

全国 I 卷 · 冲刺金卷 · 理科综合 物理 答案

(一)

14. C 【解析】由反应方程可知,电子和正电子相遇转变为两个光子,由质能方程 $E=mc^2$ 可得“湮灭”放出的能量,因而一个光子的能量为 $E_1=mc^2=8.2\times 10^{-14}$ J,选项 C 正确。
15. B 【解析】设月球质量为 M ,半径为 R ,勘测卫星质量为 m ,勘测卫星在月球表面附近绕月飞行过程中,由 $\frac{GMm}{R^2}=m(\frac{2\pi}{T})^2R$, $\rho=\frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$,可得月球的平均密度为 $\rho=\frac{3\pi}{GT^2}$,代入数据解得 $\rho\approx 3.3\times 10^3$ kg/m³,选项 B 正确。
16. C 【解析】设 OA 与竖直方向的夹角为 θ ,对小球由共点力平衡条件得: $F_N=mg\cos\theta$, $F=mgsin\theta$,在小球由 A 缓慢运动到 B 的过程中, θ 逐渐减小,所以球面对小球的支持力 F_N 逐渐增大,拉力 F 逐渐减小,选项 C 正确。
17. C 【解析】由于 A 、 B 两金属板带电正负未知,故不能确定 a 、 b 两粒子的电性,选项 A 错误;两粒子在电场力的作用下做类平抛运动,在水平方向 $x=v_0t$,在竖直方向 $y=\frac{1}{2}at^2=\frac{Eqx^2}{2mv_0^2}$,由图可知 $x_b>x_a$,则有 $\frac{q_1}{m_1}>\frac{q_2}{m_2}$,由题设条件无法比较 q_1 与 q_2 关系,选项 B 错误,C 正确;由电场力做功公式 $W=qU$ 知,因加速电压 U 相同,而 q_1 与 q_2 的大小关系不能确定,所以不能确定 W_a 与 W_b 的大小关系,选项 D 错误。
18. BD 【解析】由题意并结合图象可知,在 $t_1\sim t_2$ 时间内汽车做加速度减小的变加速直线运动,选项 A 错误;在 $0\sim t_1$ 时间内, $P_0\propto t$,所以汽车的平均功率为 $\bar{P}=\frac{1}{2}P_0$,选项 B 正确;在 $0\sim t_2$ 时间内,汽车发动机所做的功为 $W=\frac{1}{2}P_0t_1+P_0(t_2-t_1)$

$=P_0(t_2-\frac{1}{2}t_1)$,选项 C 错误;在 t_2 时刻,汽车达到最大速度,则有汽车的牵引力 $F=Kmg$,则 $v_m=\frac{P_0}{F}=\frac{P_0}{Kmg}$,选项 D 正确。

19. CD 【解析】 $t=1.0$ s 时,穿过线圈的磁通量为零,线圈平面平行于磁感线,此时感应电动势最大,感应电流也最大,电流方向不会变化,选项 A、B 均错误;在 0.5 s $\sim$ 1.5 s 内, $\bar{E}=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=100\times\frac{0.02\times 2}{1}$ V=4 V,选项 C 正确;线圈中感应电动势的最大值 $E_m=nBS\omega=100\times 0.02\times 2\pi/2$ V= 2π V,有效值 $E=\frac{\sqrt{2}}{2}E_m=\sqrt{2}\pi$ V,选项 D 正确。

20. AD 【解析】由左手定则可知,流体流动时,正离子偏向 b 点,负离子偏向 a 点,所以管道中 b 点电势高于 a 点电势。因管道绝缘, a 、 b 处聚集的正负离子形成电场,电场方向由 b 指向 a ,离子将同时受到洛伦兹力和电场力的作用,选项 A 正确,B 错误;设离子带电量为 q ,洛伦兹力 $f=Bqv$,电场力 $F=qE=q\frac{U_{ab}}{d}$,当离子匀速运动时 $f=F$,又知流体的流量 $Q=Sv=\frac{\pi}{4}d^2v$,联立各式解得 $Q=\frac{\pi dU_{ab}}{4B}$,选项 C 错误,D 正确。

21. BC 【解析】由于小球在 A 、 P 两点时,弹簧弹力相同,则弹簧在 OA 处被拉伸,在 OP 处被压缩,且拉伸与压缩量相等,则在 AP 之间必有一个弹簧处于原长状态的位置,由对称性原理可知,在 PB 之间也必有一个弹簧处于原长的位置。小球在 A 、 P 、 B 三个位置时弹簧的弹性势能相等。在 A 到 P 的过程中,弹簧的弹性势能先减小后增大,在 P 到 B 的过程中,弹簧的弹性势能也是先减小后增大,选项 A 错误;弹簧处于两个原长状态和小球在 P 点位置,小球加速度大小等于 $\frac{\sqrt{2}}{2}g$ 且方向

沿杆向下,选项 B 正确;小球从 A 点运动到 B 点过程中,由机械能守恒定律可得, $E_p + mg \cdot 2L \sin 45^\circ = E_p + E_{kB}$,得 $E_{kB} = \sqrt{2} mgL$,选项 C 正确;A、P 两点弹簧的弹性势能相等,因而小球在 A、P 两点的机械能相等,选项 D 错误。

22. (6 分)【答案】(1) $\frac{d}{\Delta t}$ (2 分) (2) CD (2 分)

(3) $\mu_2 gx = \frac{1}{2} \left(\frac{d}{\Delta t} \right)^2$ (2 分,变形后的表达式也正确)

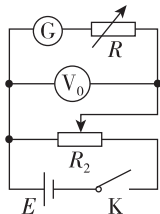
【解析】(1) 滑块经过光电门 Q 时的速度为 $v = \frac{d}{\Delta t}$ 。

(2)、(3) 设滑块质量为 m ,由动能定理可知, $\mu_2 mgx = \frac{1}{2} m \left(\frac{d}{\Delta t} \right)^2$,解得 $\mu_2 gx = \frac{1}{2} \left(\frac{d}{\Delta t} \right)^2$,因此需要知道或测量的物理量为:滑块 P 与水平长木板 CD 间的动摩擦因数 μ_2 ,滑块 P 经过光电门后停止的位置距光电门的距离 x 。

23. (9 分)【答案】(1) 105.0 Ω (2 分)

(2) 2895 Ω (2 分)

(3) 校准电路图如图所示 (2 分)



(4) 小于 (1 分) 偏大 (1 分) 偏小 (1 分)

【解析】(1) 电阻箱的读数为 $R_g = 105.0 \Omega$,电流表的内阻为 105.0 Ω 。

(2) 由电压表的改装原理可知:

$$R = (n - 1) R_g = \left(\frac{U}{I_g R_g} - 1 \right) R_g = \frac{U}{I_g} - R_g = 2895 \Omega.$$

(3) 要求电压从 0 到最大值之间逐一进行校准,因此应采用分压法,滑动变阻器选用 R_2 ,标准电压表和改装电压表应并联。电路图见答案。

(4) 用半偏法测电流表内阻 R_g 时,由于电阻箱 R 的连入使得电路总电流变大,致使 R_g 的测量值偏小,这样在改装电压表时串联电阻 $R = (n - 1) R_g = \frac{U}{I_g} - R_g$ 的阻值偏大,使得校准时通过其电流值偏小,故改装的电压表示数小于标准表的示数。

24. (14 分)【答案】(1) 1 m/s² 8 N (2) 6 m

【解析】(1) 设物体 B 的最大加速度为 a_m ,

则有 $a_m = \mu g = 1 \text{ m/s}^2$ (1 分)

由于 $a_m = 1 \text{ m/s}^2 < a = 2 \text{ m/s}^2$,长木板 A 与物体 B 之间发生相对滑动,所以在长木板加速过程中,物体 B 的加速度 $a_B = 1 \text{ m/s}^2$ (1 分)

在长木板加速过程中,对长木板由牛顿第二定律得:

$$F - \mu mg - \mu(m + M)g = Ma \quad (2 \text{ 分})$$

解得 $F = 8 \text{ N}$ (1 分)

(2) 设长木板加速时间为 t_1 ,通过的位移为 x_1 ,在 t_1 时刻 B 物体获得的速度为 v_1 ,则:

$$t_1 = \frac{v}{a} = 3 \text{ s} \quad (1 \text{ 分})$$

$$x_1 = \frac{1}{2} a t_1^2 = 9 \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

$$v_1 = a_B t_1 = 3 \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

设从撤去外力 F 到 A、B 达到共同速度 v_2 所用时间为 t_2 ,在此过程中长木板通过的位移为 x_2 ,则:

$$\text{对长木板: } \mu mg + \mu(M + m)g = Ma_A \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{又知: } v - v_2 = a_A \cdot t_2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$x_2 = \frac{1}{2} (v + v_2) t_2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{对 B 物体有: } v_2 - v_1 = a_B \cdot t_2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{长板长度为: } L = x_1 + x_2 - \frac{1}{2} a_B (t_1 + t_2)^2 \quad (1 \text{ 分})$$

联立方程并代入数字解得: $L = 6 \text{ m}$ (1 分)

25. (18 分)【答案】(1) 方向是由 c 沿杆指向 d 2 A

(2) 1.1 J (3) 6.8 N · s

【解析】(1) 在撤去外力 F 时,杆 ab 沿轨道向上运动,由右手定则可知,杆 ab 中电流方向由 b 沿杆指向 a ,所以杆 cd 中电流方向是由 c 沿杆指向 d 。 (1 分)

由题意知,开始两杆恰好不沿着轨道下滑,则有两杆沿斜面的滑动摩擦力等于最大静摩擦力即

$$f_\mu = mg \sin \theta \quad (1 \text{ 分})$$

当杆 cd 即将上滑时,设通过杆 cd 中电流大小为 I ,则

$$BIL - mg \sin \theta - f = 0 \quad (1 \text{ 分})$$

代入数据解得: $I = 2 \text{ A}$ (1 分)

(2) 设撤去外力 F 时,杆 ab 的速度为 v_1 ,产生的感

应电动势为 E_1 , 由法拉第电磁感应定律可知:

$$E_1 = BLv_1 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{又知: } I = \frac{E_1}{2R} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } v_1 = 8 \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

从撤去外力 F 到杆 ab 速度减小为零的过程中, 对杆 ab 由能量守恒定律可知:

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgx \sin \theta + f_m x + Q \quad (1 \text{ 分})$$

所以, 此过程中杆 ab 中产生的内能:

$$Q_1 = \frac{1}{2}Q = 1.1 \text{ J} \quad (1 \text{ 分})$$

(3) 设杆 ab 在力 F 作用下沿着轨道向上运动的匀加速的加速度为 a , 则 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8}{4} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$ (1 分),

在某时刻 t 的速度为 v , 则 $v = at$ (1 分)

$$\text{杆 } ab \text{ 所受安培力 } F_{\text{安}} = BIL = \frac{B^2 L^2 v}{2R} \quad (1 \text{ 分})$$

对杆 ab 由牛顿第二定律得:

$$F - mg \sin \theta - f_m - F_{\text{安}} = ma \quad (1 \text{ 分})$$

联立以上方程解得:

$$F = 1.2 + 0.25t \quad (0 \leq t \leq 4 \text{ s}) \quad (1 \text{ 分})$$

由上式可知: 力 F 随时间 t 成线性关系,

$$\text{当 } t_1 = 0 \text{ 时, } F_1 = 1.2 \text{ N} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{当 } t_2 = 4 \text{ s 时, } F_2 = 2.2 \text{ N} \quad (1 \text{ 分})$$

所以, 在 $0 \sim 4 \text{ s}$ 内, 力 F 对杆 ab 的冲量为:

$$I = \bar{F}t = \frac{1}{2}(F_1 + F_2)t = 6.8 \text{ N} \cdot \text{s} \quad (2 \text{ 分})$$

注: 时间范围未注明, 扣 1 分。

33. (15 分)【答案】(1) ACE

$$(2) \text{ (i) } \frac{20}{9} \text{ atm} \quad \text{ (ii) } 8 \text{ 次}$$

【解析】(1) 物体是由大量分子组成的, 而且分子在永不停息地做无规则的热运动, 选项 A 正确; 在加热时, 水中的胡椒粉在翻滚, 这是由水的对流引起的, 不是布朗运动, 另外布朗运动的固体颗粒必须足够小, 只有在显微镜下才能看见, 选项 B 错误; 物质的分子间同时存在着引力与斥力, 它们都随分子间距离的增大而减小, 选项 C 正确; 如果两个系统分别与第三个系统达到热平衡, 那么这两个系统彼此之间也必须处于热平衡, 此时它们的

温度一定相等, 内能不一定相等, 选项 D 错误; 在一定的温度下, 同一种物质饱和汽的分子数密度和饱和汽的压强均是一定的, 选项 E 正确。

(2) (i) 蹦蹦球从室外拿到室内足够长后, 球内气体的压强为 p_2 , 气体体积不变, 由查理定律得:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad (2 \text{ 分})$$

$$T_1 = 270 \text{ K}, T_2 = 300 \text{ K}, p_1 = 2 \text{ atm} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{所以 } p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 = \frac{20}{9} \text{ atm} \quad (2 \text{ 分})$$

(ii) 设至少充气 n 次可使球内气体压强达到 3 atm 以上, 以蹦蹦球内部气体和所充气体的整体为研究对象,

$$p_2 V + p_0 (n \Delta V) = p_3 V \quad (2 \text{ 分})$$

$$p_0 = 1 \text{ atm}, p_3 = 3 \text{ atm} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } n = \frac{70}{9}, \text{ 则 } n \text{ 取 } 8 \text{ 次} \quad (1 \text{ 分})$$

小倩在室内把球内气体的压强充到 3 个大气压以上, 她至少需充气 8 次。(1 分)

34. (15 分)【答案】(1) BCD

$$(2) \text{ (i) } \frac{4}{3} \text{ m} \quad \frac{4}{7} \text{ m} \quad \text{ (ii) } 28 \text{ m/s} \quad 12 \text{ m/s}$$

【解析】(1) 光在同一种非均匀介质中传播时, 光线会发生弯曲, 选项 A 错误; 光从光密介质射入光疏介质, 且入射角大于临界角时, 一定会发生全反射现象, 选项 B 正确; 在阳光下观察肥皂泡呈彩色, 这是光的薄膜干涉现象, 选项 C 正确; 逆着光线通过放大镜观察大头针针尖, 常看见针尖周围有环纹或针尖重影, 这是光的衍射现象, 选项 D 正确; 光会发生偏振现象, 它说明光是一种横波, 选项 E 错误。

(2) (i) 波沿 x 轴正方向传播, 在 $t = 0$ 时刻, P 位于波峰处, 而 Q 位于平衡位置且向 y 轴负方向振动, 则有

$$\Delta s = (n + \frac{3}{4})\lambda \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{又知 } \lambda > 0.5 \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } n < \frac{5}{4}, \text{ 所以 } n = 0 \text{ 或 } 1 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{当 } n = 0 \text{ 时, } \lambda_1 = \frac{4}{3} \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{当 } n = 1 \text{ 时, } \lambda_2 = \frac{4}{7} \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

(ii) 由 $v = \lambda f$ (2 分) 知

当 $\lambda_1 = \frac{4}{3}$ m 时, $v_1 = 28$ m/s (1 分)

当 $\lambda_2 = \frac{4}{7}$ m 时, $v_2 = 12$ m/s (1 分)

(二)

14. D 【解析】根据 $h\nu - W_0 = \frac{1}{2}mv_m^2$ 可知, 光电子的

最大初动能与光的强度和光照时间无关, 选项 A、B 错误; 光子频率只要高于金属的极限频率, 就能够发生光电效应, 选项 C 错误; 增大照射光频率, 光电子的最大初动能增大, 选项 D 正确。

15. B 【解析】由题图知, 车 I 做初速度为 0 的匀加速直线运动, 其加速度 $a = 10$ m/s², 车 II 做速度 $v = 15$ m/s 的匀速直线运动, 2 s 内位移分别为: $x_I = \frac{1}{2} \times 10 \times 2^2 = 20$ m, $x_{II} = 30$ m, 由于 $t = 2$ s 时两车同时到达终点, 说明 $t = 0$ 时车 I 在车 II 前 $\Delta x = x_{II} - x_I = 10$ m 处, 选项 A 错误; 在 $t = 1$ s 时, 车 I 前进 5 m, 车 II 前进 15 m, 由于初始位置车 I 在车 II 前 10 m 处, 所以此时两车对齐, 选项 B 正确、C 错误; 两车对齐之后, 经 1 s 到达终点, 所以这个位置和终点间的距离为 15 m, 选项 D 错误。

16. B 【解析】在滑动触头从右向左移动的过程中, 电路的总电阻减小, 总电流增大, 则 R_2 消耗的功率逐渐变大, 选项 A 错误; 由 $U = E - Ir$ 可知, 路端电压减小, R_2 的电压增大, 则 R_1 两端的电压减小, 故 R_1 消耗的功率逐渐变小, 选项 B 正确; 总电流增大, 由 $P = I^2 r$ 知电源内电路消耗功率逐渐增大, 故选项 C 错误; 将 R_2 看成电源内电路的一部分, R 和 R_1 消耗的总功率是等效电源的输出功率, 由于等效电源的内阻大于外电阻, 所以当 R 减小, 即外电阻减小时, 等效电源的内外电阻差增大, 输出功率减小, 则电阻 R 和 R_1 消耗的总功率逐渐减小, 选项 D 错误。

17. C 【解析】在圆轨道上运行时, 嫦娥四号所受的万有引力小于在月球表面时所受的万有引力, 加速度小于月球表面的重力加速度, 选项 A 错误; 沿椭圆轨道运行时, 近月点的速率大于远月点的速率, 选项 B 错误; 圆轨道的半径大于椭圆轨道的半

长轴, 根据开普勒第三定律知, 在圆轨道上的运行周期大于在椭圆轨道上的运行周期, 选项 C 正确; 由圆轨道进入椭圆轨道必须在 P 点制动减速, 选项 D 错误。

18. C 【解析】由机械能守恒定律得 $mgL = \frac{1}{2}mv^2$,

$v = \sqrt{2gL}$, L 加倍之后, 小球在最低点的速度 v 变为原来的 $\sqrt{2}$ 倍, 选项 A 错误; 最低点重力与速度垂直, 重力的功率为零, 选项 B 错误; 在最低点绳的拉力为 F , 则 $F - mg = m\frac{v^2}{L}$, 则 $F = 3mg$, 与

L 无关, 向心加速度 $a = \frac{F - mg}{m} = 2g$, 选项 C 正确, D 错误。

19. BC 【解析】由乙图知, 原线圈所加的交流电压的最大值为 311 V, 其有效值为 220 V, 由题意知, 理想变压器原、副线圈的匝数比为 5 : 1, 则有: $\frac{U_1}{U_2} =$

$\frac{n_1}{n_2} = \frac{5}{1}$, 所以电压表示数为 44.0 V, 电流表的示数为 4.4 A, 选项 A 错误, B 正确; 当单刀双掷开关由 a 拨到 b 时, 副线圈电压加倍, 电阻 R 上消耗的功率变为原来的 4 倍, 因理想变压器原线圈输入功率与副线圈输出功率相等, 所以原线圈的输入功率变为原来的 4 倍, 选项 C 正确; 由乙图知, 原线圈所加交流电的频率为 50 Hz, 理想变压器不改变交流电的频率, 副线圈的频率仍为 50 Hz, 选项 D 错误。

20. BC 【解析】由于感应电动势的存在, 电路中的电流逐渐减小, 安培力逐渐减小, 炮弹在磁场中加速度逐渐减小, 选项 A 错误; 电容器充电完毕后, 两极板间电压为 E , 设刚放电瞬间电流为 I , 有 $I = \frac{E}{R}$, 安培力为 $F = BLI$, 加速度 $a = \frac{BLE}{mR}$, 选项 B 正确; 根据动量定理, $BL\bar{I}t = BL\Delta Q = mv$, 炮弹离开轨道时的速度 v 跟电容器释放的电量 ΔQ 成正比, 选项 C 正确; 如果轨道足够长时, 速度能够达到最大值 v_m , $mv_m = BL(Q - Q')$, 感应电动势 $E' = BLv_m$, 由于 $E = \frac{Q}{C}$ 、 $E' = \frac{Q'}{C}$, 解得 $Q' = \frac{B^2 L^2 C^2 E}{m + B^2 L^2 C}$, 选项 D 错误。

21. BD 【解析】物块 A、B 发生碰撞时 $4mv_1 = 4mv_1' + 3mv_2'$, $\frac{1}{2}4mv_1^2 = \frac{1}{2}4mv_1'^2 + \frac{1}{2}3mv_2'^2$, 解得 $v_1' = \frac{1}{7}v_1$, $v_2' = \frac{8}{7}v_1$, 选项 A 错误, B 正确; 碰后 A 的速度为 B 速度的 $\frac{1}{8}$, 由 $v^2 = 2\mu gx$, 可知 A 向右滑动的距离为 0.03 m, 选项 C 错误; 由功能关系可知 $\frac{1}{2}3mv_2'^2 = \mu 3mgl$, 由 $\mu = 0.1$, $l = 2$ m, $v_2' = \frac{8}{7}v_1$, 解得 $v_1 = 1.75$ m/s, 选项 D 正确。

22. (6 分) 【答案】(1) $v = \frac{2H}{t}$ (2 分)

(2) $H = \frac{(M-m)gt^2}{2(M+m)}$ (2 分) (3) 释放钩码 A 的时间与秒表开始计时时间不同步 (2 分, 其他正确答案也得分)

【解析】(1) 运动过程中的平均速度 $\bar{v} = \frac{H}{t}$, 又因为 $\bar{v} = \frac{0+v}{2}$, 因此, 落地速度 $v = \frac{2H}{t}$ 。(2) 如果机械能守恒, 则 $\frac{1}{2}(M+m)v^2 = MgH - mgH$, 所以 $H = \frac{(M-m)gt^2}{2(M+m)}$ 。(3) 空气阻力、滑轮阻力、释放钩码 A 的时间与秒表开始计时时间不同步等, 都会造成误差。

23. (9 分) 【答案】(1) 大 (1 分)

(2) 0.25 (1 分) 3990 Ω (2 分)

(3) 120 Ω (2 分) 3(3.0) V (2 分) (4) a (1 分)

【解析】(1) 由欧姆表原理可知, 越往左侧差值越大。

(2) 表头的满偏电压

$$U_g = I_g R_g = 0.025 \times 10 \text{ V} = 0.25 \text{ V}.$$

根据电压表量程扩展原理, 量程

$$U = I_g R_g + I_g R, \text{ 解得 } R = \frac{U - I_g R_g}{I_g}$$

$$\text{代入数据 } R = \frac{100 - 0.25}{0.025} \Omega = 3990 \Omega.$$

(3) 指针指在正中央时, 表头示数为 12.5 mA = 1.25×10^{-2} A, 欧姆表中值电阻等于其内阻, 则电表内阻为 120 Ω ,

电源电动势 $E = 1.25 \times 10^{-2} \times 2 \times 120 \text{ V} = 3 \text{ V}$ 。

(4) 按照多用电表红、黑表笔的使用规则, 黑表笔

电势要高于红表笔电势, 所以红表笔应该与接线柱 a 相连。

24. (12 分) 【答案】(1) $3\sqrt{\frac{2L}{g}}$ (2) $\sqrt{\frac{5gL}{2}}$, 与水平方向夹角的正切值为 2

【解析】(1) 根据抛体运动的特点, 小球在水平方向做匀速直线运动, 设轨迹的最高点为 E。

由 A 到 E、由 E 到 B、由 B 到 P 三段在水平方向上位移相等, 都等于 L, 因此三段时间都相等 (1 分)

设由 A 到 E 的时间为 t, E 到高台 AB 的距离为 h

由 A 到 E, 竖直方向有 $h = \frac{1}{2}gt^2$ (2 分)

由 E 到 P, 在竖直方向上有

$$h + 3L = \frac{1}{2}g(t+t)^2 \text{ (2 分)}$$

$$\text{解得 } t = \sqrt{\frac{2L}{g}} \text{ (1 分)}$$

小球从抛出到落地全过程所经历的时间

$$T = 3t = 3\sqrt{\frac{2L}{g}} \text{ (1 分)}$$

(2) 小球由 A 到 E 过程, 水平方向 $v_{Ax} = \frac{L}{t}$ (1 分)

竖直方向 $v_{Ay} = gt$ (1 分)

$$v_A = \sqrt{v_{Ax}^2 + v_{Ay}^2} \text{ (1 分)}$$

$$\text{解得 } v_A = \sqrt{\frac{5gL}{2}} \text{ (1 分)}$$

设 v_A 与水平方向的夹角为 θ ,

$$\tan \theta = \frac{v_{Ay}}{v_{Ax}} = 2 \text{ (1 分)}$$

因此小球被抛出时的初速度与水平方向夹角的正切值为 2

25. (20 分) 【答案】(1) 与竖直方向的夹角为 30°

$$(2) \frac{7\sqrt{3}}{6}L \quad \frac{7\sqrt{3}}{2}L \quad (3) \frac{7\sqrt{3}\pi L}{6v_0}$$

【解析】(1) 设 A 粒子进入磁场时竖直方向的速度

$$\text{为 } v_y, \text{ 则 } v_y = \frac{v_0}{\tan 60^\circ} \text{ (1 分)}$$

在电场中竖直方向先加速、后减速

$$v_y = \frac{Eq}{m_A} \left(\frac{2}{3}t - \frac{1}{3}t \right) \text{ (1 分)}$$

$$t = \frac{3L}{v_0} \text{ (1 分)}$$

$$\text{联立得 } m_A = \frac{EqL}{v_0^2} \tan 60^\circ \text{ (1 分)}$$

同理,对于粒子 B

$$m_B = \frac{EqL}{v_0^2} \tan \theta \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{因为 } \frac{m_A}{m_B} = 3 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{所以 } \tan \theta = \frac{1}{3} \tan 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3} \quad (1 \text{ 分})$$

可知 B 粒子进入磁场时速度方向与竖直方向的夹角为 30° (1 分)

(2) 粒子 A 在两个电场中竖直方向的位移之和为

$$y_A = \frac{1}{2} \cdot \frac{Eq}{m_A} \cdot \left(\frac{2L}{v_0}\right)^2 + \frac{Eq}{m_A} \cdot \frac{2L}{v_0} \cdot \frac{L}{v_0} - \frac{1}{2} \frac{Eq}{m_A} \left(\frac{L}{v_0}\right)^2 = \frac{7qEL^2}{2m_A v_0^2} \quad (2 \text{ 分})$$

结合(1)中 m_A 的表达式

$$\text{求得 } y_A = \frac{7L}{2} \cdot \frac{1}{\tan 60^\circ} = \frac{7\sqrt{3}}{6} L \quad (1 \text{ 分})$$

同理,粒子 B 在两个电场中竖直方向的位移之和为

$$y_B = \frac{7L}{2} \cdot \frac{1}{\tan 30^\circ} = \frac{7\sqrt{3}}{2} L \quad (2 \text{ 分})$$

(3) 设两粒子在磁场中运动半径分别为 R_A 、 R_B , 两粒子在磁场中运动时间均为半个周期, 由几何关系有

$$R_A = \frac{1}{2} (y_A + y_B) \sin 60^\circ = \frac{7L}{2} \quad (1 \text{ 分})$$

$$R_B = \frac{1}{2} (y_A + y_B) \sin 30^\circ = \frac{7\sqrt{3}L}{6} \quad (1 \text{ 分})$$

粒子在磁场中做圆周运动的速度

$$v_A = \frac{v_0}{\sin 60^\circ} = \frac{2\sqrt{3}}{3} v_0 \quad (1 \text{ 分})$$

$$v_B = \frac{v_0}{\sin 30^\circ} = 2v_0 \quad (1 \text{ 分})$$

粒子在磁场中运动半周的时间分别为

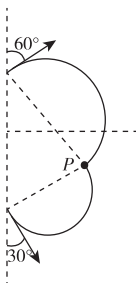
$$t_A = \frac{\pi R_A}{v_A} = \frac{7\sqrt{3}\pi L}{4v_0} \quad (1 \text{ 分})$$

$$t_B = \frac{\pi R_B}{v_B} = \frac{7\sqrt{3}\pi L}{12v_0} \quad (1 \text{ 分})$$

由于两粒子在电场中运动时间相同, 所以进入电场的时间差为在磁场中运动半周的时间差, 即

$$\Delta t = t_A - t_B = \frac{7\sqrt{3}\pi L}{6v_0} \quad (1 \text{ 分})$$

$$33. (15 \text{ 分}) \text{【答案】}(1) \text{ABC} (5 \text{ 分}) \quad (2) \frac{3}{4} p_0 \pi R^2$$



【解析】(1) 若外界对气体做的功大于气体放出的热量, 气体温度升高, 其分子的平均动能增大, 选项 A 正确; 布朗运动不是液体分子的运动, 但可以说明液体分子在永不停息地做无规则运动, 选项 B 正确; 水的饱和汽压随温度的变化而变化, 温度越高, 饱和汽压越大, 选项 C 正确; 汽化是物质从液态变成气态的过程, 汽化分为蒸发和沸腾两种情况, 跟分子运动有关, 不是分子间的相互排斥产生的, 选项 D 错误; 固体或液体的摩尔体积 V , 每个分子的体积 V_0 和阿伏加德罗常数的关系可表示为 $V = N_A V_0$, 但对于气体此式不成立, 选项 E 错误。

(2) 设汽缸总的高度为 H , 总体积为 V , 手柄向下移动 $\frac{H}{6}$ 时, 活塞上方气体的体积为 V_1 、压强为 p_1 ,

活塞下方气体的体积为 V_2 、压强为 p_2

由玻意耳定律得

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

$$p_0 \frac{V}{2} = p_2 V_2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$V = \pi R^2 H \quad (1 \text{ 分})$$

$$V_1 = \pi R^2 \left(\frac{1}{2} H + \frac{1}{6} H \right) \quad (1 \text{ 分})$$

$$V_2 = \pi R^2 \left(\frac{1}{2} H - \frac{1}{6} H \right) \quad (1 \text{ 分})$$

设向下推手柄的力为 F , 由力的平衡条件得

$$p_2 \pi R^2 = p_1 \pi R^2 + F \quad (2 \text{ 分})$$

联立以上各式得

$$F = \frac{3}{4} p_0 \pi R^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$34. (15 \text{ 分}) \text{【答案】}(1) \text{紫} (1 \text{ 分}) \quad 45^\circ (1 \text{ 分})$$

$$(10 + 5\sqrt{2}) \text{ cm} (3 \text{ 分})$$

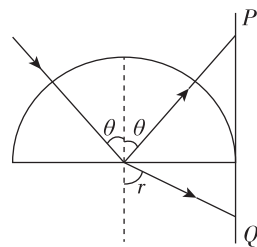
$$(2) \text{(i) } 186 \text{ cm} \quad \text{(ii) } 148 \text{ cm}$$

【解析】(1) 紫光折射率较大, 紫光先消失。 $\sin C_2 =$

$$\frac{1}{n_2} = \frac{\sqrt{2}}{2}, \text{ 所以 } C_2 = 45^\circ, \text{ 此}$$

时入射角 $i = C_2 = 45^\circ$, 对

红光有 $n_1 = \frac{\sin r}{\sin i}$, 可得



$\sin r = \frac{\sqrt{6}}{3}$, 红光两亮斑 PQ 的间距 $d = R + \frac{R}{\tan r}$
 $= (10 + 5\sqrt{2}) \text{ cm}$ 。

(2)(i) 由题意, O 、 P 两质点平衡位置间的距离与波长 λ 之间满足

$$OP = \frac{5}{4}\lambda = 30 \text{ cm} (1 \text{ 分})$$

解得 $\lambda = 24 \text{ cm} (1 \text{ 分})$

$$\text{波速为 } v = \frac{\lambda}{T} = 24 \text{ cm/s} (1 \text{ 分})$$

在 $t = 8 \text{ s}$ 的时间间隔内, 波传播的路程为

$$s = vt = 192 \text{ cm} (1 \text{ 分})$$

$$\text{由题意有 } PQ = s - \frac{1}{4}\lambda (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } PQ = 186 \text{ cm} (1 \text{ 分})$$

(ii) 从波源起振到质点 Q 起振所用的时间

$$t_1 = \frac{OQ}{v} = \frac{30 + 186}{24} \text{ s} = 9 \text{ s} = 9T (1 \text{ 分})$$

从波源起振到质点 Q 点第一次处于波峰所用的时间

$$t_2 = t_1 + \frac{1}{4}T = 9T + \frac{1}{4}T (1 \text{ 分})$$

波源从平衡位置开始运动, 故 t_2 时间内, 波源运动的路程为

$$s = 9 \times 4A + A = 148 \text{ cm} (2 \text{ 分})$$

(三)

14. B 【解析】分别对 A 、 B 两个小物块受力分析, $F_A = m_A g \sin \theta$, $F_B = m_B g \tan \theta$, 由题意 $F_A = F_B$, 解得 $\frac{m_A}{m_B} = \frac{1}{\cos \theta}$, 选项 B 正确。

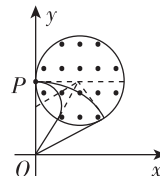
15. D 【解析】由于系统的总动量向右, 因此 $p_1 > p_2$, 选项 A 错误; 如果 $p_2 > p_0$, 则系统的总动能增加, 不符合碰撞过程的动能不增的规律, 选项 B 错误; 由碰撞过程动量守恒, 得 $p_0 = p_1 - p_2$, 即 $p_0 + p_2 = p_1$, 选项 C 错误, D 正确。

16. B 【解析】当滑动变阻器的滑片向上移动时, 电路中的总电阻增大, 总电流减小, 内电压减小, 外电压增大, 电压表的示数增大, 选项 B 正确; R_1 两端的电压减小, R_2 两端的电压增大, 电容器的带电量增大, a 点的电势降低, 选项 C、D 错误; 流过 R_2 的电流增大, 总电流减小, 因此电流表的示数减小, 选项 A 错误。

17. C 【解析】甲、乙飞机在同一高度, 因此两飞机投出的炸弹在空中运动时间相同, 由于乙的速度小, 因此乙投弹的位置在 A 点右侧, 选项 A 错误; 甲、丙投出的炸弹速度相同, 由于丙的高度低, 因此投出的炸弹运动时间短, 水平位移小, 因此丙投弹的位置在 A 点右下方, 选项 B 错误; 当乙、丙的速度及投弹的高度满足 $v_{乙} \sqrt{\frac{2h_{乙}}{g}} = v_{丙} \sqrt{\frac{2h_{丙}}{g}}$ 时, 乙、丙投弹的位置在同一竖直线上, 选项 C 正确; 若乙、丙投出的炸弹同时击中目标, 由于乙投弹高度高, 因此一定是乙先投弹, 选项 D 错误。

18. C 【解析】设 b 和 c 每相隔 t_1 时间相距最近一次, 则 $\frac{t_1}{8} - \frac{t_1}{24} = 1$, 求得 $t_1 = 12 \text{ h}$; 设 a 和 c 每相隔 t_2 时间相距最近一次, 则 $\frac{t_2}{6} - \frac{t_2}{24} = 1$, 求得 $t_2 = 8 \text{ h}$; 三颗卫星下一次与地球在同一直线上且相距最近需要的时间为 24 h , 选项 C 正确。

19. AC 【解析】由几何关系可知, 经过坐标原点的粒子在磁场中运动的轨迹所对的圆心角为 120° , 粒子做圆周运动的半径 $r = a \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3}a$, 由牛顿第二定律, $qvB = m \frac{v^2}{r}$, 则 $v = \frac{\sqrt{3}qBa}{3m}$, 选项 A 正确; 此粒子运动的时间 $t = \frac{1}{3} \times \frac{2\pi m}{qB} = \frac{2\pi m}{3qB}$, 选项 B 错误; 使粒子在磁场中运动时间减半, 则粒子在磁场中运动轨迹所对的圆心角为 60° , 轨迹如图。由几何关系可知, 此时粒子做圆周运动的半径为 $r' = \sqrt{3}a$, 因此粒子做圆周运动的速度大小应为 $v' = \frac{\sqrt{3}qBa}{m}$, 选项 C 正确; 若要使粒子沿垂直于 x 轴的方向射出磁场, 则粒子做圆周运动的半径为 a , 磁场的磁感应强度大小为 $B' = \frac{mv}{qa} = \frac{\sqrt{3}}{3}B$, 选项 D 错误。



20. BC 【解析】由于两物块使弹簧获得的最大弹性势能相同, 即两物块向下运动最低点的位置相同, 根据机械能守恒可知, 两物块减少的最大重力势能相同, 由此可以判断甲物块的质量比乙物块的质量小, 选项 A 错误; 从两物块与弹簧相接触到弹

簧被压缩到最短的过程中,乙物块减小的重力势能大,则动能减小的少,选项 B 正确;由力的平衡可知,乙物块动能最大的位置在甲物块动能最大位置的下方,选项 C 正确;由力的平衡可知,改变两物块释放的位置,两物块向下运动的过程中,动能最大的位置不会变,选项 D 错误。

21. ABD 【解析】由于金属棒运动过程中要克服安培力做功,因此金属棒的机械能不断地减小,金属棒回到初始位置时的动能小于初动能,选项 A 正确;上升过程中 $\frac{B^2 L^2 v}{R+r} + mg = ma$,随着速度的减小,加速度减小,下降过程中, $mg - \frac{B^2 L^2 v}{R+r} = ma$,随着速度增大,加速度减小,选项 B 正确;金属棒从初始位置再回到初始位置的过程中,通过电阻 R 的电流先向右后向左,选项 C 错误;当加速度刚好为零时, $mg - \frac{B^2 L^2 v}{R+r} = 0$,即 $v = \frac{mg(R+r)}{B^2 L^2}$,这时金属棒的位置在初始位置的下方,根据能量守恒可知,金属棒从初始位置到加速度刚好为零的过程中,回路中产生的焦耳热等于金属棒减少的重力势能,选项 D 正确。

22. (6 分)【答案】(1)2.25(1 分) 等于(1 分)

(4)O 点到光电门 B 的距离 s (2 分)

(5)D(2 分)

【解析】(1)游标卡尺的读数为 $2 \text{ mm} + 0.05 \text{ mm} \times 5 = 2.25 \text{ mm}$ 。当 $\Delta t_1 = \Delta t_2$ 时,说明小车做匀速直线运动,表明摩擦力已平衡。

(4)已知小车的初速度为 0,小车通过光电门时的速度大小为 $v = \frac{d}{\Delta t}$,为了求出每次小车运动的加速度,还需要测出 O 点到光电门 B 的距离 s 。

(5)如果质量一定时,加速度与合力成正比,则 $mg = Ma = M \frac{d^2}{2s(\Delta t)^2}$,得到 $\frac{1}{(\Delta t)^2} = \frac{2sg}{Md^2}m$,因此为了能通过图象直观地得到实验的结果,需要作的图象是 $\frac{1}{(\Delta t)^2} - m$ 关系图象。

23. (9 分)【答案】(1)A(2 分) b (1 分) 电动势(1 分) 1.5(1.50)(2 分) (2)B(1 分) 4(2 分)

【解析】(1)单刀双掷开关合向 a 时,测得的电源电动势和内阻都比真实值小,作出的图象是 A;单刀

双掷开关合向 b 时,测得的电源电动势等于真实值,由图线的纵截距 1.5 V,得电源的电动势为 1.5 V;

(2)若电流表的内阻为已知且 $R_A = 1 \Omega$,则利用图线 B 测得的内阻更准确,由此求得电源的内阻为

$$r = \frac{1.5}{0.3} \Omega - 1 \Omega = 4 \Omega.$$

24. (12 分)【答案】(1) $\frac{\sqrt{3}mg}{3q}$ (2) $\sqrt{\frac{(2\sqrt{3}-3)L}{6g}}$

【解析】(1)设匀强电场的电场强度大小为 E ,根据动能定理有

$$qEL \sin \theta - mg(L - L \cos \theta) = 0 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{求得 } E = \frac{\sqrt{3}mg}{3q} \quad (1 \text{ 分})$$

(2)设重力与电场力的合力与竖直方向的夹角为

$$\alpha, \text{ 则 } \tan \alpha = \frac{qE}{mg} = \frac{\sqrt{3}}{3} \quad (1 \text{ 分})$$

得 $\alpha = 30^\circ$ (1 分)

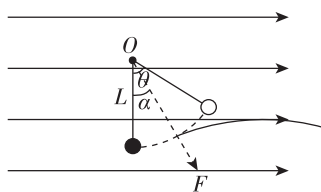
电场力与重力的合力大小

$$F = \frac{mg}{\cos \alpha} = \frac{2\sqrt{3}}{3}mg \quad (1 \text{ 分})$$

根据力与运动的关系可知,当细线与竖直方向的夹角为 30° 时,小球的速度最大,即动能最大,根据动能定理有

$$qEL \sin \alpha - mg(L - L \cos \alpha) = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{得: } v = \sqrt{\frac{4\sqrt{3}-6}{3}gL} \quad (1 \text{ 分})$$



$$v_y = v \cdot \sin \alpha \quad (1 \text{ 分})$$

$$v_y = gt \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{求得 } t = \sqrt{\frac{(2\sqrt{3}-3)L}{6g}} \quad (1 \text{ 分})$$

25. (20 分)【答案】(1) $\frac{\sqrt{14}}{7} \text{ s}$ (2) $\frac{1}{3} \text{ m}$

(3)物块刚好不滑离长木板

【解析】(1)物块在长木板上运动的加速度

$$a_1 = \frac{F - \mu mg}{m} = 8 \text{ m/s}^2 \quad (1 \text{ 分})$$

长木板运动的加速度 $a_2 = \frac{\mu mg}{M} = 1 \text{ m/s}^2$ (1 分)

设物块在长木板上运动的时间为 t_1 , 根据运动学关系有

$$L = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 - \frac{1}{2} a_2 t_1^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{求得 } t_1 = \frac{\sqrt{14}}{7} \text{ s} \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 释放悬挂重物后, 设物块的加速度为 a_1' , 根据牛顿第二定律有

$$G - T = \frac{G}{g} a_1' \quad (1 \text{ 分})$$

$$T - \mu mg = m a_1' \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{求得 } a_1' = 4 \text{ m/s}^2 \quad (1 \text{ 分})$$

设物块滑离的时间为 t_2 , 根据运动学公式有

$$L = \frac{1}{2} a_1' t_2^2 - \frac{1}{2} a_2 t_2^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{求得 } t_2 = \frac{\sqrt{6}}{3} \text{ s} \quad (1 \text{ 分})$$

此过程, 长木板运动的位移

$$x = \frac{1}{2} a_2 t_2^2 = \frac{1}{3} \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

(3) 在(2)问中, 设物块运动到长木板正中间的时间为 t_3 , 根据运动学公式有

$$\frac{1}{2} L = \frac{1}{2} a_1' t_3^2 - \frac{1}{2} a_2 t_3^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{求得 } t_3 = \frac{\sqrt{3}}{3} \text{ s} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{此时物块的速度 } v_1 = a_1' t_3 = \frac{4}{3} \sqrt{3} \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{长木板的速度 } v_2 = a_2 t_3 = \frac{\sqrt{3}}{3} \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

此时细线断开, 设此后物块不会滑离长木板, 物块与长木板的共同速度为 v , 根据动量守恒定律有 $mv_1 + Mv_2 = (m+M)v$ (1 分)

$$\text{求得 } v = \frac{2}{3} \sqrt{3} \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

设此后物块在长木板上滑行的距离为 x , 根据功能关系有

$$\mu mgx = \frac{1}{2} m v_1^2 + \frac{1}{2} M v_2^2 - \frac{1}{2} (m+M) v^2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{求得 } x = 0.5 \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

因 $x = \frac{L}{2}$ 知, 物块恰未滑离长木板 (1 分)

$$33. (15 \text{ 分}) \text{【答案】} (1) \text{ BCE} \quad (2) (i) \frac{p_0 S}{4g} \quad \frac{7p_0 S}{12k}$$

$$(ii) \frac{L(T-T_0)}{T_0} + \frac{7p_0 S}{12k}$$

【解析】(1) 当人们感到潮湿时, 空气的相对湿度一定较大, 空气的绝对湿度不一定大, 选项 A 错误; 附着层内分子之间的作用力表现为斥力时, 附着层有扩展的趋势, 液体与固体之间表现为浸润, 选项 B 正确; 水蒸气达到饱和时, 蒸发和液化仍在继续进行, 只不过蒸发和液化的水分子个数相等, 蒸发和液化达到动态平衡, 选项 C 正确; 单晶体一定有规则的几何形状, 金属是多晶体, 一般没有规则的几何外形, 选项 D 错误; 一定质量的理想气体体积不变时, 单位体积内的分子数不变, 温度越高, 分子运动越剧烈, 单位时间内容器壁单位面积上受到气体分子撞击的次数越多, 选项 E 正确。

(2) (i) 对两个活塞整体研究, 根据力的平衡可知,

$$p_0 S + 2mg = \frac{3}{2} p_0 S \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{求得每个活塞的质量 } m = \frac{p_0 S}{4g} \quad (1 \text{ 分})$$

对活塞 A 研究, 根据力的平衡

$$p_0 S + mg = kx + \frac{2}{3} p_0 S \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{求得 } x = \frac{7p_0 S}{12k} \quad (1 \text{ 分})$$

(ii) 弹簧恢复到原长的过程中, 气室 II 中气体发生等压变化, 设活塞 B 上升的高度为 h , 则

$$\frac{LS}{T_0} = \frac{(L+h)S}{T} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{求得 } h = \frac{L(T-T_0)}{T_0} \quad (1 \text{ 分})$$

则活塞 A 上移的距离

$$H = h + x = \frac{L(T-T_0)}{T_0} + \frac{7p_0 S}{12k} \quad (2 \text{ 分})$$

$$34. (15 \text{ 分}) \text{【答案】} (1) 2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$y = -1 \sin \pi t (\text{cm}) \text{ 或 } y = 1 \sin \pi t (\text{cm}) \quad t \geq 1 \text{ s} \quad (3 \text{ 分})$$

$$(2) (i) \frac{(5+4\sqrt{3})}{6} L \quad (ii) 45^\circ$$

【解析】(1) 由题意可知, 周期 $T = 2 \text{ s}$, 由图可知, 波长 $\lambda = 4 \text{ m}$, 则波传播的速度大小为

$$v = \frac{\lambda}{T} = 2 \text{ m/s}; t = 0 \text{ 时刻质点 B 在平衡位置且沿 } y \text{ 轴负方向振动, 因此 B 点的振动方程为}$$

$$y = -1 \sin \frac{2\pi}{T} t (\text{cm}) = -1 \sin \pi t (\text{cm})。$$

(2)(i) 根据几何关系可知, 光在 AB 面上的入射角为 60° (1 分)

由于全反射的临界角 C 满足 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ (1 分)

得临界角 $C = 45^\circ$, 因此光在 AB 面上发生全反射。(1 分)

根据几何关系, 反射光线在 AE 面上的入射角也为 60° , 因此光在 AE 面上也会发生全反射。

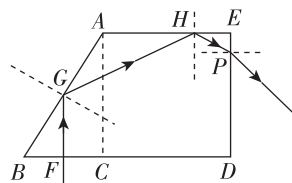
AE 面的反射光线在 ED 面上的入射角为 30° , 因此光线在 ED 面上会发生折射。(1 分)

由几何关系得到 $FG = \frac{1}{2}L$ (1 分)

$$GH + HP = \frac{\frac{1}{2}L \tan 30^\circ + L}{\cos 30^\circ} = \frac{(1 + 2\sqrt{3})}{3}L \text{ (1 分)}$$

因此, 光从 F 点入射到光第一次在介质上发生折射时所传播的路径长度为

$$s = FG + GH + HP = \frac{(5 + 4\sqrt{3})}{6}L \text{ (1 分)}$$



(ii) 光在 ED 面上的入射角为 $i = 30^\circ$, 设折射角

为 r , 则 $n = \frac{\sin r}{\sin i}$ (2 分)

求得 $r = 45^\circ$ (1 分)