

保密★启用前

甘肃 2024 年高考综合改革适应性测试(提升卷)

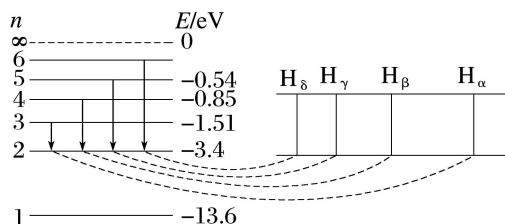
物 理

注意事项:

1. 答卷前, 考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。
2. 回答选择题时, 选出每小题答案后, 用 2B 铅笔把答题卡上对应题 II 的答案标号涂黑。如需改动, 用橡皮擦干净后, 再选涂其他答案标号。回答非选抒题时, 将答案写在答题卡上。写在本试卷上无效。
3. 考试结束后, 将本试卷和答题卡一并交回。

一、单项选择题: 本题共 7 小题, 每小题 4 分, 共 28 分。在每小题给出的四个选项中, 只有一项符合题目要求。

1. 如图所示为氢原子能级图, 以及从 $n=3、4、5、6$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级时辐射的四条光谱线。则下列叙述正确的有()

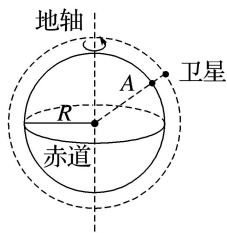


- A. H_α 、 H_β 、 H_γ 、 H_δ 的频率依次增大
- B. 可求出这四条谱线的波长之比, H_α 、 H_β 、 H_γ 、 H_δ 的波长依次增大
- C. 处于基态的氢原子要吸收 3.4 eV 的能量才能被电离
- D. 如果 H_δ 可以使某种金属发生光电效应, H_β 一定可以使该金属发生光电效应

答案 A

解析 根据 $h\nu = E_m - E_n (m > n, m、n \text{ 都只能取正整数})$, 可以判定 H_α 、 H_β 、 H_γ 、 H_δ 的频率依次增大, 波长依次减小, 且能定量地计算出频率或波长的大小之比, 故 A 正确, B 错误; 处于基态的氢原子至少要吸收 13.6 eV 的能量才能被电离, 故 C 错误; H_δ 的频率大于 H_β 的频率, 根据光电效应产生的条件可以判定, H_δ 可以使某种金属发生光电效应, H_β 不一定可以使该金属发生光电效应, 故 D 错误。

2. “羲和号”是我国首颗太阳探测科学技术试验卫星。如图所示, 该卫星围绕地球的运动视为匀速圆周运动, 轨道平面与赤道平面接近垂直。卫星每天在相同时刻, 沿相同方向经过地球表面 A 点正上方, 恰好绕地球运行 n 圈。已知地球半径为 R , 自转周期为 T , 地球表面重力加速度为 g , 则“羲和号”卫星轨道距地面高度为()



A. $\left(\frac{gR^2T^2}{2n^2\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R$ B. $\left(\frac{gR^2T^2}{2n^2\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}}$ C. $\left(\frac{gR^2T^2}{4n^2\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R$ D. $\left(\frac{gR^2T^2}{4n^2\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}}$

答案 C

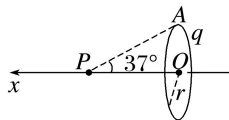
解析 地球表面的重力加速度为 g ，根据牛顿第二定律有 $\frac{GMm}{R^2} = mg$ ，可得 $GM = gR^2$ ，

根据题意可知，卫星的运行周期为 $T' = \frac{T}{n}$ ，根据牛顿第二定律，万有引力提供卫星做匀速

圆周运动所需的向心力，则有 $\frac{GMm'}{(R+h)^2} = m' \frac{4\pi^2}{T'^2}(R+h)$ ，联立以上式子解得 $h = \sqrt[3]{\frac{gR^2T^2}{4n^2\pi^2}} - R$ ，

故选 C.

3. 如图所示，真空中有一电荷均匀分布的带正电圆环，半径为 r ，带电荷量为 q ，圆心 O 在 x 轴的坐标原点处，圆环的边缘 A 点与 x 轴上 P 点的连线与 x 轴的夹角为 37° ，静电力常量为 k ，取 $\sin 37^\circ = \frac{3}{5}$ ， $\cos 37^\circ = \frac{4}{5}$ ，则整个圆环产生的电场在 P 点的电场强度大小为()



A. $\frac{27kq}{125r^2}$ B. $\frac{36kq}{125r^2}$ C. $\frac{48kq}{125r^2}$ D. $\frac{64kq}{125r^2}$

答案 B

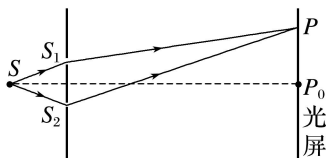
解析 把圆环分为 n 等份(n 足够大)，每一份的电荷量为 Δq ，则有 $n = \frac{q}{\Delta q}$ ，每小份可以看成

点电荷，由点电荷的电场强度公式可知每小份产生的电场在 P 点的电场强度大小均为 $E_0 = \frac{k\Delta q}{(AP)^2}$ ，由几何关系 $\sin 37^\circ = \frac{r}{AP}$ ，可得 $E_0 = \frac{9k\Delta q}{25r^2}$ 。在 P 点， E_0 在垂直 x 轴方向的分量大小为

E_y ，根据对称性， n 个 E_y 的矢量和为 0， E_0 在 x 轴方向的分量大小为 $E_x = E_0 \cos 37^\circ$ ， n 个 E_x 的矢量和就是圆环产生的电场在 P 点的电场强度，即 $E = nE_x$ ，解得 $E = \frac{36kq}{125r^2}$ ，A、C、D 错

误，B 正确。

4. 在图示的双缝干涉实验中，光源 S 到缝 S_1 、 S_2 距离相等， P_0 为 S_1 、 S_2 连线的中垂线与光屏的交点。用波长为 400 nm 的光实验时，光屏中央 P_0 处呈现中央亮条纹(记为第 0 条亮条纹)， P 处呈现第 3 条亮条纹。当改用波长为 600 nm 的光实验时， P 处将呈现()

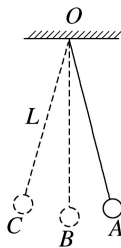


- A. 第2条亮条纹
B. 第3条亮条纹
C. 第2条暗条纹
D. 第3条暗条纹

答案 A

解析 由公式 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ 可知 $\frac{PP_0}{3} = \frac{l}{d}\lambda_1$, 当改用波长为 600 nm 的光实验时, 则有 $\frac{PP_0}{n} = \frac{l}{d}\lambda_2$, 即 $\frac{n}{3} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{400}{600}$, 解得 $n=2$, 即 P 处将呈现第2条亮条纹, A 正确.

5. 如图所示, 单摆在竖直平面内的 A、C 之间做简谐运动, O 点为单摆的固定悬点, B 点为运动中的最低位置, 则下列说法正确的是()



- A. 摆球在 A 点和 C 点时, 速度为零, 故细线拉力为零, 但回复力不为零
B. 摆球由 A 点向 B 点摆动过程中, 细线拉力减小, 但回复力减小
C. 摆球在 B 点时, 重力势能最小, 机械能最小
D. 摆球在 B 点时, 动能最大, 细线拉力也最大

答案 D

解析 假设摆动过程中, 细线与竖直方向夹角为 θ , 重力沿细线方向分力为 $mg\cos\theta$, 垂直于细线方向分力为 $mg\sin\theta$. 摆球在 A 点和 C 点时, 速度为零, 沿细线方向的合力为零, 有 $F = mg\cos\theta$, $F_{\text{回}} = mg\sin\theta$, 即细线的拉力与重力沿细线方向分力等大且不为零, 回复力与重力沿切向方向的分力等大, 也不为零, 故 A 错误; 摆球由 A 点向 B 点摆动过程中, 速度变大,

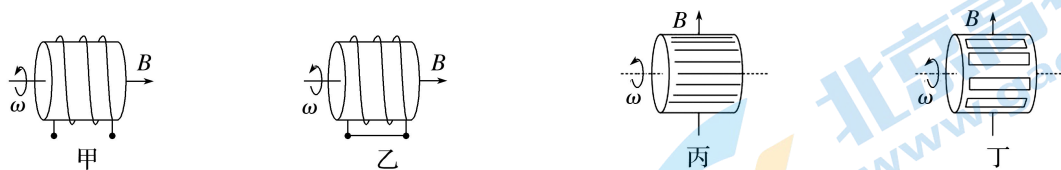
根据 $F - mg\cos\theta = m\frac{v^2}{L}$, $F_{\text{回}} = mg\sin\theta$, 可得细线拉力增大, 回复力减小, 故 B 错误; 摆球

在摆动过程机械能守恒, 从最高点摆到 B 点过程中, 重力做正功, 其重力势能一直在减小, 动能一直在增加, 所以摆球在 B 点时, 重力势能最小, 动能最大, 故 C 错误; 摆球在 B 点

时对其受力分析, 可得 $F - mg = m\frac{v^2}{L}$, 可知此时细线拉力最大, 合力不为零, 故 D 正确.

6. 在油电混合小轿车上有一种装置, 刹车时能将车的动能转化为电能, 启动时再将电能转化为动能, 从而实现节能减排. 图中, 甲、乙磁场方向与轮子的转轴平行, 丙、丁磁场方向与轮子的转轴垂直, 轮子是绝缘体, 则采取下列哪个措施, 能有效地借助磁场的作用, 让转动

的轮子停下()

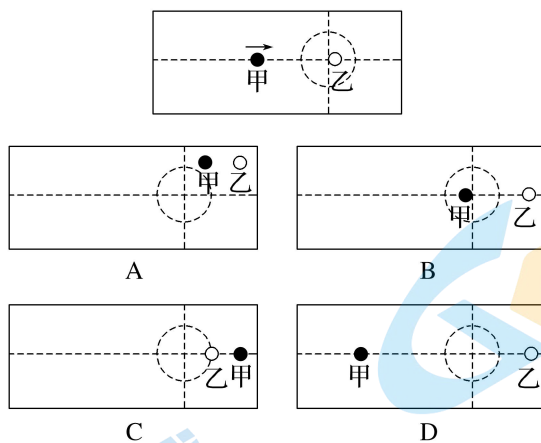


- A. 如图甲, 在轮上固定如图绕制的线圈
- B. 如图乙, 在轮上固定如图绕制的闭合线圈
- C. 如图丙, 在轮上固定一些细金属棒, 金属棒与轮子转轴平行
- D. 如图丁, 在轮上固定一些闭合金属线框, 线框长边与轮子转轴平行

答案 D

解析 题图甲和题图乙中当轮子转动时, 穿过线圈的磁通量都是不变的, 不会产生感生电流, 则不会有安培力阻碍轮子的运动, 选项 A、B 错误; 题图丙中在轮上固定一些细金属棒, 当轮子转动时会产生感应电动势, 但是不会形成感应电流, 则也不会产生安培力阻碍轮子转动, 选项 C 错误; 题图丁中在轮上固定一些闭合金属线框, 线框长边与轮子转轴平行, 当轮子转动时会产生感应电动势, 形成感应电流, 则会产生安培力阻碍轮子转动, 使轮子很快停下来, 选项 D 正确。

7. 冰壶运动深受观众喜爱, 在某次投掷中, 冰壶甲运动一段时间后与静止的冰壶乙发生正碰, 如图所示. 若两冰壶质量相等, 则碰后两冰壶最终停止的位置, 可能是选项图中的哪幅图 ()



答案 B

解析 两冰壶碰撞过程中动量守恒, 两冰壶发生正碰, 由动量守恒定律可知, 碰撞前后系统动量不变, 两冰壶的动量方向即速度方向, 不会偏离甲原来的方向, 可知, A 图情况是不可能的, 故 A 错误; 如果两冰壶发生弹性碰撞, 碰撞过程动量守恒、机械能守恒, 两冰壶质量相等, 碰撞后两冰壶交换速度, 甲静止, 乙的速度等于甲的速度, 碰后乙做减速运动, 最后停止, 最终两冰壶的位置可能如选项 B 所示, 故 B 正确; 两冰壶碰撞后, 乙在前, 甲在后, 选项 C 所示是不可能的, 故 C 错误; 碰撞过程机械能不可能增大, 两冰壶质量相等, 碰撞后甲的速度不可能大于乙的速度, 碰撞后甲的位移不可能大于乙的位移, 故 D 错误。

二、多项选择题: 本题共 3 小题, 每小题 5 分, 共 15 分。在每小题给出的四个选项中, 有多

错的得 0 分。

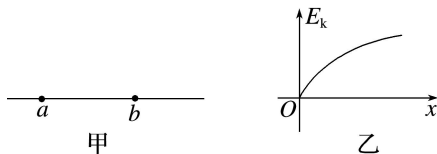
v/s^2 ，当物体到抛出点距

B. 2 s

D. $(2+\sqrt{7})$ s

由竖直上抛运动的位移时间公式得 $x = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$, 解得 $t_1 = 1 \text{ s}$, $t_2 = 3 \text{ s}$; 当物体运动到抛出

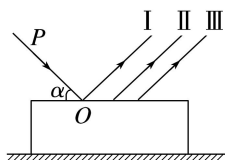
9.如图甲所示, a 、 b 是点电荷的电场中同一条电场线上的两点, 一个带电粒子在 a 点由静止释放, 仅在静电力作用下从 a 点向 b 点运动, 粒子的动能与位移之间的关系如图乙所示, 则下列说法中正确的是()



- A. 带电粒子与场源电荷带异种电荷
- B. a 点电势比 b 点电势高
- C. a 点电场强度比 b 点电场强度大
- D. 带电粒子在 a 点的电势能比在 b 点的电势能大

10. 如图所示, 一束复色光沿 PO 方向射向一上、下表面平行的无限大的厚玻璃平面镜的上表面, 一共得到三束光 I、II、III. 则()

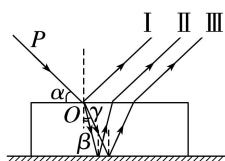
面,一共得到三束光 I、II、III.则()



- A. 该复色光由三种颜色的光混合而成
 B. 光束 II 在玻璃平面镜中的传播速度比光束 III 小
 C. 光束 II、III 在玻璃平面镜内部传播的时间不可能相同
 D. 改变 α 角且 $\alpha < 90^\circ$, 光束 II、III 一定始终与光束 I 平行

答案 BD

解析 根据题意将光路图补充完整, 如图所示, 其中 β 为光束 II 的折射角, γ 为光束 III 的折射角



光束 I 为反射光线, 仍是复色光, 光束 II、III 由于折射率不同导致偏折分离, 为单色光, 即该复色光由两种颜色的光混合而成, A 错误; 根据折射率的定义, 光束 II、III 的折射率表示

为 $n_2 = \frac{\cos \alpha}{\sin \beta} = \frac{c}{v_2}$, $n_3 = \frac{\cos \alpha}{\sin \gamma} = \frac{c}{v_3}$, 因为 $\beta < \gamma < 90^\circ$, 则有 $n_2 > n_3$, $v_2 < v_3$, 光束 II 在玻璃平面镜中

的传播速度比光束 III 小, B 正确; 设玻璃平面镜的厚度为 d , 光束 II、III 在玻璃平面镜中传

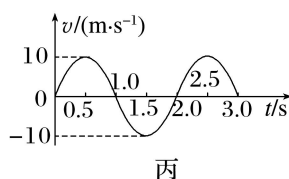
播的时间表示为 $t_2 = \frac{2d}{v_2} = \frac{2d \cos \beta}{c \cos \beta \sin \beta} = \frac{4d \cos \alpha}{c \sin 2\beta}$, $t_3 = \frac{2d}{v_3} = \frac{2d \cos \gamma}{c \cos \gamma \sin \gamma} = \frac{4d \cos \alpha}{c \sin 2\gamma}$, 当满足 $\sin$

$2\beta = \sin 2\gamma$ 时, $t_2 = t_3$, 即 $2\gamma = \pi - 2\beta$ 或 $2\beta = 2\gamma$, 又因为 $\beta < \gamma$, 且均为锐角, 则有 $\beta + \gamma = \frac{\pi}{2}$, 因

此光束 II、III 在玻璃平面镜内部传播的时间有可能相同, C 错误; 玻璃平面镜上、下表面平行, 根据光的反射定律及光路的可逆性, 改变 α 角且 $\alpha < 90^\circ$, 光束 II、III 一定始终与光束 I 平行, D 正确.

三、非选择题: 本题共 5 小题, 共 57 分。

11.(5 分) 某实验小组利用图示装置做“用单摆测量重力加速度”的实验。



(1) 该组同学先测出悬点到小球球心的距离 l , 然后用秒表测出单摆完成 n 次全振动所用的时

间 t . 请写出重力加速度的表达式 $g = \underline{\hspace{2cm}}$; (用所测物理量表示)

(2) 在图甲所示装置的基础上再增加一个速度传感器, 如图乙所示, 将摆球拉开一小角度使其做简谐运动, 速度传感器记录了摆球振动过程中速度随时间变化的关系, 如图丙所示的 $v-t$ 图线. 由图丙可知, 该单摆的周期 $T = \underline{\hspace{2cm}}$ s;

(3) 更换摆线长度后, 多次测量, 根据实验数据, 利用计算机作出 T^2-l 图像, 并根据图像处理得到方程 $T^2 = 4.00l + 0.037 \text{ (s}^2\text{)}$. 由此可以得出当地的重力加速度 $g = \underline{\hspace{2cm}}$ m/s^2 . (取 $\pi^2 = 9.86$, 结果保留三位有效数字)

答案 (1) $\frac{4\pi^2 n^2 l}{t^2}$ (2) 2.0 (3) 9.86

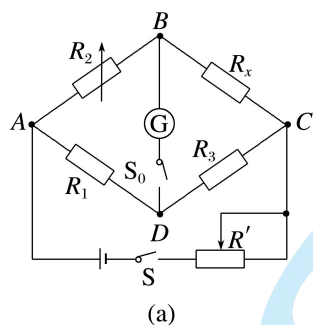
解析 (1) 根据题意可得, 单摆的周期为 $T = \frac{t}{n}$, 单摆周期计算公式为 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, 联立可得 $g = \frac{4\pi^2 n^2 l}{t^2}$.

(2) 由题图丙可知, 该单摆的周期为 2.0 s.

(3) 由上述分析可知 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, $T^2 = \frac{4\pi^2}{g}l$, 结合题中 $T^2 = 4.00l + 0.037 \text{ (s}^2\text{)}$, 可得 $\frac{4\pi^2}{g} = 4 \text{ s}^2/\text{m}$, $g = \pi^2 \text{ m/s}^2 = 9.86 \text{ m/s}^2$.

12.(10 分) 某小组用惠斯通电桥测量电阻 R_x 的阻值:

方案一: 如图(a)所示, 先闭合开关 S, 然后调整电阻箱 R_2 的阻值, 使开关 S_0 闭合时, 电流表 G 的示数为零. 已知定值电阻 R_1 、 R_3 的阻值, 即可求得电阻 R_x 的阻值.



(1) 实验中对电流表 G 的选择, 下列说法正确的是 .

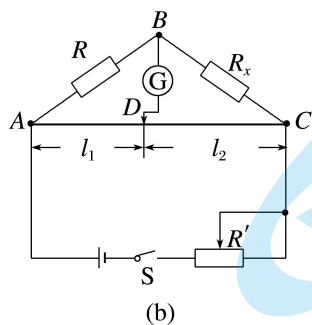
- A. 电流表的零刻度在表盘左侧
- B. 电流表的零刻度在表盘中央
- C. 电流表的灵敏度高, 无需准确读出电流的大小
- D. 电流表的灵敏度高, 且能准确读出电流的大小

(2) 若实验中未接入电流表 G, 而其他电路均已连接完好, 调节电阻箱 R_2 , 当 $\frac{R_2}{R_x} > \frac{R_1}{R_3}$, 则 B、

D 两点的电势的关系满足 φ_B (选填 “>” “<” 或 “=”) φ_D .

方案二: 在方案一的基础上, 用一段粗细均匀的电阻丝替代 R_1 、 R_3 , 将电阻箱 R_2 换成定值

电阻 R ，如图(b)所示。



(3) 闭合开关 S ，调整触头 D 的位置，使按下触头 D 时，电流表 G 的示数为零。已知定值电阻 R 的阻值，用刻度尺测量出 l_1 、 l_2 ，则电阻 $R_x = \underline{\hspace{2cm}}$ 。(用已知量和测得量表示)

(4) 为消除因电阻丝的粗细不均匀而带来的误差，将图(b)中的定值电阻 R 换成电阻箱，并且按照(3)中操作时，电阻箱的读数记为 R_4 ；然后将电阻箱与 R_x 交换位置，保持触头 D 的位置不变，调节电阻箱，重新使电流表 G 的示数为零，此时电阻箱的读数记为 R_5 ，则电阻 $R_x = \underline{\hspace{2cm}}$ 。(用电阻箱的读数表示)

答案 (1)BC (2)< (3) $\frac{l_2}{l_1}R$ (4) $\sqrt{R_4 R_5}$

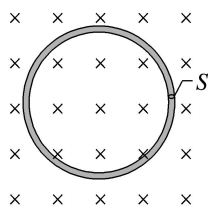
解析 (1) 电流表 G 零刻度线在中央时，可以判断电流的流向，判断 B 和 D 两点电势的高低，所以要求电流表 G 的零刻度在表盘中央，所以 B 正确， A 错误；根据电流表中表针摆动的方向便可判断 B 和 D 两点电势的高低，进而进行调节，无需准确读出电流的大小，所以 C 正确， D 错误。

(2) 当没有接电流表 G 时， R_2 与 R_x 串联， R_1 与 R_3 串联，然后 R_2 、 R_x 和 R_1 、 R_3 再并联，则 $I_1 R_2 + I_1 R_x = U_{AB} + U_{BC} = U_{AC}$ ， $I_2 R_1 + I_2 R_3 = U_{AD} + U_{DC} = U_{AC}$ ，整理可得 $\frac{R_2}{R_x} = \frac{U_{AB}}{U_{BC}} = \frac{U_{AC}}{U_{BC}} - 1$ ， $\frac{R_1}{R_3} = \frac{U_{AD}}{U_{DC}} = \frac{U_{AC}}{U_{DC}} - 1$ 。所以，当 $\frac{R_2}{R_x} > \frac{R_1}{R_3}$ 时， $U_{BC} < U_{DC}$ ，即 $\varphi_B < \varphi_D$ 。

(3) 闭合开关 S 后，调整触头 D 的位置，使按下触头 D 时，电流表 G 示数为零，说明 $\varphi_B = \varphi_D$ ，则 $U_{AB} = U_{AD}$ ， $U_{BC} = U_{DC}$ ，同时 R 与 R_x 电流相同，均匀电阻丝电流相同，设电阻丝单位长度的电阻为 R_0 ，则 $\frac{U_{AB}}{R} = \frac{U_{BC}}{R_x}$ ， $\frac{U_{AD}}{R_0 l_1} = \frac{U_{DC}}{R_0 l_2}$ ，整理得 $\frac{R}{R_x} = \frac{l_1}{l_2}$ ，得 $R_x = \frac{l_2}{l_1} R$ 。

(4) l_1 和 l_2 的电阻记为 $R_0 l_1$ 和 $R_0 l_2$ ，则 $\frac{R_4}{R_x} = \frac{R_0 l_1}{R_0 l_2}$ ， $\frac{R_x}{R_5} = \frac{R_0 l_1}{R_0 l_2}$ ，联立得 $R_x = \sqrt{R_4 R_5}$ 。

13.(9分) 某同学以金属戒指为研究对象，探究金属物品在变化磁场中的热效应。如图所示，戒指可视为周长为 L 、横截面积为 S 、电阻率为 ρ 的单匝圆形线圈，放置在匀强磁场中，磁感应强度方向垂直于戒指平面。若磁感应强度大小在 Δt 时间内从 0 均匀增加到 B_0 ，求：



(1)戒指中的感应电动势和电流;

(2)戒指中电流的热功率.

答案 (1) $\frac{B_0 L^2}{4\pi \Delta t}$ $\frac{B_0 L S}{4\pi \rho \Delta t}$

(2) $\frac{B_0^2 L^3 S}{16\pi^2 \rho (\Delta t)^2}$

解析 (1)设戒指环的半径为 r , 则有 $L=2\pi r$

磁感应强度大小在 Δt 时间内从 0 均匀增加到 B_0 , 产生的感应电动势为 $E=\frac{B_0}{\Delta t} \cdot \pi r^2$

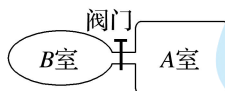
可得 $E=\frac{B_0 L^2}{4\pi \Delta t}$, 戒指的电阻为 $R=\frac{\rho L}{S}$

则戒指中的感应电流为 $I=\frac{E}{R}=\frac{B_0 L S}{4\pi \rho \Delta t}$

(2)戒指中电流的热功率为

$$P=I^2 R=\frac{B_0^2 L^3 S}{16\pi^2 \rho (\Delta t)^2}$$

14.(14 分)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 室壁薄, 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, 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 .

答案 (1) $\frac{Mma}{V\rho g}$ (2) $\frac{\rho g H_1 + p_0}{\rho g H + p_0} m$

解析 (1)由题知开始时鱼静止在水面下 H 处, 设此时鱼的体积为 V_0 , 有 $Mg=\rho g V_0$

且此时 B 室内气体体积为 V , 质量为 m , 则

$$m=\rho_{\text{气}} V$$

鱼通过增加 B 室体积获得大小为 a 的加速度, 则有 $\rho g (V_0 + \Delta V) - Mg = Ma$

联立解得需从 A 室充入 B 室的气体质量

$$\Delta m = \rho_{\text{气}} \Delta V = \frac{Mma}{V\rho g}$$

(2) 开始鱼静止在水面下 H 处时, B 室内气体体积为 V , 质量为 m , 且此时 B 室内的压强为

$$p_1 = \rho g H + p_0$$

鱼静止于水面下 H_1 处时, 有 $p_2 = \rho g H_1 + p_0$

此时体积也为 V ; 设该部分气体在压强为 p_1 时, 体积为 V_2 ,

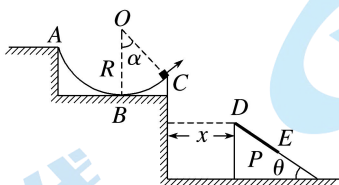
由于鱼鳔内气体温度不变, 根据玻意耳定律有

$$p_2 V = p_1 V_2$$

$$\text{解得 } V_2 = \frac{\rho g H_1 + p_0}{\rho g H + p_0} V$$

$$\text{则此时 } B \text{ 室内气体质量 } m_1 = \rho_{\text{气}} V_2 = \frac{\rho g H_1 + p_0}{\rho g H + p_0} m.$$

15. (19 分) “高台滑雪”一直受到一些极限运动爱好者的青睐. 挑战者以某一速度从某曲面飞出, 在空中表演各种花式动作, 飞跃障碍物(壕沟)后, 成功在对面安全着陆. 某实验小组在实验室中利用物块演示分析该模型的运动过程: 如图所示, ABC 为一段半径为 $R=5 \text{ m}$ 的光滑圆弧轨道, B 为圆弧轨道的最低点. P 为一倾角 $\theta=37^\circ$ 的固定斜面, 为减小在斜面上的滑动距离, 在斜面顶端表面处铺了一层防滑薄木板 DE , 木板上边缘与斜面顶端 D 重合, 圆形轨道末端 C 与斜面顶端 D 之间的水平距离为 $x=0.32 \text{ m}$. 一物块以某一速度从 A 端进入, 沿圆形轨道运动后从 C 端沿圆弧切线方向飞出, 再经过时间 $t=0.2 \text{ s}$ 恰好以平行于薄木板的方向从 D 端滑上薄木板, 物块始终未脱离薄木板, 斜面足够长. 已知物块质量 $m=3 \text{ kg}$, 薄木板质量 $M=1 \text{ kg}$, 木板与斜面之间的动摩擦因数 $\mu_1=\frac{19}{24}$, 木板与物块之间的动摩擦因数 $\mu_2=\frac{5}{6}$, 重力加速度 $g=10 \text{ m/s}^2$, $\sin 37^\circ=0.6$, 不计空气阻力, 求:



(1) 物块滑到圆轨道最低点 B 时, 对轨道的压力(计算结果可以保留根号);

(2) 物块相对于木板运动的距离;

(3) 整个过程中, 系统由于摩擦产生的热量.

答案 (1) $(91.92 - 24\sqrt{5}) \text{ N}$ (2) 1.5 m

(3) 87 J

解析 (1) 物块由 C 到 D , 做斜上抛运动

水平方向 $v_{\text{水平}} = \frac{x}{t} = 1.6 \text{ m/s}$

物块恰好以平行于薄木板的方向从 D 端滑上薄木板，则在 D 的速度大小 $v = \frac{v_{\text{水平}}}{\cos \theta} = 2 \text{ m/s}$,

$v_{\text{竖直}} = v \sin \theta = 1.2 \text{ m/s}$

物块在 C 端时竖直方向速度大小 $v_{\text{竖直}}' = v_{\text{竖直}} - gt = -0.8 \text{ m/s}$,

$v_C = \sqrt{v_{\text{水平}}^2 + v_{\text{竖直}}'^2} = \frac{4\sqrt{5}}{5} \text{ m/s}$

由 B 到 C 有 $\frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}mv_C^2 + mgR(1 - \cos \alpha)$

其中 $\cos \alpha = \frac{v_{\text{水平}}}{v_C}$,

在 B 点有 $F_N - mg = m \frac{v_B^2}{R}$

由牛顿第三定律得 $F_{\text{压}} = F_N = (91.92 - 24\sqrt{5}) \text{ N}$

(2) 物块刚滑上木板时, 对物块有 $\mu_2 mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma_m$, 解得物块加速度大小 $a_m = \frac{2}{3} \text{ m/s}^2$,

做匀减速直线运动

对木板有 $\mu_2 mg \cos \theta + Mg \sin \theta - \mu_1 (M + m) g \cos \theta = Ma_M$, 解得木板加速度大小 $a_M = \frac{2}{3} \text{ m/s}^2$, 做

匀加速直线运动设两者经时间 t_1 达到共速 $v_{\text{共}}$, 则有 $v - a_m t_1 = a_M t_1 = v_{\text{共}}$

解得 $t_1 = 1.5 \text{ s}$, $v_{\text{共}} = 1 \text{ m/s}$

此过程中 $s_{\text{物}} = \frac{v + v_{\text{共}}}{2} t_1 = \frac{9}{4} \text{ m}$,

$s_{\text{板}} = \frac{v_{\text{共}}}{2} t_1 = \frac{3}{4} \text{ m}$

物块相对于木板运动的距离 $\Delta s = s_{\text{物}} - s_{\text{板}} = 1.5 \text{ m}$

(3) $\mu_2 mg \cos \theta > mg \sin \theta$, 此后两者一起做匀减速直线运动, 直到停止.

以物块和木板为整体, $a_{\text{共}} = \mu_1 g \cos \theta - g \sin \theta = \frac{1}{3} \text{ m/s}^2$, $s_{\text{共}} = \frac{v_{\text{共}}^2}{2a_{\text{共}}} = 1.5 \text{ m}$

$Q_{\text{物-板}} = \mu_2 mg \cos \theta \cdot \Delta s = 30 \text{ J}$

$Q_{\text{板-斜}} = \mu_1 (M + m) g \cos \theta \cdot (s_{\text{板}} + s_{\text{共}}) = 57 \text{ J}$

整个过程中, 系统由于摩擦产生的热量 $Q = Q_{\text{物-板}} + Q_{\text{板-斜}} = 87 \text{ J}$.

