

2023 年普通高等学校招生全国统一考试（河北卷）

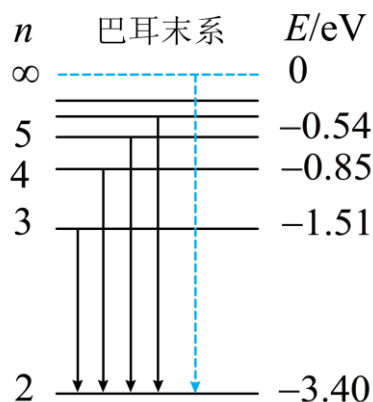
物 理

注意事项：

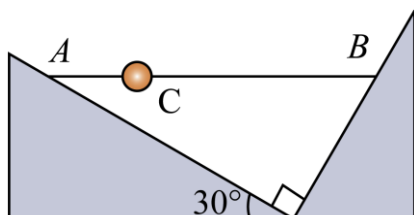
1. 答卷前，考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。
2. 回答选择题时，选出每小题答案后，用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案标号。回答非选择题时，将答案写在答题卡上，写在本试卷上无效。
3. 考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

一、单项选择题：本题共 7 小题，每小题 4 分，共 28 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

1. 2022 年 8 月 30 日，国家航天局正式发布了“羲和号”太阳探测卫星国际上首次在轨获取的太阳 H_{α} 谱线精细结构。 H_{α} 是氢原子巴耳末系中波长最长的谱线，其对应的能级跃迁过程为（ ）



- A. 从 ∞ 跃迁到 $n=2$
 - B. 从 $n=5$ 跃迁到 $n=2$
 - C. 从 $n=4$ 跃迁到 $n=2$
 - D. 从 $n=3$ 跃迁到 $n=2$
2. 制造某型芯片所使用的银灰色硅片覆上一层厚度均匀的无色透明薄膜后，在自然光照射下硅片呈现深紫色。关于此现象，下列说法正确的是（ ）
- A. 上述现象与彩虹的形成原理相同
 - B. 光在薄膜的下表面发生了全反射
 - C. 薄膜上下表面的反射光发生了干涉
 - D. 薄膜厚度发生变化，硅片总呈现深紫色
3. 如图，轻质细杆 AB 上穿有一个质量为 m 小球 C，将杆水平置于相互垂直的固定光滑斜面上，系统恰好处于平衡状态。已知左侧斜面与水平面成 30° 角，则左侧斜面对杆 AB 支持力的大小为（ ）



A. mg

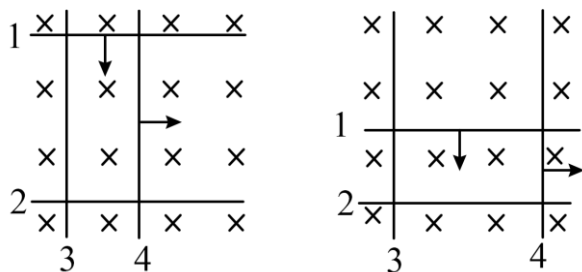
B. $\frac{\sqrt{3}}{2}mg$

C. $\frac{\sqrt{3}}{3}mg$

D. $\frac{1}{2}mg$

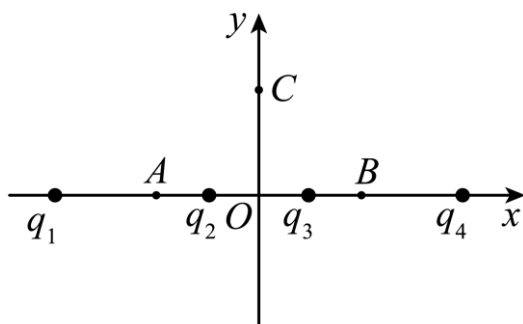
二、多项选择题：本题共 3 小题，每小题 6 分，共 18 分。在每小题给出的四个选项中，有两个或两个以上的选项符合题目要求，全部选对的得 6 分，选对但不全得 3 分，有选错的得 0 分。

4. 如图，绝缘水平面上四根完全相同的光滑金属杆围成矩形，彼此接触良好，匀强磁场方向竖直向下。金属杆 2、3 固定不动，1、4 同时沿图箭头方向移动，移动过程中金属杆所围成的矩形周长保持不变。当金属杆移动到图位置时，金属杆所围面积与初始时相同。在此过程中（ ）



- A. 金属杆所围回路中电流方向保持不变
- B. 通过金属杆截面的电荷量随时间均匀增加
- C. 金属杆 1 所受安培力方向与运动方向先相同后相反
- D. 金属杆 4 所受安培力方向与运动方向先相反后相同

5. 如图，在 x 轴上放置四个点电荷 q_1 、 q_2 、 q_3 和 q_4 ， q_1 、 q_2 位于 A 点两侧， q_3 、 q_4 位于 B 点两侧。 C 点在 y 轴上，且 $OA = OB = OC$ 。取无穷远处电势为零，电荷位置与电荷量满足一定关系，使得以 O 点为球心、以 OC 为半径的球面上各点的电势均为零。下列说法正确的是（ ）



- A. A 、 B 两点电场强度的方向一定沿 x 轴正方向
- B. 若在 O 点放一正点电荷，则 A 、 B 两点电势一定升高
- C. 试探电荷 q 沿 y 轴运动过程中，若静电力始终不做功，则它受到的静电力始终为零
- D. 试探电荷 q 沿 y 轴运动过程中，若静电力始终不做功，则 C 点的电场强度一定为零

三、非选择题：本大题共 5 小题，共 54 分。

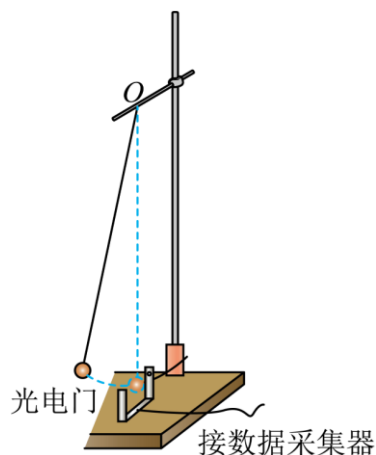
6. 某实验小组利用图装置测量重力加速度。摆线上端固定在 O 点，下端悬挂一小钢球，通过光电门传感器采集摆动周期。

(1) 关于本实验，下列说法正确 是_____。（多选）

A.小钢球摆动平面应与光电门U形平面垂直 B.应在小钢球自然下垂时测量摆线长度

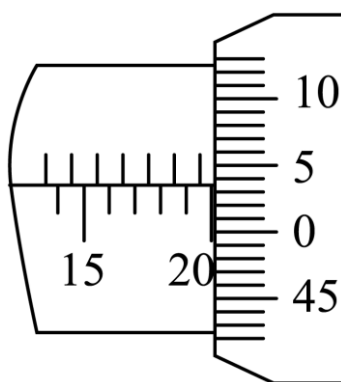
C.小钢球可以换成较轻的橡胶球

D.应无初速度、小摆角释放小钢球

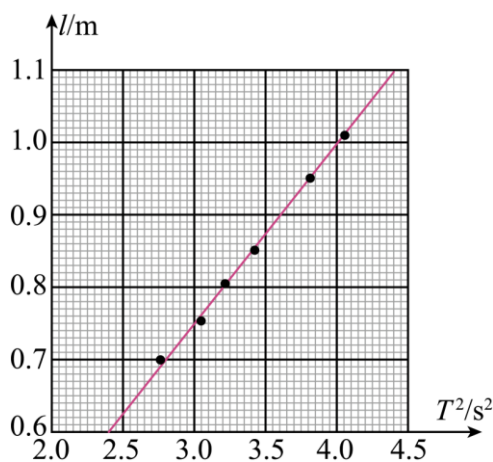


(2) 组装好装置，用毫米刻度尺测量摆线长度 L ，用螺旋测微器测量小钢球直径 d 。螺旋测微器示数如图，小

钢球直径 $d =$ _____ mm，记摆长 $l = L + \frac{d}{2}$ 。



(3) 多次改变摆线长度，在小摆角下测得不同摆长 l 对应的小钢球摆动周期 T ，并作出 $l-T^2$ 图像，如图。



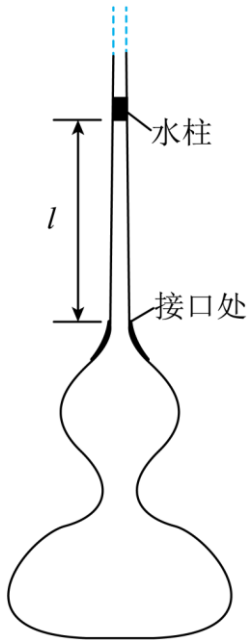
根据图线斜率可计算重力加速度 $g =$ _____ m/s^2 (保留 3 位有效数字， π^2 取 9.87)

(4) 若将摆线长度误认为摆长，仍用上述图像法处理数据，得到 重力加速度值将 _____ (填 “偏大” “偏小” 或 “不变”)。

7. 如图，某实验小组为测量一个葫芦的容积，在葫芦开口处竖直插入一根两端开口、内部横截面积为 $0.1cm^2$ 的均匀透明长塑料管，密封好接口，用氮气排空内部气体，并用一小段水柱封闭氮气。外界温度为 $300K$ 时，气柱

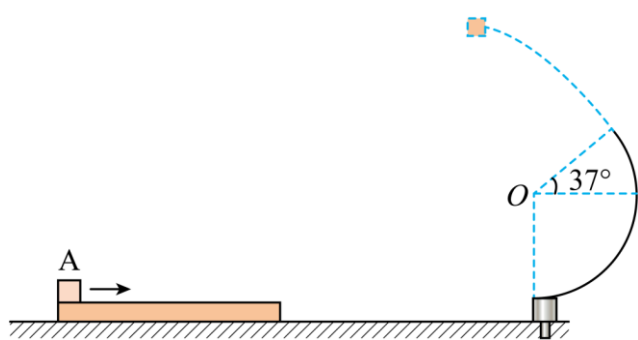
长度 l 为 10cm ；当外界温度缓慢升高到 310K 时，气柱长度变为 50cm 。已知外界大气压恒为 $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ ，水柱长度不计。

- (1) 求温度变化过程中氮气对外界做的功；
- (2) 求葫芦的容积；
- (3) 试估算被封闭氮气分子的个数（保留 2 位有效数字）。已知 1mol 氮气在 $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ 、 273K 状态下的体积约为 22.4L ，阿伏伽德罗常数 N_A 取 $6.0 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$ 。



8. 如图，质量为 1kg 的薄木板静置于光滑水平地面上，半径为 0.75m 的竖直光滑圆弧轨道固定在地面，轨道底端与木板等高，轨道上端点和圆心连线与水平面成 37° 角。质量为 2kg 的小物块 A 以 8m/s 的初速度从木板左端水平向右滑行，A 与木板间的动摩擦因数为 0.5 。当 A 到达木板右端时，木板恰好与轨道底端相碰并被锁定，同时 A 沿圆弧切线方向滑上轨道。待 A 离开轨道后，可随时解除木板锁定，解除锁定时木板的速度与碰撞前瞬间大小相等、方向相反。已知木板长度为 1.3m ， g 取 10m/s^2 ， $\sqrt{10}$ 取 3.16 ， $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ 。

- (1) 求木板与轨道底端碰撞前瞬间，物块 A 和木板的速度大小；
- (2) 求物块 A 到达圆弧轨道最高点时受到轨道的弹力大小及离开轨道后距地面的最大高度；
- (3) 物块 A 运动到最大高度时会炸裂成质量比为 $1:3$ 的物块 B 和物块 C，总质量不变，同时系统动能增加 3J ，其中一块沿原速度方向运动。为保证 B、C 之一落在木板上，求从物块 A 离开轨道到解除木板锁定的时间范围。



参考答案

1. 【答案】D

【解析】

【详解】 H_{α} 是氢原子巴耳末系中波长最长的谱线，根据

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

可知 H_{α} 是氢原子巴耳末系中频率最小的谱线，根据氢原子的能级图，利用玻尔理论中的频率条件

$$h\nu = E_n - E_2$$

可见能级差越小，频率越低，波长越长。故 H_{α} 对应的能级跃迁过程为从 $n=3$ 跃迁到 $n=2$ 。

故选 D。

2. 【答案】C

【解析】

【详解】A. 上述现象是由于光的干涉造成的，彩虹的形成原理主要为光的折射，上述现象与彩虹的形成原理不相同，故 A 错误；

BC. 硅片呈现深紫色的原因是薄膜的厚度正好使紫光在薄膜上下表面的反射光发生干涉，振动加强，故 B 错误，C 正确；

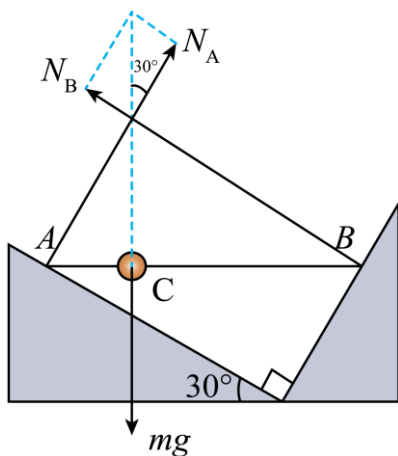
D. 根据光的干涉中相互加强的条件，可知当薄膜的厚度发生变化时，满足加强条件的波长也会发生改变，导致硅片呈现不同的颜色，故 D 错误。

故选 C。

3. 【答案】B

【解析】

【详解】对轻杆和小球组成的系统进行受力分析，如图



设左侧斜面对杆 AB 支持力的大小为 N_A ，由平衡条件有

$$N_A = mg \cos 30^\circ$$

得

$$N_A = \frac{\sqrt{3}}{2} mg$$

故选 B。

4. 【答案】CD

【解析】

【详解】A. 由数学知识可知金属杆所围回路的面积先增大后减小，金属杆所围回路内磁通量先增大后减小，根据楞次定律可知电流方向先沿逆时针方向，后沿顺时针方向，故 A 错误；

B. 由于金属杆所围回路的面积非均匀变化，故感应电流的大小不恒定，故通过金属杆截面的电荷量随时间不是均匀增加的，故 B 错误；

CD. 由上述分析，再根据左手定则，可知金属杆 1 所受安培力方向与运动方向先相同后相反，金属杆 4 所受安培力方向与运动方向先相反后相同，故 CD 正确。

故选 CD。

5. 【答案】BD

【解析】

【详解】A. 以 O 点为球心、以 OC 为半径的球面为等势面，由电场强度和等势面的关系可知，A、B 两点电场强度的方向与半径垂直，与 x 轴重合。由于无法判断各个电荷的电性，故 A、B 两点电场强度的方向无法判断，故 A 错误；

B. 取无穷远处为零电势点，由于正点电荷周围的电势为正值，若在 O 点放一正点电荷，则 A、B 两点的电势一定升高，故 B 正确；

C. 试探电荷 q 沿 y 轴运动过程中，根据电荷分布，若静电力始终不做功，则经过 y 轴且垂直于 x 轴的平面为等势面，但静电力不一定为零，故 C 错误；

D. 根据以 O 点为球心、以 OC 为半径的球面为等势面，可知 C 点的电场强度方向应与 y 轴重合，再根据经过 y 轴且垂直于 x 轴的平面为等势面，可知 C 点的电场强度方向应与 y 轴垂直，同一点电场强度的方向是唯一的，故 C 点的电场强度一定为零，故 D 正确。

故选 BD。

6. 【答案】 ①. ABD ②. 20.035##20.036##20.034 ③. 9.87 ④. 不变

【解析】

【详解】(1) [1] A. 使用光电门测量时，光电门 U 形平面与被测物体的运动方向垂直是光电门使用的基本要求，故 A 正确；

B. 测量摆线长度时，要保证绳子处于伸直状态，故 B 正确；

C. 单摆是一个理想化模型，若采用质量较轻的橡胶球，空气阻力对摆球运动的影响较大，故 C 错误；

D. 无初速度、小摆角释放的目的是保持摆球在竖直平面内运动，不形成圆锥摆，且单摆只有在摆角很小的情况

下才视为简谐运动，使用 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 计算单摆的周期，故 D 正确。

故选 ABD。

(2) [2]小钢球直径为

$$d = 20\text{mm} + 3.5 \times 0.01\text{mm} = 20.035\text{mm}$$

(3) [3]单摆周期公式

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

整理得

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

由图像知图线的斜率

$$k = \frac{g}{4\pi^2} = \frac{1.10 - 0.60}{4.40 - 2.40} \text{m/s}^2 = \frac{1}{4} \text{m/s}^2$$

解得

$$g = 9.87 \text{m/s}^2$$

(4) [4]若将摆线长度 L 误认为摆长 l ，有

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

则得到的图线为

$$L = \frac{gT^2}{4\pi^2} - \frac{d}{2}$$

仍用上述图像法处理数据，图线斜率不变，仍为 $\frac{g}{4\pi^2}$ ，故得到的重力加速度值不变。

7. 【答案】(1) 0.4J；(2) 119cm^3 ；(3) 2.9×10^{21}

【解析】

【详解】(1) 由于水柱的长度不计，故封闭气体的压强始终等于大气压强。设大气压强为 p_0 ，塑料管的横截面积为 S ，初、末态气柱的长度分别为 l_1 、 l_2 ，气体对外做的功为 W 。根据功的定义有

$$W = p_0 S (l_2 - l_1)$$

解得

$$W = 0.4\text{J}$$

(2) 设葫芦的容积为 V ，封闭气体的初、末态温度分别为 T_1 、 T_2 ，体积分别为 V_1 、 V_2 ，根据盖—吕萨克定律有

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$V_1 = V + Sl_1$$

$$V_2 = V + Sl_2$$

联立以上各式并代入题给数据得

$$V = 119\text{cm}^3$$

(3) 设在 $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ 、 273K 状态下, 1mol 氮气的体积为 V_0 、温度为 T_0 , 封闭气体的体积为 V_3 , 被封闭氮气的分子个数为 n 。根据盖-吕萨克定律有

$$\frac{V + Sl_1}{T_1} = \frac{V_3}{T_0}$$

其中

$$n = \frac{V_3}{V_0} N_A$$

联立以上各式并代入题给数据得

$$n = 2.9 \times 10^{21} \text{ 个}$$

8. 【答案】(1) $v_1 = 7\text{m/s}$, $v_2 = 2\text{m/s}$; (2) $F_N = \frac{164}{3}\text{N}$, $H = 2\text{m}$; (3) $0.1\text{s} \leq \Delta t \leq 0.118\text{s}$ 或

$$0.732\text{s} \leq \Delta t \leq 0.75\text{s}$$

【解析】

【详解】(1) 设物块 A 的初速度为 v_0 , 木板与轨道底部碰撞前, 物块 A 和木板的速度分别为 v_1 和 v_2 , 物块 A 和木板的质量分别为 m_1 和 m_2 , 物块 A 与木板间的动摩擦因数为 μ , 木板长度为 L , 由动量守恒定律和功能关系有

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

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

由题意分析 $v_1 \geq v_2$, 联立式得

$$v_1 = 7\text{m/s}, v_2 = 2\text{m/s}$$

(2) 设圆弧轨道半径为 R , 物块 A 到圆弧轨道最高点时斜抛速度为 v_3 , 轨道对物块的弹力为 F_N . 物块 A 从轨道最低点到最高点, 根据动能定理有

$$-m_1 g R (1 + \sin 37^\circ) = \frac{1}{2} m_1 v_3^2 - \frac{1}{2} m_1 v_1^2$$

物块 A 到达圆弧轨道最高点时，根据牛顿第二定律有

$$F_N + m_1 g \sin 37^\circ = m_1 \frac{v_3^2}{R}$$

联立式，得

$$F_N = \frac{164}{3} \text{ N}$$

设物块 A 抛出时速度 v_3 水平和竖直分量分别为 v_x 和 v_y

$$v_x = v_3 \sin 37^\circ, v_y = v_3 \cos 37^\circ$$

斜抛过程物块 A 上升时间

$$t_1 = \frac{v_y}{g} = 0.4 \text{ s}$$

该段时间物块 A 向左运动距离为

$$s_1 = v_x t_1 = 1.2 \text{ m} .$$

物块 A 距离地面最大高度

$$H = R(1 + \sin 37^\circ) + \frac{v_y^2}{2g} = 2 \text{ m} .$$

(3) 物块 A 从最高点落地时间

$$t_2 = \sqrt{\frac{2H}{g}} = 0.632 \text{ s}$$

设向左为正方向，物块 A 在最高点炸裂为 B、C，设质量和速度分别为 m_3 、 m_4 和 v_4 、 v_5 ，设 $m_3 : m_4 = 1 : 3$ ，系

统动能增加 ΔE_k 。根据动量守恒定律和能量守恒定律得

$$m_1 v_x = m_3 v_4 + m_4 v_5$$

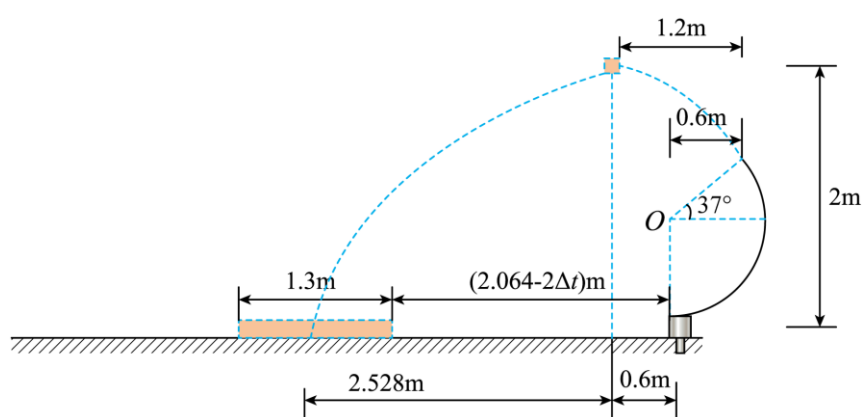
$$\frac{1}{2} m_1 v_x^2 + \Delta E_k = \frac{1}{2} m_3 v_4^2 + \frac{1}{2} m_4 v_5^2$$

解得

$$v_4 = 6 \text{ m/s}, v_5 = 2 \text{ m/s} \text{ 或 } v_4 = 0, v_5 = 4 \text{ m/s} .$$

设从物块 A 离开轨道到解除木板锁定 时间范围 Δt ：

(a) 若 $v_4 = 6 \text{ m/s}, v_5 = 2 \text{ m/s}$ ，炸裂后 B 落地过程中的水平位移为



为了保证 B 、 C 之一落在木板上，需要满足下列条件之一

III. 若仅 B 落在木板上，应满足

$$(2.064 - 2\Delta t) + 1.3 \geq 0.6$$

且

$$(2.064 - 2\Delta t) \leq 0.6$$

解得

$$0.732s \leq \Delta t \leq 1.382s$$

IV. 若仅 C 落在木板上，应满足

$$(2.064 - 2\Delta t) + 1.3 \geq 2.528 + 0.6$$

且

$$(2.064 - 2\Delta t) \leq 2.528 + 0.6$$

解得

$$0 \leq \Delta t \leq 0.118s .$$

综合分析 (a) (b) 两种情况，为保证 B 、 C 之一一定落在木板上， Δt 满足 条件为

$$0.1s \leq \Delta t \leq 0.118s \text{ 或 } 0.732s \leq \Delta t \leq 0.75s$$