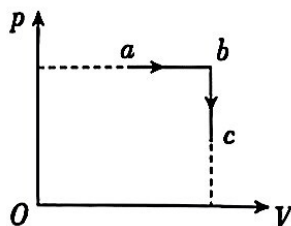


本试卷共 10 页,100 分。考试时长 90 分钟。考生务必将答案答在答题卡上,在试卷上作答无效。考试结束后,将本试卷和答题卡一并交回。

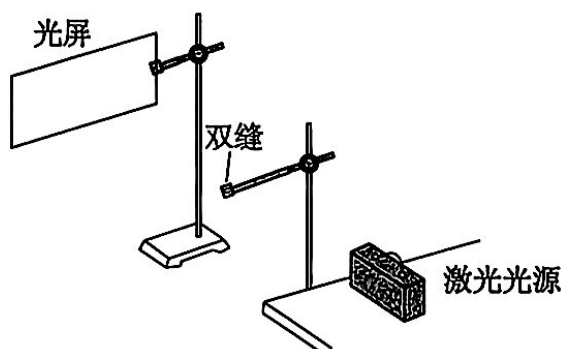
第一部分

本部分共 14 题,每题 3 分,共 42 分。在每题列出的四个选项中,选出最符合题目要求的一项。

1. 如图所示,一定质量的理想气体从状态 a 开始,先经历等压变化到状态 b ,再经历等容变化到状态 c 。下列判断正确的是

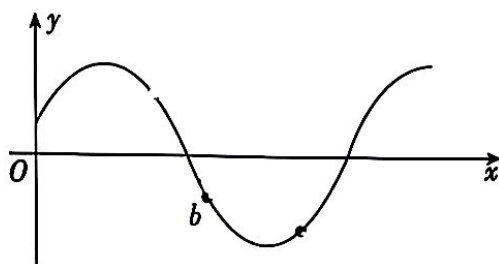


- A. 从 a 到 b , 气体温度升高
 B. 从 a 到 b , 气体向外界放热
 C. 从 b 到 c , 气体内能不变
 D. 从 b 到 c , 气体对外界做功
2. 如图所示是双缝干涉实验装置,用绿色激光照射双缝时,光屏上有明暗相间的条纹。若其他条件不变,则下列说法正确的是



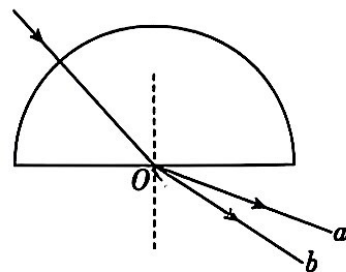
- A. 减小双缝到光屏的距离, 条纹间距变小
 B. 减小光源到双缝的距离, 条纹间距变大
 C. 换用蓝色激光照射双缝, 条纹间距变大
 D. 换用红色激光照射双缝, 条纹间距变小

3. 一列简谐横波沿 x 轴传播, 某时刻波的图像如图所示。已知此时质点 a 的振动方向沿 y 轴正方向 下列说法正确的是



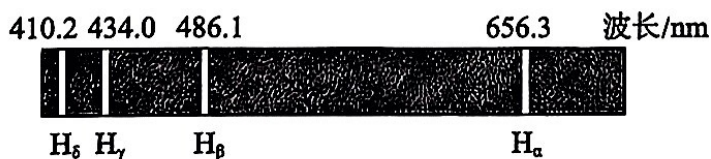
- A. 波沿 x 轴负方向传播
 B. 此时质点 c 沿 y 轴正方向运动
 C. 质点 b 将比质点 c 先回到平衡位置
 D. 此时质点 b 的加速度大小比质点 c 的大

4. 如图所示, 一束复色光沿半径方向射向半圆形玻璃砖, 经折射后射出到空气中。该复色光由红、蓝两种单色光组成。下列说法正确的是



- A. a 光是红光, b 光是蓝光
 B. 在该玻璃砖中, a 光的传播速度小于 b 光的传播速度
 C. 该玻璃砖对 a 光的折射率小于对 b 光的折射率
 D. 若 a 光能使某金属发生光电效应, 则 b 光也一定能

5. 如图甲为氢原子光谱示意图, 图乙为氢原子部分能级示意图。图甲中的 H_α 、 H_β 、 H_γ 、 H_δ 是氢原子在可见光区的四条谱线, 这四条谱线为氢原子从 $n \geq 3$ 能级向 $n=2$ 能级跃迁时产生的。已知可见光的光子能量范围为 $1.62 \sim 3.11 \text{ eV}$ 。下列说法正确的是



n	E/eV
∞	0
4	-0.85
3	-1.51
2	-3.40
1	-13.6

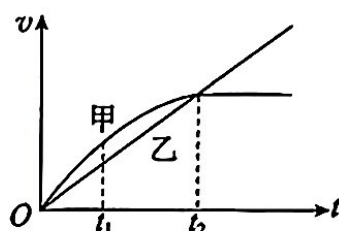
甲

乙

- A. H_α 对应的光子能量比 H_γ 对应的光子能量大
 B. H_δ 可能是氢原子从 $n=3$ 能级向 $n=2$ 能级跃迁时产生的
 C. 若氢原子从 $n=4$ 能级向 $n=3$ 能级跃迁, 则辐射出的光属于红外线
 D. 若氢原子从 $n=2$ 能级向 $n=1$ 能级跃迁, 则需要吸收 10.2 eV 的能量

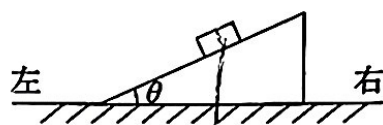
6. 甲、乙两辆汽车同时同地向同一方向开始运动,速度 v 随时间 t 变化的图像如图所示。在 t_1 时刻甲图线的切线斜率等于乙图线的斜率。下列说法正确的是

- A. $0 \sim t_2$ 过程中,甲的加速度始终比乙的大
- B. t_2 时刻,乙追上甲
- C. t_2 之后的某个时刻,乙追上甲
- D. 乙追上甲之前, t_1 时刻两车相距最远



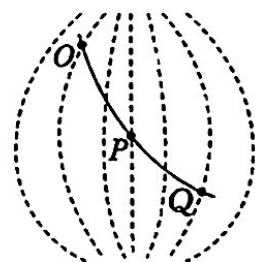
7. 如图所示,质量为 M 的斜面体放置于粗糙的水平面上,一个质量为 m 的滑块由静止开始沿斜面加速下滑,斜面体始终处于静止状态。斜面体与滑块间的摩擦很小,可以忽略不计。重力加速度为 g 。下列说法正确的是

- A. 地面对斜面体的摩擦力为零
- B. 地面对斜面体的摩擦力方向水平向左
- C. 地面对斜面体的支持力等于 $(M+m)g$
- D. 地面对斜面体的支持力大于 $(M+m)g$



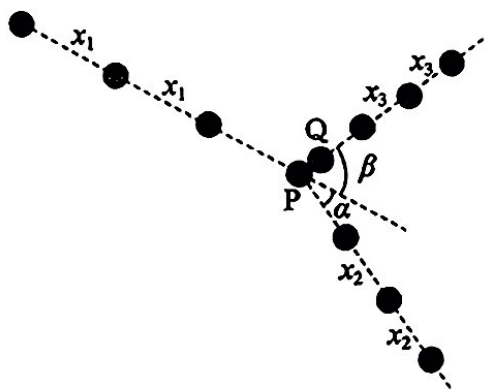
8. 图中虚线为某静电场的等势面,相邻等势面间的电势差相等。实线为一电子运动的部分轨迹, O 、 P 、 Q 为轨迹与等势面的交点。电子从 O 点运动到 Q 点的过程中,仅受静电力作用。下列说法正确的是

- A. 电子加速度一直减小
- B. 电子速度先减小后增大
- C. 电子在 O 点电势能比在 Q 点电势能小
- D. 电子从 O 点到 P 点与从 P 点到 Q 点的动能增量相等

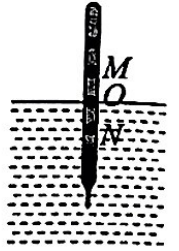


9. 如图所示,某同学用频闪相机记录 P 、 Q 两球的碰撞过程。图中共记录了连续 7 次闪光的照片,碰撞前相邻两曝光时刻 P 球的球心间距为 x_1 ;碰撞后相邻两曝光时刻, P 球的球心间距为 x_2 , Q 球的球心间距为 x_3 。碰撞后 P 、 Q 两球的运动方向与 P 球原运动方向的夹角分别为 α 、 β 。已知两球的质量相等,不计一切摩擦。下列说法正确的是

- A. 若碰撞过程中动量守恒,则一定有 $x_1 = x_2 + x_3$
- B. 若碰撞过程中动量守恒,则一定有 $x_1^2 = x_2^2 + x_3^2$
- C. 若碰撞过程中机械能、动量都守恒,则一定有 $x_1 = x_2 + x_3$,且 $\alpha + \beta = \frac{\pi}{2}$
- D. 若碰撞过程中机械能、动量都守恒,则一定有 $x_1^2 = x_2^2 + x_3^2$,且 $\alpha + \beta = \frac{\pi}{2}$

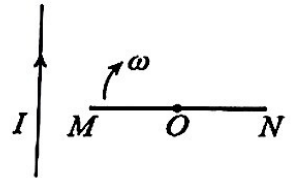


10. 如图所示,鱼漂静止时, O 点恰好位于水面处。用手将鱼漂缓慢向下压,使 M 点到达水面,松手后,鱼漂沿竖直方向运动,上升到最高处时, N 点到达水面。若鱼漂的 MN 段可视为圆柱体,仅在重力与浮力的作用下运动,则有关鱼漂松手后的运动,下列说法不正确的是



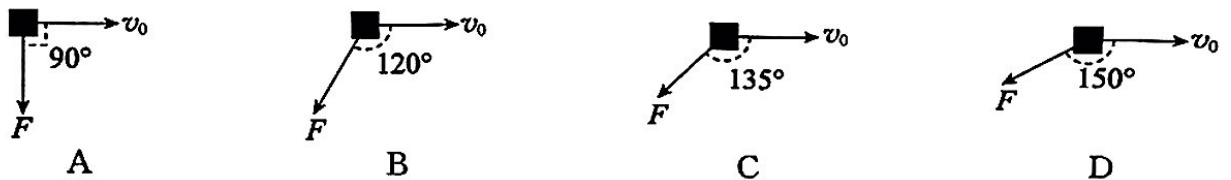
- A. 鱼漂的运动是简谐运动
- B. O 点过水面时,鱼漂的速度最大
- C. M 点到达水面时,鱼漂具有向下的加速度
- D. 鱼漂由释放至运动到最高点的过程中,速度先增大后减小

11. 如图所示,通电长直导线旁有一金属棒 MN ,金属棒绕中心点 O 沿顺时针方向匀速转动,金属棒与长直导线始终在同一平面内。当棒转到如图所示的位置时,有关 M 、 O 、 N 三点的电势高低,下列说法正确的是

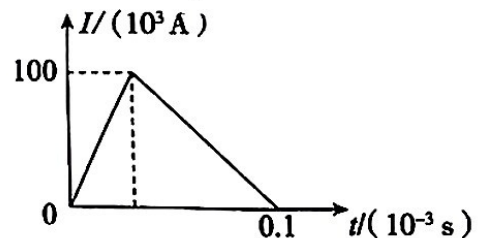


- A. M 端电势最高
- B. N 端电势最高
- C. M 、 N 两端电势相同
- D. O 点电势最高

12. 一质量为 m 的物块在光滑水平面上以速度 v_0 做匀速直线运动。某时刻开始受到与水平面平行的恒力 F 的作用,之后其速度大小先减小后增大,最小值为 $\frac{v_0}{2}$ 。下列图中初速度 v_0 与恒力 F 夹角正确的是



13. 闪电是由云层中所积累的电荷放电引起的,通常是云层底部带正电荷,云层下方的地面会感应出负电荷,当云层底部与地面间的电场强度增大到 $E_0 = 5 \times 10^5 \text{ V/m}$ 时击穿空气,发生短时放电现象,形成闪电。某圆盘形云朵底部与地面的距离 $h = 1 \times 10^3 \text{ m}$,该云朵与地面间的电场强度恰好达到 E_0 时发生闪电,放电电流随时间变化的简化函数图像如图所示。假设该次放电将云朵所带电荷全部放掉,云朵和地面构成的电容器可视为理想的平行板电容器。下列说法不正确的是

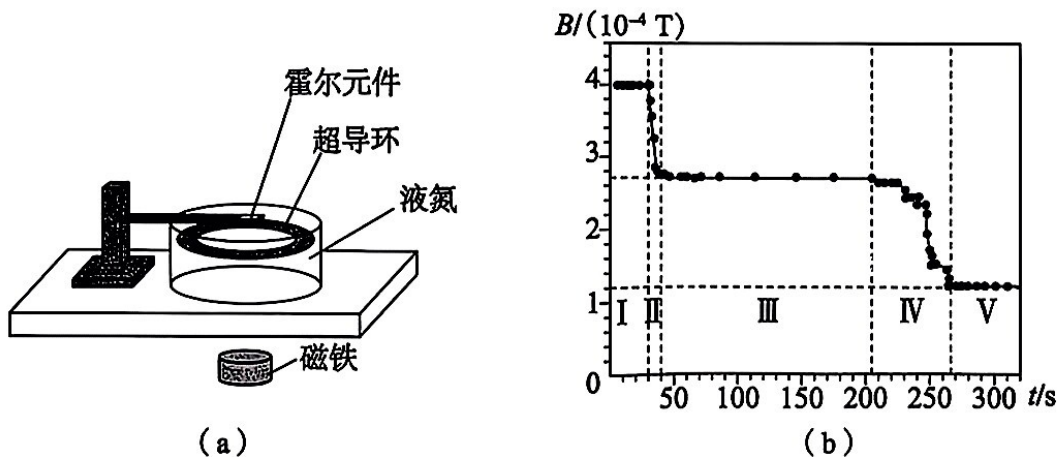


- A. 这次放电释放的总电荷量 $Q = 5 \text{ C}$
- B. 这次放电过程中的平均电流 $I = 5 \times 10^4 \text{ A}$
- C. 该等效电容器的电容值 $C = 1 \times 10^{-8} \text{ F}$
- D. 放电前该电容器存储的电能 $E = 2.5 \times 10^9 \text{ J}$

14. 超导材料温度低于临界温度 T_c 时,具有“零电阻效应”和“完全抗磁性”。“完全抗磁性”即处于超导态的超导体内部的磁感应强度为零。

实际上,处于超导态的超导体因材料的杂质、缺陷等因素也具有一定的电阻值,只是电阻值非常小。通常采用“持续电流法”来测量超导体在超导状态下的阻值,测量装置如图(a)所示。将超导体做成一个闭合圆环,放入圆柱形磁铁产生的磁场中(磁铁与超导环共轴),用液氮进行冷却,进入超导态。撤去磁铁,超导环中会有电流产生。“持续电流法”是根据一段时间内的电流衰减情况计算超导体的电阻,通常情况下经过几十天的观测,仪器均未测量出超导环中电流的明显衰减。

某次实验中,用如图(a)所示的霍尔元件(大小不计)测量超导环轴线上某处的磁感应强度 B ,测量数据如图(b)所示,区域Ⅳ中磁场变化是因为液氮挥发导致超导体没有浸没在液氮中。已知实验室环境中的磁感应强度约为 $1.2 \times 10^{-4} \text{ T}$,且方向沿超导环轴线方向。下列说法正确的是



- A. 区域Ⅰ中磁场是超导环中电流产生的磁场与磁铁磁场的矢量叠加的结果
- B. 区域Ⅱ中的磁场迅速减小的原因是材料处于非超导态
- C. 区域Ⅲ中超导环中电流在测量处产生的磁场的磁感应强度大小约 $1.5 \times 10^{-4} \text{ T}$
- D. 撤磁铁时,超导环中感应电流在测量处的磁场与磁铁在该处的磁场方向相反

第二部分

本部分共 6 题,共 58 分。

15. (8 分)某同学在做“用单摆测量重力加速度”的实验时,记录数据如下:

摆长 l/m	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	1.000
周期 T/s	1.42	1.55	1.67	1.79	1.90	2.00
T^2/s^2	2.02	2.40	2.79	3.40	3.61	4.00

(1)该同学准备在坐标纸上画 T^2-l 图像,点已经描好,请画出 T^2-l 图线。

(2)如图 1 所示,可得当地重力加速度 $g=$ _____ m/s^2 (结果保留三位有效数字)。

(3)该同学还绘制了两个不同摆长的单摆的振动图像,如图 2 所示。由图像可知,

两单摆的摆长之比 $\frac{l_a}{l_b} =$ _____。

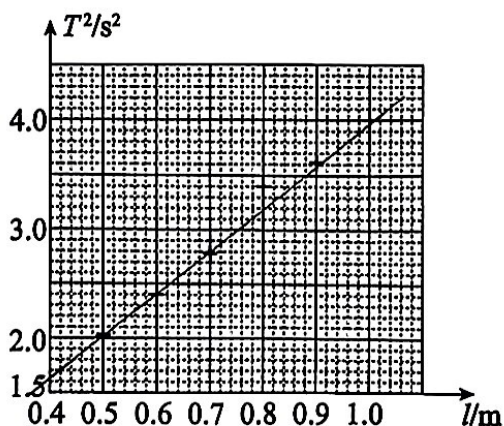


图 1

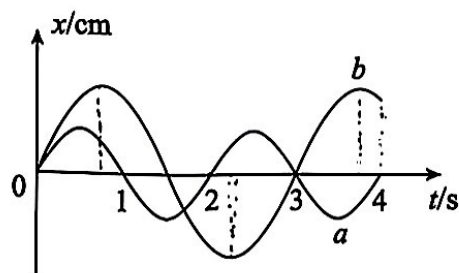


图 2

(4)某同学利用 T^2-l 图线的斜率计算当地重力加速度。在其他操作均正确的情况下,以下操作可导致重力加速度的测量值比真实值偏大的是 _____ (选填选项前的字母)。

- A. 每组实验均将测量的摆线长作为摆长
- B. 每组实验均将摆线长与小球直径之和作为摆长
- C. 每组实验均将 31 次全振动记为 30 次全振动
- D. 每组实验均将 29 次全振动记为 30 次全振动

16. (10分)某学习小组设计实验测量某合金丝的电阻率 ρ , 他们进入实验室, 找到如下器材:

A. 一节干电池(电动势为 E)

B. 毫安表 A (量程为 $0 \sim 1.0 \text{ mA}$, 内阻 $R_A = 100 \Omega$)

C. 定值电阻 $R_0 = 5.0 \Omega$

D. 电阻箱 $R(0 \sim 9999 \Omega)$

E. 刻度尺、螺旋测微器、接线夹、开关、导线

(1) 该组同学用螺旋测微器测量合金丝的直径, 测量结果如图 1 所示, 则合金丝直径 $d = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$ 。

(2) 基于以上器材, 为了测量该合金丝的电阻率, 设计了如图 2 所示的实验电路图, 将电阻箱 R 阻值调到 $R = 1400 \Omega$ 。某次测量时, 电流表的示数为 0.50 mA , 则流经电源的电流 $I = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$ 。

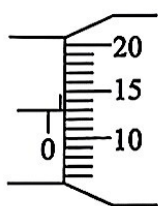


图 1

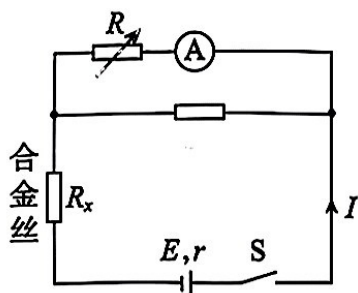


图 2

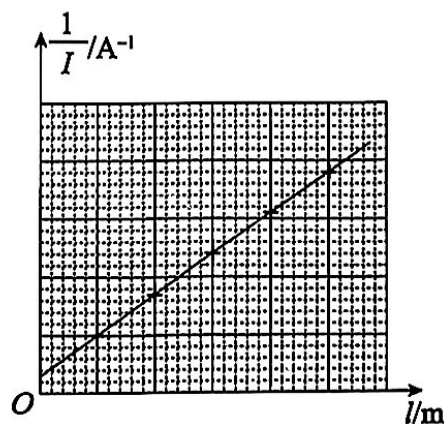


图 3

(3) 改变接入电路的合金丝的长度 l , 记录多组流经电源的电流的倒数 $\frac{1}{I}$ 和 l 的数值, 绘出如图 3 所示的图线。已知图线的斜率为 k , 则金属丝的电阻率 $\rho = \underline{\hspace{2cm}}$ (用含 E 、 d 、 k 的表达式表示)。

(4) 有两种金属直导线, 横截面积均为 S , 长度分别为 l_1 、 l_2 , 电阻率分别为 ρ_1 、 ρ_2 , 且 $\rho_1 > \rho_2$ 。现将它们串联在一稳恒直流电路中, 如图 4 所示。已知导线中稳恒电场的基本性质与静电场相同。请通过推导比较两金属导线中沿导线方向的稳恒电场 E_1 和 E_2 的大小关系; 小明猜想 E_1 与 E_2 的大小关系是两导线接触面处有“净余电荷”所致。请根据这个猜想判断“净余电荷”的电性。

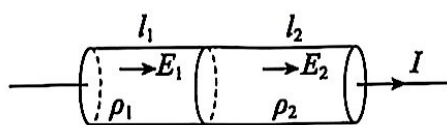
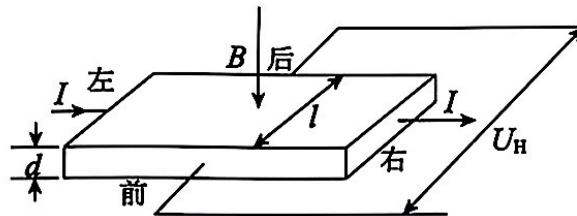


图 4

17. (9分) 某人在室内以窗户为背景摄影时, 恰好把窗外由该楼的楼顶自由落下的一小石子拍摄在照片中, 测得照片中石子运动痕迹的长度为 $h=0.8\text{ cm}$ 。已知本次摄影的曝光时间是 $\Delta t=0.01\text{ s}$, 实际长度为 $L=100\text{ cm}$ 的窗框在照片中的长度为 $l=4.0\text{ cm}$ 。重力加速度 g 取 10 m/s^2 , 不计空气阻力。

- (1) 根据照片计算曝光时间内石子下落的实际距离 H ;
- (2) 求曝光时间内, 小石子运动的平均速度的大小 v ;
- (3) 已知小石子的质量 $m=10\text{ g}$, 估算小石子从楼顶下落至拍照时小石子所受重力的冲量的大小 I 。

18. (9分) 如图所示, 将一金属或半导体薄片垂直磁场放置, 在薄片的左右两个侧面间通入电流, 前后两个侧面间产生电势差(霍尔电压), 这一现象称为霍尔效应。



- (1) 设图中薄片为某 N 型半导体(自由电子导电), 其宽度为 l 、厚度为 d , 单位体积内的自由电子个数为 n , 电子所带电荷量为 e , 电流大小为 I , 磁感应强度大小为 B 。
 - a. 判断图中前后侧面电势的高低;
 - b. 推导霍尔电压 U_H 的表达式。
- (2) 实际上, 霍尔电压很小, 不易测量。已知金属导体中单位体积的自由电子数约 $10^{22} \sim 10^{23}$ 个/ cm^3 , 半导体材料中单位体积的导电粒子数约 $10^{15} \sim 10^{20}$ 个/ cm^3 , 请说明为什么选用半导体材料制作霍尔元件。

19. (10分)

两黑洞绕其连线上的某一点做匀速圆周运动,组成一个孤立的双星系统,两黑洞的质量分别为 m_1 、 m_2 ,两者间距为 r ,引力常量为 G 。

(1)求两黑洞做匀速圆周运动的角速度的大小 ω ;

(2)科研人员观测到上述黑洞系统会向外辐射引力波,随着时间的推移,两个黑洞会缓慢靠近,系统的机械能 E 逐渐减小。已知机械能 E 随时间 t 的变化率为

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{Gm_1m_2}{2r^2} \cdot \frac{\Delta r}{\Delta t} (\Delta t \rightarrow 0), \text{其中 } \frac{\Delta r}{\Delta t} \text{ 可以定义为两黑洞的靠近速度 } v_r。 \text{由广义}$$

相对论可知,该系统辐射引力波的功率 $P = \frac{32}{5}G^4(m_1m_2)^2(m_1+m_2)c^{-5}r^\alpha$,其中

c 为电磁波在真空中的传播速度。当 r 较大时,靠近速度 v_r 很小,不计两黑洞各自质量的变化。

a. 求 α 的值;

b. 请推导 v_r 的表达式。

20. (12分) 简谐运动是最基本的机械振动。物体做简谐运动时, 回复力 F 与偏离平衡位置的位移 x 成正比, 即: $F = -kx$; 偏离平衡位置的位移 x 随时间 t 的变化关系满足方程 $x = A\sin(\omega t + \varphi)$, 其中 A 为振幅, φ 是初相位, $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ 为圆频率, m 为物体质量。

(1) 如图 1 所示, 光滑的水平面上放置一弹簧振子, 弹簧的劲度系数为 k , 振子的质量为 m 。以弹簧原长时的右端点为坐标原点 O , 水平向右为正方向建立坐标轴 Ox 。在弹簧的弹性限度内, 将振子沿 Ox 方向缓慢拉至某处由静止释放。

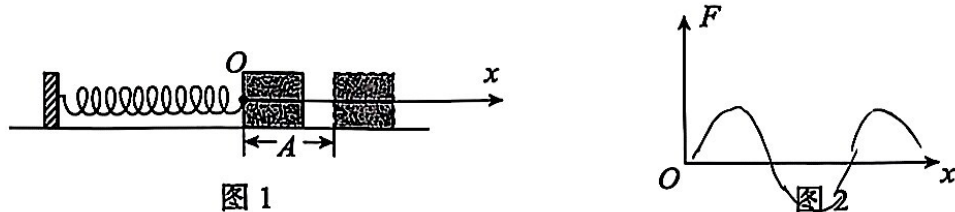


图 1

图 2

- a. 求该弹簧振子的振动周期 T ;
- b. 在图 2 中画出弹簧弹力大小 F 随弹簧伸长量 x 的变化关系图线。求弹簧伸长量为 A 时系统的弹性势能 E_p 。

(2) 如图 3 所示, 竖直平面内存在无限大、均匀带电的空间离子层, 左侧为正电荷离子层, 右侧为负电荷离子层, 两离子层内单位体积的电荷量均为 ρ , 厚度均为 d 。以正离子层左边缘上某点 O 为坐标原点, 水平向右为正方向建立坐标轴 Ox 。已知正离子层中各点的电场强度方向均沿 x 轴正方向, 其大小 E 随 x 的变化关系如图 4 所示, 其中 ϵ_0 为常量; 在 $x < 0$ 与 $x > 2d$ 空间内电场强度均为零。某放射性粒子源 S 位于 $x = -d$ 的位置, 向空间各个方向辐射速率均为 v 的电子。当入射电子速度方向与 x 轴正方向的夹角为 θ 时, 电子刚好可以到达离子层分界面处, 没有射入负电荷离子层。已知电子质量为 m , 所带电荷量为 e , 不计电子重力及电子间相互作用力, 假设电子与离子不发生碰撞。

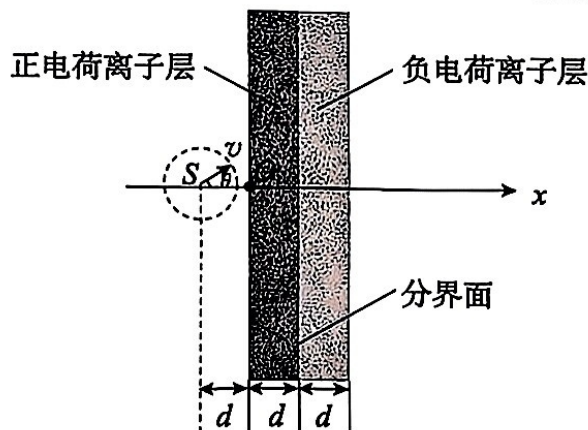


图 3

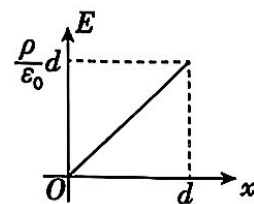


图 4

- a. 求 θ 的表达式;
- b. 计算电子第一次打到离子层分界面时, 在分界面上形成的图形面积 S (结果中可含 θ)。

物理参考答案及评分标准

2025.4

第一部分共 14 题,每题 3 分,共 42 分。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
答案	A	A	C	B	C	C	B	D	D	C	A	D	D	C

第二部分共 6 题,共 58 分。

15. (8 分)

(1)图略 (2)9.86 (3) $\frac{4}{9}$ (4)D

16. (10 分)

(1)0.630 (2)0.15 (3) $\frac{E\pi kd^2}{4}$ (4)设回路中流经两导线的电流大小为 I ,则 $U_1 = IR_1$, $R_1 = \rho_1 \frac{l_1}{S}$, $E_1 = \frac{U_1}{l_1}$,综合以上三式得: $E_1 = \frac{\rho_1 I}{S}$;同理得 $E_2 = \frac{\rho_2 I}{S}$ 。所以 $E_1 > E_2$ 。导线中的稳恒电场是由电路中稳定分布的电荷叠加产生的,已知导线中的稳恒电场沿导线方向,又因 $E_1 > E_2$,必然在界面处积累负的“净余电荷”。

17. (9 分)

(1)根据照片尺寸与实际长度的比例关系: $\frac{L}{l} = \frac{H}{h}$,得 $H = 20 \text{ cm}$ (2)曝光时间内小石子的平均速度 $v = \frac{H}{\Delta t} = 20 \text{ m/s}$ (3)根据动量定理: $I = \Delta p = mv = 0.2 \text{ N} \cdot \text{s}$

18. (9 分)

(1)a. 前侧面电势高

b. 稳定时,电子所受电场力与洛伦兹力平衡: $eE_H = evB$

由场强与电势差关系： $U_H = E_H \cdot l$

根据电流的定义： $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = neldv$

得： $U_H = \frac{IB}{ned}$

(2) 由于半导体材料单位体积的导电粒子数小于金属导体中单位体积的自由电子数，根据 $U_H = \frac{IB}{ned}$ 可知，在相同条件下，用半导体材料制作的霍尔元件产生的霍尔电压更大，更容易测量，所以选用半导体材料制作霍尔元件。

19. (10 分)

(1) 两黑洞绕其质心做匀速圆周运动，设轨道半径分别为 r_1 、 r_2

根据牛顿第二定律： $\frac{Gm_1m_2}{r^2} = m_1\omega^2r_1$ ， $\frac{Gm_1m_2}{r^2} = m_2\omega^2r_2$

因为 $r_1 + r_2 = r$

得： $\omega = \sqrt{\frac{G(m_1 + m_2)}{r^3}}$

(2)a. P (辐射功率) 的单位是 $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$ ；

$(m_1m_2)^2(m_1 + m_2)$ 的单位是 kg^5 ；

G (引力常量) 的单位是 $\text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$ ；

r (半径) 的单位是 m ；

c (光速) 的单位是 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

辐射功率的表达式为： $P = \frac{32}{5}G^4(m_1m_2)^2(m_1 + m_2)c^{-5}r^\alpha$

等式左右单位应相同

$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} = \text{kg}^5 \cdot (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})^{-5} \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2})^4 \cdot \text{m}^\alpha$

化简即： $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} = \text{kg} \cdot \text{m}^{(7+\alpha)} \cdot \text{s}^{-3}$

$\alpha = -5$

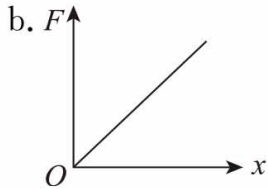
b. 双星系统的辐射功率： $P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{Gm_1m_2}{2r^2} \cdot \frac{\Delta r}{\Delta t}$

又因为 $P = \frac{32}{5}(m_1 m_2)^2 (m_1 + m_2) c^{-5} G^4 r^{-5}$

所以 $v_r = \frac{64}{5} m_1 m_2 (m_1 + m_2) c^{-5} G^3 r^{-3}$

20. (12 分)

(1)a. $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$



$$E_p = \frac{1}{2} k A^2$$

(2)a. 电子进入正电荷离子层受力 $F = -\frac{\rho e}{\epsilon_0} x$, 沿 x 轴方向做简谐运动, 初速度 $v_x = v \cos \theta$;

垂直于 x 轴方向做匀速直线运动, 速度为 $v_y = v \sin \theta$ 。

入射角为 θ 的电子刚好不射入负电荷离子层

由功能关系: $-\frac{1}{2} \frac{\rho e}{\epsilon_0} d \cdot d = \frac{1}{2} m v_y^2 - \frac{1}{2} m (v_x^2 + v_y^2)$

$$\cos \theta = \frac{d}{v} \sqrt{\frac{\rho e}{m \epsilon_0}}$$

$$\theta = \arccos\left(\frac{d}{v} \sqrt{\frac{\rho e}{m \epsilon_0}}\right)。$$

b. 电子在分界面上形成的图形为圆。

入射角为 θ 的电子进入离子层之前在垂直于 x 轴方向发生的位移为 y_1 ;

进入离子层后刚好到达界面时在垂直于 x 轴方向发生的位移为 y_2 ; 分界面图形圆的半径为 r 。

$$y_1 = d \tan \theta$$

$$y_2 = (v \sin \theta) \cdot \frac{T}{4}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m\varepsilon_0}{\rho e}}$$

$$r = y_1 + y_2$$

$$S = \pi r^2$$

综合以上各式,得:
$$S = \pi \left(1 + \frac{\pi}{2}\right)^2 \frac{(\varepsilon_0 m v^2 - \rho e d^2)}{\rho e}$$