

14. A 【命题点】氢原子能级跃迁规律

【解析】基态氢原子向高能级跃迁,能级越高,需要吸收的能量越高。处于 $n=2$ 能级的氢原子向 $n=1$ 能级跃迁时辐射的光子能量为 $E_2-E_1=10.2\text{ eV}$,不属于可见光范围,氢原子需继续吸收能量向上跃迁。氢原子从 $n=3$ 能级向 $n=2$ 能级跃迁时辐射的光子能量为 $E_3-E_2=1.89\text{ eV}$,属于可见光范围,因此给基态氢原子提供的能量需要让其至少跃迁至 $n=3$ 能级,则给氢原子提供的能量至少为 $\Delta E_1=E_3-E_1=12.09\text{ eV}$,A 正确。

➤ 刷有所得 原子处于激发态时不稳定,会向低能级跃迁,同时辐射光子,光子是一种电磁波,不一定能被肉眼观察到。

15. D 【命题点】带电体在静电场中的平衡问题

【解析】两绝缘细绳保持竖直状态,对两小球整体分析,整体受电场力的合力为零,电荷量为零,故两小球带等量异种电荷,隔离 P 进行研究, P 受库仑引力作用,则 P 受到的电场力由 Q 指向 P ,可知 P 带负电荷,则 Q 带正电荷,D 正确。

➤ 一题多解 若 P 带正电荷,悬挂 P 的细绳保持竖直状态时,存在库仑力与电场力平衡,则 Q 带正电荷,此时悬挂 Q 的细绳不能保持竖直状态;若 P 带负电荷,需要 Q 给 P 一个吸引力平衡电场力,则 Q 带正电荷,悬挂 Q 的细绳可以保持竖直状态,可知 D 符合题意。

16. B 【命题点】通过火箭发动机考查动量定理

【解析】设发动机单位时间内喷射气体的质量为 Δm ,对喷出的气体进行研究有 $F\Delta t=\Delta m\cdot v$,代入数据解得 $\Delta m=1.6\times 10^3\text{ kg}$,B 正确。

17. B 【命题点】安培力的概念与计算

【解析】设导体棒 MN 长度为 l , MN 棒中电流为 I ,则其受到的安培力大小 $F=BIl$ 。 MLN 的电阻是 MN 棒电阻的两倍,二者并联,两端电压相同,则流过 MLN 的电流为 $0.5I$, MLN 受到的安培力的合力为 $F_2=0.5Bil=0.5F$, MN 棒和 MLN 受到的安培力方向相同,故线框 LMN 受到的安培力大小为 $1.5F$,B 正确。

➤ 刷有所得 对于磁场中的折线形导体棒,切割磁感线产生的感应电动势的大小和所受安培力应用有效长度计算。

➤ 易错警示 本题的易错点有三点:一是将 MLN 的电阻误认为是有效长度的电阻,从而错选 A;二是计算合力时,忽略了 MN 的受力,从而错选 C;三是受磁场影响,对闭合电路分析不清楚,误认为通过三根导体棒的电流大小相等,从而错选 A。

18. C 【命题点】匀变速直线运动的规律

【解析】运动员的竖直上抛运动逆向等效为自由落体运动,

即 $H = \frac{1}{2}gt^2$, 全过程所用时间 $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$, 下落第一个 $\frac{H}{4}$ 所用的

时间为 t'_1 , 满足 $\frac{H}{4} = \frac{1}{2}gt'^2_1$, 解得 $t'_1 = \sqrt{\frac{H}{2g}}$, 最后一个 $\frac{H}{4}$ 之前

所用的时间为 t'_2 , 满足 $\frac{3H}{4} = \frac{1}{2}gt'^2_2$, 解得 $t'_2 = \sqrt{\frac{3H}{2g}}$, 由此可知,

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{t'_1}{t - t'_2} = \frac{\sqrt{\frac{H}{2g}}}{\sqrt{\frac{2H}{g}} - \sqrt{\frac{3H}{2g}}} = 3.73, \text{C 正确。}$$

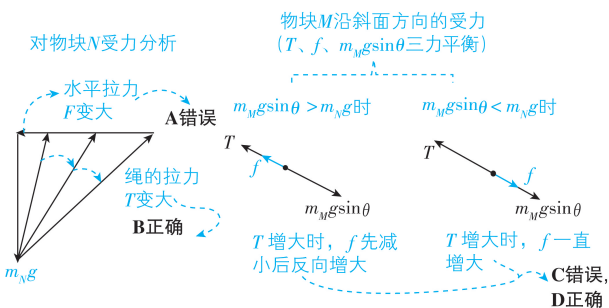
一题多解 运用匀变速直线运动规律, 在连续相等位移

内的时间之比为 $1 : (\sqrt{2} - 1) : (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : (\sqrt{4} - \sqrt{3})$, 则 $\frac{t_2}{t_1} =$

$$\frac{1}{\sqrt{4} - \sqrt{3}} = 3.73。$$

易错警示 本题的易错点在于分析时不能正确选择运动阶段, 导致不能正确推导出时间关系。

19. BD 【命题点】通过轻绳连接体模型考查动态平衡与隔离法分析受力



20. BC 【命题点】楞次定律和法拉第电磁感应定律

选项	分析	正误
A	圆环中的磁场方向发生变化, 而感应电流方向不变, 根据左手定则可知圆环受到的安培力方向发生变化	×
B	由楞次定律可知圆环中感应电流方向始终沿顺时针方向	√
C	由法拉第电磁感应定律得 $E = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} \times \frac{\pi r^2}{2} = \frac{B_0 \pi r^2}{2t_0}$; 圆环的总电阻为 $R = \rho \frac{2\pi r}{S}$, 则	√
D	圆环中的感应电流 $I = \frac{E}{R} = \frac{B_0 r S}{4\rho t_0}$	×

刷有所得 闭合回路存在均匀变化的磁场, 根据感应电动势的大小等于磁通量变化率可知感应电动势恒定, 感应电流恒定, 但磁场均匀变化, 回路中某一段导线受到的安培力也将均匀变化。

21. AC 【命题点】通过弹簧模型考查功能关系、牛顿第二定律、万有引力定律

【解析】 物体刚放到轻弹簧上时的加速度为星球表面的重力

加速度,则 M 星球表面的重力加速度 $g_1 = 3a_0$, N 星球表面的重力加速度 $g_2 = a_0$, 在星球表面有 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$, 星球的质量为 $M = \rho \times \frac{4}{3} \pi R^3$, 得 $\rho = \frac{3g}{4\pi GR}$, 设 M 星球的密度为 ρ_1 , N 星球的密度为 ρ_2 , 则有 $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{g_1}{g_2} \times \frac{R_2}{R_1} = 1$, **A 正确**; 设 P 物体的质量为 m_1 , Q 物体的质量为 m_2 , 弹簧的劲度系数为 k , 物体在弹簧上下落至加速度为零时, 对 P 物体有 $kx_0 = m_1 g_1$, 对 Q 物体有 $2kx_0 = m_2 g_2$, 则 $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{6}$, **B 错误**; 将 $a-x$ 图像的纵坐标分别乘两物体的质量, 则纵坐标转换为 ma , 即物体受到的合力, 图像转换为 $F_{\text{合}}-x$ 图像, 图像与 x 轴所围面积大小表示合力做的功的大小, 由动能定理得 $W_{\text{合}} = \Delta E_k$, 当加速度为零时, 物体速度最大, 动能最大, 有 $E_{\text{km1}} = \frac{1}{2} \times 3m_1 a_0 \times x_0$, $E_{\text{km2}} = \frac{1}{2} \times m_2 a_0 \times 2x_0$, 则 $\frac{E_{\text{km1}}}{E_{\text{km2}}} = \frac{3m_1}{2m_2} = \frac{1}{4}$, **C 正确**; 将两图线继续延伸, 当物体速度为零时合力做功为零, 即 $a-x$ 图像与 x 轴所围面积代数和为零, 故物块 P 下降的最大距离为 $2x_0$, 物块 Q 下降的最大距离为 $4x_0$, 两物体下降的最大距离之比为 $1:2$, 弹簧的最大压缩量之比为 $1:2$, **D 错误**。

22. A(1分) 0.233(2分) 0.75(2分)

【命题点】基本实验原理和数据处理方法

【解析】物块沿长木板加速下滑, 相等时间内的位移逐渐增大, 故打点计时器最先打的是 **A** 点。打 C 点时物块的速度

$v_C = \frac{x_{BD}}{2T} = \mathbf{0.233 \text{ m/s}}$ 。设物块运动的加速度大小为 a , 则有

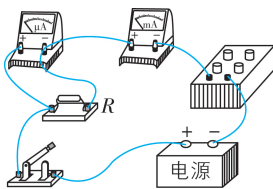
$x_{CE} - x_{AC} = a(2T)^2$, 解得 $a = \mathbf{0.75 \text{ m/s}^2}$ 。

易错警示 注意刻度尺的读数及有效数字的要求; 在利用逐差法进行计算时, 要注意计时点与计数点的区别。

23. (1)见解析(3分) (2)C(2分) (3)AC(2分) (4) $\frac{99}{79}$ (3分)

【命题点】电表改装原理及误差分析方法

【解析】(1) 本题为对微安表的改装和校准, 由题图(a)可知, 缺失部分为需要改装的电路, 小量程电流表改装为大量程电流表需要并联定值电阻, 由此可得到实物连线如图所示。



(2) 由题图(c)可知, 微安表的示数为 $160 \mu\text{A}$, 标准毫安表示数与微安表示数之比为 $n = \frac{16 \text{ mA}}{160 \mu\text{A}} = 100$, 因此微安表改装后的量程为 $I = nI_g = 25 \text{ mA}$ 。

(3) 微安表满偏电流为 I_g , 内阻为 R_g , 改装后量程为 I , 需并

联的电阻为 R , 则并联电阻 $R = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$, 解得 $I = I_g \left(1 + \frac{R_g}{R} \right)$, 实际改装量程偏大, 则可能是实际的微安表内阻大于 $1\,200\,\Omega$, 或并联电阻 R 偏小, **A、C 正确**。

(4) 改装后的电流表实际最大测量值为 $I_1 = 25\,\text{mA}$ 时, 并联电阻

$R = \frac{I_g R_g}{I_1 - I_g}$, 理论最大测量值 $I_2 = 20\,\text{mA}$ 时, 并联电阻 $kR =$

$\frac{I_g R_g}{I_2 - I_g}$, 两式联立得 $k = \frac{99}{79}$ 。

刷有所得 电流表扩大量程所需并联电阻阻值的计算

$$\text{方法: } R = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{R_g}{\frac{I}{I_g} - 1} = \frac{R_g}{n - 1}。$$

24. (1) $\frac{4U}{B^2 d^2}$ (2) $\frac{Bd^2}{4U} \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\sqrt{3}}{3} \right)$

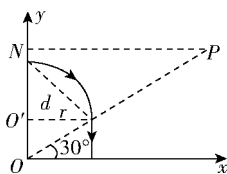
【命题点】带电粒子在电场、磁场中的运动

【解析】(1) 设带电粒子的质量为 m , 电荷量为 q , 加速后的速度大小为 v 。由动能定理有

$$qU = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{①} \quad (2\text{分})$$

设粒子在磁场中做匀速圆周运动的半径为 r , 由洛伦兹力公式和牛顿第二定律有

$$qvB = m \frac{v^2}{r} \quad \text{②} \quad (2\text{分})$$



由几何关系知 $d = \sqrt{2}r$ ③ (1分)

联立①②③式得 $\frac{q}{m} = \frac{4U}{B^2 d^2}$ ④ (2分)

(2) 由几何关系知, 带电粒子射入磁场后运动到 x 轴经过的路程为

$$s = \frac{\pi r}{2} + r \tan 30^\circ \quad \text{⑤} \quad (2\text{分})$$

带电粒子从射入磁场到运动到 x 轴的时间为

$$t = \frac{s}{v} \quad \text{⑥} \quad (1\text{分})$$

联立②④⑤⑥得

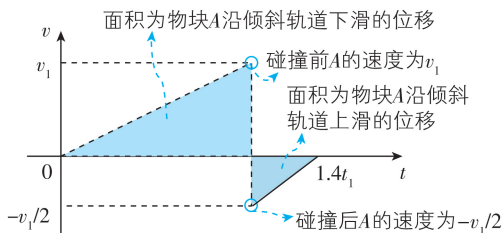
$$t = \frac{Bd^2}{4U} \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\sqrt{3}}{3} \right) \quad \text{⑦} \quad (2\text{分})$$

刷有所得 带电粒子在磁场中做匀速圆周运动, 关键是作出正确的轨迹圆, 作轨迹圆首先要确定圆心, 圆心一般这样确定: 已知初、末速度方向, 分别作洛伦兹力方向, 两洛伦兹力所在直线交点即为圆心; 已知初速度或末速度方向和轨迹的弦, 弦的中垂线与洛伦兹力所在直线的交点即为圆心。

25. (1) $3m$ (2) $\frac{2}{15}mgH$ (3) $\frac{11}{9}$

【命题点】通过物块在斜面上的运动和碰撞模型考查动能定理、动量守恒定律和牛顿运动定律

【思路分析】



【解析】(1) 根据图(b), v_1 为物块 A 在碰撞前瞬间的速度大小, $\frac{v_1}{2}$ 为其碰撞后瞬间的速度大小。设物块 B 的质量为 m' , 碰撞后的速度大小为 v' 。由动量守恒定律和机械能守恒定律有

$$mv_1 = m\left(-\frac{v_1}{2}\right) + m'v' \quad (2 \text{ 分})$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}m\left(-\frac{v_1}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}m'v'^2 \quad (2 \text{ 分})$$

联立①②式得

$$m' = 3m \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 在图(b)所描述的运动中, 设物块 A 与轨道间的滑动摩擦力大小为 f , 下滑过程中所走过的路程为 s_1 , 返回过程中所走过的路程为 s_2 , P 点的高度为 h , 整个过程中克服摩擦力所做的功为 W , 由动能定理有

$$mgH - fs_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 - 0 \quad (2 \text{ 分})$$

$$-(fs_2 + mgh) = 0 - \frac{1}{2}m\left(-\frac{v_1}{2}\right)^2 \quad (2 \text{ 分})$$

由图(b)所给的 $v-t$ 图线可知

$$s_1 = \frac{1}{2}v_1 t_1 \quad (1 \text{ 分})$$

$$s_2 = \frac{1}{2} \times \frac{v_1}{2} \times (1.4t_1 - t_1) \quad (1 \text{ 分})$$

由几何关系可知

$$\frac{s_2}{s_1} = \frac{h}{H} \quad (1 \text{ 分})$$

物块 A 在整个过程中克服摩擦力所做的功为

$$W = fs_1 + fs_2 \quad (1 \text{ 分})$$

联立④⑤⑥⑦⑧⑨式可得

$$W = \frac{2}{15}mgH \quad (1 \text{ 分})$$

(3) 设倾斜轨道的倾角为 θ , 物块与轨道间的动摩擦因数在

$$\text{改变前为 } \mu, \text{ 则有 } W = \mu mg \cos \theta \times \frac{H+h}{\sin \theta} \quad (1 \text{ 分})$$

设物块 B 在水平轨道上能够滑行的距离为 s' , 由动能定理有

$$-\mu m' g s' = 0 - \frac{1}{2} m' v'^2 \quad (2 \text{ 分}) \quad (12)$$

设改变后的动摩擦因数为 μ' , 由动能定理有

$$mgh - \mu' mg \cos \theta \cdot \frac{h}{\sin \theta} - \mu' m g s' = 0 \quad (2 \text{ 分}) \quad (13)$$

联立①③④⑤⑥⑦⑧⑩⑪⑫⑬式可得

$$\frac{\mu}{\mu'} = \frac{11}{9} \quad (1 \text{ 分}) \quad (14)$$

一题多解 (2) 设物块 A 从静止下滑到倾斜轨道底端过程中的加速度大小为 a_1 , 从倾斜轨道底端滑到 P 点的加速度大小为 a_2 , 由图(b)可得, 物块 A 从倾斜轨道底端滑到 P 点的时间为 $t_2 = \frac{2}{5} t_1$, 则由匀变速直线运动的规律有 $v_1 = a_1 t_1, v_2 = a_2 t_2$,

$$\text{碰后的速度大小为 } v_2 = \frac{v_1}{2}, \text{ 得 } \frac{a_1}{a_2} = \frac{4}{5};$$

设倾斜轨道倾角为 θ , 物块与倾斜轨道之间动摩擦因数为 μ , 由牛顿第二定律得 $a_1 = g \sin \theta - \mu g \cos \theta, a_2 = g \sin \theta + \mu g \cos \theta$;

$$\text{解得 } \mu = \frac{1}{9} \tan \theta;$$

设 P 点离倾斜轨道底端高度为 h , 则有

$$2a_1 \frac{H}{\sin \theta} = v_1^2,$$

$$2a_2 \frac{h}{\sin \theta} = \left(\frac{v_1}{2} \right)^2,$$

$$\text{解得 } h = \frac{H}{5};$$

对物块 A 下滑过程应用动能定理, 则有

$$\frac{1}{2} m v_1^2 = mgH - \mu mg \cos \theta \cdot \frac{H}{\sin \theta},$$

$$\text{解得 } v_1 = \frac{4}{3} \sqrt{gH},$$

对全过程应用功能关系, 物块 A 克服摩擦做功 W 和碰撞过程转移给 B 物块的动能之和等于物块 A 减少的机械能, 有

$$W + \frac{1}{2} m' v'^2 = mg(H - h),$$

$$\text{解得 } W = \frac{2}{15} mgH.$$

33. (1) 低于(2分) 大于(3分)

【命题点】通过气体的绝热变化考查热力学第一定律

【解析】容器绝热, 活塞移动后气体压强变小, 则气体的体积增大, 气体对外做功, 内能减小, 温度降低。取与容器中质量相等的外界空气, 和容器内变化后的空气相比较, 二者压强相同, 容器内空气的温度**低于**外界温度, 由理想气体状态方程可知, 容器内空气的体积偏小, 则密度**大于**外界空气的密度。

刷有所得 改变内能的两种方式:做功和热传递。两种方式具有相同的作用效果,对外做功相当于对外放热,气体温度降低。

$$(2)(i) 3.2 \times 10^7 \text{ Pa} \quad (ii) 1.6 \times 10^8 \text{ Pa}$$

【命题点】通过变质量问题考查玻意耳定律和查理定律

【解析】(i) 设初始时每瓶气体的体积为 V_0 , 压强为 p_0 ; 使用后气瓶中剩余气体的压强为 p_1 , 假设体积为 V_0 、压强为 p_0 的气体压强变为 p_1 时, 其体积膨胀为 V_1 , 由玻意耳定律得

$$p_0 V_0 = p_1 V_1 \quad (2 \text{ 分})$$

被压进炉腔的气体在室温和 p_1 条件下的体积为

$$V_1' = V_1 - V_0 \quad (2 \text{ 分})$$

设 10 瓶气体压入完成后炉腔中气体的压强为 p_2 , 体积为 V_2 , 由玻意耳定律得

$$p_2 V_2 = 10 p_1 V_1' \quad (2 \text{ 分})$$

联立①②③式代入题给数据得

$$p_2 = 3.2 \times 10^7 \text{ Pa} \quad (1 \text{ 分})$$

(ii) 设加热前炉腔的温度为 T_0 , 加热后炉腔温度为 T_1 , 气体压强为 p_3 。由查理定律得

$$\frac{p_3}{T_1} = \frac{p_2}{T_0} \quad (2 \text{ 分})$$

联立④⑤式并代入题给数据得

$$p_3 = 1.6 \times 10^8 \text{ Pa} \quad (1 \text{ 分})$$

刷有所得 解决变质量气体状态变化问题的关键是选取正确的研究对象, 将变质量问题转化为质量不变的问题, 如本题, 把即将灌入的气体和炉内原有气体(真空)的整体作为研究对象, 把灌气过程中气体质量变化问题转化为定质量气体状态变化问题。

34. (1) CDE 【命题点】波的传播规律

【解析】由于简谐横波沿 x 轴正向传播, 结合图(a)以及同

侧法可知, $t = \frac{T}{2}$ 时刻 Q 质点沿 y 轴正向振动, 由图(b)振

动图像可知, $t = \frac{T}{2}$ 时刻该质点沿 y 轴负向振动, **A 错误**; 由

图(a)可知在 $t = \frac{T}{2}$ 时 P 在波峰位置, 结合波的传播方向可

知在 $t = 0$ 时刻质点 P 位于波谷, 此时偏离平衡位置的位移仍然最大, 速率为零, 加速度最大, 质点 Q 仍位于平衡位置, 偏离平衡位置位移为零, 其振动方向与当前振动方向相反, 即沿 y 轴负向振动, 速率最大, 加速度为零, **B 错误**,

C、E 正确; 由图(a)可知, $t = \frac{T}{2}$ 时刻平衡位置在坐标原点的质点沿 y 轴负向振动, 与图(b)振动情况相同, **D 正确**。

刷有所得 从波动图像中找出质点的振幅和波长大小, 从振动图像找出周期, 在横波传播过程中, 质点的传播方向始终与质点的振动方向垂直。

(2)(i) 7 m (ii) 5.5 m

【命题点】光的折射定律

【解析】(i) 设光束从水面射出的点到桅杆的水平距离为 x_1 , 到 P 点的水平距离为 x_2 ; 桅杆高度为 h_1 , P 点处水深为 h_2 ; 激光束在水中与竖直方向的夹角为 θ , 由几何关系有

$$\frac{x_1}{h_1} = \tan 53^\circ \quad (1)$$

$$\frac{x_2}{h_2} = \tan \theta \quad (2)$$

由折射定律有

$$\sin 53^\circ = n \sin \theta \quad (3)$$

设桅杆到 P 点的水平距离为 x , 则

$$x = x_1 + x_2 \quad (4)$$

联立①②③④式并代入题给数据得

$$x = 7 \text{ m} \quad (5)$$

(ii) 设激光束在水中与竖直方向的夹角为 45° 时, 从水面射出方向与竖直方向的夹角为 i' , 由折射定律得

$$\sin i' = n \sin 45^\circ \quad (6)$$

设船向左行驶的距离为 x' , 此时光束从水面射出的点到桅杆的水平距离为 x'_1 , 到 P 点的水平距离为 x'_2 , 则

$$x'_1 + x'_2 = x' + x \quad (7)$$

$$\frac{x'_1}{h_1} = \tan i' \quad (8)$$

$$\frac{x'_2}{h_2} = \tan 45^\circ \quad (9)$$

由⑤⑥⑦⑧⑨式代入题给数据得

$$x' = (6\sqrt{2} - 3) \text{ m} \approx 5.5 \text{ m} \quad (10)$$