

北京交通大学考试试题(A卷)

课程名称: 大学物理(A) II

学年学期: 2024—2025 学年第 1 学期

课程编号: M108002B

开课学院: 物工学院

出题教师: 大物课程组

学院 _____

学号 _____

姓名 _____

注意事项:

1. 本卷共四大题, 6 页。

2. 闭卷, 可使用计算器。

3. 答案写在答题卡上; 请在答题卡和本题卷上填写学号和姓名等信息。

4. 长度单位换算关系: $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$; $1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$; $1\text{mm} = 10^{-3}\text{m}$; $1\text{cm} = 10^{-2}\text{m}$

5. 物理常量符号及其计算用值:

普朗克常量 $h = 6.626 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$

$\hbar = h / (2\pi)$

电子电荷量 $e = 1.602 \times 10^{-19}\text{C}$

电子质量 $m_e = 9.109 \times 10^{-31}\text{kg}$

一、单项选择题 (31 分)

1. 一水平放置的弹簧振子沿 x 轴做简谐振动, 弹簧的弹性系数为 1.6N/m , 振子的质量为 0.4kg 。

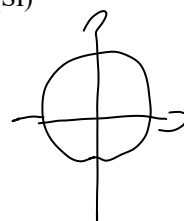
设平衡位置为坐标原点, 初始时刻 ($t=0$) 振子的位置 $x=0.1\text{m}$, 速度的大小为 0.2m/s , 方向沿 x 轴负方向, 则弹簧振子的运动方程为 [A]。

A. $x = \sqrt{2} \times 10^{-1} \cos\left(2t + \frac{\pi}{4}\right)$ (SI) B. $x = \sqrt{2} \times 10^{-1} \cos(4t)$ (SI)

C. $x = 1 \times 10^{-1} \cos\left(2t - \frac{\pi}{4}\right)$ (SI) D. $x = 1 \times 10^{-1} \cos\left(4t + \frac{\pi}{4}\right)$ (SI) E. $x = \sqrt{2} \times 10^{-1} \cos(2t)$ (SI)

$T = \pi$

$\omega = 2$



当一平面简谐纵波在弹性介质中传播时, 请回答第 2 至 4 题。

2. 介质中某质元的机械能 [B]。

A. 守恒

B. 不守恒

3. 在任一时刻, 介质中某质元的振动动能和弹性势能 [A]。

A. 相等

B. 不相等

C. 不一定相等

4. 当介质质元处在哪个位置时, 其弹性势能最小? [B]。

A. 平衡位置处

B. 最大位移处

5. 在机械驻波中, 当各质元运动到其平衡位置时, 则 [C]。

A. 各质元的动能为零, 势能为零

B. 各质元的动能为零, 驻波的能量为势能, 能量集中在波节附近

C. 各质元的势能为零, 驻波的能量为动能, 能量集中在波腹附近

-3.4

-1.5

6. 普朗克量子假说是为解释 []。

- A. 黑体辐射的实验规律而提出来的
B. 光电效应实验规律而提出来的
C. 原子光谱的规律性而提出来的
D. X 射线散射的实验规律而提出来的

7. 用波长为 λ_0 的 X 射线分别照射锂 ($Z=3$) 和铁 ($Z=26$)。若在同一散射角 θ 下测得康普顿散射的 X 射线的波长分别是 λ_{Li} 和 λ_{Fe} (λ_{Li} 和 λ_{Fe} 均大于 λ_0)，则 []。

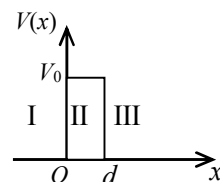
- A. $\lambda_{\text{Li}} > \lambda_{\text{Fe}}$
B. $\lambda_{\text{Li}} = \lambda_{\text{Fe}}$
C. $\lambda_{\text{Li}} < \lambda_{\text{Fe}}$

8. 在氢放电管中，用动能为 12.5 eV 的自由电子去轰击处于基态的氢原子 (能量为 -13.6 eV)，此时氢原子所能发射的光子的能量只能是 []。

- A. 12.1 eV
B. 12.1 eV, 10.2 eV 和 3.4 eV
C. 10.2 eV
D. 12.1 eV, 10.2 eV 和 1.9 eV
E. 12.1 eV 和 10.2 eV

9. 一势垒如图所示，设 V_0 和 d 都不很大。根据量子力学理论，在 I 区向右运动的能量为 E 的微观粒子， []。

- A. 如果 $E > V_0$ ，可全部穿透势垒 II 进入 III 区
B. 如果 $E < V_0$ ，都将受到 $x=0$ 处势垒壁的反射，不可能进入 II 区
C. 如果 $E < V_0$ ，都不可能穿透势垒 II 进入 III 区
D. 如果 $E < V_0$ ，有一定概率穿透势垒 II 进入 III 区

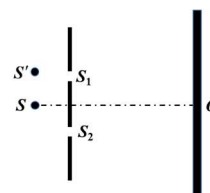


10. 以下哪个实验证实了电子自旋磁矩空间取向量子化。 []

- A. 光电效应实验
B. 康普顿效应实验
C. 施特恩-格拉赫实验
D. 戴维孙-革末实验

11. 在双缝干涉实验中，若单色点光源 S 到缝 S_1 和 S_2 的距离相等，则观察屏上中央明条纹中心位于图中 O 处。现将光源 S 向上移动到图中的 S' 位置，则 []。

- A. 中央明条纹向上移动，且条纹间距不变
B. 中央明条纹向下移动，且条纹间距不变
C. 中央明条纹向上移动，且条纹间距增大
D. 中央明条纹向下移动，且条纹间距增大



12. 在迈克耳孙干涉仪的一条光路中，垂直于光路放入一折射率为 n 的透明介质薄膜。与未放入此薄膜时相比较，两光束光程差的改变量为 δ ，则透明介质薄膜的厚度为 []。

- A. $\frac{\delta}{2}$
B. $\frac{\delta}{2n}$
C. $\frac{\delta}{n}$
D. $\frac{\delta}{2(n-1)}$
E. $\frac{\delta}{n-1}$

$$\delta = 2(n-1)d$$

$$d \sin \theta = \frac{\delta}{2} = 2\lambda$$

13. 一单色平行光垂直照射在宽度为 1.0 mm 的单缝上, 在缝后放一焦距为 2.0 m 的凸透镜。已知位于透镜焦平面处的屏幕上的衍射中央明条纹线宽度为 2.0 mm, 则入射光波长为 []。

- A. 100 nm B. 400 nm C. 500 nm D. 600 nm

14. 孔径相同的微波望远镜和光学望远镜比较, 前者的分辨本领较小的原因是 []。

- A. 星体发出的微波能量比可见光能量小 B. 微波更易被大气吸收
C. 大气对微波折射率较小 D. 微波波长比可见光波长大

15. 用波长为 400 ~ 760 nm 的白光照射某光栅, 其衍射光谱的第二级和第三级部分重叠, 则第二级光谱被重叠的部分的波长范围是 []。

- A. 600 ~ 760 nm B. 507 ~ 760 nm C. 400 ~ 507 nm D. 400 ~ 600 nm

16. 波长 λ 为 600 nm 的单色平行光垂直照射在光栅常量 d 为 6000 nm、缝宽 a 为 1500 nm 的光栅上。在观察屏上能观察到的主极大谱线的条数为 []。

- A. 9 条 B. 15 条 C. 17 条 D. 19 条 E. 21 条

17. 当自然光以布儒斯特角入射到两种各向同性介质的交界面时, 反射光为 []。

- A. 线偏振光, 其光矢量的振动方向平行于入射面 B. 部分偏振光
C. 线偏振光, 其光矢量的振动方向垂直于入射面 D. 椭圆偏振光

注意: 请把选择题答案填涂到答题卡上。

二、填空题 (52 分)

1. (2 分) 有两个同方向的简谐振动, 它们的运动方程分别为 $x_1 = 2 \times 10^{-2} \cos(1006\pi t)$ (SI) 和 $x_2 = 2 \times 10^{-2} \cos(1000\pi t + \pi/4)$ (SI)。这两个振动合成形成拍, 拍频为 3 Hz。

2. (2 分) 一质点同时参与了 x 方向的三个简谐振动, 它们的运动方程分别为: $x_1 = 0.01 \cos\left(2t + \frac{7\pi}{6}\right)$ (SI), $x_2 = 0.04 \cos\left(2t + \frac{\pi}{2}\right)$ (SI) 和 $x_3 = 0.01 \cos\left(2t + \frac{11\pi}{6}\right)$ (SI), 则合振动的振幅为 0.03 m。

3. (4 分) 一水平放置的弹簧振子系统的总机械能 E 为 10 J, 振幅 A 为 0.10 m, 振子的最大速率 v_{\max} 为 0.20 m/s, 则弹簧的弹性系数 k 为 2000 N/m, 振子的振动周期 T 为 π s。

4. (2 分) 黑体的能谱曲线存在一个峰值。设黑体在温度 T_1 和 T_2 时, 黑体能谱曲线峰值所对应波长分别为 λ_1 和 λ_2 , 则 $\lambda_1 : \lambda_2 = \frac{T_2}{T_1}$ 。设黑体在温度 T_1 和 T_2 时, 黑体的辐出度分别为 E_1 和 E_2 , 则 $E_1 : E_2 = \frac{T_1^4}{T_2^4}$ 。

5. (2分) 在康普顿效应实验中, 若散射光波长 λ 是入射光波长 λ_0 的 1.04 倍, 则入射光光子能量与反冲电子的动能之比是 2.6。

6. (2分) 为了解释氢原子光谱, 1913 年丹麦物理学家玻尔提出了一个氢原子模型, 它包含三条假设, 分别是定态假设、跃迁假设和轨道 量子化假设。根据上述假设, 可以推出氢原子的若干结论。

7. (3分) 动能为 40.0 eV 的电子的德布罗意波长为 1.94×10^{-10} m。 (结果保留 3 位有效数字)

8. (2分) 已知粒子在一维无限深方势阱中运动, 在阱中的波函数为

$$\psi(x, t) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{3\pi}{a}x\right) e^{-\frac{iE}{\hbar}t} \quad (0 < x < a)$$

式中的 E , a 和 \hbar 为确定的常量, 则粒子在 $x = \frac{a}{12}$ 处出现的概率密度为 $\frac{1}{a}$ 。

9. (2分) 在量子力学中, 用波函数描写微观粒子的状态。此波函数必须满足单值、有限、连续和归一化性。

10. (2分) 在量子力学中, 粒子的坐标和动量之间应满足 $\Delta x \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$, 此关系式称为不确定关系, 它是 1927 年德国物理学家海森伯给出的。不确定关系也存在于能量与 时间 之间。

11. (2分) 主量子数 $n=3$ 的壳层内有 3 个支壳层, 该壳层最多能容纳 18 个电子。

12. (2分) 按照量子力学理论, 若氢原子中的电子的轨道角动量 L 为 $\sqrt{6}\hbar$, 则电子轨道角动量在空间某方向的分量 L_z 可能的取值分别为 $0, \pm\hbar, \pm 2\hbar$ 。

13. (2分) 在双缝干涉实验中, 所用单色光波长 $\lambda = 562.5$ nm, 双缝与观察屏的距离 $D = 1.2$ m, 若测得屏上相邻明条纹中心间距 $\Delta x = 1.5$ mm, 则双缝的间距 $d =$ 4.5×10^{-4} m。 (结果单位是 m)

14. (2分) 波长为 λ 的单色平行光垂直照射到劈形膜上, 劈尖角为 θ , 劈形膜的折射率为 n , 第 k 级明纹中心与第 $k+5$ 级明纹中心的间距是 $\frac{5\lambda}{2n \sin \theta}$ 。

15. (3分) 一平凸透镜, 凸面朝下放在一平板玻璃上。透镜刚好与平板玻璃接触。波长分别为 $\lambda_1 = 600$ nm 和 $\lambda_2 = 500$ nm 的两种单色光垂直入射, 观察反射光形成的牛顿环。从中心向外数的两种光的第三个明环中心所对应的空气膜厚度之差为 125 nm。 (空气的折射率为 1)

$$2ne + \frac{\lambda}{2} = 3\lambda$$

$$e = \frac{5\lambda}{4n}$$

16. (3分) 单色平行光垂直入射在缝宽 $a=0.15\text{ mm}$ 的单缝上。缝后有焦距 $f=0.4\text{ m}$ 的凸透镜，在其焦平面上放置观察屏。若屏上中央明条纹两侧的两个第三级暗纹中心之间的距离为 8 mm ，则入射光的波长 $\lambda = \underline{500}\text{ nm}$ 。(结果单位是 nm)

$$a \sin \theta = a \frac{x}{f} = k \lambda$$

$$\lambda = \frac{8 \times 0.15}{6 \times 0.4} = 0.5 \mu\text{m} = 500\text{ nm}$$

17. (2分) 若人眼瞳孔直径 D 为 3.00 mm ，对人眼视觉最灵敏的黄绿光的波长 λ 为 550 nm ，则人眼的最小分辨角为 $\underline{2.4 \times 10^{-4}}\text{ rad}$ 。(保留三位有效数字)

$$1.22 \frac{\lambda}{D}$$

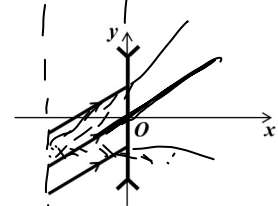
18. (2分) 某种透明介质对空气(空气的折射率为1)的全反射临界角为 30° ，那么光从空气入射到此介质时的布儒斯特角为 $\underline{\arctan n \sin 2}$ 。(保留三位有效数字)。

$$\sin \frac{n_2}{n_1} = \sin 30^\circ$$

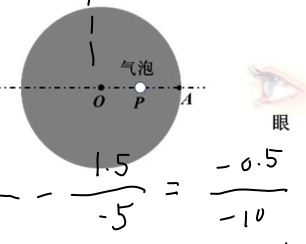
$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\pi}{6}$$

19. (4分) 要使一束线偏振光通过偏振片之后光矢量的振动方向转过 90° ，至少需要让这束线偏振光通过 $\underline{2}$ 块偏振片。在此情况下，透射光强最大值是原来光强的 $\underline{\frac{1}{2}}$ 倍。

20. (3分) 某薄凹透镜的焦距是 3 cm 。如图所示，与主光轴成 30° 角的一束平行光入射到此透镜上。若像点的坐标值为 (x, y) ，则 $x = \underline{-3}\text{ cm}$ ， $y = \underline{-\sqrt{3}}\text{ cm}$ 。



21. (3分) 折射率为 1.5 、直径为 20 cm 的玻璃球内有一小气泡。如图所示，气泡在玻璃球表面 A 与球心 O 连线的中点 P 处(即 P 点与 A 点的距离为 5 cm)。人从玻璃球的右侧去看此气泡，则气泡的像 P' 和玻璃球表面 A 的距离为 $\underline{1.5}\text{ cm}$ 。



$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{s} - \frac{n-1}{R}$$

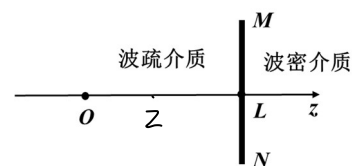
$$= \frac{1}{5} - \frac{0.5}{10} = \frac{1}{10}$$

$$s' = 10\text{ cm}$$

22. (1分) 费马原理可表述为：光从空间的一点到另外一点是沿着光程为最大、最小或 恒定值 的路径传播。

三、计算题 (17分)

1. (4分) 如图所示，一平面简谐波沿 z 轴正方向传播，它在 z 轴原点 O 处 ($z=0$) 的振动方程为 $\psi(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$ ，其中 A 、 ω 和 φ 为已知常量。 MN 是两介质的交界面，距离原点 O 的距离为 L ，界面左侧介质的波阻比右侧介质的波阻小，此平面波在 MN 左侧介质中的波长为 λ 。波在界面 MN 处发生反射。若反射波的振幅也是 A ，求反射波的波函数 $\psi'(z, t)$ 。



$$\psi' = A \cos \left(\omega t - \frac{2L-z}{\lambda} + \varphi + \pi \right)$$

$$= A \cos \left(\omega t - \frac{2L-z}{\lambda} + \varphi + \pi \right)$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} \cdot u = \omega$$

$$u = \frac{\lambda \omega}{2\pi}$$

第5页共6页

$$2n_1 d + \frac{\lambda_1}{2} = k_1 \lambda_1$$

$$2n_2 d + \frac{\lambda_2}{2} = (k_2 + \frac{1}{2}) \lambda_2$$

2. (6分) 一厚度均匀的肥皂膜置于空气中, 一束复色平行光(波长范围为 500~700nm) 垂直入射到此肥皂膜上。在反射光中, 波长 $\lambda_1=680\text{nm}$ 的光发生相长干涉; 只有波长 $\lambda_2=510\text{nm}$ 和 λ_3 ($\lambda_3 \neq \lambda_2$) 的光产生相消干涉, 其它波长的光都没有出现相消干涉。若空气的折射率 n_1 为 1.00, 肥皂膜的折射率 n_2 为 1.33, 求肥皂膜的厚度 d 和波长 λ_3 。

4分 2分

3. (7分) 一块平面透射光栅具有如下特征: 波长为 600.00nm 的平行光垂直照射光栅, 第 2 级主极大谱线的衍射角为 30° , 观察不到第 3 级主极大谱线, 第 2 级主极大谱线没有处于单缝衍射图样的中央明纹宽度内; 此光栅恰好能分辨波长 600.00nm 和 600.03nm 的第 2 级谱线。求此光栅的参数: 光栅常量 d 、缝宽 a 和总缝数 N 。

$$d \sin 30^\circ = 2\lambda, \quad d = 4\lambda = 2400\text{nm}$$

$$\frac{d}{a} = 3/1.5$$

$$a = 1600\text{nm}$$

四、附加题 (12 分)

1. (7分) 一个质量为 m 的粒子处在一维无限深方势阱中, 其势能函数为

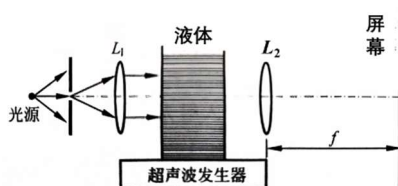
$$V(x) = \begin{cases} 0 & (-a < x < a) \\ \infty & (x \leq -a, x \geq a) \end{cases}.$$

1) 写出粒子定态波函数空间部分 $\psi(x)$ 所遵循的定态薛定谔方程;

2) 利用定态薛定谔方程和波函数的标准条件, 求出此粒子处于定态时的能量值 E 。

$$\frac{d}{a} = 2 \quad R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = 1000 \quad N = 10000$$

2. (3分) 如图所示, 利用超声波发生器在液体中形成驻波, 液体就相当于一个衍射光栅, 称为超声光栅, 光栅常量等于液体中超声波的波长。利用超声光栅可以观察光的衍射现象。设光源波长为 λ , 超声波频率为 ν_0 , 在透镜 L_2 的焦平面处放置观察屏。若透镜 L_2 的焦距为 f , 在观察屏上测得相邻两主极大的间距为 Δx_0 , 则超声波在液体中的波速 $u =$ _____。



3. (2分) 1928 年英国物理学家 _____ 提出一个电子的相对论性量子力学方程, 用它不仅算出了氢原子的精细结构, 还能解释电子的自旋角动量。

注意: 请把填空题、计算题和附加题的答案写在答题卡对应题号的方框区内。