

2021年春季大学物理II

期末模拟考试答案

2021-06-11

部分物理常量： $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ， $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ， $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ， $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ， $\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ ， $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$ ， $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

一、选择题（每题3分）：

1. 质点作曲线运动， \vec{r} 表示位置矢量， \vec{v} 表示速度， \vec{a} 表示加速度， S 表示路程， a_t 表示切向加速度， v 表示速率，下列表达式中：
- (1) $d\vec{v}/dt = \vec{a}$ ， (2) $d\vec{r}/dt = \vec{v}$ ，
(3) $dS/dt = v$ ， (4) $|d\vec{v}/dt| = a_t$.

(A) 只有(1)、(4)是对的.

(B) 只有(3)是对的.

(C) 只有(2)是对的.

(D) 只有(2)、(4)是对的 .

【B】

2. 两个静止质量不同的粒子，当它们运动的质量分别为 m_1 和 m_2 时， $m_1 \neq m_2$ ，

发现它们的德布罗意波长相同，则这两种粒子的：

(A) 动量不同

(B) 能量相同

(C) 动能相同

(D) 动量相同

【D】

【C】

3. 下列说法正确的是

- (A) 电场强度为零的点，电势也一定为零
- (B) 电场强度不为零的点，电势也一定不为零
- (C) 电势在某一定区域内为常量，则电场强度在该区域内必定为零
- (D) 电势为零的点，电场强度也一定为零

【D】

4. 在驻波中，两个相邻波节间各质点的振动

- (A) 振幅相同，相位相同
- (B) 振幅不同，相位不同
- (C) 振幅相同，相位不同
- (D) 振幅不同，相位相同

【A】

5. 机械波的表达式为 $y = 0.05 \cos(6\pi t + 0.06\pi x) (\text{m})$ ，则

- (A) 周期为 $\frac{1}{3} \text{s}$
- (B) 波速为 $10 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
- (C) 波长为 100m
- (D) 波沿 x 轴正方向传播

6. 关于刚体对轴的转动惯量，下列说法中正确的是：

[C]

- (A) 只取决于刚体的质量，与质量的空间分布和轴的位置无关
- (B) 取决于刚体的质量和质量的空间分布，与轴的位置无关
- (C) 取决于刚体的质量、质量的空间分布和轴的位置
- (D) 只取决于转轴的位置，与刚体的质量和质量的空间分布无关

7. 下列几种说法中正确的是

[C]

- (A) 电场中某点电场强度的方向，就是将点电荷放在该点所受电场力的方向。
- (B) 在以点电荷为中心的球面上，由该点电荷所产生的电场强度处处相同。
- (C) 电场强度方向可由 $\vec{E} = \vec{F} / q$ 定出，其中 q 为试验电荷的电量， q 可正、可负， \vec{F} 为试验电荷所受的电场力。
- (D) 以上说法都不正确。

8. 两根长度相同的细导线分别密绕在半径为 R 和 r 的两个长直圆筒上形成两个螺线管，两个螺线管的长度相同， $R=2r$ ，两螺线管通过的电流均为 I ，两螺线管中的磁感应强度大小分别为 B_R 和 B_r ，满足：

- (A) $2B_R = B_r$
- (B) $B_R = B_r$
- (C) $B_R = 2B_r$
- (D) $B_R = 4B_r$

[A]

9. 已知某金属的截止(红限)频率为 ν_0 ，用频率为 ν_1 和 ν_2 的两种单色光先后照射

该金属均能产生光电效应，测得两次照射时的遏止电势差大小关系为 $U_{01} = \frac{1}{2}U_{02}$ ，

则这两种单色光频率的关系为：

(A) $\nu_2 = 2\nu_1 - \nu_0$

(B) $\nu_2 = \nu_1 + \nu_0$

(C) $\nu_2 = \nu_1 - \nu_0$

(D) $\nu_2 = 2\nu_1 + \nu_0$

【A】

10. 宇宙飞船相对于地面以速度 v 作匀速直线飞行，某一时刻飞船头部的宇航员向飞船尾部发出一个光讯号，经过 Δt (飞船上的钟) 时间后，被尾部的接收器收到，则由此可知飞船的固有长度为： (c 表示真空中光速)

(A) $c \cdot \Delta t$ (B) $v \cdot \Delta t$ (C) $\frac{c \cdot \Delta t}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$ (D) $c \cdot \Delta t \cdot \sqrt{1 - (v/c)^2}$

【A】

二、填空题（每题3分）：

1. 某质点在力 $F = (4+5x)\vec{i}$ (SI)的作用下沿x轴作直线运动，在从 $x=0$ 移动到 $x=10$ m的过程中，力 F 所做的功为 290 J。
2. 花样滑冰运动员绕通过自身的竖直轴转动，开始时两臂伸开，转动惯量为 J_0 ，角速度为 ω 。然后她将两臂收回，使转动惯量减少为 $1/3 J_0$ 。这时她转动的角速度变为 3ω 。
3. 如果两个偏振片堆叠在一起，且偏振化方向之间夹角为 60° ，光强为 I_0 的自然光垂直入射在偏振片上，则出射光强为 $I_0/8$ 。

4. 用波长为 λ 的单色光垂直照射折射率为 n 的劈形膜形成等厚干涉条纹, 若测得相邻明条纹的间距为 l , 则劈尖角 $\theta =$ _____。 $\arcsin(\frac{\lambda}{2nl})$ 或 $\frac{\lambda}{2nl}$

5. 一束自然光从空气投射到玻璃表面上 (空气折射率为1), 当折射角为 30° 时, 反射光是完全偏振光, 则此玻璃板的折射率等于 _____ $\sqrt{3}$ _____。

6. 一金属球壳的内、外半径分别为 R_1 和 R_2 , 带电荷为 Q 。在球心处有一电荷为 q 的点电荷, 则球壳内表面上的电荷面密度 = _____。 $-q/(4\pi R_1^2)$

7.一半径为 R 的均匀带电球面，带有电荷 Q 。若规定该球面上电势为零，则球面外距球心 r 处的 P 点的电势 $U_P =$ _____。 $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)$

8. 在康普顿效应实验中，若散射光波长是入射光波长的1.2倍，则散射光光子能量 E 与反冲电子动能 E_K 之比 E / E_K 为 5。

9. 已知一静止质量为 m_0 的粒子，其固有寿命为实验室测量到的寿命的 $1/n$ ，则此粒子的动能是 _____。 $m_0 c^2 (n - 1)$

10. 已知粒子在一维矩形无限深势阱中运动，其波函数为： $\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \cdot \cos \frac{3\pi x}{2a}$
($-a \leq x \leq a$)，那么粒子在 $x = 5a/6$ 处出现的概率密度为 _____。 $\frac{1}{2a}$

计算题一（10分）：

一长为 l ，质量为 m 的均质细杆竖直放置，下端与一固定的光滑水平轴O连接，杆可绕该轴自由转动，如图所示。若杆受一微小扰动，从静止开始转动，试求当杆转到与竖直方向成 θ 角时的角速度和角加速度。

解：根据刚体定轴转动定理可得 $mg \frac{l}{2} \sin \theta = J \alpha$ 2分

所以角加速度为 $\alpha = \frac{mg \frac{l}{2} \sin \theta}{J} = \frac{mg \frac{l}{2} \sin \theta}{\frac{1}{3} ml^2} = \frac{3g \sin \theta}{2l}$ 3分

又由于 $\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d\omega}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} = \omega \frac{d\omega}{d\theta} = \frac{3g \sin \theta}{2l}$ 2分

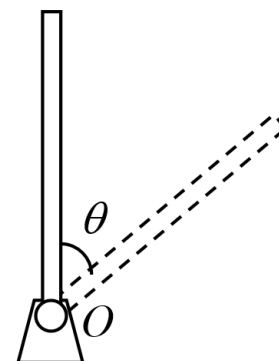
分离变量积分得 $\int_0^\omega \omega d\omega = \int_0^\theta \frac{3g \sin \theta}{2l} d\theta$ 2分

可的角速度 $\omega = \sqrt{\frac{3g(1 - \cos \theta)}{l}}$ 1分

或

根据能量守恒求角速度 $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} ml^2 \omega^2 = mg \frac{l}{2} (1 - \cos \theta)$ 3分

可得 $\omega = \sqrt{\frac{3g(1 - \cos \theta)}{l}}$ 2分



计算题二（10分）：

一内外半径分别为 R_1 , R_2 的均匀带电平面圆环，电荷面密度为 σ ，其中心有一半径为 r 的导体小环($R_1 \gg r$)，二者同心共面如图所示。设带电圆环以变角速度 $\omega = \omega(t)$ 绕垂直于环面的中心轴旋转，已知小环的电阻为 R ，求导体小环中的感应电流 I 的大小及方向。

解：带电平面圆环的旋转相当于圆环中通有电流 I 。在 R_1 与 R_2 之间取半径为 R 、宽度为 dR 的环带，环带内有电流

$$dI = \sigma R \omega(t) dR \quad 2 \text{ 分}$$

dI 在圆心 O 点处产生的磁场

$$dB = \frac{1}{2} \mu_0 dI / R = \frac{1}{2} \mu_0 \sigma \omega(t) dR$$

由于整个带电环面旋转，在中心产生的磁感应强度的大小为

$$B = \frac{1}{2} \mu_0 \sigma \omega(t) (R_2 - R_1) \quad 2 \text{ 分}$$

选逆时针方向为小环回路的正方向，则小环中

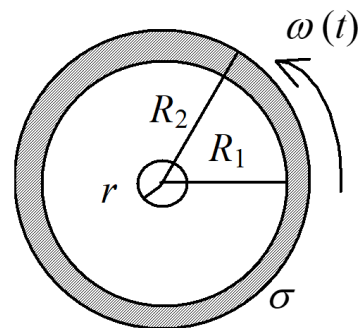
$$\Phi \approx \frac{1}{2} \mu_0 \sigma \omega(t) (R_2 - R_1) \pi r^2$$

$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{\mu_0}{2} \pi r^2 (R_2 - R_1) \sigma \frac{d\omega(t)}{dt} \quad 2 \text{ 分}$$

$$i = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = -\frac{\mu_0 \pi r^2 (R_2 - R_1) \sigma}{2R} \cdot \frac{d\omega(t)}{dt} \quad 2 \text{ 分}$$

方向：当 $d\omega(t)/dt > 0$ 时， i 与选定的正方向相反。

当 $d\omega(t)/dt < 0$ 时， i 与选定的正方向相同。 2 分



计算题三（10分）：

一列平面简谐波自左向右传播，途经 A 点时， A 点的振动方程为： $y = 0.03 \cos(4\pi t - \pi)$ (SI)，沿波传播方向上另一点 B ， B 点距 A 点 9 米，若波速为 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，当坐标 x 向左为正方向，以 A 点为坐标原点时其波动方程为何？ B 点的振动方程为何？

解：由图知，此波是逆行波，2 分

若取 A 点为坐标原点

且 A 点的振动方程为：

$$y = 0.03 \cos(4\pi t - \pi)$$

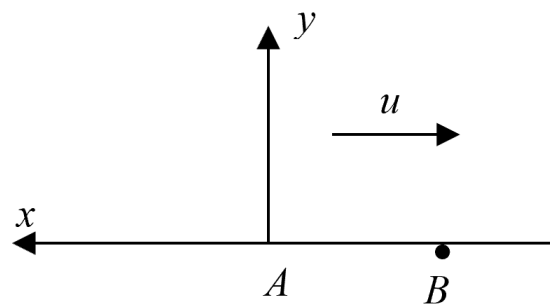
则波动方程为：

$$y(t, x) = 0.03 \cos[4\pi(t + \frac{x}{u}) - \pi] = 0.03 \cos[4\pi(t + \frac{x}{20}) - \pi] = 0.03 \cos(4\pi t + \frac{\pi x}{5} - \pi) \quad 3 \text{ 分}$$

$$\because AB = 9\text{m}, \text{ 即 } x = -9\text{m} \quad 2 \text{ 分}$$

代入波动方程中，得 B 点的振动方程

$$y_B = 0.03 \cos(4\pi t + \frac{-9\pi}{5} - \pi) = 0.03 \cos(4\pi t - \frac{14\pi}{5}) \quad 3 \text{ 分}$$



计算题四（10分）：

在双缝干涉实验中，用波长 $\lambda = 550 \text{ nm}$ 的单色平行光垂直入射到缝间距 $a = 2 \times 10^{-4} \text{ m}$ 的双缝上，屏到双缝的距离 $D = 2 \text{ m}$ 。求：

(1) 中央明纹两侧的两条第10级明纹中心的间距；

(2) 用一厚度为 $e = 6.6 \times 10^{-6} \text{ m}$ 、折射率为 $n = 1.58$ 的玻璃片覆盖一缝后，零级明纹将移到原来的第几级明纹处？

解：(1) 相邻两明纹间距离 $\Delta x = D\lambda/a$ -----2分

因此，两侧两条第10级明纹间距为 $20D\lambda/a = 0.11 \text{ m}$ -----2分

(2) 覆盖玻璃片后，零级明纹应满足： $(n-1)e + r_1 = r_2$ -----2分

设不盖玻璃片时，此点为第 k 级明纹，则应有： $r_2 - r_1 = k\lambda$ -----2分

所以： $(n-1)e = k\lambda$ ； $k = (n-1)e/\lambda = 6.96 \approx 7$

零级明纹移到原第7级明纹处-----2分