

物理

注意事项:

- 1.答题前,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目的答案标号框涂黑。如需改动,用橡皮擦干净后,再选涂其它答案标号框。回答非选择题时,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、选择题:本题共 10 小题,共 43 分。在每小题给出的四个选项中,第 1~7 题只有一项符合题目要求,每小题 4 分;第 8~10 题有多项符合题目要求,每小题 5 分,全部选对的得 5 分,选对但不全的得 3 分,有选错的得 0 分。

1. 1906 年,赖曼发现了氢原子的赖曼系谱线,其波长满足公式: $\frac{1}{\lambda} = R \left(1 - \frac{1}{n^2} \right), n = 2, 3, 4, \dots, R$ 为里德堡常量。氢原子从 $n = 3$ 和 $n = 2$ 的激发态跃迁到基态时,辐射光子的能量之比为 ()
- A. 9:4 B. 32:27 C. 4:3 D. 4:1

【答案】B

【解析】

【详解】氢原子从 $n = 3$ 的激发态跃迁到基态时

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(1 - \frac{1}{3^2} \right)$$

氢原子从 $n = 2$ 的激发态跃迁到基态时

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(1 - \frac{1}{2^2} \right)$$

又

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

联立得,辐射光子的能量之比为

$$E_3 : E_2 = 32 : 27$$

故选 B。

2. 某星球质量约为地球质量的 300 倍,半径约为地球半径的 10 倍,则一物体在该星球和地球表面的重量比约为 ()

A. 3

B. 30

C. 900

D. 9000

【答案】A

【解析】

【详解】设中心天体质量 M

$$G \frac{Mm}{r^2} = mg$$

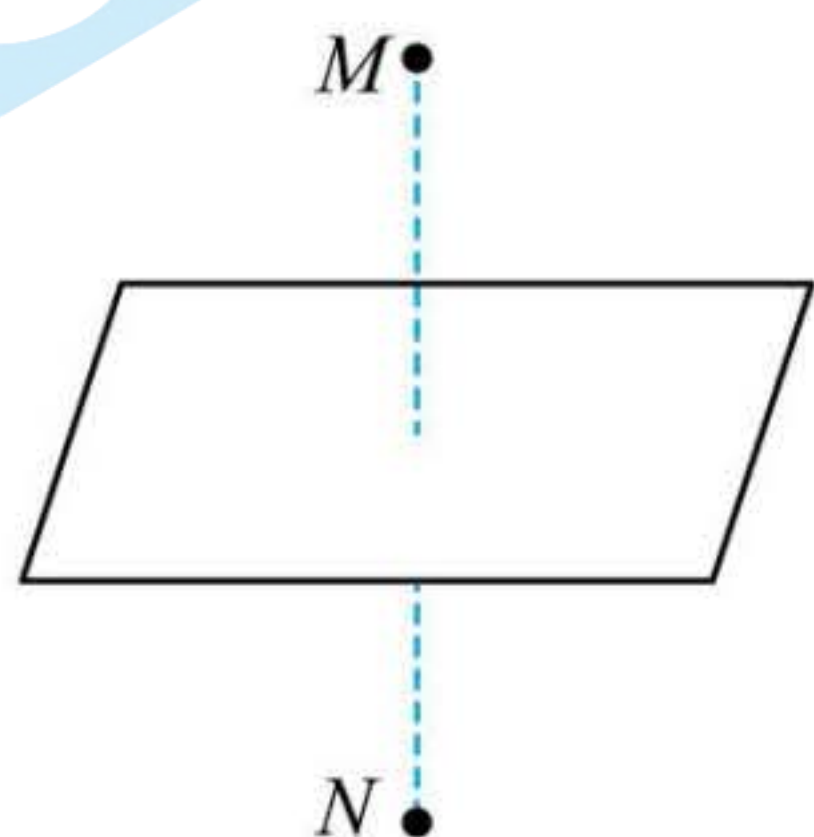
重力加速度

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

星球质量约为地球质量的 300 倍，半径约为地球半径的 10 倍，则它们重力加速度之比为 3:1，即一物体在该星球和地球表面的重量比约为 3。

故选 A。

3. 如图，水平带电平面上方有一质量为 m 、带电量为 q 的点电荷，当它在 M 点时所受合力为零。 M 点与平面的垂直距离为 d ， k 和 g 分别为静电力常量和重力加速度，则与 M 点对称的 N 点处的电场强度为 ()



A. $\frac{mg}{q}$

B. $\frac{mg}{q} + \frac{kq}{d^2}$

C. $\frac{mg}{q} - \frac{kq}{4d^2}$

D. $\frac{mg}{q} + \frac{kq}{4d^2}$

【答案】A

【解析】

【详解】点电荷在 M 点时，所受合力为零，则

$$qE = mg$$

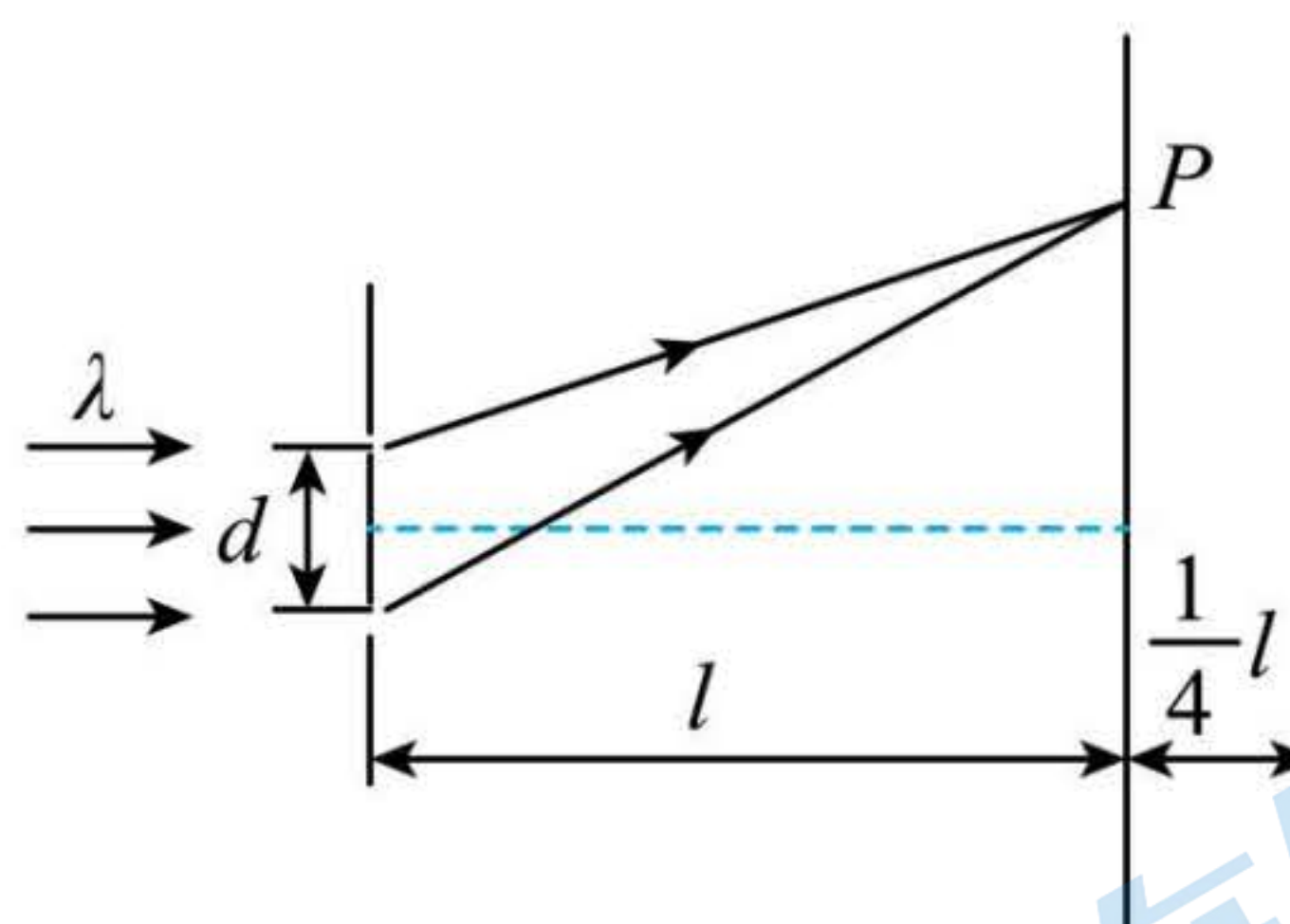
解得

$$E = \frac{mg}{q}$$

M 点的电场强度和 N 点的电场强度大小相等，方向相反。

故选 A。

4. 如图，波长为 λ 的单色光，照射到间距为 d 的双缝上，双缝到屏的距离为 l ($l \gg d$)，屏上观察到明暗相间的条纹。现将屏向右平移 $\frac{1}{4}l$ ，则移动前和移动后，屏上两相邻亮条纹中心的间距之比为 ()



- A. 4:3 B. 3:4 C. 4:5 D. 5:4

【答案】C

【解析】

【详解】移动前屏上两相邻亮条纹中心的间距

$$\Delta x_1 = \frac{l}{d} \lambda$$

移动后屏上两相邻亮条纹中心的间距

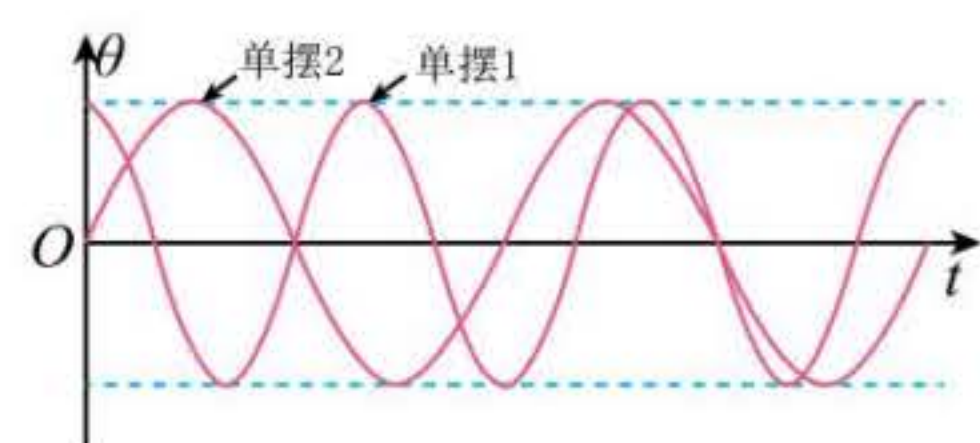
$$\Delta x_2 = \frac{l + \frac{l}{4}}{d} \lambda$$

屏上两相邻亮条纹中心的间距之比为

$$\Delta x_1 : \Delta x_2 = 4 : 5$$

故选 C。

5. 图为两单摆的振动图像， θ 为摆线偏离竖直方向的角度 ($\theta < 5^\circ$)。两单摆的摆球质量相同，则 ()



- A. 摆长之比 $\frac{L_1}{L_2} = \frac{2}{3}$ B. 摆长之比 $\frac{L_1}{L_2} = \frac{9}{4}$
- C. 摆球的最大动能之比 $\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{3}{2}$ D. 摆球的最大动能之比 $\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{4}{9}$

【答案】D

【解析】

【详解】AB. 根据两单摆的振动图像知，两单摆的周期之比为 $\frac{2}{3}$ ，根据单摆周期公式

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

可得

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g}L = kL$$

故有摆长之比

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{2}{3}\right)^2 = \frac{4}{9}$$

故 AB 错误；

CD. 甲、乙两个单摆的摆球完全相同，摆线的最大摆角相同，从最高点到最低点，由动能定理有

$$mgL(1 - \cos\theta) = E_k$$

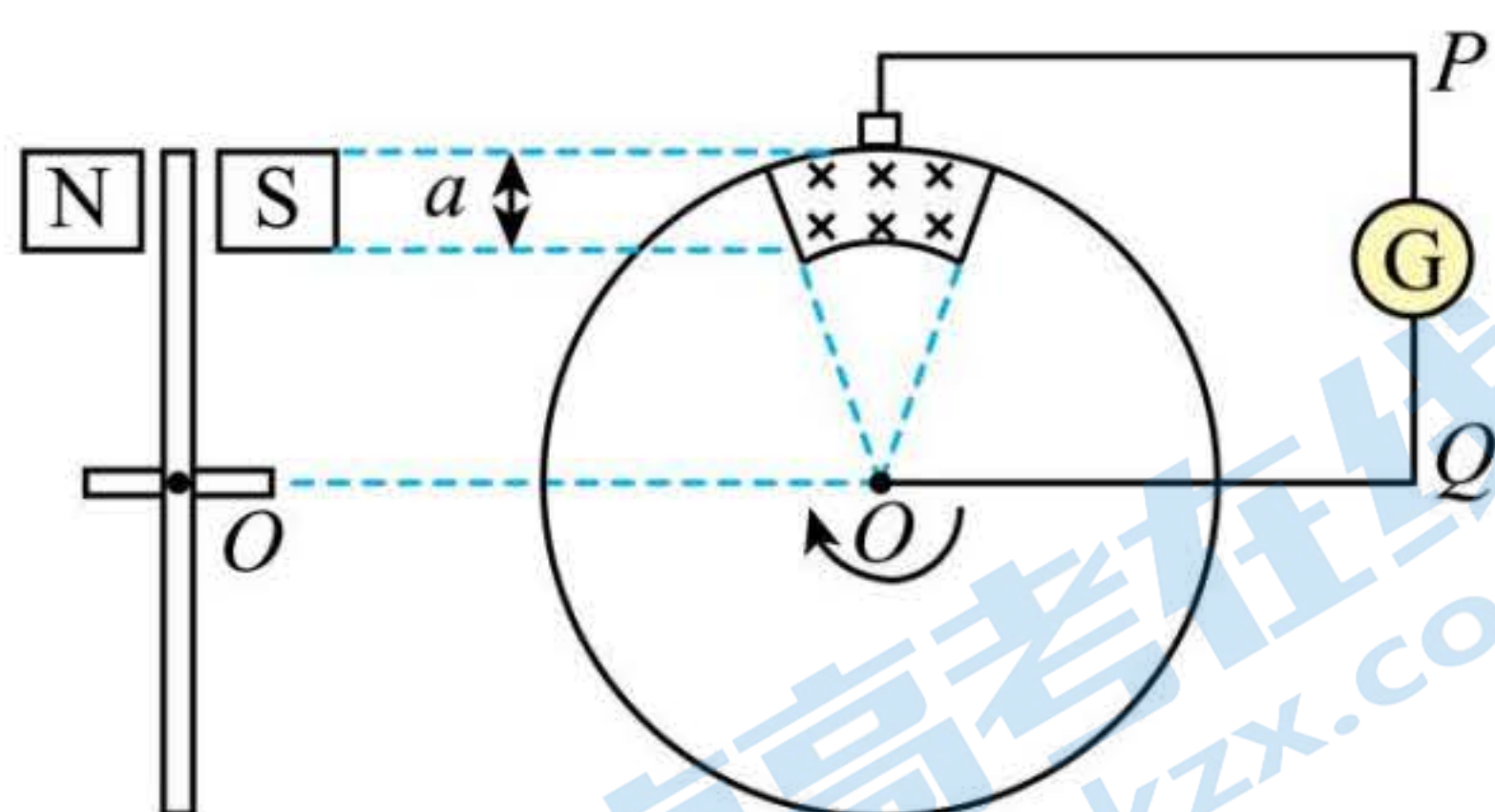
故摆球的最大动能之比

$$\frac{E_{k_1}}{E_{k_2}} = \frac{L_1}{L_2} = \frac{4}{9}$$

故 C 错误，D 正确。

故选 D。

6. 1831 年，法拉第发明了第一台发电机，示意图如下。半径为 r 的铜盘安装在金属轴上，其边缘置于一个磁铁两极之间的狭缝里，铜盘边缘与轴通过导线与检流计连接。铜盘以周期 T 匀速旋转，检流计中有电流通过。已知狭缝沿半径方向的长度为 a ，狭缝间为匀强磁场，磁感应强度为 B ，忽略狭缝之外的磁场，下列说法正确的是（ ）



A. 检流计中电流方向从 Q 向 P

B. 若铜盘旋转方向和磁场方向同时反向，则检流计中电流方向也反向

C. 铜盘产生的电动势为 $\frac{\pi a(2r-a)B}{T}$

D. 铜盘产生的电动势为 $\frac{\pi a(r-a)B}{T}$

【答案】C

【解析】

【详解】A. 根据右手定则可知，检流计中电流方向从 P 向 Q ，故 A 错误；

B. 根据右手定则可知，若铜盘旋转方向和磁场方向同时反向，则检流计中电流方向不变，故 B 错误；

CD. 铜盘产生的电动势为

$$E = Ba \frac{(r-a)\omega + r\omega}{2} = \frac{\pi a(2r-a)B}{T}$$

故 C 正确 D 错误。

故选 C。

7. 游乐场里小明坐在一辆小车里，车前方有一静止排球，排球前面 6m 处有一面墙。小华用力推了一下小车后，小车以 2m/s 的速度撞向排球。排球被撞后向前运动，被墙壁反弹后再次与小车正面相撞。忽略小车、排球与地面的摩擦，碰撞均视为弹性碰撞，与小车两次碰撞期间，排球运动的路程约为（ ）

A. 7m

B. 8m

C. 9m

D. 10m

【答案】B

【解析】

【详解】设小车的质量为 m_1 ，排球的质量为 m_2 ，小车与排球第一次后的速度为 v_1 、 v_2 ；弹性碰撞满足动量守恒和机械能守恒，有

$$m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

解得

$$v_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_0}{m_1 + m_2}, \quad v_2 = \frac{2m_1 v_0}{m_1 + m_2}$$

排球以 v_2 的速度向左做匀速直线运动，再撞墙原速率反弹，与排球相遇，发生第二次迎碰，有

$$v_2 t + v_1 t = 2d$$

而排球运动的路程为

$$s = v_2 t = \frac{24m_1}{3m_1 - m_2} = \frac{24}{3 - \frac{m_2}{m_1}}$$

结合实际情况有 $m_2 \ll m_1$ ，则 $\frac{m_2}{m_1} \rightarrow 0$ ，故路程 $s \rightarrow 8\text{m}$ ，则排球运动的路程约为 8m 。

故选 B。

8. 将一个气球向上抛出，气球上升 2m 后竖直下落，下列说法正确的是（ ）

- A. 气球上升过程中受到的空气浮力大于重力
- B. 气球下落过程中受到的空气浮力小于重力
- C. 气球到达最高点时速度和加速度都为零
- D. 气球下落过程中速度变化率逐渐减小

【答案】B

【解析】

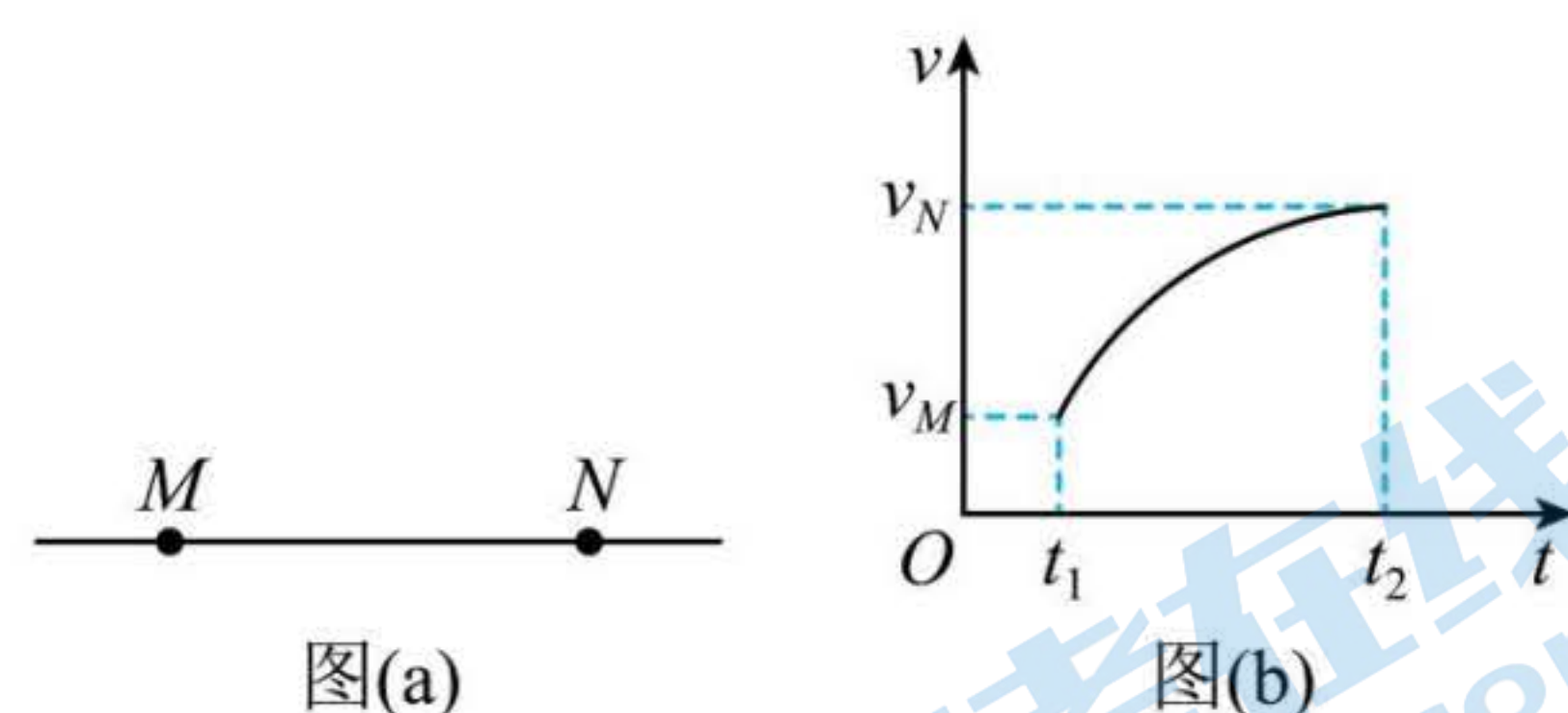
【详解】AB. 气球向上抛出上升最终会停下来并开始竖直下落，则气球受到的合外力竖直向下，即竖直向下的重力大于竖直向上的浮力，故 A 错误，B 正确；

C. 气球到达最高点时速度为零，但是气球受到的合外力不为零，加速度不为零，故 C 错误；

D. 气球下落过程中受到的竖直向下的重力和竖直向上的浮力都不变，根据牛顿第二定律，即气球受到的合外力不变，加速度不变，速度的变化率不变，故 D 错误。

故选 B。

9. 用于医学成像的 X 射线是由电子加速后轰击重金属靶产生的。图 (a) 中 M 、 N 是电子被电场加速过程中一条电场线上的两点。电子在电场力的作用下从 M 点运动到 N 点，其运动的 $v-t$ 图像如图 (b) 所示，下列说法正确的是（ ）



- A. M 点的电场强度大于 N 点的电场强度
- B. M 点的电势高于 N 点的电势
- C. 电子从 M 点运动到 N 点电场力做负功
- D. 电子在 M 点的电势能大于 N 点的电势能

【答案】AD

【解析】

【详解】A. 根据 $v-t$ 图像的变化特点可知，从 M 点运动到 N 点电荷做加速度减小的加速运动，负电荷在 M 、 N 两点的加速度大小关系为

$$a_M > a_N$$

负电荷仅受电场力的作用，则

$$qE_M = ma_M$$

$$qE_N = ma_N$$

得

$$E_M > E_N$$

故 A 正确；

BC. 由图乙可知负电荷的速度在增大，根据动能定理可知从 M 点运动到 N 点电场力对负电荷做了正功，即

$$W_{MN} = -qU_{MN} > 0$$

则

$$U_{AB} = \varphi_M - \varphi_N < 0$$

得

$$\varphi_M < \varphi_N$$

故 BC 错误；

D. 由图乙可知负电荷的速度在增大，根据动能定理可知电场力对负电荷做了正功，根据电场力做功与电势能变化的关系

$$W = -\Delta E_p$$

因为电场力做正功，电势能减小，即得

$$\Delta E_p = E_{pM} - E_{pN} > 0$$

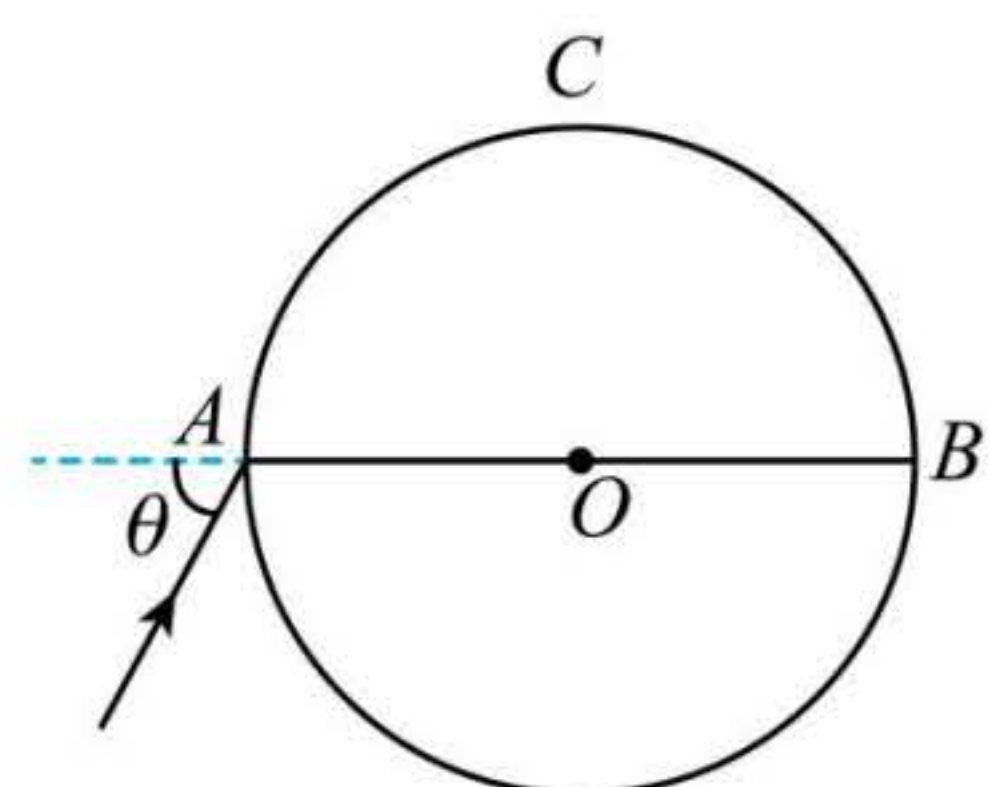
则

$$E_{pM} > E_{pN}$$

故 D 正确。

故选 AD。

10. 图为一透明均匀介质球的横截面， O 为圆心， AB 为直径。一束光以 $\theta = 60^\circ$ 从 A 点入射， $\widehat{ACB}$ 弧面出射的光与 AB 平行。下列说法正确的是 ()

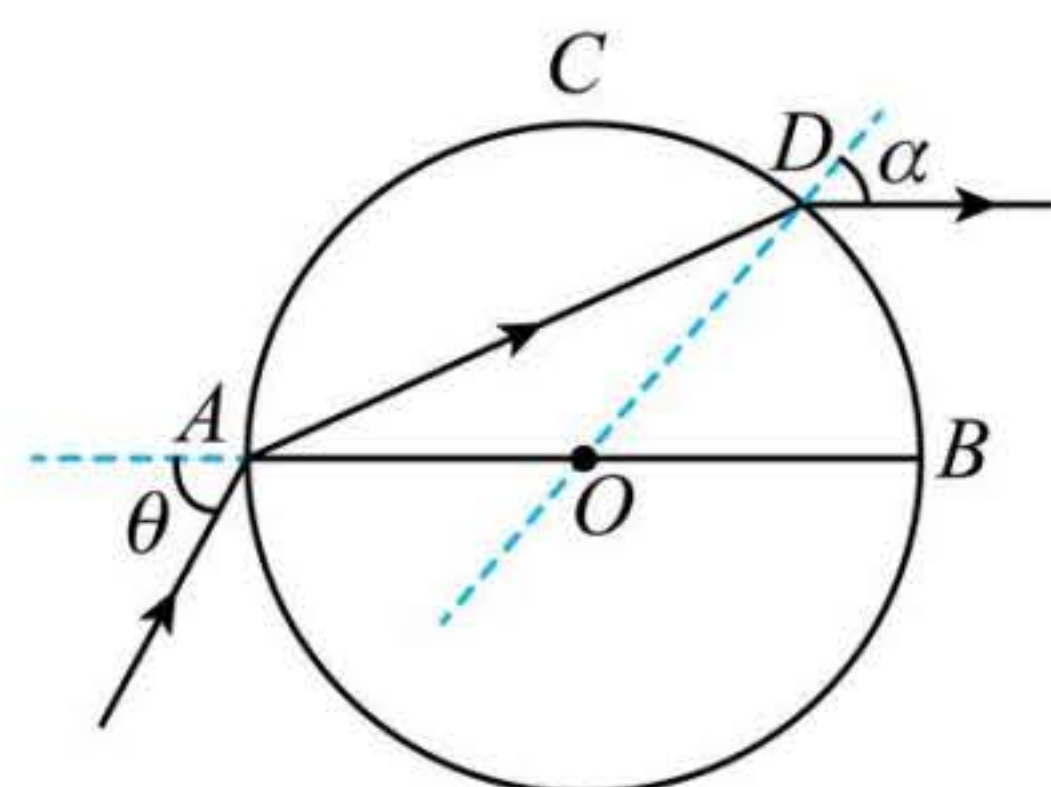


- A. 介质球的折射率约为 1.55
- B. 介质球的折射率约为 1.73
- C. θ 在 $0 \sim 90^\circ$ 变化时， $\widehat{ACB}$ 弧面上观察不到全反射现象
- D. 若入射光为白光， $\widehat{ACB}$ 弧面上出射光形成彩色光带

【答案】BCD

【解析】

【详解】AB. 根据题意，由折射定律画出光路图，如图所示



由几何关系有

$$\angle OAD = \angle ODA$$

可知

$$\alpha = \theta = 60^\circ$$

则有

$$\angle OAD = \angle ODA = 30^\circ$$

折射率为

$$n = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3} \approx 1.73$$

故 A 错误，B 正确；

C. 由 AB 分析可知，光线在 $\widehat{ACB}$ 弧面上的入射角等于在 A 点的折射角，则 θ 在 $0 \sim 90^\circ$ 变化时，不可能在

$\widehat{ACB}$ 弧面上发生全反射，故 C 正确；

D. 若入射光为白光，由于各种颜射的光的折射率不同，则各种颜射的光在 $\widehat{ACB}$ 弧面上的出射点不一样，将形成彩色光带，故 D 正确。

故选 BCD。

二、非选择题：本题共 5 小题，共 57 分。

11. 用图 (a) 所示的实验装置测量重力加速度。在竖直杆上装有两个光电门 A 和 B，用直尺测量光电门之间的距离 h ，用光电门计时器测量小球从光电门 A 到 B 的时间 t 。

实验中某同学采用固定光电门 B 的位置，改变光电门 A 的位置进行多次测量，表中给出了测量数据。数据处理后作出函数图像，如图 (b)。

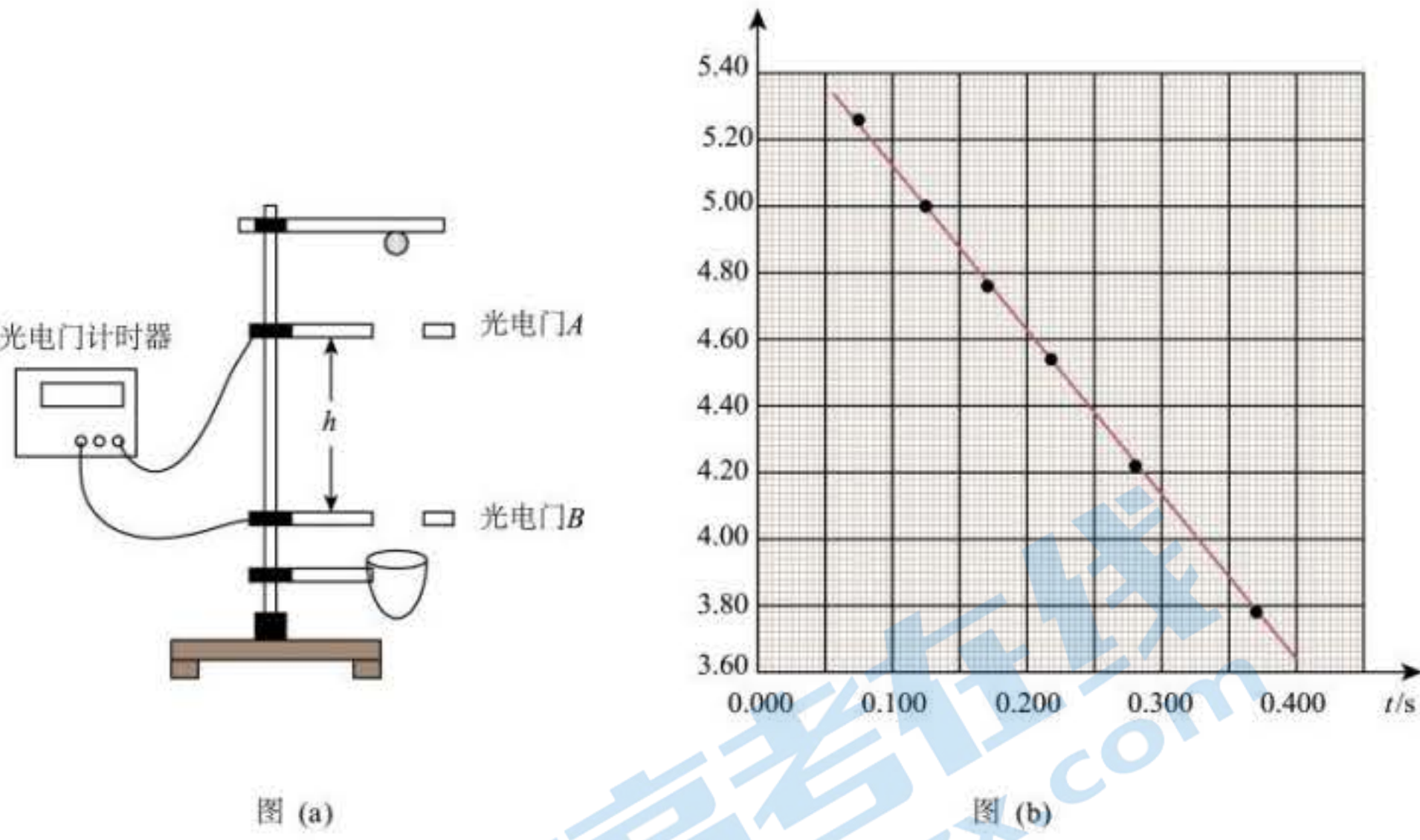
(1) 请补充图 (b) 中纵坐标的物理量_____

- A. 小球在光电门 A 处的速度 v_A B. 小球在光电门 B 处的速度 v_B
C. 小球在任意位置的速度 D. 小球在 AB 间的平均速度

(2) 写出图 (b) 中直线的函数关系式_____ (用 h 、 t 、 g 、 v_B 表示)。

(3) 由图 (b) 计算出直线斜率的值为 -4.889 ，则测得的重力加速度为_____ m/s^2 (保留 3 位有效数字)。

$h(\text{m})$	0.400	0.600	0.800	1.000	1.200	1.400
$t(\text{s})$	0.076	0.120	0.168	0.220	0.283	0.368



【答案】 ①. D ②. $\frac{h}{t} = v_B - \frac{1}{2}gt$ ③. 9.78

【解析】

【详解】(1) [1] 小球做自由落体运动，则小球从 A 到 B 的过程

$$h = v_B t - \frac{1}{2} g t^2$$

整理得

$$\frac{h}{t} = v_B - \frac{1}{2} g t$$

图 (b) 中纵坐标的物理量为小球在 AB 间的平均速度。

故选 D。

(2) [2]由 (1) 可知图 (b) 中直线的函数关系式

$$\frac{h}{t} = v_B - \frac{1}{2} g t$$

(3) [3]直线斜率的值为

$$k = -\frac{1}{2} g = -4.889 \text{ m/s}^2$$

则测得的重力加速度为

$$g \approx 9.78 \text{ m/s}^2$$

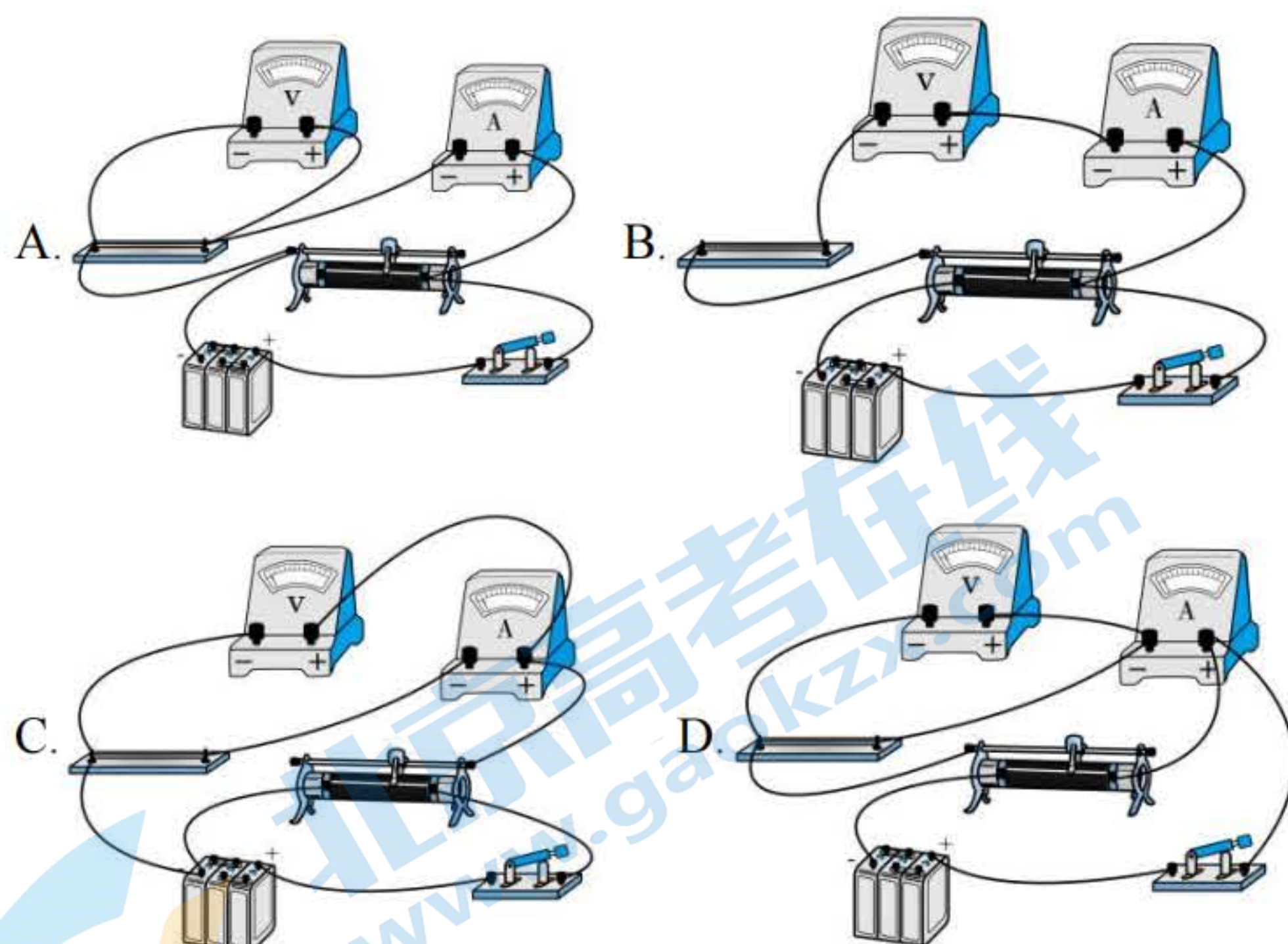
12. 在测量金属丝电阻率的实验中，待测金属丝的阻值约为 7Ω ，电压表和电流表的内阻分别约为 $6\text{k}\Omega$ 和 0.1Ω 。

(1) 通过多次测量金属丝直径可以减小测量的_____误差（填“系统”或“偶然”），要使测量准确到 0.01mm ，应选用的仪器是_____。

(2) 为了减小电表内阻对测量结果引起的_____误差（填“系统”或“偶然”），应该采用电流表_____电路（填“内接”或“外接”），引起误差的原因是_____

A. 电压表分流 B. 电压表分压 C. 电流表分流 D. 电流表分压

(3) 图中符合实验要求且连线正确的是_____



【答案】 ①. 偶然 ②. 螺旋测微器 ③. 系统 ④. 外接 ⑤. A ⑥. D

【解析】

【详解】(1) [1][2] 通过多次测量金属丝直径可以减小测量的偶然误差，要使测量准确到 0.01mm ，应选用的仪器是螺旋测微器，读数到 mm 为单位小数点后三位，所以精确度为 0.01mm 。

(2) [3][4][5] 为了减小电表内阻对测量结果引起的系统误差，应该采用电流表外接电路，因为待测电阻远小于电压表内阻，电流表外接时，电压表测量准确，电流表测量偏大，引起误差的原因是电压表分流。

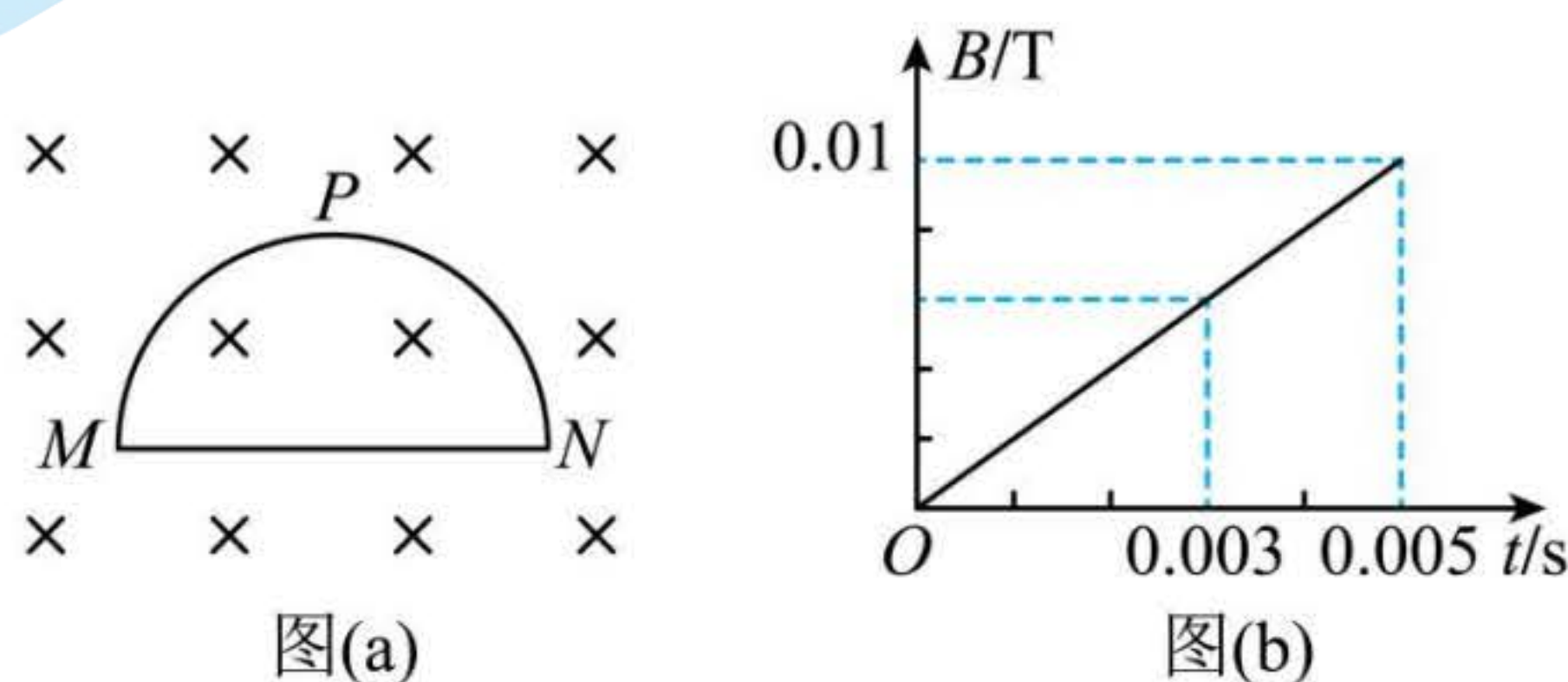
故选 A。

(3) [6] 电路采取外接法，A 选项滑动变阻器没起到调节作用，B 选项电压表串联到电路中，C 选项采取了内接法。

故选 D。

13. 半圆形金属线圈放置在匀强磁场中，磁场方向垂直线圈平面向里，如图 (a)。磁感应强度 B 随时间 t 的变化关系如图 (b)。已知线圈的电阻 $R = 0.1\Omega$ ，半径 $r = 0.1\text{m}$ 。求：

- (1) 线圈中感应电动势的大小；
- (2) 线圈的电功率，及 $0 \sim 0.005\text{s}$ 时间内线圈产生的焦耳热；
- (3) $t = 0.003\text{s}$ 时半圆弧 $\widehat{MPN}$ 受到的安培力的大小和方向。



【答案】(1) $0.01\pi\text{V}$ ；(2) $\pi^2 \times 10^{-3}\text{W}$ ， $5\pi^2 \times 10^{-6}\text{J}$ ；(3) $1.2\pi \times 10^{-4}\text{N}$ ，垂直 MN 向下

【解析】

【详解】(1) 线圈中感应电动势的大小为

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} S = 2 \times \frac{1}{2} \pi \times 0.1^2 \text{V} = 0.01\pi \text{V}$$

(2) 线圈的电功率为

$$P = \frac{E^2}{R} = \frac{(0.01\pi)^2}{0.1} \text{W} = \pi^2 \times 10^{-3} \text{W}$$

$0 \sim 0.005\text{s}$ 时间内线圈产生的焦耳热为

$$Q = Pt = \pi^2 \times 10^{-3} \times 0.005 \text{J} = 5\pi^2 \times 10^{-6} \text{J}$$

(3) 由图可知

$$B = 2t(T)$$

$t = 0.003\text{s}$ 时半圆弧 $\widehat{MPN}$ 受到的安培力的大小为

$$F = IBL = \frac{E}{R} B \cdot 2r = \frac{0.01\pi}{0.1} \times 2 \times 0.003 \times 2 \times 0.1\text{N} = 1.2\pi \times 10^{-4}\text{N}$$

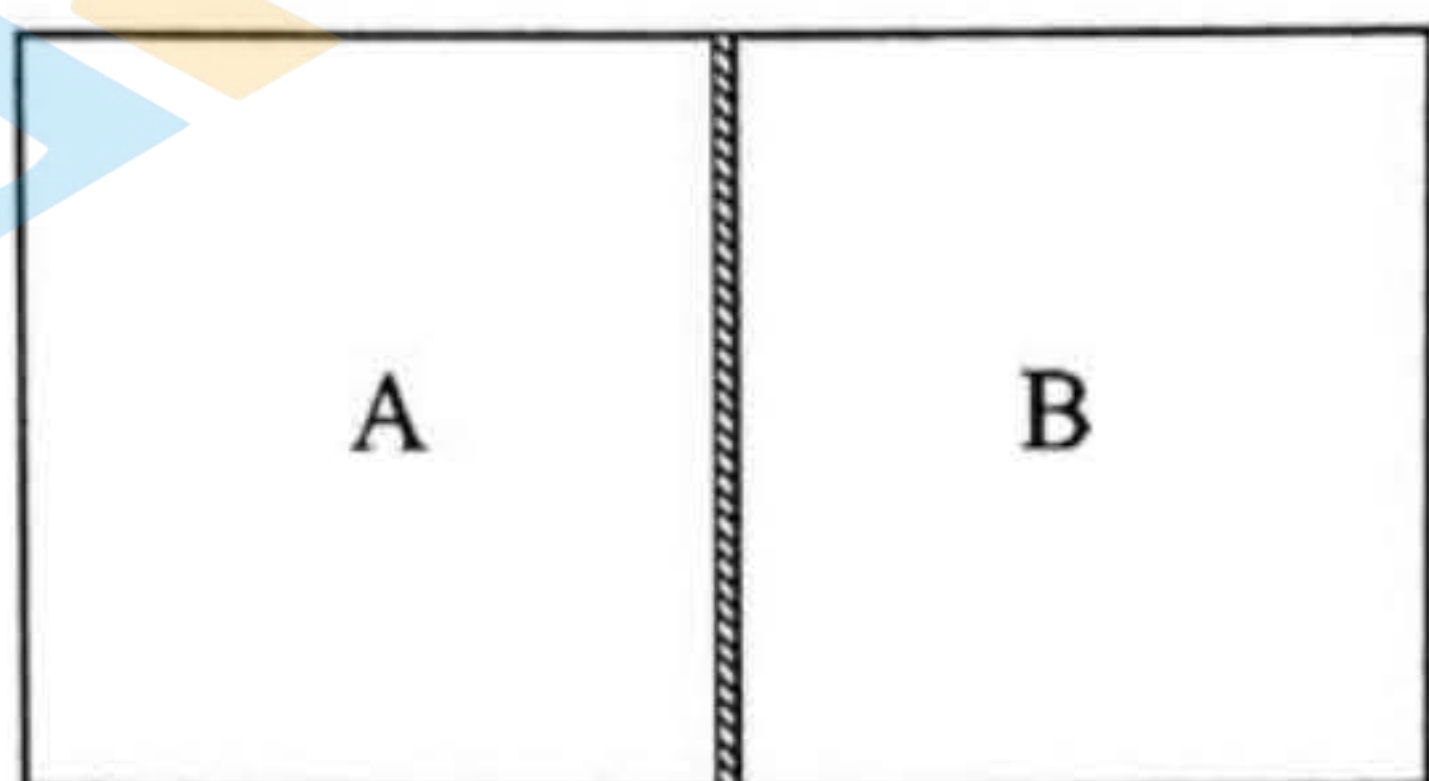
根据左手定则半圆弧 $\widehat{MPN}$ 受到的安培力的方向为垂直 MN 向下。

14. 如图，一个盛有气体的容器内壁光滑，被隔板分成 A、B 两部分，隔板绝热。开始时系统处于平衡状态，A 和 B 体积均为 V 、压强均为大气压 p_0 、温度均为环境温度 T_0 。现将 A 接一个打气筒，打气筒每次打气

都把压强为 p_0 、温度为 T_0 、体积为 $\frac{1}{6}V$ 的气体打入 A 中。缓慢打气若干次后，B 的体积变为 $\frac{1}{3}V$ 。（所有气体均视为理想气体）

(1) 假设打气过程中整个系统温度保持不变，求打气的次数 n ；

(2) 保持 A 中气体温度不变，加热 B 中气体使 B 的体积恢复为 V ，求 B 中气体的温度 T 。



【答案】(1) 24 次；(2) $5T_0$

【解析】

【详解】(1) 对 B 气体，根据理想气体状态方程

$$p_0 \frac{V}{T_0} = p_1 \frac{\frac{1}{3}V}{T_0}$$

解得

$$p_1 = 3p_0$$

则根据等温方程

$$p_0 V + np_0 \times \frac{1}{6}V = p_1 \times (2V - \frac{1}{3}V)$$

解得

$$n = 24 \text{ 次}$$

(2) A 中气体温度不变

$$p_1 \times (2V - \frac{1}{3}V) = p_2 V$$

对 B 中气体

$$p_0 \frac{V}{T_0} = p_2 \frac{V}{T}$$

解得

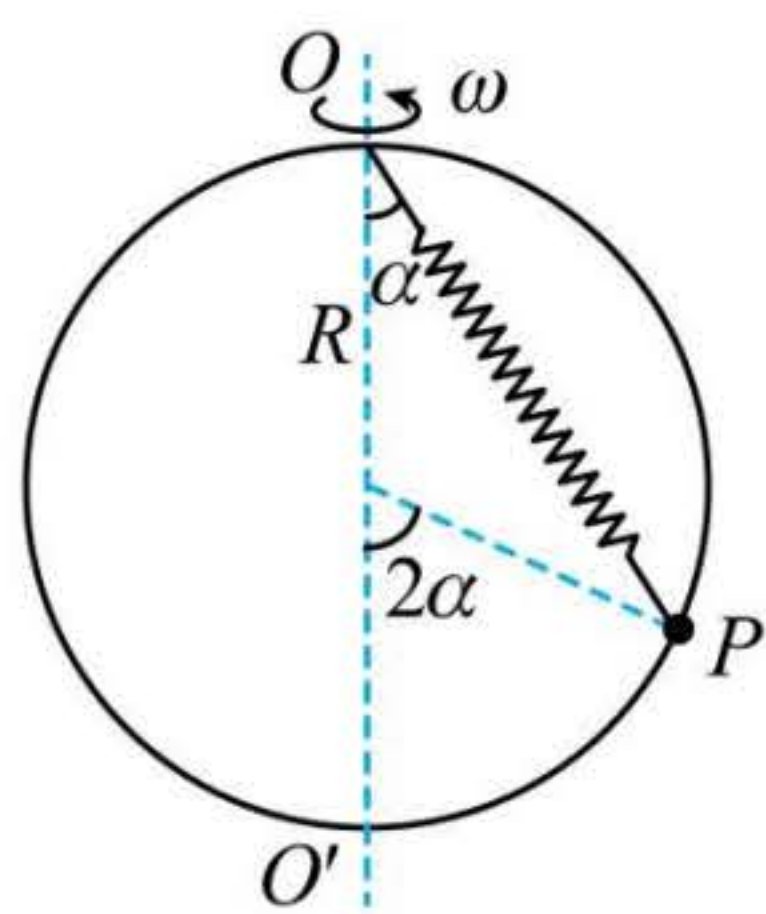
$$T = 5T_0$$

15. 半径为 R 的光滑圆环可绕过圆心的竖直轴 OO' 转动。质量为 m 的小球套在圆环上，原长为 $1.5R$ 的轻质弹簧一端固定在小球上，另一端固定在圆环顶端 O 点。整个系统静止时，小球在 O' 点处于平衡且对圆环无压力。重力加速度为 g 。

(1) 当圆环以角速度 ω_0 转动时，小球在 P 点相对圆环静止， $\angle POO' = \alpha$, $\sin \alpha = 0.6$ ，求弹簧弹力的大小及角速度 ω_0 ；($\sin 2\alpha = 0.96$, $\cos 2\alpha = 0.28$)

(2) 利用 $F-x$ 图像，证明小球从 O' 点运动到 P 点的过程中，弹簧弹力 ($F = -kx$) 所做的功为 $W = \frac{1}{2}k(x_1^2 - x_2^2)$ ，其中 x_1 和 x_2 分别为小球在 O' 和 P 点处弹簧的伸长量；

(3) 圆环开始转动后，小球受轻微扰动离开 O' ，当转速逐渐增大到 ω_0 时，小球沿圆环缓慢上移到 P 点并相对圆环静止。求此过程中圆环作用在小球上的合力做的功。



【答案】(1) $F_k = \frac{mg}{5}$, $\omega_0 = \sqrt{\frac{73g}{192R}}$; (2) 见解析; (3) $W_{\text{总}} = \frac{219mgR}{1250}$

【解析】

【详解】(1) 小球在 O' 点处于平衡且对圆环无压力，有

$$k(2R - 1.5R) = mg$$

小球在 P 点相对圆环静止而做匀速圆周运动，弹簧的长度为

$$l = 2R \cos \alpha = 1.6R$$

由胡克定律有

$$F_k = k(l - l_0) = \frac{mg}{5}$$

对小球受力分析，由牛顿第二定律有

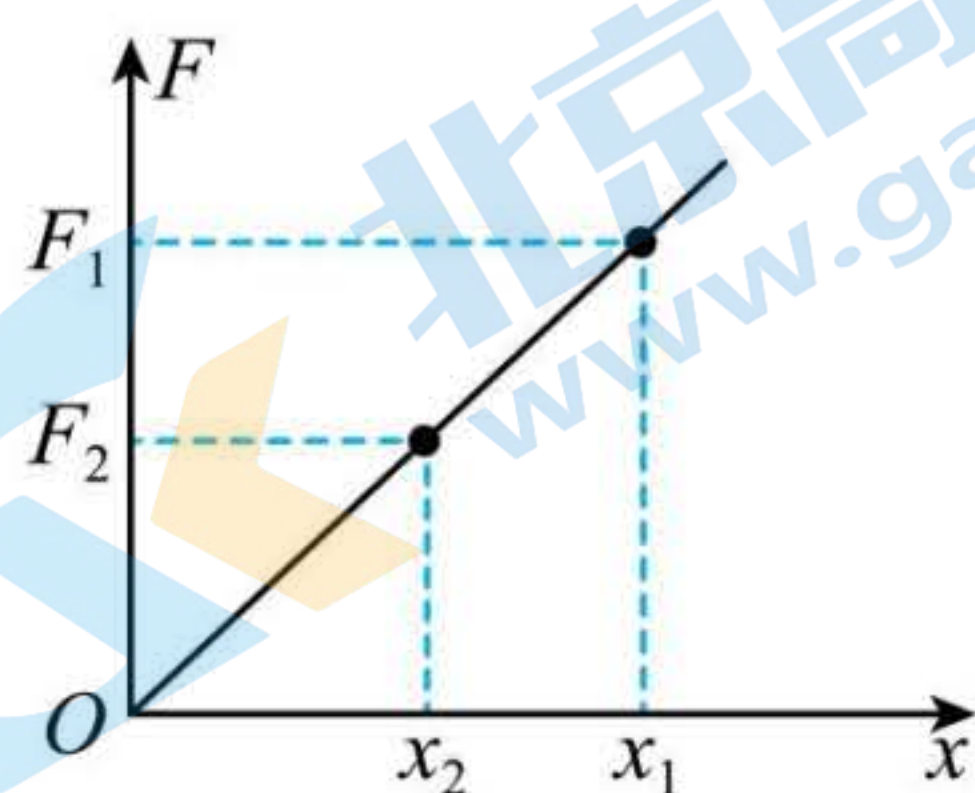
$$F_k \cos \alpha + N \sin 2\alpha = mg$$

$$F_k \sin \alpha + N \cos 2\alpha = m\omega_0^2 R \sin 2\alpha$$

联立解得

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{73g}{192R}}$$

(2) 根据胡克定律 $F = kx$ 可知，弹力与形变量成正比，如图所示



则弹力的功为图像与横轴围成的面积，有

$$W = \bar{F} \cdot \Delta x = \frac{kx_1 + kx_2}{2} \cdot (x_1 - x_2)$$

化简可得

$$W = \bar{F} \cdot \Delta x = \frac{k}{2} \cdot (x_1^2 - x_2^2)$$

(3) 小球沿圆环缓慢上移到 P 点并相对圆环静止，由动能定理有

$$W_{\text{总}} = \frac{1}{2}mv^2 - 0$$

$$v = \omega_0 R \sin 2\alpha$$

解得

$$W_{\text{总}} = \frac{219mgR}{1250}$$