

2018年上海市高考二模试卷物理

一、单项选择题（共16分，每小题2分。每小题只有一个正确选项。）

1.（2分）关于科学家的贡献，下列叙述中正确的是（ ）

- A. 牛顿创立了微积分
- B. 法拉第最早发现了电流的磁效应
- C. 库仑最先准确测出了电子的电量
- D. 亚里士多德首先提出了惯性的概念

解析：A、牛顿创立了微积分，故A正确；

B、奥斯特最早发现了电流的磁效应，故B错误；

C、密立根首次比较准确测出电子的电量，故C错误；

D、牛顿首先提出了惯性的概念，故D错误。

答案：A

2.（2分）关于原子核的变化，下列说法中正确的是（ ）

- A. 温度越高，放射性元素的半衰期越长
- B. 天然放射现象说明原子是可以再分的
- C. 重核在裂变过程中向外界放出巨大的核能
- D. α 粒子散射实验说明了原子核是可以再分的

解析：A、半衰期与外界因素无关，故A错误；

B、天然放射现象说明原子核内部是有结构的，并不是原子可以再分的，故B错误；

C、重核的裂变和轻核的聚变过程都有质量亏损，都向外界放出核能，故C正确；

D、卢瑟福通过 α 粒子散射实验提出了原子的核式结构，故D错误。

答案：C

3.（2分）有关宇宙的理解，下列说法中正确的是（ ）

- A. 质量越大的恒星寿命越长
- B. 太阳发出的光和热来自于碳、氧等物质的燃烧
- C. 在天空中呈现暗红色的恒星的温度比呈现白色的恒星的温度高
- D. 由于光速有限，因此观察遥远的天体就相当于观察宇宙的未来

解析：A、质量越大的恒星寿命越短，故A错误；

B、太阳发出的光和热来自于在太阳内部进行着大规模的核聚变释放的能量，故B错误

C、恒星的颜色是由温度决定的，温度越低，颜色越偏红，温度越高，颜色越偏蓝。故在天空中呈现暗红色的恒星的温度比呈现白色的恒星的温度低。故C错误

D、由于光速有限，遥远的天体发出的光线到达我们时，我们看到的是过去的宇宙射线；故因此观察遥远的天体就等于在观察宇宙的未来，故D正确。

答案：D

4.（2分）用光照射某种金属，有光电子从金属表面逸出。如果换一种频率更大、强度较弱的光照射该金属，则（ ）

- A. 单位时间内逸出的光电子数减少，光电子的最大初动能减小
- B. 单位时间内逸出的光电子数增大，光电子的最大初动能减小
- C. 单位时间内逸出的光电子数减少，光电子的最大初动能增大
- D. 单位时间内逸出的光电子数增大，光电子的最大初动能增大

解析：根据光电效应方程 $E_{km} = h\nu - W_0$ 得，光强度不影响光电子的最大初动能，光电子的最大初动能与入射光的频率有关；光电效应的条件是入射光的频率大于极限频率，与光的强度无关；换一种频率更大的光，则光电子的最大初动能增大；

入射光的强度影响单位时间内发出光电子的数目，光的强度减弱，单位时间内发出光电子数目减少。故ABD错误，C正确。

答案：C

5. (2分) 下列说法中，正确的是()

- A. 只有热传递才可以改变物体的内能
- B. 气体温度越高，每个分子运动的速率一定越大
- C. 布朗运动是指在显微镜下观察到的液体分子的无规则运动
- D. 热量不可能由低温物体传给高温物体而不发生其他变化

解析：A、改变物体内能的方式有做功和热传递，故 A 错误；

B、温度是分子平均动能的标志，而不是每个分子动能的标志，高温物体也有速率小的分子，故 B 错误；

C、布朗运动的现象是固体微粒的无规则运动，反映的是液体分子的无规则运动，故 C 错误；

D、热量不能自发的从低温物体传给高温物体，但在引起其它变化的情况下可以由低温物体传给高温物体，故 D 正确。

答案：D

6. (2分) 伽利略研究变速运动规律时做了著名的“斜面实验”：他测量了铜球在较小倾角斜面上运动的位移和时间，发现位移与时间的平方成正比，增大斜面倾角，该规律仍然成立。于是，他外推到倾角为 90° 的情况，得出结论()

- A. 自由落体运动是一种匀变速直线运动
- B. 力是使物体产生加速度的原因
- C. 力不是维持物体运动的原因
- D. 物体具有保持原来运动状态的惯性

解析：铜球在较小倾角斜面上的运动情况，发现铜球做的是匀变速直线运动，且铜球加速度随斜面倾角的增大而增大，倾角最大的情况就是 90° 时，这时物体做自由落体运动，由此得出的结论是自由落体运动是一种匀变速直线运动。

答案：A

7. (2分) 科学家在研究某两个重离子结合成超重元素的反应时，发现生成超重元素的原子核 ${}^A_Z X$ 经过 6 次 α 衰变后的产物是 ${}^{253}_{100} \text{Fm}$ 。则元素 ${}^A_Z X$ 的原子序数和质量数分别为()

- A. 112、265
- B. 112、277
- C. 124、259
- D. 124、265

解析：每经过一次 α 衰变质量数少 4，质子数少 2，经过 6 次 α 衰变质量数减少 24，质子数减少 12，超重元素的原子序数和质量数分别， $100+12=112$ ， $253+24=277$ ，故 B 正确，ACD 错误。

答案：B

8. (2分) 一物体在四个共点力作用下做匀速直线运动。若突然撤去一个沿运动方向的力，其余三个力保持不变，则物体做()

- A. 匀速圆周运动
- B. 匀加速直线运动
- C. 类平抛运动
- D. 匀减速直线运动

解析：A、其余三个力的合力恒定，而匀速圆周运动合力一直指向圆心，是变力，所以物体不可能做匀速圆周运动。故 A 错误；

B、C、D、有一个作匀速直线运动的物体受到四个力的作用，这四个力一定是平衡力，如果撤去一个沿运动方向的力，剩余的三个力的合力与撤去的力等值、反向、共线，所以剩余的三个力的合力方向与速度方向相反，则物体将匀减速直线运动；故 BC 错误，D 正确。

答案：D

二、单项选择题（共 24 分，每小题 3 分。每小题只有一个正确选项。）

9. (3 分) 电视台体育频道讲解棋局的节目中通常有一个竖直放置的棋盘。该棋盘具有磁性，每个棋子都可视为能被棋盘吸引的小磁体。对于静止在棋盘上的棋子，下列说法中正确的是（ ）

- A. 棋盘对棋子施加三个力的作用
- B. 磁力越大，棋子所受的摩擦力也越大
- C. 棋盘对棋子总的的作用力比棋子的重力大
- D. 只要磁力足够大，即使棋盘光滑，棋子也能静止在棋盘上

解析：A、小棋子受到重力 G 、棋盘面的吸引力 F 、弹力 N 和静摩擦力 f ，那么棋盘对棋子施加三个力的作用，故 A 正确。

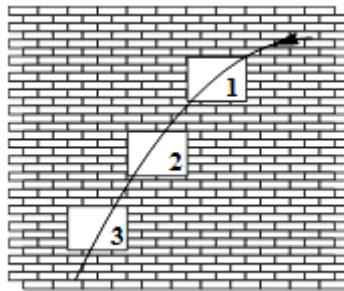
B、棋盘对棋子的吸引力与棋盘面对棋子的弹力平衡；而静摩擦力与棋子的重力平衡，与磁力大小无关，故 B 错误。

C、由 A 选项分析可知，棋盘对棋子总的的作用力与棋子的重力相平衡，故 C 错误。

D、当 $G > f_m = \mu N = \mu F$ 时，棋子将下滑，故 D 错误。

答案：A

10. (3 分) 将一只苹果水平抛出，苹果在空中依次飞过三个完全相同的窗户 1、2、3，图中曲线为苹果在空中运行的轨迹，不计空气阻力。下列说法中正确的是（ ）



- A. 苹果通过第 1 个窗户所用的时间最短
- B. 苹果通过第 1 个窗户的过程中，重力做功最多
- C. 苹果通过第 3 个窗户的过程中，重力的平均功率最大
- D. 苹果通过第 3 个窗户的过程中，竖直方向的平均速度最小

解析：A、平抛运动在竖直方向上做自由落体运动，速度越来越快，可知通过相同竖直位移所用的时间越来越短，所以通过第 3 个窗户时间最短，故 A 错误。

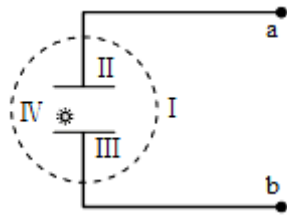
B、通过三个窗户下降的高度相同，则重力做功相同，故 B 错误。

C、通过第 3 个窗户时间最短，根据 $P = \frac{mgh}{t}$ 知，重力的平均功率最大，故 C 正确。

D、苹果通过第 3 个窗户的过程中，由于时间最少，则竖直方向的平均速度最大，故 D 错误。

答案：C

11. (3 分) 用于火灾报警的离子烟雾传感器如图所示。在网罩 I 内有电极 II 和 III，a、b 两端接电源，IV 是一小块放射性同位素镭 241，它能放射出一种很容易使空气电离的粒子。正常情况下镭 241 放射出的粒子使两个极板间的空气电离，在 a、b 间形成较强的电流；发生火灾时，大量烟雾进入网罩 I 内，烟尘颗粒吸收其中的带电粒子，导致电流发生变化，从而报警。下列说法中正确的是（ ）

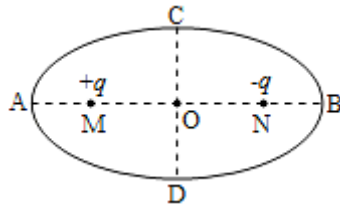


- A. 镅 241 射出的是 α 粒子, 有烟雾时电流增强
- B. 镅 241 射出的是 α 粒子, 有烟雾时电流减弱
- C. 镅 241 射出的是 β 粒子, 有烟雾时电流增强
- D. 镅 241 射出的是 β 粒子, 有烟雾时电流减弱

解析: 放射性同位素镅 241, 它能放射出一种很容易使气体电离的粒子, 知该粒子是 α 粒子。发生火灾时, 烟雾进入网罩内, 烟尘颗粒吸收空气中的离子和镅发出的粒子, 使得电流减弱。故 B 正确, A、C、D 错误。

答案: B

12. (3 分) 如图所示, 虚线 AB 和 CD 分别为椭圆的长轴和短轴, 相交于 O 点, 两个等量异号点电荷分别位于椭圆的两个焦点 M、N 上。下列说法中正确的是()



- A. O 点的电场强度为零
- B. A、B 两点的电场强度相同
- C. C 点的电势高于 D 点的电势
- D. 将电荷 +q 沿 C、D 连线从 C 移到 D 的过程中, 电势能先减少后增加

解析: A、根据等量异种电荷电场线的特点可知, O 点场强的方向向右, 不是 0。故 A 错误。
B、根据等量异种电荷电场线的特点可知, A 点场强的方向向左, B 点场强的方向向左, 两点场强的大小相等。故 B 正确。

C、根据等量异种电荷电场线、等势面分布特点知, OCD 在同一条等势线上, 所以 D 点电势等于 C 点电势。故 C 错误。

D、根据等量异种电荷电场线、等势面分布特点知, OCD 在同一条等势线上, 所以 D 点电势等于 C 点电势, 试探电荷从 O 处移到 C 处电场力不做功。电势能始终不变。故 D 错误。

答案: B

13. (3 分) 一列简谐横波沿 x 轴正方向传播, 图 (甲) 是 $t=3\text{s}$ 时的波形图, 图 (乙) 是波中某质点 P 的振动图象, 下列判断中正确的是()

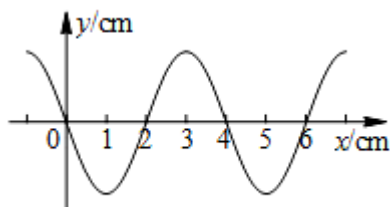


图 (甲)

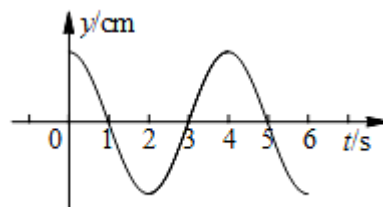


图 (乙)

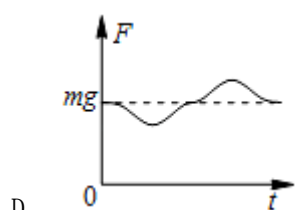
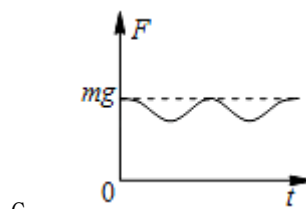
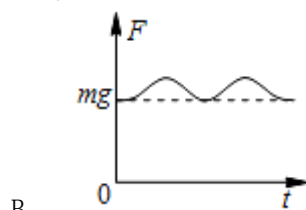
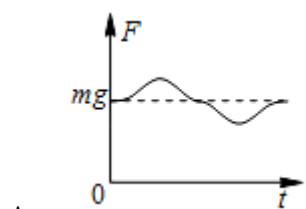
- A. 质点 P 在 $t=3\text{s}$ 时沿 y 轴负方向振动
- B. 质点 P 在 $t=3\text{s}$ 时的速度为零
- C. 质点 P 的平衡位置坐标可能是 $x=4\text{cm}$
- D. 该简谐波的波速为 1m/s

解析: A、由图乙知, $t=3\text{s}$ 时图象切线的斜率为正值, 说明质点 P 此时正沿 y 轴正方向振动, 故 A 错误。

- B、由图乙知， $t=3\text{s}$ 时质点P的位移为0，正通过平衡位置，速度最大，故B错误。
- C、由图甲知，简谐横波沿x轴正方向传播， $x=4\text{cm}$ 处的质点正通过平衡位置向上，与质点P在 $t=3\text{s}$ 时的状态相同，所以质点P的平衡位置坐标可能是 $x=4\text{cm}$ ，故C正确。
- D、由甲读出波长 $\lambda=4\text{cm}$ ，由图乙读出周期 $T=4\text{s}$ ，则该波的波速 $v=\frac{\lambda}{T}=1\text{cm/s}$ 。故D错误。

答案：C

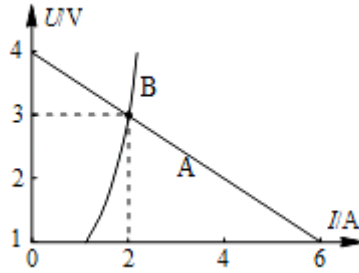
14. (3分) 如图所示，一圆形闭合小铜环从高处由静止开始下落，穿过一根竖直悬挂的、质量为m的条形磁铁，铜环的中心轴线与条形磁铁的中心轴线始终保持重合。则细绳中弹力F随时间t的变化关系图象可能是()



解析：铜环闭合，铜环在下落过程中，穿过铜环的磁通量不断变化，铜环中产生感应电流；由楞次定律可知，感应电流总是阻碍磁体间的相对运动，当铜环在磁铁上方时，感应电流阻碍铜环靠近磁铁，给铜环一个向上的安培力，因此拉力大于重力；当铜环位于磁铁下方时，铜环要远离磁铁，感应电流阻碍铜环的远离对铜环施加一个向上的安培力，则拉力大于重力；当铜环处于磁铁中央时，磁通量不变，则没有感应电流，没有安培阻力，因此拉力等于重力，故ACD错误，B正确。

答案：B

15. (3分) 如图所示, 直线A为某电源的U-I图线, 曲线B为标识不清的小灯泡L₁的U-I图线, 将L₁与该电源组成闭合电路时, L₁恰好能正常发光。若将相同材料制成的标有“3V, 20W”的灯泡L₂与该电源组成闭合电路, 下列说法中正确的是()



- A. 电源的内阻为 $\frac{2}{3} \Omega$
- B. 把灯泡 L₁ 换成 L₂, L₂ 可能正常发光
- C. 把灯泡 L₁ 换成 L₂, 电源的输出功率可能相等
- D. 把灯泡 L₁ 换成 L₂, 电源的输出功率一定变小

解析: A、由图读出电源的电动势为 $E=4V$, 图线 A 的斜率大小表示电源的内阻, 则 $r = \frac{4-1}{6}$

$\Omega = 0.5\Omega$, 故 A 错误;

BCD、灯泡与电源连接时, A、B 两图线的交点表示灯泡的工作状态, 则知其电压 $U=3V$, $I=2A$, 则灯泡 L₁ 的额定电压为 3V, 功率为 $P=UI=6W$ 。

把灯泡 L₁ 换成“3V, 20W”的灯泡 L₂, 不能正常发光,

而由 $P = \frac{U^2}{R}$ 知: 灯泡 L₂ 的正常工作时的电阻为 $R_2 = \frac{U^2}{P} = \frac{3^2}{20} = 0.45\Omega$

灯泡 L₁ 的电阻为 $R_1 = \frac{U}{I} = \frac{3}{2} \Omega = 1.5\Omega$, 则知正常发光时灯泡 L₂ 的电阻更接近电源的内阻, 但

是这里灯泡并没有达到正常发光, 此时 L₂ 的电阻是不确定的; 电源的输出功率可能变大。可能相等, 也有可能变小, 故 BD 误, C 正确。

答案: C

16. (3分) 将一小球以 20m/s 的初速度竖直上抛, 经 3.5s 落回原处。已知空气阻力的大小与速率成正比, 则小球落回原处的速度大小为()

- A. 5m/s
- B. 10m/s
- C. 12.5m/s
- D. 15m/s

解析: 设小球上升的最大高度为 H, 时间为 t_1 。

在上升过程中, 根据牛顿第二定律得: $-(mg+kv) = ma_1 = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$

得: $-(mg\Delta t + kv\Delta t) = m\Delta v$

两边求和得: $-\sum mg\Delta t - \sum kv\Delta t = \sum m\Delta v$

则得 $-mgt_1 - kH = 0 - mv_0$; ①

设下落过程用时为 t_2 小球落回原处的速度大小为 v 。

在下落过程中, 根据牛顿第二定律得: $mg - kv = ma_2 = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$

得: $mg\Delta t - kv\Delta t = m\Delta v$

两边求和得: $\sum mg\Delta t - \sum kv\Delta t = \sum m\Delta v$

则得 $mg t_2 - kH = mv - 0$; ②

由①②得: $mg(t_1 + t_2) = m(v + v_0)$

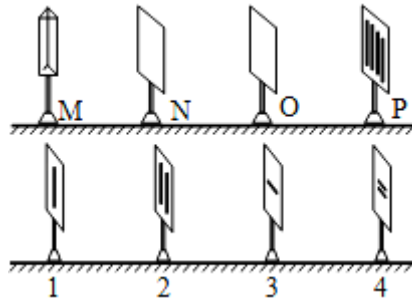
可得 $v = g(t_1 + t_2) - v_0 = 10 \times 3.5 - 20 = 15 \text{ m/s}$

故 ABC 错误, D 正确。

答案: D

三、多项选择题 (共 16 分, 每小题 4 分。每小题有二个或三个正确选项。全选对的, 得 4 分; 选对但不全的, 得 2 分; 有选错或不答的, 得 0 分。)

17. (4 分) 英国物理学家托马斯·杨巧妙地解决了相干光源问题, 第一次在实验室观察到了光的干涉现象。图为实验装置简图, M 为竖直线状光源, N 和 O 均为有狭缝的遮光屏, P 为像屏。现有四种刻有不同狭缝的遮光屏, 实验时正确的选择是()



- A. N 应选用遮光屏 1
- B. N 应选用遮光屏 3
- C. O 应选用遮光屏 2
- D. O 应选用遮光屏 4

解析: 单缝衍射条纹宽度是中央亮纹最宽; 双缝干涉的图线是明暗相间的条纹, 条纹间距等宽;

是双缝干涉;

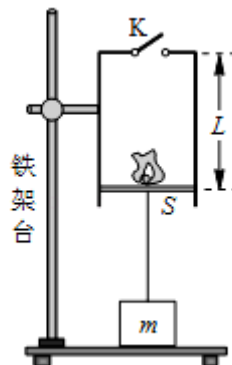
因此要先通过单缝后找到双缝上, 形成相干光源, 则 N 应选用遮光屏 1, O 应选用遮光屏 2; 故 AC 正确, BD 错误。

答案: AC

18. (4 分) 将横截面积为 S 的圆柱形气缸固定在铁架台上, 内有可自由移动的轻质活塞, 活塞通过轻杆与重物 m 相连, 将一团燃烧的轻质酒精棉球经阀门 K 放置于活塞上, 棉球熄灭时立即关闭阀门 K, 此时活塞距离气缸底部为 L 。之后, 缸内气体冷却至环境温度时, 重物

上升高度为 $\frac{L}{4}$ 。已知环境温度恒为 27°C , 外界大气压为 p_0 , 缸内气体可以看作是理想气体,

则()



- A. 重物离开地面稳定后, 气体压强可能大于 p_0

- B. 重物离开地面稳定后，气体压强一定小于 p_0
 C. 酒精棉球熄灭的瞬间，缸内气体的温度 t 可能等于 120°C
 D. 酒精棉球熄灭的瞬间，缸内气体的温度 t 可能等于 140°C

解析：酒精棉球熄灭时，活塞受到封闭气体向下的压力，大气压向上的支持力，由平衡得：

$$P_1 S = P_0 S$$

$$\text{解得：} P_1 = P_0$$

$$\text{此时体积为：} V_1 = LS, \text{ 温度为：} T_1 = 273 + t$$

重物被吸起稳定后，活塞受绳子得拉力，封闭气体向下得压力和大气压向上得支持力，由平衡得：

$$P_2 S + mg = P_0 S$$

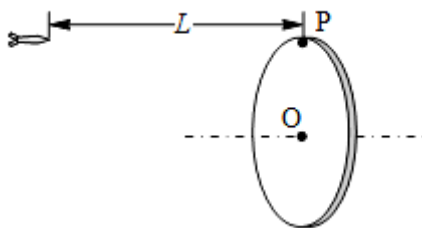
$$\text{解得：} P_2 = P_0 - \frac{mg}{S} < P_0$$

$$\text{此时体积为：} V_2 = 0.75LS, \text{ 温度为 } T_2 = 273 + 27\text{K} = 300\text{K}$$

$$\text{有理想气体状态方程 } \frac{PV}{T} = C \text{ 得：} t = 140^\circ\text{C}.$$

答案：BD

19. (4分) 如图所示，一位同学玩飞镖游戏。圆盘最上端有一 P 点，飞镖抛出时与 P 等高，且距离 P 点为 L 。当飞镖以初速度 v_0 垂直盘面瞄准 P 点抛出的同时，圆盘以经过盘心 O 点的水平轴在竖直平面内匀速转动。忽略空气阻力，重力加速度为 g ，若飞镖恰好击中 P 点，则 ()



- A. 飞镖击中 P 点所需的时间为 $\frac{L}{v_0}$
 B. 圆盘的半径可能为 $\frac{gL^2}{2v_0^2}$
 C. 圆盘转动角速度的最小值为 $\frac{2\pi v_0}{L}$
 D. P 点随圆盘转动的线速度可能为 $\frac{5\pi gL}{4v_0}$

解析：A、飞镖水平抛出做平抛运动，在水平方向做匀速直线运动，因此 $t = \frac{L}{v_0}$ ，故 A 正确。

B、飞镖击中 P 点时，P 恰好在最下方，则 $2r = \frac{1}{2}gt^2$ ，解得圆盘的半径 $r = \frac{gL^2}{4v_0^2}$ ，故 B 错误。

C、飞镖击中 P 点，则 P 点转过的角度满足 $\theta = \omega t = \pi + 2k\pi$ ($k=0, 1, 2, \dots$)

故 $\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{(2k+1)\pi v_0}{L}$ ，则圆盘转动角速度的最小值为 $\frac{\pi v_0}{L}$ 。故 C 错误。

D、P 点随圆盘转动的线速度为 $v = \omega r = \frac{(2k+1)\pi v_0}{L} \cdot \frac{gL^2}{4v_0^2} = \frac{(2k+1)\pi gL}{4v_0}$ 当 $k=2$ 时, $v = \frac{5\pi gL}{4v_0}$ 。

故 D 正确。

答案：AD

20. (4 分) 如图 (甲) 所示, 相距为 $2L$ 的光滑平行金属导轨水平放置, 右侧接有定值电阻 R , 导轨电阻忽略不计, OO' 的左侧存在垂直于导轨平面向下、磁感应强度为 B 的匀强磁场。在 OO' 左侧 L 处垂直导轨放置一质量为 m 、电阻为 $0.5R$ 的金属杆 ab , ab 在恒力 F 的作用下由静止开始向右运动 $3L$ 的距离, 其速度与位移的变化关系如图 (乙) 所示。下列判断中正确的是 ()

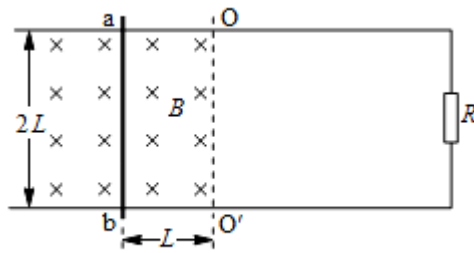


图 (甲)

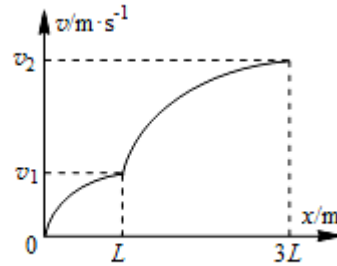


图 (乙)

- A. ab 即将离开磁场时, 安培力的大小为 $\frac{2B^2L^2v_1}{3R}$
- B. 整个运动的过程中, 通过电阻 R 上的电量为 $\frac{4BL^2}{3R}$
- C. ab 即将离开磁场时, 加速度的大小为 $\frac{v_2^2 - v_1^2}{4L} - \frac{8B^2L^2v_1}{3mR}$
- D. 整个过程中, 电阻 R 上产生的焦耳热为 $\frac{1}{6}m(v_2^2 - 3v_1^2)$

解析：A、 ab 即将离开时, 速度为 v_1 , 电动势 $E=2BLv_1$, 电流 $I = \frac{E}{0.5R + R}$; 安培力 $F=2BIL =$

$\frac{8B^2L^2v_1}{3R}$; 故 A 错误;

B、整个过程中, 磁通量的变化量为 $\Delta\Phi = 2BL^2$; 产生的电量 $q = \frac{\Delta\Phi}{1.5R\Delta t} \cdot \Delta t = \frac{2BL^2}{1.5R} = \frac{4BL^2}{3R}$;

故 B 正确;

C、 ab 杆在离开磁场前瞬间, 水平方向上受安培力 $F_{安}$ 和外力 F 作用, ab 杆在位移 L 到 $3L$ 的过程中, 由动能定理得: $F(3L - L) = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$;

解得: $F = \frac{m(v_2^2 - v_1^2)}{4L}$

设加速度为 a ,

则 $F_{安} = BIL$

$$I = \frac{BLv_1}{R}$$

$$a = \frac{F - F_{安}}{m}$$

联立解得： $a = \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{4L} - \frac{B^2 L^2 v_1}{mR}$ ；故 C 正确；

D、ab 杆在磁场中发生 L 位移过程中，恒力 F 做的功等于 ab 杆增加的动能和回路产生的电能（即电阻 R 上产生的电热 Q_1 ），由能量守恒定律得： $FL = \frac{1}{2} m v_1^2 + Q_1$

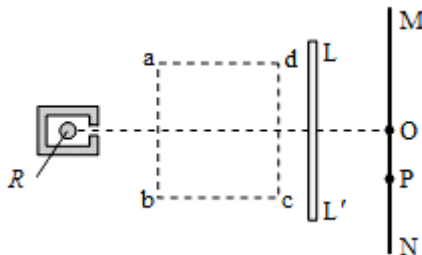
联立解得： $Q_1 = \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{4}$ ；故 D 正确。

答案：BCD

四、填空题（共 20 分，每小题 4 分。）本大题中第 22 题为分叉题，分 A、B 两类，考生可任选一类答题。若两类试题均做，一律按 A 类题计分。

21.（4 分）如图所示，R 为一含有 ${}_{92}^{238}\text{U}$ 的放射源，它能放出 α 、 β 、 γ 三种射线，变为 ${}_{86}^{222}\text{Rn}$ 。LL' 为一张厚纸板，MN 为涂有荧光物质的光屏，虚线框内存在平行于边界 ab 的匀强电场。

若射线正对光屏的中心 O 点射出，在光屏上只观察到 O、P 两个亮点，则打在 O 点的是_____射线，虚线框内匀强电场的方向_____（选填“由 a 指向 b”或“由 b 指向 a”）。



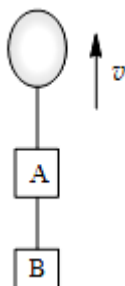
解析： α 、 β 、 γ 三种射线中 γ 射线不带电，在电场中不偏转，所以打在 O 点的是 γ 射线。

一张纸就能挡住 α 射线，所以打在 P 点的是 β 射线，而 β 粒子带负电，要使 β 射线向下偏转，虚线框内匀强电场的方向应由 b 指向 a。

答案： γ ；由 b 指向 a。

A、B 选做一题

22.（4 分）如图所示，气球吊着 A、B 两个重物以速度 v 匀速上升，已知 A 与气球的总质量为 m_1 ，B 的质量为 m_2 ，且 $m_1 > m_2$ 。某时刻 A、B 间细线断裂，当气球的速度增大为 $2v$ 时，B 的速度大小为_____，方向_____。（不计空气阻力）



解析：规定向上为正方向，根据动量守恒定律得：

$$(m_1 + m_2) v = m_1 \cdot 2v + m_2 v'$$

解得： $v' = \frac{(m_2 - m_1) v}{m_2}$ ，

因为 $m_1 > m_2$, 所以 v' 为负值, 可知方向竖直向下, 大小为: $\frac{(m_1 - m_2)v}{m_2}$ 。

答案: $\frac{(m_1 - m_2)v}{m_2}$, 竖直向下。

23. (4分) 北斗一号卫星系统的三颗卫星均定位在距离地面 36000km 的地球同步轨道上, 而 GPS 系统中的 24 颗卫星距离地面的高度均为 20000km, 已知地球半径为 6400km。则北斗一号卫星线速度的大小 _____ GPS 卫星线速度的大小 (选填“大于”、“小于”或“等于”); GPS 卫星加速度的大小约为北斗一号卫星的 _____ 倍 (取 2 位有效数字)。

解析: 根据万有引力提供向心力得: $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = ma$,

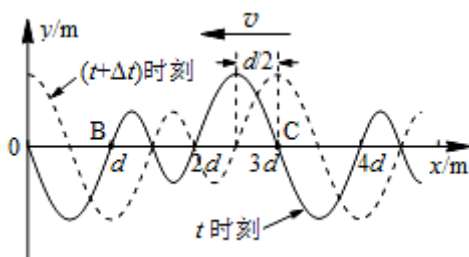
解得: $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, $a = G \frac{Mm}{r^2}$,

因为北斗一号卫星的半径大于 GPS 卫星的半径, 所以北斗一号卫星线速度的大小小于 GPS 卫星线速度的大小,

$$\frac{a_G}{a_{北}} = \frac{r_{北}^2}{r_G^2} = \frac{(3.6 \times 10^7 + 6.4 \times 10^6)^2}{(2 \times 10^7 + 6.4 \times 10^6)^2} = 2.6。$$

答案: 小于, 2.6。

24. (4分) 图示为一列沿 x 轴负方向传播的机械波, 实线和虚线分别为 t 时刻和 t + Δt 时刻的波形, B 和 C 是横坐标分别为 d 和 3d 的两个质点。则 t 时刻质点 B 的振动方向为 _____, 该波的波速为 _____。



解析: 波沿 x 轴负方向传播, 运用波形平移法分析知, t 时刻质点 B 的振动方向为 y 轴正方向。

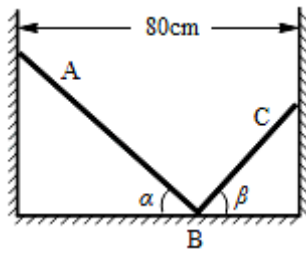
由图知, 该波的波长为 $\lambda = 3d$

根据波的周期性, 可知波在 Δt 时间传播的距离为 $\Delta x = k\lambda + \frac{5}{2}d = 3kd + \frac{5}{2}d$, (其中 $k=0, 1, 2, 3 \dots$)。

则波速为 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(6k + 5)d}{2\Delta t}$, (其中 $k=0, 1, 2, 3 \dots$)。

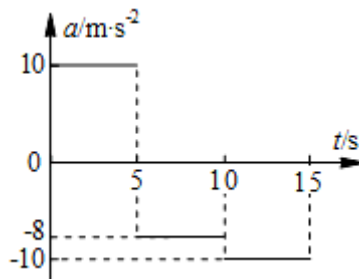
答案: y 轴正方向, $\frac{(6k + 5)d}{2\Delta t}$, (其中 $k=0, 1, 2, 3 \dots$)。

25. (4分) 如图所示, 在竖直平面内有两根质量相等的均匀细杆 A 和 C, 长度分别为 60cm 和 40cm, 它们的底端相抵于地面上的 B 点, 另一端分别搁置于竖直墙面上, 墙面间距为 80cm, 不计一切摩擦。系统平衡时两杆与地面的夹角分别为 α 和 β , 两侧墙面所受压力的大小分别为 F_A 和 F_C , 则 F_A _____ F_C (选填“大于”、“小于”或“等于”), 夹角 $\beta =$ _____。



解析: 对整体分析, 整体处于平衡状态, 整体在水平方向上受到两侧墙壁的弹力, 可知 $F_A = F_B$, 对 AB 分析, A 受到重力、墙壁的弹力、地面对它的支持力以及 BC 对 AB 的作用力, 同样度 BC 分析, 受重力、墙壁的弹力、AB 对 BC 的作用力, 和地面的支持力, 因为两杆重力相等, 墙壁的作用力相等, 根据平衡知, $\alpha = \beta$, 根据 $x_{AB} \cos \alpha + x_{BC} \cos \beta = d$, 可知 $(60+40) \cos \beta = 80$, 解得 $\beta = 37^\circ$ 。 答案: 等于; 37° 。

26. (4分) 一质量为 2kg 的质点在 0~15s 内由静止开始从地面竖直向上运动, 取竖直向上为正向, 得到如图所示的加速度和时间的变化关系图象。当 $t_3=15s$ 时, 质点的速度大小为 _____ m/s; 若以地面为零势能面, 则 $t_1=5s$ 与 $t_3=15s$ 两个时刻质点的机械能之比为 _____。



解析: 由图象可知, 物体的 15s 末的速度 $v = 10 \times 5 - 5 \times 8 - 10 \times 5 = -40 \text{ m/s}$; 5s 末物体的速度为 50m/s;

上升的高度 $h = \frac{50}{2} \times 5 = 125 \text{ m}$;

故机械能 $E = \frac{1}{2} mv^2 + mgh = \frac{1}{2} \times 2 \times 2500 + 20 \times 125 = 5000 \text{ J}$;

15s 末时, 物体的速度 $v' = 40 \text{ m/s}$;

此时物体的高度为 $h' = \frac{1}{2} \times 10 \times 25 + 50 \times 5 - \frac{1}{2} \times 8 \times 25 + 10 \times 5 + \frac{1}{2} \times (-10) \times 25 = 200 \text{ m}$;

故机械能为: $E' = mgh' + \frac{1}{2} mv'^2 = 20 \times 200 + \frac{1}{2} \times 2 \times 1600 = 5600 \text{ J}$

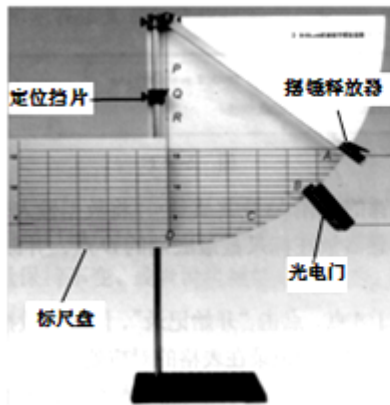
故动能的比值为:

$$\frac{E}{E'} = \frac{5000}{5600} = \frac{25}{28}$$

答案: 40; 25: 28。

五、实验题 (共 24 分)

27. (4分) 图 (甲) 为《用 DIS 研究机械能守恒定律》的实验。



图(甲)

| 次数 | D | C | B | A |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| 高度 h/m | 0.000 | 0.050 | 0.100 | 0.150 |
| 速度 $v/m \cdot s^{-1}$ | 1.72 | 1.41 | 0.99 | 0.00 |
| 势能 E_p/J | | | | |
| 动能 E_k/J | | | | |
| 机械能 E/J | | | | |

摆锤直径 $\Delta r = 0.008$ m 物体质量 $m = 0.02$ kg

开始记录 停止记录 清除上次数据 数据计算 检验 返回

图(乙)

(1) (多选题) 下列说法中正确的是: _____

- (A) 必须测定摆锤的直径
- (B) 定位挡片的作用是改变摆锤的机械能
- (C) 摆锤下落的高度可由标尺盘直接测定
- (D) 摆锤每次都从摆锤释放器的位置以不同的速度向下运动

解析: A、为了求出摆球通过光电门的速度, 必须测量小球的直径, 故 A 正确;
 B、定位挡片的作用是让摆锤停下, 并非改变其机械能, 故 B 错误;
 C、根据该装置构造可知, 摆锤下落的高度可由标尺盘直接测定, 故 C 正确;
 D、为了验证过程中机械能是否守恒, 要求摆锤每次同同一位置静止 (或相同速度) 下摆, 故 D 错误。

答案: AC。

(2) 某同学实验得到的数据界面如图 (乙) 所示, 则摆锤经过 C 点的机械能约为 _____, 根据各点的数据分析, 可以得出结论: _____。

解析: 根据表中数据, 摆锤经过 C 点的动能 $E_k = \frac{1}{2} m v_c^2 = \frac{1}{2} \times 0.02 \times 1.41^2 = 0.02J$;

而重力势能 $E_p = mgh = 0.02 \times 10 \times 0.05 = 0.01J$

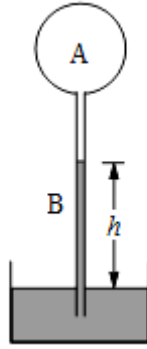
因此 C 点的机械能 $E = E_k + E_p = 0.03J$;

同理, 可以计算出摆锤在 A、B、D 三点的机械能分别为: 0.0297J、0.0299J、0.0296J, 故各点机械能大小基本一致。

故得出的结论是: 在只有重力做功的情况下, 物体的动能和势能相互转化, 但机械能的总量保持不变。

答案: 0.03J, 在只有重力做功的情况下, 物体的动能和势能相互转化, 但机械能的总量保持不变。

28. (6分) 某实验小组利用如图所示的装置测量温度: A 是容积较大的玻璃泡, A 中封有一定质量的空气, B 是一根与 A 连接的均匀细玻璃管 (玻璃管的容积远小于 A 的容积), 管的下端插入水银槽。当外界大气压 $p_0 = 76\text{cmHg}$, 环境温度 $t_0 = 27^\circ\text{C}$ 时, 管内水银柱的高度 $h = 46\text{cm}$, 在管壁外侧与水银面等高的位置标出对应的温度, 然后依次标出其它温度刻线。



(1) 此测温装置中， h 越大，相应的温度读数越_____（选填“高”或“低”）；温度刻线是_____分布的（选填“均匀”或“不均匀”）。

解析：玻璃泡的容积较大，玻璃管很细，玻璃泡内气体近似看成等容变化，气体的压强 $P = P_0 - h$ ， h 越大， P 越小，由查理定律可知，温度越低。 h 越大，温度读数越小；气体发生等容变化，则 $P = kT$ ， $\Delta P = k\Delta T$ ，而 $\Delta P = \Delta h$ ， $\Delta T = \Delta t$ ，则 Δt 与 Δh 成线性关系，故刻度线的间距均匀。

答案：低；均匀。

(2) 水银柱高度 $h' = 36\text{cm}$ 处的温度刻度值应为_____°C。

解析：由等容变化： $\frac{P}{T} = C$ 知， $h' = 36\text{cm}$ 处的温度刻度值 $T' =$

$$\frac{P_0 - h'}{P_0 - h} T = \frac{76 - 36}{76 - 46} \times (273 + 27) = 400\text{K} = 127^\circ\text{C}.$$

答案：127。

(3) 若外界大气压强变为 $p_0' = 77\text{cmHg}$ ，读出温度为 $t^\circ\text{C}$ ，则实际温度应修正为_____°C。

解析：大气压强增大，水银面向上移动，读数变小，因为 $\Delta h = \Delta P$ ，所以应从管内水银面向下移动 Δh 的刻度线读数即 $t + 10^\circ\text{C}$ 。

答案： $t + 10$ 。

29. (7分) 某兴趣小组查阅资料获知，弹簧振子做简谐运动的周期 $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ （其中 m 是

振子的质量， k 是弹簧的劲度系数，弹簧质量忽略不计），利用该规律可以测定物体的质量。

现有如下器材可供选择：

一个带有夹子的金属块 A（总质量 m_0 为已知量）；待测质量的物体 B；一根劲度系数未知的弹簧 C；光电门传感器和挡光片 D；位移传感器 E；力传感器 F；数据采集器 G；电脑 H。



(1) 本实验选用的器材：_____，（填写器材后面的字母）。根据选用的器材，简述测定系统振动周期的方法：_____。

解析：组合成测定振动周期的装置，故选器材为 ABCDGH；

运用累积法测量周期，稍微向下拉一下金属块，让金属块上下振动起来，利用光电门传感器和挡光片 D 结合 GH，求出振动 30 次所用的时间，进而求得振动系统的周期。

答案：A B C E（或 D、或 F）G H；稍微向下拉一下金属块，让金属块上下振动起来，利用光电门传感器和挡光片 D 结合 GH，求出振动 30 次所用的时间，进而求得振动系统的周期。

(2) 简述测量物体 B 的质量的主要步骤（直接测量的物理量请用字母表示）：

① _____；

② _____。

解析：①运用累积法测量周期：不放 B 时用秒表测出弹簧振子完成 30 次全振动的时间 t_1 ，

弹簧振子的周期 $T_1 = \frac{t_1}{30}$

②将 B 固定在 A 上，用秒表测出弹簧振子完成 30 次全振动的时间 t_2 ，弹簧振子的周期 $T_2 = \frac{t_2}{30}$ 。

答案：①不放 B 时使用 DIS 系统测出振动周期 T_1 ；

②将 B 固定在 A 上，使用 DIS 系统测出振动周期 T_2 。

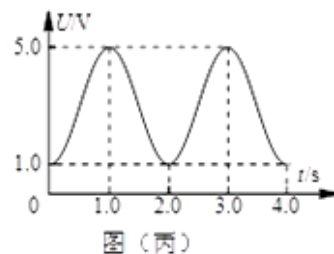
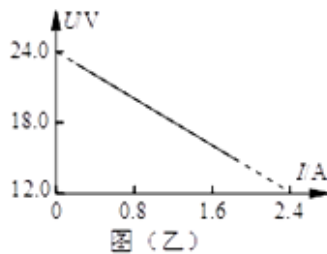
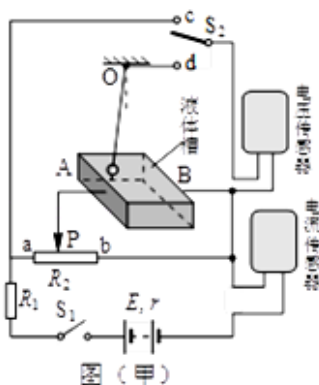
(3) 根据直接测量的物理量，B 的质量 $m_B =$ _____。

解析：利用弹簧振子做简谐运动的周期公式 $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ 得： $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{k}}$ ，

$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_0 + m_B}{k}}$ ，联立解得， $m_B = \frac{T_2^2 - T_1^2}{T_1^2} m_0$ 。

答案： $\frac{T_2^2 - T_1^2}{T_1^2} m_0$ 。

30. (7 分) 如图 (甲) 所示为使用 DIS 系统研究单摆的装置。液体槽的 A、B 两个侧面为铜板，其余部分为绝缘材料，槽中盛满导电液体。质量不计的细铜丝的上端固定在液体槽正上方的 O 点，下端连接一个小铜球，铜丝的下端稍穿出铜球一点长度，当铜球在液体上方摆动时，细铜丝始终与导电液体接触（铜丝与液体间的阻力忽略不计），将此系统接入电路。已知定值电阻 $R_1 = 3\Omega$ ，滑动变阻器的总电阻 $R_2 = 20\Omega$ ，变阻器两个端点 a、b 之间的长度为 30cm，槽中导电液体接入电路的电阻 $R_3 = 10\Omega$ 且恒定不变，铜丝的电阻不计。



(1) 将电键 S_2 与 c 点连接，闭合 S_1 ，移动变阻器的滑动片，采集数据得到图 (乙) 所示的 $U - I$ 图象，则该电源的电动势 $E =$ _____ V，内阻 $r =$ _____ Ω 。

解析：依据测定电源电动势和内电阻的原理， $U - I$ 图象中，纵轴的截距为电动势，故电动势为： $E = 24V$ ，斜率的绝对值为电源的等效内阻，即有： $R_1 + r = \frac{\Delta U}{\Delta I}$ ，代入数据得： $3 + r = \frac{12}{2.4}$ ，

解得， $r=2\Omega$ 。

答案：24，2。

(2) 将摆球拉离平衡位置，使其在垂直于 A、B 的竖直面内做简谐运动，变阻器的滑动片 P 移到距离 a 端为 x 的位置，并保持不变，电键 S_2 与 d 点连接，闭合 S_1 ，在电脑屏幕上得到如图（丙）所示的电压与时间的变化关系图象。则单摆的振动周期 $T=$ _____ s，摆长 $L=$ _____ m（取 π^2 约等于 10），滑动片离 a 端的距离 $x=$ _____ cm。

解析：由电压的变化周期得到单摆的振动周期为 2s；由单摆的振动周期 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ，则 $L=$

$$\frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{10 \times 2^2}{4 \times 10} \text{ m} = 1 \text{ m} ;$$

摆动过程中电压最大为 5V，最小为 1V，该电压与摆球偏离 B 板的距离 Δl 成正比，结合单摆的运动特点可得，AB 板的电压为 6V，即滑片 P 与 b 间的电压为 6V，结合电动势为 24V，设导电液体与滑动变阻器的并联总电阻为 $R_{\text{并}}$ ，结合串联电路的电压关系可得： $R_{\text{并}}:(r+R_1+R_{\text{aP}})=6:(24-6)$ ，

$$R_{\text{并}} = \frac{10 \times R_{\text{aP}}}{10 + R_{\text{aP}}},$$

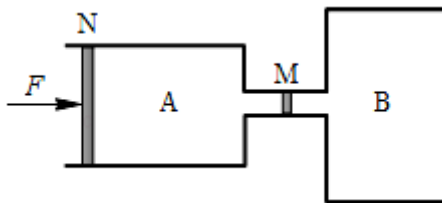
联立解得， $R_{\text{aP}}=10\Omega = \frac{1}{2} R_2$

故滑动片离 a 端的距离 $x = \frac{1}{2} \times 30 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$ 。

答案：2，1，15。

六、计算题（共 50 分）

31.（10 分）如图所示，用细管连接 A、B 两个绝热的气缸，细管中有一可以自由移动的绝热活塞 M，细管容积不计。A、B 中分别装有完全相同的理想气体，初态的体积均为 $V_1=1.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ ，压强均为 $p_1=1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，温度和环境温度相同且均为 $t_1=27^\circ\text{C}$ ，A 中导热活塞 N 的横截面积 $S_A=500 \text{ cm}^2$ 现缓缓加热 B 中气体，保持 A 气体的温度不变，同时给 N 施加水平向右的推力，使活塞 M 的位置始终保持不变。稳定时，推力 $F = \frac{5}{3} \times 10^3 \text{ N}$ ，外界大气压 $p_0=1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，不计活塞与缸壁间的摩擦。求：



(1) A 中气体的压强；

解析：A 中气体的压强为：

$$p_2 = p_0 + \frac{F}{S} = (1.0 \times 10^5 + \frac{\frac{5}{3} \times 10^3}{500 \times 10^{-4}}) \text{ Pa} = 1.33 \times 10^5 \text{ Pa} .$$

答案：A 中气体的压强 $1.33 \times 10^5 \text{ Pa}$

(2) 活塞 N 向右移动的距离；

解析：对 A 气体由玻意耳定律得： $p_1 V_1 = p_2 V_2$ ，

解得： $V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2} = \frac{(1.0 \times 10^5) \times (1.0 \times 10^{-2})}{1.33 \times 10^5} m = 7.5 \times 10^{-3} m^3$

活塞 N 向右移动的距离为： $\Delta L = \frac{V_1 - V_2}{S_A} = \frac{(10 - 7.5) \times 10^{-3}}{500 \times 10^{-4}} m = 5 \times 10^{-2} m = 5 cm$ 。

答案：活塞 N 向右移动的距离是 5cm。

(3) B 中气体的温度。

解析：B 气体温度为： $T_1 = 273 + t_1 = 273 + 27K = 300K$ ， $T_2 = 273 + t_2$

由查理定律： $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ ，

得： $T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1 = \frac{1.33 \times 10^5}{10^5} \times 300 K = 400 K$ 。

所以： $t_2 = T_2 - 273 = 127^\circ C$ 。

答案：B 气缸中的气体升温到 $127^\circ C$ 。

32. (12 分) 如图所示，甲和乙是放在水平地面上的两个小物块（可视为质点），质量分别为 $m_1 = 2kg$ 、 $m_2 = 3kg$ ，与地面间的动摩擦因数相同，初始距离 $L = 170m$ 。两者分别以 $v_1 = 10m/s$ 和 $v_2 = 2m/s$ 的初速度同时相向运动，经过 $t = 20s$ 的时间两者发生碰撞，求物块与地面间的动摩擦因数 μ 。

某同学解法如下：

因动摩擦因数相同，故它们在摩擦力作用下加速度的大小是相同的，由牛顿第二定律得到加

速度的大小： $a = \mu g$ ，设两物体在 $t = 20s$ 的时间内运动路程分别为 s_1 和 s_2 ，则有： $s_1 = v_1 t - \frac{1}{2}$

at^2 ， $s_2 = v_2 t - \frac{1}{2} at^2$ ，考虑到 $s_1 + s_2 = L$ 即可联立解出 μ 。

你认为该同学的解答是否合理？若合理，请解出最后结果；若不合理，请说明理由，并用你自己的方法算出正确结果。



解析：该同学的解答不合理。

因为四式联立，代入数据后解得 $a = 0.175m/s^2$

经过时间 $t = 20s$ ，两物块的速度分别为 $v'_1 = v_1 - at$ ， $v'_2 = v_2 - at$

代入数据得 $v'_1 = 6.5m/s$ ， $v'_2 = -1.5m/s$ ， $v'_2 < 0$ ，表明物块乙在 $20s$ 之前就已经停止运动，故该同学解答不合理。

正确解答案：物块 2 停止运动前滑行的距离 $s_2 = \frac{v_2^2}{2a}$

将相碰之前的位移关系 $s_1 + s_2 = L$

具体为 $(v_1 t + \frac{1}{2} at^2) + \frac{v_2^2}{2a} = L$ ，

代入数据得： $100a^2 - 15a - 1 = 0$ ，

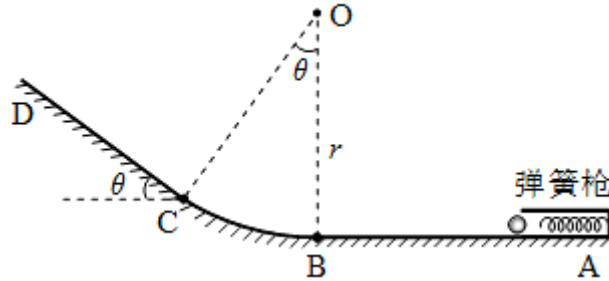
解出 $a = 0.2m/s^2$ 和 $a = -0.05m/s^2$ （舍去），

再由 $a = \mu g$ 得，

解得 $\mu = 0.02$ 。

答案：该同学解法不合理，因为未考虑物体是否停止。物块与地面间的动摩擦因数为 0.02。

33. (14分) 如图所示, ABCD 为固定在竖直平面内的绝缘轨道, AB 段水平且光滑, BC 段为圆心角 $\theta = 37^\circ$ 的光滑圆弧, 圆弧半径 $r = 2.0\text{m}$, CD 段为足够长的粗糙倾斜直轨, 各段轨道均平滑连接。质量 $m = 2.0 \times 10^{-2}\text{kg}$ 、可视为质点的小球被弹簧枪发射后, 沿水平轨道向左滑行。



(1) 若小球向左运动到 B 点的速度 $v_B = 0.2\text{m/s}$, 则经过多少时间小球第二次达到 B 点?
 解析: 由于 v_B 较小, 上升高度很小, 沿 BC 向上运动的路程远小于半径 r , 故小球在 BC 上做类似单摆的运动, 周期为:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}$$

再次返回到 B 点的时间为半个周期:

$$t = \frac{1}{2}T = \pi \sqrt{\frac{R}{g}} = \pi \sqrt{0.2} = 1.4\text{s}.$$

答案: 若小球向左运动到 B 点的速度 $v_B = 0.2\text{m/s}$, 则经过 1.4s 小球第二次达到 B 点。

(2) 若 B 点左侧区域存在竖直向下的匀强电场, 使小球带 $q = +1.0 \times 10^{-6}\text{C}$ 的电量, 弹簧枪对小球做功 $W = 0.36\text{J}$, 到达 C 点的速度 $v_C = 2\sqrt{6}\text{m/s}$, 则匀强电场的大小为多少?

解析: 小球到达 C 点之前的过程中, 动能定理:

$$W - mg(r - r\cos\theta) - qE(r - r\cos\theta) = \frac{1}{2}mv_C^2 - 0,$$

解得:

$$E = 1.0 \times 10^5 \text{N/C}.$$

答案: 若 B 点左侧区域存在竖直向下的匀强电场, 使小球带 $q = +1.0 \times 10^{-6}\text{C}$ 的电量, 弹簧枪对小球做功 $W = 0.36\text{J}$, 到达 C 点的速度 $v_C = 2\sqrt{6}\text{m/s}$, 则匀强电场的大小为 $1.0 \times 10^5 \text{N/C}$ 。

(3) 上问中, 若小球与 CD 间的动摩擦因数 $\mu = 0.5$, 运动到 CD 段的最高点时, 电场突然改为竖直向上但大小不变, 小球第一次返回到 C 点的速度大小为多少? (取 $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$)

解析: 设从 C 点到达最高点前小球滑行的距离为 s , 动能定理:

$$-mgss\sin\theta - qEss\sin\theta - \mu(mg + qE)scos\theta = 0 - \frac{1}{2}mv_C'^2,$$

解得:

$$s = 0.8\text{m}.$$

从最高点返回到 C 点过程中, 动能定理:

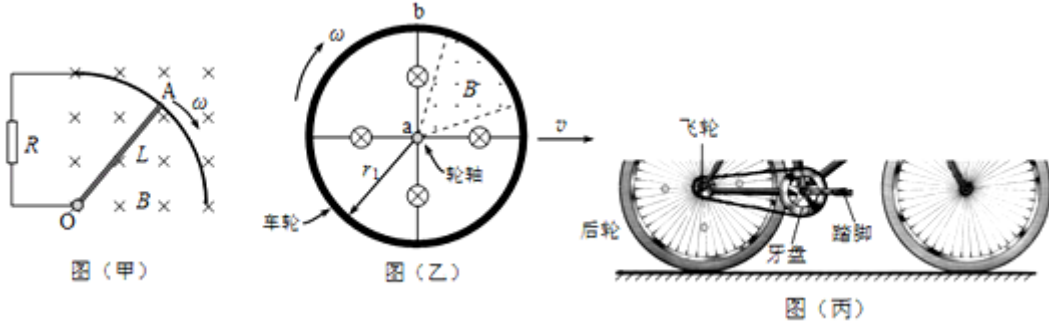
$$mgss\sin\theta - qEss\sin\theta - \mu(mg - qE)scos\theta = \frac{1}{2}mv_C''^2 - 0,$$

解得:

$$v'_c = \frac{2}{5} \sqrt{10} \text{ m/s} = 1.265 \text{ m/s}.$$

答案：上问中，若小球与 CD 间的动摩擦因数 $\mu = 0.5$ ，运动到 CD 段的最高点时，电场突然改为竖直向上但大小不变，小球第一次返回到 C 点的速度大小为 1.265 m/s。

34. (14 分) 如图 (甲) 所示，磁感应强度为 B 的匀强磁场垂直于纸面，在纸面内固定一条以 O 点为圆心、半径为 L 的圆弧形金属导轨，长也为 L 的导体棒 OA 绕 O 点以角速度 ω 匀速转动，棒的 A 端与导轨接触良好， OA 、导轨、电阻 R 构成闭合电路。



(1) 试根据法拉第电磁感应定律 $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ ，证明导体棒产生的感应电动势 $E = \frac{1}{2} B \omega L^2$ 。

解析：设金属棒 OA 在 Δt 时间内扫过的面积为 ΔS ，则：
$$\Delta S = \frac{1}{2} \cdot \theta L^2 = \frac{1}{2} \omega L^2 \Delta t$$

磁通改变量为：
$$\Delta \Phi = B \cdot \Delta S = \frac{1}{2} B \omega L^2 \Delta t。$$

根据法拉第电磁感应定律得到为：
$$E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{1}{2} B \omega L^2。$$

答案：证明如上所述。

(2) 某同学设计了一种带有闪烁灯的自行车后轮，如图 (乙) 所示。车轮与轮轴之间均匀地连接 4 根金属条，每根金属条中间都串接一个小灯，阻值为 $R = 0.3 \Omega$ 并保持不变，车轮半径 $r_1 = 0.4 \text{ m}$ ，轮轴半径可以忽略。车架上固定一个强磁铁，可形成圆心角为 $\theta = 60^\circ$ 的扇形匀强磁场区域，磁感应强度 $B = 2.0 \text{ T}$ ，方向如图 (乙) 所示。若自行车前进时，后轮顺时针转动的角速度恒为 $\omega = 10 \text{ rad/s}$ ，不计其它电阻和车轮厚度。求金属条 ab 进入磁场时， ab 中感应电流的大小和方向。

解析：根据右手定则知： ab 中的电流方向为 $b \rightarrow a$ ， ab 相当于电源，电动势：

$$E = \frac{1}{2} B \omega L^2 = \frac{1}{2} \times 2.0 \times 10 \times 0.4^2 = 1.6 \text{ V}.$$

电路总电阻为：
$$R_{\text{总}} = \frac{R}{3} + R = \frac{4R}{3} = 0.4 \Omega。$$

通过 ab 中的电流：
$$I = \frac{E}{R_{\text{总}}} = \frac{1.6}{0.4} = 4 \text{ A}.$$

答案：金属条 ab 进入磁场时， ab 中感应电流的大小 4A 和方向 $b \rightarrow a$ 。

(3) 上问中，已知自行车牙盘半径 $r_2 = 12 \text{ cm}$ ，飞轮半径 $r_3 = 6 \text{ cm}$ ，如图 (丙) 所示。若该同学骑车时每分钟脚踏板 60 圈，车辆和人受到外界阻力的大小恒为 10N，他骑车 10 分钟的时间内一共需要对自行车做多少功？

解析：后轮转速 $n = 2 \text{ r/s}$ ，后轮角速度为：
$$\omega = 4\pi \text{ rad/s},$$

车速为：
$$v = r_1 \omega = 1.6\pi \text{ m/s}$$

电动势为： $E = \frac{1}{2} B \omega r_1^2 = 0.64\pi \text{ V}$,

总的电功率为： $P_{\text{总}} = \frac{E^2}{R_{\text{总}}} = \frac{128}{125} \pi^2 \text{ W}$

总的焦耳热为： $Q = P_{\text{总}} \left(\frac{2}{3} t \right) = 409.6\pi^2 = 4.04 \times 10^3 \text{ J}$

克服阻力做功为： $W_f = F_f \cdot s = F_f \cdot vt = 3.016 \times 10^4 \text{ J}$

一共需要做功为： $W_{\text{总}} = W_f + Q = 3.42 \times 10^4 \text{ J}$ 。

答案：骑车 10 分钟的时间内一共需要对自行车做 $3.42 \times 10^4 \text{ J}$ 。