 B 的距离为(　　)



A.0.50 m　　B.0.25 m

C.0.10 m　　D.0

9.(应用动能定理解决类机车启动)(多选)共享电动车已经成为我们日常生活中不可或缺的重要交通工具，某共享电动车和驾驶员的总质量为 100 kg，行驶时所受阻力大小为车和人所受总重力的$\frac{1}{10}$，电动车从静止开始以额定功率在水平公路上沿直线行驶，7 s 内行驶了 20 m，速度达到 4 m/s。取重力加速度大小 g＝10 m/s^2。下列说法正确的是(　　)



A.该电动车的额定功率为 560 W

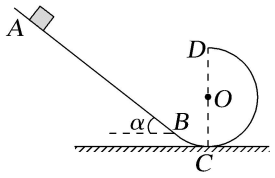
B.该电动车的额定功率为 400 W

C.在这次行驶中，该电动车行驶的最大速度为 4 m/s

D.在这次行驶中，该电动车行驶的最大速度为 5.6 m/s

10.(动能定理与圆周临界综合)如图所示，处于竖直平面内的一探究装置，倾角α＝37°的直轨道 AB 与半径 R＝0.15 m 的圆弧形光滑轨道 BCD 相切于 B 点，O 为圆弧轨道的圆心，CD 为竖直方向上的直

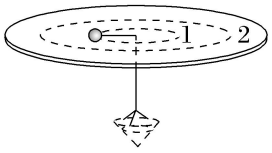
径。一质量 $m=0.1$ kg 的小滑块可从斜面上的不同位置由静止释放，已知小滑块与直轨道 AB 间的动摩擦因数$\mu=0.5$，重力加速度取 $g=10$ m/s^2，$\sin 37°=0.6$，$\cos 37°=0.8$。若小滑块恰好能通过圆弧轨道的最高点 D，则释放点距 B 点的距离为(　　)



A.1.725 m　　B.1.5 m

C.1.25 m　　D.0.75 m

11.(动能定理与圆周运动综合)如图所示，水平放置的光滑桌面中心开有光滑的小孔，轻质细绳穿过小孔一端连接质量为 m 的小球，另一端连接总质量为 $8m$ 的漏斗(其中细沙的质量为 $7m$)，小球在轨道 1 上做匀速圆周运动。某时刻起，漏斗内细沙缓慢流出而漏斗缓慢上升，漏斗内细沙全部流出时漏斗上升的高度为 h，之后小球在轨道 2 上做匀速圆周运动，此过程中小球在任意相等时间内扫过的面积相等，重力加速度大小为 g，下列说法正确的是(　　)



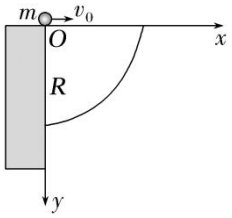
A.小球在单位时间内扫过的面积为$\sqrt{gh^3}$

B.小球在轨道 1 上运动时的动能为 $4mgh$

C.小球在轨道 2 上运动时的动能为 $3mgh$

D.此过程中细绳对漏斗做的功为 $2mgh$

12.(动能定理与平抛运动结合)如图所示，一平台固定在竖直平面内，以平台右边缘 O 点为原点，沿平台右侧竖直向下为 y 轴正方向，沿水平向右为 x 轴正方向建立直角坐标系 xOy。在该坐标系中，以坐标原点 O 为圆心，半径为 R 的四分之一圆弧轨道竖直固定在平台的右侧。质量为 m 的小球从坐标原点 O 以初速度 v_0(大小未知)沿 x 轴正方向平抛。重力加速度大小为 g，不计空气阻力。小球从 O 点抛出后到落到圆弧轨道上的过程中，下列说法正确的是(　　)



A.当初速度 v_0 的大小为适当的值时，小球可能垂直落到圆弧轨道上

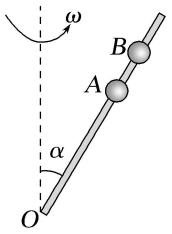
B.初速度 v_0 越大，小球在空中运动的时间越长

C.初速度 $v_0=\sqrt{\sqrt{3}gR}$时，小球落到圆弧轨道上的动量最小

D.小球落到圆弧轨道上的最小动能为$\frac{\sqrt{3}}{2}mgR$

微专练 30　机械能守恒与圆周运动

1.(水平面内的圆周运动机械能的比较)如图所示，一光滑细杆的下端固定在竖直轴上的 O 点，杆与轴的夹角为α，杆以角速度ω绕竖直轴匀速旋转。质量为 m 的小球套在杆上，在距离 O 点一定距离的 A 处随杆一起在水平面内做匀速圆周运动。现对杆的运动进行适当调节，使小球位于距离 O 较远的 B 点，相对杆静止以新的角速度ω'匀速转动，下列说法正确的是(　　)



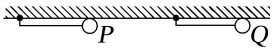
A.小球在 B 处的机械能等于在 A 处的机械能

B.小球在 B 位置上的线速度小于在 A 位置上的线速度

C.杆转动的角速度满足$\omega'>\omega$

D.小球在 A、B 两个位置做匀速圆周运动的加速度相同

2.(机械能守恒＋竖直面内的圆周运动)(多选)如图所示，小球 P 和 Q 用不可伸长的轻绳悬挂在天花板上，P 球的质量大于 Q 球的质量，悬挂 P 球的绳比悬挂 Q 球的绳短。将两球拉起，使两绳均被水平拉直(选细绳水平时，小球所在的水平面为零势面)，将两球由静止释放，在各自轨迹的最低点。则(　　)



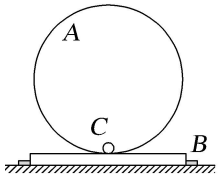
A.P 球的向心加速度一定等于 Q 球的向心加速度

B.P 球所受绳的拉力一定等于 Q 球所受绳的拉力

C.P 球的动能一定等于 Q 球的动能

D.P 球的机械能一定等于 Q 球的机械能

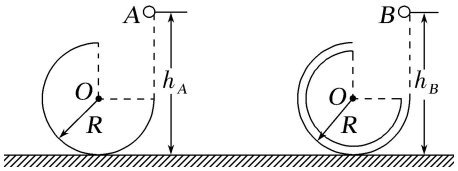
3.(机械能守恒＋竖直面内的圆周运动)(多选)如图所示，竖直环 A 半径为 r，固定在木板 B 上，木板 B 放在水平地面上，B 的左右两侧各有一挡板固定在地上，B 不能左右运动，在环的最低点静放有一小球 C，A、B、C 的质量均为 m。现给小球一水平向右的瞬时速度 v，小球会在环内侧做圆周运动。为保证小球能通过环的最高点，且不会使环在竖直方向上跳起，不计小球与环的摩擦阻力，重力加速度为 g，则瞬时速度 v 必须满足(　　)



A.最小值为$\sqrt{4gr}$　　B.最小值为$\sqrt{5gr}$

C.最大值为$\sqrt{6gr}$　　D.最大值为$\sqrt{7gr}$

4.(竖直面内两种圆周运动模型的比较)如图所示，两个四分之三竖直圆弧轨道固定在同一水平地面上，半径 R 相同，左侧轨道由金属凹槽制成，右侧轨道由金属圆管制成，均可视为光滑轨道。在两轨道右侧的正上方分别将金属小球 A 和 B 由静止释放，小球距离地面的高度分别为 h_A、h_B，重力加速度为 g，下列说法正确的是(　　)



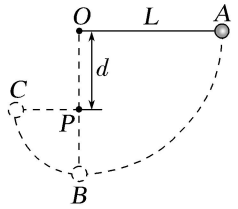
A.若使小球沿轨道运动并且到达轨道最高点，两球释放的最小高度 $h_A<h_B$

B.在轨道最低点，A 球受到的支持力最小值为 $6mg$

C.在轨道最低点，B 球受到的支持力最小值为 $6mg$

D.适当调整 h_A、h_B，可使两球从轨道最高点飞出后，均恰好落在各自轨道右端开口处

5.(竖直面内半径突变的圆周运动)(多选)如图，在 O 点用长为 L 不可伸长的轻绳悬挂一质量为 m 的小球，O 点正下方的 P 点固定一细钉子，OP 距离为 d，C 点和 P 点等高。小球处于 O 点右侧同一水平高度的 A 点时，绳刚好拉直，将小球从 A 点由静止释放。以过最低点 B 的水平面为零势能面，重力加速度大小为 g，不计空气阻力。下列说法正确的是(　　)



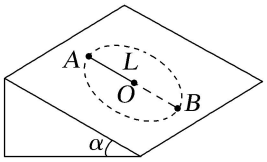
A.若小球恰能绕钉子做圆周运动，则 d 应等于 $\frac{3}{5}L$

B.若 d 为 $\frac{3}{5}L$，小球到达 C 点时绳子拉力为 $3mg$

C.若 d 为 $\frac{1}{2}L$，小球到达 C 点时的机械能为 $\frac{1}{2}mgL$

D.若 d 为 $\frac{1}{2}L$，小球到达 C 点时所受合力方向水平向右

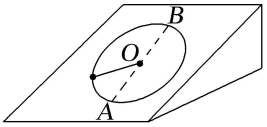
6.(机械能守恒＋光滑斜面内的圆周运动)如图所示，在倾角为$\alpha=30°$的光滑斜面上，有一根长为 $L=0.8$ m 的细绳，一端固定在 O 点，另一端系一质量为 $m=0.2$ kg 的小球，小球沿斜面做圆周运动，若要小球能通过最高点 A，则小球在最低点 B 的最小速度是(取 $g=10$ m/s^2)(　　)



A.2 m/s　　B.$2\sqrt{10}$ m/s

C.$2\sqrt{5}$ m/s　　D.$2\sqrt{2}$ m/s

7.(机械能守恒＋光滑斜面内的圆周运动)如图所示，一长度为 R 的轻绳一端系一质量为 m 的小球，另一端固定在倾角$\theta=30°$的光滑斜面上 O 点，小球在斜面上绕 O 点做半径为 R 的圆周运动，A、B 分别是圆周运动轨迹的最低点和最高点，若小球通过 B 点时轻绳拉力大小等于 mg，重力加速度为 g，则小球通过 A 点时，轻绳拉力大小为(　　)

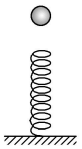


A.$2mg$　　B.$4mg$

C.$6mg$　　D.$7mg$

微专练 31　含弹簧系统的机械能守恒问题

1.(机械能守恒的判断)(多选)如图所示，小球从高处下落到竖直放置的轻弹簧上，那么小球从接触弹簧开始到将弹簧压缩到最短的过程中(弹簧保持竖直)，下列关于能的叙述正确的是(　　)



A.小球的机械能守恒

B.小球的动能先增大后减小

C.小球的重力势能和弹簧的弹性势能之和先减小后增大

D.小球的动能和弹簧的弹性势能之和先增大后减小

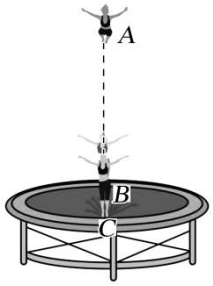
2.(机械能守恒定律的应用)一轻弹簧上端固定，下端悬挂一个质量为 m 的小球 A，若将小球 A 从弹簧原长位置由静止释放，小球 A 能够下降的最大高度为 h。若将小球 A 换为质量为 $4m$ 的小球 B，仍从弹簧原长位置由静止释放，则小球 B 下降 h 时的速度为(重力加速度为 g，不计空气阻力)(　　)

A.$\sqrt{2gh}$　　B.$\sqrt{\dfrac{3gh}{2}}$

C.$\sqrt{6gh}$　　D.$\sqrt{\dfrac{4gh}{3}}$

3.(机械能守恒的应用)如图所示为某运动员做蹦床运动的简化示意图，A 为运动员某次下落过程的最高点，B 为运动员下落过程中刚接触蹦床时的位置，C 为运动员下落过程的最低点。若 A、B 之间的

竖直距离为 h，B、C 之间的竖直距离为Δx，运动员的质量为 m，重力加速度为 g，不计空气阻力，下列说法正确的是(　　)



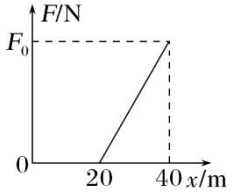
A.下落过程中运动员与蹦床组成的系统势能一直在减小

B.从最高点 A 运动到最低点 C，运动员的机械能守恒

C.从 B 点至 C 点过程中，运动员在 B 点时的加速度最大

D.蹦床的最大弹性势能是 $mg(\Delta x+h)$

4.(机械能守恒的应用)(多选)蹦极是跳跃者把一端固定的弹性绳绑在踝关节等处，从几十米高处自由落下的一项极限运动(可近似看作在竖直方向运动)。某体验者质量为 50 kg，在一次下落过程中所受弹性绳的拉力 F 与下落位移 x 的图像如图所示，不计空气阻力，$g=10\ \mathrm{m/s^2}$。下列说法正确的是(　　)



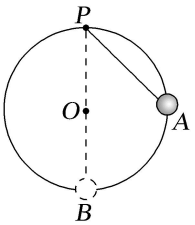
A.体验者下落过程的最大动能为 1×10^4 J

B.体验者下落 0～20 m 过程中机械能守恒

C.体验者下落 20～40 m 过程中处于失重状态

D.该过程中，弹性绳的最大弹性势能为 2×10^4 J

5.(圆周运动的机械能守恒)(多选)如图所示，一轻质橡皮条的一端系在竖直放置的半径为 0.5 m 的圆环顶点 P，另一端系一质量为 0.1 kg 的小球，小球穿在圆环上可做无摩擦的运动。设开始时小球置于 A 点，橡皮条处于刚好无形变状态，A 点与圆心 O 位于同一水平线上，当小球运动到最低点 B 时速率为 1 m/s，此时小球对圆环恰好没有压力(取 $g=10\ \mathrm{m/s^2}$)。下列说法正确的是(　　)



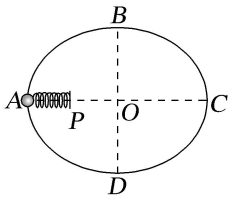
A.从 A 到 B 的过程中，小球的机械能守恒

B.从 A 到 B 的过程中，橡皮条的弹性势能增加了 0.45 J

C.小球过 B 点时，橡皮条上的弹力为 0.2 N

D.小球过 B 点时，橡皮条上的弹力为 1.2 N

6.(与弹簧相关的机械能守恒问题)(多选)如图所示，一小球(可视为质点)套在固定的竖直光滑椭圆形轨道上，椭圆的左焦点为 P，长轴 $AC=2L_0$，短轴 $BD=\sqrt{3}L_0$。原长为 L_0 的轻弹簧一端套在过 P 点的光滑轴上，另一端与小球连接。若小球做椭圆运动，在 A 点时的速度大小为 v_0，弹簧始终处于弹性限度内，则下列说法正确的是(　　)



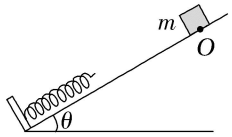
A.小球在 A 点时弹簧的弹性势能大于在 C 点时的弹性势能

B.小球在 A、C 两点时的动能相等

C.小球在 D 点时的速度最大

D.小球在 D 点时受到轨道的弹力沿 DO 方向

7.(弹簧滑块模型)(多选)如图所示，在水平地面上固定一倾角为$\theta=30°$的光滑斜面，将一劲度系数 $k=100\ \text{N/m}$ 的轻质弹簧下端固定在斜面底端，整根弹簧足够长且处于原长。质量为 $m=2.0\ \text{kg}$ 的滑块从距离弹簧上端 0.4 m 处的 O 点处由静止释放。假设滑块与弹簧在接触过程中系统没有机械能损失，弹簧始终处在弹性限度内，重力加速度 g 取 $10\ \text{m/s}^2$。若已知弹簧的弹性势能的表达式为 $E_p=\frac{1}{2}kx^2$，其中 k 为劲度系数，x 为弹簧的形变量。则滑块从静止下滑到最低点的过程中(　　)



A.滑块的机械能守恒

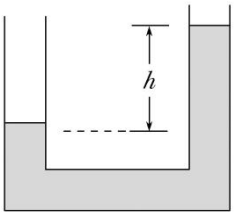
B.滑块下滑到距离 O 点 0.5 m 处时速度达到最大值

C.滑块下滑过程中动能最大值为 $E_{km}=4.5\ \text{J}$

D.滑块下滑过程中加速度最大值 $a_m=15\ \text{m/s}^2$

微专练 32　非质点类和多物体机械能守恒问题

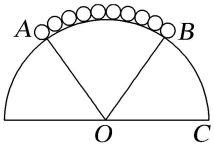
1.(流体类的机械能守恒)如图所示，粗细均匀，两端开口的 U 形管内装有同种液体，开始时两边液面高度差为 h，管中液柱总长度为 $4h$，后来让液体自由流动，当两液面高度相等时，右侧液面下降的速度大小是(重力加速度为 g)(　　)



A.$\sqrt{\frac{gh}{8}}$　　B.$\sqrt{\frac{gh}{6}}$

C.$\sqrt{\frac{gh}{4}}$　　D.$\sqrt{\frac{gh}{2}}$

2.(链条类的机械能守恒)如图所示，质量分布均匀的铁链，静止放在半径 $R=\frac{6}{\pi}$ m 的光滑半球体上方。给铁链一个微小的扰动使之向右沿球面下滑，当铁链的端点 B 滑至 C 处时其速度大小为 $3\sqrt{2}$ m/s。已知$\angle AOB=60°$，以 OC 所在平面为参考平面，取 $g=10$ m/s^2。则下列说法中正确的是(　　)



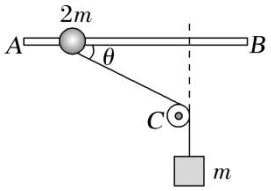
A.铁链下滑过程中靠近 B 端的一小段铁链机械能守恒

B.铁链在初始位置时其重心高度$\frac{3\sqrt{3}}{\pi}$ m

C.铁链的端点 A 滑至 C 点时其重心下降 2.8 m

D.铁链的端点 A 滑至 C 处时速度大小为 $6\sqrt{2}$ m/s

3.(绳关联的机械能守恒)如图所示，不可伸长的轻绳跨过光滑定滑轮，一端连接质量为 $2m$ 的小球(视为质点)，另一端连接质量为 m 的物块，小球套在光滑的水平杆上。开始时轻绳与杆的夹角为θ，现将小球从图示位置静止释放，当小球到达图中竖直虚线位置时的速度大小为 v，此时物块尚未落地。重力加速度大小为 g，则下列说法正确的是(　　)



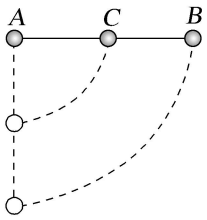
A.当$\theta=90°$时，物块的速度大小为 $2v$

B.当$\theta=90°$时，小球所受重力做功的功率为 $2mgv$

C.小球到达虚线位置之前，轻绳的拉力始终小于 mg

D.小球到达虚线位置之前，小球一直向右做加速运动

4.(杆关联的机械能守恒)(多选)轻杆 AB 长 $2L$，A 端连在固定轴上，B 端固定一个质量为 $2m$ 的小球，中点 C 固定一个质量为 m 的小球。AB 杆可以绕 A 端在竖直平面内自由转动。现将杆置于水平位置，如图所示，然后由静止释放，不计各处摩擦与空气阻力，重力加速度为 g，则下列说法正确的是(　　)



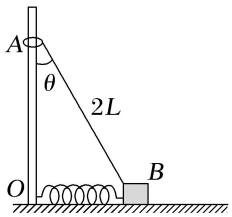
A.*AB* 杆转到竖直位置时，角速度为$\sqrt{\frac{10g}{9L}}$

B.*AB* 杆转到竖直位置的过程中，*B* 端小球的机械能的增量为$\frac{4}{9}mgL$

C.*AB* 杆转动过程中杆 *CB* 对 *B* 球做正功，对 *C* 球做负功，杆 *AC* 对 *C* 球做正功

D.*AB* 杆转动过程中，*C* 球机械能守恒

5.(杆关联的系统机械能守恒)如图所示，质量为 2*m* 的金属环 *A* 和质量为 *m* 的物块 *B* 通过光滑铰链用长为 2*L* 的轻质细杆连接，金属环 *A* 套在固定于水平地面上的竖直杆上，物块 *B* 放在水平地面上，原长为 *L* 的轻弹簧水平放置，右端与物块 *B* 相连，左端固定在竖直杆上 *O* 点，此时轻质细杆与竖直方向夹角θ=30°。现将金属环 *A* 由静止释放，*A* 下降到最低点时 θ 变为 60°。不计一切阻力，重力加速度为 *g*，则在金属环 *A* 下降的过程中，下列说法中正确的是(　　)



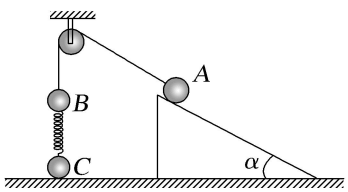
A.金属环 *A* 和物块 *B* 组成的系统机械能守恒

B.金属环 *A* 的机械能先增大后减小

C.金属环 *A* 降到最低点时物块 *B* 的速度最大

D.弹簧弹性势能最大值为 2($\sqrt{3}$－1)*mgL*

6.(系统的机械能守恒)如图，*A*、*B* 两小球由绕过轻质定滑轮的细线相连，*A* 放在固定的光滑斜面上，*B*、*C* 两小球在竖直方向上通过轻质弹簧相连，*C* 球放在水平地面上，现用手控制住 *A*，并使细线刚刚拉直但无拉力作用，并保证滑轮左侧细线竖直、右侧细线与斜面平行，整个系统处于静止状态。已知 *A* 的质量为 4 kg，*B*、*C* 的质量均为 1 kg，弹簧的劲度系数为 20 N/m，斜面倾角α=30°，重力加速度 *g* 取 10 m/s^2。设 *B* 与定滑轮的距离足够远，斜面足够长，在随后的运动过程中，*B* 不会撞击定滑轮，*A* 也不会离开斜面，不计一切摩擦和空气阻力，则释放 *A* 后至 *C* 离开地面之前，*A* 沿斜面下滑的速度最大值是(　　)

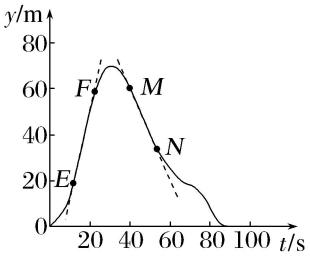


A.2 m/s　　B.3 m/s

C.5 m/s　　D.7 m/s

微专练 33　与机械能有关的图像问题

1.($y-t$ 图像)(多选)某实验小组测得在竖直方向飞行的无人机飞行高度 y 随时间 t 的变化曲线如图所示，E、F、M、N 为曲线上的点，EF、MN 段可视为两段直线，其方程分别为 $y=4t-26$ 和 $y=-2t+140$。无人机及其载物的总质量为 2 kg，取竖直向上为正方向。则(　　)



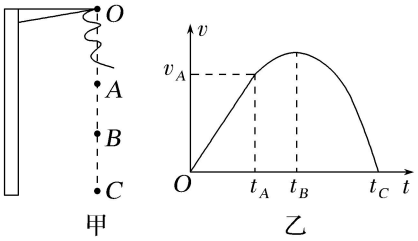
A.EF 段无人机的速度大小为 4 m/s

B.FM 段无人机的货物处于失重状态

C.FN 段无人机和装载物总动能变化量大小为 0

D.MN 段无人机机械能守恒

2.($v-t$ 图像)(多选)“蹦极”被称为“勇敢者的游戏”。如图甲所示，将一根自然长度为 OA 的弹性轻绳一端系在人身上，另一端固定在跳台边缘。人从跳台由静止下落开始计时，下落过程中速度随时间的变化如图乙所示，图中 t_A、t_B、t_C 三个时刻分别对应 A、B、C 三个点，t_B 时刻是图像最高点，不计空气阻力。下列说法正确的是(　　)



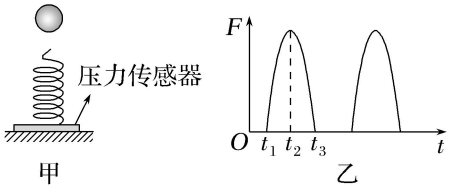
A.重力加速度大小为$\frac{v_A}{t_A}$

B.人从 A 点运动到 B 点这一过程中，人的重力势能转化为动能

C.人在下落过程中，弹性绳对人先做正功再做负功

D.人从 A 点运动到 C 点这一过程中，人的机械能一直减少

3.($F-t$ 图像)(多选)如图甲所示，质量不计的弹簧竖直固定在水平面上，$t=0$ 时刻，将一金属小球从弹簧正上方某一高度处由静止释放，小球接触弹簧并将弹簧压缩至最低点(形变在弹性限度内)，然后又被弹起离开弹簧，上升到一定高度后又下落，如此反复，通过安装在弹簧下端的压力传感器，测出该过程中弹簧弹力 F 随时间 t 变化的图像如图乙所示，则(　　)



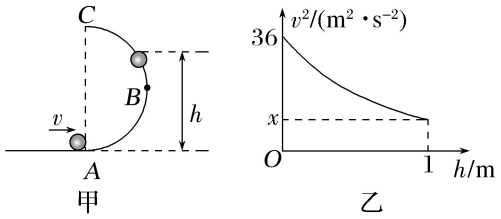
A.运动过程中小球的机械能守恒

B.t_2 时刻小球的速度为零

C.t_1～t_2 这段时间内，小球的动能在逐渐减少

D.t_2～t_3 这段时间内，小球的动能与重力势能之和在增加

4.(v^2-h 图像)(多选)如图甲所示，水平地面上竖直固定一半径为 0.5 m 的半圆形轨道，A 为最低点，B 为轨道中点，C 为最高点。现有一质量为 1 kg 的小球从 A 点以一定速度进入半圆轨道，恰好能到达最高点 C。测得小球在轨道上速度的平方与其高度的关系如图乙所示。已知轨道粗糙程度处处相同，空气阻力不计，重力加速度 g 取 10 m/s^2。则(　　)



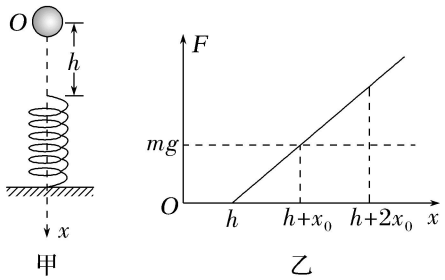
A.图乙中 $x=25$

B.小球在 A 点对轨道的压力大小为 82 N

C.小球从 A 到 C 合力做的功为 15.5 J

D.小球从 B 到 C 损失机械能小于 2.75 J

5.($F-x$ 图像)(多选)如图甲所示，轻弹簧竖直放置，下端固定在水平地面上，一质量为 m 的小球，从离弹簧上端高 h 处由静止释放。某同学探究小球在接触弹簧后向下的运动过程，他以小球开始下落的位置为原点，沿竖直向下方向建立坐标轴 Ox，作出小球所受弹力 F 大小随小球下落的位置坐标 x 的变化关系如图乙所示，不计空气阻力，重力加速度为 g。以下判断正确的是(　　)



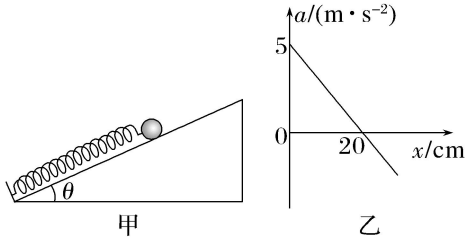
A.当 $x=h+x_0$ 时，重力势能与弹性势能之和最小

B.最低点的坐标为 $x=h+2x_0$

C.小球受到的弹力最大值等于 $2mg$

D.小球动能的最大值为 $mgh+\frac{mgx_0}{2}$

6.($a-x$ 图像)(多选)如图甲所示，轻质弹簧的下端固定在倾角为θ的固定光滑斜面的底部，在弹簧的上端从静止开始释放 0.5 kg 的小球，小球的加速度 a 与弹簧压缩量 x 间的关系如图乙所示。重力加速度 g 取 10 m/s^2，则(　　)



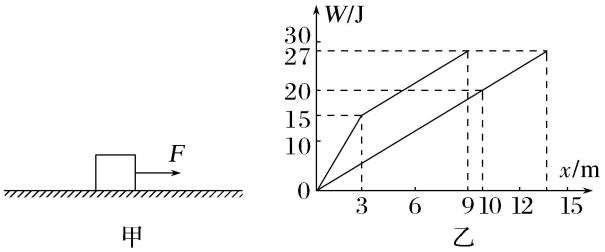
A.斜面的倾角$\theta=60°$

B.弹簧的劲度系数为 12.5 N/m

C.小球最大的动能为 0.25 J

D.弹簧最大弹性势能为 10 J

7.($W-x$ 图像)(多选)质量为 1 kg 的物体在粗糙的水平地面上受到一水平外力 F 的作用由静止开始运动，如图甲所示，外力 F 和物体克服摩擦力 F_f 做的功 W 与物体位移 x 的关系如图乙所示，重力加速度 g 取 10 m/s^2。下列分析正确的是(　　)



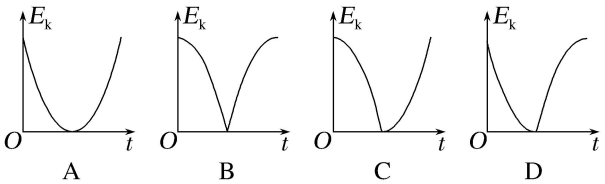
A.物体与地面之间的动摩擦因数为 0.2

B.物体运动的位移为 13 m

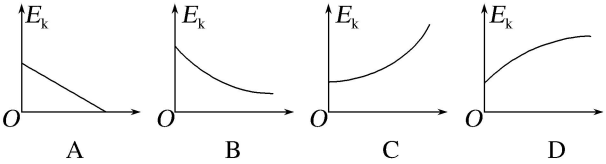
C.前 3 m 运动过程中物体的加速度为 3 m/s^2

D.$x=9$ m 时，物体的速度为 $3\sqrt{2}$ m/s

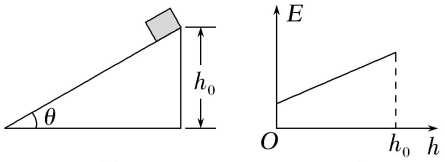
8.(E_k-t 图像)从地面竖直向上抛出一只小球，小球运动一段时间后落回地面。忽略空气阻力，该过程中小球的动能 E_k 与时间 t 的关系图像是(　　)



9.(E_k-h 图像)卫星绕地球运行的轨道均可近似看成圆轨道，用 h 表示卫星运行轨道离地面的距离，E_k 表示卫星在此轨道上运行的动能，下列四幅图中正确的是(　　)



10.(机械能 $E-h$ 图像)如图甲所示，倾角为θ的斜面固定在水平地面上，一质量为 m 的小物块从斜面顶端由静止释放，取地面为零势能面，物块的机械能 E 与其距地面的高度 h 的关系如图乙所示，已知重力加速度为 g，图乙中直线的斜率 $k=\frac{mg}{2}$，则物块与斜面之间的动摩擦因数为(　　)

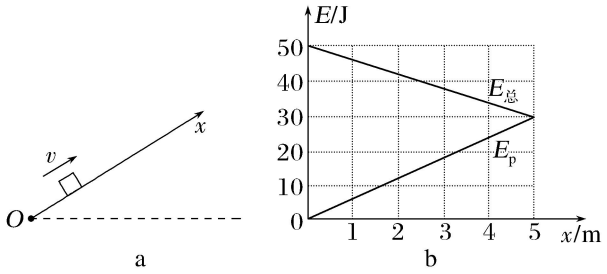


甲　　乙

A.$\frac{1}{2\tan\theta}$　　B.$\frac{1}{2}\tan\theta$

C.$\frac{1}{2}\sin\theta$　　D.$\frac{1}{2}\cos\theta$

11.($E-x$ 关系图像和 E_p-x 关系图像)(多选)如图(a)所示，一质量为 1 kg 的小物块以一定的初速度滑上一固定斜面，其机械能 $E_{总}$ 等于动能 E_k 和重力势能 E_p 之和，取斜面底端为重力势能零点，该小物块的 $E_{总}$ 和 E_p 随它离斜面底端的距离 x 的变化如图(b)所示。重力加速度 g 取 10 m/s²。由图中数据可得(　　)



a　　b

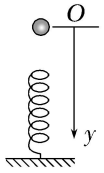
A.$x=0$ 时，小物块的速率为 5 m/s

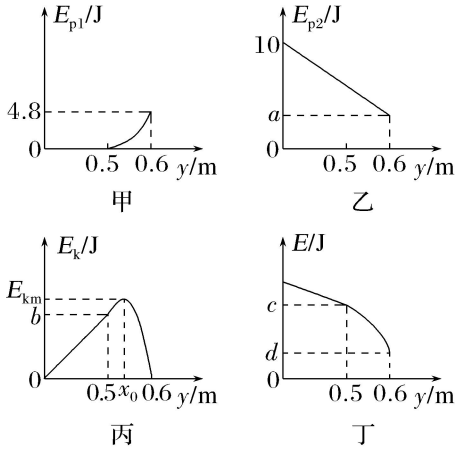
B.小物块与斜面间的动摩擦因数为 0.5

C.$x=3$ m 时，小物块的动能 $E_k=20$ J

D.从斜面底端至 $x=5$ m，小物块的动能减少 30 J

12.(综合图像问题)(多选)如图所示，竖直轻弹簧下端固定在水平地面上，将轻弹簧正上方质量 $m=1$ kg 的小球由静止释放，小球下落过程中受到恒定的空气阻力作用。以小球开始下落的位置为原点，竖直向下为 y 轴正方向，取地面处为重力势能零点，在小球第一次下落到最低点的过程中，弹簧的弹性势能 E_{p1}、小球的重力势能 E_{p2}、小球的动能 E_k，小球的机械能 E 随小球位移变化的关系图像分别如图甲乙、丙、丁所示，弹簧始终在弹性限度范围内，取重力加速度 $g=10$ m/s²，下列说法正确的是(　　)





A.图乙中 $a=3$

B.图丙中 $b=4$

C.图丙中 x_0 处的弹簧弹力为 8 N

D.图丁中 $c=9$，$d=4$

微专练 34　功能关系的应用

1.(重力做功与重力势能变化的关系)一个 100 g 的球从 1.8 m 的高处落到一个水平板上又弹回到 1.25 m 的高度，则整个过程中重力对球所做的功及球的重力势能的变化是($g=10\ \text{m/s}^2$)(　　)

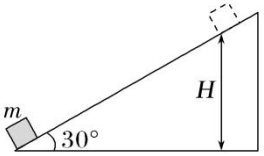
A.重力做功为 1.8 J

B.重力做了 0.55 J 的负功

C.物体的重力势能一定减少 0.55 J

D.物体的重力势能一定增加 1.25 J

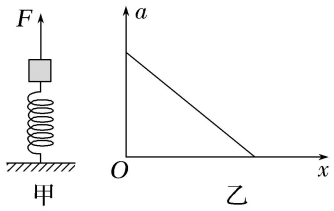
2.(功能关系)(多选)如图所示，一固定斜面倾角为 30°，一质量为 m 的小物块自斜面底端以一定的初速度沿斜面向上做匀减速运动，加速度大小等于重力加速度的大小 g。物块上升的最大高度为 H，则此过程中，物块的(　　)



A.动能损失了 $2mgH$　　B.动能损失了 mgH

C.机械能损失了 mgH　　D.机械能损失了 $\frac{1}{2}mgH$

3.(弹力做功与弹性势能变化的关系)(多选)如图甲所示，质量为 m 的物块静止在竖直放置的轻弹簧上(不相连)，弹簧下端固定，劲度系数为 k。$t=0$ 时刻，对物块施加一竖直向上的外力 F，使物块由静止向上运动，当弹簧第一次恢复原长时，撤去外力 F。从 0 时刻到 F 撤去前，物块的加速度 a 随位移 x 的变化关系如图乙所示。重力加速度为 g，忽略空气阻力，则在物块上升过程(　　)



A.外力 F 为恒力

B.物块的最大加速度大小为 $2g$

C.外力 F 撤去后物块可以继续上升的最大高度为$\frac{mg}{2k}$

D.弹簧最大弹性势能为$\frac{m^2g^2}{k}$

4.(电场力做功与电势能变化的关系)(多选)一个带电小球在空中由 A 点运动到 B 点的过程中，只受重力、电场力和空气阻力三个力的作用。若该过程小球的重力势能增加了 5 J，机械能增加了 1.5 J，电场力对小球做功 2 J，则下列说法正确的是(　　)

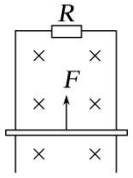
A.小球克服重力做功为 5 J

B.小球克服空气阻力做功为 0.5 J

C.小球的电势能增加了 2 J

D.小球的动能减少了 3.5 J

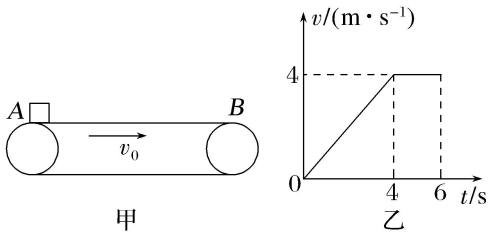
5.(安培力做功与电能的关系)如图所示，竖直放置的两根平行金属导轨之间接有定值电阻 R，质量不能忽略的金属棒与两导轨始终保持垂直并良好接触且无摩擦，棒与导轨的电阻均不计，整个装置放在匀强磁场中，磁场方向与导轨平面垂直，棒在竖直向上的恒力 F 作用下加速上升的一段时间内，力 F 做的功与安培力做的功的代数和等于(　　)



A.棒的机械能增加量　　B.棒的动能增加量

C.棒的重力势能增加量　　D.电阻 R 上放出的热量

6.(传送模型中的电能消耗)如图甲所示，沿顺时针方向运动的水平传送带 AB，零时刻将一个质量 $m=1$ kg 的物块轻放在 A 处，6 s 末恰好运动到 B 处，物块 6 s 内的速度－时间图像如图乙所示，物块可视为质点(重力加速度 $g=10$ m/s^2)，则(　　)



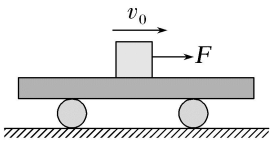
A.AB 长度为 24 m

B.物块相对于传送带滑动的距离 12 m

C.传送带因传送物块多消耗的电能 16 J

D.物块与传送带之间的动摩擦因数为 0.5

7.(板块模型中的摩擦生热)如图所示，静止在光滑水平地面上且足够长的平板小车的质量为 0.5 kg，某时刻质量为 2 kg 的小物块以 6 m/s 的速度水平向右滑上平板小车，同时对小物块施加一水平向右、大小恒定的拉力 F，3 s 后两者达到 12 m/s 的共同速度时撤去拉力 F，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度大小 $g=10\ \text{m/s}^2$，下列说法正确的是(　　)



A.小物块与小车间的动摩擦因数为 0.1

B.拉力 F 的大小为 4 N

C.0～3 s 内小物块与小车间的相对位移为 27 m

D.0～1 s 内小物块与小车间因摩擦产生的热量为 54 J

微专练 35　动量定理的应用

1.(动量定理的应用)行驶中的汽车如果发生剧烈碰撞，车内的安全气囊会被弹出并瞬间充满气体。若碰撞后汽车的速度在很短时间内减小为零，关于安全气囊在此过程中的作用，下列说法正确的是(　　)



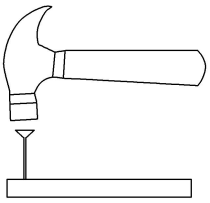
A.增加了司机单位面积的受力大小

B.减少了碰撞前后司机动量的变化量

C.将司机的动能全部转换成汽车的动能

D.延长了司机的受力时间并增大了司机的受力面积

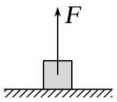
2.(动量定理的应用)如图所示，用质量为 0.5 kg 的铁锤钉钉子，打击前铁锤的速度为 3 m/s，打击后铁锤的速度变为 0，设打击时间为 0.05 s，重力加速度 $g=10\ \text{m/s}^2$，则铁锤钉钉子的平均作用力大小为(　　)



A.25 N　　B.30 N

C.35 N　　D.40 N

3.(动量定理的应用)如图所示，某同学在实验室用力传感器竖直向上提起一质量 $m=200$ g 的钩码，电脑屏幕上显示力传感器的示数与时间的关系为 $F=2t$(均对应国际单位)，已知重力加速度 $g=10$ m/s^2，下列说法正确的是(　　)



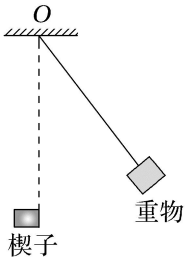
A.2 s 时钩码的速度为 0

B.0～2 s 内钩码向上做变加速直线运动

C.2 s 时钩码的速度为 5 m/s

D.2 s 内钩码重力的冲量大小为 2 N·s

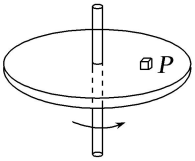
4.(碰撞中动量定理的应用)某古法榨油中的一道工序是撞榨，即用重物撞击楔子压缩油饼。如图所示，质量为 50 kg 的重物用一轻绳与固定点 O 连接，O 与重物重心间的距离为 4 m，某次将重物移至轻绳与竖直方向成 37°角处，由静止释放，重物运动到最低点时与楔子发生碰撞，若碰撞后楔子移动的距离可忽略，重物反弹，上升的最大高度为 0.05 m，作用时间约为 0.05 s，重力加速度 g 取 10 m/s^2，sin 37°＝0.6，整个过程轻绳始终处于伸直状态，则碰撞过程中重物对楔子的作用力约为(　　)



A.4 000 N　　B.5 000 N

C.6 000 N　　D.7 000 N

5.(动量定理的应用)如图所示，圆盘在水平面内以角速度ω绕中心轴匀速转动，圆盘上距轴 r 处的 P 点有一质量为 m 的小物体随圆盘一起转动。某时刻圆盘突然停止转动，小物体由 P 点滑至圆盘上的某点停止。下列说法正确的是(　　)



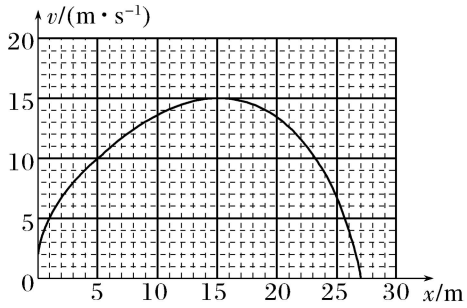
A.圆盘停止转动前，小物体所受摩擦力的方向沿运动轨迹切线方向

B.圆盘停止转动前，小物体运动一圈所受摩擦力的冲量大小为 $2m\omega r$

C.圆盘停止转动后，小物体沿圆盘半径方向运动

D.圆盘停止转动后，小物体整个滑动过程所受摩擦力的冲量大小为 $m\omega r$

6.(动量定理的应用)研究蹦极运动时，在运动员身上装好传感器，用于测量他在不同时刻下落的高度及速度。运动员身系弹性绳，从蹦极台无初速度下落，根据某次传感器测到的数据，得到如图所示的速度—位移图像。忽略空气阻力，根据图像可知(　　)



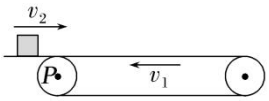
A.弹性绳的原长为 15 m

B.0～15 m 下落过程中，运动员重力势能的减少量大于动能的增加量

C.15～27 m 下落过程中，运动员受合力先减小后增大

D.0～27 m 下落过程中，运动员重力冲量大于弹性绳弹力冲量

7.(传送带模型中动量定理的应用)如图所示，足够长的传送带以恒定的速率 v_1 逆时针运动，一质量为 m 的物块以大小为 v_2 的初速度从传送带的 P 点冲上传送带，$v_1 \neq v_2$，从此时起到物块再次回到 P 点的过程中，下列说法正确的是(　　)



A.合外力对物块的冲量大小一定为零

B.合外力对物块做的功一定为零

C.合力对物块的冲量大小可能为 $2mv_1$

D.合力对物块的冲量大小可能为 $2mv_2$

8.(机车起动模型中的动量定理的应用)(多选)2022 年 6 月 10 日，中国首款仅靠太阳能驱动的纯电动车“天津号”公开亮相。若该电动车的质量为 m，某次试验时由静止沿直线加速行驶，经过时间 t 恰好达到最大速度，前进的距离为 x。若电动车受到的阻力大小恒为 F_f，电动机输出功率恒为 P，则该过程(　　)

A.电动车做匀加速直线运动

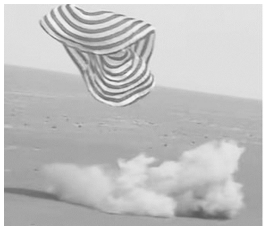
B.电动车的加速度逐渐减小

C.电动车的最大速度为 $\sqrt{\dfrac{2(Pt-F_fx)}{m}}$

D.电动车所受牵引力的冲量为 $\dfrac{mP}{F_f}+F_ft$

9.(航空航天模型中的动量定理的应用)(多选)我国神舟号载人飞船返回舱着地过程如图所示。在返回舱距地面 1 m 时，返回舱底部的四台反推发动机同时点火，使其着地速度减为零，实现“软着陆”。已

知返回舱的质量为 3 t(含航天员，不考虑推进剂喷出对质量的影响)，在距地面 1 m 时的速度为 10 m/s，发动机喷出推进剂的速度为 v(远远大于返回舱的速度)，共喷出推进剂的质量为 10 kg，每台发动机可以产生方向竖直向上、大小为 4.5×10^4 N 的恒定推力。若发动机的工作时间等于返回舱的落地时间，重力加速度 $g=10\ \text{m/s}^2$，则在返回舱距地面 1 m 后的着地过程中，下列说法正确的是(　　)




A.航天员受到返回舱的作用力等于航天员重力的 6 倍

B.航天员受到返回舱的作用力等于航天员重力的 5 倍

C.反推发动机喷出推进剂的速度为 $v=3.6\times10^3$ m/s

D.反推发动机喷出推进剂的速度为 $v=0.9\times10^3$ m/s

10.(空气柱模型中动量定理的应用)“娱乐风洞”是一项惊险刺激的新型娱乐设备，它能在一个特定的空间内通过人工制造的气流把人“吹”起来，使人产生在天空翱翔的感觉。现有一直径为 d 的圆柱形风洞，一游客恰好可以静止在风洞内，假设风洞内向上的风量 Q(单位时间内风洞内空气的流通量，计算单位是 m^3/s)、风速 v、空气密度 ρ 都保持不变，游客受风面积(游客在垂直风力方向的投影面积)为 S。假设风吹到人身上后速度变为零，则该游客的质量为(重力加速度为 g)(　　)



A.$\dfrac{4\rho QSv}{\pi d^2 g}$　　B.$\dfrac{\rho Qv}{g}$

C.$\dfrac{\rho QSv}{\pi d^2 g}$　　D.$\dfrac{\rho Qv^2}{g}$

11.(液柱模型中动量定理的应用)喷口竖直向下的水龙头喷出的水形成水柱冲击到地面，已知喷口距地面的高度 $h=1$ m，水喷出时初速度 $v_0=4$ m/s，落到地面时水柱横截面积为 $S=2\ \text{cm}^2$ 水柱冲击地面的时间很短，冲击地面后的速度为零，忽略空气阻力，已知水的密度 $\rho=1\ 000\ \text{kg/m}^2$，重力加速度 $g=10\ \text{m/s}^2$，则水柱对地面的平均冲击力大小最接近(　　)

A.5.5 N　　B.7.5 N

C.8.5 N　　D.9.5 N

12.(粒子束模型中动量定理的应用)人们射向未来深空探测器是以光压为动力的，让太阳光垂直薄膜光帆照射并全部反射，从而产生光压。设探测器在轨道上运行时，每秒每平方米获得的太阳光能 $E_0=1.5\times10^4$ J，薄膜光帆的面积 $S=6.0\times10^2\ \text{m}^2$，探测器的质量 $m=60$ kg，已知光子的动量的计算式 $p=$

$\frac{h}{\lambda}$，那么探测器得到的加速度大小最接近(　　)

A.0.001 m/s^2　　B.0.01 m/s^2

C.0.000 5 m/s^2　　D.0.005 m/s^2

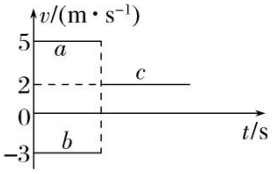
微专练 36　碰撞与类碰撞模型

1.(“一动一静”模型)在光滑的水平面上，一质量为 m 的小球 A 以初动能 E_k 与质量为 $2m$ 的静止小球 B 发生碰撞，碰撞后 A 球停下，则撞后 B 球的动能(　　)

A.0　　B.$\frac{E_k}{2}$

C.$\frac{2}{3}E_k$　　D.E_k

2.(完全非弹性碰撞)在光滑水平面上沿正向运动的滑块Ⅰ与滑块Ⅱ发生碰撞，碰后立即粘在一起运动，碰撞前滑块Ⅰ、Ⅱ及粘在一起后的速度—时间图像分别如图中的线段 a、b、c 所示。由图像可知(　　)



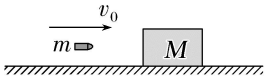
A.碰前滑块Ⅰ的动量比滑块Ⅱ的动量小

B.滑块Ⅰ的质量与滑块Ⅱ的质量之比为 3∶5

C.滑块Ⅰ的质量与滑块Ⅱ的质量之比为 5∶3

D.碰撞过程中，滑块Ⅰ受到的冲量比滑块Ⅱ受到的冲量大

3.(“子弹打木块”模型)如图所示，质量为 $M=9$ kg 的木块静止于光滑水平面上，一质量为 $m=1$ kg 的子弹以水平速度 $v_0=100$ m/s 打入木块并停在木块中，此过程中下列说法正确的是(　　)



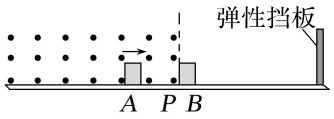
A.子弹打入木块后子弹和木块的共同速度为 $v=10$ m/s

B.子弹对木块做的功 $W=500$ J

C.木块和子弹系统机械能守恒

D.子弹打入木块过程中产生的热量 $Q=3\,500$ J

4.(完全弹性碰撞)如图所示，绝缘水平面上 P 点右侧光滑，左侧粗糙且上方存在垂直纸面向外的匀强磁场，在 P 点右侧有一与水平面垂直的固定绝缘弹性挡板。不带电的绝缘物块 B 紧挨 P 点静止在 P 点右侧，另一带电绝缘物块 A 以某一初速度从 P 点左侧向右运动，与物块 B 发生弹性碰撞。已知 A、B 之间只发生一次碰撞，物块 B 与弹性挡板碰撞后，在到达 P 点之前，A、B 两物块之间的距离始终保持不变。下列有关说法正确的是(　　)



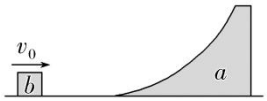
A.物块 A、B 的质量满足：$3m_A=m_B$，且物块 A 带正电

B.物块 A、B 的质量满足：$m_A=3m_B$，且物块 A 带正电

C.物块 A、B 的质量满足：$3m_A=2m_B$，且物块 A 带正电

D.物块 A、B 的质量满足：$2m_A=3m_B$，且物块 A 带负电

5.(“类碰撞之斜面”模型)如图所示，质量为 $4m$ 的光滑物块 a 静止在光滑水平地面上，物块 a 左侧面为圆弧面且与水平地面相切，质量为 m 的滑块 b 以初速度 v_0 向右运动滑上 a，沿 a 左侧面上滑一段距离后又返回，最后滑离 a，不计一切摩擦，滑块 b 从滑上 a 到滑离 a 的过程中，下列说法正确的是(　　)



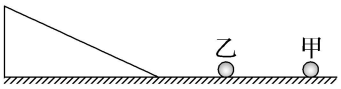
A.滑块 b 沿 a 上升的最大高度为$\frac{v_0^2}{5g}$

B.滑块 a 运动的最大速度为$\frac{2v_0}{5}$

C.滑块 b 沿 a 上升的最大高度为$\frac{v_0^2}{2g}$

D.滑块 a 运动的最大速度为$\frac{v_0}{5}$

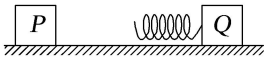
6.(碰撞中的临界问题)如图所示，足够长的光滑斜劈固定在光滑水平面上，两等大的小球甲、乙质量分别为 m_1、m_2，小球乙静止在水平面上，小球甲以水平向左的速度运动，经过一段时间与小球乙发生碰撞，已知碰后小球甲的速率为碰前的$\frac{1}{3}$，碰后乙恰好追不上甲，则 $m_1:m_2$ 为(　　)



A.1∶2　　B.1∶3

C.1∶4　　D.1∶5

7.(“弹簧—滑块”模型)如图所示，位于光滑水平桌面上的小滑块 P 和 Q 都可视作质点，P 的质量为 m，Q 的质量为 $3m$，Q 与轻质弹簧相连。Q 原来静止，P 以一定初动能 E 向 Q 运动并与弹簧发生碰撞。在整个过程中，弹簧具有的最大弹性势能等于(　　)

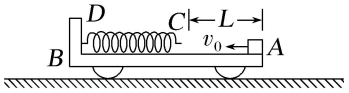


A.$\frac{3}{4}E$　　B.$\frac{3}{8}E$

C.$\frac{3}{16}E$　　D.E

8.(“弹簧—板块”模型)如图所示，在光滑的水平面上静止一质量 $M=8\ \text{kg}$ 的小车 B，小车左端固定

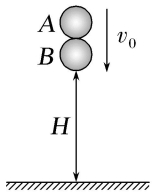
一根轻质弹簧，弹簧的自由端 C 到小车右端的距离 $L=1$ m，这段车厢板与木块 A(可视为质点)之间的动摩擦因数 $\mu=0.1$，而弹簧自由端 C 到弹簧固定端 D 所对应的车厢板上表面光滑。木块 A 以速度 $v_0=15$ m/s 由小车 B 右端开始沿车厢板表面向左运动。已知木块 A 的质量 $m=2$ kg，重力加速度 g 取 10 m/s^2。则木块 A 压缩弹簧过程中弹簧的最大弹性势能为(　　)



A.45 J　　B.178 J

C.225 J　　D.270 J

9.(弹性碰撞问题)(多选)如图所示，A、B 两个小球(可视为质点)，间隙极小，两球球心连线竖直，从离地面高度 H 处以相同的初速度 $v_0=\sqrt{2gH}$同时竖直向下抛出，B 先与地面碰撞，再与 A 碰撞后 B 静止于地面，所有碰撞均为弹性碰撞，重力加速度为 g，则(　　)



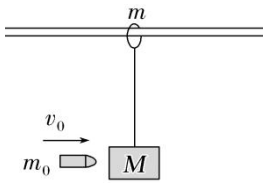
A.A、B 两球的质量之比为 1∶3

B.A、B 两球的质量之比为 1∶2

C.碰后 A 球上升的最大高度为 $8H$

D.碰后 A 球上升的最大高度为 $16H$

10.(“子弹打木块”模型)如图所示，在固定的水平杆上，套有质量为 m 的光滑圆环，轻绳一端拴在环上，另一端系着质量为 M 的木块，现有质量为 m_0 的子弹以大小为 v_0 的水平速度射入木块并立刻留在木块中，重力加速度为 g，下列说法正确的是(　　)



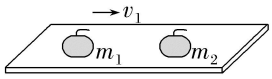
A.子弹射入木块后的瞬间，速度大小为$\dfrac{m_0v_0}{m_0+m+M}$

B.子弹射入木块后的瞬间，绳子拉力等于$(M+m_0)g$

C.子弹射入木块后的瞬间，环对轻杆的压力大于$(M+m+m_0)g$

D.子弹射入木块之后，圆环、木块和子弹构成的系统动量守恒

11.(碰撞的可能性问题)(多选)如图所示，在水平冰面上，质量 $m_1=2$ kg 的冰壶 A 以大小为 $v_1=10$ m/s 的速度与静止的质量为 $m_2=3$ kg 的冰壶 B 发生正碰。碰撞可能是弹性碰撞也可能是非弹性碰撞，不计一切摩擦和空气阻力。关于碰后冰壶 A 的运动情况描述正确的是(　　)



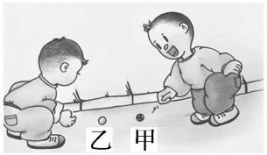
A.碰后冰壶 A 可能会被弹回，速度大小为 1 m/s

B.碰后冰壶 A 可能继续向前运动，速度大小为 1 m/s

C.碰后冰壶 A 可能继续向前运动，速度大小为 5 m/s

D.碰后冰壶 A 不可能静止不动

12.(碰撞的可能性问题)如图所示，小桐和小旭在可视为光滑的水平地面上玩弹珠游戏。小桐瞬间将弹珠甲对着小旭脚边的静止弹珠乙弹出，甲以 v_0 的速度与乙发生了弹性正碰，已知弹珠可以视为光滑，则(　　)



A.若碰后甲乙同向运动，则甲的质量一定大于乙的质量

B.若碰后甲反弹，则甲的速率可能为 $1.2v_0$

C.碰后乙的速率可能为 $3v_0$

D.若碰后甲反弹，则甲的速率不可能大于乙的速率

微专练 37　爆炸、反冲和人船模型

1.(反冲模型)乌贼在水中运动方式是十分奇特的，它不用鳍也不用手足，而是靠自身的漏斗喷射海水推动身体运动，在无脊椎动物中游泳最快，速度可达 15 m/s。逃命时更可以达到 40 m/s，被称为“水中火箭”。如图所示，一只悬浮在水中的乌贼，当外套膜吸满水后，它的总质量为 4 kg，遇到危险时，通过短漏斗状的体管在极短时间内将水向后高速喷出，从而迅速逃窜，喷射出的水的质量为 0.8 kg，则喷射出水的速度为(　　)



A.200 m/s　　B.160 m/s

C.75 m/s　　D.60 m/s

2.(火箭反冲模型)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.30 kg·m/s　　B.5.7×10^2 kg·m/s

C.6.0×10^2 kg·m/s　　D.6.3×10^2 kg·m/s

3.(爆炸问题)某烟花弹在点燃后升空到离地 h 时速度变为零，此时弹中火药爆炸将烟花弹炸裂为质量相等的 A、B 两部分，A 竖直向上运动，B 竖直向下运动，A 继续上升的最大高度为$\frac{h}{3}$，从爆炸之后瞬间开始计时，A、B 在空中运动的时间分别为 t_A 和 t_B。不计空气阻力，重力加速度为 g，则 t_A 与 t_B 的比值为(　　)

A.1.5　　B.2

C.3　　D.4

4.(爆炸问题)在爆炸实验基地有一发射塔，发射塔正下方的水平地面上安装有声音记录仪。爆炸物自发射塔竖直向上发射，上升到空中最高点时炸裂成质量之比为 2∶1、初速度均沿水平方向的两个碎块。遥控器引爆瞬间开始计时，在 5 s 末和 6 s 末先后记录到从空气中传来的碎块撞击地面的响声。已知声音在空气中的传播速度为 340 m/s，忽略空气阻力。下列说法正确的是(　　)

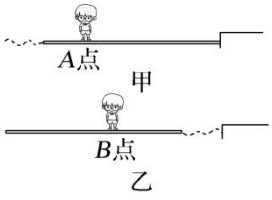
A.两碎块的位移大小之比为 1∶2

B.爆炸物的爆炸点离地面高度为 80 m

C.爆炸后质量大的碎块的初速度为 68 m/s

D.爆炸后两碎块落地点之间的水平距离为 340 m

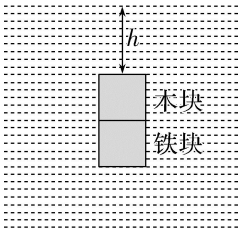
5.(人船模型)“独竹漂”是一项独特的黔北民间绝技。独竹漂高手们脚踩一根楠竹，漂行水上如履平地。如图甲所示，在平静的湖面上，一位女子脚踩竹竿抵达岸边，此时女子静立于竹竿 A 点，一位摄影爱好者使用连拍模式拍下了该女子在竹竿上行走过程的系列照片，并从中选取了两张进行对比，其简化图如下。经过测量发现，甲、乙两张照片中 A、B 两点的水平间距约为 1 cm，乙图中竹竿右端距离河岸约为 1.8 cm。照片的比例尺为 1∶40。已知竹竿的质量约为 25 kg，若不计水的阻力，则该女子的质量约为(　　)



A.41.5 kg　　B.45 kg

C.47.5 kg　　D.50 kg

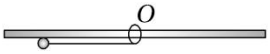
6.(人船模型)如图，棱长为 a、大小形状相同的立方体木块和铁块，质量为 m 的木块在上、质量为 M 的铁块在下，正对用极短细绳连结悬浮在平静的池中某处，木块上表面距离水面的竖直距离为 h。当细绳断裂后，木块与铁块均在竖直方向上运动，木块刚浮出水面时，铁块恰好同时到达池底。仅考虑浮力，不计其他阻力，则池深为(　　)



A.$\frac{M+m}{M}h$　　B.$\frac{M+m}{m}(h+2a)$

C.$\frac{M+m}{M}(h+2a)$　　D.$\frac{M+m}{M}h+2a$

7.(人船模型)(多选)某滑杆游戏可简化为如图所示的模型，质量 $m=0.2$ kg 的滑环套在固定光滑水平杆上，滑环可沿着水平杆左右滑动，粗环通过长 $L=0.6$ m 的轻绳连着质量 $M=0.4$ kg 的小球，开始时滑环静止在 O 点，轻绳水平，现将它们由静止释放，小球和滑环都可看作质点，取 $g=10$ m/s^2，下列说法正确的是(　　)



A.小球第一次运动至最低点时的速度大小为 $2\sqrt{3}$ m/s

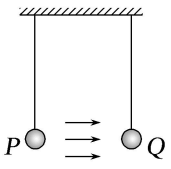
B.小球再次返回最高点时的速度大小为 0

C.小球第二次运动至最低点时的速度大小为 2 m/s

D.小球运动轨迹左、右两端点间的距离为 0.4 m

微专练 38　库仑力作用下的平衡与非平衡问题

1.(两个自由电荷的平衡问题)如图，空间存在一方向水平向右的匀强电场，两个带电小球 P 和 Q 用相同的绝缘细绳悬挂在水平天花板下，两细绳都恰好与天花板垂直，则(　　)



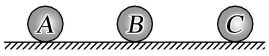
A.P 和 Q 都带正电荷

B.P 和 Q 都带负电荷

C.P 带正电荷，Q 带负电荷

D.P 带负电荷，Q 带正电荷

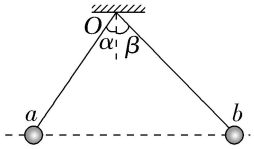
2.(三个自由电荷的平衡问题)在光滑、绝缘的水平面上，沿一直线依次排列三个带电小球 A、B、C，均可视为质点，如图所示。若它们恰能处于平衡状态，那么这三个小球所带电荷量及电性的关系可能的是(　　)



A.16，9，144　　B.$-\frac{9}{4}$，-1，-9

C.-9，4，-36　　D.-4，3，12

3.(平衡与运动组合)如图所示，两根绝缘细线分别系住 a、b 两个带电小球，悬挂在 O 点，当两个小球静止时，它们处在同一水平面上，两细线与竖直方向间夹角分别为α、β，且$\alpha<\beta$，则下列说法正确的是(　　)



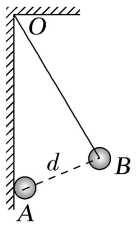
A.两球质量一定有 $m_a<m_b$

B.两球带电荷量一定有 $q_a>q_b$

C.若将两细线同时剪断，则两球一定同时落到同一水平地面上

D.若将两细线同时剪断，落地时，两球水平位移的大小一定相等

4.(动态平衡)(多选)如图所示，已知带电小球 A、B 的电荷量分别为 Q_A、Q_B，A 球固定，B 球用长为 L 的绝缘丝线悬挂在 O 点，静止时 A、B 相距为 d，若 A 球电荷量保持不变，B 球缓慢漏电，不计两小球半径，则下列说法正确的是(　　)



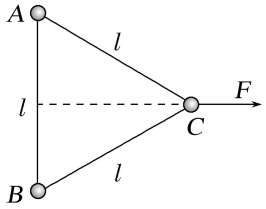
A.丝线对 B 球的拉力逐渐变大

B.A 球对 B 球的库仑力逐渐变小

C.当 AB 间距离减为$\frac{d}{3}$时，B 球的电荷量减小为原来的$\frac{1}{9}$

D.当 AB 间距离减为$\frac{d}{3}$时，B 球的电荷量减小为原来的$\frac{1}{27}$

5.(非平衡问题)质量均为 m 的三个带电小球 A、B、C 用三根长度均为 l 的绝缘丝线相互连接，放置在光滑绝缘的水平面上，A 球的电荷量为$+q$。在 C 球上施加一个水平向右的恒力 F 之后，三个小球一起向右运动，三根丝线刚好都伸直且没有弹力，F 的作用线反向延长线与 A、B 间的丝线相交于丝线的中点，如图所示，已知静电力常量为 k，下列说法正确的是(　　)



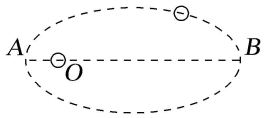
A.B 球的电荷量可能为$+2q$

B.C 球的电荷量为$-\sqrt{2}q$

C.三个小球一起运动的加速度为$\frac{\sqrt{3}kq^2}{ml^2}$

D.恒力 F 的大小为$\frac{2\sqrt{3}kq^2}{l^2}$

6.(类行星运动模型)如图所示，在光滑绝缘的水平面上，O 点固定一个正点电荷($+Q$)，一个带负电($-q$)的小球(可视为点电荷)在库仑力作用下做椭圆运动，AOB 是椭圆的长轴，A 点离 O 点较近，B 点离 O 点较远，则(　　)



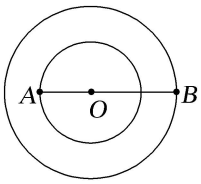
A.O 点不可能是椭圆的焦点

B.小球与 O 点的连线在相同的时间内扫过相同的面积

C.小球在 B 点的速度比在 A 点的大

D.在 A 点沿切线方向瞬间增大小球的速度后，小球必绕 O 点做圆周运动

7.(类双星模型)(多选)如图所示，A 带正电，B 带负电，在库仑力作用下，它们以连线上某点 O 为圆心做匀速圆周运动，以下说法正确的是(　　)



A.它们所需向心力相等

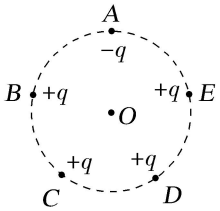
B.它们的运动半径与电荷量成反比

C.它们做圆周运动的角速度相等

D.它们的线速度与质量成反比

微专练 39　“三种方法”巧解电场强度的叠加问题

1.(对称法)如图所示，A、B、C、D、E 是半径为 r 的圆周上等间距的五个点，在这些点上各固定一个点电荷，除 A 点处的电量为$-q$ 外，其余各点处的电量均为$+q$，则圆心 O 处(　　)



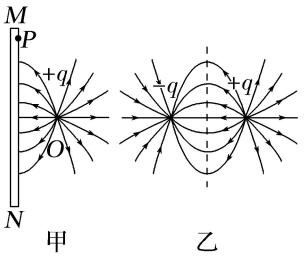
A.场强大小为$\frac{kq}{r^2}$，方向沿 OA 方向

B.场强大小为$\frac{kq}{r^2}$，方向沿 AO 方向

C.场强大小为$\frac{2kq}{r^2}$，方向沿 OA 方向

D.场强大小为$\frac{2kq}{r^2}$，方向沿 AO 方向

2.(对称法)MN 为足够大的不带电的金属板，在其右侧距离为 d 的位置放一个电荷量为 $+q$ 的点电荷 O，金属板右侧空间的电场分布如图甲所示，P 是金属板表面上与点电荷 O 距离为 r 的一点。几位同学想求出 P 点的电场强度大小，但发现问题很难，经过研究，他们发现图甲所示的电场分布与图乙中虚线右侧的电场分布是一样的，图乙中是两等量异号点电荷的电场线分布，其电荷量的大小均为 q，它们之间的距离为 $2d$，虚线是两点电荷连线的中垂线。由此他们分别对图甲 P 点的电场强度方向和大小做出以下判断，其中正确的是(　　)



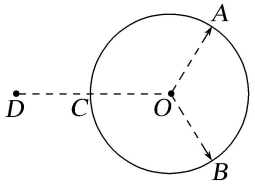
A.方向沿 P 点和点电荷的连线向左，大小为$\frac{2kqd}{r^3}$

B.方向沿 P 点和点电荷的连线向左，大小为$\frac{2kq\sqrt{r^2-d^2}}{r^3}$

C.方向垂直于金属板向左，大小为$\frac{2kqd}{r^3}$

D.方向垂直于金属板向左，大小为$\frac{2kq\sqrt{r^2-d^2}}{r^3}$

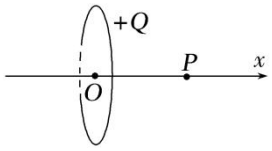
3.(微元法)半径为 R 的绝缘细圆环固定在图示位置，圆心位于 O 点，环上均匀分布着电量为 Q 的正电荷。点 A、B、C 将圆环三等分，取走 A、B 处两段弧长均为ΔL 的小圆弧上的电荷。将一点电荷 q 置于 OC 延长线上距 O 点为 $2R$ 的 D 点，O 点的电场强度刚好为零。圆环上剩余电荷分布不变，q 为(　　)



A.正电荷，$q=\frac{Q\Delta L}{\pi R}$　　B.正电荷，$q=\frac{\sqrt{3}Q\Delta L}{\pi R}$

C.负电荷，$q=\frac{2Q\Delta L}{\pi R}$　　D.负电荷，$q=\frac{2\sqrt{3}Q\Delta L}{\pi R}$

4.(微元法)(多选)如图所示，一半径为 r 的圆环上均匀分布着正电荷，电量为 $+Q$，x 轴垂直于环面且过圆心 O。在 x 轴上距圆心 O 距离 s 处有一点 P，则(　　)



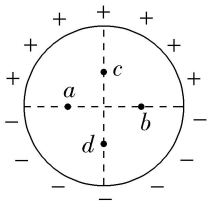
A.O 点的电场强度为零，电势最低

B.从 O 点沿 x 轴正方向，电场强度先增大后减小

C.P 点的电场强度大小 $E=\frac{kQs}{(r^2+s^2)^{\frac{1}{2}}}$

D.P 点的电场强度大小 $E=\frac{kQs}{(r^2+s^2)^{\frac{3}{2}}}$

5.(微元法和对称法)(多选)如图，竖直面内一绝缘细圆环的上、下半圆分别均匀分布着等量异种电荷。a、b 为圆环水平直径上的两个点，c、d 为竖直直径上的两个点，它们与圆心的距离均相等。则(　　)



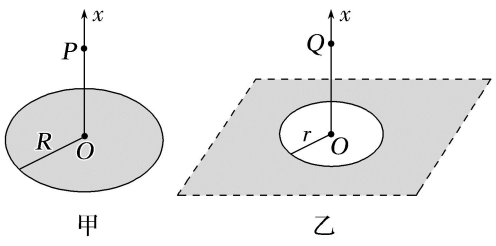
A.a、b 两点的电场强度相等

B.a、b 两点的电势相等

C.c、d 两点的电场强度相等

D.c、d 两点的电势相等

6.(极限法)如图甲所示，半径为 R 的均匀带电圆形平板，单位面积带电量为 σ，其轴线上任意一点 P(坐标为 x)的电场强度可以由库仑定律和电场强度的叠加原理求出：$E=2\pi k\sigma[1-\frac{x}{(R^2+x^2)^{1/2}}]$，方向沿 x 轴，现考虑单位面积带电量为 σ_0 的无限大均匀带电平板，从其中间挖去一半径为 r 的圆板，如图乙所示。则圆孔轴线上任意一点 Q(坐标为 x)的电场强度为(　　)

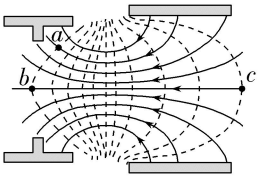


A.$2\pi k\sigma_0\frac{x}{(r^2+x^2)^{1/2}}$　　B.$2\pi k\sigma_0\frac{r}{(r^2+x^2)^{1/2}}$

C.$2\pi k\sigma_0\frac{x}{r}$　　D.$2\pi k\sigma_0\frac{r}{x}$

微专练 40　电场线、等势面、运动轨迹的综合问题

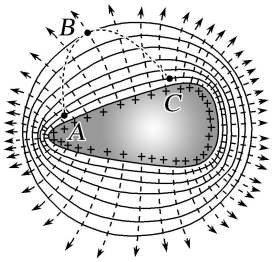
1.如图所示为某示波管内的聚焦电场，实线和虚线分别表示电场线和等势线，两电子分别从 a、b 两点运动到 c 点，设电场力对两电子做的功分别为 W_a 和 W_b，a、b 点的电场强度大小分别为 E_a 和 E_b，则(　　)



A.$W_a=W_b$，$E_a>E_b$　　B.$W_a\neq W_b$，$E_a>E_b$

C.$W_a=W_b$，$E_a<E_b$　　D.$W_a\neq W_b$，$E_a<E_b$

2.如图所示是某一带电导体周围的电场线与等势面，A、C 是同一等势面上的两点，B 是另一等势面上的一点。下列说法正确的是(　　)



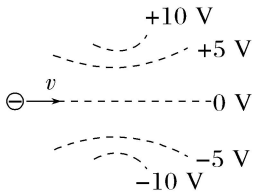
A.导体内部的场强左端大于右端

B.A、C 两点的电势均低于 B 点的电势

C.B 点的电场强度大于 A 点的电场强度

D.正电荷从 A 点沿虚线移到 B 点的过程中电场力做正功，电势能减小

3.两个固定的等量异号电荷所产生电场的等势面如图中虚线所示，一带负电的粒子以某一速度从图中 A 点沿图示方向进入电场在纸面内飞行，最后离开电场，粒子只受到静电力作用，则粒子在电场中(　　)



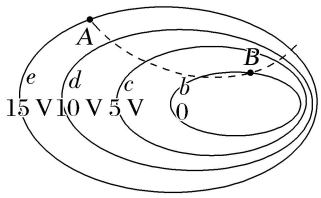
A.做直线运动，电势能先变小后变大

B.做直线运动，电势能先变大后变小

C.做曲线运动，电势能先变小后变大

D.做曲线运动，电势能先变大后变小

4.如图所示，实线表示某电场等势面的分布情况，虚线表示该电场中一带电粒子的运动轨迹，*A*、*B* 分别为带电粒子的轨迹与等势面 *e*、*b* 的交点，带电粒子的重力忽略不计。下列说法正确的是(　　)



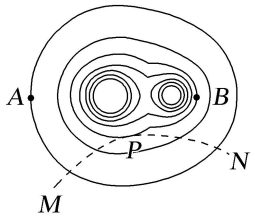
A.粒子带正电

B.粒子在 *A* 点受到的电场力小于粒子在 *B* 点受到的电场力

C.粒子在 *A* 点的电势能大于粒子在 *B* 点的电势能

D.粒子一定从 *A* 运动到 *B*

5.(多选)两个位于纸面内的点电荷产生电场的等势面如图中实线所示，相邻等势面间的电势差相等。虚线 *MPN* 是一个电子在该电场中的运动轨迹，轨迹与某等势面相切于 *P* 点。下列说法正确的是(　　)



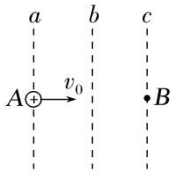
A.两点电荷可能是异种点电荷

B.*A* 点的电场强度比 *B* 点的大

C.*A* 点的电势高于 *B* 点的电势

D.电子运动到 *P* 点时动能最小

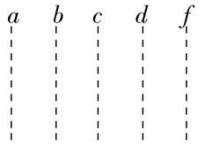
6.如图所示，*a*、*b*、*c* 三条虚线为电场中的等势面，等势面 *b* 的电势为零，且相邻两个等势面间的电势差相等，一个带正电的粒子在 *A* 时的动能为 10 J，在电场力作用下从 *A* 运动到 *B* 速度为零，当这个粒子的动能为 7.5 J 时，其电势能为(　　)



A.12.5 J　　B.2.5 J

C.0　　D.－2.5 J

7.(多选)图中虚线 *a*、*b*、*c*、*d*、*f* 代表匀强电场内间距相等的一组等势面，已知平面 *b* 上的电势为 2 V。一电子经过 *a* 时的动能为 10 eV，从 *a* 到 *d* 的过程中克服电场力所做的功为 6 eV。下列说法正确的是(　　)



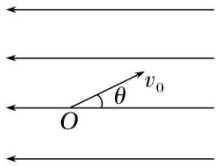
A.平面 c 上的电势为零

B.该电子可能到达不了平面 f

C.该电子经过平面 d 时，其电势能为 4 eV

D.该电子经过平面 b 时的速率是经过 d 时的 2 倍

8.一匀强电场，场强方向是水平的(如图)，一个质量为 m 的带正电的小球，从 O 点出发，初速度的大小为 v_0，在电场力与重力的作用下，恰能沿与场强的反方向成θ角做直线运动。设小球在 O 点的电势能为零，则小球运动到最高点时的电势能为(　　)

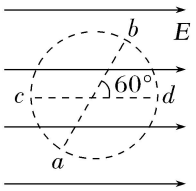


A.$\frac{1}{2}mv_0^2$　　B.$\frac{1}{2}mv_0^2\sin^2\theta$

C.$\frac{1}{2}mv_0^2\tan^2\theta$　　D.$\frac{1}{2}mv_0^2\cos^2\theta$

微专练 41　匀强电场中电场强度与电势差的关系

1.($U=EL\cos\alpha$)(多选)如图，在匀强电场中有一虚线圆，ab 和 cd 是圆的两条直径，其中 ab 与电场方向的夹角为 60°，$ab=0.2$ m，cd 与电场方向平行，a、b 两点的电势差 $U_{ab}=20$ V。则(　　)



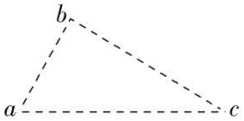
A.电场强度的大小 $E=200$ V/m

B.b 点的电势比 d 点的低 5 V

C.将电子从 c 点移到 d 点，电场力做正功

D.电子在 a 点的电势能大于在 c 点的电势能

2.(电场中的三角形)如图，$\triangle abc$ 中 $bc=4$ cm，$\angle acb=30°$。匀强电场的电场线平行于 $\triangle abc$ 所在平面，且 a、b、c 点的电势分别为 6 V、−3 V、6 V。下列说法中正确的是(　　)



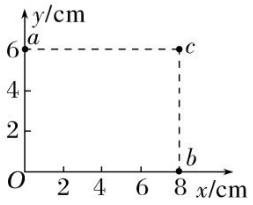
A.电场强度的方向沿 ac 方向

B.电场强度的大小为 450 V/m

C.电子从 a 点移动到 b 点，电场力做功为 18 eV

D.电子从 c 点移动到 b 点，电势能增加了 18 eV

3.(电场中的矩形)(多选)一匀强电场的方向平行于 xOy 平面，平面内 a、b、c 三点的位置如图所示，三点的电势分别为 10 V、17 V、26 V。下列说法正确的是(　　)



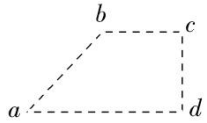
A.电场强度的大小为 2.5 V/cm

B.坐标原点处的电势为 1 V

C.电子在 a 点的电势能比在 b 点的低 7 eV

D.电子从 b 点运动到 c 点，电场力做功为 9 eV

4.(电场中的梯形)(多选)空间有平行于梯形区域 $abcd$ 的匀强电场(图中未画出)，已知梯形的 $\angle a=45°$，$\angle c$ 和 $\angle d$ 均为直角，且上底 $bc=2$ cm、下底 $ad=4$ cm，并知 a、b、c 三点的电势分别为 4 V、8 V、10 V。将一电荷量 $q=-2\times10^{-5}$ C 的点电荷从 a 点开始沿 $abcd$ 路线移动，则下列判断正确的是(　　)



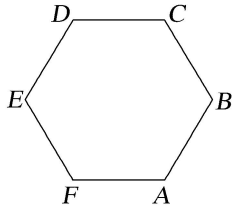
A.梯形区域的下底 ad 中点的电势为 6 V

B.该匀强电场的电场强度大小为$\sqrt{2}$ V/m

C.该点电荷在 c 点的电势能为$+2\times10^{-5}$ J

D.该点电荷从 a 点移到 d 点过程中，电场力对它做功为$+8\times10^{-5}$ J

5.(电场中的六边形)(多选)如图所示，A、B、C、D、E、F 为匀强电场中一个边长为 10 cm 的正六边形的六个顶点，A、B、C 三点电势分别为 1 V、2 V、3 V，正六边形所在平面与电场线平行，下列说法正确的是(　　)



A.通过 CD 和 AF 的直线应为电场中的两条等势线

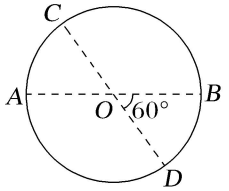
B.匀强电场的场强大小为 10 V/m

C.匀强电场的场强方向为由 C 指向 A

D.将一个电子由 E 点移到 D 点，电子的电势能将减少 1.6×10^{-19} J

6.(电场中的圆形)(多选)如图所示，半径为 0.5 m 的圆处在匀强电场中，电场线与圆所在的平面平行。

AB 和 *CD* 是圆的两个直径，*O* 为圆心，两直径的夹角为 60°。沿直线从 *A* 到 *B*，每过 1 cm 电势降 0.1 V，沿直线从 *C* 到 *D*，每过 1 cm 电势降 0.2 V，则下列判断正确的是(　　)



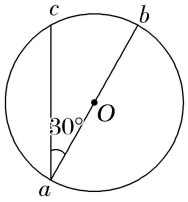
A.*B* 点电势比 *D* 点电势高

B.匀强电场的电场强度大小为 20 V/m

C.电场方向与 *AB* 垂直

D.将一个带负电的粒子从 *C* 沿圆弧顺时针移动到 *D*，电势能不断增大

7.(电场中的圆形)(多选)如图所示，*ab* 是半径为 *R*＝1 m 的圆的一条直径，该圆处于平行该圆周平面的匀强电场中。将质子从 *a* 点以 50 eV 的动能在该平面内朝着不同方向射出，其中，到达 *c* 点的动能最大且为 200 eV。已知∠*cab*＝30°，若不计重力和空气阻力，且规定圆心 *O* 处电势为 0，则下列说法正确的是(　　)



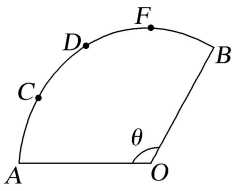
A.电场方向为 *Oc* 方向

B.电场强度大小为 100 V/m

C.*b* 点电势为 50 V

D.质子可以经过圆周上任何一个点

8.(匀强电场中的扇形)(多选)匀强电场中有一与电场方向平行的扇形 *AOB* 区域，如图所示，圆心角 θ＝120°，半径 *R*＝1 m，其中 *C*、*D*、*F* 将圆弧 *AB* 四等分。已知 φ_A＝9 V，φ_B＝0，φ_O＝3 V，以下说法正确的是(　　)



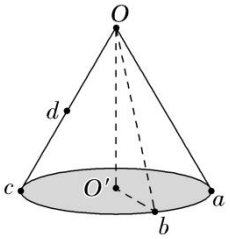
A.φ_D＝6 V

B.φ_F＝3 V

C.电场方向沿 *AO* 连线方向

D.场强大小为 3 V/m

9.(电场中的圆锥体)在圆锥体空间的顶点 *O* 固定一正点电荷，底面圆周上有三点 *a*、*b*、*c*，*O*′是底面圆心，*OO*′与底面垂直，*d* 点为 *Oc* 的中点。在该点电荷所产生的电场中，下列判断正确的是(　　)



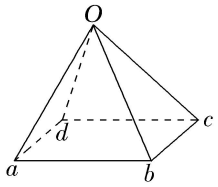
A.a、b、c 三点的电场强度相同

B.O 点与 d 点的电势差和 d 点与 c 点电势差的关系为 $U_{Od}=U_{dc}$

C.带正电的试探电荷沿直线从 a 移动至 O'过程中受到的电场力逐渐增大，电势能也逐渐增大

D.带负电的试探电荷沿直线从 a 移动至 b 过程中电势能不变

10.(电场中的正四棱锥)(多选)如图所示的正四棱锥，底面 $abcd$ 为边长为 0.1 m 的正方形，棱 $Oa=Ob=Oc=Od=0.1$ m，空间中有匀强电场，一带电荷量 $q=1.0\times10^{-3}$ C 的正试探电荷由 O 到 a 的过程中电势能减少 0.04 J，该试探电荷由 a 到 b 与由 b 到 c 的过程中电势能的变化均为零。则下列说法正确的是(　　)



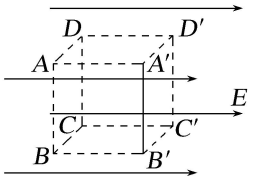
A.电场方向由 O 指向 a

B.该电场电场强度的大小为 $400\sqrt{2}$ V/m

C.O 点与 Ob 中点间的电势差为 10 V

D.题述中的试探电荷由 Ob 的中点移动到三角形 Oab 的中心电势能减少$\frac{20}{3}\times10^{-3}$ J

11.(电场中的正方体)如图所示的匀强电场 E 的区域内，由 A、B、C、D、A'、B'、C'、D'作为顶点构成一正方体空间，电场方向与面 $ABCD$ 垂直。下列说法正确的是(　　)



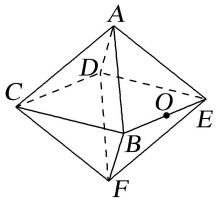
A.A、D 两点间电势差 U_{AD} 与 A、A'两点间电势差 $U_{AA'}$相等

B.带正电的粒子从 A 点沿路径 $A\rightarrow D\rightarrow D'$移到 D'点，电场力做正功

C.带负电的粒子从 A 点沿路径 $A\rightarrow D\rightarrow D'$移到 D'点，电势能减小

D.带电的粒子从 A 点移到 C'点，沿对角线 AC'与沿路径 $A\rightarrow B\rightarrow B'\rightarrow C'$电场力做功不相同

12.(匀强电场中的八面体)如图所示，匀强电场中的六个点 A、B、C、D、E、F 为正八面体的六个顶点，已知 BE 中点 O 的电势为零，A、B、C 三点的电势分别为 7 V、−1 V、3 V，则 E、F 两点的电势分别为(　　)

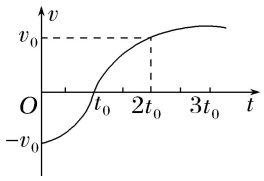


A.2 V、−2 V　　B.1 V、−3 V

C.1 V、−5 V　　D.2 V、−4 V

微专练 42　电场中的四类图像分析

1.($v-t$ 图像)一带电粒子仅在电场力作用下从 A 点开始以$-v_0$ 做直线运动，其 $v-t$ 图像如图所示，粒子在 t_0 时刻运动到 B 点，$3t_0$ 时刻运动到 C 点，下列判断正确的是(　　)



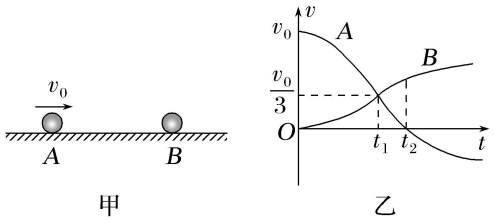
A.A、B、C 三点的电势关系为$\varphi_B>\varphi_A>\varphi_C$

B.A、B、C 三点场强大小关系为 $E_C>E_B>E_A$

C.粒子从 A 点经 B 点运动到 C 点，电势能先增加后减少

D.粒子从 A 点经 B 点运动到 C 点，电场力先做正功后做负功

2.($v-t$ 图像)用光滑绝缘水平面上的两个带电小球间的相互作用来模拟微观领域两个带电粒子间的相互作用过程，如图甲，$t=0$ 时带电小球 A 以速度 v_0 沿 A、B 连线向静止的 B 球运动(刚开始时 A、B 两球距离较远)，图乙为两带电小球运动的 $v-t$ 图像，运动过程中两球始终未接触，已知小球 A 的质量为 m，下列说法正确的是(　　)



甲　　乙

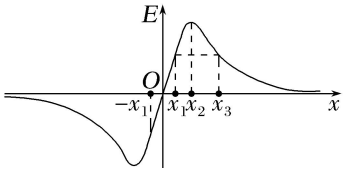
A.A、B 两球带同种电荷，A、B 两球所带电荷量之比为 1∶2

B.B 球的质量为 $3m$

C.t_1、t_2 时刻系统的电势能之差 $E_{p1}-E_{p2}=\frac{1}{12}mv_0^2$

D.经过足够长时间后，小球 B 的速度趋近于 v_0

3.($E-x$ 图像)空间有一沿 x 轴对称分布的电场，其电场强度 E 随 x 变化的图像如图所示。电场向右为正方向，下列说法正确的是(　　)



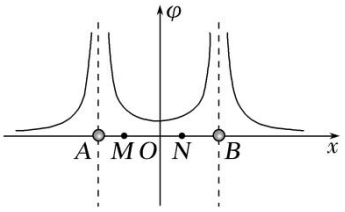
A.O 点的电势最低

B.x_2 点的电势最高

C.x_1 和$-x_1$ 两点的电势相等

D.x_1 和 x_3 两点的电势相等

4.($\varphi-x$ 图像)两个所带电荷量相等的点电荷固定在 x 轴上 A、B 两点，A、B 与坐标原点 O 的距离相等，以无穷远处为电势零点，x 轴上各点电势φ随坐标 x 分布的图像如图所示，M、N 是 x 轴上两点，其中 M 点比 N 点距离 O 点远，将一带负电的试探电荷沿 x 轴从 M 点移动到 N 点的过程中，下列说法中正确的是(　　)



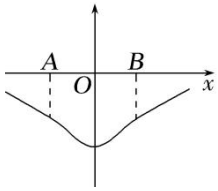
A.试探电荷在 M 点受到的电场力比在 N 点大

B.试探电荷在 M 点具有的电势能比在 N 点大

C.试探电荷在 M、N 两点受到的电场力方向相同

D.电场力先做正功后做负功

5.($E-x$ 图像和$\varphi-x$ 图像)(多选)空间中一静电场的某物理量沿 x 轴的分布情况如图所示(规定 x 轴正方向为电场正方向)，其中 $OA=OB$，图线关于未知轴对称，则(　　)



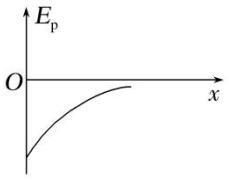
A.若为 $E-x$ 图像，则$\varphi_A=\varphi_B$

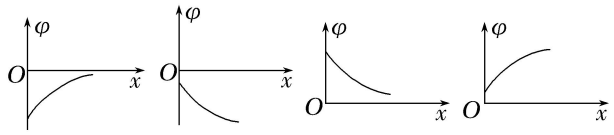
B.若为 $E-x$ 图像，则将电子由 A 沿 x 轴移向 B，电场力先做负功再做正功

C.若为$\varphi-x$ 图像，则 A、B 两点处沿 x 轴方向的电场强度大小相等

D.若为$\varphi-x$ 图像，则将一电子由 A 沿 x 轴移向 B，电场力先做负功再做正功

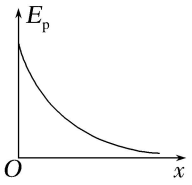
6.(E_p-x 图像)空间中有一电场，现放入一个负点电荷，放入的点电荷对原电场分布无影响，随后将此电荷从电场中一点移动至另一点，其电势能随位置变化的图像如图所示。在移动过程中电势随位置变化的图像可能是(　　)

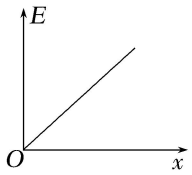




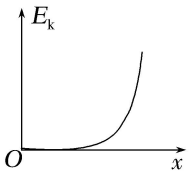
A　　B　　C　　D

7.(E_p-x 图像)一带电粒子在电场中仅受电场力作用，做初速度为零的直线运动。取该直线为 x 轴，起始点 O 为坐标原点，其电势能 E_p 与位移 x 的关系如图所示。下列图像中合理的是(　　)

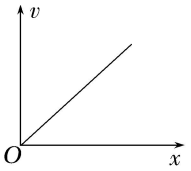




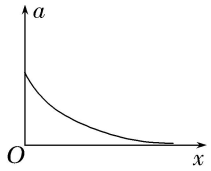
A.电场强度与位移关系



B.粒子动能与位移关系



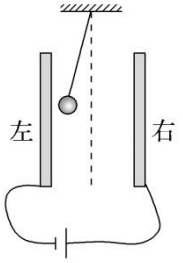
C.粒子速度与位移关系



D.粒子加速度与位移关系

微专练 43　平行板电容器的动态分析

1.(U 不变)如图，平行板电容器的两极板竖直放置并分别与电源的正负极相连，一带电小球经绝缘轻绳悬挂于两极板之间，处于静止状态。现保持右极板不动，将左极板向左缓慢移动，关于小球所受的电场力大小 F 和绳子的拉力大小 F_T，下列判断正确的是(　　)



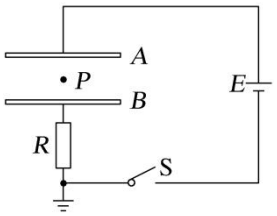
A.F 逐渐减小，F_T 逐渐减小

B.F 逐渐增大，F_T 逐渐减小

C.F 逐渐减小，F_T 逐渐增大

D.F 逐渐增大，F_T 逐渐增大

2.(U 不变)如图所示电路中，A、B 是构成平行板电容器的两金属极板，P 为其中的一个定点。将开关 S 闭合，电路稳定后将 A 板向上平移一小段距离，则下列说法正确的是(　　)



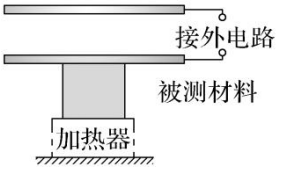
A.电容器的电容增加

B.在 A 板上移过程中，电阻 R 中有向上的电流

C.A、B 两板间的电场强度增大

D.P 点电势升高

3.(U 不变)如图为某同学采用平行板电容器测量材料竖直方向尺度随温度变化的装置示意图，电容器上极板固定，下极板可随材料尺度的变化上下移动，两极板间电压不变。若材料温度降低时，极板上所带电荷量变少，则(　　)



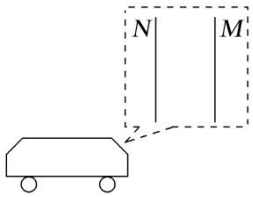
A.材料竖直方向尺度减小

B.极板间电场强度不变

C.极板间电场强度变大

D.电容器电容变大

4.(Q 不变)电容式加速传感器常用于触发汽车安全气囊等系统，如图所示。极板 M、N 组成的电容器视为平行板电容器，M 固定，N 可左右运动，通过测量电容器板间的电压的变化来确定汽车的加速度。当汽车减速时，极板 M、N 间的距离减小，若极板上的电荷量不变，则该电容器(　　)



A.电容变小

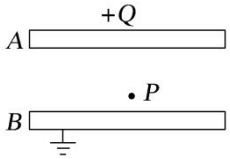
B.极板间电压变大

C.极板间电场强度不变

D.极板间的电场强度变小

5.(Q 不变)如图所示，有一个平行板电容器，A 板带电荷量为$+Q$，B 板接地，在 A、B 两板间的电场

内有一固定点 P。下列说法中正确的是(　　)



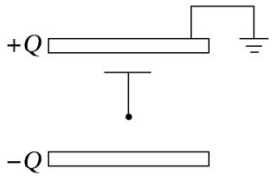
A.若 B 板固定，A 板下移，则 P 点的电场强度不变，P 点电势不变

B.若 B 板固定，A 板下移，则 P 点的电场强度不变，P 点电势升高

C.若 A 板固定，B 板上移，则 P 点的电场强度变大，P 点电势降低

D.若 A 板固定，B 板上移，则 P 点的电场强度不变，P 点电势升高

6.(Q 不变)如图所示，水平放置的平行金属板带等量异种电荷，上板接地。板间一个带电小球用绝缘细线悬挂处于静止状态，细线的张力不为零。若将下板向下移一些，则(　　)



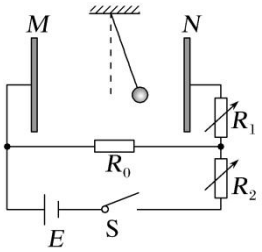
A.两金属板间电势差增大

B.细线上的张力增大

C.小球的电势能减少

D.上板带电量减少

7.(两种模型的综合)如图所示，M、N 是平行板电容器的两个极板，R_0 为定值电阻，R_1、R_2 为可调电阻，用绝缘细线将质量为 m、带正电的小球悬于电容器内部。闭合开关 S，小球静止时受到悬线的拉力为 F，调节 R_1、R_2，关于 F 的大小判断正确的是(　　)



A.保持 R_1 不变，缓慢增大 R_2 时，F 将变大

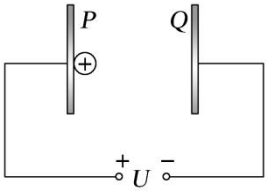
B.保持 R_2 不变，缓慢增大 R_1 时，F 将变大

C.保持 R_1 和 R_2 不变，缓慢向上移动 M 板，F 将不变

D.保持 R_1 和 R_2 不变，缓慢向左移动 M 板，F 将不变

微专练 44　带电粒子在电场中的加速和偏转

1.(加速)如图在 P 板附近有电荷由静止开始向 Q 板运动，则以下解释正确的是(　　)



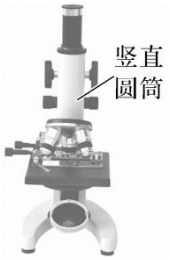
A.到达 Q 板的速率与板间距离和加速电压两个因素有关

B.到达 Q 板的速率与板间距离无关

C.两板间距离越大，加速的时间越长，加速度越大

D.若电压 U、与电量 q 均变为原来的 2 倍，则到达 Q 板的速率变为原来的 4 倍

2.(加速)如图所示为某型号电子显微镜，竖直圆筒的上下两端分别装着电极，电子在两电极间从上向下加速，电子的动量越大，显微镜的分辨率就越高。假设电子由静止开始加速，下列说法正确的是(　　)



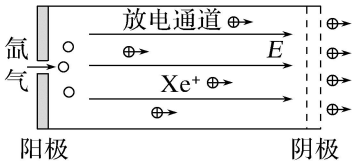
A.圆筒上端为正极，下端为负极

B.两极间电压越大，电子离开电极时的波长越长

C.若两极间电压不变，增大圆筒长度可提高显微镜的分辨率

D.若将电子改为质子，以相同电压加速时质子显微镜分辨率更高

3.(加速)(多选)霍尔推进器简化的工作原理如图所示。放电通道两端电极间存在一加速电场，该区域内有一与电场近似垂直的约束磁场(未画出)用于提高工作物质被电离的比例。工作时，工作物质氙气进入放电通道后被电离为氙离子，再经电场加速喷出，形成推力。某次测试中，氙气被电离的比例为95%，氙离子喷射速度为 1.6×10^4 m/s，推进器产生的推力为 80 mN。已知氙离子的比荷为 7.3×10^5 C/kg；计算时，取氙离子的初速度为零，忽略磁场对离子的作用力及离子之间的相互作用，则(　　)



A.氙离子的加速电压约为 175 V

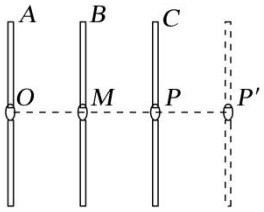
B.氙离子的加速电压约为 700 V

C.氙离子向外喷射形成的电流约为 37 A

D.每秒进入放电通道的氙气质量约为 5.3×10^{-6} kg

4.(电场中的 $0-v-0$ 模型)(多选)如图所示，三块平行放置的带电金属薄板 A、B、C 中央各有一小孔，

小孔分别为 O、M、P。由小孔 O 静止释放的电子穿过小孔 M 恰好能运动到小孔 P。现保持带电金属薄板 A、B、C 的电量不变，改变带电金属薄板 B 或 C 的位置，还是由小孔 O 静止释放的电子仍能运动到小孔 P 的是(　　)



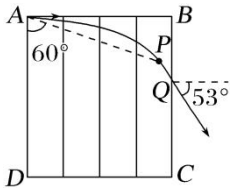
A.仅将 C 板向右平移一小段距离

B.仅将 C 板向左平移一小段距离

C.仅将 B 板向右平移一小段距离

D.仅将 B 板向左平移一小段距离

5.(偏转)如图所示，在边长为 L 的正方形 $ABCD$ 区域内有电场强度大小为 E 的匀强电场，图中竖直平行的直线为匀强电场的电场线(方向未知)。一电荷量为 q、质量为 m 的带负电粒子，从 A 点以某一初速度沿 AB 边、垂直电场方向进入电场，经过电场中的 P 点并从 BC 边上的 Q 点离开电场，带电粒子通过 Q 点的速度方向与水平方向的夹角为 53°，已知∠PAD=60°，忽略空气的阻力，不考虑带电粒子受到的重力，取 sin 53°=0.8，cos 53°=0.6。下列说法正确的是(　　)



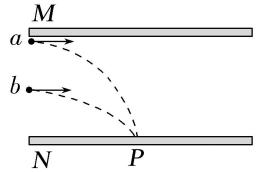
A.带电粒子从 A 点运动到 Q 点的过程中，电场力所做的功为$\frac{2qEL}{3}$

B.带电粒子从 A 点运动到 Q 点的过程中，电场力所做的功为$\frac{qEL}{3}$

C.带电粒子从 A 点运动到 P 点的时间为$\sqrt{\frac{2mL}{qE}}$

D.带电粒子从 A 点运动到 P 点的时间为 $2\sqrt{\frac{mL}{qE}}$

6.(偏转)如图所示，a、b 两个带电粒子分别从 M 板左边缘和两板中间同时垂直两平行金属板 MN 间电场线射入，经匀强电场偏转后均击中 N 板的中点 P。则(　　)



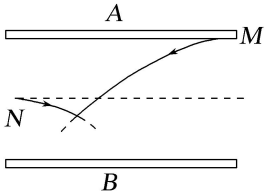
A.粒子 b 的初速度是粒子 a 的$\sqrt{2}$倍

B.粒子 a 的比荷是粒子 b 的 2 倍

C.若电场强度减小为原来的二分之一，其他条件不变，粒子 a、b 均从 N 板右边缘射出

D.若两粒子比荷均减小为原来的四分之一，其他条件不变，粒子 a、b 均从 N 板右边缘射出

7.(偏转)如图所示，水平放置的平行金属板 A、B 连接一恒定电压，两个质量相等的电荷 M 和 N 同时分别从极板 A 的边缘和两极板的正中间沿水平方向进入板间电场，两电荷恰好在板间某点相遇。若不考虑电荷的重力和它们之间的相互作用，则下列说法正确的是(　　)



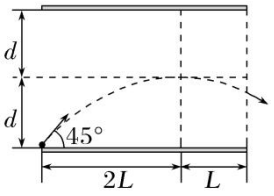
A.电荷 M 的电荷量大于电荷 N 的电荷量

B.两电荷在电场中运动的加速度相等

C.从两电荷进入电场到两电荷相遇，电场力对电荷 M 做的功可能等于电场力对电荷 N 做的功

D.电荷 M 进入电场的初速度大小与电荷 N 进入电场的初速度大小一定相同

8.(偏转)(多选)一带正电微粒从静止开始经电压 U_1 加速后，射入水平放置的平行板电容器，极板间电压为 U_2。微粒射入时紧靠下极板边缘，速度方向与极板夹角为 45°，微粒运动轨迹的最高点到极板左右两端的水平距离分别为 $2L$ 和 L，到两极板距离均为 d，如图所示。忽略边缘效应，不计重力。下列说法正确的是(　　)



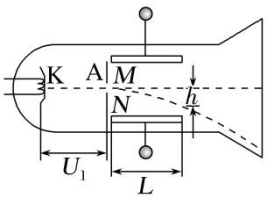
A.L∶d=2∶1

B.U_1∶U_2=1∶1

C.微粒穿过电容器区域的偏转角度的正切值为 2

D.仅改变微粒的质量或者电荷数量，微粒在电容器中的运动轨迹不变

9.(加速＋偏转)(多选)如图所示是一个说明示波管工作原理的示意图，电子经电压 U_1 加速后垂直进入偏转电场，离开电场时的偏转量是 h，两平行板间的距离为 d，电势差为 U_2，板长为 L。为了提高示波管的灵敏度(每单位电压引起的偏转量即$\frac{h}{U_2}$)可采用的方法是(　　)



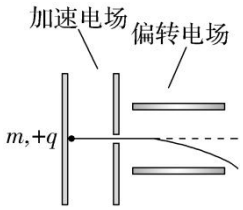
A.增大两板间的电势差 U_2

B.尽可能使板长 L 短些

C.使加速电压 U_1 降低些

D.尽可能使板间距离 d 小些

10.(加速＋偏转)让一价氢离子、一价氦离子和二价氦离子的混合物由静止开始经过同一加速电场加速，然后在同一偏转电场里偏转，最后都从偏转电场右侧离开，图中画出了其中一种粒子的运动轨迹，下列说法正确的是(　　)



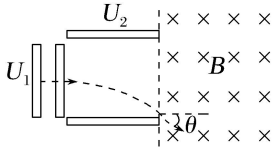
A.在加速电场中运动时间最长的是一价氢离子

B.经加速电场加速后动能最小的是二价氦离子

C.在偏转电场中三种离子的加速度之比为 1∶4∶2

D.在加速和偏转过程中三种离子的轨迹都重合

11.(加速＋偏转)(多选)如图所示，一个带正电的粒子，从静止开始经加速电压 U_1 加速后，水平进入两平行金属板间的偏转电场中，偏转电压为 U_2，射出偏转电场时以与水平方向夹角为 θ 的速度进入金属板右侧紧邻的有界匀强磁场，虚线为磁场的左边界，场范围足够大，粒子经磁场偏转后又从磁场左边界射出，粒子进入磁场和射出磁场的位置之间的距离为 l，下列说法正确的是(　　)



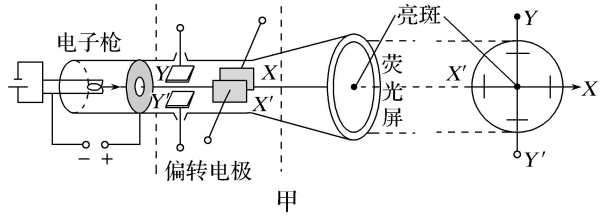
A.只增大电压 U_2，θ变小

B.只减小电压 U_1，θ变大

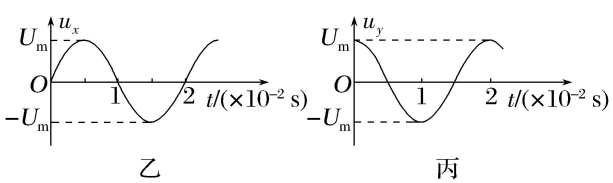
C.只减小电压 U_2，距离 l 变小

D.只增大电压 U_1，距离 l 变大

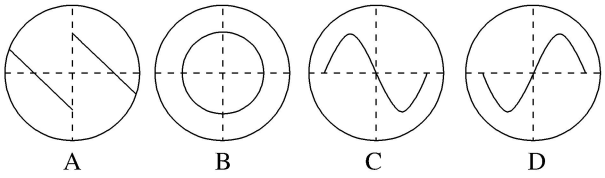
12.(示波管)图甲为示波管的原理图。电子枪源源不断发射的电子经前面的加速电压加速之后已经获得了极大的速度，如果在电极 XX'之间所加的电压按图乙所示的规律变化，在电极 YY'之间所加的电压按图丙所示的规律变化，则在荧光屏上会看到的图形可能为(　　)



甲

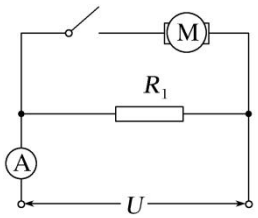


乙　　丙



微专练 45　两类电学元件和两类 $U-I$ 图像

1.(两类电学元件)(多选)如图所示，电阻 $R_1=20\ \Omega$，电动机的绕组 $R_2=10\ \Omega$。当开关打开时，电流表的示数是 0.5 A，当开关合上后，电动机转动起来，电路两端的电压不变，电流表的示数 I 和电路消耗的电功率 P 应是(　　)



A.$I=1.5$ A　　B.$I<1.5$ A

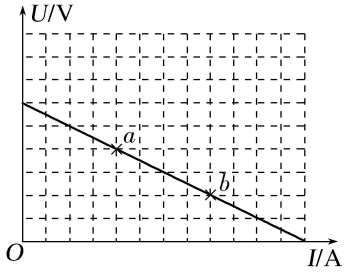
C.$P=15$ W　　D.$P<15$ W

2.(非纯电阻电路)微型螺旋桨型无人机电源电动势为 E，内阻是 r，总质量为 M，电源对电动机供电，使螺旋桨高速水平旋转，带动无人机竖直匀速上升。若某次测试时，电源的输出功率等于该电源对纯电阻电路供电时的最大输出功率，电动机输出的机械功率占其总功率的$\frac{3}{4}$，空气阻力不计，重力加速度为 g。则无人机匀速竖直上升的速度大小是(　　)

A.$\frac{E^2}{16Mgr}$　　B.$\frac{3E^2}{16Mgr}$

C.$\frac{3E^2}{4Mgr}$　　D.$\frac{E^2}{Mgr}$

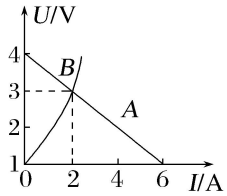
3.($U-I$ 图像)电源的效率η定义为外电路电阻消耗的功率与电源的总功率之比。在测电源电动势和内电阻的实验中得到的实验图线如图所示，图中 U 为路端电压，I 为干路电流，a、b 为图线上的两点，相应状态下电源的效率分别为η_a、η_b。由图可知 η_a、η_b 的值分别为(　　)



A.$\frac{3}{4}$、$\frac{1}{4}$　　B.$\frac{1}{3}$、$\frac{2}{3}$

C.$\frac{1}{2}$、$\frac{1}{2}$　　D.$\frac{2}{3}$、$\frac{1}{3}$

4.($U-I$ 图像)(多选)如图所示，直线 A 为某电源的 $U-I$ 图像，曲线 B 为某小灯泡 L_1 的 $U-I$ 图像的一部分，用该电源和小灯泡 L_1 串联起来组成闭合回路时小灯泡 L_1 恰能正常发光，则下列说法中正确的是(　　)



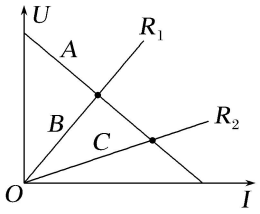
A.此电源的电动势为 4 V，内电阻为$\frac{2}{3}$ Ω

B.小灯泡 L_1 的额定电压为 3 V，额定功率为 6 W

C.把小灯泡 L_1 换成阻值恒为 1 Ω的纯电阻，电源的输出功率将变大

D.把小灯泡 L_1 换成阻值恒为 1 Ω的纯电阻，电源的输出功率不变

5.($U-I$ 图像)如图所示，直线 A 为电源的图线，直线 B 和 C 分别为电阻 R_1、R_2 的图线。现用该电源分别与 R_1、R_2 组成闭合电路甲和乙。由图像一定能确定的是(　　)



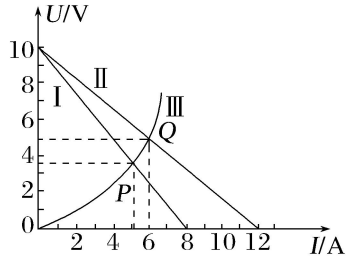
A.$R_1<R_2$

B.电源与 R_1 组成回路时，电源输出功率较大

C.电源与 R_1 组成回路时，电源内阻消耗的功率较小

D.两种情况下电源效率相同

6.($U-I$ 图像)(多选)如图所示，直线Ⅰ、Ⅱ分别是电源 1 与电源 2 的路端电压随输出电流变化的特性图线，曲线Ⅲ是一个小灯泡的伏安特性曲线，曲线Ⅲ与直线Ⅰ、Ⅱ相交点的坐标分别为 P(5.2，3.5)、Q(6，5)。如果把该小灯泡分别与电源 1、电源 2 单独连接，则下列说法正确的是(　　)



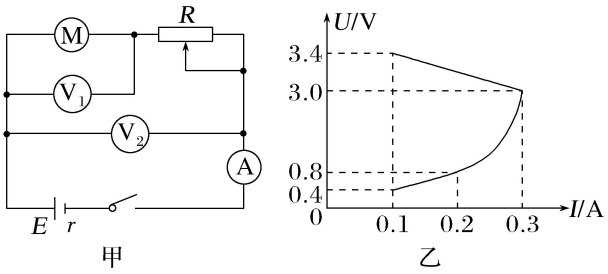
A.电源 1 与电源 2 的内阻之比是 3∶2

B.电源 1 与电源 2 的电动势之比是 1∶1

C.在这两种连接状态下，小灯泡的电阻之比是 1∶2

D.在这两种连接状态下，小灯泡消耗的功率之比是 7∶10

7.(*U*－*I* 图像)如图为连接电动机的电路，闭合开关，当滑动变阻器的触头从一端滑到另一端的整个过程中，两电压表的读数随电流表读数的变化情况如图乙所示，已知当电流小于 0.2 A 时，电动机不会发生转动，若不考虑电表对电路的影响，则(　　)



A.该电动机的内阻为 2 Ω

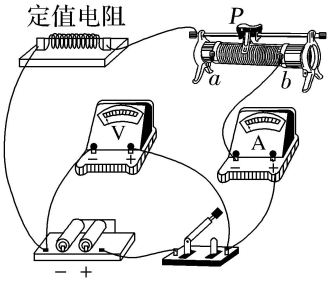
B.该电路中电源的电动势为 3.4 V

C.此电路中，电动机的最大输出功率为 0.9 W

D.若电动机能转动，需要调节滑动变阻器阻值小于 12 Ω

微专练 46　闭合电路动态分析与故障分析

1.(动态变化)在如图所示的电路中，电源内阻和定值电阻的阻值均为 r，滑动变阻器的最大阻值为 $3r$。闭合开关，将滑动变阻器的滑片 P 由 a 端向 b 端滑动的过程中，下列选项正确的是(　　)



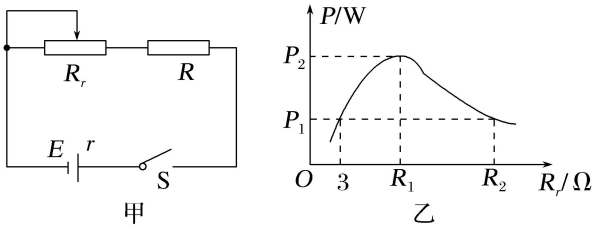
A.电压表的示数变大

B.电源的输出功率变大

C.电源的效率变大

D.滑动变阻器消耗功率变大

2.(功率最值问题)如图甲所示的电路，其中电源电动势 $E=6$ V，内阻 $r=2$ Ω，定值电阻 $R=4$ Ω，已知滑动变阻器消耗的功率 P 与其接入电路的有效阻值 R_r 的关系如图乙所示。则下列说法中正确的是(　　)



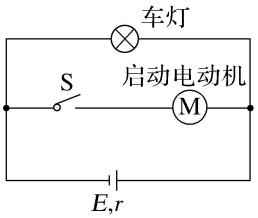
A.图乙中滑动变阻器的最大功率 $P_2=2\ \mathrm{W}$

B.图乙中 $R_1=6\ \Omega$，$R_2=12\ \Omega$

C.滑动变阻器消耗功率 P 最大时，定值电阻 R 也消耗功率最大

D.调整滑动变阻器 R_r 的阻值，可以使电源的输出电流达到 2 A

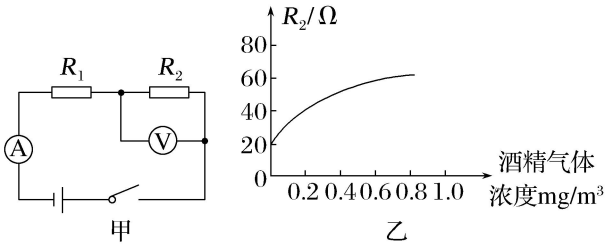
3.(开关闭合引起的动态变化)(多选)某汽车的电源与启动电机、车灯连接的简化电路如图所示。当汽车启动时，开关 S 闭合，电机工作，车灯突然变暗，此时(　　)



A.车灯的电流变小　　B.路端电压变小

C.电路的总电流变小　　D.电源的总功率变大

4.(气敏电阻引起的动态变化)如图甲是用气敏电阻改装的酒精含量测试仪电路图，测试仪用于测试汽车司机是否酒驾，R_1 为定值电阻，R_2 为气敏电阻。R_2 的阻值随酒精气体浓度的变化曲线如图乙，电源电动势保持不变。若测试对象呼出的气体中酒精气体浓度越大，则(　　)



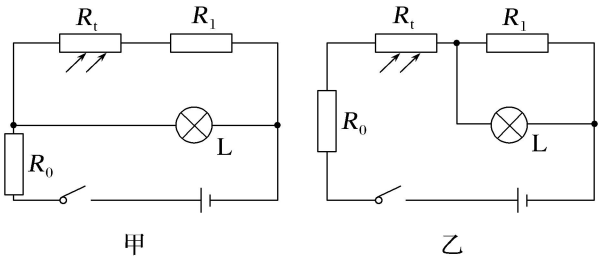
A.测试仪中电压表的示数越小

B.测试仪中电流表的示数越小

C.电源的路端电压越小

D.电压表与电流表示数的比值越小

5.(光敏电阻引起的动态变化)(多选)安装了感光系统的新型路灯，能根据环境明暗程度自动调节灯光亮度。某兴趣小组为了研究路灯的感光系统，设计了甲、乙两个电路，如图所示。R_t 为光敏电阻(光照越强，电阻越小)，R_0 与 R_1 为定值电阻，下列说法正确的是(　　)



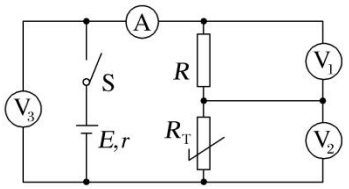
A.环境变暗时，甲电路的灯泡亮度变亮

B.环境变暗时，乙电路的灯泡亮度变亮

C.环境变亮时，甲电路的 R_1 电功率减小

D.环境变亮时，乙电路的 R_1 电功率增大

6.(热敏电阻引起的动态变化)如图所示，电源电动势为 E，内电阻恒为 r，R 是定值电阻，已知 $R>r$，热敏电阻 R_T 的阻值随温度降低而增大。在温度降低的过程中，分别用ΔI、ΔU_1、ΔU_2 和ΔU_3 表示电流表、电压表 1、电压表 2 和电压表 3 示数变化量的绝对值，关于该电路工作状态的变化，下列说法正确的是(　　)



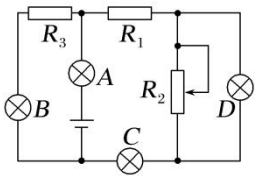
A.电压表 V_2 的示数 U_2 减小

B.电源的输出功率一定增大

C.$\frac{\Delta U_1}{\Delta I}$、$\frac{\Delta U_2}{\Delta I}$、$\frac{\Delta U_3}{\Delta I}$都不变

D.$\Delta U_1>\Delta U_2$

7.(电路故障)如图所示电路中，由于某处出现了故障，导致电路中的 A、B 两灯变亮，C、D 两灯变暗，故障的原因可能是(　　)

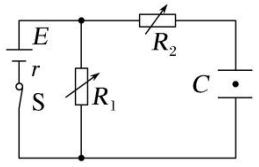


A.R_1 短路　　B.R_2 断路

C.R_2 短路　　D.R_3 短路

微专练 47　含电容的直流电路分析

1.(平衡问题)如图所示，电路中 R_1、R_2 均为可变电阻，电源内阻不能忽略，平行板电容器 C 的极板水平放置，闭合开关 S，电路达到稳定时，带电油滴悬浮在两板之间静止不动。如果仅改变下列某一个条件，油滴仍能静止不动的是(　　)

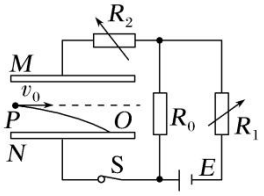


A.增大 R_1 的阻值　　B.增大 R_2 的阻值

C.增大两板间的距离　　D.断开开关 S

2.(偏转问题)如图所示，M、N 是两块水平放置的平行金属板，R_0 为定值电阻，R_1、R_2 为可变电阻，

开关 S 闭合。质量为 m 的带正电的微粒从 P 点以水平速度 v_0 射入金属板间，沿曲线打在 N 板上的 O 点，若经下列调整后，微粒仍从 P 点以水平速度 v_0 射入，则关于微粒打在 N 板上的位置说法正确的是(　　)



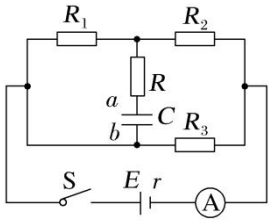
A.保持开关 S 闭合，增大 R_1，微粒打在 O 点左侧

B.保持开关 S 闭合，增大 R_2，微粒打在 O 点左侧

C.断开开关 S，M 极板稍微上移，微粒打在 O 点右侧

D.断开开关 S，M 极板稍微下移，微粒打在 O 点右侧

3.(参量计算)如图所示，电源电动势 $E=7$ V、内阻 $r=2$ Ω，电阻 $R=R_1=R_2=5$ Ω，$R_3=10$ Ω，电流表为理想电表，电容器的电容 $C=6$ μF，闭合开关 S，电路稳定后，下列说法正确的是(　　)



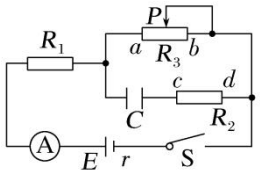
A.电流表示数为 0.67 A

B.R_3 两端的电压为 5 V

C.电容器所带的电量为 3×10^{-5} C

D.若 S 断开，通过 R_2 的电荷量为 7.5×10^{-6} C

4.(动态分析)如图所示电路中，直流电源内阻 $r\neq0$，R_1、R_2 为定值电阻，滑动变阻器最大阻值为 R_3，$r<R_1=R_2<R_3$。开关 S 闭合且电路稳定后，滑动变阻器的滑片 P 缓慢从 b 向 a 滑动过程中(　　)



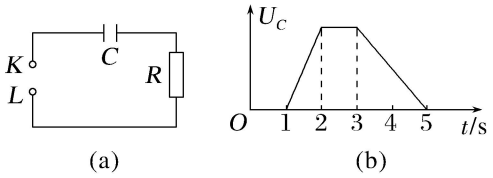
A.电流表示数变小

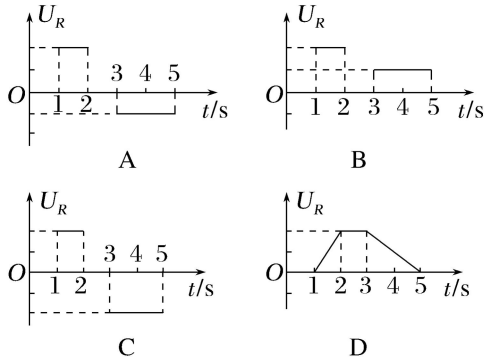
B.电源的效率减小

C.滑动变阻器消耗的功率一直增大

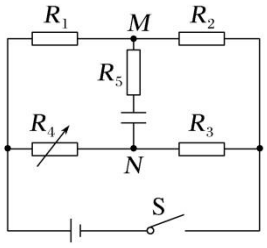
D.通过 R_2 的电流方向为从 c 到 d

5.(图像问题)图(a)所示的电路中，K 与 L 间接一智能电源，用以控制电容器 C 两端的电压 U_C。如果 U_C 随时间 t 的变化如图(b)所示，则下列描述电阻 R 两端电压 U_R 随时间 t 变化的图像中，正确的是(　　)





6.(电桥问题)(多选)如图，电源电动势 $E=9\ \text{V}$，内阻不计，定值电阻 $R_1=4\ \Omega$，$R_2=8\ \Omega$，$R_3=12\ \Omega$。M 点和 N 点之间接有定值电阻 $R_5=10\ \Omega$和水平放置的平行板电容器，电容器的电容 $C=80\ \mu\text{F}$，R_4 为变阻箱，将其阻值由 6 Ω调整到 12 Ω，下列说法正确的是(　　)



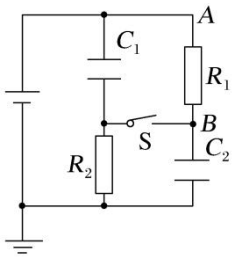
A.$R_4=6\ \Omega$时 M 点的电势高于 N 点的电势

B.$R_4=12\ \Omega$时电容器两端的电压为 4.5 V

C.变阻箱的阻值改变前后，电路消耗的电功率之比为 10∶9

D.变阻箱的阻值改变前后，通过电阻 R_5 的电荷量为 $1.2\times10^{-4}\ \text{C}$

7.(双电容电路分析)(多选)如图所示，已知 $R_1>R_2$，$C_1=C_2$，当 S 断开时，C_1 内有一带电微粒处于平衡状态，下面叙述正确的是(　　)



A.S 断开时，C_1、C_2 电荷量之比为 1∶1

B.S 闭合后，C_1、C_2 电荷量之比为 R_1∶R_2

C.S 闭合后，C_1 内的带电微粒向上加速运动

D.S 闭合后，B 点电势降低

微专练 48　安培力作用下导体的平衡问题

1.(通电金属棒的平衡问题)如图所示，一根质量为 m、长为 l 的金属棒 ab 用两根绝缘的软绳 P 和 Q 竖直悬挂，并处于垂直于纸面的匀强磁场中。现在金属棒中通以大小为 I、方向从 a 到 b 的电流，此时两软绳上的拉力均等于金属棒重力的$\frac{3}{4}$，已知金属棒始终处于静止状态，重力加速度为 g，两软绳上的拉力始终相同，则下列说法正确的是(　　)



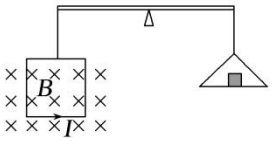
A.金属棒受到的安培力大小为 $\frac{1}{4}mg$，方向竖直向下

B.磁场方向垂直纸面向里

C.磁场的磁感应强度大小为$\frac{mg}{2Il}$

D.若仅改变金属棒中的电流方向，那么两软绳上的拉力大小均变为 $\frac{1}{2}mg$

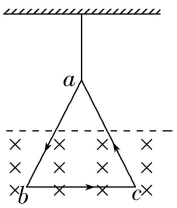
2.(电流天平)如图所示为一电流天平的示意图，磁感应强度为 B。当左端边长为 L 的线框中通以图示方向的电流 I 时，天平恰好平衡。如果改变电流方向而保持电流大小不变，要使天平平衡，需在天平右端托盘中加入适量的砝码，则所加砝码的质量为(重力加速度为 g)(　　)



A.$\frac{BIL}{2g}$　　B.$\frac{BIL}{g}$

C.$\frac{2BIL}{g}$　　D.$\frac{3BIL}{g}$

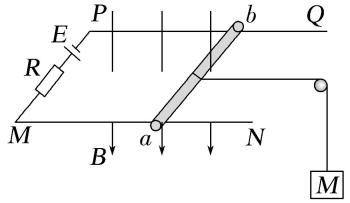
3.(折线框的平衡问题)如图所示，边长为 l，质量为 m 的等边三角形导线框用绝缘细线悬挂于天花板，导线框中通一逆时针方向的电流，图中虚线过 ab 边中点和 ac 边中点，在虚线的下方有一垂直于导线框向里的匀强磁场，其磁感应强度大小为 B，此时导线框处于静止状态，细线中的拉力为 F_1，保持其他条件不变，现将虚线下方的磁场移至虚线上方，此时细线中拉力为 F_2。导线框中的电流大小为(　　)



A.$\frac{F_2-F_1}{Bl}$　　B.$\frac{F_2-F_1}{2Bl}$

C.$\frac{2(F_2-F_1)}{Bl}$　　D.$\frac{2(F_2-F_1)}{3Bl}$

4.(最值问题)如图所示，PQ 和 MN 为水平平行放置的金属导轨，相距 $L=1$ m。PM 间接有一个电动势为 $E=6$ V，内阻 $r=1$ Ω的电源和一只定值电阻 $R=5$ Ω，质量 0.2 kg 导体棒 ab 跨放在导轨上并与导轨接触良好，导体棒和导轨电阻均不计，导体棒的中点用轻绳经定滑轮与质量 $M=0.3$ kg 的物体相连。匀强磁场的磁感应强度 $B=2$ T，方向竖直向下，金属棒 ab 恰好保持静止。则(取 $g=10$ m/s^2)(　　)



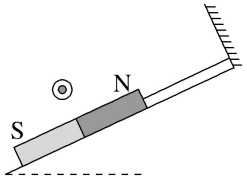
A.流过导体棒 ab 的电流为 2 A

B.导体棒 ab 与轨道间动摩擦因数为 0.2

C.当匀强磁场的磁感应强度增加一倍时，导体棒所受摩擦力为 0

D.若磁感应强度的大小和方向未知，要使 ab 棒处于静止状态，所加匀强磁场磁感应强度的最小值为 $\frac{4\sqrt{5}}{5}$ T

5.(电流与磁体间相互作用)如图所示，在条形磁铁的中垂线上某位置放置一根直导线，平行于斜面的非弹性轻绳一端拴着磁铁，另一端拴在斜面顶端的固定挡板上，磁铁静止于粗糙的斜面上。当电流为零时，轻绳处于伸直且恰好无拉力状态。已知最大静摩擦力等于滑动摩擦力，磁铁一直未离开斜面，则(　　)



A.当电流方向垂直于纸面向外时，通电直导线对磁铁的作用力垂直于斜面向下

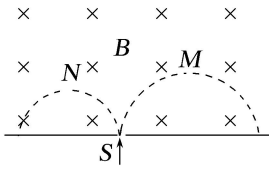
B.当电流方向垂直于纸面向外增大时，磁铁受到轻绳对它的拉力大小一定变化

C.当电流方向垂直于纸面向外增大时，则磁铁与斜面间的最大静摩擦力增大

D.当电流方向垂直纸面向里时，剪断细绳，则磁铁仍保持静止

微专练 49　带电粒子在直线边界磁场中的运动

1.(单边界磁场)质量和电量都相等的带电粒子 M 和 N，以不同的速率经小孔 S 垂直进入匀强磁场，运动的半圆轨迹如图两种虚线所示，下列表述正确的是(　　)



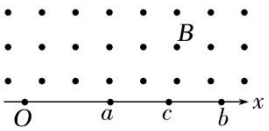
A.M 带负电，N 带正电

B.M 的速度率小于 N 的速率

C.洛伦兹力对 M、N 做正功

D.M 的运动时间大于 N 的运动时间

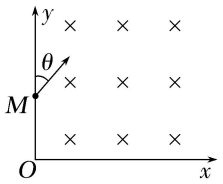
2.(单边界磁场)在 x 轴上方有垂直于纸面的匀强磁场，同一种带电粒子从 O 点射入磁场。当入射方向与 x 轴的夹角$\alpha=45°$时，速度为 v_1、v_2 的两个粒子分别从 a、b 两点射出磁场，如图所示，当$\alpha=60°$时，为了使粒子从 ab 的中点 c 射出磁场，则速度应为(　　)



A.$\frac{1}{2}(v_1+v_2)$　　B.$\frac{\sqrt{2}}{2}(v_1+v_2)$

C.$\frac{\sqrt{3}}{3}(v_1+v_2)$　　D.$\frac{\sqrt{6}}{6}(v_1+v_2)$

3.(垂直边界磁场)(多选)如图所示，在 Oxy 平面的第一象限内存在方向垂直纸面向里，磁感应强度大小为 B 的匀强磁场。一带电粒子从 y 轴上的 M 点射入磁场，速度方向与 y 轴正方向的夹角$\theta=45°$。粒子经过磁场偏转后在 N 点(图中未画出)垂直穿过 x 轴。已知 $OM=a$，粒子电荷量为 q，质量为 m，重力不计。则(　　)



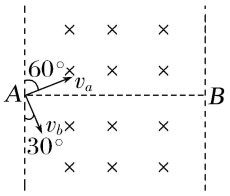
A.粒子带负电荷

B.粒子速度大小为$\frac{qBa}{m}$

C.粒子在磁场中运动的轨道半径为 a

D.N 与 O 点相距$(\sqrt{2}+1)a$

4.(平行边界的磁场)(多选)两个带等量异种电荷的粒子分别以速度 v_a 和 v_b 射入匀强磁场，两粒子的入射方向与磁场边界的夹角分别为 60°和 30°，磁场宽度为 d，两粒子同时由 A 点出发，同时到达 B 点，如图所示，则(　　)



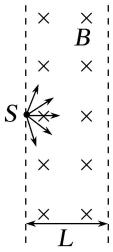
A.a 粒子带正电，b 粒子带负电

B.两粒子的轨道半径之比 R_a∶R_b=$\sqrt{3}$∶1

C.两粒子的周期之比 T_a∶T_b=1∶2

D.两粒子的周期之比 T_a∶T_b=2∶1

5.(平行边界的磁场)在如图所示的平面内，存在宽为 L 的匀强磁场区域(足够长、边界上有磁场)，匀强磁场的磁感应强度大小为 B，左侧边界上有一离子源 S，可以向纸面内各方向发射质量为 m、带电荷量＋q(q>0)、速度大小为$\frac{qBL}{m}$的离子。不计离子受到的重力和空气阻力，下列说法正确的是(　　)



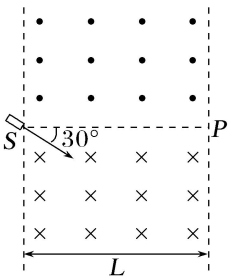
A.离子在磁场中运动的最长时间为$\frac{\pi m}{2qB}$

B.离子从右侧边界离开磁场时，在磁场中运动的最短时间为$\frac{\pi m}{3qB}$

C.离子从右侧边界离开磁场时，在磁场中运动的最长时间为$\frac{5\pi m}{12qB}$

D.离子从左侧边界离开磁场时，射入点与射出点间的最大距离为 3L

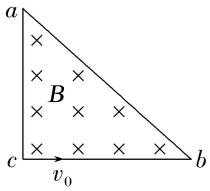
6.(平行边界磁场的多解问题)(多选)在如图所示的平面内，分界线 SP 将宽度为 L 的矩形区域分成两部分，一部分充满方向垂直于纸面向外的匀强磁场，另一部分充满方向垂直于纸面向里的匀强磁场，磁感应强度大小均为 B，SP 与磁场左右边界垂直。离子源从 S 处射入速度大小不同的正离子，离子入射方向与磁场方向垂直且与 SP 成 30°角。已知离子比荷为 k，不计重力。若离子从 P 点射出，设出射方向与入射方向的夹角为θ，则离子的入射速度和对应θ角的可能组合为(　　)



A.$\frac{1}{3}kBL$，0°　　B.$\frac{1}{2}kBL$，0°

C.kBL，60°　　D.$2kBL$，60°

7.(三角形边界磁场)(多选)空间中存在直角三角形有界磁场，直角边 ac 长度为 L，磁感应强度大小为 B。c 点有一个可沿纸面内各个方向射出速度大小均为 v_0、质量为 m、电荷量为 $+q$ 的粒子的发射源，从 c 点沿 cb 方向射入磁场的粒子，运动轨迹恰好垂直于边界 ab 射出磁场。粒子重力不计，则关于粒子的运动，下列说法正确的是(　　)



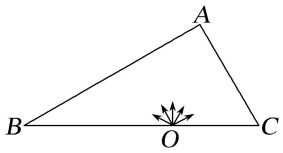
A.粒子速度 v_0 的大小满足 $v_0=\dfrac{qBL}{2m}$

B.从 a 点射出磁场的粒子在 c 点的速度方向与 bc 夹角为 60°

C.若三角形为等腰三角形，则与 bc 夹角为 45°的入射粒子在磁场中的运动时间为$\dfrac{\pi m}{4qB}$

D.若 c 点到 ab 边界的距离为 $\dfrac{\sqrt{7}}{4}L$，则所有从边界 ab 射出的粒子中在磁场中运动的最短时间为$\dfrac{\pi m}{4qB}$

8.(三角形边界磁场)(多选)如图所示，直角三角形 ABC 区域内存在垂直于纸面向里且磁感应强度为 B 的匀强磁场，BC 边上 O 点处有一粒子源，可沿各个方向向三角形区域内发射质量为 m、带电量为 $+q$、初速度大小为 $v_0=\dfrac{\sqrt{3}qBL}{2m}$的粒子(不计重力)，$OB=\sqrt{3}L$，$OC=L$，$\angle A=90°$，$\angle B=30°$。下列说法正确的是(　　)



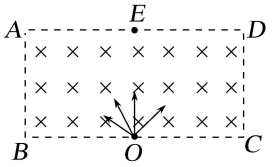
A.粒子在磁场中运动的最短时间为$\dfrac{\pi m}{6qB}$

B.粒子在磁场中运动的最长时间为$\dfrac{\pi m}{3qB}$

C.AB 边上有粒子射出的长度为 $\sqrt{3}L$

D.从 OB 边射出的粒子占粒子总数的$\dfrac{1}{3}$

9.(四边形边界磁场)(多选)如图所示，矩形 $ABCD$ 区域内有垂直于纸面向里的匀强磁场，磁场的磁感应强度大小为 B，AB 边长为 d，BC 边长为 $2d$，O 是 BC 边的中点，E 是 AD 边的中点。在 O 点有一粒子源，可以在纸面内向磁场内各个方向射出质量均为 m、电荷量均为 q、同种电性的带电粒子，粒子射出的速度大小相同，速度与 OB 边的夹角为 60°的粒子恰好从 E 点射出磁场，不计粒子的重力，则(　　)



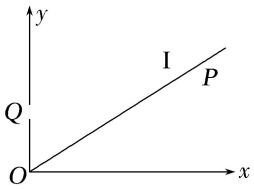
A.粒子带负电

B.粒子运动的速度大小为$\frac{qBd}{m}$

C.从 AD 边离开的粒子在磁场中运动的最短时间为$\frac{\pi m}{2qB}$

D.从 AD 边离开的粒子在磁场中经过的区域形成的面积为$\frac{(4+\pi)d^2}{4}$

10.(最小矩形磁场面积问题)(多选)如图，xOy 平面内，挡板 OP 与 y 轴之间的区Ⅰ内存在着一个垂直平面向里的矩形匀强磁场，磁感应强度大小为 B。一质量为 m、电荷量为 q 的正电荷，以速度大小 v_0 平行 x 轴的方向从 y 轴上的小孔 Q 射入区域Ⅰ，经过磁场垂直打到挡板 P 上。已知挡板 OP 与 x 轴的夹角为 30°，不计重力，下列说法正确的是(　　)



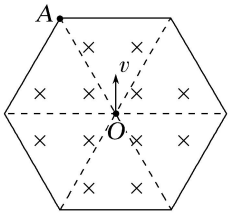
A.该电荷在磁场中运动的时间为$\frac{2\pi m}{qB}$

B.该电荷在磁场中运动的时间为$\frac{5\pi m}{3qB}$

C.该电荷在碰到 OP 之前通过的矩形磁场的最小面积为$(2+\sqrt{3})\left(\frac{mv_0}{qB}\right)^2$

D.该电荷在碰到 OP 之前通过的矩形磁场的最小面积为$(2-\sqrt{3})\left(\frac{mv_0}{qB}\right)^2$

11.(六边形边界磁场)(多选)如图中，边长为 L 的正六边形内有一匀强磁场，方向如图，正中央有一粒子源 O，它朝纸面各个方向发射质量为 m、电荷量为 $-q$、速度为 v 的粒子，恰好没有一个粒子飞出边界。不计所有粒子的重力，不计所有粒子之间的相互作用，则下列说法正确的是(　　)



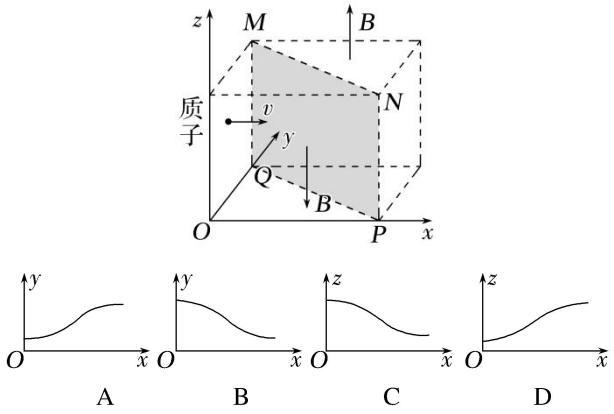
A.所有粒子能到达的区域面积为πL^2

B.磁感应强度 $B=\frac{4\sqrt{3}mv}{3qL}$

C.若磁感应强度调整为$\frac{2mv}{qL}$，将有粒子从 A 点离开磁场

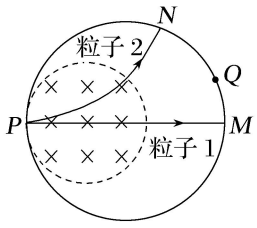
D.若竖直向上射出的粒子，刚好没有离开磁场，则磁感应强度调整为$\frac{(2\sqrt{3}+3)mv}{3qL}$

12.(立方体边界磁场)如图所示，一个立方体空间被对角平面 $MNPQ$ 划分成两个区域，两区域分布有磁感应强度大小相等、方向相反且与 z 轴平行的匀强磁场。一质子以某一速度从立方体左侧垂直 Oyz 平面进入磁场，并穿过两个磁场区域。下列关于质子运动轨迹在不同坐标平面的投影中，可能正确的是(　　)



微专练 50　带电粒子在圆形边界磁场中的运动

1.(圆形磁场)(多选)粒子物理研究中使用的一种球状探测装置横截面的简化模型如图所示。内圆区域有垂直纸面向里的匀强磁场，外圆是探测器。两个粒子先后从 P 点沿径向射入磁场，粒子 1 沿直线通过磁场区域后打在探测器上的 M 点。粒子 2 经磁场偏转后打在探测器上的 N 点。装置内部为真空状态，忽略粒子重力及粒子间相互作用力。下列说法正确的是(　　)



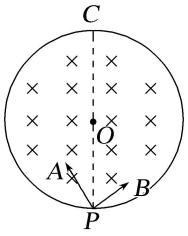
A.粒子 1 可能为中子

B.粒子 2 可能为电子

C.若增大磁感应强度，粒子 1 可能打在探测器上的 Q 点

D.若增大粒子入射速度，粒子 2 可能打在探测器上的 Q 点

2.(圆形磁场)(多选)如图所示，空间中存在一个半径为 R 的圆形匀强磁场，方向垂直纸面向里，从圆形磁场边界上的 P 点沿不同方向射入两个不同电荷量、初速度大小相同的带电粒子 A、B，A 粒子与圆形磁场半径的夹角为$\alpha=30°$，B 粒子与圆形磁场半径的夹角为$\theta=60°$，结果两粒子都会从边界上的 C 点射出。不计粒子的重力，则下列说法正确的是(　　)



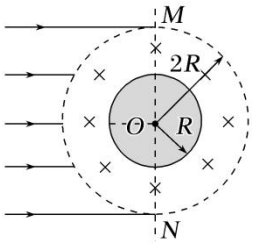
A.A、B 粒子带同种性质电荷

B.A、B 粒子的比荷之比为 1∶$\sqrt{3}$

C.A、B 粒子在磁场中做圆周运动的半径之比为 1∶$\sqrt{3}$

D.A、B 粒子在磁场中运动的时间之比为$\sqrt{3}$∶2

3.(环形磁场)(多选)地磁场对宇宙高能粒子有偏转作用，从而保护了地球的生态环境。赤道平面的地磁场简化为如图所示，O 为地球球心、R 为地球半径。地磁场可视为分布在半径 R 到 $2R$ 的两边界之间的圆环区域内，磁感应强度大小均为 B，方向垂直纸面向里。太阳耀斑爆发时，向地球持续不断地辐射大量高能粒子，假设均匀分布的带正电高能粒子以相同速度垂直 MN 沿赤道平面射向地球。已知粒子质量均为 m、电荷量均为 q，不计粒子的重力及相互作用力。下列说法正确的是(　　)



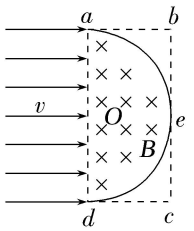
A.当入射粒子的速率不小于$\frac{qBR}{2m}$时，部分粒子可以到达 MN 右侧地面

B.若粒子速率为$\frac{qBR}{m}$，入射到磁场的粒子到达地面的最短时间为$\frac{\pi m}{6qB}$

C.若粒子速率为$\frac{3qBR}{2m}$，正对着 O 处入射的粒子恰好可以到达地面

D.若粒子速率为$\frac{qBR}{2m}$，入射到磁场的粒子恰好有一半不能到达地面

4.(半圆形磁场)(多选)如图所示，长方形 $abcd$ 长 ad=0.6 m，宽 ab=0.3 m，O、e 分别是 ad、bc 的中点，以 ad 为直径的半圆内有垂直纸面向里的匀强磁场(边界无磁场)，磁感应强度 B=0.25 T。一束不计重力、质量 m=3×10^{-7} kg、电荷量 q=+2×10^{-3} C 的粒子以速度 v=5×10^{2} m/s 沿垂直 ad 方向且垂直于磁场射入磁场区域，则(　　)



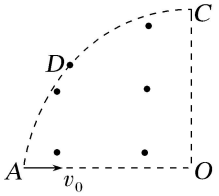
A.从 Od 边射入的粒子，出射点全部分布在 be 边

B.从 aO 边射入的粒子，出射点全部分布在 ab 边

C.从 Od 边射入的粒子，出射点分布在 Oa 边和 ab 边

D.从 aO 边射入的粒子，出射点分布在 ab 边和 be 边

5.(扇形磁场)(多选)如图所示，半径为 R 的$\frac{1}{4}$圆形区域内存在垂直纸面向外的匀强磁场(包括磁场的边界)，磁感应强度大小为 B，D 点为弧 AC 的中点，一比荷为 k 的负粒子由 A 点沿 AO 方向射入磁场，入射速度为 $v_0=BkR$，负粒子在磁场中运动的时间为 t，粒子重力不计，则下列说法正确的是(　　)



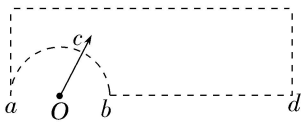
A.粒子从 C 点离开磁场

B.若该负粒子从 D 点以原速率和方向入射，则粒子从 CD 间离开磁场

C.若该负粒子从 D 点以原速率和方向入射，则粒子在磁场中运动的时间为$\frac{t}{2}$

D.若该负粒子从 O 点以原速率沿 OC 方向入射，则粒子在磁场中运动的时间为$\frac{2t}{3}$

6.(半圆形边外磁场)(多选)如图，虚线内有垂直纸面的匀强磁场，acb 是半圆，圆心 O 在 bd 连线所在的直线上，半径为 r，$\angle bOc=60°$。现有一质量为 m、电荷量为 $+q$ 的离子，以速度 v 沿半径 Oc 方向射入磁场，从 bd 边垂直边界离开磁场，则(　　)



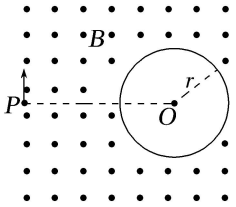
A.离子做圆周运动的半径为 $\sqrt{3}r$

B.离子离开磁场时距 b 点的距离为 $2r$

C.虚线内的磁感应强度大小为$\frac{\sqrt{3}mv}{3qr}$

D.离子在磁场中的运动时间为$\frac{2\sqrt{3}\pi r}{3v}$

7.(圆形边外磁场)(多选)如图所示，圆心为 O、半径为 r 的圆形区域外存在磁感应强度大小为 B、方向垂直纸面向外的匀强磁场；圆形区域内无磁场。P 是圆外一点，且 $OP=3r$，一质量为 m、电荷量为 q($q>0$)的粒子从 P 点在纸面内垂直于 OP 射入。已知粒子运动轨迹经过圆心 O，不计重力，下列说法正确的是(　　)



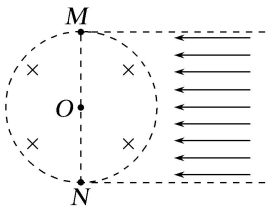
A.粒子在磁场中做圆周运动的半径 $R=\frac{3}{2}r$

B.粒子在磁场中做圆周运动的半径 $R=\frac{4}{3}r$

C.粒子第一次在圆形区域内运动所用的时间 $t=\frac{3m}{2qB}$

D.粒子第一次在圆形区域内运动所用的时间 $t=\frac{3m}{4qB}$

8.(磁聚焦)如图所示，圆形区域半径为 r，区域内存在磁感应强度为 B 的匀强磁场，一束不计重力的带正电粒子，质量均为 m，电荷量均为 q，以垂直于区域圆直径 MN 的相同速度飞入圆形匀强磁场区域后发生偏转，都恰好能在区域边缘的同一点射出磁场区域，不计粒子间相互作用力，则下列说法正确的是(　　)



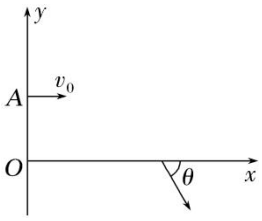
A.粒子将于 M 点射出磁场

B.所有粒子在磁场中的运动时间相同

C.射出粒子的速度方向均相同

D.粒子速度为 $v=\frac{Bqr}{m}$

9.(最小圆形磁场面积问题)(多选)一质量为 m、电量为 $q(q<0)$的带电粒子以速度 v_0 从 x 轴上的 A 点垂直 y 轴射入第一象限，第一象限某区域磁感强度大小为 B 的匀强磁场，磁场方向垂直于纸面向里，粒子离开第一象限时速度方向与 x 轴正方向夹角 $\theta=60°$。如图所示(粒子仅受洛伦兹力)，下列说法正确的是(　　)



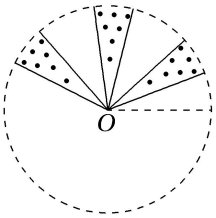
A.如果该磁场区域是圆形，则该磁场的最小面积是 $\frac{\pi m^2v_0^2}{4B^2q^2}$

B.如果该磁场区域是圆形，则该磁场的最小面积是 $\frac{\pi m^2v_0^2}{B^2q^2}$

C.如果该磁场区域是矩形，则该磁场的最小面积是$\frac{(2-\sqrt{3})m^2v_0^2}{2B^2q^2}$

D.如果该磁场区域是矩形，则该磁场的最小面积是$\frac{\sqrt{3}m^2v_0^2}{4B^2q^2}$

10.(多扇形磁场)(多选)如图所示为扇形聚焦回旋加速器的原理图。将圆形区域等分成$2n$($n=2$，3，4…)个扇形区域，相互间隔的n个区域内存在垂直纸面向外的匀强磁场，另外n个区域内没有磁场。一群速度大小不同的同种带电粒子，依次经过$2n$个扇形区域在闭合轨道上做周期性运动。不考虑粒子之间的相互作用，则(　　)



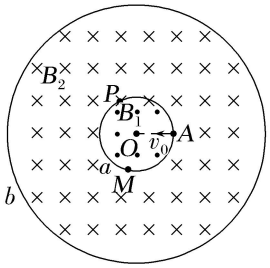
A.粒子的运动周期与其速度大小无关

B.n越大，每个粒子的运动周期也越大

C.粒子运动速度的最大值与n有关

D.粒子运动速度的最大值随n的增大而增大

11.(圆形组合场)如图所示，O为同心圆a、b的圆心，圆a的半径为r，在圆a区域内存在垂直纸面向外的匀强磁场B_1，在圆a和圆b间的环形区域存在垂直纸面向里的匀强磁场B_2。一质量为m、电荷量为q($q>0$)的粒子，从圆a边界上的A点沿半径方向以速度v_0射入圆a内，第一次从圆a边界上P点射出时速度方向偏转了60°，且粒子恰好不会从圆b飞离磁场，经过磁场B_2偏转后，从圆a边界上M点沿着半径方向进入圆a内，经磁场B偏转后回到A点，不计粒子的重力。则(　　)



A.圆a区域内匀强磁场的磁感应强度B_1大小为$\frac{\sqrt{3}mv_0}{qr}$

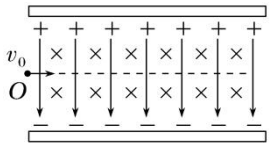
B.圆b的半径为$3r$

C.圆a和圆b间的环形区域匀强磁场的磁感应强度B_2大小为$\frac{mv_0}{2qr}$

D.粒子从A点射出到第一次回到A点的时间为$\frac{7\sqrt{3}\pi r}{3v_0}$

微专练 51　洛伦兹力在现代科技中的应用

1.(速度选择器)一对平行金属板中存在匀强电场和匀强磁场，其中电场的方向与金属板垂直，磁场的方向与金属板平行且垂直纸面向里，如图所示。一质子($^1_1$H)以速度 v_0 自 O 点沿中轴线射入，恰沿中轴线做匀速直线运动。下列粒子分别自 O 点沿中轴线射入，能够做匀速直线运动的是(所有粒子均不考虑重力的影响)(　　)



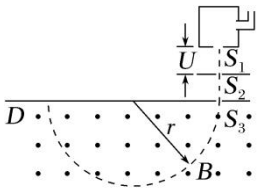
A.以速度$\frac{v_0}{2}$射入的正电子($^0_1$e)

B.以速度 v_0 射入的电子($^0_{-1}$e)

C.以速度 $2v_0$ 射入的核($^2_1$H)

D.以速度 $4v_0$ 射入的α粒子($^4_2$He)

2.(质谱仪)质谱仪是测带电粒子质量和分析同位素的一种仪器，如图所示，$^1_1$H 原子核(不计重力)经电场加速后，垂直进入匀强磁场做圆周运动，最终打到 D 点。虚线为该粒子运动轨迹，由图可知(　　)



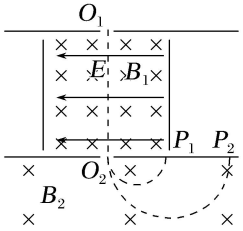
A.下极板 S_2 比上极板 S_1 电势高

B.若改为 $^2_1$H 原子核，则最终打在 D 点左侧

C.若只增大加速电场电压，则该粒子最终打在 D 点右侧

D.若只增大磁感应强度 B，则该粒子最终打在 D 点左侧

3.(速度选择器＋质谱仪)(多选)如图所示，含有 $^1_1$H、$^2_1$H、$^4_2$He 的带电粒子束从小孔 O_1 处射入速度选择器，沿直线 O_1O_2 运动的粒子在小孔 O_2 处射出后垂直进入偏转磁场，最终打在 P_1、P_2 两点，则(　　)



A.打在 P_1 点的粒子是 $^4_2$He

B.打在 P_2 点的粒子是 $^2_1$H 和 $^4_2$He

C.O_2P_2 的长度是 O_2P_1 长度的 2 倍

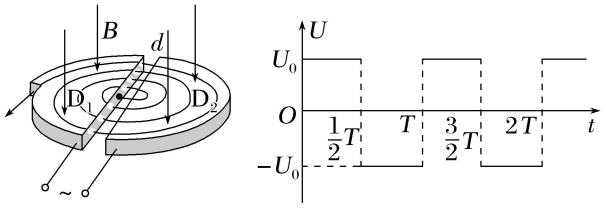
D.粒子在偏转磁场中运动的时间都相等

4.(回旋加速器)某小型医用回旋加速器，最大回旋半径为 0.5 m，磁感应强度大小为 1.12 T，质子加速后获得的最大动能为 1.5×10^7 eV。根据给出的数据，可计算质子经该回旋加速器加速后的最大速率约为(忽略相对论效应，1 eV＝1.6×10^{-19} J)(　　)

A.3.6×10^6 m/s　　B.1.2×10^7 m/s

C.5.4×10^7 m/s　　D.2.4×10^8 m/s

5.(回旋加速器)如图甲所示回旋加速器的两个 D 形盒的半径为 R，匀强磁场的磁感应强度大小为 B，现在两 D 形盒间接入峰值为 U_0 的交变电压，电压随时间的变化规律如图乙所示，将粒子源置于盒的圆心处，粒子源产生质量为 m、电荷量为 q 的氘核($^2_1$H)，在 $t=0$ 时刻进入 D 形盒的间隙，已知粒子的初速度不计，穿过电场的时间忽略不计，不考虑相对论效应和重力作用，下列说法正确的是(　　)



甲　　乙

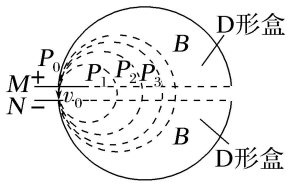
A.若交变电压 U_0 变为原来的 2 倍，则氘核出 D 形盒的速度也变成 2 倍

B.若交变电压的周期取$\dfrac{2\pi m}{3qB}$，加速器也能正常工作

C.氘核离开回旋加速器的最大动能为$\dfrac{q^2B^2R^2}{m}$

D.不需要改变任何条件，该装置也可以加速α粒子($^4_2$He)

6.(回旋加速器)物理学家劳伦斯发明了回旋加速器，为人类在获得高能粒子方面前进了一大步。如图所示为一种改进后的回旋加速器示意图，其中盒缝间的加速电场场强大小恒定，且被限制在 MN 板间，带正电粒子从 P_0 处以速度 v_0 沿电场线方向射入加速电场，经加速后进入 D 形盒中的匀强磁场做匀速圆周运动，经多次回旋加速后从 D 形盒右侧离开。下列说法错误的是(　　)



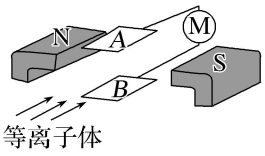
A.带电粒子每运动一周被加速一次

B.不作任何改变，该回旋加速器可以加速其他比荷不同的带正电粒子

C.加速粒子的最大速度与 D 形盒的尺寸无关

D.仅增大加速电场的的电压，加速粒子的最大速度不变

7.(磁流体发电机)一种用来发电的装置如图所示。平行金属板 A、B 之间有一个很强的磁场，将一束等离子体(即高温下电离的气体，含有大量正、负带电粒子)喷入磁场，A、B 两板间便产生电压，如果把 A、B 和电动机 M 连接。下列说法正确的是(　　)



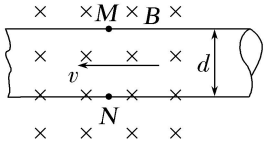
A.图中 A 板是磁流体发电机的正极

B.把电动机接在 A、B 间后，磁流体发电机的电动势减小

C.电动机在正常工作时突然被卡住，磁流体发电机的功率增大

D.若电动机线圈电阻与磁流体发电机内阻相等磁流体发电机的输出功率最大

8.(电磁流量计)(多选)在医院中需要用到血流计检测患者身体情况，血流计原理可以简化为如图所示模型，血液内含有少量正、负离子，从直径为 d 的血管右侧流入，左侧流出，流量值 Q 等于单位时间内通过横截面的液体体积。空间有垂直纸面向里、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场，稳定后，测出 M、N 两点之间电压 U。下列说法正确的是(　　)



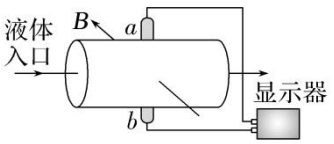
A.离子所受洛伦兹力方向由 M 指向 N

B.M 点的电势低于 N 点的电势

C.正负离子达到稳定状态时，可得流速 $v=\dfrac{U}{Bd}$

D.血液流量 $Q=\dfrac{\pi Ud}{4B}$

9.(电磁流量计)电磁流量计主要有直流式和感应式两种。如图所示是直流式电磁流量计，外加磁感应强度为 B 的水平匀强磁场垂直于管轴，在竖直径向 a、b 处装有两个电极，用来测量含有大量正、负离子的液体通过磁场时所产生的电势差大小 U。液体的流量 Q 可表示为 $Q=\dfrac{1}{k}\cdot\dfrac{UA}{Bd}$，其中 d 为管道直径，k 为修正系数，用来修正导出公式时未涉及的因素(如流量计管道内的流速并不均匀等)的影响。那么 A 应该为(　　)



A.恒定常数

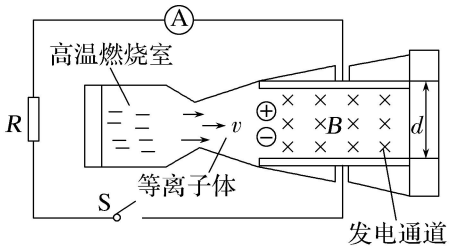
B.管道的横截面积

C.液体的流速

D.液体中单位时间内流过某一横截面的电荷量

10.(磁流体发电机)(多选)磁流体发电机又叫等离子体发电机，如图所示，燃烧室在 3 000 K 的高温下将气体全部电离为电子和正离子，即高温等离子体。高温等离子体经喷管提速后以 1 000 m/s 的速度

进入矩形发电通道。发电通道有垂直于喷射速度方向的匀强磁场，磁场方向垂直纸面向里，磁感应强度大小为 6 T。等离子体发生偏转，在两极间形成电势差。已知发电通道长 $a=60$ cm，宽 $b=20$ cm，高 $d=30$ cm，等离子体的电阻率 $\rho=2\ \Omega\cdot$m，外接电阻 R 不为零，电流表视为理想电表，闭合开关 S，则以下判断中正确的是(　　)



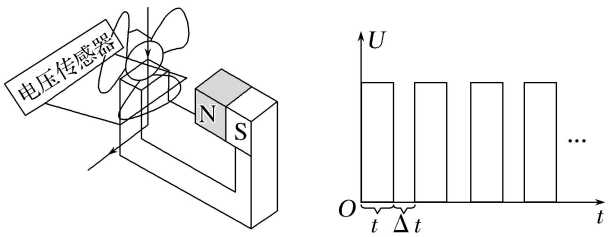
A.电阻 R 两端的电压为 1 800 V

B.发电通道的上极板为电源正极

C.当外接电阻 R 的阻值为 4 Ω时，发电机输出功率最大

D.增加磁感应强度 B，电流表读数也会相应增大

11.(霍尔元件)霍尔元件在很多自动控制装置中有着广泛的应用，例如可以利用霍尔元件测量物体的转速，其简化原理图如图甲所示，其中霍尔元件上下两个侧面连接直流电源，左右侧面连接电压传感器，最终在计算机屏幕上显示出电压随时间变化的图像。图甲中由三个形状相同、分布均匀的叶片制作的叶轮放置在霍尔元件与磁铁缝隙之间，叶片由特殊材料制成，磁感线不能穿过叶片，叶片大小能够完全遮挡住霍尔元件。当叶片匀速转动时，计算机显示如图乙所示的图像。图乙中所标各量已知，则下列有关说法正确的是(　　)



甲　　乙

A.叶轮的转速为 $\dfrac{1}{3(t+\Delta t)}$

B.叶轮的转速为 $\dfrac{3}{t+\Delta t}$

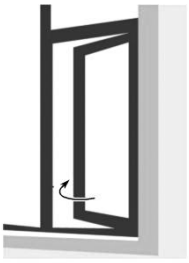
C.若转速增加，则图乙中电压值将增加

D.若磁铁磁性减弱，则会对转速的测量产生影响

微专练 52　楞次定律及其推论的应用

1.(楞次定律)(多选)长安一中教室墙上有一扇朝向正南的钢窗，当把钢窗向外推开 90°的过程中(不考虑

地磁偏角)，下列说法正确的是(　　)



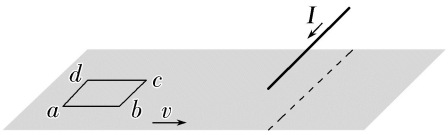
A.穿过钢窗的地磁场的磁通量不变

B.穿过钢窗的地磁场的磁通量变小

C.推窗过程中，钢窗中无感应电流

D.从推窗人的角度看，钢窗中的感应电流方向是逆时针

2.(楞次定律)一水平固定的长直导线中通以图示方向的恒定电流。导线下方一水平放置的闭合导线框 *abcd*，沿图示方向从远处匀速靠近直导线后又沿图示方向匀速远离。整个过程中，线框 *ad* 边中的感应电流方向(　　)



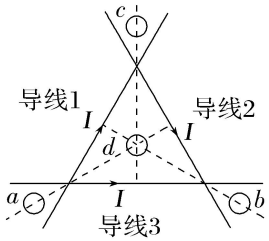
A.始终 *d*→*a*

B.先 *d*→*a*，再 *a*→*d*，再 *d*→*a*

C.先 *d*→*a*，再 *a*→*d*

D.先 *d*→*a*，再 *a*→*d*，再 *d*→*a*，再 *a*→*d*，再 *d*→*a*

3.(楞次定律)如图所示，纸面内的三条长直导线组成一等边三角形，导线间相互绝缘，导线中通入图示方向、大小始终相等的电流 *I*。在角平分线上对称放置三个相同的环形线圈 *a*、*b*、*c*，在三角形的中心放置相同的环形线圈 *d*，若三根导线中通入的电流同时减小，则(　　)



A.初始时线圈 *d* 的磁通量最大

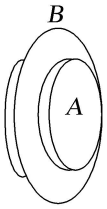
B.线圈 *c* 的感应电流最大

C.线圈 *d* 产生逆时针方向的感应电流

D.线圈 *a*、*b* 产生的感应电流大小相等方向相反

4.(楞次定律)现代科技的许多领域都需要研究新型材料。研究人员发现一种具有独特属性的新型合金能够将内能直接转化为电能。具体而言，只要略微提高温度，这种合金就会变成强磁性合金，从而使环绕它的线圈中产生电流，其简化模型如图所示。*A* 为圆柱形合金材料，*B* 为金属线圈，套在圆柱形

合金材料上，线圈的半径大于合金材料的半径。现对 A 进行加热，下列说法正确的是(　　)



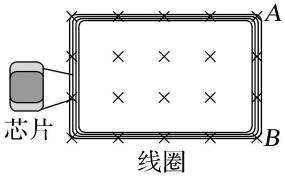
A.穿过线圈 B 的磁通量减小

B.线圈 B 一定有收缩的趋势

C.线圈 B 中感应电流产生的磁场阻止了 B 线圈内磁通量的增加

D.若从右向左看 B 中产生顺时针方向的电流，则 A 右端是强磁性合金的 N 极

5.(增缩减扩)如图是学生常用的饭卡内部实物图，其由线圈和芯片电路组成。当饭卡处于感应区域时，会在线圈中产生感应电流来驱动芯片工作。已知线圈面积为 S，共 n 匝。某次刷卡时，线圈平面与磁场垂直，且全部处于磁场区域内，在感应时间 t 内，磁感应强度方向向里且由 0 增大到 B，此过程中(　　)



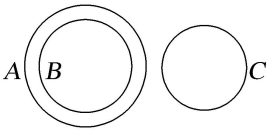
A.线圈有扩张的趋势

B.通过线圈平面的磁通量变化量为 nBS

C.线圈中感应电流方向为顺时针

D.AB 边受安培力方向向左

6.(增缩减扩)如图所示，A、B、C 为同一平面内的线圈，其中 A、B 为同心圆，现给 B 中通以顺时针方向的电流，在 B 中的电流逐渐增大的过程中，下列说法正确的是(　　)



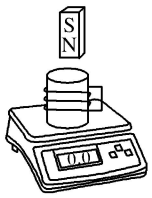
A.线圈 A、C 中均为顺时针方向

B.线圈 A、C 中均为逆时针方向

C.线圈 A 面积有扩大的趋势，线圈 C 面积有缩小的趋势

D.线圈 A、C 面积均有缩小的趋势

7.(来拒去留)(多选)某同学学习了电磁感应相关知识后，做了探究性实验：将闭合线圈按图示方式放在电子秤上，手握条形磁铁在线圈的正上方静止，此时电子秤的示数为 m_0。将条形磁铁(　　)



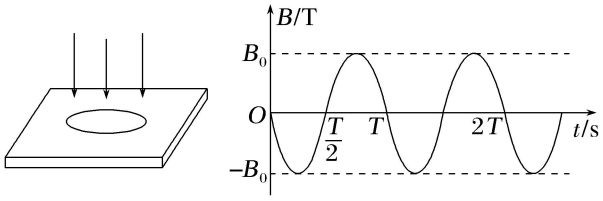
A.插入线圈的过程中，电子秤的示数大于 m_0

B.抽出线圈的过程中，线圈对条形磁铁的作用力竖直向上

C.插入线圈的过程中，线圈中感应电流沿逆时针方向(俯视)

D.匀速插入线圈的过程中，磁铁减少的重力势能等于线圈中产生的焦耳热

8.(增缩减扩＋来拒去留)(多选)如图甲所示，金属圆环静止在绝缘水平桌面上，垂直桌面施加竖直方向的交变磁场，取竖直向下为正方向，磁感应强度 B 的变化规律如图乙所示(不考虑金属圆环的自感)，下列说法正确的是(　　)



甲　　乙

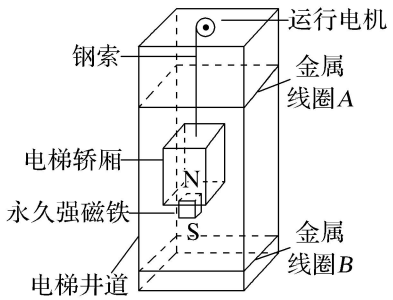
A.在 $0\sim\frac{T}{4}$时间内，从上往下看感应电流沿逆时针方向

B.在$\frac{T}{4}\sim\frac{3T}{4}$时间内，感应电流先增大后减小，方向不变

C.在$\frac{T}{4}\sim\frac{T}{2}$时间内，圆环有扩张的趋势

D.在$\frac{T}{2}\sim\frac{3T}{4}$时间内，磁场对圆环上任一小段导线的作用力逐渐减小

9.(来拒去留＋增缩减扩)(多选)某同学设想的减小电梯坠落时造成伤害的一种应急安全装置如图所示，在电梯轿厢底部安装永久强磁铁，磁铁 N 极朝上，电梯井道内壁上铺设若干金属线圈，线圈在电梯轿厢坠落时能自动闭合，从而减小对箱内人员的伤害。当电梯轿厢坠落到图示位置时，下列说法正确的是(　　)



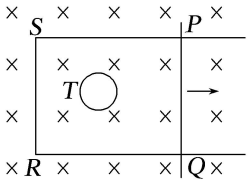
A.从上往下看，金属线圈 A 中的感应电流沿顺时针方向

B.从上往下看，金属线圈 B 中的感应电流沿顺时针方向

C.金属线圈 A 对电梯轿厢下落有阻碍作用，B 没有阻碍作用

D.金属线圈 *B* 有收缩的趋势，*A* 有扩张的趋势

10.(二次感应问题)如图所示，在方向垂直于纸面向里的匀强磁场中有一 U 形金属导轨，导轨平面与磁场垂直，金属杆 *PQ* 置于导轨上并与导轨形成闭合回路 *PQRS*，一圆环形金属线框 *T* 位于回路围成的区域内，线框与导轨共面。现让金属杆 *PQ* 突然向右运动，在运动开始的瞬间，关于感应电流的方向，下列说法正确的是(　　)



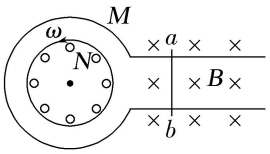
A.*PQRS* 中沿顺时针方向，*T* 中沿逆时针方向

B.*PQRS* 中沿顺时针方向，*T* 中沿顺时针方向

C.*PQRS* 中沿逆时针方向，*T* 中沿逆时针方向

D.*PQRS* 中沿逆时针方向，*T* 中沿顺时针方向

11.(二次感应问题)(多选)如图所示，一平行光滑金属导轨水平置于竖直向下的匀强磁场中，导轨电阻不计，与大螺线管 *M* 相接，在 *M* 螺线管内同轴放置一绝缘圆盘 *N*，*N* 的边缘固定着许多带负电的小球(每个小球都可视为一点电荷)，且圆盘 *N* 可绕轴心在水平面内自由转动。当导体棒 *ab* 运动时，圆盘 *N* 能沿箭头方向逆时针转动，则导体棒 *ab* 的运动情况是(　　)



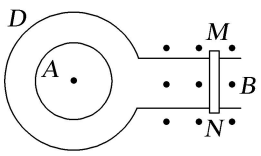
A.导体棒 *ab* 向右做匀速运动

B.导体棒 *ab* 向右做加速运动

C.导体棒 *ab* 向左做加速运动

D.导体棒 *ab* 向左做减速运动

12.(二次感应问题)(多选)如图所示，在匀强磁场中，放着一个平行导轨与线圈相连接金属棒 *MN*，要使放在 *D* 中的 *A* 线圈(*A*、*D* 两线圈共面)各处受到沿半径指向圆心的力，则金属棒 *MN* 的运动情况可能是(　　)

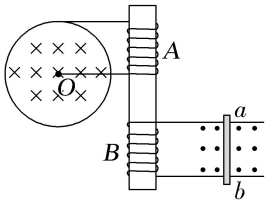


A.加速向右运动　　B.加速向左运动

C.减速向右运动　　D.减速向左运动

13.(二次感应问题)可绕 *O* 点转动的金属圆盘置于垂直纸面向里的匀强磁场中，其中央和边缘各引出一根导线，与套在铁芯上部的线圈 *A* 相连。套在铁芯下部的线圈 *B* 引出两根导线接在两根水平光滑

导轨上，如图所示，导轨上有一根金属棒 ab 处在垂直于纸面向外的匀强磁场中。下列说法正确的是(　　)



A.圆盘顺时针加速转动时，ab 棒将向右运动

B.圆盘逆时针匀速转动时，ab 棒将向右运动

C.圆盘顺时针减速转动时，ab 棒将向右运动

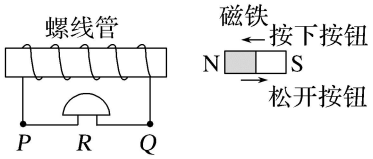
D.圆盘逆时针加速转动时，ab 棒将向左运动

微专练 53　法拉第电磁感应定律的应用

1.(感应电动势的方向)图甲为某款“自发电”无线门铃按钮，其“发电”原理如图乙所示，按下门铃按钮过程磁铁靠近螺线管，松开门铃按钮磁铁远离螺线管回归原位置。下列说法正确的是(　　)



甲



乙

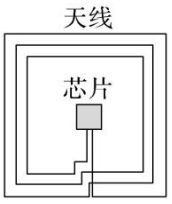
A.按下按钮过程，螺线管 P 端电势较低

B.松开按钮过程，螺线管 Q 端电势较高

C.按住按钮不动，螺线管中会产生感应电动势

D.按下和松开按钮过程，螺线管产生的感应电动势大小一定相同

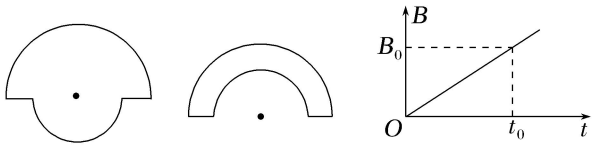
2.(多线圈感生电动势)近场通信(NFC)器件依据电磁感应原理进行通信，其内部装有类似于压扁的线圈作为天线。如图所示，这种线圈从内到外逐渐扩大，构成正方形。在这个正方形 NFC 线圈中，共有 3 圈，它们的边长分别为 a、b、c($a>b>c$)，需要注意的是，图中线圈接入内部芯片时与芯片内部线圈绝缘，从而能够正确地连接到内置芯片。若匀强磁场垂直穿过该线圈时，磁感应强度随时间变化规律为 $B=kt+B_0$(k 为常数)。则整个线圈产生的感应电动势最接近(　　)



A.$3a^2k$　　B.$(a^2+b^2+c^2)k$

C.$3(a^2+b^2+c^2)k$　　D.$(a+b+c)^2k$

3.(感生电动势)两个半径不同的半圆金属环可以组成如图甲、乙所示的两种闭合回路，两半圆环位于同一平面内，圆心重合，较小的半圆环的半径为 r，整个回路的电阻为 R。将两个闭合回路放在垂直环面的匀强磁场中，磁感应强度随时间变化的规律如图丙所示，则 t_0 时刻，甲、乙两回路中小的半圆环受到的安培力之差为(图中均为已知量)(　　)

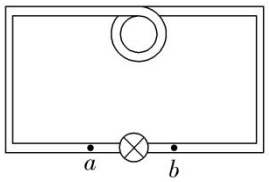


甲　　乙　　丙

A.$\frac{\pi B_0^2 r^3}{R t_0}$　　B.$\frac{\pi B_0^2 r^3}{2R t_0}$

C.$\frac{2\pi B_0^2 r^3}{R t_0}$　　D.$\frac{4\pi B_0^2 r^3}{R t_0}$

4.(感生电动势)(多选)将一根绝缘细导线绕成如图所示的线圈，再将线圈和小灯泡构成闭合回路，线圈内部存在一方向垂直纸面向里的均匀磁场，已知小灯泡的电阻为 R，细导线的电阻为 r，矩形的面积为 S_1，小圆的面积为 S_2，磁感应强度大小随时间变化的规律为 $B=B_0+kt$，B_0 和 k 均为大于零的常量，下列说法正确的是(　　)



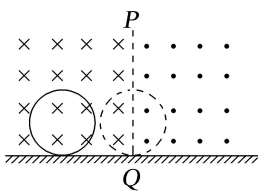
A.通过灯泡的电流由 a 流向 b

B.闭合回路中的感应电动势为 $k(S_1-S_2)$

C.通过小灯泡的电流大小为$\frac{k(S_1+S_2)}{R+r}$

D.小灯泡两端的电压为$\frac{\sqrt{2}Rk(S_1+S_2)}{R+r}$

5.(动生电动势)在光滑的水平地面上方，有两个磁感应强度大小均为 B，方向相反的匀强磁场，如图所示，PQ 为两个磁场的边界，磁场范围足够大。一个半径为 a、质量为 m、电阻为 R 的金属圆环垂直磁场方向以速度 v 从如图位置运动，当圆环运动到直径刚好与边界线 PQ 重合时，圆环的速度为 $\frac{1}{2}v$，则下列说法正确的是(　　)



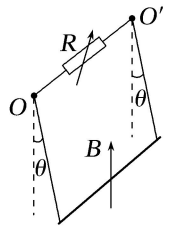
A.此时圆环中的电功率为$\frac{2B^2a^2v^2}{R}$

B.此时圆环的加速度为$\frac{4B^2a^2v^2}{mR}$

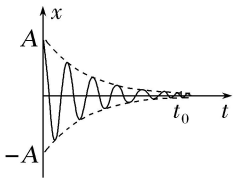
C.此过程中通过圆环截面的电荷量为$\frac{\pi Ba^2}{R}$

D.此过程中回路产生的电能为$0.75mv^2$

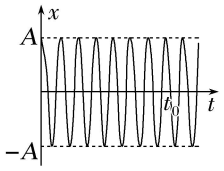
6.(直棒非垂直切割)如图甲所示，一导体杆用两条等长细导线悬挂于水平轴OO'，接入电阻R构成回路。导体杆处于竖直向上的匀强磁场中，将导体杆从竖直位置拉开小角度θ静止释放，导体杆开始下摆。当$R=R_0$时，导体杆振动图像如图乙所示。若横纵坐标皆采用图乙标度，则当$R=2R_0$时，导体杆振动图像是(　　)



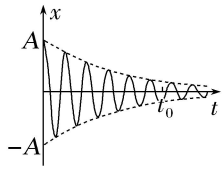
甲



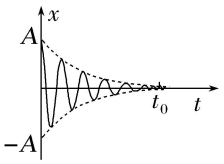
乙



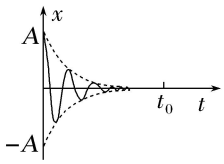
A



B

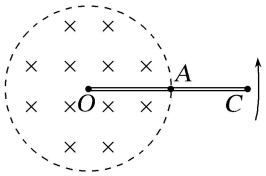


C



D

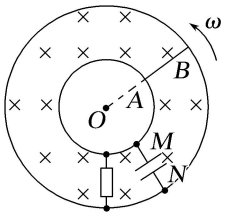
7.(旋转垂直切割)如图所示，圆形区域内有垂直纸面向里的匀强磁场，OC导体棒的O端位于圆心，棒的中点A位于磁场区域的边缘。现使导体棒绕O点在纸面内逆时针转动。O、A、C点电势分别为φ_0、φ_A、φ_C，则(　　)



A.$\varphi_O>\varphi_C$　　B.$\varphi_C>\varphi_A$

C.$\varphi_O=\varphi_A$　　D.$\varphi_O-\phi_A=\varphi_A-\varphi_C$

8.(旋转环切＋电容器)(多选)半径分别为r和$2r$的同心圆导轨固定在同一水平面内，一长为r，电阻为R的均匀金属棒AB置于圆导轨上面，BA的延长线通过圆导轨中心O，装置的俯视图如图所示，整个装置位于一匀强磁场中，磁感应强度的大小为B，方向竖直向下，在两环之间接阻值为R的定值电阻和电容为C的电容器，直导体棒在水平外力作用下以角速度ω绕O逆时针匀速转动，在转动过程中始终与导轨保持良好的接触，导轨电阻不计，下列说法正确的是(　　)



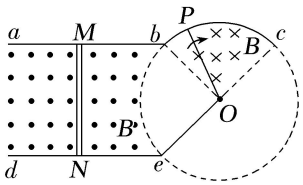
A.金属棒中电流从 A 流向 B

B.金属棒两端电压为 $\frac{3}{4}B\omega^2 r$

C.电容器的 M 板带正电

D.电容器所带电荷量为 $\frac{3}{4}CB\omega r^2$

9.(平动切割与旋转切割)如图所示，水平放置足够长光滑金属导轨 abc 和 de，ab 与 de 平行，bc 是以 O 为圆心的圆弧导轨，圆弧 be 左侧和扇形 Obc 内有方向如图所示的匀强磁场，金属杆 OP 的 O 端与 e 点用导线相接，P 端与圆弧 bc 接触良好，金属杆 MN 始终与导轨垂直，初始时 MN 静止在平行导轨上。若杆 OP 绕 O 点在匀强磁场区内从 b 到 c 匀速转动时，回路中始终有电流，则此过程中，下列说法正确的有(　　)



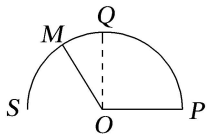
A.杆 OP 产生的感应电动势为 $E=Br^2\omega$

B.杆 OP 转动产生的感应电流方向由 $N\rightarrow M$

C.杆 MN 向左运动

D.杆 MN 中的电流逐渐增大

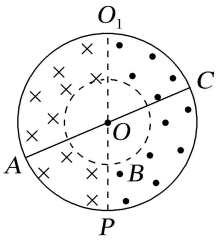
10.(感生＋旋转切割)如图，导体轨道 $OPQS$ 固定，其中 PQS 是半圆弧，Q 为半圆弧的中心，O 为圆心。轨道的电阻忽略不计。OM 是有一定电阻，可绕 O 转动的金属杆。M 端位于 PQS 上，OM 与轨道接触良好。空间存在垂直半圆所在平面的匀强磁场，磁感应强度的大小为 B，现使金属杆 OQ 位置以恒定的角速度逆时针转到 OS 位置并固定(过程Ⅰ)；再使磁感应强度的大小以一定的变化率从 B 增加到 B'(过程Ⅱ)。在过程Ⅰ、Ⅱ中，流过 OM 的电荷量相等，则$\frac{B'}{B}$等于(　　)



A.$\frac{5}{4}$　　B.$\frac{3}{2}$

C.$\frac{7}{4}$　　D.2

11.(动生＋交流电)(多选)如图所示，虚线圆边界与金属圆环是以 O 为圆心的同心圆，半径分别是 1 m 和 2 m，在它们之间存在以 O_1P 为理想分界线的有界匀强磁场，磁场的大小都为 2 T，方向相反并垂直于圆面；不计电阻的金属杆 AC 以 O 为转轴做角速度为 2 rad/s 的匀速圆周运动，转动过程中两端始终与金属圆环接触，金属圆环的总电阻为 48 Ω，则(　　)



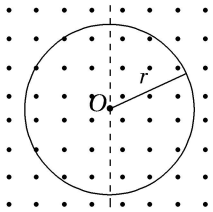
A.金属杆 AC 转一圈电流的方向改变 1 次

B.流过金属杆 AC 的电流大小始终为 1 A

C.金属圆环的发热功率为 48 W

D.金属杆 AC 转一圈克服安培力做功 37.68 J

12.(感生＋交流电)如图所示，半径为 r 的金属圆环放在垂直纸面向外的匀强磁场中，环面与磁感应强度垂直、磁场的磁感应强度为 B_0，保持圆环不动，使磁场的磁感应强度随时间均匀增大、经过时间 t、磁场的磁感应强度增大到 B_1，此时圆环中产生的焦耳热为 Q；保持磁场的磁感应强度 B_1 不变，将圆环绕对称轴(图中虚线)匀速转动，经时间 $2t$ 圆环转过 90°，圆环中电流大小按正弦规律变化，圆环中产生的焦耳热也为 Q，则磁感应强度 B_0 和 B_1 的比值为(　　)

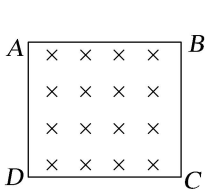


A.$\dfrac{4-\pi}{4}$　　B.$\dfrac{5-\pi}{5}$

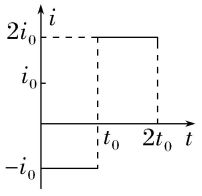
C.$\dfrac{4\sqrt{2}-\pi}{4\sqrt{2}}$　　D.$\dfrac{5\sqrt{2}-\pi}{5\sqrt{2}}$

微专练 54　电磁感应中的图像问题

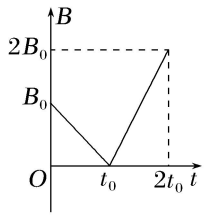
1.($B-t$ 图像)如图甲所示，矩形导线框 $ABCD$ 固定在匀强磁场中，规定垂直于线框所在平面向里为磁场的正方向，线框中电流沿着顺时针方向为感应电流 i 的正方向。要在线框中产生如图乙所示的感应电流，则磁感应强度 B 随时间 t 变化的图像可能是(　　)



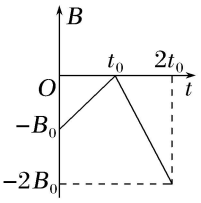
甲



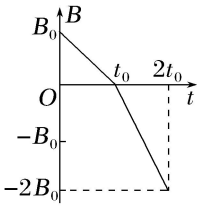
乙



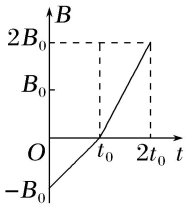
A



B

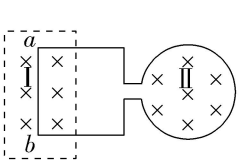


C

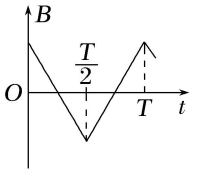


D

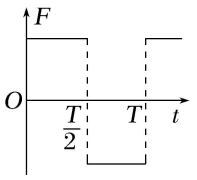
2.($B-t$ 图像$+F-t$ 图像)将一段导线绕成图甲所示的闭合电路，并固定在纸面内，回路的 ab 边置于垂直纸面向里的匀强磁场Ⅰ中。回路的圆形区域内有垂直纸面的磁场Ⅱ，以垂直纸面向里为磁场Ⅱ的正方向，其磁感应强度 B 随时间 t 变化的图像如图乙所示。用 F 表示 ab 边受到的安培力，以水平向右为 F 的正方向，能正确反映 F 随时间 t 变化的图像是(　　)



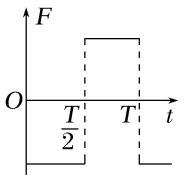
甲



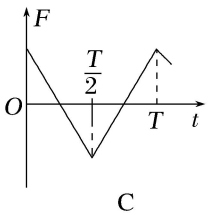
乙



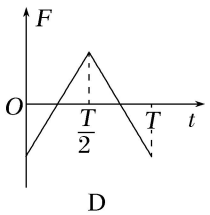
A



B

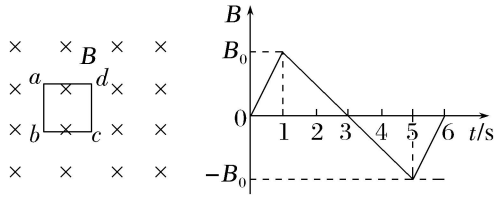


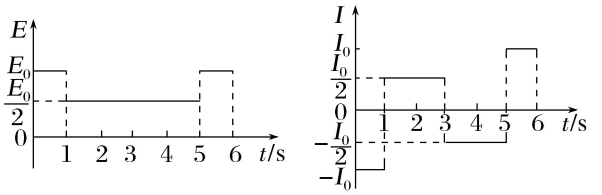
C

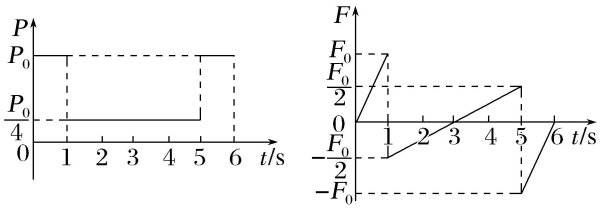


D

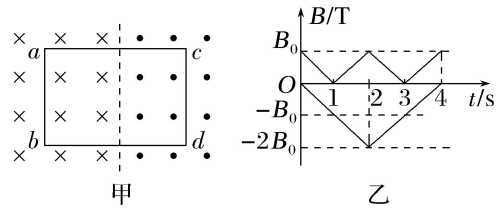
3.(综合考查)(多选)如图甲所示，由同种材料制成粗细均匀的矩形线方框 $abcd$ 固定在匀强磁场中，磁场方向垂直方框所在平面，磁感应强度 B 随时间 t 变化的规律如图乙所示。以垂直于方框所在平面向里为磁感应强度 B 的正方向，则下列关于线框中的感应电动势的大小 E、感应电流 I(以顺时针方向为正)、ab 边的热功率 P、ab 边受到的安培力 F(以向右为正)随时间 t 变化的图像中正确的是(　　)

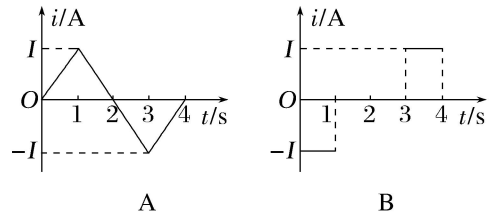


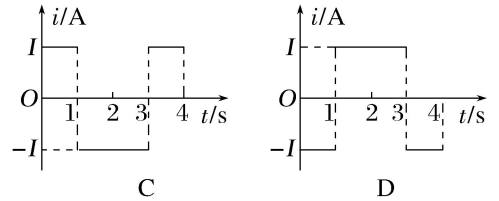




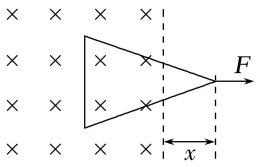
4.($B-t$、$I-t$ 图像)如图甲所示，矩形线圈 $abcd$ 固定于方向相反的两个磁场中，所在平面垂直于磁感线，两磁场的分界线恰好把线圈分成对称的左右两部分，两磁场的磁感应强度随时间的变化规律如图乙所示。若规定垂直于纸面向里的磁场方向为正方向，线圈中感应电流方向沿逆时针方向为正方向，则线圈感应电流随时间的变化图像为(　　)

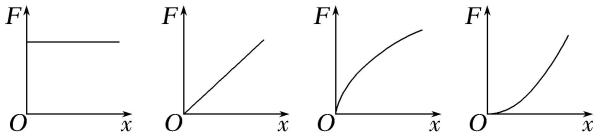




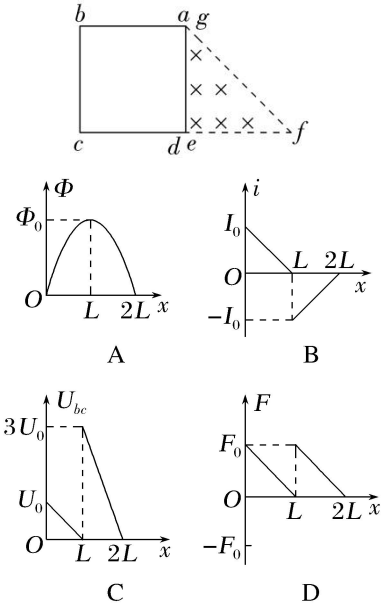


5.($F-x$ 图像)如图所示，一等腰三角形闭合金属框架置于与匀强磁场方向垂直的平面内，其底边与磁场右边界平行，在把框架从磁场中水平向右匀速拉出磁场的过程中，下列关于拉力 F 随框架顶点离开磁场右边界距离 x 变化的图像中，正确的是(　　)

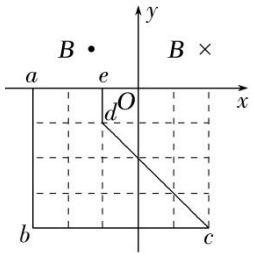


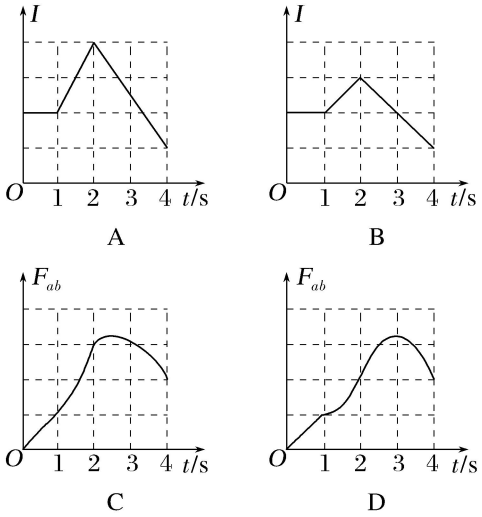


6.(综合考查)(多选)在水平光滑绝缘桌面上有一边长为 L 的正方形金属线框 $abcd$，被限制在沿 cd 方向的水平长直轨道自由滑动。da 边右侧有一等腰直角三角形匀强磁场区域 efg，直角边长等于 L，ef 边与 cd 边在同一直线上，磁场方向竖直向下，其俯视图如图所示。线框在水平拉力 F 作用下向右匀速穿过磁场区域，若图示位置为 $t=0$ 时刻，设逆时针方向为电流的正方向，水平向右的拉力为正，磁场穿过线框向里时磁通量为正。则穿过线框的磁通量Φ、感应电流 i、bc 间的电势差 U_{bc}、外力 F 随位移 x 变化的图像正确的是(　　)



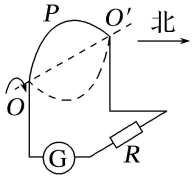
7.($I-t$、$F-t$ 图像)(多选)如图所示，平面直角坐标系的第一和第二象限分别存在磁感应强度大小相等、方向相反且垂直于坐标平面的匀强磁场，图中虚线方格为等大正方形。一位于 Oxy 平面内的刚性导体框 $abcde$ 在外力作用下以恒定速度沿 y 轴正方向运动(不发生转动)。从图示位置开始计时，4 s 末 bc 边刚好进入磁场。在此过程中，导体框内感应电流的大小 I 和 ab 边所受安培力的大小 F_{ab} 随时间 t 变化的图像可能正确的是(　　)




I
O
1
2
3
4
t/s
A
I
O
1
2
3
4
t/s
B
F_{ab}
O
1
2
3
4
t/s
C
F_{ab}
O
1
2
3
4
t/s
D

微专练 55　交流电的产生与“四值”问题

1.(交变电流的产生)(多选)两人在赤道上站立。各自手握金属绳 OPO' 的一端，绕东西方向的水平轴沿顺时针方向匀速摇动，周期为 T，将金属绳连入电路，闭合回路如图所示，取金属绳在图示的最高位置时为 $t=0$ 时刻，则下列说法正确的是(　　)



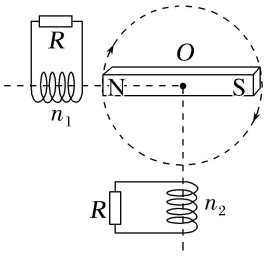
A.电路中存在周期为 T 的变化电流

B.$t=0$ 时刻，回路磁通量最大，电路中电流最大

C.$t=\frac{T}{4}$时刻，电流向左通过灵敏电流计

D.$t=\frac{T}{2}$时刻，电路中电流为零

2.(交变电流的比较)如图是简化的某种旋转磁极式发电机原理示意图。定子是仅匝数 n 不同的两线圈，$n_1>n_2$，二者轴线在同一平面内且相互垂直，两线圈到其轴线交点 O 的距离相等，且均连接阻值为 R 的电阻，转子是中心在 O 点的条形磁铁，绕 O 点在该平面内匀速转动时，两线圈输出正弦式交变电流。不计线圈电阻、自感及两线圈间的相互影响，下列说法正确的是(　　)



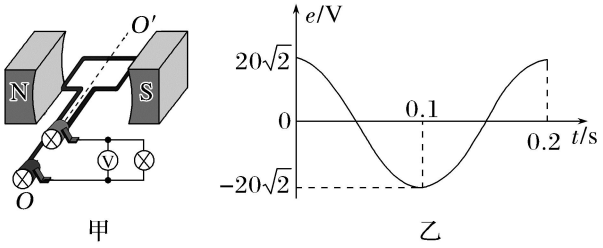
A.两线圈产生的电动势有效值相等

B.两线圈产生的交变电流频率相等

C.两线圈产生的电动势同时达到最大值

D.两电阻消耗的电功率相等

3.(交变电流的产生和图像)(多选)在匀强磁场中，一矩形金属线框绕与磁感线垂直的转轴 OO' 匀速转动，如图甲所示，产生的交变电动势随时间变化的规律如图乙所示，已知线框内阻为 1.0 Ω，外接一只电阻为 9.0 Ω的灯泡，则(　　)



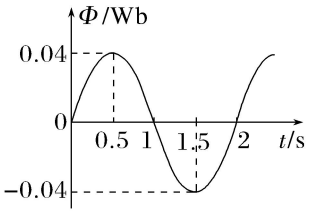
A.电压表 V 的示数为 18 V

B.电路中的电流方向每秒改变 10 次

C.0.1 s 时，线圈处于中性面位置

D.电动势的瞬时值表达式为 $e=20\sqrt{2}\sin(10\pi t)$V

4.(交变电流的图像)(多选)在匀强磁场中，一个 100 匝的闭合矩形金属线圈，绕与磁感线垂直的固定轴匀速转动，穿过该线圈的磁通量随时间按图示正弦规律变化。设线圈总电阻为 2 Ω，则(　　)



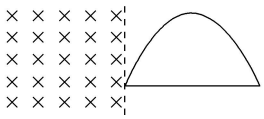
A.$t=0$ 时，线圈平面平行于磁感线

B.$t=1$ s 时，线圈中的电流改变方向

C.$t=1.5$ s 时，线圈中的感应电动势最大

D.一个周期内，线圈产生的热量为 $8\pi^2$ J

5.(交变电流的关系式)如图所示，闭合金属线框曲线部分恰好是半个周期的正弦曲线，直线部分长度为 0.4 m，线框的电阻为 1 Ω，若线框从虚线位置开始以 2 m/s 的速度匀速进入足够大的匀强磁场(线框直线部分始终与磁场右边界垂直)，这个过程中线框产生的焦耳热为 0.4 J，线框中电流随时间变化的关系式为(　　)



A.$i=2\sin(10\pi t)$A　　B.$i=\sqrt{2}\sin(10\pi t)$A

C.$i=2\sin(5\pi t)$A　　D.$i=\sqrt{2}\sin(5\pi t)$A

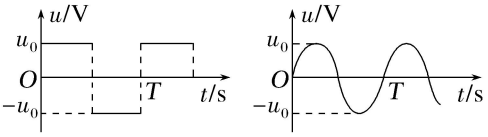
6.(交变电流的瞬时值)一个氖泡指示灯，其发光需要电压超过 $50\sqrt{3}$ V，在它发光的情况下逐渐降低电压，要降到 $50\sqrt{2}$ V 时才熄灭，氖泡两极不分正负，现有峰值为 100 V、频率为 50 Hz 的正弦交流电压加在氖泡指示灯两端，则在一小时内氖泡指示灯发光的时间为(　　)

A.10 min　　B.25 min

C.30 min　　D.35 min

7.(交变电压的有效值)一电阻接到方波交流电源上，在一个周期内产生的热量为 $Q_{方}$；若该电阻接到正弦交流电源上，在一个周期内产生的热量为 $Q_{正}$，该电阻上电压的峰值均为 u_0，周期均为 T，如图

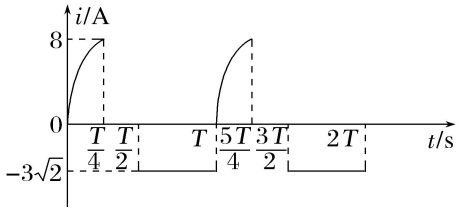
所示。则 $Q_{方}$∶$Q_{正}$等于(　　)



A.1∶$\sqrt{2}$　　B.$\sqrt{2}$∶1

C.1∶2　　D.2∶1

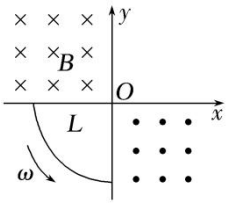
8.(交变电流的有效值)某半导体元件在正常工作时，通过它的电流按如图所示的规律变化，从 $t=0$ 时刻开始的每个周期的前$\frac{T}{4}$时间内为正弦式交变电流的一部分且$\frac{T}{4}$时恰好为峰值，若将该元件与交流电流表串联，则交流电流表的读数为(　　)



A.4.12 A　　B.5.06 A

C.6.18 A　　D.7.14 A

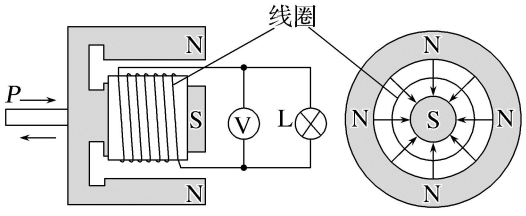
9.(交变电流的有效值)如图所示，在 xOy 直角坐标系中的第二象限有垂直坐标平面向里的匀强磁场，第四象限有垂直坐标平面向外的匀强磁场，磁感应强度的大小均为 B。直角扇形导线框半径为 L、总电阻为 R，在坐标平面内绕坐标原点 O 以角速度ω匀速转动。线框从图中所示位置开始转动一周的过程中，线框内感应电流的有效值是(　　)



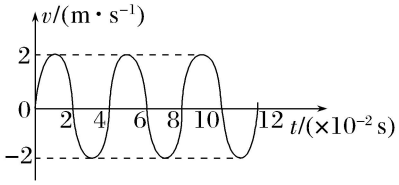
A.$I=\frac{BL^2\omega}{R}$　　B.$I=\frac{\sqrt{2}BL^2\omega}{4R}$

C.$I=0$　　D.$I=\frac{BL^2\omega}{2R}$

10.(交变电流的四值)(多选)如图甲所示是一种振动发电装置的示意图，半径为 $r=0.1$ m、匝数 $n=20$ 的线圈位于辐向分布的磁场中，磁场的磁感线均沿半径方向均匀分布(其右视图如图乙所示)，线圈所在位置的磁感应强度大小均为 $B=\frac{0.20}{\pi}$ T，线圈电阻为 $R_1=0.5\ \Omega$，它的引出线接有 $R_2=9.5\ \Omega$的小灯泡 L，外力推动线圈框架的 P 端，使线圈沿轴线做往复运动，线圈运动速度 v 随时间 t 变化的规律如图丙所示(摩擦等损耗不计，图丙为正弦函数曲线)，则(　　)



甲　　乙



丙

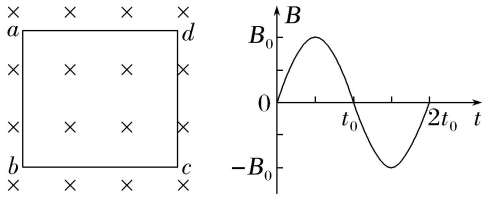
A.小灯泡中电流的峰值为 0.16 A

B.小灯泡中电流的有效值为 0.16 A

C.电压表的示数约为 1.5 V

D.t=0.01 s 时外力的大小为 0.128 N

11.(交变电流的四值)(多选)如图甲，边长为 L、匝数为 n 的正方形闭合金属线圈 $abcd$ 置于垂直纸面的匀强磁场中，线圈的总电阻为 R，规定垂直纸面向里为磁感应强度的正方向，磁感应强度 B 随时间 t 变化的规律如图乙所示。下列说法正确的是(　　)



甲　　乙

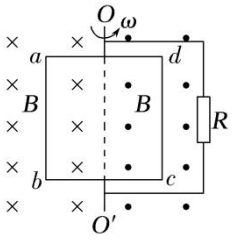
A.在$\frac{t_0}{2}$时刻，线圈中的感应电流为$\frac{nB_0L^2}{Rt_0}$

B.在$\frac{3t_0}{4}$时刻，线圈 ab 边受到的安培力水平向左

C.在 1 s 内线圈中的电流方向改变了$\frac{1}{t_0}$次

D.在任一周期内通过线圈某一横截面的电荷量为$\frac{2nB_0L^2}{R}$

12.(交变电流的四值)(多选)如图所示，正方形导线框 $abcd$ 的 ad 边中点 O 和 bc 边中点 O'分别接有接线柱，两接线柱通过导线与阻值为 R 的定值电阻相连。OO'的左侧有方向垂直纸面向里的匀强磁场，右侧有方向垂直纸面向外的匀强磁场，两磁场的磁感应强度大小均为 B。从某时刻开始，正方形导线框绕过 OO'的轴以恒定角速度ω转动，初始时 ab 边速度方向垂直纸面向外。已知正方形导线框边长为 L，正方形导线框、接线柱、导线的电阻均不计，下列说法正确的是(　　)



A.正方形导线框的 ab 边越过 OO' 向右转动时电流方向为 $a\rightarrow b$

B.定值电阻消耗的电功率为$\dfrac{B^2L^4\omega^2}{8R}$

C.流过正方形导线框 cd 边的电流有效值为$\dfrac{\sqrt{2}BL^2\omega}{4R}$

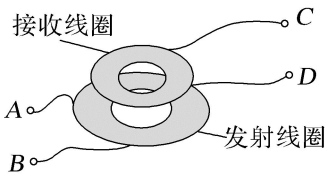
D.正方形线框 $abcd$ 转动过程中产生的感应电动势最大值为 $BL^2\omega$

微专练 56　变压器与远距离输电

1.(变压器的基本规律)无线手机充电技术的应用，让手机摆脱了“充电线”的牵制，手机使用者做到了“随用随拿，随放随充”，如图甲所示为某手机正在无线充电。无线充电的工作原理与理想变压器相同，可简化为如图乙所示装置，已知发射线圈与接收线圈的匝数比为 4∶1，发射线圈 AB 端的输入电流 $i=\dfrac{\sqrt{2}}{4}\sin(\pi\times10^5)t$ A，则下列说法正确的是(　　)



甲



乙

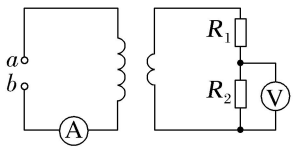
A.手机无线充电利用了自感现象

B.1 s 内发射线圈中电流方向改变 1×10^5 次

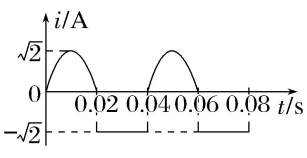
C.接收线圈 CD 端输出电流的有效值为 0.25 A

D.发射线圈与接收线圈中交变电流的频率之比为 4∶1

2.($i-t$ 图像＋变压器)一含有理想变压器的电路如图甲所示，图中理想变压器原、副线圈匝数之比为 2∶1，电阻 R_1 和 R_2 的阻值分别为 3 Ω和 10 Ω，电流表、电压表都是理想交流电表，a、b 端输入的电流如图乙所示，下列说法正确的是(　　)



甲



乙

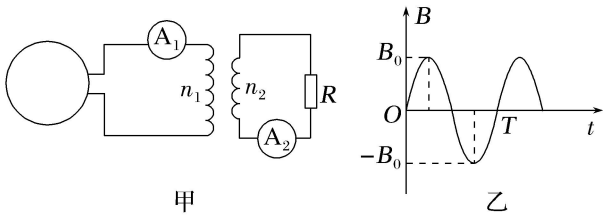
A.0.03 s 时，通过电阻 R_1 的电流为 0

B.电流表的示数为$\sqrt{2}$ A

C.电压表的示数为$\sqrt{2}$ V

D.0～0.04 s 内，电阻 R_1 产生的焦耳热为 0.48 J

3.($B-t$ 图像＋变压器)如图甲所示，100 匝圆形线圈接入理想变压器的原线圈，变压器的副线圈接入阻值为 R 的电阻，电表都是理想电表。已知每匝线圈的电阻均为 R，若在线圈位置加入垂直于线圈平面的磁场，磁感应强度 B 随时间 t 按正弦规律变化的图像如图乙所示，得到圆形线圈的发热功率与电阻 R 的功率相等。下列说法正确的是(　　)



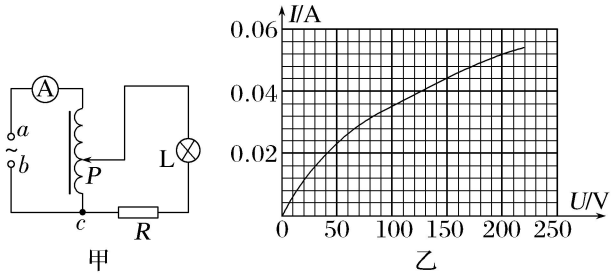
A.$\frac{T}{2}$时刻两电流表示数均达最大

B.$\frac{T}{4}$时刻两电流表示数均为 0

C.原、副线圈匝数比 n_1∶n_2＝10∶1

D.对某一段线圈来说，当磁感应强度最大时，受到的安培力最大

4.(变压器＋$I-U$ 图像)图甲是一种家用台灯的原理图，理想自耦变压器的 a、b 间接入 220 V 的交流电，变压器线圈总匝数为 1 100 匝，交流电流表 A 为理想电表，定值电阻 R＝2 500 Ω，灯泡 L 的伏安特性曲线如图乙所示。当 c、P 之间线圈匝数为 750 匝时，则(　　)



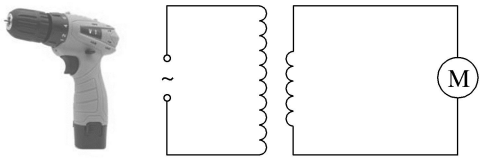
A.灯泡两端的电压约为 47 V

B.通过电阻 R 的电流约为 0.02 A

C.电流表的示数约为 0.03 A

D.灯泡的功率为 2.25 W

5.(负载有非纯电阻电路的变压器)(多选)如图是一款小型电钻及其简化电路图，它由变压器及电机两部分构成，变压器为理想变压器，电机的内阻为 1 Ω，额定电压为 11 V，额定电流为 2.0 A。当变压器输入电压为 220 V 的正弦交流电时电钻正常工作，下列说法正确的是(　　)



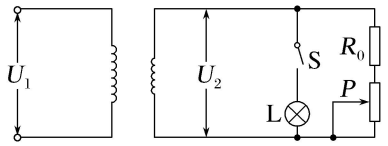
A.变压器的原、副线圈匝数之比是 20∶1

B.变压器原线圈电流的最大值为 0.1 A

C.变压器的输入功率为 4 W

D.电机的效率约为 82%

6.(匝数比不变，负载变化的动态分析)(多选)如图所示的电路中，P 为滑动变阻器的滑片，保持理想变压器的输入电压 U_1 不变，闭合开关 S，下列说法正确的是(　　)



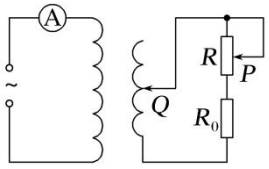
A.P 向下滑动时，灯 L 变亮

B.P 向下滑动时，变压器的输出电压不变

C.P 向上滑动时，变压器的输入电流变小

D.P 向上滑动时，变压器的输出功率变大

7.(匝数比与负载都变化的动态分析)(多选)如图所示，理想变压器的原线圈连接一只理想交流电流表，副线圈匝数可以通过滑动触头 Q 来调节，在副线圈两端连接了定值电阻 R_0 和滑动变阻器 R，P 为滑动变阻器的滑动触头。在原线圈上加一电压为 U 的正弦式交流电，则(　　)



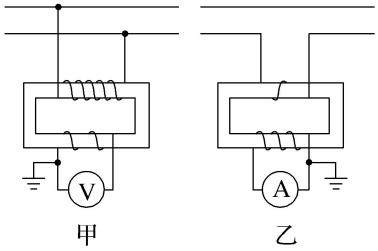
A.保持 Q 的位置不动，将 P 向上滑动时，电流表读数变大

B.保持 Q 的位置不动，将 P 向上滑动时，电流表读数变小

C.保持 P 的位置不动，将 Q 向上滑动时，电流表读数变大

D.保持 P 的位置不动，将 Q 向上滑动时，电流表读数变小

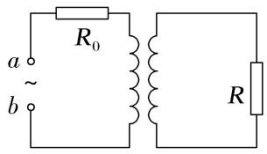
8.(电压互感器和电流互感器)如图所示，甲、乙两图中的理想变压器以不同的方式接在高压电路中。甲图中变压器原、副线圈的匝数比为 k_1，电压表读数为 U，乙图中变压器原、副线圈的匝数比为 k_2，电流表读数为 I。则甲图中高压线电压和乙图中高压线电流分别为(　　)



A.k_1U，k_2I　　B.k_1U，$\frac{I}{k_2}$

C.$\frac{U}{k_1}$，k_2I　　D.$\frac{U}{k_1}$，$\frac{I}{k_2}$

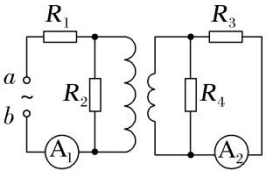
9.(原线圈串联电阻的变压器)如图所示，理想变压器原线圈与副线圈的匝数比为 2∶1，*ab* 端接交流电源，此时电路消耗的总功率为 *P*。若将电阻 R_0 与电阻 *R* 互换位置，电路消耗的总功率为 2*P*，则 R_0 与 *R* 的比值为(　　)



A.2∶7　　B.7∶2

C.1∶4　　D.4∶1

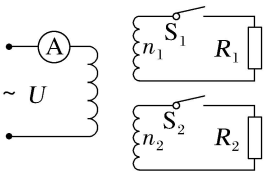
10.(原线圈并联电阻的变压器)在如图所示的电路中，理想变压器的原、副线圈的匝数比为 2∶1，定值电阻 $R_1=R_2$，$R_3=R_4$，在 *a*、*b* 两端输入一有效值恒定的正弦式交流电，结果理想电流表 A_1、A_2 的示数之比为 4∶1，则 $R_2∶R_3$ 为(　　)



A.1∶2　　B.1∶3

C.2∶3　　D.2∶5

11.(多副线圈变压器)如图所示，理想变压器有两个副线圈，匝数分别为 n_1 和 n_2，所接负载 $4R_1=R_2$，当只闭合 S_1 时，电流表示数为 1 A，当 S_1 和 S_2 都闭合时，电流表示数为 2 A，则 $n_1∶n_2$ 为(　　)



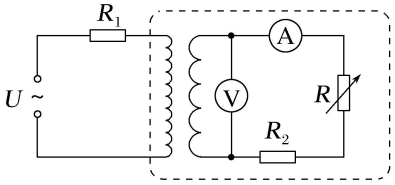
A.1∶1　　B.1∶2

C.1∶3　　D.1∶4

12.(远距离输电)如图甲，白鹤滩水电站是世界第二大水电站，共安装 16 台我国自主研制的全球单机容量最大功率百万千瓦水轮发电机组。2021 年 6 月 28 日，白鹤滩水电站首批机组投产发电，用 500 千伏特高压向四川远距离输电。在远距离输电中，输电线的电阻是不可忽略的，如图乙，为白鹤滩水电站输电线路原理图，水电站输出电压稳定的正弦交流电，升至特高压 *U* 后向四川供电，输送的总功率为 *P*。用户端理想变压器原、副线圈匝数分别为 n_1、n_2，R_1 为输电线总电阻，R_2 为不断电用户电阻(可视为定值电阻)，*R* 为可变用户电阻(可视为可变电阻)。当可变电阻 *R* 减小时，电压表和电流表示数变化的绝对值分别为 ΔU、ΔI，电压表和电流表均为理想交流电表，下列说法正确的是(　　)



甲



乙

A.$\frac{\Delta U}{\Delta I}=R_2$

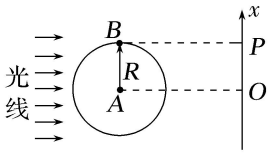
B.$\frac{\Delta U}{\Delta I}=\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 R_1$

C.对于原线圈回路，虚线框所圈部分的等效电阻为 $R'=\frac{n_1}{n_2}(R_2+R)$

D.输电线路上损耗的功率为 $P_{损}=\frac{R_1}{R_1+R_2+R}P$

微专练 57　机械振动和机械波

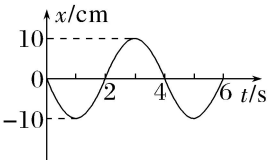
1.(简谐运动)如图所示，半径为 R 的圆盘边缘有一钉子 B，在水平光线下，圆盘的转轴 A 和钉子 B 在右侧墙壁上形成影子 O 和 P，以 O 为原点、向上为正方向在竖直方向上建立 x 轴。$t=0$ 时从图示位置沿逆时针方向匀速转动圆盘，角速度为ω，则 P 做简谐运动的表达式为(　　)



A.$x=R\sin\left(\omega t-\frac{\pi}{2}\right)$　　B.$x=R\sin\left(\omega t+\frac{\pi}{2}\right)$

C.$x=2R\sin\left(\omega t-\frac{\pi}{2}\right)$　　D.$x=2R\sin\left(\omega t+\frac{\pi}{2}\right)$

2.(振动图像)如图所示，为一个水平弹簧振子的振动图像，下列说法不正确的是(　　)



A.$t=1$ s 到 $t=2$ s 内，弹簧振子的动能不断减小

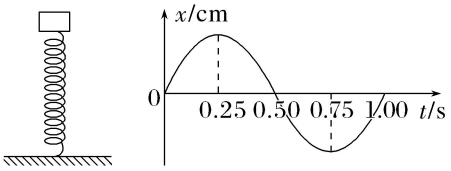
B.该弹簧振子的振动方程为 $x=-10\sin\left(\frac{\pi}{2}t\right)$cm

C.$t=3$ s 时，弹簧振子的加速度沿 x 轴负方向

D.$t=0$ 到 $t=10$ s 内，弹簧振子的路程为 100 cm

3.(竖直弹簧振子)直立的轻弹簧一端固定在地面上，另一端拴住一个铁块，现让铁块在竖直方向做往复运动，从铁块所受合力为零开始计时，取向上为正方向，其运动的位移—时间图像如图所示，则下

列说法正确的是(　　)



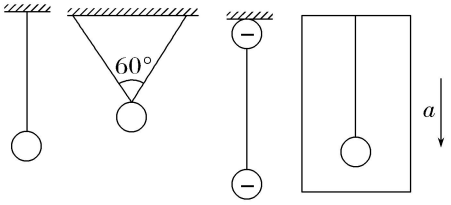
A.t=0.25 s 时物体对弹簧的压力最大

B.t=0.25 s 和 t=0.75 s 两时刻弹簧的弹力大小相等

C.t=0.25 s 至 t=0.50 s 这段时间内，物体做加速度逐渐增大的加速运动

D.t=0.25 s 至 t=0.50 s 这段时间内，物体的动能和弹簧的弹性势能之和在增大

4.(单摆)如图所示为相同的小球(可看作质点)构成的单摆，所有的绳子长度都相同，在不同的条件下的周期分别 T_1、T_2、T_3、T_4，关于周期大小关系的判断，正确的是(　　)



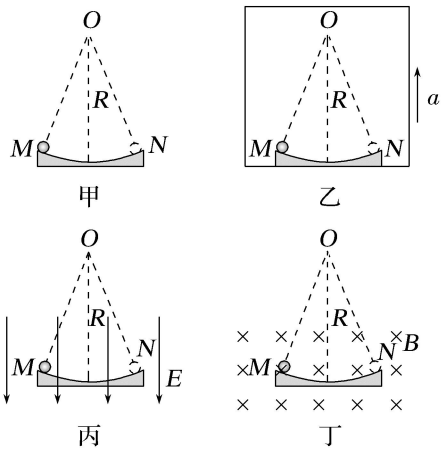
A.$T_1>T_2>T_3>T_4$

B.$T_4<T_1=T_3<T_2$

C.$T_4>T_1=T_3>T_2$

D.$T_1<T_2<T_3<T_4$

5.(电单摆＋磁单摆)(多选)如图甲所示，一光滑绝缘小圆槽 MN 固定在水平面上，M、N 两点之间的弧长远小于圆槽的半径 R。将该装置置于加速上升的电梯中，如图乙所示；将该装置置于竖直向下的匀强电场中，如图丙所示；将该装置置于方向垂直于纸面向里的匀强磁场中，如图丁所示。一个带正电的小球(可视为质点)从 M 点静止释放，图甲、乙、丙和丁四种情形下，设小球由 M 运动到 N 的时间分别为 $t_{甲}$、$t_{乙}$、$t_{丙}$和 $t_{丁}$，则(　　)

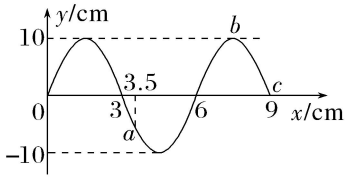


A.$t_{甲}>t_{乙}$　　B.$t_{丙}>t_{丁}$

C.$t_{甲}=t_{丁}$　　D.$t_{乙}>t_{丁}$

6.(波的图像)一列简谐横波沿 x 轴正方向传播，波速为 3 cm/s。t=0 时刻波形如图所示，且波刚传到 c

点。下列说法正确的是(　　)



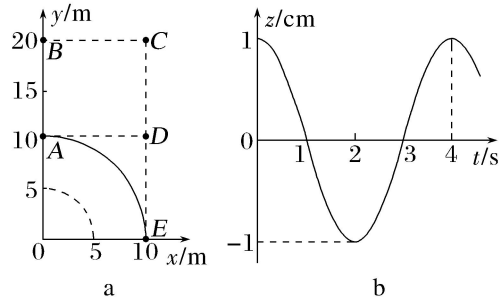
A.波源振动的频率 2 Hz

B.b 质点起振方向沿 y 轴负方向

C.在 0～$\frac{1}{6}$ s 内，质点 a 运动通过的路程为 5 cm

D.t=1 s 时，平衡位置在 x=9 cm 处的质点 c 将运动到 12 cm 处

7.(振动与波综合)(多选)均匀介质中，波源位于 O 点的简谐横波在 xOy 水平面内传播，波面为圆。t=0 时刻，波面分布如图 a 所示，其中实线表示波峰，虚线表示相邻的波谷。A 处质点的振动图像如图 b 所示，z 轴正方向竖直向上。下列说法正确的是(　　)



a　　b

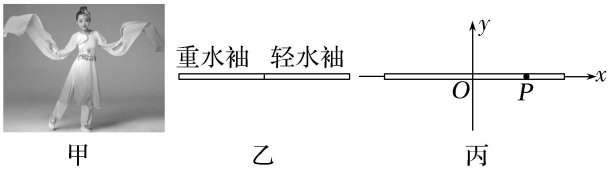
A.该波从 A 点传播到 B 点，所需时间为 4 s

B.t=6 s 时，B 处质点位于波峰

C.t=8 s 时，C 处质点振动速度方向竖直向上

D.t=10 s 时，D 处质点所受回复力方向竖直向上

8.(波的比较)(多选)如图甲，水袖舞是中国京剧的特技之一，2023 年春晚创意节目《满庭芳·国色》中的水袖舞给观众带来了一场绝美的视觉盛宴。如图乙，水袖由厚薄程度不同的重水袖和轻水袖连接而成。如图丙，某同学为研究重水袖和轻水袖传播机械波的情况，将水袖拉直平放在光滑水平玻璃上，在水袖方向和垂直水袖方向的水平面内建立坐标系，交界点 O 为坐标原点，P 为轻水袖上 0.70 m 处的一个点。某时刻对交界点施加一个外力，使此交界点沿 y 方向振动，并在两边水袖上形成两列沿 x 轴传播的简谐波。t=0 时，交界点 O 从平衡位置开始向 y 轴正方向运动，t=2.25 s 时，O 点第 3 次到达波峰，P 点第一次经过平衡位置向下运动，则下列说法正确的是(　　)



甲　　乙　　丙

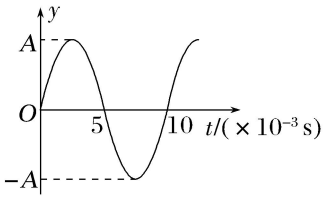
A.两列波的传播周期相同

B.波在重水袖上传播的速度等于在轻水袖上传播的速度

C.在轻水袖上传播的速度为 0.4 m/s

D.在重水袖上各质点的振动频率低于在轻水袖上各质点的振动频率

9.(波的叠加与干涉)主动降噪耳机能收集周围环境中的噪声信号，并产生相应的抵消声波，某一噪声信号传到耳膜的振动图像如图所示，取得最好降噪效果的抵消声波(声音在空气中的传播速度为 340 m/s)(　　)



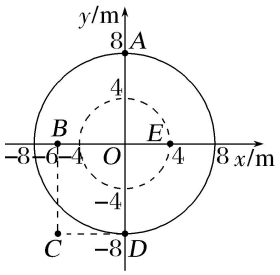
A.振幅为 2A

B.频率为 100 Hz

C.波长应为 1.7 m 的奇数倍

D.在耳膜中产生的振动与图中所示的振动同相

10.(波的干涉)(多选)如图所示，坐标系 xOy 位于水平面内，波源在坐标原点 O 垂直于纸面做简谐振动，振幅为 8 cm。$t=0$ 时刻，波源 O 点开始振动，形成的简谐横波向四周传播，波面为圆。$t=1$ s 时，波面分布如图所示，其中实线表示波峰，虚线表示相邻的波谷，横波恰好传到 C 点，$OBCD$ 为矩形。下列说法正确的是(　　)



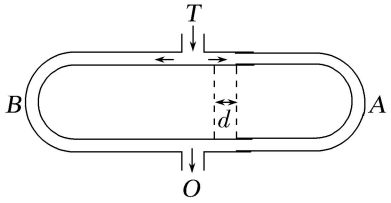
A.该波波速为 8 m/s

B.波源起振方向垂直于纸面向外

C.当 E 点位于波峰时，C 点也位于波峰

D.A 点的相位比 B 落后$\frac{\pi}{2}$

11.(干涉的应用)如图所示，置于管口 T 前的声源发出一列单一频率的声波，分成两列强度不同的声波分别沿 A、B 两管传播到出口 O。先调节 A、B 两管等长，O 处探测到声波强度为 400 个单位，然后将 A 管拉长 $d=15$ cm，在 O 处第一次探测到声波强度最小，其强度为 100 个单位。已知声波强度与声波振幅平方成正比，不计声波在管道中传播的能量损失，则(　　)



A.声波的波长λ=15 cm

B.声波的波长λ=30 cm

C.两声波的振幅之比为3∶1

D.两声波的振幅之比为2∶1

12.(波的折射)船上的人和水下的潜水员都能听见轮船的鸣笛声。声波在空气中和在水中传播时的(　　)

A.波速和波长均不同　　B.频率和波速均不同

C.波长和周期均不同　　D.周期和频率均不同

13.(波的干涉、折射、衍射和多普勒效应)渔船常用回声探测器发射的声波探测水下鱼群与障碍物。声波在水中传播速度为1 500 m/s，若探测器发出频率为1.5×10^6 Hz的声波，下列说法正确的是(　　)

A.两列声波相遇时一定会发生干涉

B.声波由水中传播到空气中，波长会改变

C.该声波遇到尺寸约为1 m的被探测物时会发生明显衍射

D.探测器接收到的回声频率与被探测物相对探测器运动的速度无关

微专练58　简谐运动和机械波的多解问题

1.(周期性造成多解)如图所示，沿水平方向做简谐振动的质点，振幅为0.1 m，依次通过相距0.2 m的A、B两点。质点经过A点时开始计时，t_1=1 s时经过B点，t_2=3 s时也刚好经过B点，则该振动的周期可能是(　　)



A.1.8 s　　B.1 s

C.0.4 s　　D.$\frac{5}{7}$ s

2.(时间周期性造成的多解)(多选)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(　　)

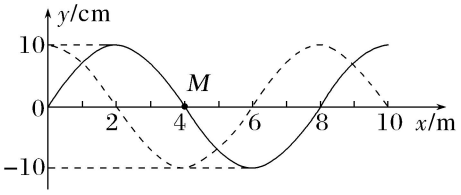
A.若振幅为0.1 m，振子的周期可能为$\frac{2}{3}$ s

B.若振幅为0.1 m，振子的周期可能为$\frac{4}{5}$ s

C.若振幅为0.2 m，振子的周期可能为4 s

D.若振幅为0.2 m，振子的周期可能为6 s

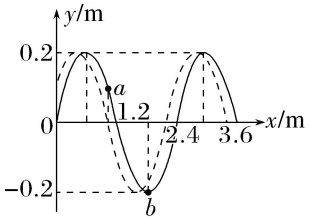
3.(传播方向不确定和空间周期性造成的多解)(多选)如图所示，一列简谐横波沿x轴方向传播，实线为t=0时刻的波形图，虚线为t=0.5 s时刻的波形图。简谐横波的可能传播速度(　　)



A.12 m/s　　B.20 m/s

C.25 m/s　　D.28 m/s

4.(传播方向不确定性造成的多解)(多选)如图所示为一列沿 x 轴方向传播的简谐横波，$t=0$ 时刻的波形图如图中的实线所示，经 $t=0.2$ s 时波形图第一次如虚线所示。已知 a 为平衡位置在 $x=1.0$ m 处的质点，b 为平衡位置在 $x=1.8$ m 处的质点。则下列说法正确的是(　　)



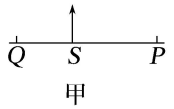
A.波速一定为 11 m/s

B.波的最小周期为 0.24 s

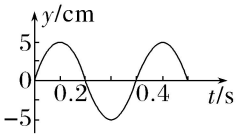
C.如果波沿 x 轴正方向传播，则质点 b 比 a 先回到平衡位置

D.如果波沿 x 轴负方向传播，经时间 2 s 质点 a 第一次到波峰

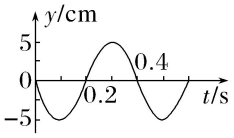
5.(对称性造成的多解)如图甲所示，S 是上下振动的波源，它所产生的横波分别沿直线向左、右两边传播，形成两列简谐横波，在波源左、右两侧有 Q、P 两点，与波源 S 在同一水平直线上，它们的振动图像分别是图乙和图丙，且 $SP=18$ m，$SQ=16$ m，则这两列波的波速最大值是(　　)



甲



乙



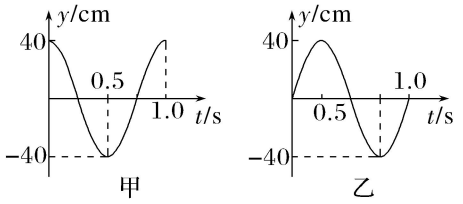
丙

A.170 m/s　　B.120 m/s

C.50 m/s　　D.10 m/s

6.(根据振动图像求解波的多解问题)战绳作为一项超燃脂的运动，十分受人欢迎。一次战绳练习中，某运动达人晃动战绳一端使其上下振动(可视为简谐振动)形成横波。图甲、乙分别是战绳上 P、Q 两质点的振动图像，传播方向为 P 到 Q。战绳上横波的波长大于 1 m、小于 3 m，P、Q 两质点在波的传播方向上相距 3 m，下列说法正确的是(　　)





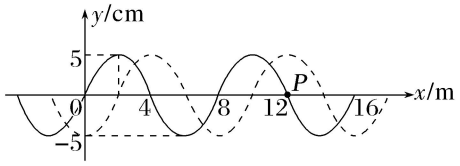
A.P、Q 两质点振动方向始终相反

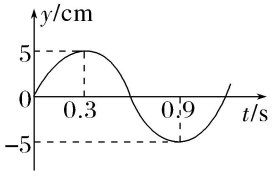
B.该列波的波长可能为 2.4 m

C.该列波的波速可能为$\frac{12}{7}$ m/s

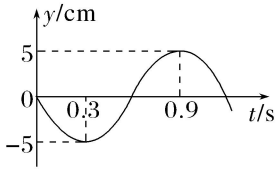
D.从 $t=0$ 至 $t=1.125$ s，Q 质点运动的路程为 1.8 m

7.(根据波动判断振动的可能性问题)(多选)如图所示，一列简谐横波在 $t=0$ 时刻的波形如图中实线所示，$t=0.3$ s 时刻的波形如图中虚线所示，则下列图像中可能为质点 P 振动图像的是(　　)

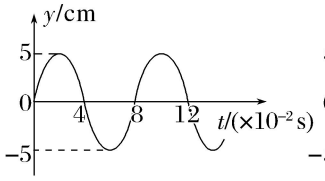




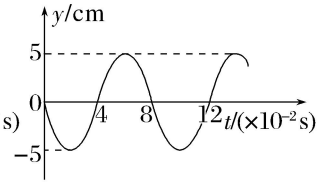
A



B



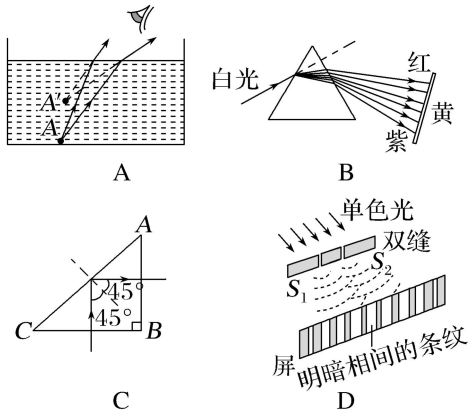
C



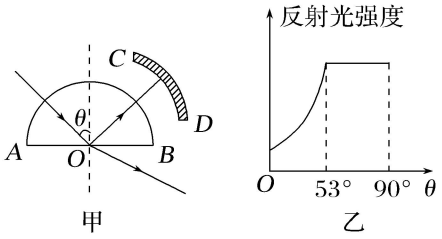
D

微专练 59　光的折射与全反射

1.(全反射)2009 年诺贝尔物理学奖授予英国华裔物理学家高琨，以表彰他在光纤通信研究中的突出贡献。光纤通信中信号传播的主要载体是光导纤维。以下物理现象或实验与光导纤维传播信号的原理相同的是(　　)



2.(全反射)(多选)如图甲所示，一束紫光由真空沿半圆柱体的径向射入，并与其底面过 O 的法线成θ角，CD 为足够大的光学传感器，可以探测反射光的强度。从 AB 面反射回来的光强度随入射角θ变化的情况如图乙所示，则(　　)



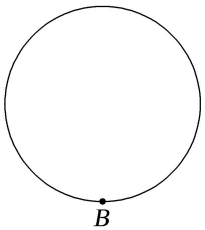
A.半圆柱体对紫光的折射率为 1.25

B.若减小入射角θ到 0°，则光线将全部从 AB 界面透射出去

C.若减小入射角θ，则反射光线和折射光线之间的夹角将变大

D.若改用红光照射，光学传感器探测到反射强度达到最大时θ<53°

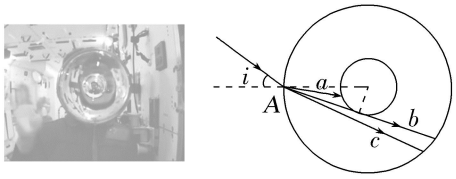
3.(全反射)为增加视觉效果，某珠宝商在一颗半径为 R 的透明球形宝石下方放一发光二极管 B，如图所示。二极管向球内各个方向发射单色光，恰好有$\frac{2}{3}$个球面有光线射出，则该宝石对该单色光的折射率为(　　)



A.2　　B.$\sqrt{3}$

C.$\sqrt{2}$　　D.$\frac{2}{3}\sqrt{3}$

4.(折射＋全反射)如图甲所示，我国航天员王亚平在天宫课堂上演示了微重力环境下的神奇现象。液体呈球状，往其中央注入空气，可以在液体球内部形成一个同心球形气泡，如图乙所示。假设此液体球其内外半径之比为 1∶3，当由 a、b、c 三种颜色的光组成的细光束在过球心的平面内，从 A 点以 i＝45°的入射角射入球中，其中 b 光的折射光线刚好与液体球内壁相切，则下列说法正确的是(　　)



甲　　乙

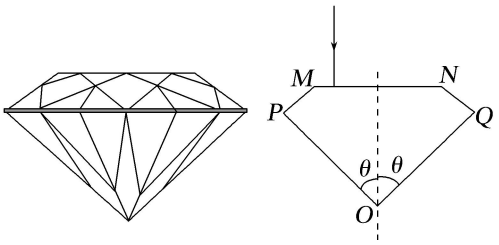
A.该液体材料对 a 光的折射率小于对 c 光的折射率

B.若继续增大入射角 i，b 光可能因发生全反射而无法射出液体球

C.c 光在液体球中的传播速度最大

D.该液体材料对 b 光的折射率为$\frac{\sqrt{2}}{6}$

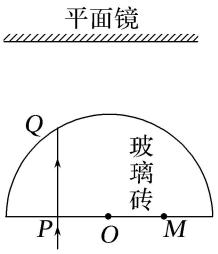
5.(对称性＋折射率)宝石切工是衡量宝石价值的重要指标之一，优秀的切割工艺可以让宝石璀璨夺目。若将某宝石的剖面简化如右图所示(关于虚线左右对称)，一束激光垂直 MN 面入射，恰好分别在 PO 面、QO 面发生全反射后垂直 MN 面射出，由此可知该宝石对该激光的折射率为(　　)



A.$\sqrt{2}$　　B.$\sqrt{3}$

C.1.5　　D.2

6.(折射＋反射＋全反射)真空中半径为 R 的半圆柱体玻璃砖的截面图如图所示，固定放置一块平行于半圆柱体底面的平面镜。一束单色光从玻璃砖底面上的 P 点垂直射入玻璃砖，从玻璃砖侧面上的 Q 点射出，经平面镜反射后从玻璃砖侧面再次进入玻璃砖，从 M 点垂直玻璃砖底面射出。已知 O、P 两点间的距离为$\frac{R}{2}$，平面镜与玻璃砖底面间的距离为 $\sqrt{3}R$，则(　　)



A.玻璃砖对该单色光的折射率为$\frac{\sqrt{3}}{3}$

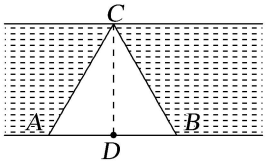
B.光从 Q 点折射进入真空时与法线的夹角为 60°

C.仅将平面镜下移，光仍能从 M 点垂直玻璃砖底面射出

D.仅改变入射点 P 的位置，光在玻璃砖内侧面不可能发生全反射

7.(全反射的临界问题)如图，在某种液体内，有一轴截面为正三角形的薄壁透明圆锥罩 ABC，底面水平，罩内为空气。发光点 D 位于 AB 中点，发出的垂直于 BC 的光恰好不能射出液面。下列说法正确

的是(　　)



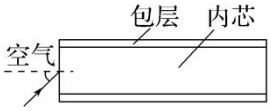
A.液体的折射率为$\frac{2\sqrt{3}}{3}$

B.液体的折射率为$\sqrt{3}$

C.*D* 发出的光照射到 *CB* 界面时可能发生全反射

D.液面上方能够看到透明罩所有位置都被照亮

8.(光导纤维)(多选)如图所示，光导纤维由内芯和包层两个同心圆柱体组成，其中心部分是内芯，内芯以外的部分为包层，光从一端射入，从另一端射出，下列说法正确的是(　　)



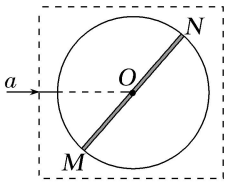
A.内芯的折射率大于包层的折射率

B.内芯的折射率小于包层的折射率

C.不同频率的可见光从同一根光导纤维的一端传输到另一端所用的时间相同

D.若红光以如图所示角度入射时，恰能在内芯和包层分界面上发生全反射，则改用紫光以同样角度入射时，也能在内芯和包层分界面上发生全反射

9.(全反射应用)一种“光开关”如图虚线框区域所示，其主要部件由两个相距非常近的截面为半圆形的圆柱棱镜构成，两半圆柱棱镜可以绕圆心 *O* 点旋转。单色光 *a* 从左侧沿半径射向半圆柱棱镜的圆心 *O*，若光线能从右侧射出，则为“开”，否则为“关”，已知棱镜对 *a* 的折射率为 1.5，光 *a* 与半圆柱棱镜的直径 *MN* 夹角为 45°。下列说法正确的是(　　)



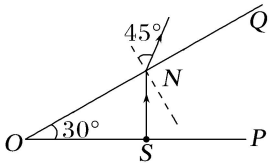
A.单色光 *a* 在棱镜中的频率是在真空中的 1.5 倍

B.单色光 *a* 在棱镜中的波长是在真空中的 1.5 倍

C.顺时针旋转两半圆柱棱镜可实现“开”功能

D.逆时针旋转两半圆柱棱镜可实现“开”功能

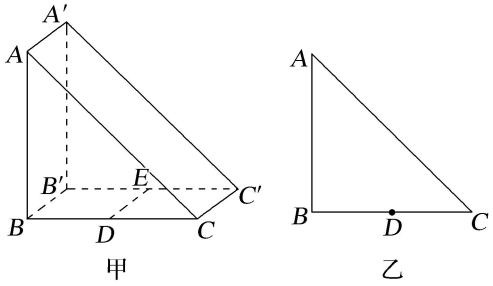
10.(透光长度问题)如图所示，楔形玻璃的横截面 *POQ* 的顶角为 30°，*OP* 边上的点光源 *S* 到顶点 *O* 的距离为 *d*，垂直于 *OP* 边的光线 *SN* 在 *OQ* 边的折射角为 45°。不考虑多次反射，*OQ* 边上有光射出部分的长度为(　　)



A.$\frac{1}{2}d$　　B.$\frac{\sqrt{2}}{2}d$

C.d　　D.$\sqrt{2}d$

11.(透光面积问题)(多选)截面为等腰直角三角形的三棱镜如图甲所示。DE 为嵌在三棱镜内部紧贴 $BB'C'C$ 面的线状单色可见光光源，DE 与三棱镜的 ABC 面垂直，D 位于线段 BC 的中点。图乙为图甲中 ABC 面的正视图。三棱镜对该单色光的折射率为$\sqrt{2}$，只考虑由 DE 直接射向侧面 $AA'C'C$ 的光线。下列说法正确的是(　　)



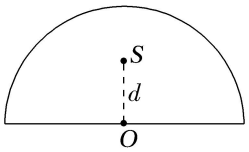
A.光从 $AA'C'C$ 面出射的区域占该侧面总面积的$\frac{1}{2}$

B.光从 $AA'C'C$ 面出射的区域占该侧面总面积的$\frac{2}{3}$

C.若 DE 发出的单色光频率变小，$AA'C'C$ 面有光出射的区域面积将增大

D.若 DE 发出的单色光频率变小，$AA'C'C$ 面有光出射的区域面积将减小

12.(透光面积问题)某透明材料对红光的折射率为 $n=2$，工厂用这种材料做出一个半径为 $r=\sqrt{2}$ cm 的透明半球体，其底面内壁涂有吸光材料，O 为半球体的球心，在 O 点正上方有一点光源 S，能够朝各个方向发射红光，如图为透明半球体的截面示意图。已知 OS 的距离 $d=1$ cm，真空中的光速 $c=3.0\times10^8$ m/s(忽略经透明半球体内表面反射后射出的光)。则下列说法正确的是(　　)



A.红光到透明半球体的最短时间 $t=\frac{\sqrt{2}-1}{3}\times10^{-10}$ s

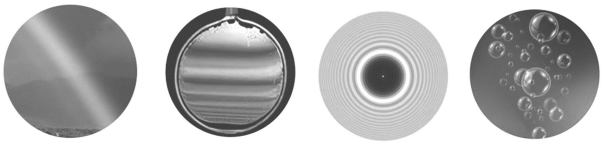
B.红光到透明半球体的最长时间 $t=\frac{\sqrt{3}}{3}\times10^{-10}$ s

C.透明半球体外表面发光区域在此截面上形成的弧长为$\frac{\sqrt{2}\pi}{6}$ cm

D.透明半球体外表面发光区域为球冠，其面积为$\frac{\pi}{2}$ cm^2

微专练 60　几何光学和物理光学的综合问题

1.(光学现象)(多选)关于以下四张图片，下列说法正确的是(　　)


甲　　乙　　丙　　丁

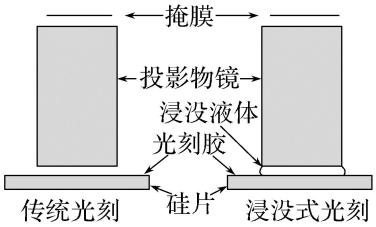
A.图甲所示雨后的彩虹是由于光的衍射现象形成的

B.图乙所示竖直的肥皂膜看起来常常是水平彩色横纹，是由于光的干涉产生的

C.图丙所示为单色光照射圆板在后面光屏上形成的图样，是由于光的干涉产生的

D.图丁所示水中的气泡看上去特别明亮，是由于光的全反射引起的

2.(光的折射和衍射)在芯片生产过程中，光刻机相当于雕刻机。当初光刻机光源波长被卡在 193 nm 上，为了突破这一限制，某公司使用创新方法，如图所示，在光刻机透镜和硅片间直接加上一层液体，可以通过光的折射原理，让原来激光波长缩短到 132 nm，这个方法被称为“浸没式光刻”，则(　　)



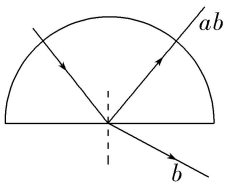
A.激光波长越短，其衍射现象越明显

B.激光在真空中传播速度为在液体中的 1.46 倍

C.激光入射到液体中，频率变大了 1.46 倍

D.该改进方案与全息摄影的原理是一样的

3.(折射和干涉)如图所示，由黄光和紫光组成的一束复色光沿着半圆形玻璃砖的半径入射，在界面上分成 ab、b 两束光，下列说法正确的是(　　)



A.ab 束光是黄光和紫光，b 束光是紫光

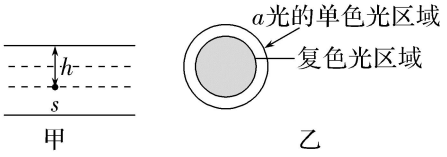
B.a、b 两束光分别通过相同的单缝，可能只观察到 a 的衍射现象

C.a 在玻璃砖中的传播速度大于 b 在玻璃砖中的传播速度

D.用同一装置做双缝干涉实验，屏幕上相邻亮条纹间距$\Delta x_a<\Delta x_b$

4.(光的全反射)(多选)如图甲所示，在平静的水面下深 h 处有一个点光源 s，它发出的两种不同颜色的 a 光和 b 光在水面上形成了一个有光线射出的圆形区域，该区域的中间为由 ab 两种单色光所构成的

复色光圆形区域，周围为环状区域，且为 a 光的颜色(见图乙)，设 b 光的折射率为 n，则下列说法正确的是(　　)



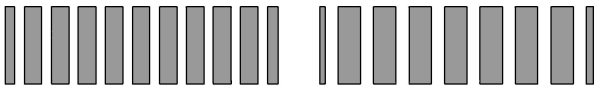
A.在水中，a 光的波长比 b 光小

B.水对 a 光的折射率比 b 光小

C.在水中，a 光的传播速度比 b 光大

D.复色光圆形区域的面积为 $S=\dfrac{\pi h^2}{n_b^2-1}$

5.(光的干涉与全反射)(多选)如图所示是 a、b 两光分别经过同一双缝干涉装置后在屏上形成的干涉图样，则(　　)



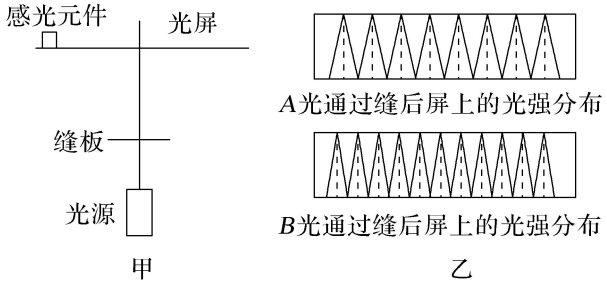
A.在同种均匀介质中，a 光的传播速度比 b 光的大

B.在真空 a、b 两光传播速度相同

C.从同种介质射入真空发生全反射时，a 光全反射的临界角小

D.在同种均匀介质中，a 光的波长小于 b 光的波长

6.(光的干涉、衍射与折射)(多选)通过如图甲所示的装置可研究光的干涉和衍射现象。从光源发出的光经过一缝板，在缝板后有一装有感光元件的光屏，通过信号转换，可在电脑上看到屏上的光强分布情况。图乙分别显示出 A 光和 B 光通过同一缝板得到的光强分布情况。下列有关 A、B 两种色光的说法正确的有(　　)



A.光通过的可能是缝板上的单缝

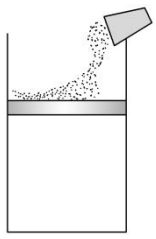
B.A 光的波长比 B 光的波长长

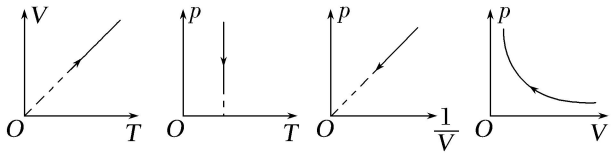
C.A 光在玻璃中的传播速度大于 B 光在玻璃中的传播速度

D.A 光比 B 光更容易发生明显的衍射现象

微专练 61　气体实验定律与图像、热力学定律综合问题

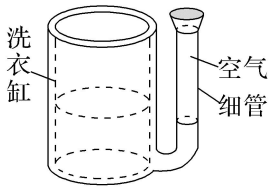
1.(图像的判断)开口向上，导热性能良好的汽缸，用活塞封闭了一定质量的理想气体，如图所示。汽缸与活塞间的摩擦忽略不计。现缓缓向活塞上倒上细沙，则下列关于密封气体的图像中可能正确的是(　　)

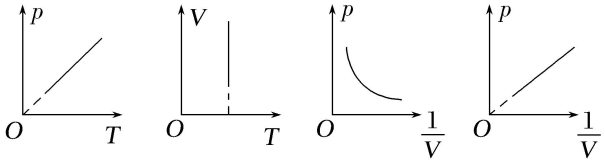




A　　B　　C　　D

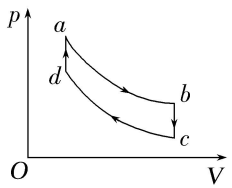
2.(图像的判断)(多选)如图所示，某种自动洗衣机进水时，与洗衣缸相连的细管中会封闭一定质量的空气(视为理想气体)，设封闭空气的温度不变，洗衣缸内水位升高，则下列各个描述细管中被封闭的空气状态变化的图像中与上述过程相符合的是(　　)





A　　B　　C　　D

3.($p-V$ 图像)一定质量的理想气体，经历如图过程，其中 ab、cd 分别为双曲线的一部分。下列对 a、b、c、d 四点温度大小比较正确的是(　　)

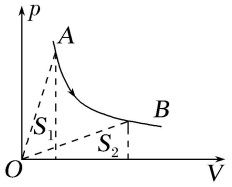


A.$T_a>T_b$　　B.$T_b>T_c$

C.$T_c>T_d$　　D.$T_d>T_a$

4.($p-V$ 图像＋热力学第一定律)一定质量的理想气体经历 $A\to B$ 绝热变化过程，其 $p-V$ 图像如图所示。图像上 A、B 两点与坐标原点 O 连线为 OA、OB。关于 OA、OB 与横轴围成的面积 S_1、S_2 大小关系，

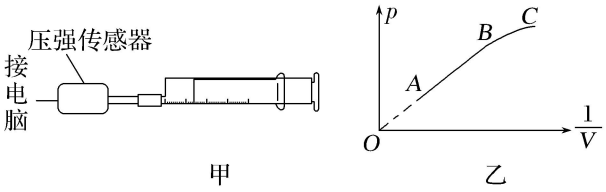
下列说法正确的是(　　)



A.$S_1=S_2$　　B.$S_1>S_2$

C.$S_1<S_2$　　D.无法比较

5.($p-\frac{1}{V}$图像＋热力学第一定律)用图甲所示的装置探究注射器内封闭气体的压强与体积的关系，根据测得的实验数据作出$p-\frac{1}{V}$图像如图乙所示，线段AB的延长线经过坐标原点O，BC段为曲线，环境温度保持不变。则下列说法中正确的是(　　)



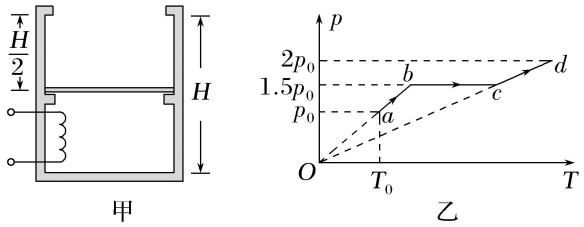
A.$A\to B$过程，气体的内能增加

B.$A\to B$过程，气体吸收热量

C.$B\to C$过程，气体对外做正功

D.$B\to C$过程，可能出现了漏气

6.($p-T$图像＋热力学第一定律)(多选)如图甲所示，一高度为H的汽缸直立在水平地面上，汽缸壁和活塞都是绝热的，活塞横截面积为S，在缸的正中间和缸口处有固定卡环，活塞可以在两个卡环之间无摩擦运动。活塞下方封闭有一定质量的理想气体，已知理想气体内能U与温度T的关系为$U=\alpha T$，α为正的常量，重力加速度为g。开始时封闭气体温度为T_0，压强等于外界大气压强p_0，现通过电热丝缓慢对气体加热，封闭气体先后经历了如图乙所示的三个状态变化过程，则(　　)



A.活塞质量为$\frac{p_0S}{2g}$

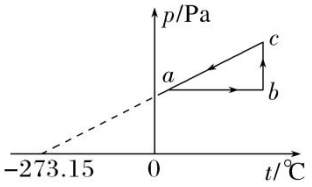
B.从$b\to c$过程，气体对外做功$\frac{3}{2}p_0SH$

C.从$a\to d$全过程，气体内能增加$3\alpha T_0$

D.从$a\to d$全过程，气体吸收的热量小于其内能的增量

7.($p-t$图像＋热力学第一定律)一定质量的理想气体按$a\to b\to c\to a$的顺序经历一系列状态变化，其p

$-t$ 图像如图所示。图中 bc 线段与纵轴平行，ab 线段与纵轴垂直。气体在状态变化过程中下列叙述正确的是(　　)



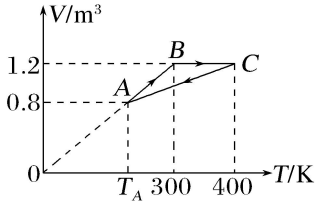
A.$b\to c$ 过程气体体积增加

B.$b\to c$ 过程气体不放热也不吸热

C.$a\to b$ 过程气体分子在单位时间内撞击单位面积容器壁的次数增加

D.$a\to b$ 过程气体对外界做的功小于 $b\to c$ 过程外界对气体做的功

8.($V-T$ 图像＋热力学第一定律)(多选)一定质量的理想气体，其内能与热力学温度成正比。该理想气体从状态 A 经一系列变化，最终又回到状态 A，其变化过程的 $V-T$ 图像如图所示，其中 BA 的延长线经过坐标原点，BC 与横轴平行，气体在状态 A 时的内能为 U。则下列说法中正确的是(　　)



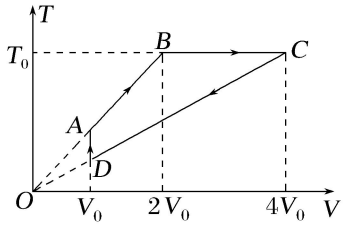
A.气体由状态 A 至状态 B 的过程中，外界对气体做负功

B.气体由状态 B 至状态 C 的过程中，气体对外界做正功

C.气体由状态 A 至状态 B 的过程中，气体吸收的热量大于 $\frac{U}{2}$

D.气体由状态 C 至状态 A 的过程中，气体释放的热量等于 U

9.($T-V$ 图像＋热力学第一定律)一定质量的理想气体从状态 A 缓慢经过状态 B、C、D 再回到状态 A，其热力学温度 T 和体积 V 的关系图像如图所示，BA 和 CD 的延长线均过 O 点，气体在状态 A 时的压强为 p_0，下列说法正确的是(　　)



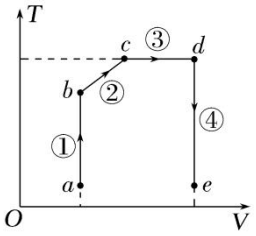
A.$A\to B$ 过程中气体向外界放热

B.$B\to C$ 过程中气体从外界吸收的热量小于 $\frac{3}{2}p_0V_0$

C.$C\to D$ 过程中气体分子在单位时间内对单位面积容器壁的碰撞次数减少

D.$D\to A$ 过程中气体的温度升高了 $\frac{T_0}{3}$

10.($T-V$ 图像＋热力学第一定律)(多选)如图，一定质量的理想气体从状态 a 开始，经历过程①、②、③、④到达状态 e。对此气体，下列说法正确的是(　　)



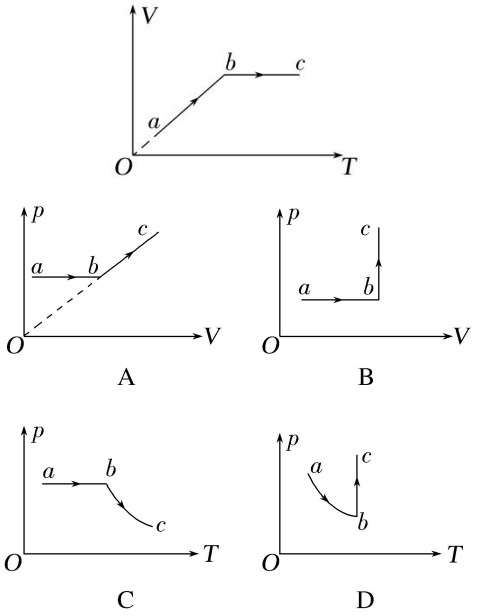
A.过程①中气体的压强逐渐减小

B.过程②中气体对外界做正功

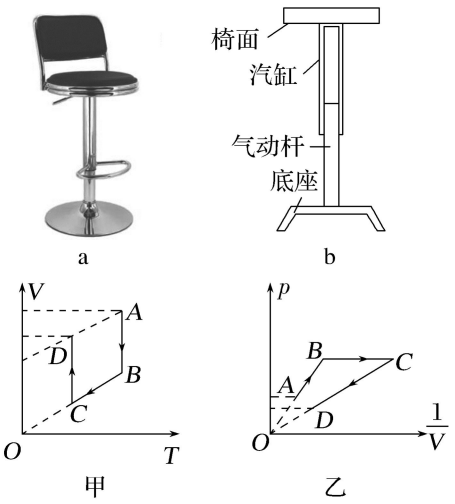
C.过程④气体从外界吸收了热量

D.状态 d 的压强比状态 b 的压强小

11.(图像转化问题)如图所示，一定质量的理想气体，由状态 a 经状态 b 变化到状态 c，则选项中与这一变化过程相符合的是(　　)



12.($V-T$ 图像＋$p-\frac{1}{V}$图像)(多选)气压式升降椅通过汽缸上下运动来支配椅子升降，其简易结构如图 b 所示，圆柱形汽缸与椅面固定连接，柱状气动杆与底座固定连接。可自由移动的汽缸与气动杆之间封闭一定质量的理想气体，设汽缸气密性、导热性能良好，不计气动杆与汽缸之间的摩擦。设气体的初始状态为 A，某人坐上椅面，椅子缓慢下降一段距离后达到稳定状态 B，此过程温度不变。然后开空调让室内温度降低到某设定温度，稳定后气体状态为 C；接着人离开座椅，椅子重新处于另一个稳定状态 D。则气体从状态 A 到状态 D 的过程中，关于 p、V、T 的关系图或叙述中正确的有(　　)



A.气体的 $V-T$ 图如图甲

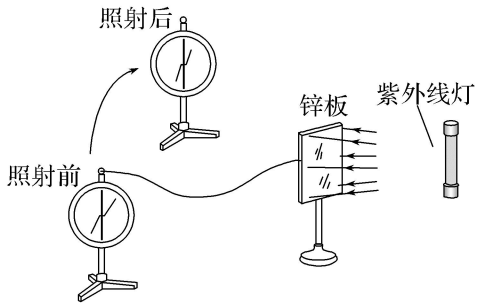
B.气体的 $p-\frac{1}{V}$图如图乙

C.从状态 A 到状态 D，气体向外放出的热量大于外界对气体做的功

D.与状态 A 相比，处于状态 D 时，单位时间内碰撞单位面积容器壁的分子数增多

微专练 62　光电效应及图像问题

1.(光电效应现象)将一块锌板通过金属导线连接在验电器上，并使锌板带负电，验电器指针张开。现用紫外线灯照射锌板，并观察验电器指针的变化。用紫外线灯照射锌板后，验电器指针张开的角度变小，下列关于实验现象的说法正确的是(　　)



A.紫外线灯给锌板补充正电荷

B.紫外线带走了锌板和验电器上的负电荷

C.验电器指针张角变小说明锌板在紫外线灯照射下失去电子

D.验电器指针张角变小是锌板和验电器构成电容器并向外辐射电磁波造成的

2.(光电效应的规律)已知能使某金属产生光电效应的极限频率为ν_0，则(　　)

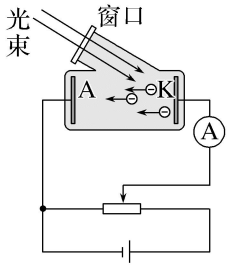
A.当用频率为 $2\nu_0$ 的单色光照射该金属时，则逸出功随之增大

B.当用频率为 $2\nu_0$ 的单色光照射该金属时，所产生的光电子的最大初动能为 $h\nu_0$

C.当照射光的频率ν增大，光电流强度也随之增大

D.当照射光的频率ν大于ν_0时，若ν增大一倍，则光电子的最大初动能也增大一倍

3.(光电效应的电路分析)光电传感器是智能技术领域不可或缺的关键器件，而光电管又是光电传感器的重要元件。如图所示，某光电管 K 极板的逸出功 $W_0=h\nu$，若分别用频率为 2ν的 a 光和频率为 5ν的 b 光照射该光电管，则下列说法正确的是(　　)



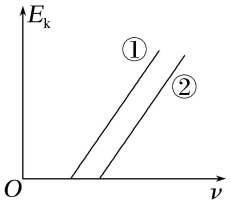
A.a 光和 b 光的波长之比为 2∶5

B.用 a 光和 b 光分别照射该光电管，逸出光电子的最大初动能之比为 2∶5

C.加反向电压时，对应的遏止电压之比为 1∶4

D.加正向电压时，对应形成的饱和光电流之比为 1∶4

4.($E_k-\nu$图像)(多选)在研究 a、b 两种金属发生光电效应现象的实验中，得到从金属表面逸出光电子最大初动能 E_k与入射光频率ν之间的关系如图中直线①②所示。已知 h 为普朗克常量，则(　　)



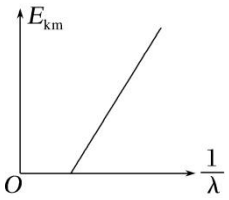
A.图中直线①②的斜率均为$\frac{h}{e}$

B.金属 a 的逸出功小于金属 b 的逸出功

C.在得到这两条直线时，必须保证入射光的光强相同

D.若产生的光电子具有相同的最大初动能，则照射到金属 b 的光频率较高

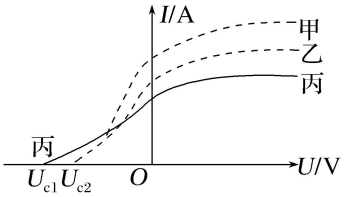
5.($E_{km}-\frac{1}{\lambda}$图像)在光电效应实验中，用不同波长的单色光照射光电管阴极的金属材料，光电子的最大初动能 E_{km}与入射光波长的倒数$\frac{1}{\lambda}$的关系如图所示，该直线的斜率为 k，横轴截距为 b。若使用波长为 λ_0的单色光照射该金属材料，已知光在真空中的速度为 c，则发生光电效应时，光电子的初动能不大于(　　)



A.$k\left(\frac{1}{\lambda_0}+b\right)$　　B.$k\left(\frac{1}{\lambda_0}-b\right)$

C.$k\left(c+\frac{1}{\lambda_0}\right)$　　D.$k\left(c-\frac{1}{\lambda_0}\right)$

6.($I-U$ 图像)一种采用 DIS 系统探究光电效应规律的实验仪器，其阴极由锑铯材料制成，该材料的逸出功为 1.91 eV。已知可见光光子能量范围为 1.62～3.11 eV，用甲、乙、丙三束单色光在这套仪器上做实验，发现光电流 I 与电压 U 的关系如图所示。下列说法正确的是(　　)



A.红光和紫光一定都能发生光电效应

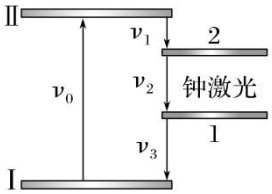
B.乙光的波长大于丙光的波长

C.乙光对应的截止频率大于丙光的截止频率

D.单位时间内，甲、乙两束光照到阴极上的光子数相同

微专练 63　原子能级跃迁问题

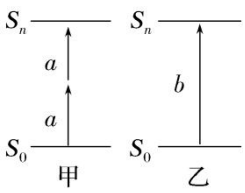
1.(能级跃迁)“梦天号”实验舱携带世界首套可相互比对的冷原子钟组发射升空，对提升我国导航定位、深空探测等技术具有重要意义。如图所示为某原子钟工作的四能级体系，原子吸收频率为 ν_0 的光子从基态能级Ⅰ跃迁至激发态能级Ⅱ，然后自发辐射出频率为ν_1 的光子，跃迁到钟跃迁的上能级 2，并在一定条件下可跃迁到钟跃迁的下能级 1，实现受激辐射，发出钟激光，最后辐射出频率为ν_3 的光子回到基态。该原子钟产生的钟激光的频率ν_2 为(　)



A.$\nu_0+\nu_1+\nu_3$　　B.$\nu_0+\nu_1-\nu_3$

C.$\nu_0-\nu_1+\nu_3$　　D.$\nu_0-\nu_1-\nu_3$

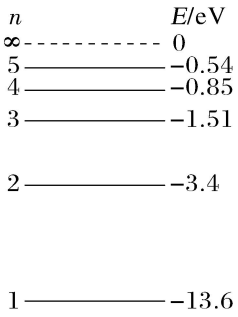
2.(能级跃迁)2023 年 2 月 27 日，我国自主研制的空间站双光子显微镜首获航天员皮肤三维图像。该种显微镜成像时，需要将介质分子从基态 S_0 激发到激发态 S_n，双光子显微镜是通过让介质分子同时吸收两个光子 a 实现此激发过程，如图甲所示；单光子显微镜是让介质分子只吸收一个光子 b 实现此激发过程，如图乙所示。则光子 a 和光子 b 的波长之比为(　　)



A.1∶1　　B.2∶1

C.4∶1　　D.1∶2

3.(能级跃迁＋电离)如图为氢原子的能级示意图，现有一群氢原子处于 $n=4$ 的能级上，下列说法正确的是(　　)



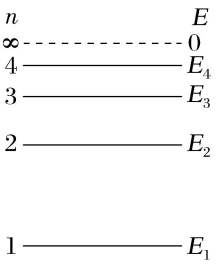
A.该氢原子向低能级跃迁最多可发出 8 种不同频率的光子

B.从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=3$ 能级发出的光子波长最短

C.该氢原子可以吸收能量为 0.32 eV 的光子跃迁到 $n=5$ 的能级

D.使该氢原子电离至少需要吸收 0.85 eV 的能量

4.(能级跃迁＋电离)如图所示为氢原子的能级图，E_1、E_2、E_3、E_4 分别为 1、2、3、4 能级对应的能量，一个氢原子处于 $n=3$ 的激发态。已知真空中的光速为 c，普朗克常量为 h，下列说法正确的是(　　)



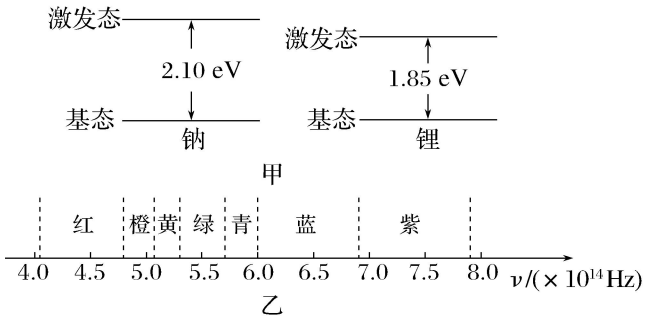
A.氢原子向低能级跃迁可发出 3 种不同频率的光

B.氢原子向低能级跃迁发出光的最大波长为$\dfrac{hc}{E_3-E_1}$

C.氢原子吸收能量为 E_4-E_3 的光子可跃迁到 $n=4$ 能级

D.氢原子被能量为 $\dfrac{1}{2}E_3$ 的电子碰撞可发生电离

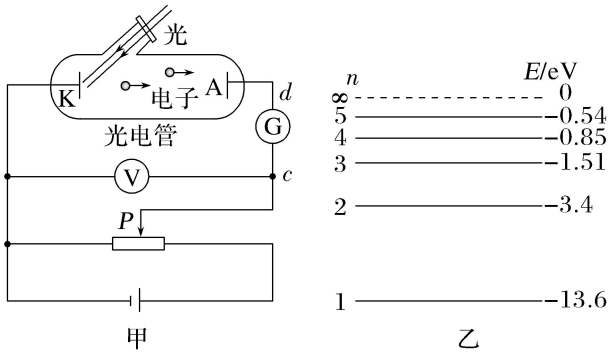
5.(能级跃迁＋光谱)有些金属原子受激后，从某激发态跃迁回基态时，会发出特定颜色的光。图甲所示为钠原子和锂原子分别从激发态跃迁回基态的能级差值，钠原子发出频率为 5.09×10^{14} Hz 的黄光，可见光谱如图乙所示。锂原子从激发态跃迁回基态发光颜色为(　　)



A.红色　　B.橙色

C.绿色　　D.青色

6.(光电效应＋能级跃迁)图甲是研究光电效应的电路图，K 极金属的逸出功为 2.30 eV。图乙为氢原子能级图。下列说法正确的是(　　)



A.当 P 移至于最左端时，电流表示数一定变为 0

B.电压表示数增大，电流表示数一定增大

C.氢原子从 $n=5$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级，放出光子

D.氢原子从 $n=5$ 能级跃迁到 $n=3$ 能级产生的光能让图甲中的 K 极金属发生光电效应

微专练 64　半衰期、核反应与核能

1.(三种射线)贝克勒尔是最早发现衰变的科学家，在衰变过程中往往能放出α、β、γ三种射线，下列关于三种射线的说法正确的是(　　)

A.α射线的穿透性最强

B.β射线的电离能力最强

C.γ射线不带电

D.三种射线均来自核外电子的跃迁

2.(α衰变)香烟中含有放射性元素钋(Po)，吸烟危害人体健康。钋能发生α衰变和γ辐射，其衰变方程为 ${}^{210}_{84}\mathrm{Po}\rightarrow{}^{206}_{82}\mathrm{Pb}+{}^{4}_{2}\mathrm{He}+\gamma$。下列说法正确的是(　　)

A.α射线的穿透能力比γ射线强

B.α射线的速度比γ射线大

C.$^{\ }_{\ }$Pb 中 $Z=82$

D.$^{\ }_{\ }$Pb 核的中子数为 206

3.(β衰变)氚核 $^{3}_{1}$H 发生β衰变成为氦核 $^{3}_{2}$He。假设含氚材料中 $^{3}_{1}$H 发生β衰变产生的电子可以全部定向移动，在 3.2×10^{4} s 时间内形成的平均电流为 5.0×10^{-8} A。已知电子电荷量为 1.6×10^{-19} C，在这段时间内发生β衰变的氚核 $^{3}_{1}$H 的个数为(　　)

A.5.0×10^{14}　　B.1.0×10^{16}

C.2.0×10^{16}　　D.1.0×10^{18}

4.(核反应方程十三种射线)理论认为，大质量恒星塌缩成黑洞的过程，受核反应 $^{12}_{6}$C＋Y→$^{16}_{8}$O 的影响。下列说法正确的是(　　)

A.Y 是β粒子，β射线穿透能力比γ射线强

B.Y 是β粒子，β射线电离能力比γ射线强

C.Y 是α粒子，α射线穿透能力比γ射线强

D.Y 是α粒子，α射线电离能力比γ射线强

5.(衰变)$^{238}_{92}$U 经过若干次α衰变和β衰变后变为 $^{206}_{82}$Pb，下列说法正确的是(　　)

A.α射线的穿透能力比β射线的强

B.α射线的电离能力比β射线的弱

C.$^{238}_{92}$U 的比结合能比 $^{206}_{82}$Pb 的比结合能大

D.衰变过程中共发生了 8 次α衰变和 6 次β衰变

6.(质量数守恒、电荷数守恒)(多选)1934 年，约里奥—居里夫妇用α粒子轰击铝箔，首次产生了人工放射性同位素 X，核反应方程为 $^{4}_{2}$He＋$^{27}_{13}$Al→X＋$^{1}_{0}$n。X 会衰变成原子核 Y，衰变方程为 X→Y＋$^{0}_{+1}$e，则(　　)

A.X 的质量数与 Y 的质量数相等

B.X 的电荷数比 Y 的电荷数少 1

C.X 的电荷数比 $^{27}_{13}$Al 的电荷数多 2

D.X 的质量数与 $^{27}_{13}$Al 的质量数相等

7.(半衰期)沂水跋山遗址的发现填补了山东及中国北方地区旧石器时代考古的空白。出土文物包括石制品、动物化石及一定数量的骨制品，在测定其年代时用碳十四断代法，某制品初步测年数据为距今 6 万至 10 万年，已知 ^{14}C 的半衰期为 5 730 年，该制品的 ^{14}C 原始质量为 m_0。则该制品中 ^{14}C 的剩余量不可能是(　　)

A.$m_0\left(\frac{1}{2}\right)^{11}$　　B.$m_0\left(\frac{1}{2}\right)^{14}$

C.$m_0\left(\frac{1}{2}\right)^{16}$　　D.$m_0\left(\frac{1}{2}\right)^{21}$

8.(核聚变)随着中国玉兔月球探测器成功着陆月球背面，世界上掀起了新一轮的月球探测热潮。月球表面蕴含丰富而地球却十分匮乏的氦 3 是一种非常理想的核聚变材料，月球氦 3 的开发对解决能源危

机有着积极的意义。氦 3 与氘核的核反应方程为 ${}_{2}^{3}\mathrm{He}+{}_{1}^{2}\mathrm{H}\rightarrow{}_{2}^{4}\mathrm{He}+\mathrm{X}+\Delta E$，其中$\Delta E$ 为释放的核能。已知氘核的比结合能为 E_1，氦核的比结合能为 E_2，则下列说法中正确的是(　　)

A.X 为中子

B.氦 3 的比结合能比氦核的比结合能大

C.氦 3 的比结合能为$\dfrac{4E_2-2E_1-\Delta E}{3}$

D.氦 3 的比结合能为$\dfrac{4E_2-2E_1+\Delta E}{3}$

9.(人工转变)1919 年，卢瑟福用α粒子轰击氮原子核(${}_{7}^{14}\mathrm{N}$)发现了质子，首次实现了原子核的人工转变。已知核反应释放的能量全部转化成了 ${}_{8}^{17}\mathrm{O}$ 和质子的动能，${}_{7}^{14}\mathrm{N}$、${}_{8}^{17}\mathrm{O}$、α粒子、质子的质量分别为 m_1、m_2、m_3、m_4，真空中的光速为 c，则(　　)

A.发现质子的核反应方程是 ${}_{7}^{14}\mathrm{N}+{}_{2}^{4}\mathrm{He}\rightarrow{}_{8}^{17}\mathrm{O}+{}_{0}^{1}\mathrm{n}$

B.释放的核能等于 ${}_{8}^{17}\mathrm{O}$ 和质子的总动能

C.释放的核能等于$(m_2+m_4-m_1-m_3)c^2$

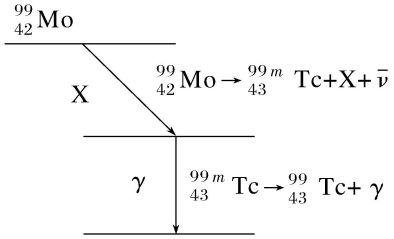
D.释放核能的原因是 ${}_{8}^{17}\mathrm{O}$ 的结合能大于 ${}_{7}^{14}\mathrm{N}$ 和α粒子总的结合能

10.(核能的计算)氘核 ${}_{1}^{2}\mathrm{H}$ 可通过一系列聚变反应释放能量，其总效果可用反应式 $6{}_{1}^{2}\mathrm{H}\rightarrow2{}_{2}^{4}\mathrm{He}+2{}_{1}^{1}\mathrm{H}+2{}_{0}^{1}\mathrm{n}+43.15\ \mathrm{MeV}$ 表示。海水中富含氘，已知 1 kg 海水中含有的氘核约为 1.0×10^{22} 个，若全都发生聚变反应，其释放的能量与质量为 M 的标准煤燃烧时释放的热量相等；已知 1 kg 标准煤燃烧释放的热量约为 2.9×10^{7} J，1 MeV$=1.6\times10^{-13}$ J，则 M 约为(　　)

A.40 kg　　B.100 kg

C.400 kg　　D.1 000 kg

11.(同位素＋半衰期)(多选)锝－99m(Tc－99m，m 代表亚稳态同位素)是目前最广泛使用的核医药物，可用于甲状腺、骨骼、心肌、脑部等扫描检查。如图所示，铀核分裂得到的钼－99(Mo－99)衰变成锝－99m，其过程为 ${}_{42}^{99}\mathrm{Mo}\rightarrow{}_{43}^{99m}\mathrm{Tc}+\mathrm{X}+\bar{\upsilon}$ (υ为不带电荷且质量非常小或近乎零的反微中子)，接着将锝－99m 取出，并由注射或口服等方法送入人体内，在特定器官或组织发生衰变，其过程为 ${}_{43}^{99m}\mathrm{Tc}\rightarrow{}_{43}^{99}\mathrm{Tc}+\gamma$，释放出γ射线作为医学检测分析的讯号。下列有关此核医药物的叙述正确的是(　　)



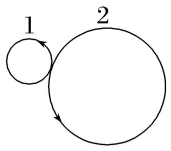
A.${}_{43}^{99m}\mathrm{Tc}$ 和 ${}_{43}^{99}\mathrm{Tc}$ 两者具有相同的化学性质

B.Mo－99 衰变成 Tc－99m 过程中产生的 X 是电子

C.Tc－99m 衰变半衰期越长，医学检测分析效果越明显

D.γ射线为核外电子从高能级向低能级跃迁时放射的光子

12.(α衰变＋动量守恒)静止在匀强磁场中的放射性元素的原子核 $^{238}_{92}U$ 衰变为原子核 $^{234}_{90}Th$，并放出一个α粒子，已知放射出的α粒子及 $^{234}_{90}Th$ 的速度方向都与磁场方向垂直，形成如图 1、2 所示的径迹，则下列说法中正确的是(　　)



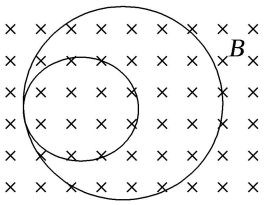
A.磁场方向垂直纸面向外

B.1 是α粒子的径迹，2 是 $^{234}_{90}Th$ 的径迹

C.1、2 的半径比为 1∶45

D.1、2 的半径比为 2∶117

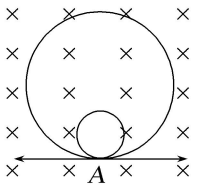
13.(β衰变＋动量守恒)在匀强磁场中有一个原来静止的碳 14 原子核发生了某种衰变，已知放射出的粒子速度方向及反冲核的速度方向均与磁场方向垂直，它们在磁场中运动的径迹是两个相内切的圆，两圆的直径之比为 7∶1，如图所示。则碳 14 的衰变方程为(　　)



A.$^{14}_{6}C\rightarrow{}^{12}_{5}B+{}^{2}_{1}H$　　B.$^{14}_{6}C\rightarrow{}^{14}_{5}B+{}^{0}_{1}e$

C.$^{14}_{6}C\rightarrow{}^{14}_{7}N+{}^{0}_{-1}e$　　D.$^{14}_{6}C\rightarrow{}^{10}_{4}Be+{}^{4}_{2}He$

14.(衰变＋动量守恒)如图所示，在匀强磁场中的 A 点有一静止的放射性原子核，它发生某种衰变时，射出的粒子及新核速度方向均与磁场方向垂直，且做如图所示轨迹的圆周运动，测得两轨迹的半径之比为 44∶1，则下列判断正确的是(　　)



A.这是β衰变，衰变时新核向右运动，放射性元素的原子序数是 43

B.这是β衰变，衰变时新核向左运动，放射性元素的原子序数是 43

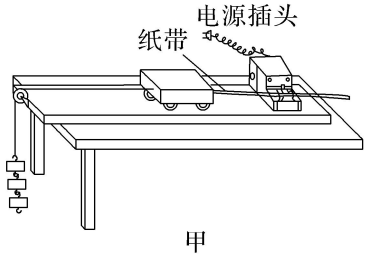
C.这是α衰变，衰变时新核向右运动，放射性元素的原子序数是 90

D.这是α衰变，衰变时新核向左运动，放射性元素的原子序数是 90

第二部分　实验题专练

微专练 65　测量做直线运动物体的瞬时速度

1.利用如图甲所示的实验装置“探究小车速度随时间变化的规律”。



甲

(1)使用电火花计时器时的基本步骤如下：

A.接通开关，听到放电声，开始拖动纸带

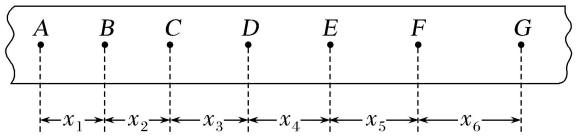
B.把打点计时器固定在长木板上，将纸带从墨粉纸盘下面穿过打点计时器

C.将电火花计时器插头插入相应的电源插座

D.当纸带完全通过电火花计时器后，及时关闭电火花计时器

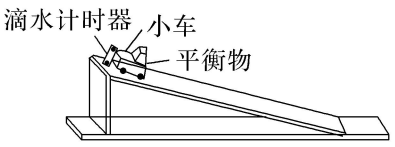
上述步骤正确的顺序是_____(按顺序填写步骤前的字母)。

(2)某实验小组所得纸带上打出的部分计数点如图乙所示(每相邻两个计数点间还有 4 个点，图中未画出)，打点计时器所接交流电的频率为 50 Hz。x_1＝5.09 cm，x_2＝7.10 cm，x_3＝9.10 cm，x_4＝11.09 cm，x_5＝13.10 cm，x_6＝15.10 cm。打点计时器在打 E 点时小车的速度 v_E＝_____ m/s，根据纸带计算出小车运动的加速度 a＝_____ m/s^2(结果均保留 2 位有效数字)。

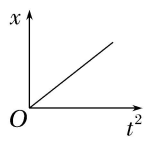


乙

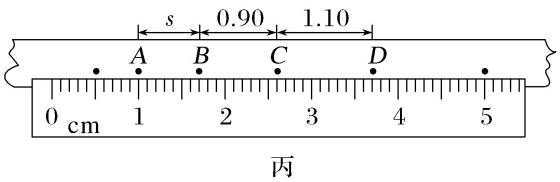
2.实验室中某同学用如图甲所示的滴水法测量小车在斜面上运动时的加速度。实验过程如下：在斜面上铺上白纸，用图钉固定；把滴水计时器固定在小车的末端，在小车上固定一平衡物；调节滴水计时器的滴水速度，使其每 0.2 s 滴一滴(以滴水计时器内盛满水为准)；在斜面顶端放置一浅盘，把小车放在斜面顶端，把调好的滴水计时器盛满水，使水滴能滴入浅盘内；然后撤去浅盘并同时放开小车，于是水滴在白纸上留下标记小车运动规律的点迹；小车到达斜面底端时立即将小车移开。



甲



乙



丙

(1)关于本实验，下列说法中正确的是_____。

A.本实验中还需要用到秒表记录时间

B.在斜面上做实验是为了平衡小车下滑过程中的摩擦力

C.小车的质量越大，运动时加速度就越大

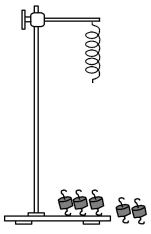
D.滴水计时器的计时原理和打点计时器的计时原理类似

(2)经多次实验后发现，测量每个点迹到放开小车时点迹的距离 x 和对应的时间 t，以 x 为纵轴、t^2 为横轴建立直角坐标系，在坐标纸上描点，连线后总能得到如图乙所示的图像，这_____(填“能”或“不能”)说明运动中小车的速度随时间均匀变化，理由是_____。

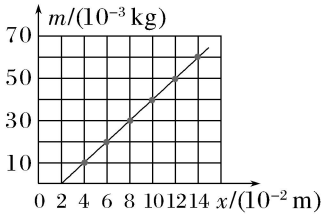
(3)白纸上部分点迹如图丙所示，从图中读出 A、B 两点间距 s=_____ m；小车在 C 点时速度大小为_____ m/s，BD 段对应的加速度为_____ m/s^2。

微专练 66　探究弹簧弹力与形变量的关系

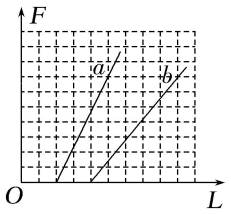
1.如图甲所示，用铁架台、弹簧和多个已知质量且质量相等的钩码探究在弹性限度内弹簧弹力与弹簧伸长的关系实验。



甲



乙



丙

(1)如图乙所示，根据实验数据绘图，纵轴是钩码的质量 m，横轴是弹簧的形变量 x。由图可知：图线不通过坐标原点的原因是_____；

弹簧的劲度系数 k=_____ N/m(重力加速度 g 取 10 m/s^2)。

(2)如图丙所示，实验中用两根不同的弹簧 a 和 b 得到弹簧弹力 F 与弹簧长度 L 的关系图像。下列说法正确的是_____。

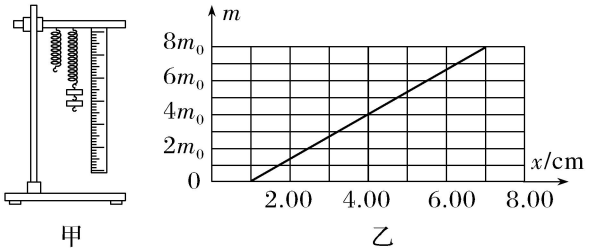
A.a 的原长比 b 的长

B.a 的劲度系数比 b 的大

C.a 的劲度系数比 b 的小

D.弹簧弹力与弹簧长度成正比

2.某学习小组用如图甲所示的装置来“探究弹簧弹力与形变量的关系”，主要步骤如下：



甲　　乙

(1)把弹簧平放在水平桌面上，测出弹簧的原长 x_0。

(2)测出一个钩码的质量 m_0。

(3)将该弹簧悬吊在铁架台上让弹簧自然下垂，测出此时弹簧长度 l_0。

(4)挂上一个钩码，测出此时弹簧长度 l_1。

(5)之后逐渐增加钩码的个数，并测出弹簧对应的长度分别为 l_i(i 为钩码个数)。

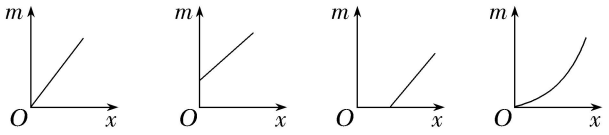
(6)计算出 $x=l_i-x_0$，用 x 作为横坐标，钩码的总质量作为纵坐标，作出的图线如图乙所示。请根据以上操作、记录和图像回答以下问题：

①你认为 $m-x$ 图像不过原点的原因是_____；

②已知钩码质量 $m_0=0.20$ kg，重力加速度 $g=9.8$ m/s^2，利用图乙求得弹簧的劲度系数 $k=$_____ N/m(保留 2 位有效数字)；

③$m-x$ 图像没过坐标原点，对于测量弹簧的劲度系数_____(选填“有”或“无”)影响；

④将 $x=l_i-l_0$ 作为横坐标，钩码的总质量作为纵坐标，实验得到的图线应是图中的_____(填写下列四幅图的对应的字母选项)。



A　　B　　C　　D

3.某同学用图(a)所示装置“探究弹力和弹簧伸长量的关系”。弹簧的上端固定在铁架台支架上，弹簧的下端固定一水平纸片(弹簧和纸片重力均忽略不计)，激光测距仪可测量地面至水平纸片的竖直距离 h。

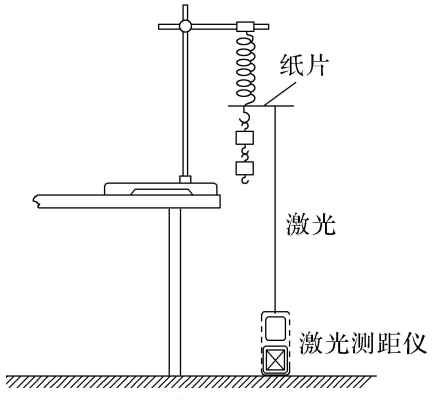


图 (a)

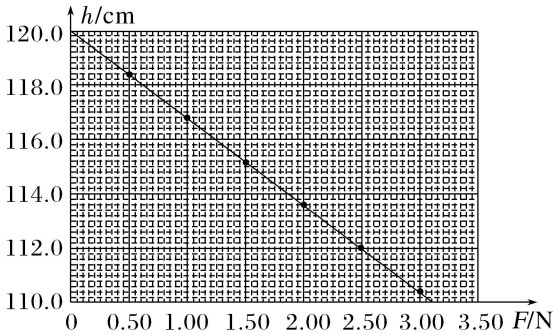


图 (b)

(1)该同学在弹簧下端逐一增挂钩码，每增挂一个钩码，待弹簧_____时，记录所挂钩码的重力和对应的 h。

(2)根据实验记录数据作出 h 随弹簧弹力 F 变化的图线如图(b)所示，可得未挂钩码时水平纸片到地面的竖直距离 h_0=_____ cm，弹簧的劲度系数 k=_____ N/m(结果都保留到小数点后 1 位)。

微专练 67　探究两个互成角度的力的合成规律

1.(1)某同学在“探究求合力的方法”实验中，把白纸用图钉固定在木板上，再把橡皮条的一端用图钉固定在白纸上，另一端连接细绳套，如图所示。

①以下操作正确的是_____。

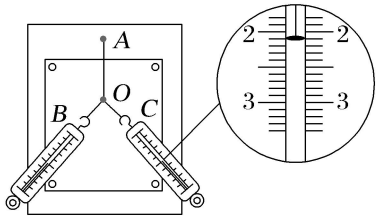
A.实验时，用两个弹簧测力计把橡皮条的另一端拉到某一确定的 O 点，再换一把弹簧测力计拉橡皮条，不一定要拉到 O 点，只要橡皮条伸长的长度一样就可以

B.实验中，弹簧测力计必须保持与木板平行，读数时视线要正对弹簧测力计的刻度

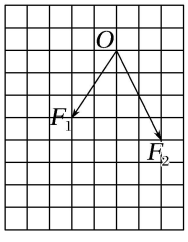
C.拉弹簧测力计的力越大越好，两个弹簧测力计之间夹角必须取 90°，以便于算出合力的大小

D.实验中只需要记录弹簧测力计的示数和细绳的方向

②某次实验中，弹簧测力计 C 的指针位置如图甲所示，其示数为_____ N。



甲



乙

③在另一次实验中，两弹簧测力计拉力的图示已作出(如图乙所示)，小方格每边的长度表示 1.0 N，O

是橡皮条的一个端点。理论上合力 F 的大小为_____ N(结果保留 2 位有效数字)。

(2)探究力的平行四边形定则的实验中

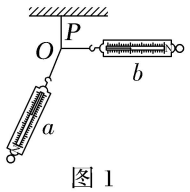


图 1

①使 b 弹簧测力计按图 1 所示位置开始顺时针缓慢转动，在这过程中保持 O 点位置不变和 a 弹簧测力计的拉伸方向不变，则在整个过程中关于 a、b 弹簧测力计的读数变化是_____。

A.a 增大，b 减小

B.a 减小，b 增大

C.a 减小，b 先增大后减小

D.a 减小，b 先减小后增大

②如图 2 所示是甲、乙两名同学在做“验证力的平行四边形定则”的实验时得到的结果。若按实验中要求的符号表示各个力(F 为合力的理论值，F'为合力的实验值)，则可判定实验结果中尊重实验事实的是_____。

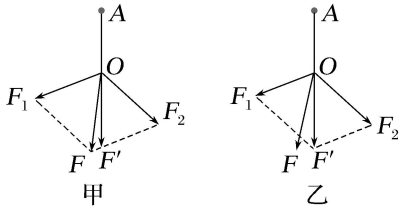


图 2

2.某同学通过下述实验验证力的平行四边形定则。

实验步骤：

①将弹簧测力计固定在贴有白纸的竖直木板上，使其轴线沿竖直方向。

②如图甲所示，将环形橡皮条一端挂在弹簧测力计的秤钩上，另一端用圆珠笔笔尖竖直向下拉，直到弹簧测力计示数为某一设定值时，将橡皮条两端的位置标记为 O_1、O_2，记录弹簧测力计的示数 F，测量并记录 O_1、O_2 间的距离(即橡皮条的长度 l)。每次将弹簧测力计示数改变 0.50 N，测出所对应的 l，部分数据如下表所示：

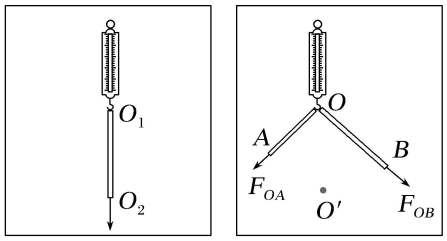
F/N	0	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50
l/cm	l_0	10.97	12.02	13.00	13.98	15.05

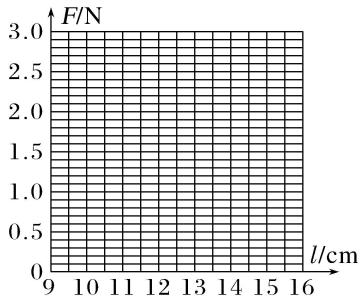
③找出②中 $F=2.50$ N 时橡皮条两端的位置，重新标记为 O、O'，橡皮条的拉力记为 $F_{OO'}$。

④在秤钩上涂抹少许润滑油，将橡皮条搭在秤钩上，如图乙所示。用两圆珠笔笔尖成适当角度同时拉橡皮条的两端，使秤钩的下端达到 O 点，将两笔尖的位置标记为 A、B，橡皮条 OA 段的拉力记为 F_{OA}，OB 段的拉力记为 F_{OB}。

完成下列作图和填空：

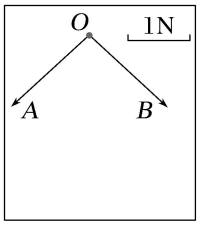
(1)利用表中数据在给出的坐标纸上画出 $F-l$ 图线。





(2)测得 $OA=6.00$ cm，$OB=7.60$ cm，则 F_{OA} 的大小为_____ N。

(3)根据给出的标度，作出 F_{OA} 和 F_{OB} 的合力 F' 的图示。



(4)通过比较 F' 与_____的大小和方向，即可得出实验结论。

微专练 68　探究加速度与物体受力、物体质量的关系

1.某实验小组利用图 1 所示的装置探究加速度与力、质量的关系。

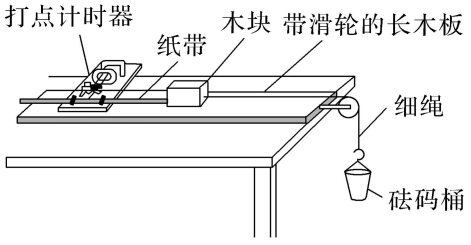


图 1

(1)(多选)下列做法正确的是_____。

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.在调节木板倾斜度补偿木块受到的阻力时，将装有砝码的砝码桶通过定滑轮拴在木块上

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

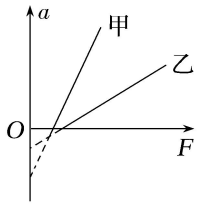
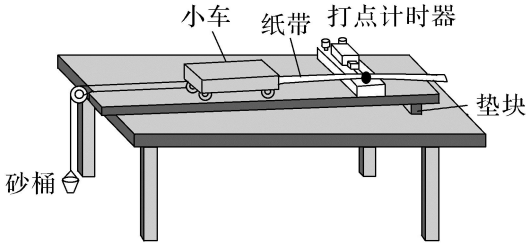


图 2

(2)为使砝码桶及桶内砝码受到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_____(选填“远大于”“远小于”或“近似等于”)木块和木块上砝码的总质量。

(3)甲、乙两同学在同一实验室，各取一套图 1 的装置放在水平桌面上，木块上均不放砝码，在没有补偿阻力的情况下，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 2 可知，$m_{甲}$_____$m_{乙}$，$\mu_{甲}$_____$\mu_{乙}$(均选填“大于”“小于”或“等于”)。

2.用如图甲所示的装置验证牛顿第二定律。



甲

(1)除了图甲中所给器材以及交流电源和导线外，在下列器材中，还必须使用的两种器材是_____(选填正确选项的字母)。

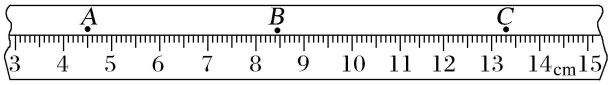
A.秒表　　B.天平(含砝码)

C.弹簧测力计　　D.刻度尺

(2)实验前补偿阻力的做法是：把实验器材安装好，先不挂重物，将小车放在木板上，后面固定一条纸带，纸带穿过打点计时器。用垫块把木板一端垫高，接通打点计时器，让小车以一定初速度沿木板向下运动，并不断调节木板的倾斜度，直到小车拖动纸带沿木板做_____运动。

(3)为使砂桶和砂的总重力在数值上近似等于小车运动时受到的拉力，需满足的条件是砂桶及砂的总质量_____小车的总质量(选填“远大于”“远小于”或“近似等于”)。

(4)实验中打出的一条纸带的一部分如图乙所示。纸带上标出了连续的 3 个计数点 A、B、C，相邻两个计数点之间还有 4 个点没有标出。打点计时器接在频率为 50 Hz 的交流电源上，则打点计时器打 B 点时，小车的速度 v_B=____ m/s。多测几个点的速度作出 $v-t$ 图像，就可以算出小车的加速度。



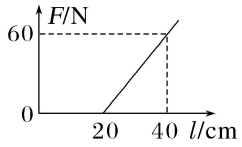
乙

(5)为研究加速度和力的关系，要保证_____的总质量不变，改变砂桶内砂的质量，重复做几次实验，通过实验数据来研究加速度和力的关系。

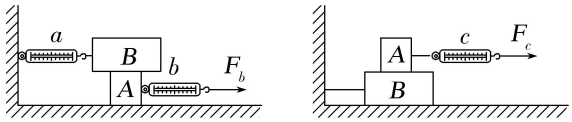
(6)在研究加速度与质量的关系时，要保证砂和砂桶的质量不变。若砂和砂桶的质量 m 与小车的总质量 M 间的关系不满足第(3)问中的条件，由实验数据作出 $a-\frac{1}{M+m}$ 的图线应是下图中的_____(选填正确选项的字母)。

微专练 69　测量动摩擦因数

1.某物理兴趣小组的同学在研究弹簧弹力的时候，测得弹力的大小 F 和弹簧长度 l 的关系如图甲所示，则由图线可知：



甲



乙　　丙

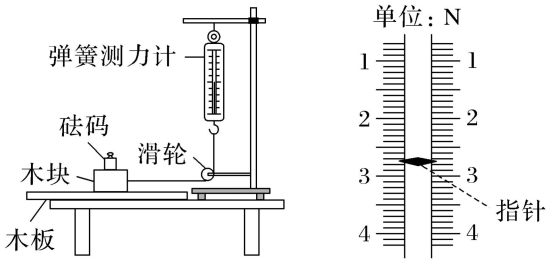
(1)弹簧的劲度系数为_____ N/m。

(2)为了用弹簧测力计测定两木块 A 和 B 间的动摩擦因数 μ，两位同学分别设计了如图乙、丙所示的两种方案。

①为了用某一弹簧测力计的示数表示两木块 A 和 B 之间的滑动摩擦力的大小，你认为方案_____(填“乙”或“丙”)更合理。

②若两木块 A 和 B 的重力分别为 10.0 N 和 20.0 N，当木块 A 被拉动时，弹簧测力计 a 的示数为 6.0 N，弹簧测力计 b 的示数为 11.0 N，弹簧测力计 c 的示数为 4.0 N，则两木块 A 和 B 间的动摩擦因数为_____。

2.某同学用如图甲所示的装置测量木块与木板之间的动摩擦因数。跨过光滑定滑轮的细线两端分别与木块和弹簧测力计相连，滑轮和木块间的细线保持水平，在木块上方放置砝码。缓慢向左拉动水平放置的木板，当木块和砝码相对桌面静止且木板仍在继续滑动时，弹簧测力计的示数即为木块受到的滑动摩擦力的大小。实验所得数据在表中给出，其中 f_4 的值可从图乙中弹簧测力计的示数读出。



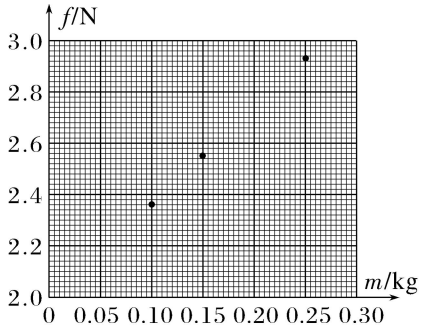
甲　　乙

砝码的质量 m/kg	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
滑动摩擦力 f/N	2.15	2.36	2.55	f_4	2.93

回答下列问题：

(1)f_4＝_____ N。

(2)在坐标纸上补齐未画出的数据点并绘出 $f-m$ 图线。



(3)f 与 m、木块质量 M、木板与木块之间的动摩擦因数μ及重力加速度大小 g 之间的关系式为 f＝_____，$f-m$ 图线(直线)的斜率的表达式为 k＝_____。

(4)取 g＝9.80 m/s^2，由绘出的 $f-m$ 图线求得μ＝_____(保留 2 位有效数字)。

3.某同学利用测质量的小型家用电子秤，设计了测量木块和木板间动摩擦因数μ的实验。

如图(a)所示，木板和木块 A 放在水平桌面上，电子秤放在水平地面上，木块 A 和放在电子秤上的重物 B 通过跨过定滑轮的轻绳相连。调节滑轮，使其与木块 A 间的轻绳水平，与重物 B 间的轻绳竖直。在木块 A 上放置 n(n＝0，1，2，3，4，5)个砝码(电子秤称得每个砝码的质量 m_0 为 20.0 g)，向左拉动木板的同时，记录电子秤的对应示数 m。

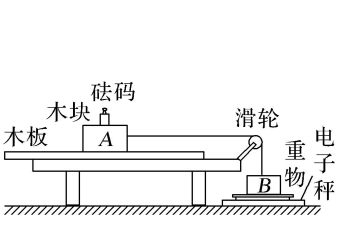


图 (a)

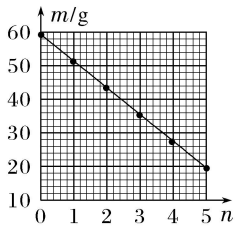


图 (b)

(1)实验中，拉动木板时_____(填“必须”或“不必”)保持匀速。

(2)用 m_A 和 m_B 分别表示木块 A 和重物 B 的质量，则 m 和 m_A、m_B、m_0、μ、n 所满足的关系式为 m＝_____。

(3)根据测量数据在坐标纸上绘制出 $m-n$ 图像如图(b)所示，可得木块 A 和木板间的动摩擦因数μ＝

_____(保留 2 位有效数字)。

微专练 70　探究平抛运动的特点

1.在“探究平抛运动的特点”实验中

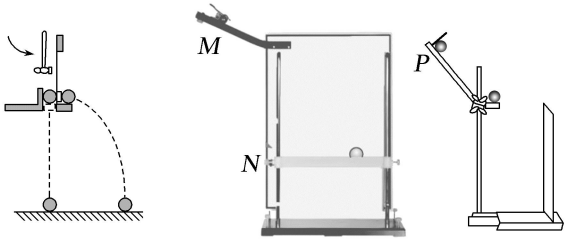


图 1　　图 2　　图 3

(1)用图 1 装置进行探究，下列说法正确的是_____。

A.只能探究平抛运动水平分运动的特点

B.需改变小锤击打的力度，多次重复实验

C.能同时探究平抛运动水平、竖直分运动的特点

(2)用图 2 装置进行实验，下列说法正确的是_____。

A.斜槽轨道 M 必须光滑且其末端水平

B.上下调节挡板 N 时必须每次等间距移动

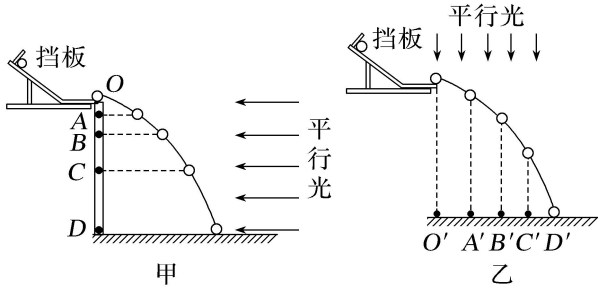
C.小钢球从斜槽 M 上同一位置静止滚下

(3)用图 3 装置进行实验，竖直挡板上附有复写纸和白纸，可以记下钢球撞击挡板时的点迹。实验时竖直挡板初始位置紧靠斜槽末端，钢球从斜槽上 P 点静止滚下，撞击挡板留下点迹 0，将挡板依次水平向右移动 x，重复实验，挡板上留下点迹 1、2、3、4。以点迹 0 为坐标原点，竖直向下建立坐标轴 y，各点迹坐标值分别为 y_1、y_2、y_3、y_4。测得钢球直径为 d，则钢球平抛初速度 v_0 为_____。

A.$\left(x+\frac{d}{2}\right)\sqrt{\frac{g}{2y_1}}$　　B.$\left(x+\frac{d}{2}\right)\sqrt{\frac{g}{y_2-y_1}}$

C.$\left(3x-\frac{d}{2}\right)\sqrt{\frac{g}{2y_4}}$　　D.$\left(4x-\frac{d}{2}\right)\sqrt{\frac{g}{2y_4}}$

2.为了探究做平抛运动的物体在竖直方向的运动规律，某同学设计了下面一个实验。

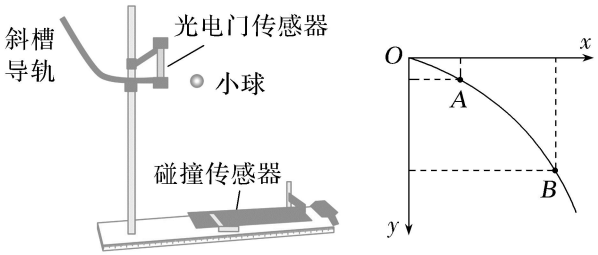


(1)如图甲所示，OD 为一竖直木板，小球从斜槽上挡板处由静止开始运动，离开 O 点后做平抛运动，

右侧用一束平行光照射小球，小球在运动过程中便在木板上留下影子。如图甲是用频闪照相机拍摄的小球在运动过程中的位置以及在木板上留下的影子的位置，如图中 A、B、C、D 点。现测得各点到 O 点的距离分别为 5.0 cm、19.8 cm、44.0 cm、78.6 cm。试根据影子的运动情况讨论小球在竖直方向上的运动情况(已知照相机的闪光频率为 10 Hz)。

(2)若将平行光改为沿竖直方向，小球在运动过程中会在水平地面上留下影子，如图乙所示，用频闪照相机拍摄的影子的位置如图中的 O'、A'、B'、C'、D'点。现测得各点到 O'点的距离分别为 19.6 cm、39.8 cm、60.2 cm、79.6 cm，试根据影子的运动情况讨论小球在水平方向上的运动情况。

3.如图甲所示，研究平抛运动规律的实验装置放置在水平桌面上，利用光电门传感器和碰撞传感器可以测得小球的水平初速度 v_0 和飞行时间 t，底板上的标尺可以测得水平位移 d。



甲　　乙

(1)控制斜槽轨道的水平槽口高度 h 不变，让小球从斜槽的不同高度处滚下，以不同的速度冲出水平槽口，下列说法正确的是_____(多选)。

A.飞行时间 t 与初速度 v_0 成正比

B.飞行时间 t 与初速度 v_0 大小无关

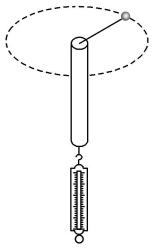
C.水平位移 d 与初速度 v_0 成反比

D.水平位移 d 与初速度 v_0 成正比

(2)一位同学做实验时，通过描点画出的小球的平抛运动轨迹如图乙所示，O 为抛出点，A、B 是轨迹上的两点，分别测得 A 点的竖直坐标 $y_1=5$ cm、B 点的竖直坐标 $y_2=45$ cm，A、B 两点间的水平距离 $\Delta x=30$ cm，取重力加速度大小 $g=10\ \text{m/s}^2$，则小球从 A 点运动到 B 点的时间 $t=$_____ s，初速度大小 $v_0=$_____ m/s(结果均保留 2 位有效数字)。

微专练 71　探究向心力的大小与半径、角速度、质量的关系

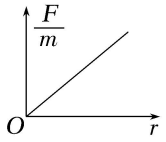
1.用如图所示的装置来“探究向心力与半径、角速度、质量的关系”，取一根边缘光滑平整的细管，将一根细绳穿过细管，绳的一端拴一个小球，另一端拴一只弹簧测力计，将弹簧测力计的下端固定，手握细管摇动，尽量使小球在接近水平的平面内匀速转动。设弹簧的弹力大小为 F，小球的质量为 m，小球的角速度为ω，匀速圆周运动的半径为 r，回答下列问题：



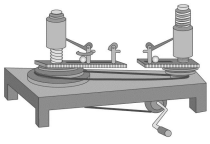
(1)本实验采用_____法来探究 F、m、ω、r 四者之间的关系，可以近似认为小球的向心力_____(填“大于”“等于”或“小于”)F。

(2)若测得小球做匀速圆周运动的圈数为 n，对应的运动时间为 t，则ω＝_____。

(3)保持小球做匀速圆周运动的角速度不变，作$\frac{F}{m}-r$ 图像如图所示，若图像的斜率为 k，则可测得小球做匀速圆周运动的周期为_____。



2.“探究向心力大小的表达式”实验装置如图所示。



(1)采用的实验方法是_____。

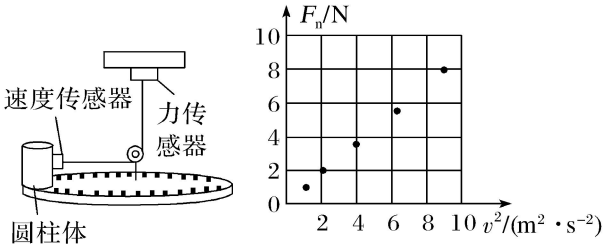
A.控制变量法　　B.等效法

C.模拟法

(2)在小球质量和转动半径相同的情况下，逐渐加速转动手柄到一定速度后保持匀速转动。此时左右标尺露出的红白相间等分标记的比值等于两小球的_____之比(选填“线速度大小”“角速度平方”或“周期平方”)；在加速转动手柄过程中，左右标尺露出红白相间等分标记的比值_____(选填“不变”“变大”或“变小”)。

3.如图甲所示是某同学探究做圆周运动的物体质量、向心力、轨道半径及线速度关系的实验装置，做匀速圆周运动的圆柱体放置在水平光滑圆盘上，力传感器测量向心力 F_{n}，速度传感器测量圆柱体的

线速度 v，该同学通过保持圆柱体质量和运动半径不变，来探究向心力 F_n 与线速度 v 的大小关系：



甲　　乙

改变线速度 v，多次测量，该同学测出了五组 F_n、v 数据，如表所示：

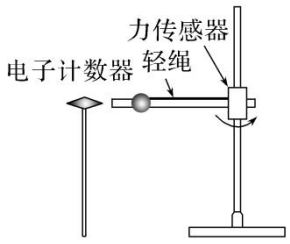
v/(m·s^{-1})	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
F_n/N	0.88	2.00	3.50	5.50	7.90

该同学对数据分析后，在图乙坐标纸上描出了五个点。

①作出 F_n-v^2 图线；

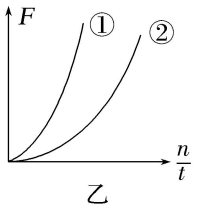
②若圆柱体运动半径 $r=0.2$ m，由作出的 F_n-v^2 图线可得圆柱体的质量 $m=$_____ kg(保留 2 位有效数字)。

4.某实验小组用如图甲所示的装置探究向心力大小与周期、半径之间的关系，轻绳一端系着小球，另一端固定在竖直杆上的力传感器上，小球套在光滑水平杆上。水平杆在电动机带动下可以在水平面内绕竖直杆匀速转动。已知小球质量为 m，小球做圆周运动的半径为 r，电子计数器可记录杆做圆周运动的圈数 n，用秒表记录小球转动 n 圈的时间为 t。



甲

(1)若保持小球运动半径不变，仅减小运动周期，小球受到的拉力将_____；若保持小球运动的周期不变，仅减小运动半径，小球受到的拉力将_____(以上两空均选填“变大”“变小”或“不变”)。

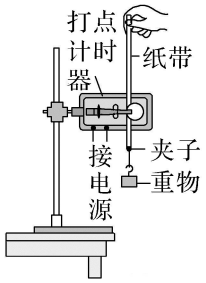


乙

(2)该小组同学做实验时，保持小球做圆周运动的半径不变，选用质量为 m_1 的小球甲和质量为 m_2($m_1>m_2$)的小球乙做了两组实验。两组实验中分别多次改变小球运动的转速，记录实验数据，作出了 F 与 $\frac{n}{t}$ 关系如图乙所示的①和②两条曲线，图中反映小球甲的曲线是_____(选填“①”或“②”)。

微专练 72　验证机械能守恒定律

1.某实验小组利用如图甲所示的实验装置验证机械能守恒定律。



甲

(1)下列做法正确的有_____(填正确答案标号)。

A.使用的电源是直流电源

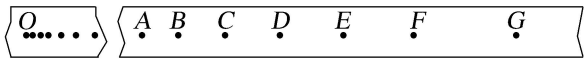
B.必须使用天平测出重物的质量

C.必须使用秒表测量重物下落的时间

D.释放纸带前，应让重物尽量靠近打点计时器

(2)如图乙为选取的一条符合实验要求的纸带(部分纸带未画出)，其中 O 点为起始点，A、B、C、D、E、F、G 均为连续的点。已知打点周期为 T，重力加速度为 g。

①从纸带上直接测出各点间的距离，利用下列测量值能验证机械能守恒定律的有_____(填正确答案标号)。



乙

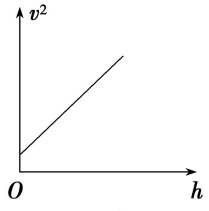
A.OE、OF 和 OG 的长度

B.OA 和 AC 的长度

C.OF 和 FG 的长度

D.AC、BF 和 EG 的长度

②若已知 OF 的长度为 h_1，EG 的长度为 h_2，选取从 O 点到 F 点的过程来验证机械能守恒定律，用题中所给的符号写出需要验证的表达式为：gh_1＝_____。



丙

(3)某同学利用实验时打出的纸带，测量出了各计数点到起始点的距离 h，算出了各计数点对应的速度 v，然后以 h 为横轴、v^2 为纵轴作出了如图丙所示的图线，发现图线明显未过原点 O，其主要原因可能是_____(填正确答案标号)。

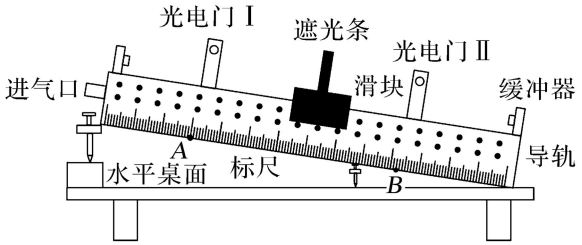
A.重物下落时受到阻力

B.电源的频率偏高

C.先松开纸带，后接通电源

D.利用公式 $v=\sqrt{2gh}$ 计算重物速度

2.为了验证物体沿光滑斜面下滑的过程中机械能守恒，某学习小组用如图甲所示的气垫导轨装置(包括导轨、气源、光电门、滑块、遮光条、数字毫秒计)进行实验。此外可使用的实验器材还有：天平、游标卡尺、刻度尺。



甲

(1)某同学设计了如下的实验步骤，其中不必要的步骤是_____。

①在导轨上选择两个适当的位置 A、B 安装光电门Ⅰ、Ⅱ，并连接数字毫秒计；

②用天平测量滑块和遮光条的总质量 m；

③用游标卡尺测量遮光条的宽度 d；

④通过导轨上的标尺测出 A、B 之间的距离 l；

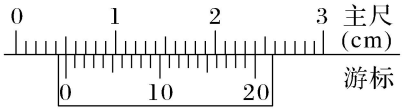
⑤调整好气垫导轨的倾斜状态；

⑥将滑块从光电门Ⅰ左侧某处，由静止开始释放，从数字毫秒计读出滑块通过光电门Ⅰ、Ⅱ的时间 Δt_1、Δt_2；

⑦用刻度尺分别测量 A、B 点到水平桌面的高度 h_1、h_2；

⑧改变气垫导轨倾斜程度，重复步骤⑤⑥⑦，完成多次测量。

(2)用游标卡尺测量遮光条的宽度 d 时，游标卡尺的示数如图乙所示，则 $d=$_____ mm；某次实验中，测得$\Delta t_1=11.60$ ms，则滑块通过光电门Ⅰ的瞬时速度 $v_1=$_____ m/s(保留 3 位有效数字)。



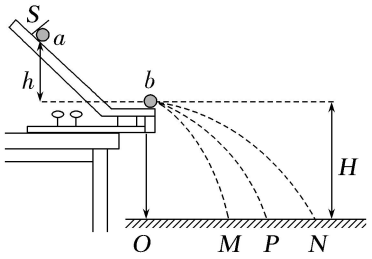
乙

(3)在误差允许范围内，若 $h_1-h_2=$_____(用上述必要的实验步骤直接测量的物理量符号表示，已知重力加速度为 g)，则认为滑块下滑过程中机械能守恒。

(4)写出两点产生误差的主要原因_____。

微专练 73　验证动量守恒定律

1.某实验小组为了验证动量守恒定律，采用了如图所示的装置。



(1)实验时可供选择的小球有甲、乙、丙、丁四个，四个小球的质量关系为 $m_{甲}=m_{丙}<m_{乙}=m_{丁}$，半径关系为 $R_{甲}=R_{乙}<R_{丙}=R_{丁}$，若实验中的入射小球 a 选用了小球乙，则被撞小球 b 应选用小球_____。

A.甲　　B.丙　C.丁

(2)关于本实验的说法正确的是_____。

A.为保证两小球碰撞时动量守恒，斜槽轨道必须是光滑的

B.入射小球 a 每一次可以从不同高度由静止滚下

C.实验时需确保斜槽轨道末端的切线是水平的

D.实验时必须测出斜槽轨道末端到水平地面的高度

(3)按照正确的实验操作，测出了入射小球 a 和被撞小球 b 的质量分别为 m_1 和 m_2，三个落地点的平均位置 M、P、N 到斜槽轨道末端在水平地面的投影 O 点的距离分别为 x_1、x_2、x_3，若满足 $m_1x_2=$_____(用题目给定的物理量符号表示)，则说明小球碰撞过程中动量守恒；若还满足 $x_3=$_____(用 x_1 和 x_2 表示)，则说明小球间发生的碰撞为弹性碰撞。

2.某小组用如图 1 所示的装置验证动量守恒定律。

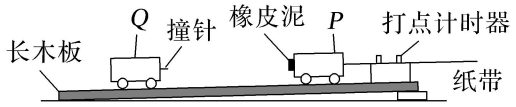


图 1

(1)关于橡皮泥在本实验中的作用，下列说法正确的是_____。

A.改变小车的质量

B.在两车碰撞时起到缓冲作用，防止撞坏小车

C.若在两个小车的碰撞端分别贴上尼龙搭扣(或魔术贴)，可起到相同的作用

(2)关于实验的操作，下列说法正确的是_____。

A.实验前应微调木板的倾斜程度，使小车 P 能静止在木板上

B.接通打点计时器电源后，应将小车 P 由静止释放

C.与小车 P 碰撞前，小车 Q 应静止在木板上的适当位置

D.加砝码以改变小车质量再次实验，必须再次调整木板倾角

(3)打点计时器每隔 0.02 s 打一次点，实验得到的一条纸带如图 2 所示，已将各计数点之间的距离标在图上。则碰撞前小车 P 的速度为_____ m/s(计算结果保留 3 位有效数字)。

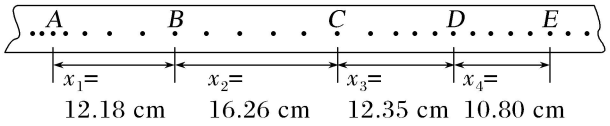
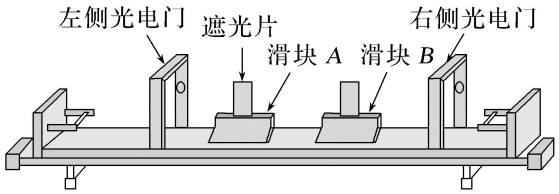


图 2

(4)测得小车 P 的总质量为 m_1，小车 Q 的总质量为 m_2，图 2 中 AB、BC、CD、DE 四段长度分别为 x_1、x_2、x_3、x_4，为了验证动量守恒定律，需要验证的表达式是_____(用题中所给物理量符号表示)。

3.验证动量守恒的实验可以在如图所示的气垫导轨上完成，其中左、右两侧的光电门可以记录遮光片通过光电门的挡光时间。实验前，测得滑块 A(连同其上的遮光片)的总质量为 m_1、滑块 B(连同其上的遮光片)的总质量为 m_2，两滑块上遮光片的宽度相同。实验时，开启气垫导轨气源的电源，轻轻拨动两滑块，两滑块在导轨上自由运动时近似为匀速运动，再让滑块 A 从导轨的左侧向右运动，穿过光电门与静止在两光电门之间的滑块 B 发生碰撞。



(1)关于实验，下列说法正确的是_____。

A.本实验可以不用通过垫高导轨的方式平衡滑块和轨道间的摩擦阻力

B.两滑块的质量应满足 $m_1>m_2$

C.需要用刻度尺测量两光电门之间的距离

D.需要用秒表测定滑块上的遮光片经过光电门的时间

(2)在某次实验中，光电门记录的遮光片挡光时间如下表所示。

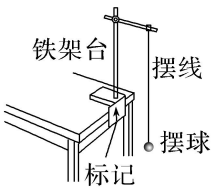
	左侧光电门	右侧光电门
碰前	T_1	无
碰后	T_2	T_3

在实验误差允许范围内，若满足关系式_____，即验证了碰撞前后两滑块组成的系统动量守恒(用测量的物理量表示)；在实验误差允许范围内，若还满足关系式_____，即验证了两滑块的碰撞为弹性碰撞(用测量的物理量表示)。

(3)若滑块 A 第一次经过左侧光电门的时间为 T，滑块 B 第一次经过右侧光电门的时间为 T'，通过改变两滑块的质量比值$\frac{m_1}{m_2}$、在两滑块间增加轻质弹簧，可以使比值$\frac{T}{T'}$变大，$\frac{T}{T'}$的上限值为_____。

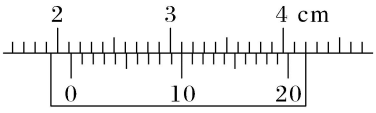
微专练 74　用单摆测量重力加速度的大小

1.小明学习了“用单摆测量重力加速度”实验后，利用图甲装置做了该实验。



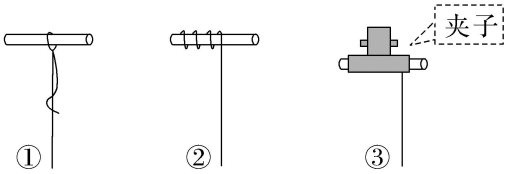
甲

(1)测量摆长时，先用毫米刻度尺测得摆球悬挂后的摆线长(从悬点到摆球的最上端)为 L，再用游标卡尺测得摆球的直径，读数如图乙所示，则 $d=$____ cm，若再测得单摆周期为 T，则当地的重力加速度 $g=$_____(用 L、d、T 表示)。

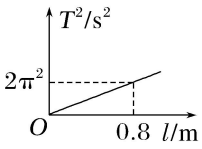


乙

(2)在安装装置时，摆线上端有三种系挂方式，下列哪种方式是正确的_____(填对应序号)。



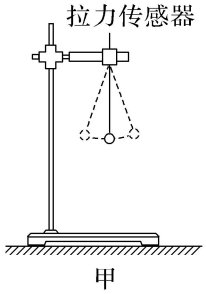
(3)在测量周期时，若从摆球运动到最低点开始计时且记数为 1，到第 n 次经过最低点所用的时间为 t，则单摆周期为 $T=$_____(用 n、t 表示)。



丙

(4)假如把该装置搬到月球上进行实验，改变单摆的摆长 l，多次测量单摆在不同摆长下所对应的周期 T，并描绘出 T^2-l 图像如图丙所示，则可得知月球表面的重力加速度大小为_____ m/s^2。

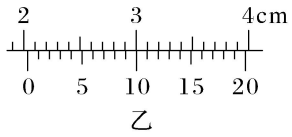
2.实验小组的小琪和小宇同学用如图甲所示的装置设计实验探究一些物理规律，完成下列问题：(以下均不考虑空气阻力影响)



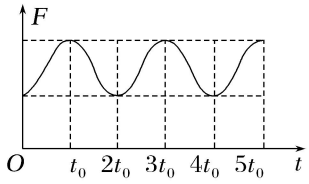
甲

(1)小琪同学提出可以利用此装置探究“机械能守恒定律”：用天平测出小球质量为 m，用刻度尺测

出细线长度为 L，用游标卡尺测出小球的直径为 d=_____ cm(如图乙所示)，再将细线一端系住小球，另一端悬挂在拉力传感器上，将小球拉偏离平衡位置一定角度θ，由静止释放(保持小球在竖直面内摆动)，并记录小球经过最低点时传感器的读数为 F。小宇同学看了小琪的操作过程，认为不需要测量细线长度和小球直径就可以验证机械能守恒定律，则_____(填“小琪”或“小宇”)的做法正确；若当地的重力加速度为 g，则需得到关系式 F=_____(用题中给出的相关物理量的符合表示)成立即可验证机械能守恒定律成立。



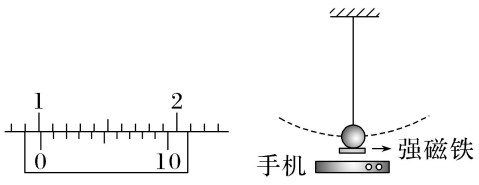
乙



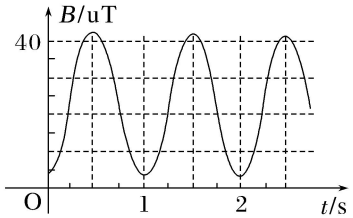
丙

(2)小宇同学又提出可以利用此装置做“用单摆测重力加速度”的实验：首先将拉力传感器连接计算机，再将小球拉偏平衡位置一定夹角(角度小于 5°且小球在竖直面内)无初速度释放，得到细线拉力随时间变化的图像如图丙所示(图中坐标均为已知量)。则可知此单摆的周期为_____；当地的重力加速度为_____(用 L、d、t_0 表示)。

3.智能手机自带许多传感器，某同学想到使用其中的磁感应强度传感器，结合单摆原理测量当地的重力加速度。具体操作如下：



甲　　乙



丙

a.用游标卡尺测量小钢球的直径 d，测得结果如图甲所示，其读数 d=_____ mm；

b.将细绳一端固定在 O 点，另一端系一小钢球，用毫米刻度尺测量出细绳的长度 L；

c.如图乙所示，将强磁铁吸附于小钢球下侧，在单摆的正下方放置一手机，打开手机中测量磁感应强度的应用软件；

d.使单摆小角度摆动，每当钢球经过手机时，磁传感器会采集到一个磁感应强度的峰值。采集到磁感应强度随时间变化的图像如图丙，由图丙得单摆的周期 T=_____ s(保留 2 位有效数字)；

e.若该同学把 O 点到钢球中心的距离作为单摆摆长，则重力加速度的表达式可表示为_____(用 L、d、T 进行表示)；

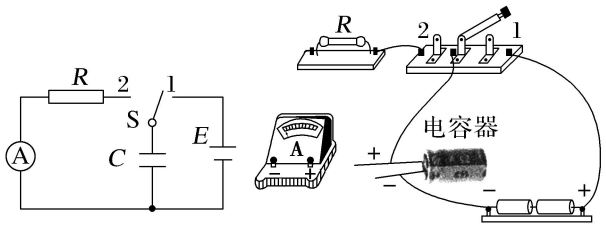
f.根据以上操作，该同学实验得出重力加速度值与当地重力加速度相比会_____(填“偏大”“偏小”或“相等”)。

微专练 75　观察电容器的充、放电现象

1.某同学通过实验观察电容器的放电现象，采用的实验电路如图甲所示，已知所用电解电容器的长引线是其正极，短引线是其负极。

(1)按图甲连接好实验电路，开关 S 应先接到_____，再接到_____，观察电容器的放电现象(均选填“1”或“2”)。

(2)根据图甲电路，请在图乙中用笔画线代替导线，完成实物电路的连接。

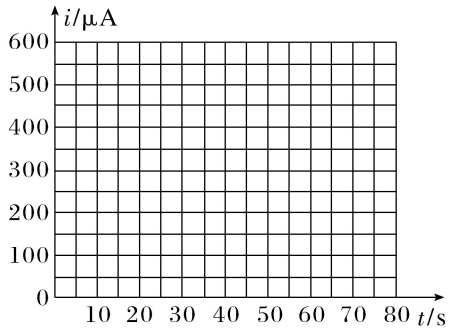


甲　　乙

(3)电容器开始放电的同时开始计时，每隔 5 s 读一次电流 i 的值，记录数据如下表。

时间 t/s	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
电流 i/μA	500	392	270	209	158	101	75	49	30	23	9	3

请根据表中的数据，在图丙中作出电流 i 随时间 t 变化的图线。

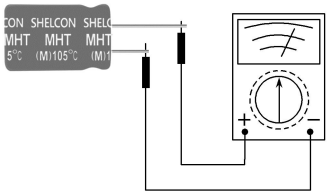


丙

2.在研究“电容器的充、放电现象”实验中，实验器材主要有：电容器(电解电容器，引脚上标明了“＋”、“－”)、多用电表、灵敏电流计、定值电阻、单刀双掷开关、直流电源、坐标纸、铅笔等。

(1)实验之前，先用多用表的欧姆挡对电容做初步检测：将多用表的两只表笔分别与电容器的两个引脚相连，由于电解电容引脚有“＋”、“－”之分，因此需要将多用电表_____(填“红”或“黑”)

表笔与电解电容器的“＋”引脚相连。多用表的欧姆挡与电容器正确连接后，如果观察到的表针摆动现象是_____(从下面选项中选择)，则表明被检测电容器正常。

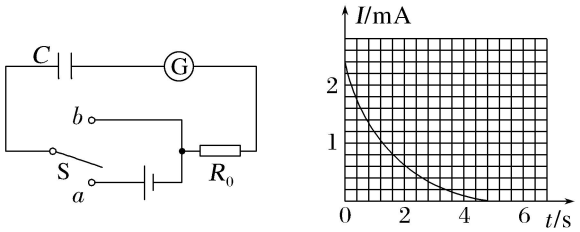


A.表针始终停在最左侧“∞”刻度处不动

B.表针从最左侧“∞”刻度处向右摆，然后停在最右侧不动

C.表针从最左侧“∞”刻度处向右摆，然后从右摆向左，最后停在最左侧“∞”刻度处不动

(2)将检测后正常的电容器和其他实验器材组成如图甲所示的电路。将开关 S 置于 a 对电容器充电，然后将开关 S 置于 b 使电容器放电，在放电过程中，每隔相等的时间记录一次电流表的读数，在坐标纸上描点、画图，得到的 $I-t$ 图像如图乙，_____表示电容器充电结束后储存的电量，经估算得出电容器储存的电量为 3.2×10^{-3} C，电源电动势为 10 V，电容器的电容 $C=$_____ F。



甲　　乙

3.如图 1 所示，在探究影响平行板电容器电容的因素的实验中，给平行板电容器充上一定量的电荷后，将电容器的两极板 A、B 分别跟静电计的金属球和外壳相连(接地)。现请回答下列问题：

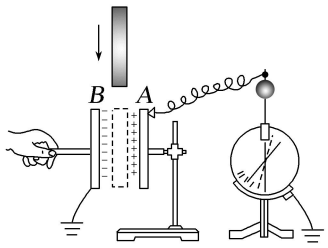


图 1

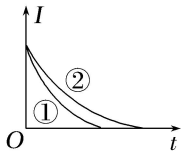


图 2

(1)将 B 极板向左移动少许，则静电计指针的偏转角将_____；将一块陶瓷板插入 A、B 两极板之间，则静电计指针的偏转角将_____(均选填“增大”“减小”或“不变”)。

(2)该同学用同一电路分别给两个不同的电容器充电，电容器的电容 $C_1>C_2$，充电时通过传感器的电流随时间变化的图像如图 2 中①②所示，其中对应电容为 C_1 的电容器充电过程 $I-t$ 图像的是_____(选填①或②)。

微专练 76　测量导体的电阻和电阻率

1.采用图 1 所示的电路图来测量金属丝 R_x 的电阻率。

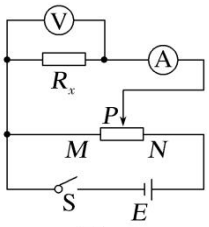


图 1

(1)实验时，闭合开关 S 前，滑动变阻器的滑片 P 应处在_____(填“M”或“N”)端。

(2)按照图 1 连接实物图，如图 2 所示。闭合开关前检查电路时，发现有一根导线接错，该导线为_____(填 “a”“b” 或 “c”) 。 若 闭 合 开 关 ， 该 错 误 连 接 会 带 来 的 问 题 有_____。

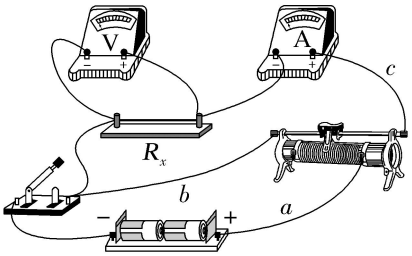


图 2

2.导电漆是将金属粉末添加于特定树脂原料中制作而成的能导电的喷涂油漆。现有一根用导电漆制成的截面为正方形的细长样品(固态)，某同学欲测量其电阻率，设计了如图(a)所示的电路图，实验步骤如下：

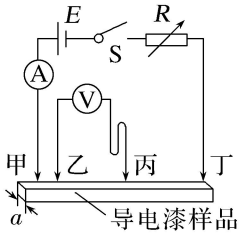


图 (a)

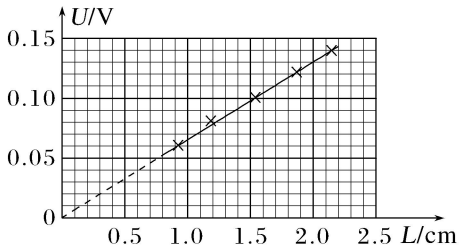


图 (b)

a.测得样品截面的边长 $a=0.20$ cm；

b.将平行排列的四根金属探针甲、乙、丙、丁与样品接触，其中甲、乙、丁位置固定，丙可在乙、丁间左右移动；

c.将丙调节至某位置，测量丙和某探针之间的距离 L；

d.闭合开关 S，调节电阻箱 R 的阻值，使电流表示数 $I=0.40$ A，读出相应的电压表示数 U，断开开关 S；

e.改变丙的位置，重复步骤 c、d，测量多组 L 和 U，作出 $U-L$ 图像如图(b)所示，得到直线的斜率 k。

回答下列问题：

(1)L 是丙到_____(填“甲”“乙”或“丁”)的距离。

(2)写出电阻率的表达式ρ=_____(用 k、a、I 表示)。

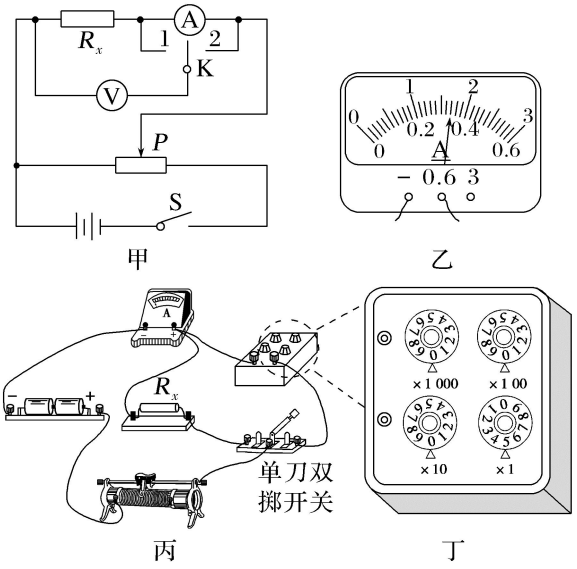
(3)根据图像计算出该样品的电阻率ρ=_____Ω·m(保留 2 位有效数字)。

3.小李在实验室测量一电阻 R_x 的阻值。

(1)因电表内阻未知，用如图甲所示的电路来判定电流表该内接还是外接。正确连线后，合上开关 S，将滑动变阻器的滑片 P 移至合适位置。单刀双掷开关 K 掷到 1 时，电压表的读数 U_1=1.65 V，电流表的示数如图乙所示，其读数 I_1=_____ A；将 K 掷到 2 时，电压表和电流表的读数分别为 U_2=1.75 V，I_1=0.33 A。由此可知应采用电流表_____(填“内”或“外”)接法。

(2)完成上述实验后，小李进一步尝试用其他方法进行实验：

①器材间连线如图丙所示，请在虚线框中画出对应的电路图。



K

②先将单刀双掷开关掷到左边，记录电流表读数，再将单刀双掷开关掷到右边，调节电阻箱的阻值，使电流表的读数与前一次尽量相同，此时电阻箱的示数如图丁所示。则待测电阻 R_x=_____ Ω。此方法_____(填“有”或“无”)明显的实验误差，其理由是_____。

微专练 77　测量电源的电动势和内阻

1.用图 1 所示的甲、乙两种方法测量某电源的电动势和内电阻(约为 1 Ω)。其中 R 为电阻箱，电流表的内电阻约为 0.1 Ω，电压表的内电阻约为 3 kΩ。

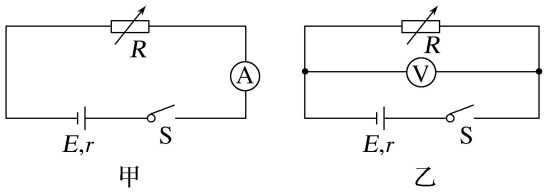


图 1

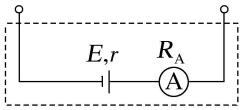


图 2

(1)利用图 1 中甲图实验电路测电源的电动势 E 和内电阻 r，所测量的实际是图 2 中虚线框所示“等效电源”的电动势 E'和内电阻 r'。若电流表内电阻用 R_A 表示，请你用 E、r 和 R_A 表示出 E'＝_____，r'＝_____，并简要说明理由_____。

(2)某同学利用图像分析甲、乙两种方法中由电表内电阻引起的实验误差。在图 3 中，实线是根据实验数据(图甲：$U=IR$，图乙：$I=\frac{U}{R}$)描点作图得到的 $U-I$ 图像；虚线是该电源的路端电压 U 随电流 I 变化的 $U-I$ 图像(没有电表内电阻影响的理想情况)。

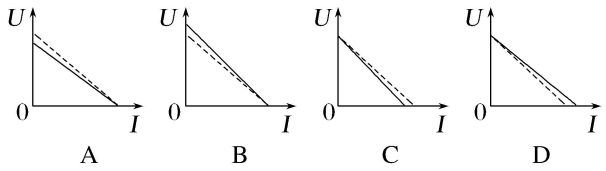
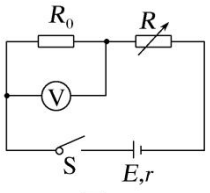


图 3

在图 3 中，对应图甲电路分析的 $U-I$ 图像是_____；对应图乙电路分析的 $U-I$ 图像是_____。

(3)综合上述分析，为了减小由电表内电阻引起的实验误差，本实验应选择图 1 中的_____(填“甲”或“乙”)。

2.一实验小组利用图(a)所示的电路测量一电池的电动势 E(约 1.5 V)和内阻 r(小于 2 Ω)。图中电压表量程为 1 V，内阻 R_V＝380.0 Ω，定值电阻 R_0＝20.0 Ω；电阻箱 R，最大阻值为 999.9 Ω；S 为开关。按电路图连接电路。完成下列填空：



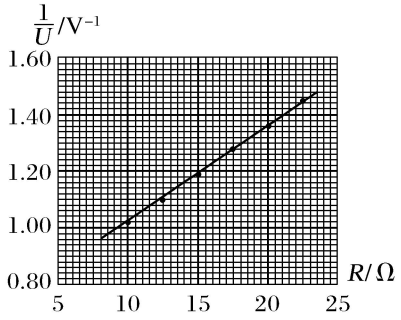
图(a)

(1)为保护电压表，闭合开关前，电阻箱接入电路的电阻值可以选_____Ω(填“5.0”或“15.0”)。

(2)闭合开关，多次调节电阻箱，记录下阻值 R 和电压表的相应读数 U。

(3)根据图(a)所示电路，用 R、R_0、R_V、E 和 r 表示$\frac{1}{U}$，得$\frac{1}{U}$＝_____。

(4)利用测量数据，作$\frac{1}{U}-R$ 图线，如图(b)所示：

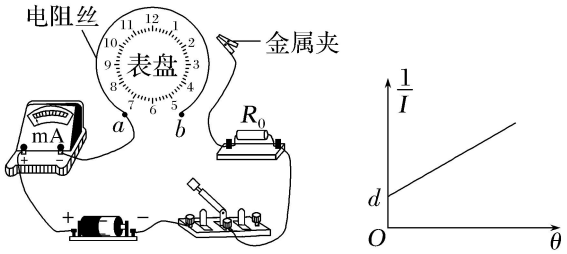


图(b)

(5)通过图(b)可得 E=_____ V(保留 2 位小数)，r=_____ Ω(保留 1 位小数)。

3.某实验小组需测定电池的电动势和内阻，器材有：一节待测电池、一个单刀双掷开关、一个定值电阻(阻值为 R_0)、一个电流表(内阻为 R_A)、一根均匀电阻丝(电阻丝总阻值大于 R_0，并配有可在电阻上移动的金属夹)、导线若干。由于缺少刻度尺，无法测量电阻丝长度，但发现桌上有一个圆形时钟表盘。某同学提出将电阻丝绕在该表盘上，利用圆心角来表示接入电路的电阻丝长度。主要实验步骤如下：

(1)将器材如图(a)连接。



图(a)　　图(b)

(2)开关闭合前，金属夹应夹在电阻丝的_____端(填“a”或“b”)。

(3)改变金属夹的位置，闭合开关，记录每次接入电路的电阻丝对应的圆心角θ和电流表示数 I，得到多组数据。

(4)整理数据并在坐标纸上描点绘图，所得图像如图(b)所示，图线斜率为 k，纵轴截距为 d，设单位角度对应电阻丝的阻值为 r_0。该电池电动势和内阻可表示为 E=_____，r=_____(用 R_0、R_A、k、d、r_0 表示)。

(5)为进一步确定结果，还需要测量单位角度对应电阻丝的阻值 r_0，利用现有器材设计实验，在图(c)虚线框中画出实验电路图(电阻丝用滑动变阻器符号表示)。

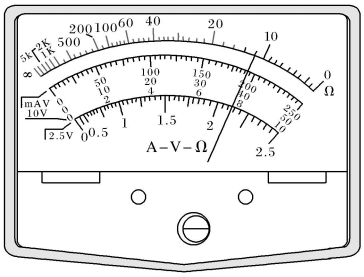
K

图(c)

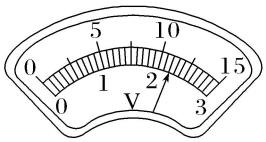
(6)利用测出的 r_0，可得该电池的电动势和内阻。

微专练 78　用多用电表测量电学中的物理量

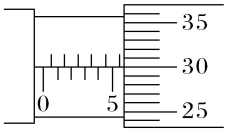
1.请正确读出下列实验中所用仪器的示数。



甲



乙



丙

(1)多用电表的选择开关打到“×10”挡，表盘指针如图甲所示，则该阻值为_____ Ω。

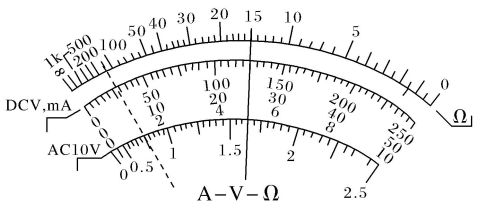
(2)电压表所选的量程为 0～3.0 V，指针位置如图乙所示，则测量的电压值为_____ V。

(3)螺旋测微器的固定刻度和可动刻度位置如图丙所示，则被测物体的长度为_____ mm。

2.某同学用多用电表欧姆挡“×100”挡估测某一电压表内阻时，发现指针位置如图甲中虚线所示。

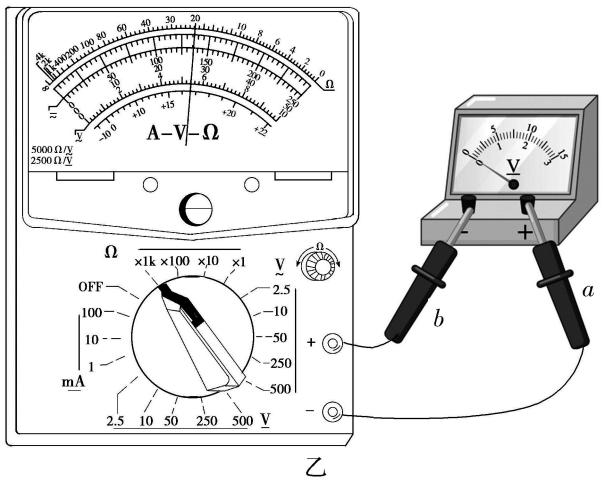
(1)为使测量更准确，应将挡位换为_____挡(选填“×10”或“×1k”)，并将红、黑表笔短接，进行_____(选填“机械调零”或“欧姆调零”)后再测量。

(2)重新正确测量后，刻度盘上的指针位置如图甲中实线所示，则该欧姆表在此挡位时的内阻为_____ Ω。



甲

(3)如图乙所示为用多用电表测量电压表内阻的电路图，其中 a 是_____表笔(选填“红”或“黑”)。



乙

3.居家学习期间，某同学利用铜片、锌片和柑橘制作了果汁电池，然后利用家里的多用电表测量这种电池的电动势 E 和内阻 r，方案如下：

(1)测电池内阻时，下列实验步骤正确的操作顺序为_____(填各实验步骤前的字母)。

A.将选择开关置于“×10”位置

B.将选择开关置于“OFF”位置

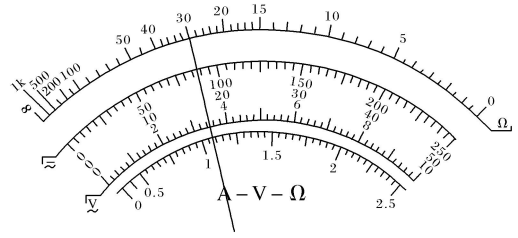
C.将两个表笔插入电池两极内侧，尽量靠近两极而不与两极接触，读出其阻值后随即断开

D.将两表笔直接接触，调节欧姆调零旋钮，使指针指向“右侧的 0”

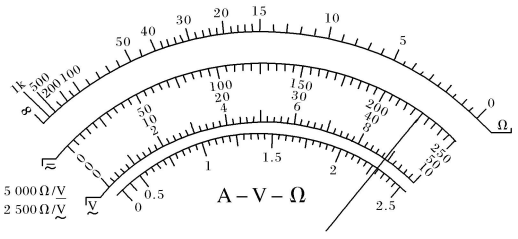
(2)上述步骤 C 时，欧姆表指针如图甲所示，则电池内阻约为_____ Ω。

(3)测电池电动势时，先在电池两端连接一个滑动变阻器作为负载，然后用多用电表的直流电压挡分别测量外电压和内电压，其中测外电压时，选择开关置于直流电压 1 V 挡，指针位置如图乙所示，则此时外电压为_____ V。

(4)根据公式 E=_____(用内电压 $U_{内}$和外电压 $U_{外}$表示)即可得到电池电动势。



甲



乙

微专练 79　简单传感器及电路设计

1.热敏电阻的阻值会随温度的变化而变化。实验小组用伏安法测量某热敏电阻的阻值，并研究其阻值与温度的关系，实验室可提供的器材有：热敏电阻 R_t(阻值在几百到几千欧的范围内)；电压表 V(量程为 15 V，内阻约 3 kΩ)；电流表 A(量程为 10 mA，内阻约 1 Ω)；滑动变阻器 R(最大阻值 20 Ω)；蓄电池(电动势为 E＝12 V，内阻不计)；开关、导线若干。

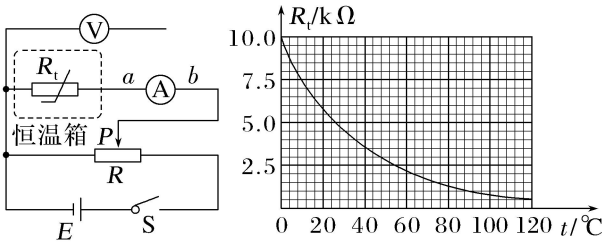


图 1　　图 2

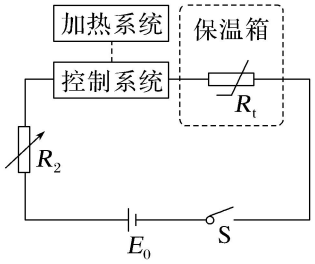


图 3

(1)为了减小热敏电阻的测量误差，图 1 中电压表右侧导线接_____(选填“*a*”或“*b*”)；正确连接电路后，调节恒温箱中的温度，调节滑动变阻器的滑片 *P*，使电流表和电压表示数在合适数值，记录对应的电流表和电压表的示数，并算出热敏电阻的阻值 R_t。多次改变温度 *t*，算出对应的阻值 R_t。

(2)在坐标纸上作出 R_t 与温度 *t* 的关系图像如图 2 所示。由图可知，当电压表的示数为 9.0 V，电流表的示数为 3.0 mA 时，热敏电阻所在处的温度约为_____ ℃。

(3)实验小组用该热敏电阻设计了如图 3 所示的保温箱温度控制电路，R_t 为热敏电阻，R_2 为电阻箱，控制系统可视为 R＝300 Ω的电阻，电源的电动势 E_0＝10 V(内阻不计)。当通过控制系统的电流小于 2 mA 时，加热系统将开启为保温箱加热；当通过控制系统的电流达到 2 mA 时，加热系统将关闭。若要使得保温箱内温度低于 48 ℃，加热系统就开启，应将 R_2 调为_____ Ω。

2.某研究性学习小组利用压敏电阻制作电子秤。已知压敏电阻在压力作用下发生微小形变，它的电阻也随之发生变化，其阻值 *R* 随压力 *F* 变化的图像如图(a)所示，其中 R_0＝15 Ω，图像斜率 k＝1.4 Ω/N。小组同学按图(b)所示电路制作了一个简易电子秤(秤盘质量不计)，电路中电源电动势 E＝3.5 V，内阻未知，电流表量程为 10 mA，内阻 R_A＝18 Ω，*g* 取 10 m/s^2。实验步骤如下：

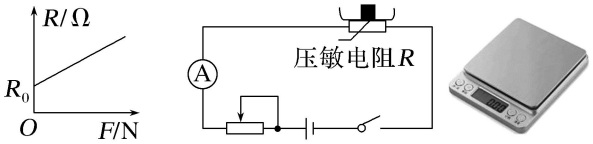


图 (a)　　图 (b)　　图 (c)

(1)实验有下列一些步骤，则合理的步骤顺序为_____。

①秤盘上放置已知重力的重物 *G*，保持滑动变阻器接入电阻不变，读出此时毫安表示数 *I*；

②换用不同已知质量的重物，记录每一个质量值对应的电流值；

③秤盘上不放重物时，闭合开关，调节滑动变阻器，使电流表指针满偏；

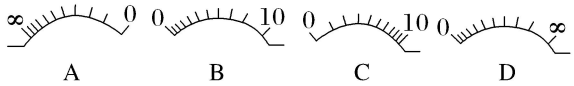
④将电流表刻度盘改装为质量刻度盘。

(2)实验时发现电流表量程偏小，根据需要将其量程扩大为 100 mA，则应该给该电流表_____(填

“串联”或“并联”)阻值为_____ Ω的电阻。

(3)用改装后的电流表进行操作，若电流表示数 20 mA，则待测重物质量 m＝_____ kg(结果保留 2 位有效数字)。

(4)电流表表盘改动后，正确的刻度线及 0 刻度位置最合理的是_____。

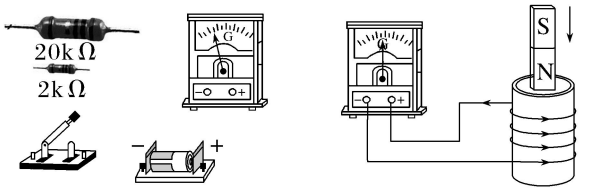


(5)若电源电动势不变，内阻变大，其他条件不变，用这台电子秤称重前，进行了步骤③的操作，则测量结果_____(填“偏大”“偏小”或“不变”)。

微专练 80　探究影响感应电流方向的因素

1.在“探究影响感应电流方向的因素”实验中，

(1)为安全检测灵敏电流表指针偏转方向与电流流向的关系，在给出的实物图(如图甲)中，将需要的实验仪器连成完整的实验电路。



甲　　乙

(2)电路中定值电阻的作用主要是_____。

A.减小电路两端的电压，保护电源

B.增大电路两端的电压，保护电源

C.减小电路中的电流，保护灵敏电流表

D.减小电路中的电流，便于观察灵敏电流表的读数

(3)如图乙所示，下列实验操作中说法正确的是_____。

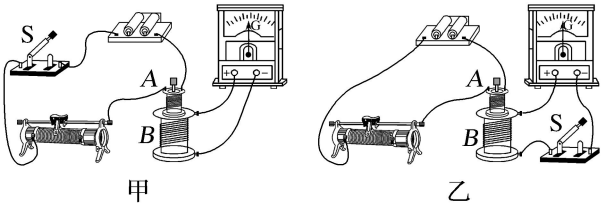
A.判断感应电流的方向时，需要先确定线圈的绕法

B.实验中需要将条形磁体的磁极快速插入或快速拔出，感应电流的产生将更加明显

C.实验中将条形磁体的磁极插入或拔出时，不管缓慢，还是迅速，对实验现象都不影响

D.将 N 极向下插入线圈或将 S 极向下插入线圈，电流表的偏转方向相同

2.(1)如图甲所示是“探究影响感应电流方向的因素”的实验装置：



甲　　乙

①如果在闭合开关时发现灵敏电流计的指针向右偏了一下，那么合上开关后，将 *A* 线圈迅速插入 *B* 线圈中，电流计指针将_____偏转(填“向左”“向右”或“不”)。

②按甲图连好电路，并将 *A* 线圈插入 *B* 线圈中后，若要使灵敏电流计的指针向左偏转，可采取的操作是_____。

A.插入铁芯

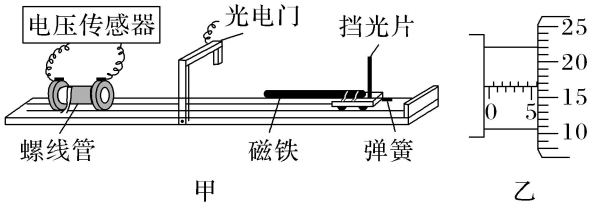
B.拔出 *A* 线圈

C.变阻器的滑片向左滑动

D.断开开关 S 瞬间

(2)某同学在做实验时突发奇想，将开关接在 *B* 线圈所在回路，如图乙所示，则在闭合和断开开关时，_____(填“能”或“不能”)观察到与图甲电路相同的现象。

3.某学习小组在“研究回路中感应电动势大小与磁通量变化快慢的关系”实验中采用了如图甲所示的实验装置。



(1)实验需用螺旋测微器测量挡光片的宽度Δ*d*，示数如图乙所示，则Δ*d*＝_____ mm。

(2)在实验中，让小车以不同速度靠近螺线管，记录下光电门挡光时间Δ*t* 内感应电动势的平均值 *E*，改变速度多次实验，得到多组数据。这样的实验设计满足了物理实验中常用的“控制变量法”，你认为小车以不同速度靠近螺线管过程中不变的量是：在 Δ*t* 时间内_____。

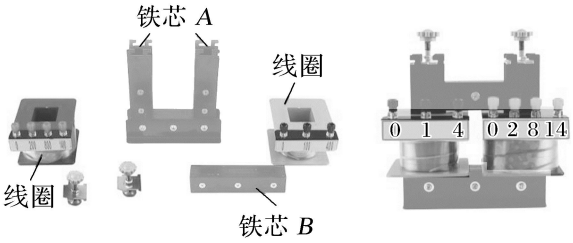
(3)得到多组Δ*t* 与 *E* 的数据之后，若以 *E* 为纵坐标、Δ*t* 为横坐标画出 *E*－Δ*t* 图像，发现图像是一条曲线，不容易得出清晰的实验结论，为了使画出的图像为一条直线，最简单的改进办法是以_____为横坐标。

(4)根据改进后画出的图像得出的结论是：在误差允许的范围内_____。

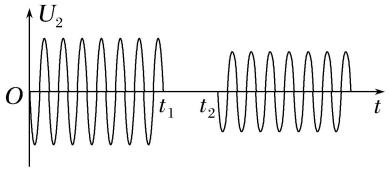
(5)其他条件都不变，若换用匝数加倍的线圈做实验，根据实验数据所作出的那条直线，其斜率_____(填“减半”“不变”或“加倍”)。

微专练 81　探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系

1.某兴趣小组用如图甲所示的可拆变压器进行“探究变压器线圈两端的电压与匝数的关系”实验。



甲 可拆变压器零部件　　乙 组装后的变压器



丙

(1)实验中先保持原线圈的匝数不变，改变副线圈的匝数，研究其对副线圈电压的影响。该实验用的物理研究方法是_____。

A.等效法　　B.控制变量法

C.微元法

(2)某同学将组装好的变压器原线圈接在交流电源上，副线圈接在电压传感器上，观察到副线圈电压 U_2 随时间 t 变化的图像如图丙所示，在保证安全的前提下，该同学可能在 t_1～t_2 时间内进行的操作是_____。

A.减少了原线圈的匝数

B.减少了副线圈的匝数

C.降低了交流电源的频率

D.拔掉了变压器铁芯 B

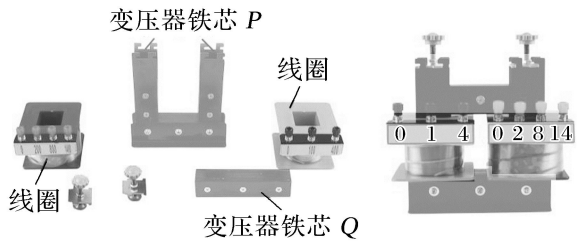
2.在探究“变压器的电压与匝数的关系”实验中，可拆变压器如图所示。

(1)为了确保实验的安全，下列说法正确的是_____。

A.为了人身安全，只能使用低压直流电源，所用电压不要超过 16 V

B.为使接触良好，通电时应用手直接捏紧裸露的接线柱

C.确保多用电表的安全，使用交流电压挡测电压时，先用最大量程挡试测



甲 可拆变压器零部件　　乙 组装后的变压器

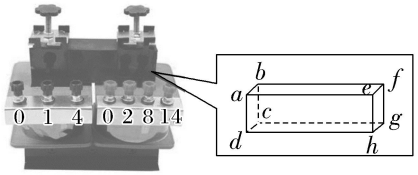
(2)变压器铁芯是利用由相互绝缘的薄硅钢片平行叠压而成的，而不是采用一整块硅钢。

①铁芯 Q 安放在铁芯 P 上时，硅钢片应平行于_____。

A.平面 $abcd$　　B.平面 $abfe$

C.平面 *abgh*　　D.平面 *aehd*

②这样设计的原因是_____。



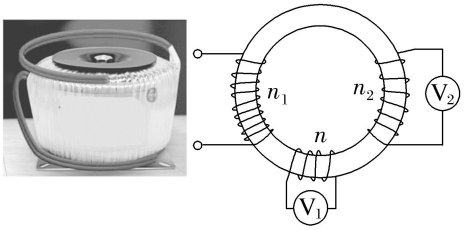
(3)观察两个线圈的导线，发现粗细不同，导线粗的线圈匝数_____(选填“多”或“少”)。

(4)用匝数 n_a=400 匝和 n_b=800 匝的变压器进行实验时测量的数据如表：

U_a/V	1.80	2.80	3.80	4.90
U_b/V	4.00	6.01	8.02	9.98

根据测量数据可判断出变压器的原线圈为_____(选填“*a*”或“*b*”)。

3.功放机内部的变压器一般为环状，简称环牛，如图所示。某同学利用环牛探究变压器原、副线圈两端的电压与匝数之间的关系(环牛效率极高，可看成理想变压器)。



(1)测量环牛的初级(原)、次级(副)线圈匝数 n_1、n_2 的方法是：先在闭合铁芯上紧密缠绕 n=70 匝漆包细铜线，并将理想交流电压表 1 接在细铜线两端；然后在初级线圈(左侧)上输入有效值为 24.0 V 的低压交流电，再将理想交流电压表 2 连接在次级线圈(右侧)上，若理想交流电压表 1 的示数为 3.0 V，理想交流电压表 2 的示数为 12.0 V，则次级线圈的匝数 n_2=_____。

(2)若在初级线圈(左侧)上接入电压瞬时值 $u=220\sqrt{2}\sin(100\pi t)$V 的电压，则连接在次级线圈(右侧)上理想交流电压表 2 的示数为_____ V。

(3)由于变压器工作时有能量损失，实验中测得的原、副线圈的电压比_____(选填“大于”“等于”或“小于”)原、副线圈的匝数比$\frac{n_1}{n_2}$。

(4)导致实验误差的原因可能是_____。

A.变压器的铁芯漏磁

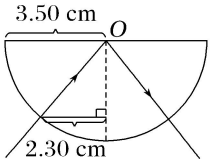
B.原线圈所加电压小

C.变压器的铁芯产生涡流

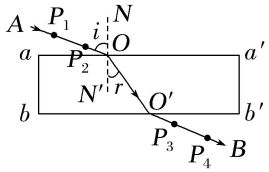
微专练 82　测量玻璃的折射率

1.小周在“测量玻璃折射率”的实验中，使用了以下器材：直径为 7.00 厘米的半圆形玻璃砖、红色激

光、平木板、图钉(若干)、白纸、铅笔、三角尺，当激光沿某一半径方向照射到圆心 O 点时恰好发生全反射。他作出的光路图如图所示，则玻璃砖的折射率为_____(保留 3 位有效数字)。将入射光线向右平移一小段距离，_____(填“有”或“没有”)光线从玻璃砖底面射出。



2.在“测量玻璃折射率”实验中：



(1)下列关于本次实验的说法正确的是_____(多选)。

A.为保证实验现象明显，实验时入射角越大越好

B.该实验只能测量两面平行的玻璃砖的折射率

C.插大头针时应使 P_1 和 P_2、P_3 和 P_4 的间距稍大一些，从而减小误差

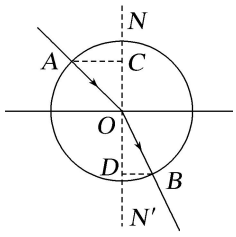
D.插大头针时，大头针应垂直纸面插放

(2)两位同学选择的器材和操作如下：

A.甲同学在白纸上正确画出平行玻璃砖的两个界面 aa'与 bb'后，在实验过程中将玻璃砖垂直于 aa'方向沿纸面向上平移了少许，其他操作正确。

B.乙同学在白纸上画 aa'、bb'两界面时绘图失误，白纸上记录的玻璃砖两界面间距比实际上的平行玻璃砖两界面的间距稍微大些，其他操作正确。

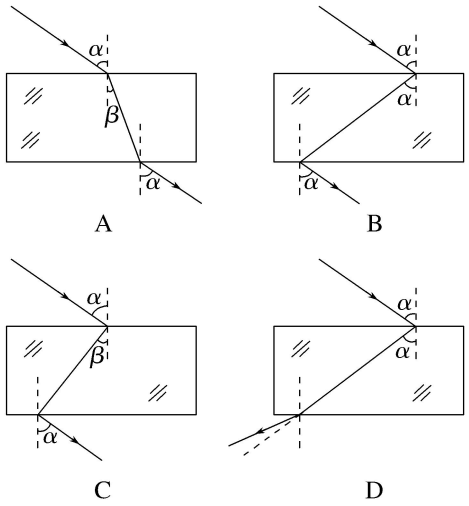
甲同学测出玻璃砖的折射率与真实值相比_____，乙同学测出玻璃砖的折射率与真实值相比_____(均选填“偏大”“偏小”或“不变”)。



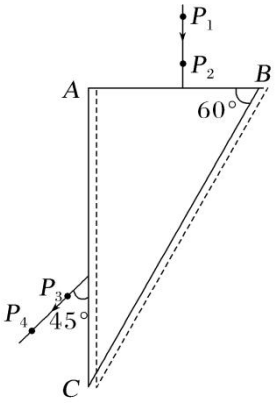
(3)某同学在白纸上画出光线的径迹，以入射点 O 为圆心作一半径为 5.00 cm 的圆，与入射光线、折射光线分别交于 A、B 点，再过 A、B 点作法线 NN'的垂线，垂足分别为 C、D 点，如图所示。测得 AC ＝3.50 cm，BD＝2.30 cm，则玻璃的折射率 n＝_____(结果保留 2 位小数)。

(4)以往，已知材料的折射率都为正值(n>0)。现已有针对某些电磁波设计制作的人工材料，其折射率可以为负值(n<0)，称为负折射率材料。位于空气中的这类材料，入射角 i 与折射角 r 依然满足$\frac{\sin i}{\sin r}$＝n，但是折射线与入射线位于法线的同一侧(此时折射角取负值)。若该材料对于电磁波的折射率 n＝－

1，正确反映电磁波穿过该材料的传播路径的示意图是_____。



3.某实验小组的同学用直角三棱镜做“测量玻璃折射率”的实验。他们先在白纸上画出三棱镜的轮廓(用实线△*ABC* 表示)，然后放好三棱镜，在垂直于 *AB* 的方向上插上两枚大头针 P_1 和 P_2，在棱镜的左侧观察，当 P_1 的像恰好被 P_2 的像挡住时，插上大头针 P_3，使 P_3 挡住 P_1、P_2 像，再插上大头针 P_4，使 P_4 挡住 P_3 和 P_1、P_2 的像。移去三棱镜和大头针，大头针在纸上的位置如图所示。



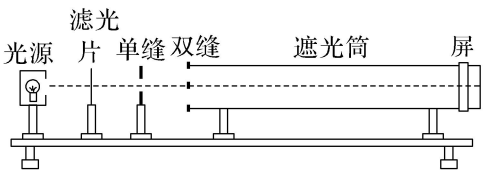
(1)将图中的光路图补充完整。

(2)根据图中所给数据，可得该玻璃的折射率 *n*＝_____。

(3)若实验中放置三棱镜的位置发生了微小的平移，移至图中虚线处，而测量时仍将△*ABC* 作为实验中棱镜所处位置，根据光路图用量角器量出 *AC* 面的入射角和折射角，再利用上述数据计算出该玻璃折射率的测量值_____(填“大于”“小于”或“等于”)真实值，理由是_____。

微专练 83　用双缝干涉实验测量光的波长

1.“用双缝干涉测光的波长”的实验装置如图所示，光源为白炽灯。



(1)下列说法正确的是_____(填选项前的字母)。

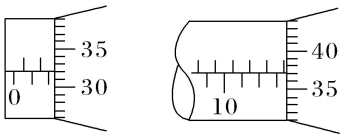
A.调节光源高度使光束沿遮光筒轴线照在屏中心时，应放上单缝和双缝

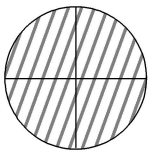
B.为了减小测量误差，可测出 n 条亮纹中心间的距离 a，求出相邻两条亮纹间距$\Delta x=\dfrac{a}{n-1}$

C.将单缝向双缝移动一小段距离后，干涉条纹间距变宽

D.去掉滤光片后，干涉现象消失

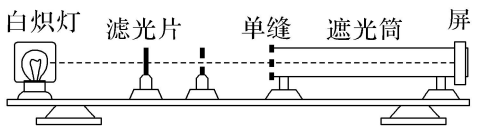
(2)已知双缝间距 $d=0.2$ mm，双缝到屏间的距离 $L=800$ mm。将测量头的分划板中心刻线与某亮条纹的中心对齐，将该亮条纹定为第 1 条亮条纹，此时手轮上的示数如图甲所示。然后同方向转动测量头，使分划板中心刻线与第 6 条亮条纹中心对齐，此时手轮上的示数如图乙所示，求得这种色光的波长λ＝_____ nm(结果保留 3 位有效数字)。





(3)若在目镜中观察到如图所示的情形。实验中其他操作无误，则此情形下测得的单色光波长将_____(填“偏大”“不变”或“偏小”)。

2.在“用双缝干涉测光的波长”实验中(实验装置如图所示)：

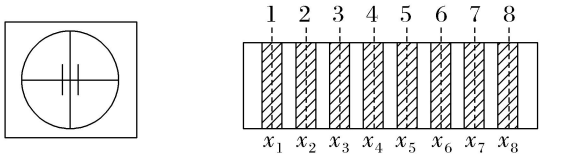


(1)关于观察到的现象，下列说法正确的是_____。

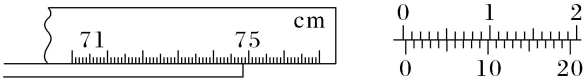
A.观察到白光的干涉图样是：可以看到彩色的干涉条纹，中央为一条白亮的零级干涉条纹；彩色条纹的排列，以零级亮条纹为中心左右对称，在第一级亮条纹中紫色在最外侧

B.看到白光的干涉条纹后，在单缝前面放上红色或绿色滤光片，即可看到红黑相间或绿黑相间的干涉条纹，且红条纹的间距比绿条纹的间距大

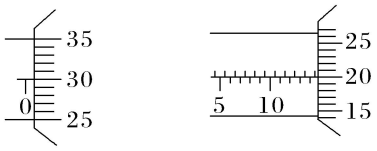
(2)用某种单色光做双缝干涉实验时，已知双缝间的距离 d 的大小恰好是图中游标卡尺的读数为 0.25 mm，如图丁所示；双缝到毛玻璃间的距离的大小由图中的毫米刻度尺读出为 748.8 mm，如图丙所示；实验时先移动测量头(如图甲所示)上的手轮，把分划线对准靠近最左边的一条亮条纹(如图乙所示)，并记下螺旋测微器的读数 x_1(如图戊所示)，然后转动手轮，把分划线向右移动，直到对准第 7 条亮条纹并记下螺旋测微器的读数 x_2(如图己所示)，由以上测量数据求得该单色光的波长为_____ m。



图甲　　图乙

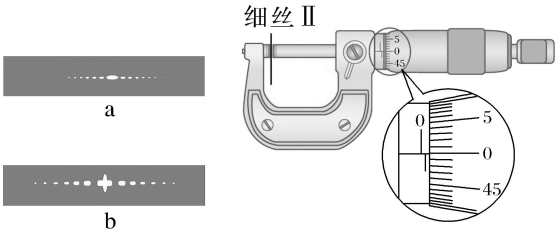


图丙　　图丁

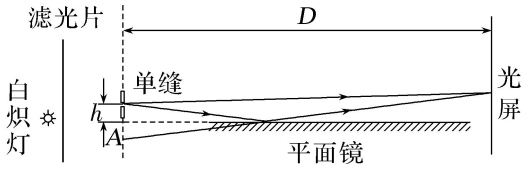


图戊　　图己

3.(1)细丝和单缝有相似的衍射图样，在相同条件下，小明用激光束分别垂直照射两种不同直径的细丝Ⅰ和细丝Ⅱ，在光屏上形成的衍射图样如图中 a 和 b 所示，已知细丝Ⅰ的直径为 0.605 mm，现用螺旋测微器测量细丝Ⅱ的直径，如图所示，则细丝Ⅱ的直径为_____ mm；图中的_____(填“a”或“b”)是细丝Ⅱ的衍射图样。



(2)小明在做“用双缝干涉测量光的波长”实验时，尝试用单缝和平面镜做类似实验。单缝和平面镜的放置如图所示，白炽灯发出的光经滤光片后成为波长为λ的单色光照射单缝，能在光屏上观察到明暗相间的干涉条纹。小明测得单缝与镜面延长线的距离为 h，与光屏的距离为 D，则条纹间距Δx＝_____，随后小明撤去平面镜，在单缝下方 A 处放置同样的另一单缝，形成双缝结构，则在光屏上_____(填“能”会“不能”)观察到干涉条纹。



微专练 84　用油膜法估测油酸分子的大小

1.在“用油膜法估测油酸分子的大小”的实验中，我们通过宏观量的测量间接计算微观量。

(1)本实验利用了油酸分子易在水面上形成_____(填“单层”或“多层”)分子油膜的特性。若将一滴油酸酒精溶液滴到水面上，这滴溶液中含有纯油酸的体积为 V，形成面积为 S 的油酸薄膜，则由此可估测油酸分子的直径为_____。

(2)某同学实验中先取一定量的无水酒精和油酸，制成一定浓度的油酸酒精溶液，测量并计算出一滴油酸酒精溶液中纯油酸的体积后，接着又进行了下列操作：

A.将一滴油酸酒精溶液滴到水面上，在水面上自由地扩展为形状稳定的油酸薄膜

B.将画有油酸薄膜轮廓的玻璃板放在坐标纸上计算油酸薄膜的面积

C.将玻璃板盖到浅水盘上，用彩笔将油酸薄膜的轮廓画在玻璃板上

D.向浅盘中倒入约 2 cm 深的水，将痱子粉均匀地撒在水面上

以上操作的合理顺序是_____(填字母代号)。

(3)该同学做完实验后，发现自己所测的分子直径 d 明显偏大，出现这种情况的原因可能是_____。

A.将滴入的油酸酒精溶液体积作为纯油酸体积进行计算

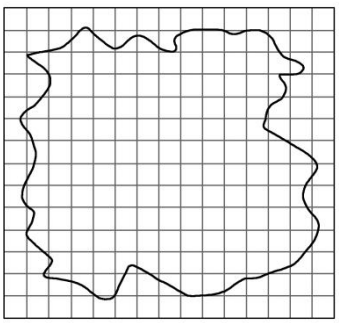
B.油酸酒精溶液长时间放置，酒精挥发使溶液的浓度发生了变化

C.水面上痱子粉撒得太多，油膜没有充分展开

D.计算油膜面积时，将不完整的方格作为完整方格处理

(4)将 1 cm^3 的油酸溶于酒精，制成 200 cm^3 的油酸酒精溶液；测得 1 cm^3 的油酸酒精溶液有 50 滴。现取一滴该油酸酒精溶液滴在水面上，测得所形成的油膜面积是 0.16 m^2。由此估算出油酸分子的直径为_____m(结果保留 1 位有效数字)。

2.在做“用油膜法估测分子的大小”的实验中，将油酸溶于酒精，其浓度为每 1 000 mL 溶液中有 0.6 mL 油酸。用注射器测得 1 mL 上述溶液有 75 滴，把 1 滴该溶液滴入盛水的浅盘里，待水面稳定后，将玻璃板放在浅盘上，用彩笔在玻璃板上描出油酸的轮廓，再把玻璃板放在坐标纸上，其形状和大小如图所示，坐标纸中正方形方格的边长为 1 cm，试求：



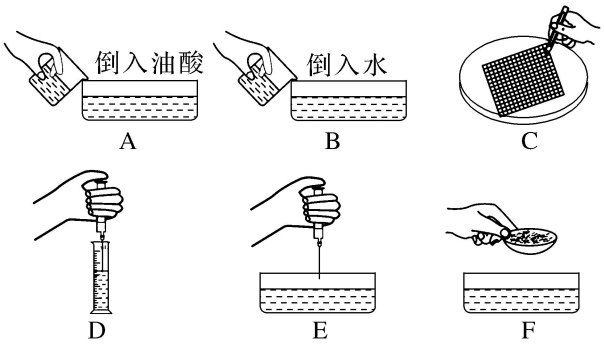
(1)油酸膜的面积是_____ cm^2。

(2)每滴油酸酒精溶液中含有纯油酸的体积是_____ mL。

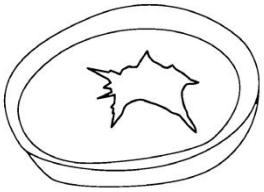
(3)按以上实验数据估测出油酸分子的直径是_____ m。

3.某实验小组完成“用油膜法估测油酸分子的大小”的实验。

(1)该小组进行下列实验操作，请选出需要的实验操作，并将它们按操作先后顺序排列：D_____C(用字母符号表示)。



(2)某次实验时，滴下油酸酒精溶液后，痱子粉迅速散开形成如图所示的“锯齿”边沿图案，出现该图样的可能原因是_____。



A.盆中装的水量太多

B.痱子粉撒得太多，且厚度不均匀

C.盆太小，导致油酸无法形成单分子层

(3)甲、乙、丙三位同学分别在三个实验小组做“用油膜法估测油酸分子的大小”实验，但都发生了操作错误。其中会导致所测的分子直径 d 偏小的是_____。

A.甲同学在配制油酸酒精溶液时，不小心把酒精倒少了一点，导致油酸酒精溶液的实际浓度比计算值大一些

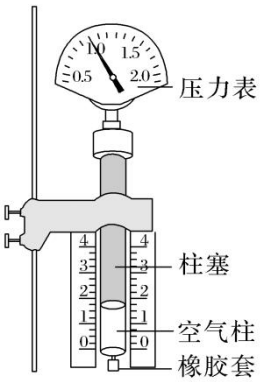
B.乙在计算注射器滴出的每一滴油酸酒精溶液体积后，不小心拿错了一个注射器把溶液滴在水面上，这个拿错的注射器的针管比原来的细，滴出的每滴油酸酒精溶液的体积比原来的小

C.丙在计算油膜面积时，把凡是不足一格的油膜都不计，导致计算的面积比实际面积小一些

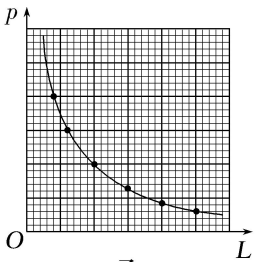
微专练 85　探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系

1.某同学用如图甲所示的装置探究气体等温变化的规律。在橡胶套和柱塞间封闭着一段空气柱，空气柱的长度 L 可以从刻度尺读取，空气柱的压强 p 可以从与空气柱相连的压力表读取。缓慢地向下压或向上拉柱塞，保持空气柱的温度不变，测量空气柱的长度及对应的压强，得到如图乙所示的 $p-L$ 图

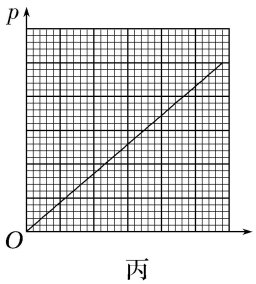
像。



甲



乙



丙

(1)为了更直观地处理数据，将图乙化曲为直，绘制了如图丙所示的拟合直线，则图丙的横坐标为_____(填“$\frac{1}{L}$”“$\sqrt{L}$”“$\frac{1}{\sqrt{L}}$”或“L^2”)。

(2)本实验探究的是气体等温变化时压强 p 与体积 V 变化的规律，但测量时却测量了空气柱的长度 L，用 L 代替 V 的理由是_____。

A.空气柱的横截面积 S 恒定

B.空气柱的温度恒定

C.空气柱的压强恒定

(3)根据实验数据，得出的结论为_____。

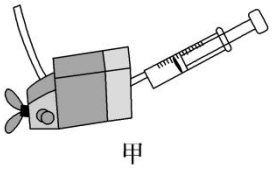
A.一定量的气体等温变化时，压强与体积成正比

B.一定量的气体等温变化时，压强与体积成反比

C.一定量的气体等容变化时，压强与温度成正比

D.一定量的气体等容变化时，压强与温度成反比

2.(1)如图甲所示，用一个带有刻度的注射器及计算机辅助系统来探究气体压强与体积的关系，实验中所研究的对象是_____，应保持不变的物理量是_____和_____，它的体积可从_____直接读出，它的压强由图中的压强传感器等计算机辅助系统得到。



甲

(2)某同学在做“气体的压强与体积的关系”实验中，测得的实验数据在计算机屏幕上显示如下表所

示，仔细观察“$p\cdot V$”一栏中的数值，发现越来越小，造成这一现象的可能原因是_____。

序号	V/mL	p/($\times10^5$Pa)	$p\cdot V$/($\times10^5$Pa·mL)
1	20.0	1.001 0	20.020
2	18.0	1.095 2	19.714
3	16.0	1.231 3	19.701
4	14.0	1.403 0	19.642
5	12.0	1.635 1	19.621

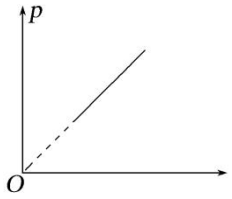
A.实验时注射器活塞与筒壁间的摩擦力越来越大

B.实验时环境温度升高了

C.实验时外界大气压强发生了变化

D.实验时注射器内的气体向外发生了泄漏

(3)某同学在一次实验中，计算机屏幕显示的图像如图乙所示，其纵坐标表示封闭气体的压强，则横坐标表示的物理量是封闭气体的_____。

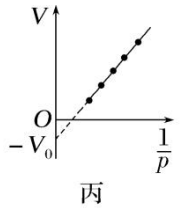


乙

A.热力学温度 T　　B.摄氏温度 t

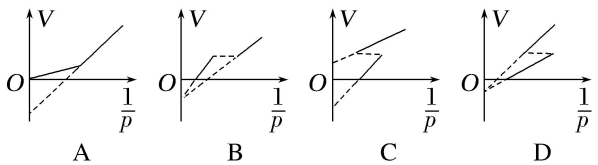
C.体积 V　　D.体积的倒数$\frac{1}{V}$

(4)如果由注射器的满刻度处开始推动活塞，记录刻度值 V，同时记录对应的由计算机显示的气体压强值 p，用 $V-\frac{1}{p}$图像处理实验数据，得出图丙所示的图线，如果实验操作规范正确，那么 V_0 代表_____。



丙

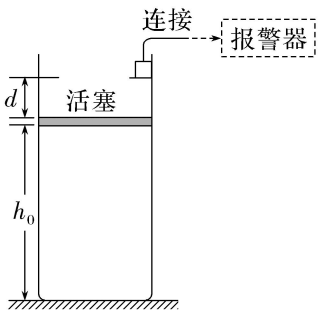
(5)另一小组实验时缓慢推动活塞，记录 4 组注射器上的刻度数值 V，以及相应的压强传感器示数 p。在采集第 5 组数据时，压强传感器的软管脱落，重新接上后继续实验，又采集了 4 组数据，其余操作无误。绘出的 $V-\frac{1}{p}$关系图像应是_____。



A　B　C　D

微专练 86　单独气体和关联气体问题

1.某探究小组设计了一个报警装置，其原理如图所示。在竖直放置的导热性能良好的圆柱形容器内用面积 $S=100\ \text{cm}^2$、质量 $m=1\ \text{kg}$ 的活塞密封一定质量的理想气体，活塞能无摩擦滑动。开始时气体处于温度 $T_A=300\ \text{K}$、活塞与容器底的距离 $h_0=30\ \text{cm}$ 的状态 A。环境温度升高时，活塞缓慢上升 $d=3\ \text{cm}$ 恰好到达容器内的卡口处，此时气体达到状态 B，活塞保持不动，环境温度继续升高至温度 $T_C=363\ \text{K}$ 的状态 C 时触动报警器。从状态 A 到状态 C 的过程中气体内能增加了 $\Delta U=158\ \text{J}$。取大气压 $p_0=0.99\times10^5\ \text{Pa}$，求气体

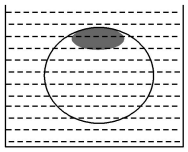


(1)在状态 B 的温度；

(2)在状态 C 的压强；

(3)由状态 A 到状态 C 过程中从外界吸收热量 Q。

2.在 38 mm 小球时代，可以用热水浸泡将踩瘪后的乒乓球恢复原状。如图，已知乒乓球导热性能良好，完好时内部气压为大气压强 p_0，踩瘪后体积变为原体积的 80%，外界温度恒为 300 K，把乒乓球全部浸入热水里，当球内气压大于等于 $1.5p_0$ 时，乒乓球就刚好开始恢复，已知球内气体内能始终只与热力学温度成正比，踩瘪后球内气体内能为 E；

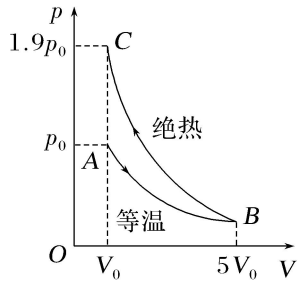


(1)求乒乓球被踩瘪但没有破裂时的内部压强；

(2)求要使乒乓球刚好开始恢复，热水温度至少要多少 K；

(3)若热水即为(2)问最小值，乒乓球从放入热水直到恢复形变时总共吸热为 Q，则恢复形变过程中球内气体做功多少。

3.($p-V$ 图像＋热力学第一定律)在驻波声场作用下，水中小气泡周围液体的压强会发生周期性变化，使小气泡周期性膨胀和收缩，气泡内气体可视为质量不变的理想气体，其膨胀和收缩过程可简化为如图所示的 $p-V$ 图像，气泡内气体先从压强为 p_0、体积为 V_0、温度为 T_0 的状态 A 等温膨胀到体积为 $5V_0$、压强为 p_B 的状态 B，然后从状态 B 绝热收缩到体积为 V_0、压强为 $1.9p_0$、温度为 T_C 的状态 C，B 到 C 过程中外界对气体做功为 W。已知 p_0、V_0、T_0 和 W。求：

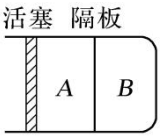


(1)p_B的表达式；

(2)T_C的表达式；

(3)B到C过程，气泡内气体的内能变化了多少？

4.(活塞关联)如图，一汽缸中由活塞封闭有一定量的理想气体，中间的隔板将气体分为A、B两部分；初始时，A、B的体积均为V，压强均等于大气压p_0，隔板上装有压力传感器和控制装置，当隔板两边压强差超过$0.5p_0$时隔板就会滑动，否则隔板停止运动。气体温度始终保持不变。向右缓慢推动活塞，使B的体积减小为$\frac{V}{2}$。



(1)求此时A的体积和B的压强；

(2)再使活塞向左缓慢回到初始位置，求此时A的体积和B的压强。

微专练 87　气体变质量问题

1.(多次打气问题)“羊角球”因跳跳球身上长了两个手柄而得名，如图所示，“羊角球”是用进口 PVC 材料设计的一种最新型、集娱乐和健身为一体的运动器材，具有坐、骑、跳、拍等功能，使用安全可靠，有助于锻炼腿部力量和掌握协调平衡能力。某同学发现在 7 ℃的室外的“羊角球”有点瘪了需充气，此时“羊角球”体积为 50 L，内部气体压强为 1.4 atm。现将“羊角球”拿到温度为 27 ℃的室内进行充气，充气筒每次可为其充入 1 atm 的气体 0.2 L，充气后，“羊角球”内气体压强增大至 2.8 atm。忽略“羊角球”体积变化及充气过程中气体温度的变化，拿到室内充气前“羊角球”内气体温度已达到 27 ℃。求：



(1)拿到室内，充气前“羊角球”中气体压强将变为多少；

(2)充气筒需要充气多少次。

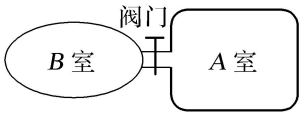
2.(灌装问题)如图所示，每个医用氧气钢瓶内体积为 40 L，在夜晚时测得钢瓶内氧气压强为 1.2×10^7 Pa，温度为 7 ℃，白天时测得钢瓶内氧气压强为 1.26×10^7 Pa。在医院实际使用过程中，先用小钢瓶(加抽气机)缓慢分装，然后供病人使用，小钢瓶体积为 10 L，分装后每个小钢瓶内氧气压强均为 4×10^5 Pa，要求大钢瓶内压强降到 2×10^5 Pa 时就停止分装。不计分装过程中氧气的泄漏，求：



(1)在白天时钢瓶所处环境温度为多少摄氏度？

(2)一大钢瓶氧气可分装多少个小瓶供病人使用？

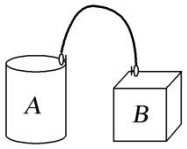
3.(打气＋非平衡问题)某些鱼类通过调节体内鱼鳔的体积实现浮沉。如图所示，鱼鳔结构可简化为通过阀门相连的 A、B 两个密闭气室，A 室壁厚、可认为体积恒定，B 室壁簿，体积可变；两室内气体视为理想气体，可通过阀门进行交换。质量为 M 的鱼静止在水面下 H 处。B 室内气体体积为 V，质量为 m；设 B 室内气体压强与鱼体外压强相等、鱼体积的变化与 B 室气体体积的变化相等，鱼的质量不变，鱼鳔内气体温度不变。水的密度为ρ，重力加速度为 g，大气压强为 p_0，求：



(1)鱼通过增加 B 室体积获得大小为 a 的加速度时，需从 A 室充入 B 室的气体质量Δm；

(2)鱼静止于水面下 H_1 处时，B 室内气体质量 m_1。

4.(容积比问题)实验室有带阀门的储气罐 A、B，它们的大小、形状不同，导热性能良好，装有同种气体，在温度为 27 ℃时的压强均为 p_0。为了测量两储气罐的容积比 $k=\frac{V_A}{V_B}$，现用 A 罐通过细导气管对 B 罐充气(如图所示)，充气时 A 罐在 27 ℃的室温中，把 B 罐放在－23 ℃的环境中。充气完毕稳定后，关闭阀门，撤去导气管，测得 B 罐中的气体在温度为 27 ℃时的压强达到 $1.1p_0$，已知充气过程中 A 罐中的气体温度始终不变，且各处气密性良好。求：

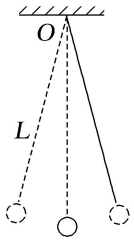


(1)充气完毕时 A 中的气体压强；

(2)容积比 k。

微专练 88　机械振动和机械波

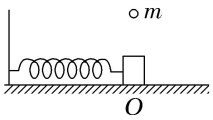
1.(单摆＋天体力学)如图所示，在细绳一端拴上一个小球，另一端固定在悬点 O 上，组成摆长为 L 的单摆。若某星球的半径为地球半径的$\frac{1}{2}$，星球的质量为地球质量的$\frac{1}{9}$，地球表面的重力加速度为 g。



(1)求该星球表面的重力加速度大小；

(2)将此单摆系统置于该星球表面，求单摆完成 10 个全振动所需的时间。

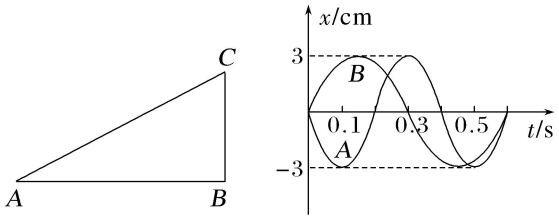
2.(振动周期＋动量守恒)如图所示为一个处于光滑水平面的弹簧振子，O 点是其平衡位置，振子质量为 m，弹簧劲度系数为 k，其振动周期为 $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$，振子经过 O 点的速度大小为 v，在 O 点正上方有一质量为 m 的物体自由下落，恰好落在振子上，并与振子粘在一起振动。



(1)求物体落在振子上后，振子经过 O 点的速度大小；

(2)以物体落在振子上为 $t=0$ 时刻，求振子到达最左端的时刻。

3.(机械波的叠加)如图甲所示，置于同一介质中的两个波源分别位于直角三角形 ABC 的 A、B 两点，其中 $\angle A=30°$，$BC=4.5$ m。$t=0$ 时刻，两波源同时开始振动，它们的振动图像如图乙所示，已知位于 A 点的波源产生的波在 0.2 s 时间内传播 2 m。求：

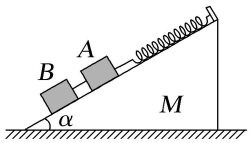


甲　　乙

(1)位于 B 点的波源产生波的波长；

(2)从 $t=0$ 时刻开始，C 点第三次位移为 6 cm 的时刻。

4.(简谐运动＋动力学方法)如图所示，倾角为α的斜面体(斜面光滑且足够长)固定在水平地面上，斜面顶端与劲度系数为k、自然长度为L_0的轻质弹簧相连，弹簧的另一端连接着质量为$2m$的物块A和质量为m的物块B，物块A和B之间用一根细线相连。整个系统处于静止状态，剪断物块A和B之间的细线，重力加速度为g。求：



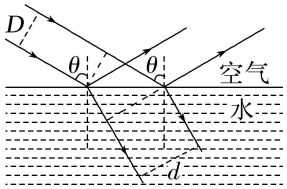
(1)剪断细线前轻质弹簧的长度；

(2)剪断细线瞬间物块A的加速度大小；

(3)剪断细线后轻质弹簧的最小长度。

微专练 89　光的折射与全反射

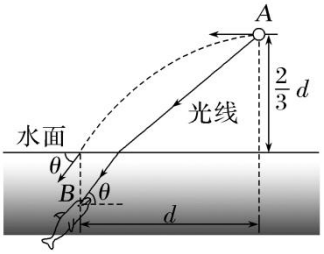
1.(反射与折射)如图所示，两条距离为D的平行同种单色光线，以入射角θ从空气射向平静水面，反射光线与折射光线垂直，求：



(1)水对这种单色光的折射率n；

(2)两条折射光线之间的距离d。

2.(平抛与折射)如图所示，水族馆训练员在训练海豚时，将一发光小球高举在水面上方的 A 位置，海豚的眼睛在 B 位置，A 位置和 B 位置的水平距离为 d，A 位置离水面的高度为 $\frac{2}{3}d$。训练员将小球向左水平抛出，入水点在 B 位置的正上方，入水前瞬间速度方向与水面夹角为 θ。小球在 A 位置发出的一束光线经水面折射后到达 B 位置，折射光线与水平方向的夹角也为 θ。已知水对该光的折射率 $n=\frac{4}{3}$，求：

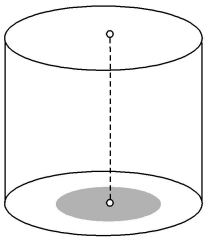


(1)tan θ的值；

(2)B 位置到水面的距离 H。

3.(折射和全反射)“哈尔滨冰灯冰雕景观”是中华民族文化旅游的知名品牌，在国际舞台上享有盛名。大师们把现代光雕艺术与传统灯艺相结合，打造出璀璨梦幻的现场效果。如图所示，在半径为 R 的

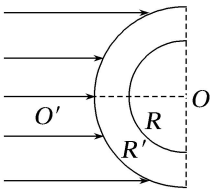
圆柱体冰块的底面有一个半径为 r 的圆形面状光源，其圆心与冰块底面圆心重合，面状光源发出蓝光，冰对蓝光的折射率为 n。已知真空中的光速为 c，不计面状光源的厚度。



(1)已知圆柱体高为 H_0，求蓝光从光源发出到从圆柱体上表面射出所需的最短时间 t；

(2)要使从光源发出且直接照射到上表面的所有光线都能直接折射出去，圆柱的高度 H 应满足什么条件？

4.(最短时间和全反射问题)如图所示，用折射率 $n=\sqrt{2}$的玻璃做成内径为 R、外径为 $R'=\sqrt{2}R$ 的半球形空心球壳，一束平行光射向此半球的外表面，且与中心对称轴 OO'平行，不计多次反射。已知光在真空中的传播速度为 c。试求：



(1)光线在玻璃中传播的最短时间；

(2)球壳内部有光线射出的圆弧区域所对应的圆心角。

微专练 90　两类动力学问题

1.(两类动力学的基本问题)在某段平直的铁路上，一列以 324 km/h 的速度高速行驶的列车从某时刻开始匀减速行驶，5 min 后恰好停在某车站，并在该站停留 4 min，随后匀加速驶离车站，经 8.1 km 后恢复到原速度 324 km/h，取 $g=10\ \mathrm{m/s^2}$。



(1)求列车减速时的加速度大小；

(2)若该列车总质量为 $8.0\times10^5\ \mathrm{kg}$，所受阻力恒为车重的 0.1，求列车驶离车站加速过程中牵引力的大小；

(3)求列车从开始减速到恢复原速度这段时间内的平均速度大小。

2.(动力学中的多过程问题)水面救生无人船已经成为水面救援的重要科技装备。在某次测试中，一质量为 20 kg 的无人船在平静水面上沿直线直奔目标地点。无人船先从静止出发，做匀加速运动 10 s 后达到最大速度 4 m/s，接着立即做匀减速运动，匀减速运动了 16 m 的距离后速度变为零。已知无人船运行过程中受到水的阻力大小恒为 4 N，不计空气阻力，g 取 $10\ \mathrm{m/s^2}$。求：

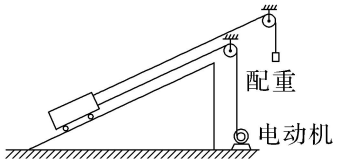


(1)在匀加速过程中，无人船发动机提供动力的大小 F_1；

(2)在匀减速过程中，无人船发动机提供阻力的大小 F_2；

(3)无人船在上述测试中，运动的总时间 t 及总位移大小 x。

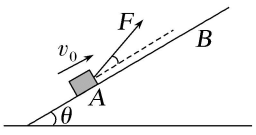
3.(动力学中的连接体问题)某粮库使用额定电压 $U=380\ \text{V}$，内阻 $R=0.25\ \Omega$的电动机运粮。如图所示，配重和电动机连接小车的缆绳均平行于斜坡，装满粮食的小车以速度 $v=2\ \text{m/s}$ 沿斜坡匀速上行，此时流经电动机的电流 $I=40\ \text{A}$。关闭电动机后，小车又沿斜坡上行路程 L 到达卸粮点时，速度恰好为零。卸粮后，给小车一个向下的初速度，小车沿斜坡刚好匀速下行。已知小车质量 $m_1=100\ \text{kg}$，车上粮食质量 $m_2=1\ 200\ \text{kg}$，配重质量 $m_0=40\ \text{kg}$，取重力加速度 $g=10\ \text{m/s}^2$，小车运动时受到的摩擦阻力与车及车上粮食总重力成正比，比例系数为 k，配重始终未接触地面，不计电动机自身机械摩擦损耗及缆绳质量。求：



(1)比例系数 k 的值；

(2)上行路程 L 的值。

4.(动力学中的最值问题)如图所示，一质量 $m=0.4\ \text{kg}$ 的小物块，以 $v_0=2\ \text{m/s}$ 的初速度在与斜面成某一夹角的拉力 F 作用下，沿斜面向上做匀加速运动，经 $t=2\ \text{s}$ 的时间物块由 A 点运动到 B 点，A、B 之间的距离 $L=10\ \text{m}$。已知斜面倾角$\theta=30°$，物块与斜面之间的动摩擦因数$\mu=\dfrac{\sqrt{3}}{3}$，重力加速度 g 取 $10\ \text{m/s}^2$。

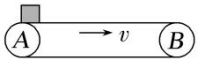


(1)求物块加速度的大小及到达 B 点时速度的大小；

(2)拉力 F 与斜面的夹角多大时，拉力 F 最小？拉力 F 的最小值是多少？

微专练 91　含传送带模型的多过程问题

1.(划痕＋最快传送问题)水平传送带被广泛地应用于机场和火车站，用于对旅客的行李进行安全检查。如图所示为一水平传送带装置示意图，绷紧的传送带始终保持 $v=1$ m/s 的恒定速率顺时针运行。一质量为 $m=4$ kg 的行李无初速度地放在 A 处，传送带对行李的滑动摩擦力使行李开始做匀加速直线运动，随后行李又以与传送带相等的速率做匀速直线运动。设行李与传送带间的动摩擦因数 $\mu=0.1$，A、B 间的距离 $L=2$ m，g 取 10 m/s^2。



(1)求行李刚开始运动时所受的滑动摩擦力大小与加速度大小？

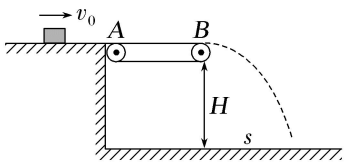
(2)求行李做匀加速直线运动的时间？

(3)求行李在传送带上滑行痕迹的长度？

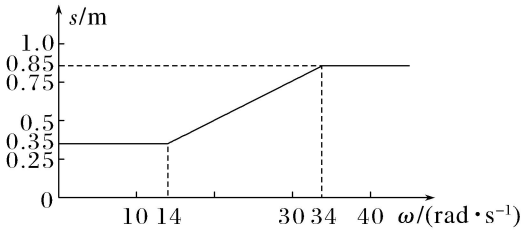
(4)如果提高传送带的运行速率，行李就能被较快地传送到 B 处。求行李从 A 处传送到 B 处的最短时间和传送带对应的最小运行速率？

2.(水平传送带＋平抛图像)如图甲所示，水平传送带两皮带轮圆心间的距离为 L(未知)，两皮带轮的直径均为 $D=0.1$ m，与传送带上表面等高的光滑平台上有一个小物体以 v_0(未知)的初速度滑上传送带，皮带轮顺时针匀速转动的角速度为ω。小物体经传送带后从右侧做平抛运动的水平位移为 s，s 与ω间的关系图像如图乙所示。已知小物体与传送带间的动摩擦因数为 0.1，取重力加速度大小 $g=10$ m/s^2，

求：



甲

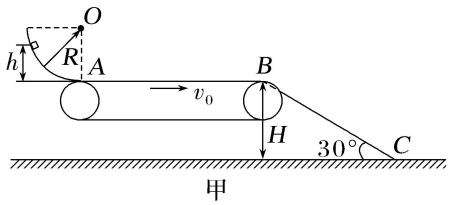


乙

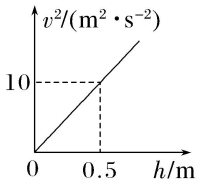
(1)传送带下表面离水平地面的高度 H；

(2)两皮带轮圆心间的长度 L 和小物体的初速度 v_0。

3.(传送带＋斜面平抛图像)如图甲所示，长为 $L=3$ m 的传送带以速率 $v_0=6$ m/s 顺时针匀速转动，其左端 A 点与一个四分之一光滑圆轨道连接，轨道半径 $R=0.8$ m。右端 B 与一个倾角为 30°的斜面连接，B 点到地面的高度为 $H=1.8$ m。小滑块从光滑圆轨道高 h 处静止释放，到达 A 点时的速率平方 v^2 与下落高度 h 的关系如图乙所示。已知小滑块质量为 $m=2$ kg，与传送带之间的动摩擦因数为 $\mu=0.3$，重力加速度 g 取 10 m/s^2，求：



甲



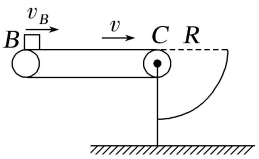
乙

(1)若小滑块从 $h=0.5$ m 处由静止释放，小滑块到达 A 点时对轨道的压力；

(2)若小滑块从 $h=0.8$ m 处由静止释放，小滑块到达 B 点时的速度大小；

(3)要使小滑块刚好平抛在斜面底端 C 点，小滑块从光滑圆轨道静止释放的高度。

4.(水平传送带＋曲面平抛最值问题)国家邮政局快递大数据平台实时监测数据显示，截止 2022 年 12 月 1 日，今年我国快递业务量突破 1 000 亿件，已连续 8 年稳居世界第一。快递分装会用到传输装置，如图所示，可视为质点的某快递以 $v_B=5$ m/s 的速度进入水平传送带 BC，最后能从 C 点水平抛出，已知水平传送带 BC 长 $L=3$ m，上表面距水平地面高 $h=1.25$ m，该快递与传送带间动摩擦因数$\mu=0.4$，传送带以顺时针方向转动，不考虑传送带滑轮大小。求：



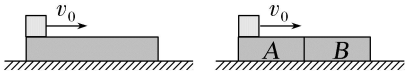
(1)当传送带以大小为 $v=2.4$ m/s 的速率顺时针传送时，快递落在水平地面上的落地点与 C 点的水平距离多大？

(2)若在传送带右侧加装一个收集装置，如图所示，其内边界截面为四分之一圆形，C 点为圆心，半径

为 $R=\frac{4\sqrt{3}}{5}$ m，若要使该快递从 C 点抛出后落到收集装置时的速度最小，则传送带速度应该调节为多大？

微专练 92　含板块模型的多过程问题

1.(光滑水平面上无外力的板块模型)如图甲所示，将一质量分布均匀的长木板静止放在光滑的水平面上，一个小滑块(可视为质点)以水平初速度 $v_0=6$ m/s，由木板左端向右滑动，到达右端时恰能与木板保持相对静止。已知长木板的质量是小滑块质量的 2 倍，小滑块和长木板之间的动摩擦因数$\mu=0.3$，g 取 10 m/s^2，求：



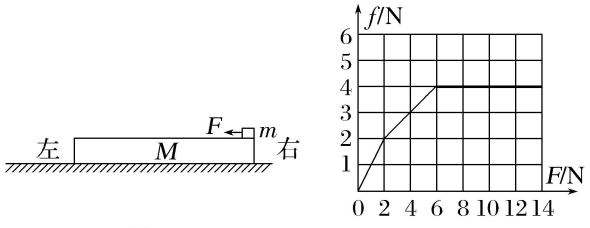
甲　　乙

(1)小滑块到达长木板右端时的速度大小 v；

(2)长木板的长度 L；

(3)若将长木板分成等长的两段 A、B，并紧挨着放在原水平面上，如图乙所示。让小滑块仍以初速度 $v_0=6$ m/s 由 A 的左端开始向右滑动，求小滑块最终离 B 右端的距离ΔL。

2.(有外力作用在物块上的板块模型)如图甲所示，足够长的、质量 $M=1$ kg 的木板静止在水平面上，质量 $m=1$ kg、大小可以忽略的铁块静止在木板的右端。已知木板与地面间的动摩擦因数 $\mu_1=0.1$，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取 $g=10$ m/s^2。现给铁块施加一个水平向左的力 F，作出铁块受到的摩擦力 f 随力 F 大小变化的图像如图乙所示，木板足够长。

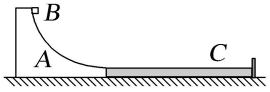


甲　　乙

(1)求铁块与木板间的动摩擦因数；

(2)不给铁块施加水平力时，铁块与木板相对地面处于静止状态，此时给铁块一个水平向左的大小为6 N·s的瞬时冲量，求铁块相对地面运动的位移大小。

3.(圆周运动＋板块模型)如图所示，有一固定的光滑$\frac{1}{4}$圆弧轨道，半径R＝0.2 m。一质量为m_B＝1 kg的小滑块B从轨道顶端滑下，在其冲上长木板C左端时，给木板一个与小滑块相同的初速度，已知m_C＝3 kg，B、C间动摩擦因数μ_1＝0.2，C与地面间的动摩擦因数μ_2＝0.8，C右端有一个挡板，C长为L。求：

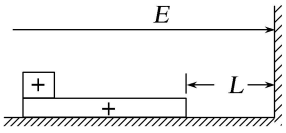


(1)B滑到A的底端时对A的压力是多大？

(2)若B未与C右端挡板碰撞，当B与地面保持相对静止时，B、C间因摩擦产生的热量是多少？

(3)在0.16 m<L<0.8 m时，B与C右端挡板发生碰撞，且碰后粘在一起，求B从滑上C到最终停止所用的时间。

4.(叠加场中往复的板块模型)如图所示，足够大的光滑绝缘水平地面上有一足够长的带正电平板，平板的右端与绝缘墙壁的距离为 L；在平板的上面有一带正电的绝缘物块，平板和物块的质量均为 m、带电荷量均为 q，物块与平板间有一种特殊物质(质量不计)，可使得它们之间的滑动摩擦力大小为 kmg(k>1，g 为重力加速度大小)。自 t_0 时刻开始，加一水平向右、电场强度大小 $E=\frac{mg}{q}$的匀强电场，使平板和物块一起向右做匀加速直线运动，直至平板碰到墙壁。假设平板与墙壁碰撞的时间极短且以碰前速率返回，不计空气阻力，运动过程中平板和物块上所带的电荷量都不发生变化。求：



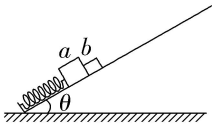
(1)平板第一次与墙壁碰撞后的一小段时间内，物块的加速度大小 a_1；

(2)从开始到平板与墙壁第二次碰撞前的瞬间，物块相对于平板的位移 Δx 的大小；

(3)从开始到平板和物块都静止的过程中，系统因摩擦而产生的热量。

微专练 93　含弹簧模型的多过程问题

1.(动力学＋分离临界)一轻弹簧的一端固定在倾角为 θ 的固定光滑斜面的底部，另一端和质量为 m 的小物块 a 相连，如图所示。质量为 $\frac{3}{5}m$ 的小物块 b 紧靠 a 静止在斜面上，此时弹簧的压缩量为 x_0，从 $t=0$ 时刻开始，对 b 施加沿斜面向上的外力，使 b 始终做匀加速直线运动。经过一段时间后，物块 a、b 分离；再经过同样长的时间，b 距其出发点的距离恰好也为 x_0。弹簧的形变始终在弹性限度内，重力加速度大小为 g。求：



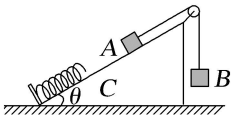
(1)弹簧的劲度系数；

(2)物块 b 加速度的大小；

(3)在物块 a、b 分离前，外力大小随时间变化的关系式。

2.(连接体＋弹簧模型)如图所示，倾角$\theta=30°$的斜面体固定在水平面上，一轻弹簧的下端固定在斜面底端的挡板上，劲度系数 $k=75$ N/m。轻弹簧处于原长时其上端位于 C 点，一根不可伸长的轻质细绳跨过轻质滑轮连接物体 A 和 B，A、B 的质量分别为 4 kg 和 2 kg，均可视为质点。物体 A 与滑轮间的

轻绳平行于斜面，与斜面间的动摩擦因数$\mu=\frac{\sqrt{3}}{4}$。现使物体 A 从距离 C 点 $L=1\ \text{m}$ 处以 $v_0=3\ \text{m/s}$ 的初速度沿斜面向下运动。物体 A 向下运动将弹簧压缩到最短后，恰能回到 C 点。弹簧始终在弹性限度内。重力加速度 g 取 $10\ \text{m/s}^2$，不计空气阻力，整个过程中轻绳处于拉伸状态且物体 B 未与滑轮接触，不计滑轮摩擦。求：

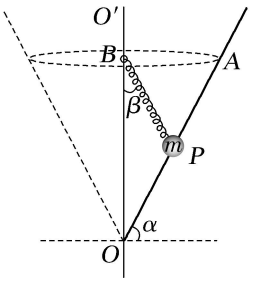


(1)A 沿斜面向下运动到 C 点时轻绳的拉力；

(2)整个运动过程中弹簧的最大弹性势能；

(3)物体 A 沿斜面向上运动过程中的最大速度。

3.(含弹簧的水平圆周运动模型)如图所示，在竖直轴 OO' 的 B 点套有不可上下滑动，只可以绕轴无摩擦转动的轻环，轻弹簧的上端与该环相连，光滑杆 OA 与水平面间的夹角$\alpha=60°$，质量为 m 的小球套在光滑杆 OA 上并与弹簧的下端连接，已知轴上 O、B 两点间距为 L。



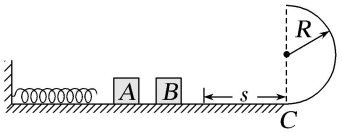
(1)保持杆不动，小球在图示 P 点位置处于静止状态，图示$\beta=30°$，求小球所受弹簧的弹力大小 T；

(2)保持光滑杆 OA 与水平面间的夹角始终为α，使小球随杆 OA 一起由静止绕 OO' 轴加速转动，小球缓慢运动到与 B 点在同一水平面的 A 点时，杆 OA 匀速转动，小球与杆保持相对静止，求此时杆 OA

绕 OO' 轴转动的角速度大小 ω；

(3)在(2)情形之下，小球由 P 点开始相对杆向上滑动到 A 点与杆相对静止的过程中，杆对球所做的功 W。

4.(弹簧＋碰撞＋竖直面内脱离临界)如图所示，质量均为 $m=0.4$ kg 的两个小物块 A、B(均可视为质点)放置在水平地面上，竖直平面内半径 $R=0.4$ m 的半圆形轨道与水平地面相切于 C 点，弹簧左端固定。移动物块 A 压缩弹簧到某一位置(在弹簧弹性限度内)，由静止释放物块 A，物块 A 离开弹簧后与物块 B 碰撞并黏在一起以共同速度 $v=5$ m/s 向右运动，运动过程中经过一段长为 s 的水平面后冲上圆轨道，两物块与水平面间的动摩擦因数 $\mu=0.2$，轨道其余部分均不计摩擦(g 取 10 m/s^2)。



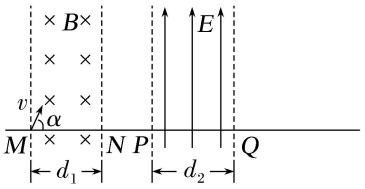
(1)刚要释放物块 A 时弹簧的弹性势能是多大？

(2)若 $s=1$ m，求两物块刚过 C 点时对轨道的压力大小；

(3)若两物块能冲上圆形轨道，且不脱离圆形轨道(从最高点飞出之前)，s 应满足什么条件？

微专练 94　带电粒子在组合场中的运动

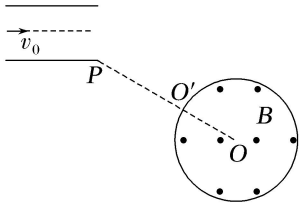
1.(由双边界磁场进入双边界电场)如图所示，宽度 $d_1=\sqrt{3}$ m 的匀强磁场区域和宽度 $d_2=2$ m 的匀强电场区域的边界线相互平行，匀强磁场的磁感应强度大小 $B=4\times10^{-4}$ T、方向垂直于纸面向里，匀强电场的电场强度大小 $E=4$ V/m、方向与区域边界平行。一与边界垂直的直线，与磁场和电场区域边界的交点分别为 M、N、P、Q。一质量 $m=6.4\times10^{-27}$ kg、电荷量 $q=3.2\times10^{-19}$ C 的带负电粒子，从 M 点以速率 $v=4\times10^{4}$ m/s 沿与 MQ 成 $\alpha=60°$ 角垂直射入磁场，经电场偏转后最终通过直线上的 a 点(图中未标出)，不计粒子受到的重力。求：



(1)带电粒子离开磁场时到直线 MQ 的距离；

(2)带电粒子在电场中运动的时间 t 及加速度大小 a。

2.(由偏转电场进入圆形磁场)如图，水平放置的两平行金属板间存在匀强电场，板长是板间距离的$\sqrt{3}$倍。金属板外有一圆心为 O 的圆形区域，其内部存在磁感应强度大小为 B、方向垂直于纸面向外的匀强磁场。质量为 m、电荷量为 q($q>0$)的粒子沿中线以速度 v_0 水平向右射入两板间，恰好从下板边缘 P 点飞出电场，并沿 PO 方向从图中 O' 点射入磁场。已知圆形磁场区域半径为$\frac{2mv_0}{3qB}$，不计粒子重力。

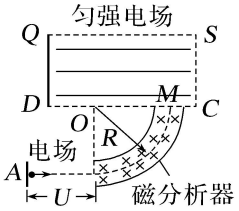


(1)求金属板间电势差 U；

(2)求粒子射出磁场时与射入磁场时运动方向间的夹角θ；

(3)仅改变圆形磁场区域的位置，使粒子仍从图中 O'点射入磁场，且在磁场中的运动时间最长。定性画出粒子在磁场中的运动轨迹及相应的弦，标出改变后的圆形磁场区域的圆心 M。

3.(先电场后磁场再电场)离子注入是芯片制造中的一道重要工序，简化的注入过程原理如图所示。静止于 A 处的离子，经电压为 U 的电场加速后，沿图中半径为 R 的圆弧虚线通过磁分析器，然后从 M 点垂直 CD 进入矩形 $CDQS$ 有界匀强电场中，最后恰好打在 Q 点。已知磁分析器截面是四分之一圆环，内部为匀强磁场，磁感应强度大小为 B，方向垂直纸面向里；匀强电场沿水平方向，$DQ=d$，$MD=2d$。整个装置处于真空中，离子重力不计。

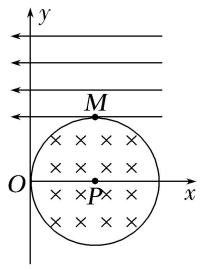


(1)判断匀强电场的场强方向；

(2)求通过磁分析器的离子比荷$\frac{q}{m}$；

(3)求矩形区域内匀强电场的电场强度大小 E。

4.(由圆形磁场进入电场)如图所示，在 xOy 坐标系中有一半径为 R、圆心 P 的坐标为(R，0)的圆形匀强磁场区域，磁场方向垂直 xOy 平面向里，在 $y\geqslant R$ 范围内，有沿 x 轴负方向且足够大的匀强电场。从坐标原点 O 处有大量相同带正电粒子以相同速率 v 沿不同方向垂直射入磁场，沿 x 轴正方向射入的粒子恰好从 M(R，R)点射入电场，并经过 y 轴上坐标为(0，$2R$)的点。已知粒子的比荷为 k，不计粒子重力及粒子间的相互作用。



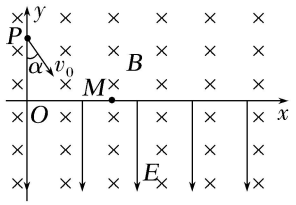
(1)求磁感应强度、电场强度的大小；

(2)若某粒子沿与 x 轴正方向夹角为 30°射入第四象限，求该粒子从 O 点运动到 y 轴的时间；

(3)若粒子速率变为 2 倍，要使粒子射出磁场后不能进入匀强电场，求粒子从 O 点射入磁场时速度方向与 x 轴正方向夹角的正弦值应满足的条件。

微专练 95　带电粒子(体)在叠加场中的运动

1.(带电体在叠加场中的直线运动)如图所示，真空中有范围足够大、垂直 xOy 平面向里的匀强磁场，磁感应强度大小为 B，在 x 轴下方有沿 $-y$ 轴方向的匀强电场，电场强度大小为 E。质量为 m、电荷量为 $+q$ 的粒子在 xOy 平面内从 y 轴上的 P 点以初速度大小 v_0 射出，不考虑粒子的重力。

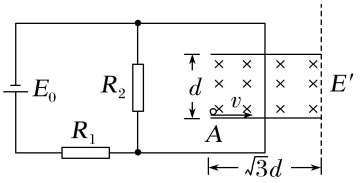


(1)若粒子与 $-y$ 轴方向成 α 角从 P 点射出后刚好能到达 x 轴，求 P 点的纵坐标 y；

(2)若粒子沿 $-y$ 轴方向从 P 点射出，穿过 x 轴进入第四象限，在 x 轴下方运动到离 x 轴最远距离为 d 的 Q 点(图中未标出)，求粒子在 Q 点加速度的大小 a；

(3)若所在空间存在空气，粒子沿 $-y$ 轴方向从 P 点射出，受到的空气阻力方向始终与运动方向相反，粒子从 M 点进入第四象限后做匀速直线运动，速度与 $+x$ 轴方向成 θ 角。求粒子从 P 点运动到 M 点的过程中克服阻力所做的功 W 和运动的时间 t。

2.(带电体在叠加场中的匀速圆周运动)如图，两个定值电阻的阻值分别为 R_1 和 R_2，直流电源的内阻不计，平行板电容器两极板水平放置，板间距离为 d，板长为 $\sqrt{3}d$，极板间存在方向垂直纸面向里的匀强磁场。质量为 m、带电荷量为 $+q$ 的小球以初速度 v 沿水平方向从电容器下极板左侧边缘 A 点进入电容器后做匀速圆周运动，恰从电容器上极板右侧边缘离开电容器。此过程中，小球未与极板发生碰撞，重力加速度大小为 g，忽略空气阻力。

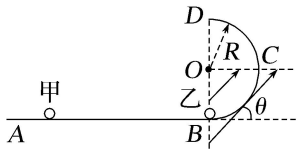


(1)求直流电源的电动势 E_0；

(2)求两极板间磁场的磁感应强度 B；

(3)在图中虚线的右侧设计一匀强电场，使小球离开电容器后沿直线运动，求电场强度的最小值 E'。

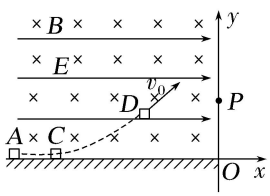
3.(带电体在重力场＋电场中的变速圆周运动)如图，$ABCD$ 为竖直平面内的光滑绝缘轨道，其中 AB 段水平且足够长，BCD 段为半径 $R=0.4$ m 的半圆，两段轨道相切于 B 点，$\frac{1}{4}$圆弧轨道 BC 处在如图所示与水平面夹角为$\theta=45°$的匀强电场中。一个不带电的绝缘小球甲，以某一速度沿水平轨道 AB 向右运动，与静止在 B 点带正电的小球乙发生弹性碰撞，乙球进入电场后受到的电场力大小为 $\sqrt{2}mg$(g 为重力加速度，取 10 m/s^2)，且恰能通过轨道的最高点 D。甲、乙两球质量相等，且均可视为质点。整个运动过程无电荷转移，不计空气阻力。求：



(1)乙在水平轨道上的首次落点到 B 点的距离；

(2)甲与乙碰撞前的速度大小。

4.(带电体在叠加场中的直线运动＋一般曲线运动＋类斜抛运动)如图所示，纸面为竖直面，在纸面上建立一直角坐标系 xOy，x 轴在水平地面上，在坐标系的第Ⅱ象限中存在相互垂直的匀强电场和匀强磁场。电场方向水平向右，磁场方向垂直纸面向里，磁感应强度大小为 $B_1=10^{-2}$ T。一个质量为 $m=0.1$ g、电荷量为 $q=0.1$ C 的带正电的小滑块从 A 点由静止开始向右滑动，到达 C 点时离开地面做曲线运动，D 点为小滑块在电场力、洛伦兹力以及重力作用下运动过程中速度最大的位置，当小滑块运动到 D 点时撤去磁场，此后小滑块在运动过程中经过 y 轴上的 P 点。已知小滑块在 D 点时的速度大小为 $v_D=2$ m/s，C、D 两点的坐标分别为$(-4l, 0)$、$(-2l, l)$，其中 $l=0.15$ m，重力加速度 $g=10$ m/s^2，求：

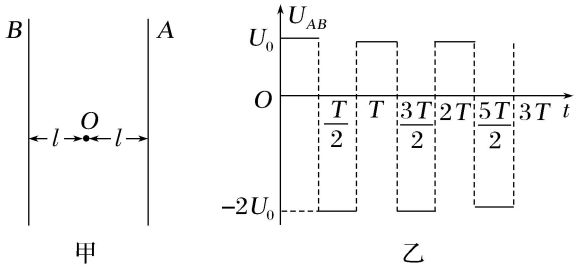


(1)电场强度 E 的大小；

(2)小滑块运动到 P 点时速度的大小和方向。

微专练 96　带电粒子在交变场中的运动

1.(交变电场)如图甲所示，A 和 B 是真空中正对面积很大的平行金属板，O 点是一个可以连续产生粒子的粒子源，O 点到 A、B 的距离都是 l。现在 A、B 之间加上电压，电压 U_{AB} 随时间变化的规律如图乙所示。已知粒子源在交变电压的一个周期内可以均匀产生 300 个粒子，粒子质量为 m、电荷量为 $-q$。这种粒子产生后，在电场力作用下从静止开始运动。设粒子一旦碰到金属板，它就附在金属板上不再运动，且电荷量同时消失，但不影响 A、B 板电势。不计粒子的重力，不考虑粒子之间的相互作用力。已知上述物理量 $l=0.6\ \text{m}$，$U_0=1.2\times10^3\ \text{V}$，$T=1.2\times10^{-2}\ \text{s}$，$m=5\times10^{-10}\ \text{kg}$，$q=1.0\times10^{-7}\ \text{C}$。

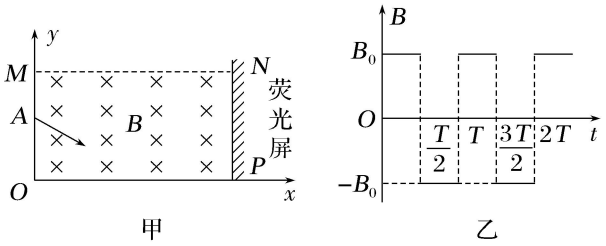


(1)在 $t=0$ 时刻产生的粒子，会在什么时刻到达哪个极板？

(2)在 $t=0$ 到 $t=\frac{T}{2}$ 这段时间内哪个时刻产生的粒子刚好不能到达 A 板？

(3)在 $t=0$ 到 $t=\frac{T}{2}$ 这段时间内产生的粒子有多少个可到达 A 板？

2.(交变磁场)在如图甲所示的平面直角坐标系 xOy(其中 Ox 水平，Oy 竖直)内，矩形区域 $OMNP$ 充满磁感应强度大小为 B、方向垂直纸面向里的匀强磁场(边界处有磁场)，其中 $\bar{OM}=\frac{3}{2}d$，$\bar{OP}=2d$，P 点处放置一垂直于 x 轴的荧光屏，现将质量为 m、电荷量为 q 的带正电的粒子从 OM 边的中点 A 处以某一速度垂直于磁场且沿与 y 轴负方向夹角为 45°的方向射入磁场，不计粒子重力。

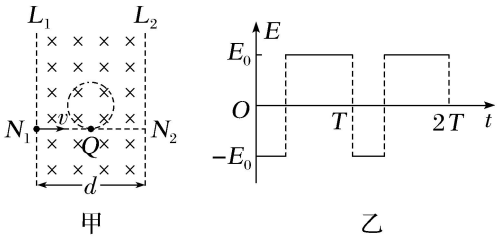


(1)求粒子恰好能打在荧光屏上与 A 等高的点的速度大小；

(2)求粒子能从 OM 边射出磁场的最大速度及其对应的运动时间；

(3)若规定垂直纸面向外的磁场方向为正方向，磁感应强度 B 随时间 t 的变化规律如图乙所示(图中 B_0 已知)，调节磁场的变化周期，满足 $T=\frac{2\pi m}{3qB_0}$，让上述粒子在 $t=0$ 时刻从坐标原点 O 沿与 x 轴正方向成 60°角的方向以一定的初速度射入磁场，若粒子恰好垂直打在屏上，求粒子的可能初速度大小及打在光屏上的位置。

3.(电场周期性变化，磁场不变)如图甲所示，宽度为 d 的竖直狭长区域内(边界为 L_1、L_2)，存在垂直纸面向里的匀强磁场和竖直方向上的周期性变化的电场(如图乙所示)，电场强度的大小为 E_0，$E>0$ 表示电场方向竖直向上。$t=0$ 时，一带正电、质量为 m 的微粒从左边界上的 N_1 点以水平速度 v 射入该区域，沿直线运动到 Q 点后，做一次完整的圆周运动，再沿直线运动到右边界上的 N_2 点。Q 为线段 N_1N_2 的中点，重力加速度为 g。上述 d、E_0、m、v、g 为已知量。

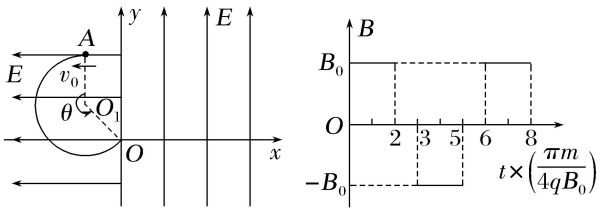


(1)求微粒所带电荷量 q 和磁感应强度 B 的大小；

(2)求电场变化的周期 T；

(3)改变宽度 d，使微粒仍能按上述运动过程通过相应宽度的区域，求 T 的最小值。

4.(磁场周期性变化，电场不变)如图，在竖直平面建立 xOy 坐标系(y 轴竖直)，在 y 轴左侧有一光滑绝缘圆弧轨道，A 为轨道最高点，AO_1 竖直，O_1 为圆心，轨道对应的圆心角为θ，半径为 R。$x<0$ 区域有沿 x 轴负方向的匀强电场，$x>0$ 区域有沿 y 轴正方向的匀强电场，电场强度大小均为 E。现有一质量为 m，带电荷量为$+q$ 的小球(可视为质点)以速度 v_0 从 A 点沿切线滑入圆弧轨道，已知小球运动过程不脱离轨道，$\theta=\frac{5\pi}{4}$，$R=\frac{3v_0^2}{2g}$，$E=\frac{mg}{q}$，重力加速度为 g，求：



甲　　乙

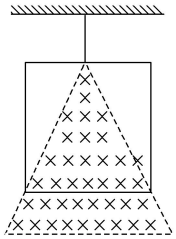
(1)小球到达圆弧轨道 O 端时的速度大小；

(2)小球在圆弧轨道上运动的最大动能；

(3)当小球过 O 点时在 $x>0$ 区域加一按图乙规律变化的磁场，磁感应强度大小为 B_0，设磁场方向垂直纸面向外为正。小球从上往下穿过 x 轴的位置到坐标原点的距离。

微专练 97　电磁感应中的线框模型

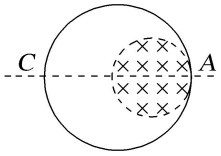
1.(感生＋静止线框)如图，有一正方形线框，质量为 m，电阻为 R，边长为 l，静止悬挂着，一个三角形区域内的磁场垂直于线框所在平面向里，且线框中磁场区域面积为线框面积一半，磁感应强度随时间的变化规律为 $B=kt(k>0)$，已知重力加速度 g，求：



(1)线框中的感应电动势 E；

(2)线框开始向上运动的时刻 t_0。

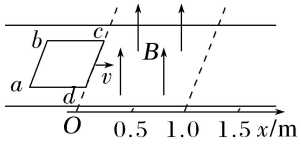
2.(感生＋动生)如图所示，电阻为 R 的金属圆环放在光滑绝缘水平面上，圆环内半径为 r 的圆形区域内有垂直于水平面向下的匀强磁场，磁场的边界圆与圆环相切于 A 点，AC 为圆环的直径，磁场的磁感应强度随时间的变化规律为 $B=B_0+kt$，求：



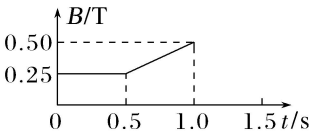
(1)金属圆环的电功率；

(2)若磁场的磁感应强度大小为 B_0 且保持不变，给圆环一个水平向左的拉力，使圆环沿 AC 方向以速度 v 向左匀速平移，则圆环运动过程中拉力的最大值。

3.($B-t$ 图像＋水平匀速线框)如图甲所示，在绝缘光滑水平桌面上，以 O 为原点、水平向右为正方向建立 x 轴，在 $0\leqslant x\leqslant 1.0$ m 区域内存在方向竖直向上的匀强磁场。桌面上有一边长 $L=0.5$ m、电阻 $R=0.25\ \Omega$的正方形线框 $abcd$，当平行于磁场边界的 cd 边进入磁场时，在沿 x 轴正方向的外力 F 作用下以 $v=1.0$ m/s 的速度做匀速运动，直到 ab 边刚进入磁场时撤去外力。若以 cd 边刚进入磁场时作为计时起点，在 $0\leqslant t\leqslant 1.0$ s 内磁感应强度 B 的大小与时间 t 的关系如图乙所示，在 $0\leqslant t\leqslant 1.3$ s 内线框始终做匀速运动。



甲



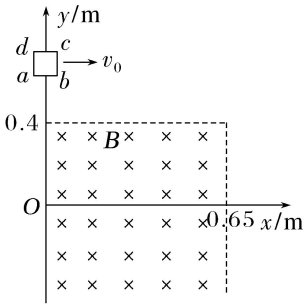
乙

(1)求外力 F 的大小；

(2)在 $1.0\ \text{s}\leqslant t\leqslant 1.3$ s 内存在连续变化的磁场，求磁感应强度 B 的大小与时间 t 的关系；

(3)求在 $0\leqslant t\leqslant 1.3$ s 内流过导线横截面的电荷量 q。

4.(竖直线框＋运动分解)如图所示，在竖直平面内建立 xOy 坐标系，在 $0\leqslant x\leqslant 0.65$ m，$y\leqslant 0.40$ m 范围内存在一具有理想边界、方向垂直纸面向里的匀强磁场区域。一边长 $l=0.10$ m、质量 $m=0.02$ kg、电阻 $R=0.40\ \Omega$的匀质正方形刚性导线框 $abcd$ 处于图示位置，其中心的坐标为(0，0.65 m)。现将线框以初速度 $v_0=2.0$ m/s 水平向右抛出，线框在进入磁场过程中速度保持不变，然后在磁场中运动，最后从磁场右边界离开磁场区域，完成运动全过程。线框在全过程中始终处于 xOy 平面内，其 ab 边始终与 x 轴保持平行，空气阻力不计，g 取 10 m/s^2。求：



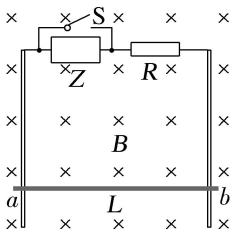
(1)磁感应强度 B 的大小；

(2)线框 ad 边刚出磁场右边界时，线框水平方向的分速度大小；

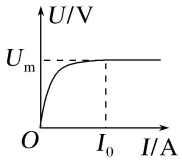
(3)线框在全过程中产生的焦耳热 Q。

微专练 98　电磁感应中的单棒模型

1.(竖直面内的单棒模型)如图(a)所示，两根不计电阻、间距为 L 的足够长平行光滑金属导轨，竖直固定在匀强磁场中，磁场方向垂直于导轨平面向里，磁感应强度大小为 B。导轨上端串联非线性电子元件 Z 和阻值为 R 的电阻。元件 Z 的 $U-I$ 图像如图(b)所示，当流过元件 Z 的电流大于或等于 I_0 时，其两端电压稳定为 U_{m}。质量为 m、不计电阻的金属棒可沿导轨运动，运动中金属棒始终水平且与导轨保持良好接触。忽略空气阻力及回路中的电流对原磁场的影响，重力加速度大小为 g。为了方便计算，取 $I_0=\dfrac{mg}{4BL}$，$U_{\mathrm{m}}=\dfrac{mgR}{2BL}$。以下计算结果只能选用 m、g、B、L、R 表示。



图(a)



图(b)

(1)闭合开关 S，由静止释放金属棒，求金属棒下落的最大速度 v_1；

(2)断开开关 S，由静止释放金属棒，求金属棒下落的最大速度 v_2；

(3)先闭合开关 S，由静止释放金属棒，金属棒达到最大速度后，再断开开关 S，忽略回路中电流突变的时间，求 S 断开瞬间金属棒的加速度大小 a。

2.(竖直面内有外力的单棒模型)如图(a)所示，由水平、竖直两段构成的“┐”形平行金属导轨固定，处于竖直方向的匀强磁场中，磁感应强度 B 随时间 t 变化的关系如图(b)(B 向上为正)。两端打有小孔的导体棒 PQ 水平套在竖直导轨上并与导轨保持良好接触，PQ 中点与物块 A 用轻绳经光滑定滑轮相连。已知导轨间距 $d=0.5$ m，导轨水平段长 $L=2$ m；A 的质量 $m=0.09$ kg，PQ 的质量 $M=0.11$ kg；PQ 与导轨间的动摩擦因数 $\mu=0.25$(最大静摩擦力等于滑动摩擦力)，电阻 $R=0.5\ \Omega$，其余电阻忽略不

计；竖直导轨和轻绳足够长，重力加速度 $g=10\ \mathrm{m/s^2}$。从 $t=0$ 时刻将 PQ 由静止释放，求：

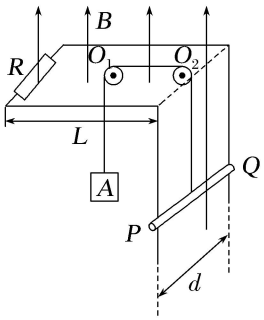


图 (a)

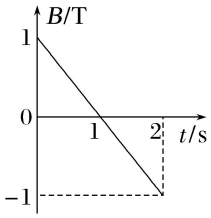


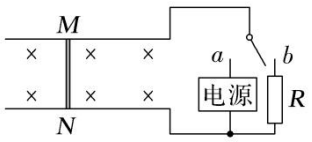
图 (b)

(1)$t=0$ 时刻，通过 PQ 棒电流的大小及方向；

(2)PQ 棒开始运动的时刻；

(3)2 s 末，PQ 棒的速度大小。

3.(水平单棒＋电源模型)光滑的水平长直轨道放在匀强磁场 $B=0.25\ \mathrm{T}$ 中，两平行轨道间距为 0.4 m，一导体棒长也为 0.4 m，质量 0.1 kg，电阻 $r=0.05\ \Omega$，它与导轨接触良好。当开关与 a 接通时，电源可提供恒定的 1 A 电流，电流方向可根据需要进行改变，开关与 b 接通时，电阻 $R=0.05\ \Omega$，若开关的切换与电流的换向均可在瞬间完成，求：

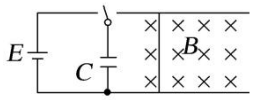


(1)当棒中电流由 M 流向 N 时，棒加速度的大小和方向；

(2)当开关始终接 a，要想在最短时间内使棒向左移动 4 m 而静止，则棒的最大速度；

(3)要想棒在最短时间内向左移动 7 m 而静止，则棒中产生的焦耳热。

4.(水平面内单棒＋电源、电容模型)如图所示，固定在水平面上的足够长的光滑平行直导轨处于垂直平面向下的匀强磁场中，磁场的磁感应强度大小为 B。一端连接着一个电容器和电源，电容器的电容为 C，电源电动势为 E。导轨上放着一根质量为 m、长度为 L(与导轨间距相同)、有固定阻值的均匀导体棒。与电容器连接的单刀双掷开关先与左边闭合，待充电结束后，某时刻与右边闭合，随后导体棒在运动的过程中始终与导轨接触良好，不计其他位置的电阻。

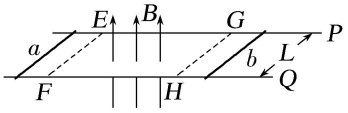


(1)判断导体棒运动规律，求出稳定后的最大速度 v；

(2)求稳定后电容器所带电荷量 Q。

微专练 99　电磁感应中的双棒模型

1.(光滑的等宽双棒模型)如图，P、Q 是两根固定在水平面内的光滑平行金属导轨，间距为 L，导轨足够长且电阻可忽略不计。图中矩形区域 $EFHG$ 内有一方向垂直导轨平面向上、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场。在 $t=0$ 时刻，两金属棒 a、b 分别以大小相同的速率 v_0，分别从磁场的边界 EF、GH 进入磁场。经过一段时间后，其中有一棒恰好停在磁场边界处，且在这个过程中，金属棒 a、b 没有相碰，相距最近时 b 棒仍位于磁场区域内。已知金属棒 a、b 是由相同材料制成，长度均为 L，电阻分别为 R 和 $2R$，a 棒的质量为 $2m$。在运动过程中两金属棒始终与导轨垂直且接触良好。求：

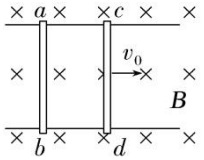


(1)在 $t=0$ 时刻 b 棒的加速度大小；

(2)两棒在整个过程中相距最近的距离；

(3)在整个过程中，b 棒产生的焦耳热。

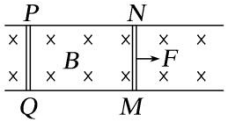
2.(粗糙的等宽双棒模型)如图所示，在磁感应强度为 B 的匀强磁场区域内，垂直磁场方向的水平面中有两根固定的足够长的金属平行导轨，在导轨上面平放着两根导体棒 ab 和 cd，两棒彼此平行，构成一矩形回路。导轨间距为 L，导体棒的质量均为 m，电阻均为 R，导轨电阻可忽略不计。两导体棒与导轨的动摩擦因数均为 μ。初始时刻 ab 棒静止，给 cd 棒一个向右的初速度 v_0，以上物理量除 v_0 未知外，其余的均已知，求：



(1)当 *cd* 棒速度 v_0 满足什么条件时导体棒 *ab* 会相对于导轨运动？

(2)若 v_0 已知且满足第(1)问的条件，从开始运动到 *ab* 棒的速度最大时，所用时间为 *t*，求 *ab* 棒的最大速度。

3.(有外力双棒模型)某物理小组想出了一种理想化的“隔空”加速系统，该系统通过利用其中一个金属棒在磁场中运动产生感应电流从而使另一个金属棒获得速度，这样就避免了直接对其进行加速时所带来的磨损和接触性损伤，该加速系统可以建模抽象为在足够长的固定水平平行导轨上放有两个金属棒 *MN* 和 *PQ*，磁感应强度大小 $B=0.5\ \mathrm{T}$ 的匀强磁场与导轨所在水平面垂直，方向竖直向下，导轨电阻很小，可忽略不计。如图为模型俯视图，导轨间的距离 $L=1.0\ \mathrm{m}$，每根金属棒质量均为 $m=1.0\ \mathrm{kg}$，电阻都为 $R=5.0\ \Omega$，可在导轨上无摩擦滑动，滑动过程中金属棒与导轨始终保持垂直且接触良好。在 $t=0$ 时刻，两金属棒都处于静止状态，现有一与导轨平行、大小为 $F=2.0\ \mathrm{N}$ 恒力作用于金属棒 *MN* 上，使金属棒 *MN* 在导轨上滑动，经过 $t=10\ \mathrm{s}$，金属棒 *MN* 的加速度 $a=1.6\ \mathrm{m/s^2}$，求：

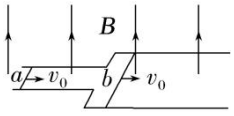


(1)此时金属棒 *PQ* 的加速度大小；

(2)此时两金属棒的速度大小；

(3)金属棒 MN 和 PQ 的最大速度差是多少？

4.(水平不等宽双棒模型)如图所示，导体棒 a、b 水平放置于足够长的光滑平行金属导轨上，导轨左右两部分的间距分别为 l 和 $2l$，导体棒 a、b 的质量分别为 m 和 $2m$，接入电路的电阻分别为 R 和 $2R$，其余部分电阻均忽略不计。导体棒 a、b 均处于方向竖直向上、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中，a、b 两导体棒均以 v_0 的初速度同时水平向右运动，两导体棒在运动过程中始终与导轨垂直且保持良好接触，导体棒 a 始终在窄轨上运动，导体棒 b 始终在宽轨上运动，直到两导体棒达到稳定状态。求：



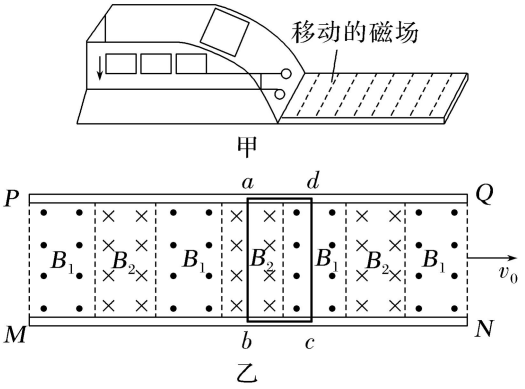
(1)导体棒中的最大电流；

(2)稳定时导体棒 a 和 b 的速度；

(3)电路中产生的焦耳热及该过程中流过导体棒 a 某一横截面的电荷量。

微专练 100　电磁感应和电路在新情境中的应用

1.图甲是磁悬浮实验车与轨道示意图，图乙是固定在车底部金属框 *abcd*(车厢与金属框绝缘)与轨道上运动磁场的示意图。水平地面上有两根很长的平行直导轨 *PQ* 和 *MN*，导轨间有竖直(垂直纸面)方向等间距的匀强磁场 B_1 和 B_2，二者方向相反。车底部金属框 *ad* 边宽度与磁场间隔相等。当匀强磁场 B_1 和 B_2 同时以恒定速度 v_0 沿导轨方向向右运动时，金属框会受到磁场力，带动实验车沿导轨运动。设金属框垂直导轨的 *ab* 边长 $L=0.20\ \text{m}$，金属框的总电阻 $R=1.6\ \Omega$，实验车与金属框的总质量 $m=2.0\ \text{kg}$，磁场 $B_1=B_2=1.0\ \text{T}$，磁场运动速度 $v_0=10\ \text{m/s}$。已知悬浮状态下，实验车运动时受到恒定的阻力 $f=0.20\ \text{N}$。



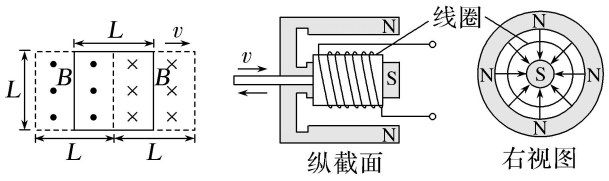
(1)设 $t=0$ 时刻，实验车的速度为零，求金属框受到的磁场力的大小和方向；

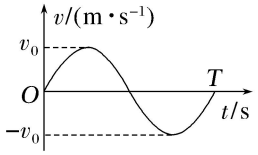
(2)求实验车的最大速率 v_{m}。

2.海浪发电是一种应用前景广阔的新能源技术，海浪通过传动装置带动线圈在磁场中做切割磁感线运动实现海浪动能向电能的转化。某科技小组设计了如下两种发电模型：

模型①：如图甲所示，*N* 匝正方形闭合线圈处在垂直于线圈平面的组合磁场中，磁感应强度大小均为 *B*，线圈和磁场的宽度均为 *L*，设线圈的总电阻为 *R*，线圈在海浪的带动下左右运动时不会超出磁场范围；

模型②：如图乙所示，线圈处在均匀辐向磁场中，机械传动装置将海浪的运动转化为线圈沿水平方向的往复振动，振动速度随时间的变化图像为如图丙所示的正弦函数，其中 v_0、T 已知，若线圈的匝数为 N_0，半径为 r，其所处位置磁感应强度大小均为 B_0，线圈内阻及外部电路电阻都为 R_0，忽略一切摩擦。求：

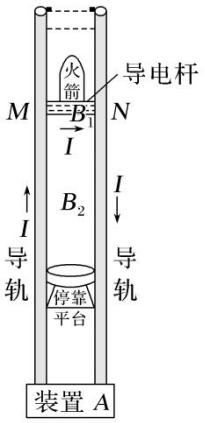




(1)模型①中线圈水平向右的速度为 v 时，感应电流的大小和闭合线圈所受安培力的大小；

(2)模型②中感应电动势随时间变化的表达式以及模型②的发电功率。

3.某兴趣小组设计了一种火箭落停装置，简化原理如图所示，它由两根竖直导轨、承载火箭装置(简化为与火箭绝缘的导电杆 MN)和装置 A 组成，并形成闭合回路。装置 A 能自动调节其输出电压确保回路电流 I 恒定，方向如图所示。导轨长度远大于导轨间距，不论导电杆运动到什么位置，电流 I 在导电杆以上空间产生的磁场近似为零，在导电杆所在处产生的磁场近似为匀强磁场，大小 $B_1=kI$(其中 k 为常量)，方向垂直导轨平面向里；在导电杆以下的两导轨间产生的磁场近似为匀强磁场，大小 $B_2=2kI$，方向与 B_1 相同。火箭无动力下降到导轨顶端时与导电杆粘接，以速度 v_0 进入导轨，到达绝缘停靠平台时速度恰好为零，完成火箭落停。已知火箭与导电杆的总质量为 M，导轨间距 $d=\dfrac{3Mg}{kI^2}$，导电杆电阻为 R。导电杆与导轨保持良好接触滑行，不计空气阻力和摩擦力，不计导轨电阻和装置 A 的内阻。在火箭落停过程中，



(1)求导电杆所受安培力的大小 F 和运动的距离 L；

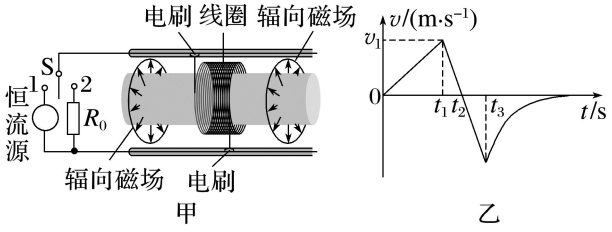
(2)求回路感应电动势 E 与运动时间 t 的关系；

(3)求装置 A 输出电压 U 与运动时间 t 的关系和输出的能量 W；

(4)若 R 的阻值视为 0，装置 A 用于回收能量，给出装置 A 可回收能量的来源和大小。

4.舰载机电磁弹射是现在航母最先进的弹射技术，我国在这一领域已达到世界先进水平。某兴趣小组开展电磁弹射系统的设计研究，如图甲所示，用于推动模型飞机的动子(图中未画出)与线圈绝缘并固定，线圈带动动子，可在水平导轨上无摩擦滑动。线圈位于导轨间的辐向磁场中，其所在处的磁感应强度大小均为 B。开关 S 与 1 接通，恒流源与线圈连接，动子从静止开始推动飞机加速，飞机达到起飞速度时与动子脱离；此时 S 掷向 2 接通定值电阻 R_0，同时施加回撤力 F，在 F 和磁场力作用下，动子恰好返回初始位置停下。若动子从静止开始至返回过程的 $v-t$ 图像如图乙所示，在 t_1 至 t_3 时间内 $F=(800-10v)\text{N}$，t_3 时撤去 F。已知起飞速度 $v_1=80\ \text{m/s}$，$t_1=1.5\ \text{s}$，线圈匝数 $n=100$ 匝，每匝周长 $l=1\ \text{m}$，飞机的质量 $M=10\ \text{kg}$，动子和线圈的总质量 $m=5\ \text{kg}$，$R_0=9.5\ \Omega$，$B=0.1\ \text{T}$，不计空气阻

力和飞机起飞对动子运动速度的影响，求：



(1)恒流源的输出电流 I；

(2)线圈电阻 R;

(3)时刻 t_3 的值。