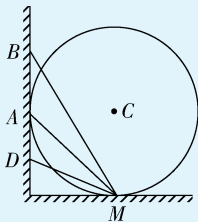


14. D 【命题点】牛顿运动定律的应用

【解析】在调节横杆位置的过程中,尽管 θ 可变,但是小物块始终从交点 Q 处静止释放, QP 在水平面的投影长度一定。设 P 点到竖直杆的距离为 L , 物块下滑的位移为 x , 下滑的加速度为 a , 物块只受重力 mg 和支持力 N , 垂直于长平板方向, 有 $N = mg \cos \theta$, 平行于长平板方向有 $mg \sin \theta = ma$, 则物块的加速度 $a = g \sin \theta$, 根据几何关系, 物块下滑的位移为 $x = \frac{L}{\cos \theta}$, 由 $x = \frac{1}{2} at^2$ 得 $t = \sqrt{\frac{4L}{g \sin 2\theta}}$, 则当 $\theta = 45^\circ$ 时 t 最小, 则下滑时间先减小后增大, D 正确。

学霸解题·技巧 南开大学 张媛

如图所示, 位于竖直平面内的固定光滑圆环轨道与水平面相切于 M 点, 与竖直墙相切于 A 点。竖直墙上 B 点与 M 点的连线 BM 和水平面的夹角为 60° , AM 与水平面的夹角为 45° , 竖直墙上 D 点与 M 点的连线和水平面的夹角为 30° , C 是圆环轨道的圆心。已知 a 、 b 、 d 三球(均可视为质点)在同一时刻分别由 A 、 B 、 D 三点从静止开始沿 AM 、 BM 、 DM 三条光滑直轨道运动到 M 点。由等时圆模型的特点可知, 小球从竖直面内的圆环上沿不同的光滑弦上端由静止开始滑到环的最低点所用时间相等, 那么 a 球沿 AM 下滑时间最短。



15. C 【命题点】向心加速度的计算

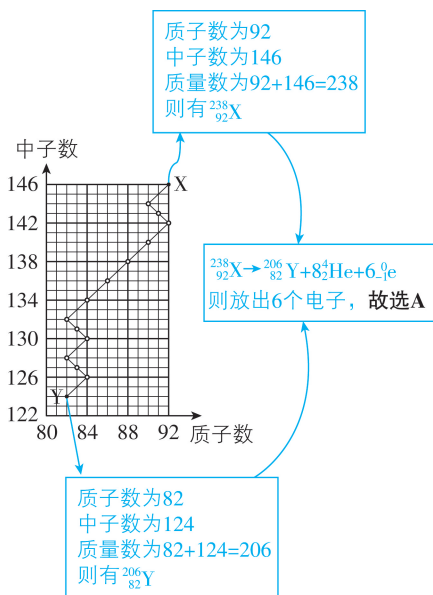
【解析】圆周运动向心加速度 $a_n = \omega^2 r = (2\pi n)^2 r$, 由题干信息知 $n = 50 \text{ r/s}$, $r = 0.01 \text{ m}$, 代入数据可得 a_n 接近 $1\,000 \text{ m/s}^2$, C 正确。

易错警示 有些学生对圆周运动相关定义理解不清, 会想当然认为转速 n 就是角速度 ω , 将 r/s 与 rad/s 混淆。

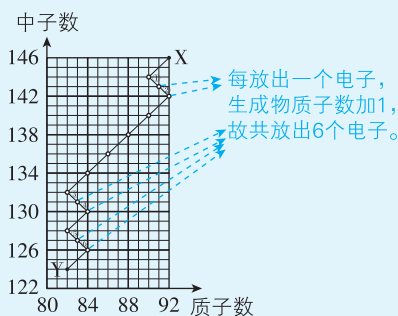
16. B 【命题点】磁感应强度的矢量叠加

【解析】根据题给信息可知, 一根无限长直导线通过电流 I 时, 所产生的磁场在距离导线 d 处的磁感应强度大小为 B , 题图可等效成两根无限且相互绝缘的长直通电导线交叉放置, 结合安培定则和矢量叠加原理可以判定 M 、 N 两点处的磁感应强度大小分别为 0 和 $2B$, B 正确。

17. A 【命题点】原子核的衰变规律



快解



18. C 【命题点】开普勒第三定律的应用

【解析】由开普勒第三定律可知,绕同一中心天体运转的所有行星的轨道半长轴的三次方跟它的公转周期的二次方的比值都相等,即 $\frac{a^3}{T^2} = k$ 。对于椭圆形停泊轨道的半长轴 $a =$

$\frac{R+d_1+R+d_2}{2}$,设探测器在火星表面运行的周期为 T_1 ,在椭圆

形停泊轨道运行时的周期为 T_2 ,则 $\frac{R^3}{T_1^2} = \frac{a^3}{T_2^2}$,在火星表面

有 $mg' = mR \frac{4\pi^2}{T_1^2}$,联立得 $a = \sqrt[3]{\frac{g'R^2T_2^2}{4\pi^2}}$,则最远距离 $d_2 = 2a -$

$2R - d_1$,计算结果接近 $6 \times 10^7 \text{ m}$,C 正确。

易错警示

学生易将轨道与火星表面的最近距离理解成轨道到火星中心的距离,不能正确把卫星模型和火星表面处自由落体加速度结合在一起。

19. BD 【命题点】电场力、电场能的性质

选项	分析	正误
A	$\varphi_b = \varphi_e = 5 \text{ V}$,正电荷从 b 点运动到 e 点,电场力做功为零	×
B	电子从 a 点运动到 d 点,电场力做功 $W_{ad} = qU_{ad} = (-e) \cdot (\varphi_a - \varphi_d) = 4 \text{ eV}$	✓
C	电场线与等势面处处垂直, b 点电场强度与该点所在等势面垂直,方向由高电势指向低电势,即方向向左	×

选项	分析	正误
D	等差等势面的疏密可表示电场强度的大小,即等差等势面密集处,电场强度大, a 、 b 、 c 、 d 四个点中, b 点处的等差等势面最密集,即 b 点的电场强度最大	✓

学霸解题·拓展 北京大学 李安

在电场中等势面常见两种类型:①等差等势面,②等距等势面。等差等势面可反映出电场强度的大小及方向。等距等势面由于等势线间距相等,故无法通过等势线疏密反映电场强度的大小。但却可以利用沿线降势的特点确定电场强度的方向。当电场为匀强电场时,等差等势面与等距等势面是一致的。

20. BC 【命题点】动能定理、牛顿第二定律和运动学知识的应用

【解析】从物体自底端上滑到物体返回底端过程由动能定理

可得 $-2fx = \frac{1}{5} E_k - E_k$, 得 $f = \frac{2E_k}{5x}$; 物体上滑过程有

$-(mg\sin\alpha + f) \cdot x = 0 - E_k$, 联立可得 $x = \frac{E_k}{mg}$, **A 错误**; 物体下滑

的加速度大小 $a = \frac{mg\sin\alpha - f}{m} = \frac{g}{5}$, **B 正确**; 由 $f = \mu mg\cos\alpha$, 得

$\mu = \frac{f}{mg\cos\alpha} = \frac{\frac{2E_k}{5x}}{mg \times 0.8} = 0.5$, **C 正确**; 物体上滑的加速度大小

$a' = \frac{mg\sin\alpha + f}{m} = g$, $E_{k1} = E_k$, $E_{k2} = \frac{1}{5} E_k$, 则物体上滑的初速度

与下滑的末速度之比 $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{E_{k1}}{E_{k2}}} = \frac{\sqrt{5}}{1}$, 由 $v = at$ 可得物体上滑

和下滑的运动时间之比 $\frac{t_1}{t_2} = \frac{v_1}{v_2} \times \frac{a}{a'} = \frac{\sqrt{5}}{5} < 1$, 即 $t_1 < t_2$, **D 错误**。

► **快解** 物体上滑及下滑过程均为恒力作用下的运动, 故其 $E_k - x$ 图像如图所示,

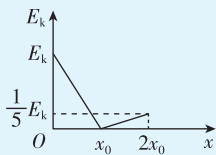
可知图像的斜率绝对值 $|k_1| = \frac{E_k}{x_0} =$

$$F_{\text{合}1} = mg\sin\alpha + f,$$

$$|k_2| = \frac{\frac{1}{5} E_k}{x_0} = F_{\text{合}2} = mg\sin\alpha - f,$$

$$\text{即 } \frac{mg\sin\alpha + f}{mg\sin\alpha - f} = \frac{5}{1} \Rightarrow 4mg\sin\alpha = 6f \Rightarrow f = 0.4mg,$$

再根据动能定理或运动学关系式即可得出正确选项。



21. AB 【命题点】电阻定律、安培力的计算

【解析】由题意可知,甲、乙线圈材料相同,即密度 ρ_0 、电阻率 ρ_1 均相同,两线圈质量相等、边长相等,设边长为 l_0 , 由 $m_{\text{甲}} = m_{\text{乙}}$, 又根据 $m = \rho_0 V = N\rho_0 \cdot (4l_0 \cdot S)$, $N_{\text{甲}} = 2N_{\text{乙}}$, 则

甲、乙线圈的横截面积之比 $\frac{S_{\text{甲}}}{S_{\text{乙}}} = \frac{1}{2}$, 则 $R_{\text{总}} = \rho_1 \frac{L_{\text{总}}}{S} =$

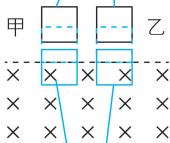
$\rho_1 \frac{N \cdot 4l_0}{S}$, 则 $R_{\text{甲}} = 4R_{\text{乙}}$ 。线框下边切割磁感线时,安培力 $F_A =$

$$NBll_0 = NB l_0 \cdot \frac{E_{\text{总}}}{R_{\text{总}}} = NB l_0 \cdot \frac{NB l_0 v_0}{R_{\text{总}}} = \frac{NB^2 l_0 S \sqrt{2gh}}{4\rho_1} = \frac{B^2 \cdot \sqrt{2gh}}{4\rho_1}.$$

$$\frac{m}{4\rho_0} = \frac{B^2 \sqrt{2gh} \cdot m}{16\rho_0\rho_1}。$$

甲、乙均做自由落体运动，有

$$v_0^2 = 2gh \rightarrow v_0 = \sqrt{2gh}$$



线框受重力及安培力，有 $mg - F_A = ma \rightarrow$

$$a = g - \frac{B^2 \sqrt{2gh}}{16\rho_0\rho_1}, \text{ 故加速度只与 } h \text{ 有关,}$$

h 相同， a 相同，A、B 正确

刷有所得 本题在推导甲、乙线圈所受安培力的表达式时，应注意如下三点：

- ①线圈所受安培力为 N 条通电导线所受安培力的合力；
- ②电磁感应现象中导线切割磁感线产生的感应电动势为 N 个小电源的串联，即 $E_{\text{总}} = NE_0 = NBLv$ ；
- ③导线切割磁感线所产生的感应电流 $I = \frac{E_{\text{总}}}{R_{\text{总}}}$ ，其中 $R_{\text{总}}$ 为 N 匝线圈的总电阻。

22. 0.43(2分) 0.32(3分)

【命题点】计算动摩擦因数的实验

【解析】根据题表可知记录的图像在相等时间间隔内的相邻 s_i 之差在误差允许范围内为一定值，故由 $\Delta x = a(\Delta T)^2$

$$\text{可知, } a = \frac{\Delta x}{(\Delta T)^2} = \frac{(12.74 + 11.02) - (9.31 + 7.58)}{(2 \times 0.20)^2} \text{ cm/s}^2 \approx 42.94 \text{ cm/s}^2 \approx \mathbf{0.43 \text{ m/s}^2}$$

(点拨： s_1 距离最短，测量误差最大，故舍去该数据)。

对铜块受力分析可知， $mgsin \alpha - f = ma$ ，即 $mgsin \alpha - \mu mgcos \alpha = ma$ ，

$$\text{解得 } \mu = \frac{gsin \alpha - a}{gcos \alpha} = \tan \alpha - \frac{a}{gcos \alpha} = \frac{0.34}{0.94} - \frac{0.43}{9.80 \times 0.94} = \mathbf{0.32}。$$

易错警示 在求解动摩擦因数时要注意滑动摩擦力 $F_f = \mu F_N$ ， F_N 为两接触面间的正压力，不可误认为 $F_N = mg$ 。

23. (1)10(2分) (2)a(1分) (3)0.7(2分) (4)2 700.0(2分) (5)增大(1分) (6)0.074(1分) 10(1分)

【命题点】探究小灯泡伏安特性的实验

【解析】(1)灯泡的额定电流为 0.3 A，当流过灯泡的电流为 300 mA 时，假设滑动变阻器的滑片位于 b 端，灯泡两端的电压为额定电压 2.5 V，则 R_0 两端的电压 $U' = E - U_{\text{额}} = 3.5 \text{ V}$ ，

定值电阻 $R_0 = \frac{U'}{I} = 11.7 \Omega$ ，故选择定值电阻时其阻值不能超过 11.7Ω ，故 R_0 应选取阻值为 **10 Ω** 的定值电阻。

(2)滑动变阻器采用分压式接法，为保护电路，在闭合开关前，应将滑片置于 **a** 端。

$$(3) \text{ 由题图 (b) 可知 } I = 10 \text{ mA 时, } U = 7 \text{ mV, 则 } R_L = \frac{U}{I - I_V} = \frac{7}{10 - \frac{7}{300}} \Omega = \mathbf{0.7 \Omega}。$$

(4)由题意可知， $U'_V = I_V(R_V + R_2) = \frac{U_V}{R_V}(R_V + R_2) = 3 \text{ V}$ ，解得 $R_2 = 2\,700.0 \Omega$ ，故应将电阻箱 R_2 调为 **2 700.0 Ω** 。

(5)通过(b)图及表格可知,随着 U 增加, I 增加,图线中各点与坐标原点的连线的斜率逐渐增大,故灯丝的电阻**增大**。

(6)由表格可知 $I = 160.0 \text{ mA}$ 时, $U = 46.0 \text{ mV}$,则小灯泡两端电压 $U_L = 0.46 \text{ V}$,所以 $P_1 = U_L \cdot I_L = U_L(I - I_V) = 0.46 \times \left(160 - \frac{46}{300}\right) \times 10^{-3} \text{ W} = 0.074 \text{ W}$,当 $I' = 300 \text{ mA}$ 时, $U' = 250.0 \text{ mV}$,则小灯泡两端电压 $U'_L = 2.50 \text{ V}$,所以 $P_2 = U'_L \cdot (I' - I'_V) = 0.75 \text{ W}$,所以 $\frac{P_2}{P_1} = \frac{0.75}{0.074} = 10$ 。

刷有所得 描绘小灯泡伏安特性曲线是高考电学实验常考实验之一。该实验一般从实验原理、实验电路、实验数据处理这三个方面进行考查。

1. 实验原理:伏安法测小灯泡电阻;
2. 实验电路:由于伏安特性曲线要求从“0”开始,故滑动变阻器一般采用分压式接法;由于小灯泡电阻较小,故电流表一般采用外接法;
3. 实验数据处理:要求考生根据实验数据得出某一状态(如已知 I 或已知 U)下小灯泡的相关电学参量(U 、 I 、 R 、 P);根据小灯泡伏安特性曲线确定接入不同电源电路时小灯泡的工作状态,可采用电源 $U-I$ 图像与小灯泡伏安特性曲线相结合的图像法,利用数学工具解决物理问题。

24. (1) $mgd\sin\theta$ (2) $\frac{mg(29d+L)\sin\theta}{30} - \frac{\mu mgs}{30}$

(3) $L > d + \frac{\mu s}{\sin\theta}$

【命题点】斜面运动与平面运动结合的相关计算

【解析】(1)小车通过第30个减速带后,在相邻减速带间的平均速度均相同,故经过每一个减速带时损失的机械能等于在相邻减速带间运动减小的重力势能

$$\Delta E = mgd\sin\theta \quad (2 \text{ 分})$$

(2)小车在水平地面上

$$\text{有 } -\mu mgs = -\frac{1}{2}mv^2 \quad (2 \text{ 分})$$

解得 $v = \sqrt{2\mu gs}$,

小车通过前30个减速带的过程中,损失的机械能为

$$\Delta E_{30} = mg(29d+L)\sin\theta - \frac{1}{2}mv^2 \quad (2 \text{ 分})$$

在每一个减速带上平均损失的机械能为 $\Delta E_1 = \frac{\Delta E_{30}}{30}$ (1分)

$$\text{解得 } \Delta E_1 = \frac{mg(29d+L)\sin\theta}{30} - \frac{\mu mgs}{30} \quad (2 \text{ 分})$$

(3)若使小车在前30个减速带上平均每一个损失的机械能大于之后每一个减速带上损失的机械能,则应满足 $\Delta E_1 > \Delta E$

(1分)

$$\text{解得 } L > d + \frac{\mu s}{\sin\theta} \quad (2 \text{ 分})$$

25. (1) $\frac{\sqrt{13}mv_0^2}{6Eq}$ (2) $\frac{2mv_0}{(3+\sqrt{3})ql} < B < \frac{2mv_0}{ql}$ (3) $\frac{39-10\sqrt{3}}{44}l$

【命题点】电场与磁场组合的相关计算

【解析】(1)粒子在电场中做类平抛运动,沿电场方向有

$$Eq = ma, y = \frac{1}{2}at^2, v_y = at \quad (4 \text{ 分})$$

垂直电场方向有 $x = v_0t$ (1分)

$$\text{又 } v_y = \frac{v_0}{\tan 60^\circ}, v = \frac{v_0}{\sin 60^\circ}, s = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得粒子发射位置到 } P \text{ 点的距离 } s = \frac{\sqrt{13}mv_0^2}{6Eq} \quad (2 \text{ 分})$$

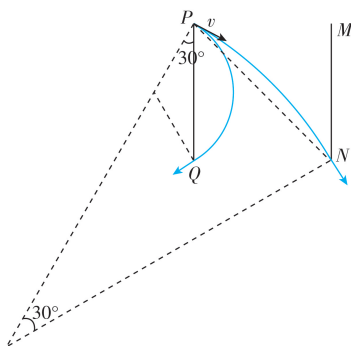
(2) 粒子在磁场中做圆周运动, 由洛伦兹力提供向心力可得

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

B 最小时 r 最大, 粒子从 N 点射出磁场; B 最大时 r 最小, 粒子从

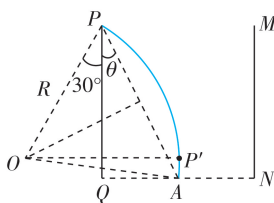
Q 点射出磁场, 如图甲所示, 由几何知识可得 $\frac{\sqrt{3}}{3}l < r < (\sqrt{3}+1)l$, 联

$$\text{立解得磁感应强度大小的取值范围为 } \frac{2mv_0}{(3+\sqrt{3})ql} < B < \frac{2mv_0}{ql} \quad (4 \text{ 分})$$



甲

(3) 由题意可知, 粒子在磁场内的运动轨迹如图所示, 设 QN 的中点为 A , PQ 与 PA 之间的夹角为 θ ,



乙

$$\text{根据几何关系有 } \sin \theta = \frac{\sqrt{5}}{5}, \cos \theta = \frac{2\sqrt{5}}{5}, \cos(\angle OPQ + \angle APQ) = \frac{2\sqrt{15} - \sqrt{5}}{10} \quad (1 \text{ 分})$$

若粒子的运动轨迹半径为 R , 结合几何关系有

$$R \cdot \cos(\angle OPQ + \angle APQ) = \frac{\sqrt{5}}{4}l \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } R = \frac{5(2\sqrt{3}+1)}{22}l \quad (1 \text{ 分})$$

则由几何关系可得, 轨迹与挡板 MN 的最近距离 $x = l - (R -$

$$R \sin 30^\circ) = \frac{39-10\sqrt{3}}{44}l \quad (2 \text{ 分})$$

一题多解 (3) 在计算出粒子运动的轨迹半径 R 之后, 根

据洛伦兹力提供向心力有 $qBv = m \frac{v^2}{R}$, 解得 $B = \frac{(24-4\sqrt{3})mv_0}{15ql}$,

设 P' 点到 MN 挡板的距离最近, 且 PP' 的水平距离为 x 。

因粒子在磁场中运动过程中仅受洛伦兹力作用, 根据动量定理可知, 洛伦兹力沿竖直方向分力的冲量满足 $qv_x B \cdot t = qBx = mv - mv \cos 60^\circ$,

$$\text{解 } x = \frac{10\sqrt{3}+5}{44}l,$$

$$\text{则 } P' \text{ 到 } MN \text{ 距离为 } d = l - x = \frac{39-10\sqrt{3}}{44}l。$$

33. (1) 1:1 (2 分) $V_2:V_1$ (3 分)

【命题点】理想气体状态方程的应用

【解析】状态 a 和 b 在同一条等压线上, 则压强之比 $p_a:p_b=1:1$; 根据 $\frac{pV}{T}=C$, 可得 $p_b:p_c=V_2:V_1$ 。

(2) (i) $0.4V$ $2p_0$ (ii) $(\sqrt{5}-1)V$ $\frac{3+\sqrt{5}}{4}p_0$

【命题点】玻意耳定律

【解析】(i) 以 B 内气体为研究对象,

由玻意耳定律得 $p_0V=p_B\frac{V}{2}$ (2 分)

解得 $p_B=2p_0$ (1 分)

由题意可知 $p_A=p_B+0.5p_0=2.5p_0$,

以 A 内气体为研究对象, 由玻意耳定律得

$p_0V=p_AV'$ (2 分)

解得 $V'=0.4V$ (1 分)

(ii) 以 A 内气体为研究对象,

有 $p_0V=p'_AV_A$ (1 分)

以 B 内气体为研究对象,

有 $p_0V=p'_BV_B$ (1 分)

又 $V_A+V_B=2V, p'_A=p'_B-0.5p_0$,

联立解得 $V_A=(\sqrt{5}-1)V, p'_B=\frac{3+\sqrt{5}}{4}p_0$ (2 分)

34. (1) 2.0×10^8 (1 分) 5.0×10^{-10} (2 分) $3\sqrt{5}\times 10^{-10}$ (2 分)

【命题点】光的折射和传播

【解析】该单色光在玻璃板内传播的速度为 $v=\frac{c}{n}=2.0\times$

10^8 m/s; 当入射光垂直入射时通过玻璃板所用时间最短,

$t_{\min}=\frac{d}{v}=5.0\times 10^{-10}$ s, 当玻璃板上方的入射光线刚好平行

于玻璃板上表面入射时, 单色光通过玻璃板所用时间最长,

根据全反射和几何知识可得光在玻璃板内的传播路程 $s=$

$\frac{d}{\frac{\sqrt{n^2-1}}{n}}=6\sqrt{5}$ cm, $t_{\max}=\frac{s}{v}=3\sqrt{5}\times 10^{-10}$ s。

(2) (i) 0.8 s (ii) -0.5 cm

【命题点】波的传播问题

【解析】(i) t_1 时刻质点 A 位于波峰, 波长 $\lambda>20$ cm, $x_{AB}<\lambda$,

则 t_1 时刻后质点 B 第一次到达波峰时, 波传播的距离为

$x_{AB}=16$ cm (2 分)

经历的时间 $t=\frac{x_{AB}}{v}$ (2 分)

解得 $t=0.8$ s (1 分)

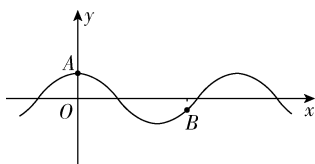
(ii) 由题意知, 该波的传播周期 $T=2\Delta t=1.2$ s (1 分)

则波长 $\lambda=vT$ (1 分)

可得 $\lambda=24$ cm,

质点 B 位于 $x=16$ cm 处 (1 分)

t_1 时刻的波形图如图所示,



则 $x = 16 \text{ cm}$ 处, $y = A \cos \frac{4\pi}{3} = -0.5 \text{ cm}$ (2分)

一题多解 (ii) 该波的传播周期 $T = 2\Delta t = 1.2 \text{ s}$,

波长 $\lambda = vT$, 可得 $\lambda = 24 \text{ cm}$,

以 t_1 时刻为计时起点, 质点 A 的振动方程为

$$y_A = A \sin \left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi \right) = \sin \left(\frac{5}{3} \pi t + \frac{\pi}{2} \right) \text{ cm} = \cos \frac{5}{3} \pi t (\text{cm}),$$

波从 A 传到 B 的时间 $t = 0.8 \text{ s}$, 则 t_1 时刻质点 B 偏离平衡位置的位移等于质点 A 从 t_1 时刻起振动 0.8 s 时的位移,

即 $y_B = \cos \frac{5}{3} \pi \cdot 0.8 (\text{cm}) = -0.5 \text{ cm}$ 。