

重庆大学《大学物理II-2》期末试卷

A卷

B卷

2015~2016 学年 第1学期

开课学院: 物理学院 课程号: 考试日期 2016年1月

考试方式: ☐ 开卷 ☐ 闭卷 ☐ 其他 考试时间: 120 分钟

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
得分											

考试提示

1. 严禁随身携带通讯工具等电子设备参加考试;
2. 考试作弊, 留校察看, 毕业当年不授学位; 请人代考、替他人考试、两次及以上作弊等, 属严重作弊, 开除学籍。

说明: 本卷共2页。本卷一律不使用计算器。答案中可保留指数、对数、三角函数、反三角函数、乘方、开方, 但不能保留四则运算。

一. 填空题(共20题, 每题3分, 共60分)

1. 质量为 m 物体和一个轻弹簧组成弹簧振子, 其固有振动周期为 T 。当它作振幅为 A 自由简谐振动时, 其振动能量 $E = \underline{2\pi^2 mA^2 / T^2}$ 。
2. 一质点沿 x 轴作简谐振动, 振幅为 A , 周期为 T , 当 $t=0$ 时, 质点对平衡位置的位移 $x_0 = A/2$, 质点向 x 轴正向运动, 则质点从 $x=0$ 处运动到 $x=A/2$ 处, 最少需要的时间是 $\underline{T/12}$ 。
3. 弹簧振子的劲度系数为 k , 质量为 m , 可沿 x 轴作简谐振动, 刚开始时振子静止在平衡点 O 。用恒定的外力 $F_{\text{外}} = ka$ 沿 x 轴正方向拉动振子到 $x=a$ 处

放手, 其中 a 为一正常量。以放手时作为时间零点, 则振子的运动方程为 $\underline{x = \sqrt{2}a \cos(\sqrt{\frac{k}{m}}t - \frac{\pi}{4})}$ 。

4. 有一个质点参与两个简谐振动, 其中第一个分振动为 $x_1 = 0.3 \cos \omega t$, 合振动为 $x = 0.4 \sin \omega t$, 则第二个分振动的表达式为 $\underline{x_2 = 0.5 \cos(\omega t - 127^\circ)}$ 。

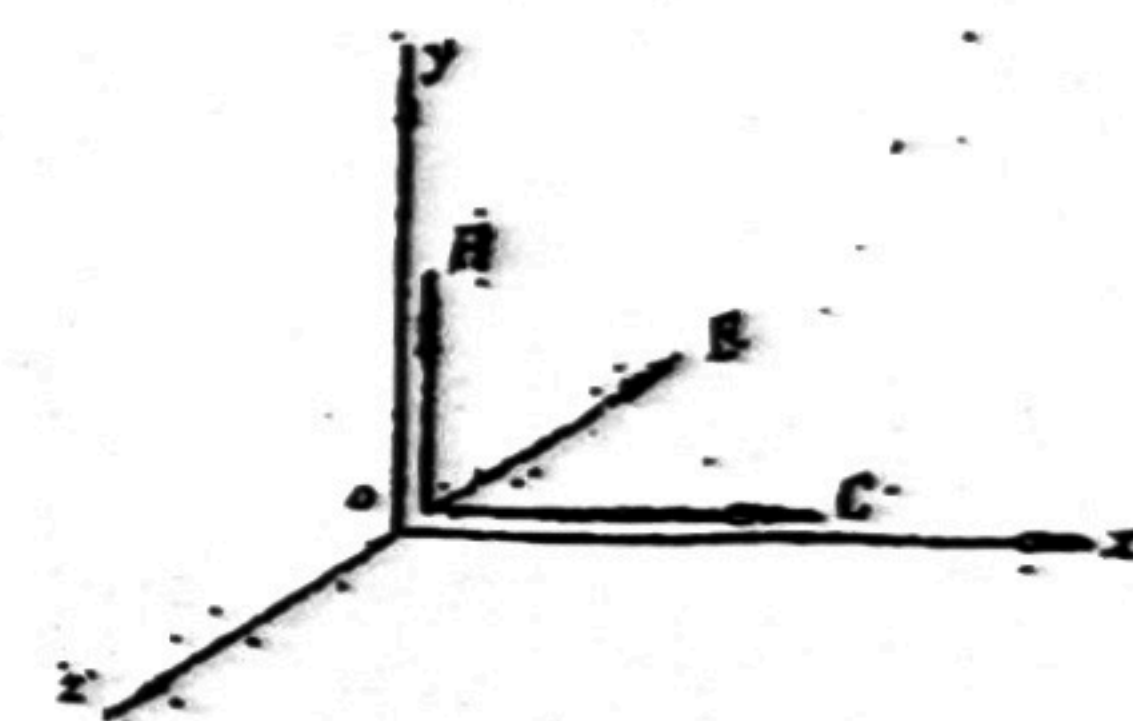
5. 已知空气中的声速为 330 m/s , 一警报器发射频率为 1000 Hz 的声波, 远离观察者向一固定的目的物运动, 其速度为 5 m/s , 则听到的拍频是 $\underline{30 \text{ Hz}}$ 。

6. 相干波源是指两个波源的频率相同, 相位差恒定, 以及它们的 振动方向 相同。

7. 一列电磁波沿 x 轴方向传播, 传播过程中振幅保持不变, 磁场 H 沿 y 轴方向振动, 只有一个分量 $H_y = H_0 \cos(\omega t + \varphi - 2\pi \frac{x}{\lambda})$,

则电磁波中电场 E 的振动表达式为

$$\underline{E_z = -\sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} H_y = -\sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} H_0 \cos(\omega t + \varphi - 2\pi \frac{x}{\lambda})}$$



8. 一束在空气中传播的单色光(真空波长 λ), 从 A 点进入折射率为 n_1 的第一种介质, 传播 x_1 路程后进入折射率为 n_2 的第二种介质, 在第二种介质中传播 x_2 路程后从 B 点出射。光在 A 、 B 两点的时间差 $\Delta t = \underline{\frac{n_1 x_1 + n_2 x_2}{c}}$ 。

9. 光学仪器分辨率的方法是 增大 仪器的孔径, 采用波长 更短 的照射光。

10. 使一光强为 I_0 的平面偏振光先后通过两个偏振片 P_1 和 P_2 , P_1 和 P_2 的偏振化方向与入射光光矢量振动方向的夹角分别是 α 和 90° , 则通过这两个偏振片后的光强 I 是 $\underline{I = \frac{I_0}{4} \sin^2 2\alpha}$ 。

命题人:

教务处制

11. 如图所示, 自然光以入射角 $i(i=i_0)$ 入射到两种介质的分界面上, 请在图示的反射光线和折射光线上, 用点和短线把振动方向表示出来。



12. 狭义相对论的相对性原理指出, 在一切惯性系中, 物理规律都是相同的。

13. 长度收缩效应的关系式 $L' = L/\gamma = L\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ 中, L 是本征(固有)长度。(c为真空光速。)

14. 设 S' 系相对于惯性系 S 以匀速度 v 沿 x 轴运动, 一静止在 S' 系中的米尺与 x' 轴成 θ 角放置, 测得长度为 l' 。则 S 系中的观察者测得米尺的长度

$$l = \sqrt{(l' \sin \theta)^2 + \left(\frac{l' \cos \theta}{\gamma}\right)^2} \quad \text{(式中出现的 } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \text{ 请用符号 } \gamma \text{ 表示)}.$$

15. 一个放射性原子核以 $0.5c$ 的速度相对于实验室运动。当它发生衰变时, 以 $0.90c$ 的速度沿其运动方向发射一个电子, 则电子在实验室参考系中的速度为 $0.966c$ 。

16. 实验室观测到速度为 $0.95c$ 的 μ 介子的平均寿命为 $6 \times 10^{-6} \text{ s}$, 则在与 μ 介子相对静止的参考系中, 它们的平均寿命为 $1.89 \times 10^{-6} \text{ s}$ 。

17. 在光电效应实验中, 用两束光分别照射同一种金属产生光电效应。已知两束光的频率相同, 第一束光的强度为 I_1 , 第二束光的强度为 $I_2 (I_1 > I_2)$ 。实验测得两种情况下的截止电压分别为 U_1, U_2 。则 U_1 $=$ U_2 (填“>”、“=”或“<”)。

18. 在多电子原子中电子的排布必须遵守泡利不相容原理和能量最低原理。

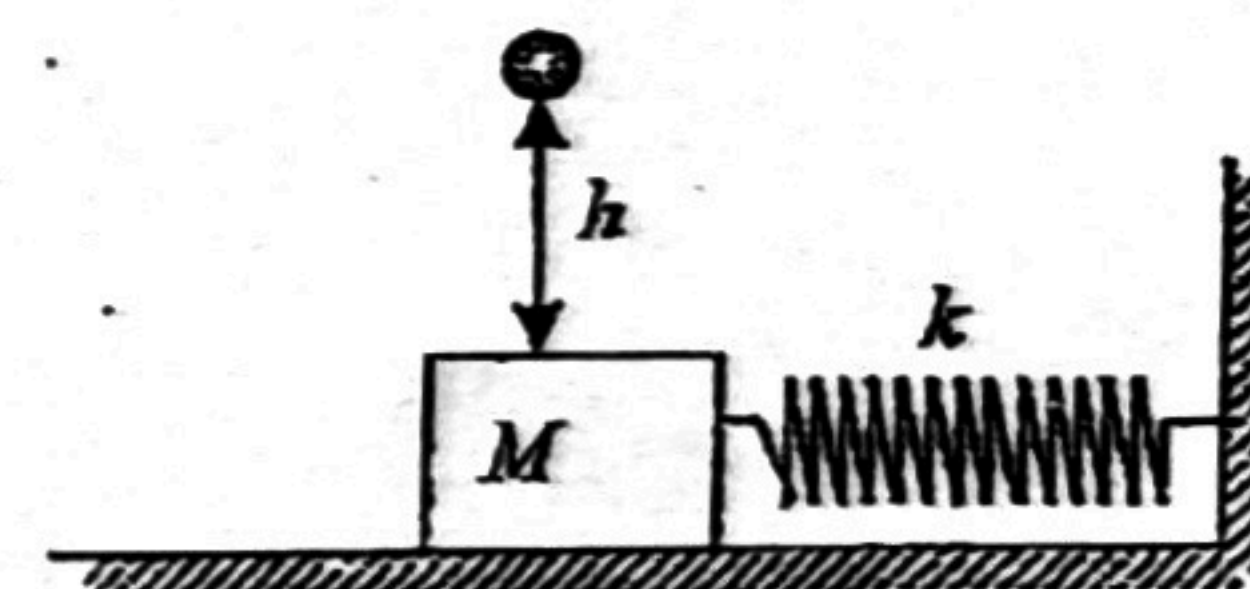
19. 已知一维无限深势阱中粒子波函数 $\psi_n(r) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{n\pi}{a} x$ ($0 < x < \frac{a}{2}$), 则当粒子处于 $n=2$ 的定态时, 粒子出现概率最大的位置在 $x = \frac{a}{4}$ 。

20. 氢原子中的电子处于 $(2, 1, -1, -1/2)$ 的量子态时, 根据量子力学理论, 电子的轨道自旋角动量 $L = \frac{\sqrt{3}}{2} h$ 。

二. 计算题 (共4题, 每题10分, 共40分)

21. 如下图所示: 弹簧振子 (k, M) 光滑平面上作谐动, 振幅为 A 。一质量为 m 的粘土, 从高处自由落下粘在 M 上, 求:

- (1) 则振子的振动周期变为多少?
- (2) 若粘土是在 M 通过平衡位置时落在其上的, 则其后振动振幅 A' 与原振幅 A 比是多少?
- (3) 若粘土是在 M 通过最大位移时落在其上的, 则其后振动振幅 A' 与原振幅 A 之比是多少?



第21题图

解: (1) 若黏土在 M 通过平衡位置时落在其上:

落在其上的过程看成是碰撞过程, 在水平方向无外力, 动量守恒: 设碰前速率是 v , 碰后速率是 v' , 则有:

$$Mv = (M+m)v' \quad (1)$$

所以初始条件为:

$$\begin{cases} x_0 = 0 \\ v_0 = v' = \frac{M}{M+m}v \end{cases}$$

由 $A = \sqrt{x_0^2 + \frac{v^2}{\omega^2}}$ 得:

$$A' = \sqrt{\frac{v'^2}{\omega^2}} = \sqrt{\frac{M^2 v^2}{(M+m)^2} \cdot \frac{1}{k}} = \sqrt{\frac{M^2 v^2}{M+m} \cdot \frac{1}{k}}$$

$$\text{原来的振幅为: } A = v \sqrt{\frac{M}{k}} \quad \text{所以: } \frac{A'}{A} = \sqrt{\frac{M^2 v^2}{M+m} \cdot \frac{1}{k} \cdot \frac{k}{M v^2}} = \sqrt{\frac{M}{M+m}}$$

(2) 若黏土在 M 通过平衡位置时落在其上:

落在其上的过程看成是碰撞过程, 在水平方向无外力, 动量守恒: 设碰前速率是 0, 碰后速率也是 0,

所以初始条件为:

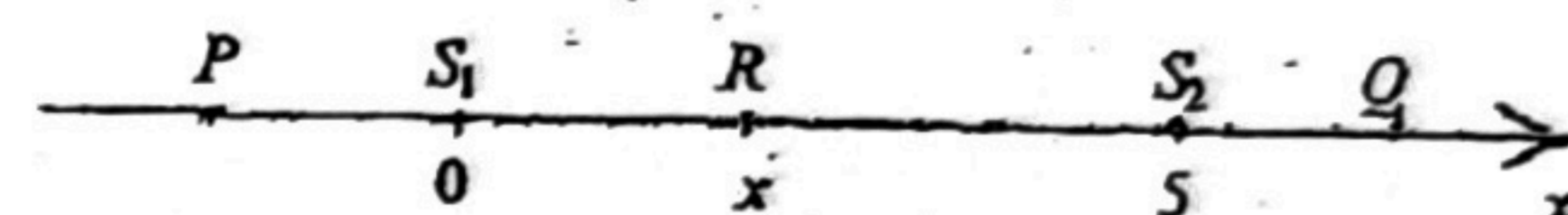
$$\begin{cases} x_0 = A \\ v_0 = 0 \end{cases} \quad A'' = \sqrt{x_0^2 + \frac{v^2}{\omega^2}} = A \quad \text{所以: } \frac{A''}{A} = 1:1$$

22. 在 x 轴上两个波源, S_1 位置在 $x_1=0$ 处, S_2 位置在 $x_2=5$ 处, 振幅均为 a , S_1 的相位比 S_2 超前 $\pi/2$. 假设每个波源都向 x 轴的正方向和负方向发出简谐波, 每列波都可传播到无穷远处, 波长为 $\lambda=4$. 求:

(1) $x < 0$ 区间的合成波的振幅;

(2) $x > 5$ 区间合成波的振幅;

(3) $0 < x < 5$ 区间形成的驻波的波腹和波节的位置.



解 (1) 在 $x < 0$ 区间, 干涉点的相位差: $\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 - 2\pi \frac{r_2 - r_1}{\lambda} = -\frac{\pi}{2} - 2\pi \frac{5}{4} = -3\pi$

(与点的位置无关)

该区间的合振幅为极小 ($A=0$)

(2) 在 $x > 5$ 区间, 干涉点的相位差: $\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 - 2\pi \frac{r_2 - r_1}{\lambda} = -\frac{\pi}{2} - 2\pi \frac{-5}{4} = 2\pi$

该区间的合振幅为极大 ($A=2a$)

(3) 在 $0 < x < 5$ 区间, 考察点 R 的波程差: $r_2 - r_1 = (5-x) - x = 5-2x$
相位差

$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 - 2\pi \frac{r_2 - r_1}{\lambda} = -\frac{\pi}{2} - 2\pi \frac{5-2x}{4} = -3\pi + \pi x \quad (\text{与 } R$$

位置有关) 对于波腹, 应有: $\Delta\phi = -3\pi + \pi x = 2k\pi$

故波腹位置为: $x = 2k+3$ 在 $0 < x < 5$ 区间取 $x=1, 3$ (两点)

对于波节, 应有: $\Delta\phi = -3\pi + \pi x = (2k+1)\pi$ 即波节位置为:

$x = 2k+4$ 在 $0 < x < 5$ 区间取 $x=2, 4$ (两点)

23. 如图所示,在观察牛顿环的装置中,设平凸透镜中心恰好和平玻璃接触,透镜球面的半径 $R=400\text{cm}$,用某单色光垂直入射,观察反射光形成的牛顿环,测得第5个明环的半径是 0.30cm 。

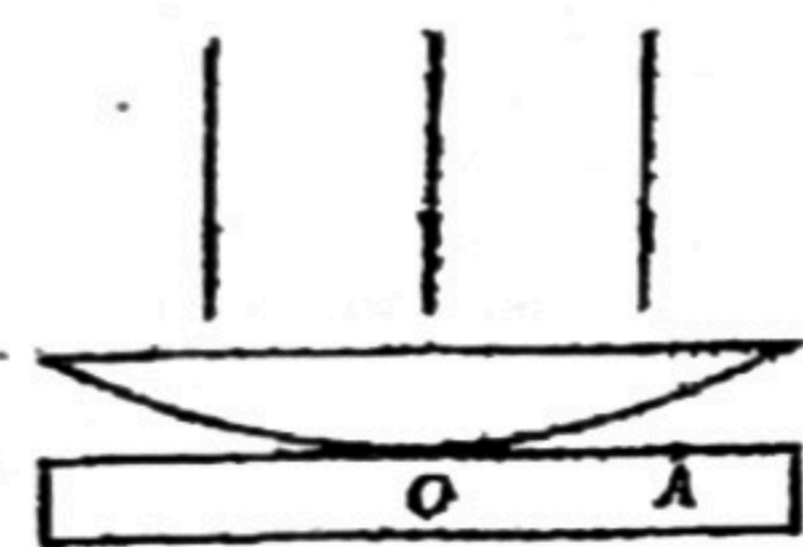
(1)求入射光的波长;

(2)设图中 $OA=1.00\text{cm}$,求在半径为 OA 的范围内可观察到的明环数。

(3)若用曲率半径为 3.00m 的平凸透镜和平板玻璃作牛顿环实验,测得第 k 级暗环半径为 4.24mm ,第 $k+10$ 级暗环的半径为 6.0mm 。求所用单色光的波长。

(4)若将一平凸透镜放在平板玻璃上,在反射光中观察牛顿环。当 $\lambda_1=4500\text{\AA}$

时,测得第3级明环的半径为 $1.06\times 10^{-3}\text{m}$ 。换用红光,观测到第5级明环的半径为 $1.77\times 10^{-3}\text{m}$ 。求透镜曲率半径和红光的波长。



解: (1) 牛顿环明环半径公式为 $r_k^2 = \frac{(2k-1)R\lambda}{2}$, 所以 $\lambda = \frac{2r_k^2}{(2k-1)R}$

因中心为暗环,对应第5个明环 $k=5$, 所以

$$\lambda = \frac{2r_k^2}{(2k-1)R} = \frac{2 \times 0.3^2 \times 10^{-4}}{9 \times 400 \times 10^{-2}} = 5000 \text{\AA}$$

$$(2) \text{ 因为 } r_k^2 = \frac{(2k-1)R\lambda}{2}, \text{ 所以 } k = \frac{1}{2} + \frac{r_k^2}{R\lambda} = \frac{1}{2} + \frac{(1.00 \times 10^{-2})^2}{4 \times 5 \times 10^{-7}} = 50.5$$

所以能看到的明环数 50 个。

(3) 牛顿环暗环半径公式为 $r_k = \sqrt{kR\lambda}$

$$\text{故 } r_{k+10} = \sqrt{(k+10)R\lambda}$$

$$\text{因此 } \lambda = \frac{r_{k+10}^2 - r_k^2}{10R} = 6.01 \times 10^3 \text{\AA}$$

(4) 牛顿环明环半径公式为 $r_k^2 = \frac{(2k-1)R\lambda}{2}$,

$$\text{对 } \lambda_1, k=3 \text{ 时, } r_3^2 = \frac{5R\lambda_1}{2} \quad \text{对 } \lambda_2, k=5 \text{ 时, } r_5^2 = \frac{9R\lambda_2}{2}$$

$$\text{由此得 } \lambda_2 = \frac{5r_5^2}{9r_3^2} \lambda_1 = \frac{5 \times 1.77^2 \times 10^{-6}}{9 \times 1.06^2 \times 10^{-6}} \times 4500 = 6971 \text{\AA}$$

$$\text{由 } r_3^2 = \frac{5R\lambda_1}{2} \text{ 得, } R = \frac{2r_3^2}{5\lambda_1} = \frac{2 \times 1.06^2 \times 10^{-6}}{5 \times 4500 \times 10^{-6}} = 1.00\text{m}$$

24. 波长 $\lambda=600\text{nm}$ ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$) 的单色光垂直入射到一光栅上,测得第二级主极大的衍射角为 30° ,且第三级是缺级。

(1) 光栅常数 $(a+b)$ 等于多少?

(2) 透光缝可能的最小宽度 a 等于多少?

(3) 在选定了上述 $(a+b)$ 和 a 之后,求在衍射角 $-\frac{1}{2}\pi < \varphi < \frac{1}{2}\pi$ 范围内可能观察到的全部主极大的级次。

解: (1) 由光栅衍射主极大公式得

$$a+b = \frac{k\lambda}{\sin\varphi} = 2.4 \times 10^{-4} \text{cm}$$

(2) 若第三级不缺级,则由光栅公式得 $(a+b)\sin\varphi' = 3\lambda$

由于第三级缺级,则对应于最小可能的 a , φ' 方向应是单缝衍射第一级暗纹: 两式比较,得 $a\sin\varphi' = \lambda$ $a = (a+b)/3 = 0.8 \times 10^{-4} \text{cm}$

(3) $(a+b)\sin\varphi = k\lambda$, (主极大)

$$a\sin\varphi = k'\lambda, \text{ (单缝衍射极小)} \quad (k' = 1, 2, 3, \dots)$$

因此 $k=3, 6, 9, \dots$ 缺级。

又因为 $k_{\max} = (a+b)/\lambda = 4$, 所以实际呈现 $k=0, \pm 1, \pm 2$ 级明纹. ($k=\pm 4$ 在 $\pi/2$ 处看不到.)