

中山大学本科生期末考试

考试科目：《大学物理》（A 卷）

学年学期：2018 学年第 2 学期

姓 名：_____

学 院/系：物理学院

学 号：_____

考试方式：闭卷/开卷

年级专业：_____

考试时长：120 分钟

班 别：_____

任课老师：_____

警示

《中山大学授予学士学位工作细则》第八条：“考试作弊者，不授予学士学位。”

-----以下为试题区域，共 25 道小题，总分 100 分，考生请在答题纸上作答-----

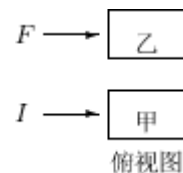
一、单选题（共 20 小题，每小题 2 分，共 40 分）

1. 质量相等的两个物体甲和乙，并排静止在光滑水平面上（如图所示）。现用一水平恒力 \vec{F} 作用在物体甲上，

同时给物体乙一个与 \vec{F} 同方向的瞬时冲量 \vec{I} ，使两物体沿同一方向运动，

则两物体再次达到并排的位置所经过的时间为：[B]

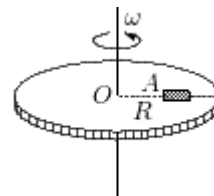
(A) I/F ； (B) $2I/F$ ； (C) $2F/I$ ； (D) F/I 。



2. 在作匀速转动的水平转台上，与转轴相距 R 处有一体积很小的工件 A ，如图所示。设工件与转台间静

摩擦系数为 μ_s ，若使工件在转台上无滑动，则转台的角速度 ω 应满足 [A]

(A) $\omega \leq \sqrt{\frac{\mu_s g}{R}}$ ； (B) $\omega \leq \sqrt{\frac{3\mu_s g}{2R}}$ ； (C) $\omega \leq \sqrt{\frac{3\mu_s g}{R}}$ ； (D) $\omega \leq 2\sqrt{\frac{\mu_s g}{R}}$ 。



3. 一小船相对于河水以速率 $v = 5.00\text{m/s}$ 划行。当它在流速为 $u = 2.00\text{m/s}$ 的河水中逆流而上之时，有一木桨落

入水中顺流而下，船上人 $t_1 = 6$ 秒钟后发觉，即返回追赶， t_2 秒钟后可追上此桨，则 $t_2 =$ [A]。

(A) 6.0 s； (B) 5.0 s； (C) 4.0 s； (D) 3.0 s。

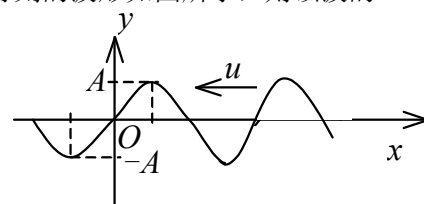
4. 当重物减速下降时，合外力对它做的功 [B]

(A) 为正值； (B) 为负值； (C) 为零； (D) 先为正值，后为负值。

5. 一平面简谐波，沿 x 轴负方向传播。角频率为 ω ，波速为 u 。设 $t = T/4$ 时刻的波形如图所示，则该波的

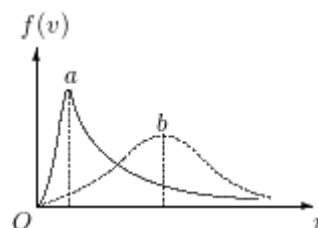
表达式为：[D]

(A) $y = A \cos \omega(t - xu)$ (B) $y = A \cos[\omega(t - x/u) + \frac{1}{2}\pi]$



(C) $y = A \cos[\omega(t + x/u)]$ (D) $y = A \cos[\omega(t + x/u) + \pi]$

6. 设图示的两条曲线分别表示在相同温度下氧气和氢气分子的速率分布曲线：令 $(v_p)_{O_2}$ 和 $(v_p)_{H_2}$ 分别表示氧气和氢气的最概然速率，则 [B]



- (A) 图中 a 表示氧气分子的速率分布曲线； $(v_p)_{O_2} / (v_p)_{H_2} = 4$;
 (B) 图中 a 表示氧气分子的速率分布曲线； $(v_p)_{O_2} / (v_p)_{H_2} = 1/4$;
 (C) 图中 b 表示氧气分子的速率分布曲线； $(v_p)_{O_2} / (v_p)_{H_2} = 1/4$;
 (D) 图中 b 表示氧气分子的速率分布曲线； $(v_p)_{O_2} / (v_p)_{H_2} = 4$ 。
7. 在标准状态下体积比为 1 : 2 的氧气和氢气(均视为刚性分子理想气体)相混合，混合气体中氧气和氢气的内能之比为 [B]
- (A) 1 : 2; (B) 5 : 6; (C) 5 : 3; (D) 10 : 3。
8. 一个容器内储存有一摩尔氢气和一摩尔氦气，若两种气体各自对器壁产生的压强分别为 p_1 和 p_2 ，则两者的大小关系为 [C]

(A) $p_1 > p_2$ (B) $p_1 < p_2$ (C) $p_1 = p_2$ (D) 无法确定

9. 设速率分布函数为 $f(v)$ ，在 N 个理想气体分子的容器中，气体分子速率在 $v_1 \sim v_2$ 间的分子数为 [C]

(A) $\int_{v_1}^{v_2} f(v) dv$ (B) $f(v)(v_1 - v_2)$ (C) $\int_{v_1}^{v_2} Nf(v) dv$ (D) $Nf(v)(v_1 - v_2)$

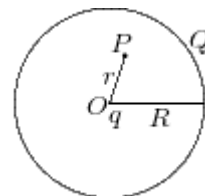
10. 两瓶不同种类的理想气体，它们的温度和压强都相同，但体积不同，则单位体积内的气体分子数 n ，单位体积内的气体分子的总平动动能 (E_K/V) ，单位体积内的气体质量 ρ ，分别有如下关系： [C]

(A) n 不同， (E_K/V) 不同， ρ 不同 (B) n 不同， (E_K/V) 不同， ρ 相同

(C) n 相同， (E_K/V) 相同， ρ 不同 (D) n 相同， (E_K/V) 相同， ρ 相同

11. 真空中一半径为 R 的球面均匀带电 Q ，在球心 O 处有一电荷为 q 的点电荷，如图所示。设无穷远处为电势零点，则在球内离球心 O 距离为 r 的 P 点处的电势为 [B]

(A) $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$; (B) $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{r} + \frac{Q}{R} \right)$; (C) $\frac{q+Q}{4\pi\epsilon_0 r}$; (D) $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{r} + \frac{Q-q}{R} \right)$ 。



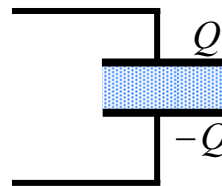
12. 一电偶极子放在均匀电场中，当电偶极矩的方向与场强方向不在同一直线上时，其所受的合力 \vec{F} 和合力矩 \vec{M} 为： [B]

(A) $\vec{F} = 0$, $\vec{M} = 0$; (B) $\vec{F} = 0$, $\vec{M} \neq 0$; (C) $\vec{F} \neq 0$, $\vec{M} = 0$; (D) $\vec{F} \neq 0$, $\vec{M} \neq 0$ 。

13. 把相对电容率 ϵ_r 的电介质加入到没接电源的平行板电容器中间,

如图 (电容器初始带电荷 Q), 说法错误的是 (D)

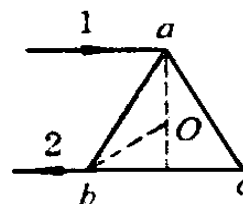
- A) 电容一定增大; B) 极板上电荷不变;
C) 介质上下表面出现极化电荷; D) 两极板之间电势差不变。



14. 电流由长直导线 1 沿平行 bc 边方向经 a 点流入一电阻均匀分布的正三角形线框, 再由 b 点沿 cb 流出, 经长直导线 2 返回电源 (如图), 已知直导线上的电流为 I , 三角框的每一边长为 L . 若载流导线 1、2 和三角形框在三角框中心 O 点产生的磁感应强度分别用 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 和 \vec{B}_3 表示, 则 O 点的磁感应强度的大小

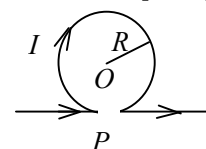
(D)

- (A) $B=0$, 因为 $B_1=B_2=B_3=0$ (B) $B=0$, 因为 $\vec{B}_1+\vec{B}_2=0$ 、 $B_3=0$
(C) $B\neq 0$, 因为 $\vec{B}_1+\vec{B}_2=0$ 但 $B_3\neq 0$ (D) $B\neq 0$, 因为 $B_3=0$, 但 $\vec{B}_1+\vec{B}_2\neq 0$



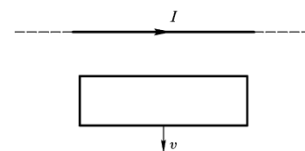
15. 无限长直导线在 P 处弯成半径为 R 的圆, 当通以电流 I 时, 则在圆心 O 点的磁感强度大小等于 [D]

- (A) $\frac{\mu_0 I}{2\pi R}$ (B) $\frac{\mu_0 I}{4R}$ (C) 0 (D) $\frac{\mu_0 I}{2R}(1-\frac{1}{\pi})$



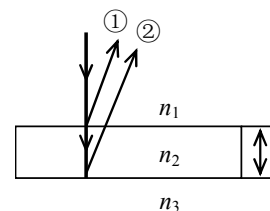
16. 一根无限长平行直导线载有电流 I , 一矩形线圈位于导线平面内沿垂直于载流导线方向以恒定速率运动 (如图所示), 则 [B]

- (A) 线圈中无感应电流 (B) 线圈中感应电流为顺时针方向
(C) 线圈中感应电流为逆时针方向 (D) 线圈中感应电流方向无法确定



17. 如图所示, 折射率为 n_2 、厚度为 e 的透明介质薄膜的上方和下方的透明介质的折射率分别为 n_1 和 n_3 , 已知 $n_1 < n_2 > n_3$. 若用波长为 λ 的单色平行光垂直入射到该薄膜上, 则从薄膜上、下两表面反射的光束 (用 ①与②示意) 的光程差是 [B]

- (A) $2n_2 e$. (B) $2n_2 e - \lambda/2$.
(C) $2n_2 e - \lambda$. (D) $2n_2 e - \lambda/(2n_2)$.



18. 根据惠更斯-菲涅耳原理, 若已知光在某时刻的波阵面为 S , 则 S 的前方某点 P 的光强度决定于波阵面 S 上所有面积元发出的子波各自传到 P 点的 [D]

- (A) 振动振幅之和; (B) 光强之和; (C) 振动振幅之和的平方; (D) 振动的相干叠加

19. 在相同的时间内, 一束波长为 λ 的单色光在空气中和在玻璃中 [C]

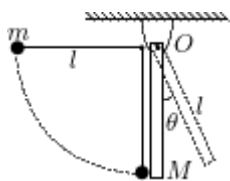
- (A) 传播的路程相等, 走过的光程相等; (B) 传播的路程相等, 走过的光程不相等;
(C) 传播的路程不相等, 走过的光程相等; (D) 传播的路程不相等, 走过的光程不相等.

20. 在双缝干涉实验中, 为使屏上的干涉条纹间距变大, 可以采取的办法是 [B]

- (A) 使屏靠近双缝. (B) 使两缝的间距变小.
(C) 把两个缝的宽度稍微调窄. (D) 改用波长较小的单色光源

二、计算题（共 5 小题，共 60 分。第25，26两题二选一，两题全做都不给分）

21. 长为 l 的匀质细杆（刚体），可绕过杆的一端 O 点的水平光滑固定轴转动，开始时静止于竖直位置。紧挨 O 点悬一小球，轻质摆线的长度也是 l ，摆球质量为 m 。若小球从水平位置由静止开始自由摆下，如图，且摆球与细杆作完全弹性碰撞(机械能守恒)，碰撞后摆球正好静止。求：(1)细杆的质量；(2)细杆摆起的最大角度 θ 。（匀质细杆绕端点的转动惯量为 $ml^2/3$ ）



答案：解：(1) 设摆球与细杆碰撞时速度为 v_0 ，碰后细杆角速度为 ω ，系统角动量守恒得：

$$J\omega = mv_0l \quad 2\text{分}$$

由于是弹性碰撞，所以单摆的动能变为细杆的转动动能

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}J\omega^2 \quad 2\text{分}$$

代入 $J = \frac{1}{3}Ml^2$ ，由上述两式可得 $M = 3m$ 2分

(2) 由机械能守恒式

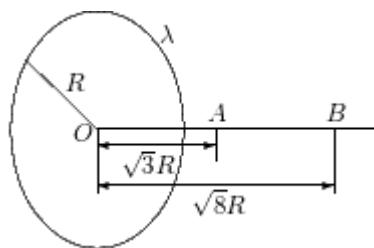
$$\frac{1}{2}mv_0^2 = mgl \text{ 及 } \frac{1}{2}J\omega^2 = \frac{1}{2}Mgl(1 - \cos\theta) \quad 2\text{分}$$

并利用(1)中所求得的关系可得 $\theta = \arccos \frac{1}{3}$ 2分

前两个公式 3 分。

22. 如图所示，一半径为 R 的均匀带正电圆环，其电荷线密度为 λ 。在其轴线上有 A 、 B 两点，它们与环心的距离分别为 $\overline{OA} = \sqrt{3}R$ ， $\overline{OB} = \sqrt{8}R$ 。一质量为 m 、电荷为 q 的粒子从 A 点运动到 B 点。

- 1) 求 A 点和 B 点的电势；
2) 求在此过程中电场力所作的功。



答案：解：设无穷远处为电势零点，则A、B两点电势分别为

$$U_A = \frac{\lambda R}{2\varepsilon_0 \sqrt{R^2 + 3R^2}} = \frac{\lambda}{4\varepsilon_0} \quad 2 \text{ --- 4 分}$$

$$U_B = \frac{\lambda R}{2\varepsilon_0 \sqrt{R^2 + 8R^2}} = \frac{\lambda}{6\varepsilon_0} \quad 1 \text{ --- 4 分}$$

q 由A点运动到B点电场力作功

$$A = q(U_A - U_B) = q\left(\frac{\lambda}{4\varepsilon_0} - \frac{\lambda}{6\varepsilon_0}\right) = \frac{q\lambda}{12\varepsilon_0} \quad \text{----- 4 分}$$

注：也可以先求轴线上一点场强，用场强线积分计算。

23. 已知 10 mm^2 裸铜线通过50 A 电流。电流在导线横截面上均匀分布。求：

(1) 导线内、外磁感强度的分布；(2) 导线表面的磁感强度

分析 可将导线视作长直圆柱体，电流沿轴向均匀流过导体，故其磁场必然呈轴对称分布，即在与导线同轴的圆柱面上的各点， B 大小相等。方向与电流成右手螺旋关系。为此，可利用安培环路定理，求出导线表面的磁感强度。

解 (1) 围绕轴线取同心圆为环路L，取其绕向与电流成右手螺旋关系，根据安培环路定理，有

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = B \cdot 2\pi r = \mu_0 \sum I$$

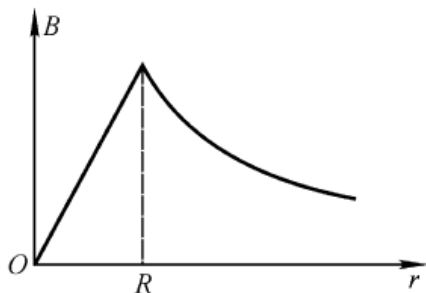
在导线内 $r < R$ ， $\sum I = \frac{I}{\pi R^2} \pi r^2 = \frac{\pi r^2}{R^2} I$ ，因而

$$B = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2} \text{-----3分}$$

在导线外 $r > R$ ， $\sum I = I$ ，因而

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \text{-----3分}$$

磁感强度分布曲线如图所示。



-----2分

(2) 在导线表面磁感强度连续, 由 $I = 50 \text{ A}$, $R = \sqrt{s/\pi} = 1.78 \times 10^{-3} \text{ m}$, 得

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} = 5.6 \times 10^{-3} \text{ T} \text{ -----4分}$$

24、用白光垂直照射置于空气中的厚度为 $0.50 \mu\text{m}$ 的玻璃片. 玻璃片的折射率为 1.50. 在可见光范围内 ($400 \text{ nm} \sim 760 \text{ nm}$) 哪些波长的反射光有最大限度的增强?

($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$)

加强, $2ne + \frac{1}{2}\lambda = k\lambda$, ----- 6 分

$$\lambda = \frac{2ne}{k - \frac{1}{2}} = \frac{4ne}{2k - 1} = \frac{3000}{2k - 1} \text{ nm} \text{ -----4 分}$$

$$k = 1, \quad \lambda_1 = 3000 \text{ nm},$$

$$k = 2, \quad \lambda_2 = 1000 \text{ nm},$$

$$k = 3, \quad \lambda_3 = 600 \text{ nm}, \text{ -----1 分}$$

$$k = 4, \quad \lambda_4 = 428.6 \text{ nm}, \text{ -----1 分}$$

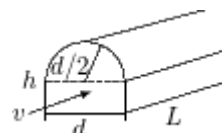
$$k = 5, \quad \lambda_5 = 333.3 \text{ nm}.$$

(以下两题为相对论和流体二选一, 两题全做都不给分。)

25. (相对论) 一隧道长为 L , 宽为 d , 高为 h , 拱顶为半圆, 如图. 设想一列车以极高的速度 v 沿隧道长度方向通过隧道, 若从列车上观测,

(1) 隧道的尺寸如何?

(2) 设列车的长度为 l_0 , 它全部通过隧道的时间是多少?



答案：解：(1) 从列车上观察，隧道的长度缩短，其它尺寸均不变。
隧道长度为

$$L' = L\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

(2) 从列车上观察，隧道以速度 v 经过列车，它经过列车全长所需时间为

$$t' = \frac{L'}{v} + \frac{l_0}{v} = \frac{L\sqrt{1 - (v/c)^2} + l_0}{v}$$

这也即列车全部通过隧道的时间。

两小问各 6 分

26. (流体) 一水平管粗细不均，粗、细处管道的直径比为 2 : 1，已知粗管内水的流速为 1m/s, 求：

1) 细管处水的流速；

2) 粗、细管内水的压强差。

解：1) 面积比为 $S_1 : S_2 = 4 : 1$ -----3

由 $S_1 v_1 = S_2 v_2$ ，得 $v_2 = 4v_1 = 4\text{m/s}$ -----3

2) 由 $p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$ -----3

得 $p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$

$$= \frac{1}{2} \times 1.0 \times 10^3 \times (4^2 - 1^2) = 7.5 \times 10^3 \text{ Pa}$$

-----3