

物理参考答案及评分意见

- 1.B 【解析】由图可知, $n=2$ 和 $n=1$ 能级之间的能量差值 $\Delta E = E_2 - E_1 = -3.4 \text{ eV} - (-13.6 \text{ eV}) = 10.2 \text{ eV}$, 与太阳望远镜探测到的谱线能量相等, 可知此谱线是太阳中氢原子由 $n=2$ 能级向 $n=1$ 能级跃迁产生的, 从 $n=1$ 的低能级向 $n=2$ 的高能级跃迁时吸收光子而不是发出光子, A 错误; 根据玻尔理论, 氢原子由激发态跃迁到基态, 核外电子从高轨道跃迁到低轨道, 库仑引力做正功, 原子的电势能减少, B 正确; 10.2 eV 的能量只能使处于基态的氢原子跃迁到 $n=2$ 能级, 要使基态氢原子电离至少需要 13.6 eV 的能量, C 错误; 一群处于 $n=4$ 能级的氢原子向低能级跃迁时, 可以辐射出不同频率的光子种类数 $N = C_4^2 = \frac{4 \times 3}{2} = 6$, 即最多可以辐射出 6 种不同频率的光子, D 错误。
- 2.C 【解析】设 BC 间轻绳的拉力大小为 F , 对 C 球进行受力分析, $F \sin 37^\circ = \frac{1}{2} mg$, 对 B 球进行受力分析, $kx = F \cos 37^\circ$, 联立解得 $k = \frac{2mg}{3x}$, 代入数据得 $k = 100 \text{ N/m}$, C 正确。
- 3.C 【解析】自由下落过程中, 重力做功 $W = mgh = 2 \times 10 \times 80 \text{ J} = 1600 \text{ J}$, A 错误; 由 $h = \frac{1}{2} gt^2$ 得 $t = 4.0 \text{ s}$, 重力的冲量 $I = mgt = 80 \text{ N} \cdot \text{s}$, B 错误; 撞击岩石时重力的瞬时功率 $P = mgv = mg^2 t = 800 \text{ W}$, C 正确; 在下落相等时间内的速度增加量 $\Delta v = g \Delta t$ 相等, D 错误。
- 4.D 【解析】空间中任意一点的电场强度都是两个正点电荷的电场强度矢量叠加而成, 在正方形 $abcd$ 上电场线的方向是由 O 点指向各点, 根据对称性可知, b 、 d 两点的电场强度大小相等, 方向不同, A 错误; 由 $abcd$ 面上的电场线分布易知, 在该平面上的等势线是以 O 点为圆心的同心圆, 则沿正方形 $abcd$ 四边移动电荷, 电场力会做功, B 错误; 设 $Oe = OM = r$, 则 $Oa = \sqrt{2}r$, $eM = \sqrt{2}r$, $aM = \sqrt{3}r$, 根据点电荷电场中某点电势的表达式可知, 各点电势分别为 $\varphi_O = 2k \frac{Q}{r}$, $\varphi_e = \sqrt{2}k \frac{Q}{r}$, $\varphi_a = \frac{2\sqrt{3}}{3}k \frac{Q}{r}$, 则 O 点与 e 点的电势差 $U_{Oe} = \varphi_O - \varphi_e = \frac{2kQ}{r} (1 - \frac{\sqrt{2}}{2})$, e 点与 a 点的电势差 $U_{ea} = \varphi_e - \varphi_a = \frac{2kQ}{r} (\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{3})$, O 点与 e 点的电势差不等于 e 点与 a 点的电势差, C 错误; 将试探电荷 $+q$ 由 a 点沿直线 ac 移动到 O 点, 电场力做负功, 电势能增大, 越过 O 点后电场力做正功, 电势能减小, D 正确。
- 5.D 【解析】线速度与转速的关系为 $v_0 = \omega r = 2\pi nr$, 石子的转速 $n = \frac{v_0}{2\pi r} = \frac{36}{2 \times 3 \times 1.5} \text{ r/s} = 4 \text{ r/s}$, A 错误; 石子的向心加速度大小为 $a_n = \frac{v_0^2}{r} = \frac{36^2}{1.5} \text{ m/s}^2 = 864 \text{ m/s}^2$, B 错误; 在竖直方向上, $(v_0 \sin 45^\circ)^2 = 2gh$, 代入数据解得 $h = \frac{(v_0 \sin 45^\circ)^2}{2g} = 32.4 \text{ m}$, C 错误; 设石子做斜上抛运动的上升时间为 t , 则竖直上升过程中速度满足 $v_0 \sin 45^\circ = gt$, 水平位移 $x = v_0 \cos 45^\circ \times 2t$, 解得 $x = \frac{2v_0^2 \cos 45^\circ \sin 45^\circ}{g} = 129.6 \text{ m}$, D 正确。
- 6.D 【解析】设质量为 m 的星体速度为 v , 在 $r < R$ 范围内, 由图可得 $v \propto r$, 而 $a = \frac{v^2}{r}$, 可得 $a \propto r$, A、B 错误; 在 $r = R$ 处, $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$, 设 $r \leq 3R$ 范围内暗物质的质量为 M' , $r = 3R$ 处, $G \frac{(M+M')m}{(3R)^2} = m \frac{v^2}{3R}$, 解得 $M' = 2M$, C 错误, D 正确。
- 7.C 【解析】通过电阻 R 的电荷量 $q = \bar{I}t = \frac{BL\bar{v}}{R}t = \frac{BLh}{R} = 1 \text{ C}$, B 错误; 金属杆达到最大速度 v_m 时加速度为零, 有 $mg = I_m LB$, $I_m = \frac{BLv_m}{R}$, 得 $v_m = \frac{mgR}{B^2 L^2} = 2 \text{ m/s}$, 由动量定理得 $mgt - \bar{I}LB \cdot t = 2mv_m - 0$, 解得 $t = \frac{qLB + 2mv_m}{mg} = 1.4 \text{ s}$, C 正确; 平均速度 $\bar{v} = \frac{h}{t} = \frac{2}{1.4} \text{ m/s} = \frac{10}{7} \text{ m/s}$, A 错误; 由能量守恒定律得 $mgh = \frac{1}{2} \times 2mv_m^2 + Q$, 解得 $Q = mgh - mv_m^2 = 1.6 \text{ J}$, D 错误。

8. ABC 【解析】由图知 $a \rightarrow b$ 过程中压强不变, 根据压强的微观意义可得, 温度升高, 分子的平均动能增大, 为保持压强不变, 分子在单位时间内对单位面积器壁的碰撞次数应减少, A 正确; 由图知 $a \rightarrow b$ 过程中气体压强不变, 温度升高, 由 $\frac{pV}{T} = C$ 可得气体体积增大, 气体对外界做功, $W < 0$, 理想气体的内能只与温度有关, 故内能因温度升高而增大, $\Delta U > 0$, 结合热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ 可得 $Q > 0$, 即气体一定从外界吸收热量, 且吸收的热量大于气体对外界做的功, B 正确; 由图知 $b \rightarrow c$ 过程中, 气体压强减小, 温度降低, 图线上各点与原点连线的斜率逐渐减小, 又由 $p = \frac{C}{V}T$ 可得图像中的状态点与原点连线的斜率与体积大小成反比, 故 $b \rightarrow c$ 过程中, 气体体积逐渐增大, C 正确; 温度是分子平均动能的标志, $b \rightarrow c$ 过程中气体温度降低, 表明分子的平均动能减少, 但并不是每个分子的动能都减少, D 错误。

9. AC 【解析】从乙图可知, 在 $t = 0$ 时刻 P 点速度为正向最大值, 即 P 点正在平衡位置向 $+y$ 方向振动, 根据“同侧法”可知波沿 x 轴负方向传播, 由甲图可知波长 $\lambda = 6$ m, 由乙图可知周期 $T = 1.2$ s, 故波速 $v = \frac{\lambda}{T} = 5$ m/s, A 正确; 质点 P 经过 0.6 s 恰好振动半个周期, 运动的路程 $s = 2A = 20$ cm, B 错误; 由甲图可知该波质点振幅为 10 cm, $t = 0.5$ s $= \frac{5}{12}T$, 质点 P 的振动方程为 $y = A \sin \frac{2\pi}{T}t$, 即 $y = 10 \times \sin(\frac{2\pi}{1.2} \times \frac{5}{12})$ cm $= 5$ cm, C 正确; 该波的频率 $f = \frac{1}{T} = \frac{5}{6}$ Hz, 根据多普勒效应可知, 当测井仪运动时, 接收到的频率可能大于或小于 $\frac{5}{6}$ Hz, D 错误。

10. BD 【解析】根据变压器电压与匝数的关系 $\frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4}$ 得 $U_3 = 9.5$ kV, 理想变压器无能量损失, $P_3 = P_4 = 475$ kW, 根据 $P_3 = U_3 I_2$, 解得 $I_2 = 50$ A, 高压输电线电阻损失的电压 $\Delta U = I_2 r = 500$ V, A 错误; 高压输电线损失的功率 $\Delta P = I_2^2 r = 25$ kW, B 正确; 输电电压 $U_2 = U_3 + \Delta U = 10$ kV, 则 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{25}$, C 错误; 发电机输出电功率 $P_1 = P_3 + \Delta P = 500$ kW, 单位时间内水流的机械功率 $P_0 = \frac{mgh}{t} = \rho Qgh = 625$ kW, 故机械能转化为电能的效率 $\eta = \frac{P_1}{P_0} \times 100\% = 80\%$, D 正确。

11. (1) C (2) AD (3) 在柱塞内隐藏的细管中的气体体积 (每空 2 分)

【解析】(1) 为了保持封闭气体的质量不变, 实验中采取的主要措施是注射器柱塞上涂上润滑油, 防止漏气或进气, 因压强计可直接测出压强, 故摩擦力对测量基本无影响, A 错误; 手握紧注射器会导致封闭气体温度变化, B 错误; 若快速推拉柱塞, 则有可能造成气体温度变化, 所以应缓慢推拉柱塞, 当柱塞移至某位置时, 应等状态稳定后, 记录此时注射器内气柱的体积和压强计的压强值, C 正确; 封闭气体在等温变化下, 作出的 $p-V$ 图像是双曲线的一支, 而 $V - \frac{1}{p}$ 图像是直线, 更加形象直观, D 错误。

(2) 根据理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = C$ 可得 $V = CT \cdot \frac{1}{p}$, 图像向上弯曲, 图线的斜率变大, 可能是温度 T 升高, 也可能是常数 C 变大, C 与气体的质量和种类有关, 所以可能是气体的质量 m 变大, 发生了进气现象, A、D 正确。

(3) 如果实验操作规范, 正确, 依据实验数据画出的 $V - \frac{1}{p}$ 图像应是过坐标原点的直线, 但如图丙所示的 $V - \frac{1}{p}$ 图像不过原点, 该图线的方程为 $V = CT \cdot \frac{1}{p} - V_0$, 说明注射器中气体的体积小于实际封闭气体的体积, 结合实验器材可知, 图丙中的 V_0 代表: 在柱塞内隐藏的细管中的气体体积。

12. (1) 60 (2) 不均匀 (3) 1 200 (4) 大于 (每空 2 分)

【解析】(1) 电流表满偏时指针所指刻度为 0°C , 由乙图可知 $R_0 = 40\ \Omega$, 由 $I_g = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_0}$ 得 $R_2 = \frac{E}{I_g} - R_1 - R_0 = 60\ \Omega$ 。

(2) 根据图乙可知金属热电阻的阻值随温度升高而均匀增大, 由 $I = \frac{E}{R_1 + R_2 + R}$ 得 $R = \frac{E}{I} - R_1 - R_2$, 可知 I 与

R 并非线性关系,故温度刻度线是不均匀的。

(3)由图乙得金属热电阻的阻值与温度的关系式为 $R = \frac{5}{6}t + 40(\Omega)$,电表指针偏转等于满量程的 $\frac{1}{3}$ 时, $I = 2 \text{ mA}$,代入 $R = \frac{E}{I} - R_1 - R_2$ 得 $R = 1\,040 \Omega$,将 $R = 1\,040 \Omega$ 代入 $R = \frac{5}{6}t + 40(\Omega)$,得 $t = 1\,200^\circ\text{C}$ 。

(4)电动势减小时,可通过调小调零电阻 R_2 使 $I_g = \frac{E'}{R_1 + R_2' + R_0}$ 仍成立,则 $R_2' < R_2$ 。当温度为 t' ,电流对应为 I' 时,有 $I' = \frac{E'}{R_1 + R_2' + R_0 + \frac{5}{6}t'} = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_0 + \frac{5}{6}t_{\text{测}}}$,则 $t_{\text{测}} = \frac{Et'}{E'} > t'$,故传感器测得的温度值大于真实值。

13.(1) $\frac{ct}{d}$ (2) $\frac{\pi d^4 + 4ad^2 \sqrt{(ct)^2 - d^2}}{(ct)^2 - d^2}$

【解析】(1)从灯珠发出的光垂直穿出屏幕,所走路程最短为 d ,用时最短。

最短时间 $t = \frac{d}{v}$ (2 分)

又 $n = \frac{c}{v}$ (2 分)

解得 $n = \frac{ct}{d}$ (1 分)

(2)如图甲所示,设 M 端发出的光在屏幕上的 A 点发生全反射,则 $n = \frac{1}{\sin C}$ (1 分)

又 $MB = d \tan C$ (1 分)

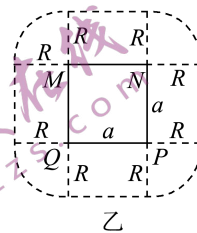
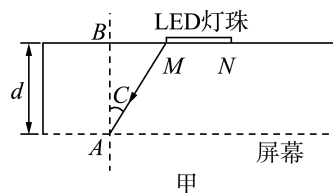
解得 $MB = \frac{d}{\sqrt{n^2 - 1}}$ (1 分)

能射出的光在屏幕上的形状如图乙所示,扇形的半径 $R = MB$,则

比自身面积大的面积 $S = \pi R^2 + 4Ra$ (1 分)

整理得 $S = \frac{\pi d^2}{n^2 - 1} + \frac{4ad}{\sqrt{n^2 - 1}}$

代入 $n = \frac{ct}{d}$ 可得 $S = \frac{\pi d^4 + 4ad^2 \sqrt{(ct)^2 - d^2}}{(ct)^2 - d^2}$ (1 分)



14.(1) $\frac{mv_0}{qd}$ $\frac{mv_0^2}{2qd}$ (2) $\frac{(7\pi+6)d}{3v_0}$ (3) $[d, (\sqrt{3}-1)d]$

【解析】(1)粒子在磁场中做匀速圆周运动,从 P 点到 Q 点经历半个圆周,由几何关系得半径 $r_1 = d$ (1 分)

由牛顿第二定律得 $qv_0 B = m \frac{v_0^2}{r_1}$ (1 分)

解得 $B = \frac{mv_0}{qd}$ (1 分)

在电场中,由动能定理得 $qE \times 3d = \frac{1}{2}m \cdot (2v_0)^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ (1 分)

解得 $E = \frac{mv_0^2}{2qd}$ (1 分)

(2)粒子在磁场中做匀速圆周运动的周期 $T_1 = \frac{2\pi r_1}{v_0} = \frac{2\pi d}{v_0}$

从 P 到 Q 做匀速圆周运动的时间 $t_1 = \frac{1}{2}T_1 = \frac{\pi d}{v_0}$ (1 分)

进入电场区域,粒子做匀加速直线运动,有 $3d = \frac{1}{2}(v_0 + 2v_0)t_2$

粒子第一次在电场中运动的时间 $t_2 = \frac{2d}{v_0}$ (1 分)

粒子第二次在磁场中做匀速圆周运动的半径 $r_2 = \frac{m \times 2v_0}{qB} = 2r_1 = 2d$ (1 分)

在磁场中运动的周期 $T_2 = \frac{2\pi r_2}{2v_0} = \frac{2\pi d}{v_0}$

粒子的运动轨迹如图所示,由几何关系知从 M 到 N 点的圆弧转过了 240° 角。

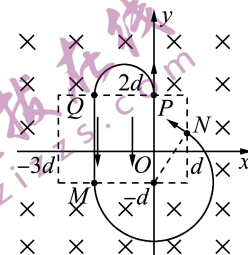
粒子第二次在磁场中运动的时间 $t_3 = \frac{240^\circ}{360^\circ} T_2 = \frac{2}{3} \times \frac{2\pi d}{v_0} = \frac{4\pi d}{3v_0}$ (1 分)

则从 P 点开始到 N 点的时间 $t = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{(7\pi + 6)d}{3v_0}$ (1 分)

(3) 由图知 N 点坐标 $x_N = d$

$y_N = r_2 \sin 60^\circ - d = (\sqrt{3} - 1)d$ (1 分)

即 N 点坐标为 $[d, (\sqrt{3} - 1)d]$ (1 分)



15. (1) 0.4 (2) 8 m 4 m (3) $\frac{16}{27} \text{ J} \leq E_{\text{pm}} \leq 8 \text{ J}$

【解析】(1) A 与传送带间的动摩擦因数最小时,需要 A 在传送带上一直加速

由动能定理得 $\mu_0 mgx = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0$ (1 分)

解得 $\mu_0 = 0.4$ (1 分)

(2) A 与 B 系统动量守恒,有 $mv_0 = (m+m)v_1$ (1 分)

解得 A 、 B 共速时速度 $v_1 = \frac{mv_0}{m+m} = 4 \text{ m/s}$ (1 分)

根据能量守恒,有 $\mu mgL = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(m+m)v_1^2$ (1 分)

解得 $L = 8 \text{ m}$ (1 分)

若 A 恰好滑到 B 右端时, B 与右侧固定平台相碰,则此时 B 与右侧平台间的距离 d 最小,

在 B 加速至共速的过程中,对 B 由动能定理得 $\mu mgd = \frac{1}{2}mv_1^2$ (1 分)

解得 $d = \frac{v_1^2}{2\mu g} = 4 \text{ m}$ (1 分)

(3) 滑块 C 与挡板 D 碰撞前, A 、 C 系统动量守恒,有 $mv_1 = mv_2 + Mv_3$ (1 分)

滑块 C 与挡板 D 碰撞后至 A 、 C 共速过程,

A 、 C 系统动量守恒, $mv_2 + M(-v_3) = (M+m)v_4$ (1 分)

解得 A 、 C 共速时速度 $v_4 = \frac{2}{3}(v_2 - 2)$ (1 分)

全过程 A 、 C 与弹簧组成的系统机械能守恒,共速时弹簧弹性势能最大

$E_{\text{pm}} = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}(m+M)v_4^2 = 8 - \frac{2}{3}(v_2 - 2)^2$ (1 分)

C 与 D 碰撞前,从 A 开始压缩弹簧至弹簧再次恢复原长的过程中,有 $\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_2'^2 + \frac{1}{2}Mv_3'^2$ (1 分)

又由动量守恒得 $mv_1 = mv_2' + Mv_3'$ (1 分)

解得弹簧再次恢复原长时 A 的速度 $v_2' = -\frac{4}{3} \text{ m/s}$ (1 分)

故 C 与 D 碰撞前 A 的速度 v_2 取值范围在 $-\frac{4}{3} \text{ m/s}$ 到 4 m/s 之间,根据 $E_{\text{pm}} = 8 - \frac{2}{3}(v_2 - 2)^2$,由二次函数图像性质,可知当 $v_2 = 2 \text{ m/s}$ 时,弹簧的弹性势能最大值最大,为 $E_{\text{pm}} = 8 \text{ J}$ (1 分)

当 $v_2 = -\frac{4}{3} \text{ m/s}$ 时,弹簧的弹性势能最大值最小,为 $E_{\text{pm}}' = \frac{16}{27} \text{ J}$ (1 分)

综上可知弹簧的弹性势能最大值的取值范围为 $\frac{16}{27} \text{ J} \leq E_{\text{pm}} \leq 8 \text{ J}$ (1 分)