华中科技大学集成学院大学物理（二）2019-2020

创建人：朱增伟 | 题量：24 | 满分：100 分 显示答案

一、单选题（共10题，30分）

1、一根载流导线弯成半径为R的1/4圆弧，放置在磁感应强度为B的均匀磁场中，磁感应强度的方向与导线所在平面垂直。则载流导线所受安培力的大小为：（3分）

A、$\frac{\pi}{2}BIR$

B、2BIR

C、$\sqrt{2}BIR$

D、BIR

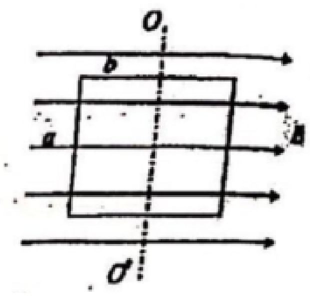
正确答案：C

解析：

【学解】$F=BI\int_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{4}}\cos\theta R d\theta=\sqrt{2}BIR.$

【考点延伸】《考试宝典》知识点八8.3——磁场对载流导线的作用.

2、如图所示，一长为a，宽为b的矩形线框置于磁感应强度为B均匀磁场中，线框绕OO'轴以匀角速度ω旋转。设t=0时，磁场方向与线框平面的法线垂直，则任一时刻感应电动势的大小为:



（3分）

A、$\omega abB|\sin\omega t|$.

B、$\omega abB|\cos\omega t|$.

C、$\frac{1}{2}\omega abB|\cos\omega t|$.

D、$\frac{1}{2}\omega abB|\sin\omega t|$.

正确答案：B

解析：

10. 【正解】B

【学解】$\Phi=B\cdot ab\sin\omega t,\varepsilon=\left|-\frac{d\Phi}{dt}\right|=\omega Bab|\cos\omega t|$.

【考点延伸】《考试宝典》知识点九9.1——法拉第电磁感应定律.

3、一物体作谐振动，振动方程为 $x=A\cos(\omega t+\frac{\pi}{4})$，在$t=\frac{T}{4}$（T为周期）时刻，物体的加速度为（3分）

A、$-\frac{1}{2}\sqrt{2}A\omega^2$

B、$\frac{1}{2}\sqrt{2}A\omega^2$

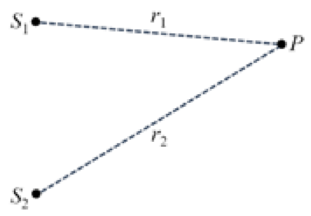
C、 $-\frac{1}{2}\sqrt{3}A\omega^2$

D、 $\frac{1}{2}\sqrt{3}A\omega^2$

正确答案： B

解析：
$a=-A\omega^2 cos\left(\omega t+\frac{\pi}{4}\right)$ 把t=T/4代入，得到B

4、 如图所示，两列波长为λ的相干波在P点相遇，波源S1的初相位是φ1， S1到P点的距离是r1； 波源S2的初相位是φ2，S2到P点距离是r2，则P点为干涉极大的条件为（k = 0，±1， ±2，±3 ···，）



（3分）

A、 $r_2-r_1=k\lambda$

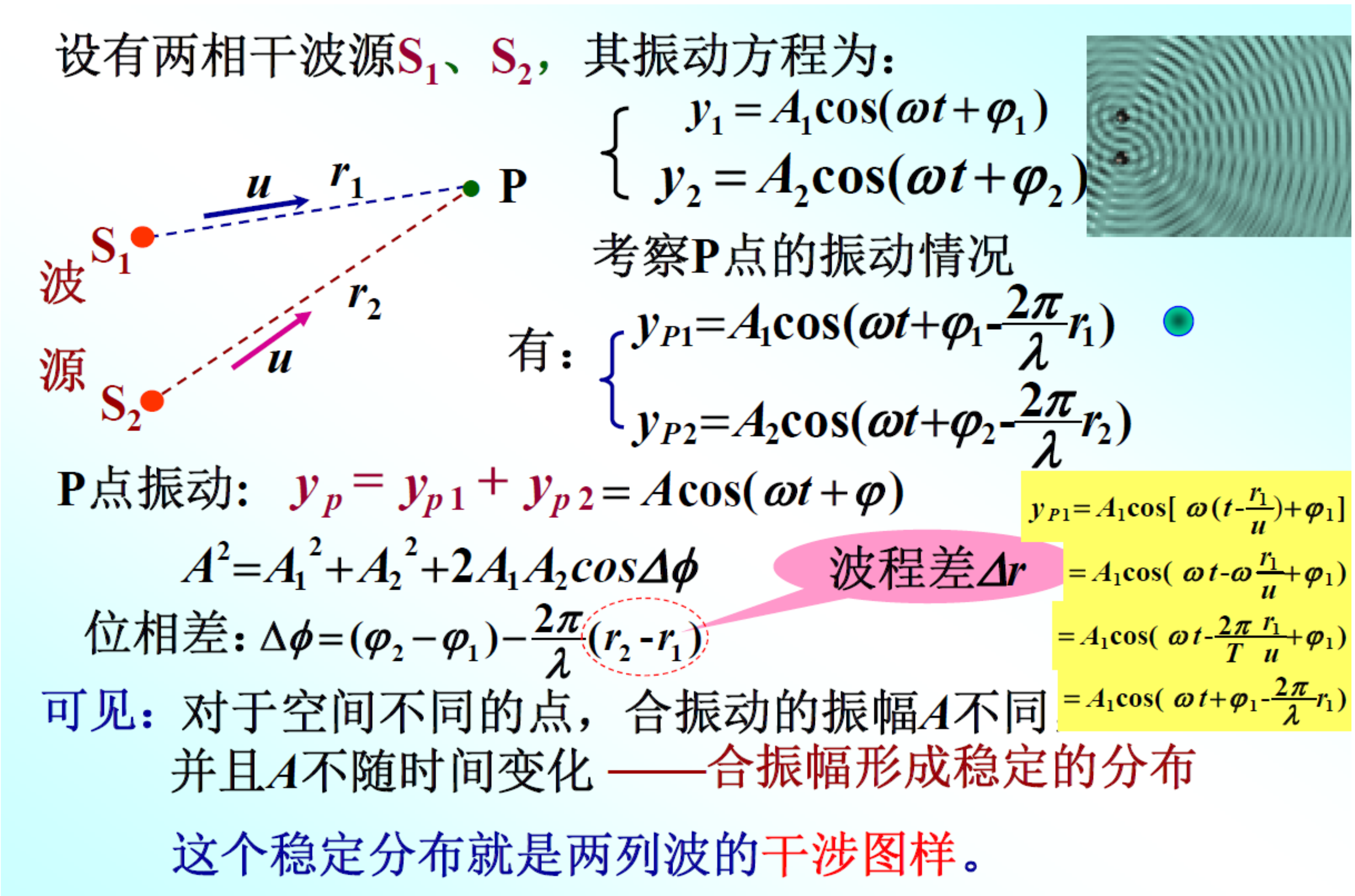
B、 $\varphi_2-\varphi_1-2\pi(\frac{r_2-r_1}{\lambda})=2k\pi$

C、 $\varphi_2-\varphi_1=2k\pi$

D、 $\varphi_2-\varphi_1+2\pi(\frac{r_2-r_1}{\lambda})=2k\pi$

正确答案： B

解析：



$$A^2=A_1^{\ 2}+A_2^{\ 2}+2A_1A_2\cos\Delta\phi \qquad \Delta\phi=(\varphi_2-\varphi_1)-\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)$$

结论：

1) $\Delta\phi=(\varphi_2-\varphi_1)-\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)=\pm 2k\pi \quad ,k=0,1,2\cdots$

振幅： $A=A_{\max}=A_1+A_2$

干涉加强
（干涉相长）

波强： $I=I_{\max}=I_1+I_2+2\sqrt{I_1I_2}$

2） $\Delta\phi=(\varphi_2-\varphi_1)-\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)=\pm(2k+1)\pi \ , \quad k=0,1,2\cdots$

振幅： $A=A_{\min}=\left|A_1-A_2\right|$

波强： $I=I_{\min}=I_1+I_2-2\sqrt{I_1I_2}$

干涉减弱
（干涉相消）

5、 在拍现象的课堂演示实验中，两个一模一样的音叉，在其中一个音叉加上一个小套环之后，其振动频率将发生变化；在实验中我们发现，小套环的位置对拍现象有重要影响。下面四种情况对比，哪种情况拍的周期最长
（3分）

A、

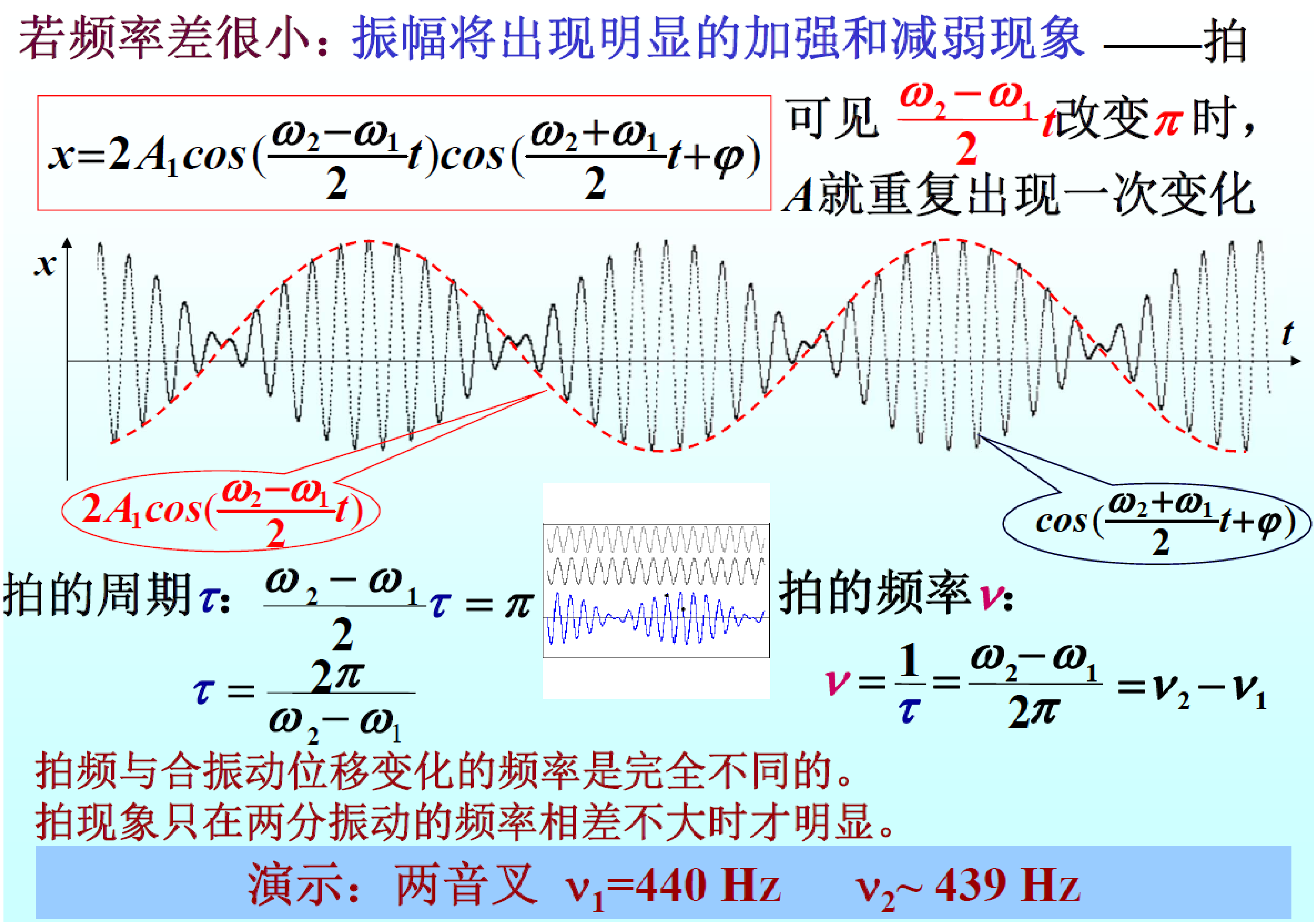

B、


C、

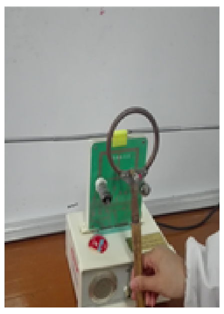
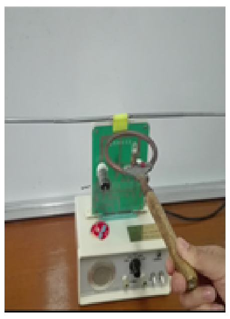

D、


正确答案： A

解析：
频率相差越小，拍的周期越长。所以重物在下面时对音叉影响最小，所以A



6、 在电磁波的发射与接收的课堂演示实验中，我们用带灯泡的环形金属天线探测电磁波，通过灯泡的亮度来显示接受到的信号的强弱。为了探究探测环与电磁波发射天线的相对位置，对灯泡亮度的影响。下面3种状态中，灯泡最亮的是


(1)

(2)

(3)

(3分)

A、 （1）最亮

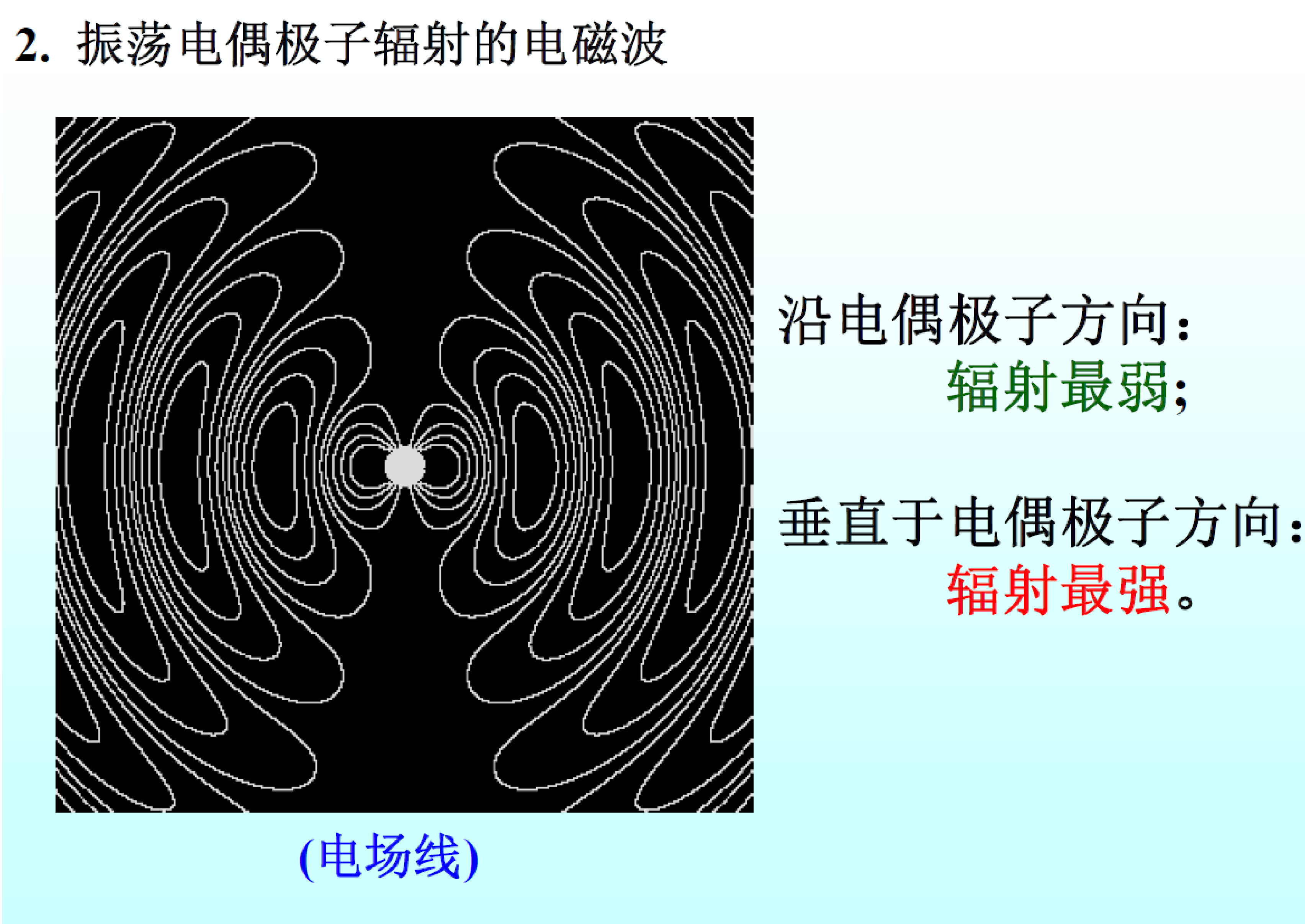
B、 （2）最亮

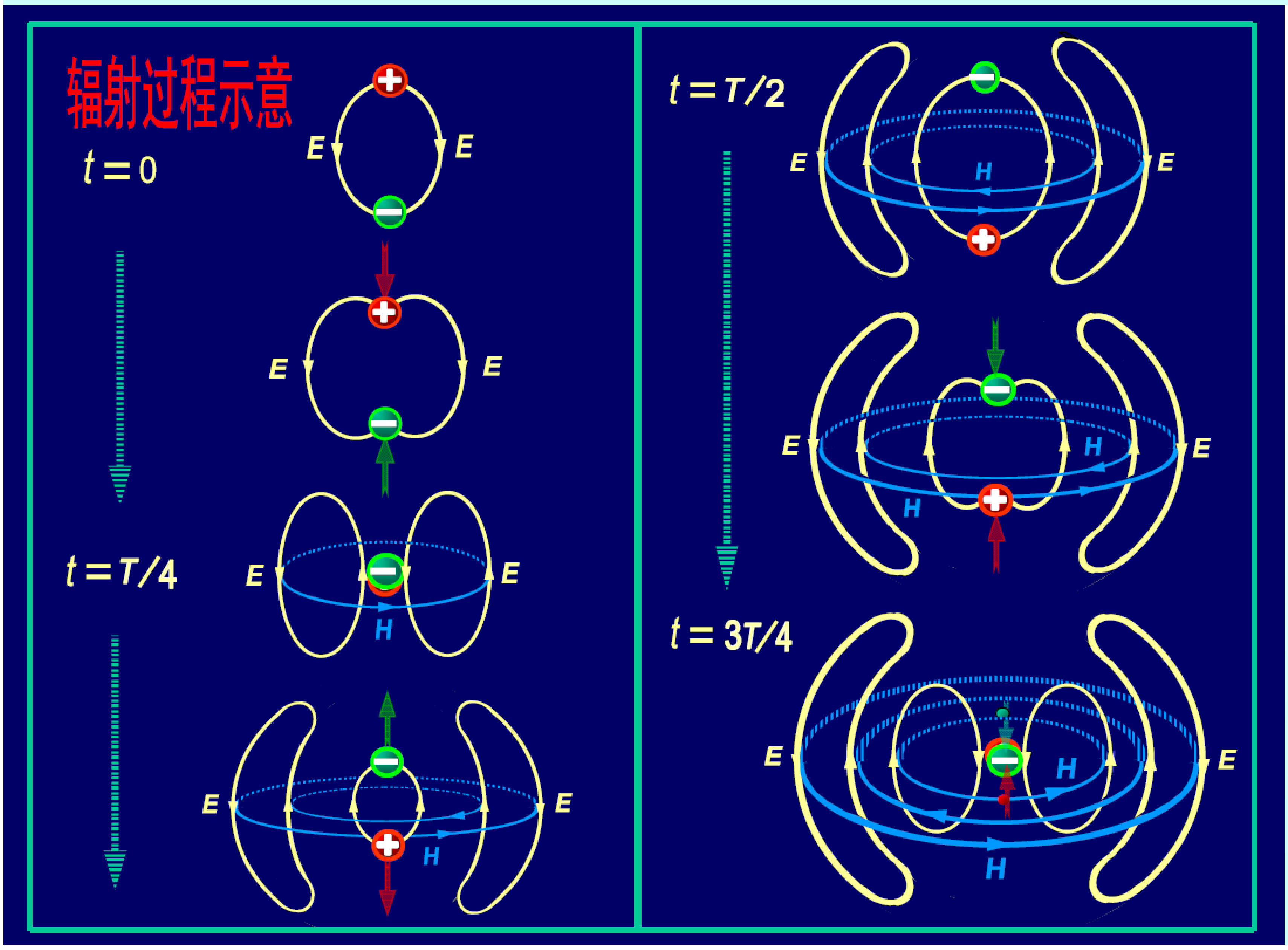
C、 （3）最亮

D、 三个一样亮

正确答案： B

解析：





7、 自然光以60°的入射角照射到某透明介质表面时，反射光为线偏振光，那么，关于折射光，下列说法正确的是（3分）

A、 折射光为线偏振光，折射角为60°

B、 折射光为线偏振光，折射角不能确定

C、 折射光为部分偏振光，折射角为30°

D、 折射光为部分偏振光，折射角不能确定

正确答案：C

解析：

8、用频率为ν1的单色光照射某种金属时，光电子的最大动能为EK1；用频率为ν2的单色光照射同一种金属时，光电子的最大动能为EK2，若EK1 > EK2则：

（3分）

A、ν1一定大于ν2

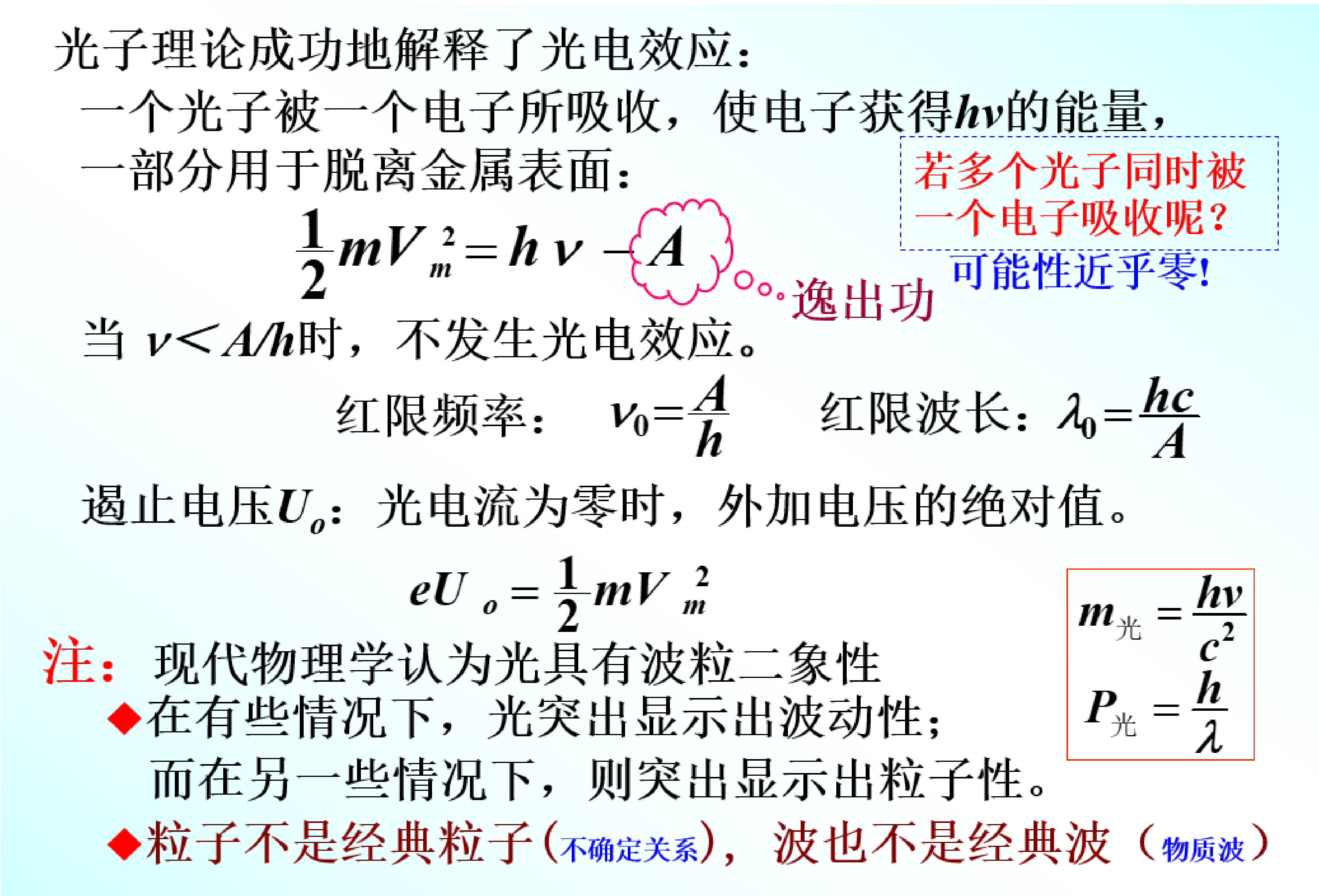
B、ν1一定小于ν2

C、ν1一定等于ν2

D、ν_1可能大于也可能小于ν_2

正确答案：A

解析：



9、已知粒子在一维矩形无限深势阱中运动，其波函数为 $\psi(x) = A\cos\frac{3\pi x}{2a}$ $(-a \le x \le a)$那么x = 2a/3 处的概率密度为

（3分）

A、$\frac{1}{2a}$

B、$\frac{1}{\sqrt{2a}}$

C、$\frac{1}{a}$

D、以上答案都不对

正确答案： C

解析：

先做归一化，得到 $\phi(x)=\frac{1}{\sqrt{a}}cos(\frac{3\pi x}{2a})$ 。把位置代入到波函数，平方后即为概率。

例：粒子在一维矩形无限深势阱中运动，其波函数为

$$\phi(x)=\sqrt{\frac{2}{a}}cos(\frac{3\pi x}{2a}) \qquad (-a\le x\le a)$$

则粒子在$x=5a/6$处出现的概率密度 ρ 是多少？在 0—$a/4$区间发现该粒子的概率是多少？粒子出现在何处的概率密度最大？

解：$$\int_{-a}^{a}|\phi(x)|^2 dx=\int_{-a}^{a}\left|\sqrt{\frac{2}{a}}cos(\frac{3\pi x}{2a})\right|^2 dx=2$$

所以，归一化后 $\phi(x)=\frac{1}{\sqrt{a}}cos(\frac{3\pi x}{2a})$

$$\rho(\frac{5a}{6})=\left|\phi(\frac{5a}{6})\right|^2$$

$$=\left|\frac{1}{\sqrt{a}}cos(\frac{3\pi}{2a}\cdot\frac{5a}{6})\right|^2=\frac{1}{2a}$$

在 0—$a/4$区间：

$$W=\int_0^{\frac{a}{4}}\frac{1}{a}cos^2(\frac{3\pi x}{2a})dx$$

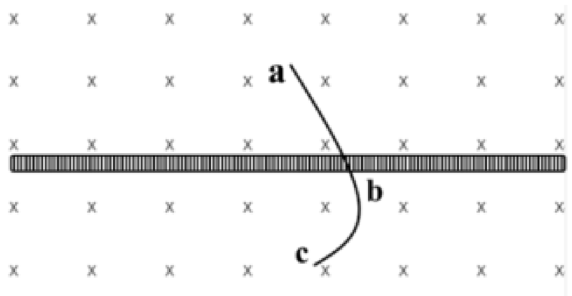
≈ 0.29

$$\rho(x)=\left|\frac{1}{\sqrt{a}}cos(\frac{3\pi x}{2a})\right|^2$$

令$\frac{d\rho(x)}{dx}=0$，解得

$x=0, \pm 2a/3$

10、 图中是一带电粒子在云雾室中的运动径迹图，云雾处于图示的磁场中。粒子在穿过水平放置的铝箔后继续在磁场中运动，考虑到粒子在穿过铝箔后有动能损失，则由此可判断



（3分）

A、 粒子带负电，且沿a→b→c运动

B、 粒子带正电，且沿a→b→c运动

C、 粒子带负电，且沿c→b→a运动

D、 粒子带正电，且沿c→b→a运动

正确答案： A

解析：

二、填空题（共10题，30分）

11、 如下图所示，一竖直无限长导线通以向上的电流I，在高导线a处有一电子，电量为e，以速度v平行于导线向上运动。则电子受到的洛伦兹力的大小为_____，方向为_____.

（3分）

正确答案

第一空： $\frac{e\mu_0 Iv}{2\pi a}$

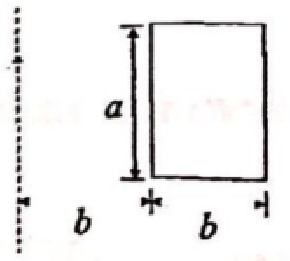
第二空： 水平向右

解析：

【学解】$B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi a}$，$F=\dfrac{e\mu_0 Iv}{2\pi a}$.，方向水平向右

【考点延伸】《考试宝典》知识点八——磁场对载流导线的作用.

12、 无限长直导线与矩形线圈在同一平面内,矩形线圈由N匝导线绕成，其尺寸和相对位置如下图所示，它们之间的互感系数为__________



（3分）

正确答案

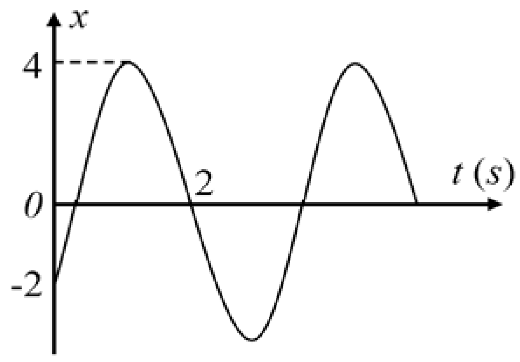
第一空: 10. 【正解】$\dfrac{Na\mu_0}{2\pi}\ln 2$

【学解】$\Phi=Na\cdot\int_b^{2b}\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}dr=\dfrac{Na\mu_0 I}{2\pi}\ln 2$，$M=\dfrac{\Phi}{I}=\dfrac{Na\mu_0}{2\pi}\ln 2$.

【考点延伸】《考试宝典》知识点九9.3——互感.

解析：

13、 一质点作谐振动，其振动曲线如右图所示，则它的周期T = __________秒(保留2位小数)；初位相φ = __________ rad。



（3分）

正确答案

第一空: 3.43 s

第二空: $-\dfrac{2\pi}{3}$

解析：

这里没有告诉初始的，但告诉2个时间点的上振动位移。直接代入公式。$x0=4cos(\omega t+\varphi)=4cos\varphi=-2$ 所以初相位是 $-\dfrac{2\pi}{3}$ 或者 $\dfrac{4\pi}{3}$,又有：$4cos(2\omega+\varphi)=0$ 可算出ω，再算出周期。$T=\dfrac{2\pi}{\omega}$

回顾：

形如 $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ 的振动称为谐振动，或简谐振动。

A： 振幅，振动的最大幅度(绝对值)。

ω： 圆频率，描述谐振动快慢的物理量。由系统的性质决定。

$\omega t + \varphi$： 位相，表征任意 t 时刻的振动状态。

φ： 初位相，表征 $t = 0$ 时刻的振动状态。

1、特征：

1. 动力学特征

$$F_{合} = -kx$$

2. 运动学特征(微分方程特征)

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$$

2、规律： 位移： $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ —— 振动方程

3、谐振动的判定

符合以上三个方程中任意一个的运动即为谐振动。

三个特征量： A，ω，φ

2

● 由初始条件 (x_0, v_0) 定 A, φ (初始状态)

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ (由系统决定)} \begin{cases} T = \dfrac{2\pi}{\omega} \\ \omega = 2\pi\nu \end{cases}$$

注意：振动状态由 (x, v) 描述。

$$x = A\cos(\omega t + \varphi)$$
$$v = -\omega A\sin(\omega t + \varphi)$$
$$x_0 = A\cos\varphi$$
$$v_0 = -\omega A\sin\varphi$$

若 $t = 0$，位移 x_0，速度 v_0 (初始条件)

则可得
$$\begin{cases} A = \sqrt{x_0^2 + (v_0/\omega)^2} \\ tg\,\varphi = -\dfrac{v_0}{\omega x_0} \end{cases}$$

再根据 v_0 的正负决定 φ 的取舍。 $v_0 = -\omega A\sin\varphi$

14、 在生物遗物的放射性鉴年法中，${}^{14}_{6}C$ 经过一次 β^- 衰变后变成了原子核_____。
（3分）

正确答案

第一空： ${}^{14}_{7}\mathrm{N}$

解析:

二、原子核的衰变

（一）天然放射性现象

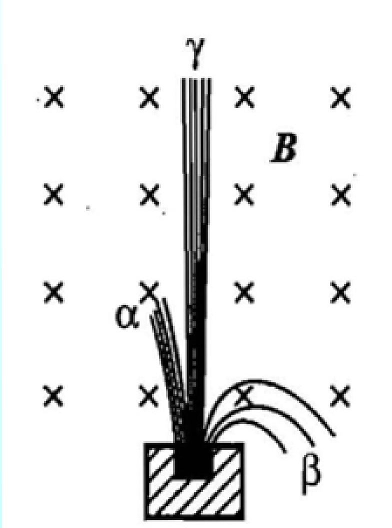
1896年贝克勒尔(H. Becquerel)在研究铀盐的性质时，偶然发现铀盐(铀化钾)不断地放出一些射线。接着居里夫妇发现镭和钋也都能够放出类似的射线，而且强度比铀放出的更强。

1903年诺贝尔物理奖

人们后来又发现位于门捷列夫元素周期表末尾的一些其它重元素都具有放射性。这些元素不用人工处理，就会自发地放出上述射线，故称为**天然放射性**。

天然放射性元素的衰变方式有下列三种：

α 衰变——从核中放出 α 粒子的过程；
β 衰变——从核中放出电子的过程；
γ 衰变——从核中放出光子的过程。



放射性的一个重要应用是鉴定古物的年代。

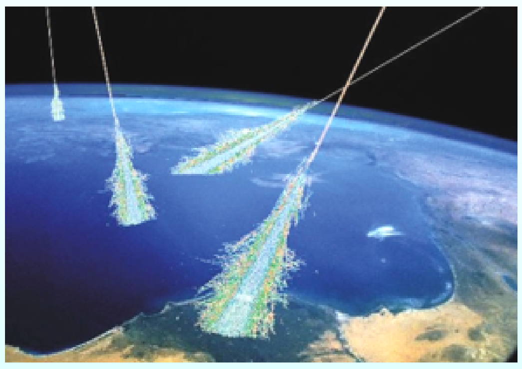
1960年诺贝尔化学奖，威拉德·利比（Willard Frank Libby，美国），发展了使用碳14同位素进行年代测定的方法。

1934年，约里奥-居里夫妇发现，用粒子轰击各种物质时，经过核反应所产生的新元素不稳定，是放射性元素。这种用人为方法产生放射性元素的现象，称为**人工放射性现象**。这一发现对产生人为放射性同位素提供了重要的实验基础。

例如： $^{14}_{7}\mathrm{N}+^{1}_{0}\mathrm{n}\rightarrow^{14}_{6}\mathrm{C}+^{1}_{1}\mathrm{H}$

$$^{14}_{6}\mathrm{C}\rightarrow ^{14}_{7}\mathrm{N}+^{0}_{-1}\mathrm{e}$$

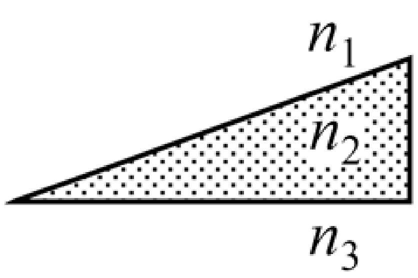
^{14}C是放射性同位素，半衰期约为5730a。



宇宙射线

千万年以来，地球大气中的^{14}C已达到了恒定的丰度，约为$1.3\times10^{-10}\%$，即1.3×10^{-12} 。

15、 用波长为λ的单色光垂直照射折射率为n_2的劈尖薄膜（如图），图中各部分折射率的关系为$n_1 < n_2 < n_3$，观察反射光的干涉条纹，从劈尖尖端开始向右数第五条暗纹中心所对应的劈尖厚度为________。



(3分)

正确答案
第一空： 9λ/(4n2)

解析:

16、把双缝干涉实验装置放在折射率为n的媒质中，双缝到观察屏的距离为D，两缝之间的距离为d (d << D)，入射光在真空中的波长为λ，则屏上干涉条纹中相邻明纹的间距为_________。
（3分）

正确答案
第一空： Dλ/(dn)

解析:

17、在单缝夫琅禾费衍射实验中，波长为λ的单色光垂直入射在宽度a=5λ的单缝上。对应于衍射角φ的方向上，若单缝处波面恰好可分成5个半波带，则衍射角φ = ________ rad。

（3分）

正确答案
第一空： $\frac{\pi}{6}$

解析:

18、某一波长的X光经物质散射后，其散射光中包含波长_______和波长______的两种成分，散射光中波长_________的现象称为康普顿散射。
（3分）

正确答案
第一空： 不变
第二空： 变长
第三空： 变长

解析:

19、在四价元素半导体中掺入少量三价元素原子，则构成_______型半导体，参与导电的多数载流子是____；如掺入五价元素原子，则构成_______型半导体。
（3分）

正确答案
第一空： p
第二空： 空穴
第三空： n

解析:

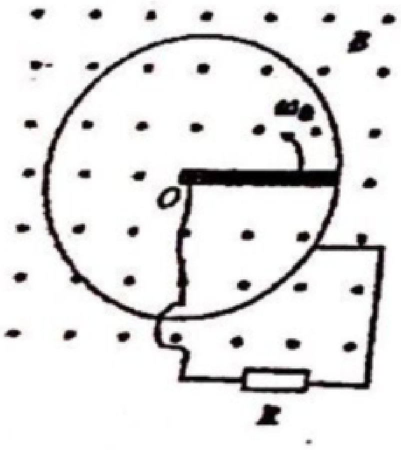
20、描述微观粒子运动的波函数 $\Psi(\vec{r},t)$ 满足的标准条件是_______________。
（3分）

正确答案
第一空： 单值、有限、连续；

解析:

三、计算题（共4题，40分）

21、如图所示为从上往下看的俯视图,长为l,质量为m的均匀金属细棒,绕端点O在水平面内旋转，棒的另一端在半径为l的金属圆环上无摩擦滑动。棒端O和金属环之间接一电阻R，并加一竖直方向的的均匀磁场，磁感应强度为B，设t=0时刻细棒的初始位置为θ=0时,初角速度为ω_0，忽略金属棒、导线及圆环的电阻，求:
(1)棒的角速度随时间的变化关系ω(t);
(2)棒最后停止时转过的角度。



（10分）

正确答案:

(1) $\varepsilon=\int_0^l B\cdot wx dx=\frac{1}{2}Bwl^2$,

$i=\frac{\varepsilon}{R}=\frac{Bwl^2}{2R}$,

$M=-\int_0^l Bixdx=-\frac{B^2wl^4}{4R}$,

$M=J\alpha$, $J=\frac{1}{3}ml^2$, $\alpha=\frac{-3B^2wl^2}{4mR}=\frac{dw}{dt}$,

$\ln w=-\frac{3B^2l^2}{4mR}t+\ln w_0$,

$w=w_0e^{-\frac{3B^2l^2}{4mR}t}$

(2) $\alpha=\frac{dw}{dt}=\frac{dw}{d\theta}\cdot\frac{d\theta}{dt}=w\frac{dw}{d\theta}=-\frac{3B^2wl^2}{4mR}$,

$dw=\frac{-3B^2l^2}{4mR}d\theta$,

$0-w_0=-\frac{3B^2l^2}{4mR}\theta$,

$\theta=\frac{4mRw_0}{3B^2l^2}$.

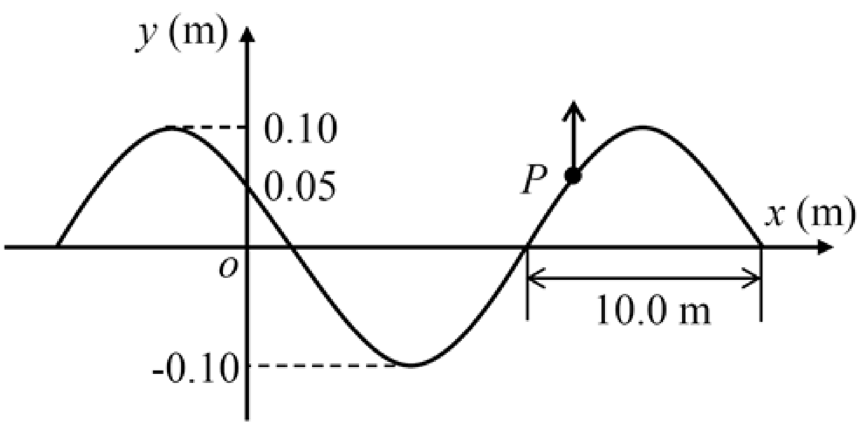
【考点延伸】《考试宝典》知识点九9.2——感应电动势.

解析:

22、 下图为平面简谐波在t = 0时刻的波形图，已知此简谐波的频率为250 Hz，且图中P点此时的运动方向为y轴正向。求：

（1）该简谐波的波函数;

（2）x = 7.5m处质点的运动方程以及t = 0 时刻该点的振动速度



（10分）

正确答案:

解：（1）从图中可以得到：

波的振幅 A 为：$A = 0.10$m，波长 λ 为：$\lambda = 20.0$ m；

所以波速为 u 为：$u = \lambda\nu = 20.0\times250 = 5.0\times10^3$（m/s） 2 分

由 P 的运动方向向上，波沿 Ox 轴负方向传播。

设波动方程为：

$$y = A\cos\left(\omega(t+\frac{x}{u})+\varphi\right)$$ 1 分

从图中可知 $t = 0$ 时，x = 0 处的质点向下运动，且 $y = 0.05$m，可得：

$A/2 = A\cos\varphi$，$-\omega A\sin\varphi<0$ 可得：$\cos\varphi= 0.5$，$\sin\varphi> 0$，

得 $\varphi= \pi/3$. 2 分

所以，波动方程为：$y = 0.10\cos\left(500\pi(t+\frac{x}{5000})+\frac{\pi}{3}\right)$ 2 分

式子各量取国际单位制的单位；

（2）$x = 7.5$ m 处质点的运动方程为：

$$y = 0.10\cos(500\pi t+13\pi/12)$$ 1 分

该质点的振动速度为：

$$v = \frac{dy}{dt}|_{t=0} = -0.10\times500\pi\sin(13\pi/12)$$ 2 分

$=40.6$ (m/s)

解析:

解：（1）从图中可以得到：

波的振幅 A 为：$A = 0.10$m，波长 λ 为：$\lambda = 20.0$ m；

所以波速为 u 为：$u = \lambda\nu = 20.0\times250 = 5.0\times10^3$（m/s） 2 分

由 P 的运动方向向上，波沿 Ox 轴负方向传播。

设波动方程为：

$$y = A\cos\left(\omega(t+\frac{x}{u})+\varphi\right)$$ 1 分

从图中可知 $t = 0$ 时，x = 0 处的质点向下运动，且 $y = 0.05$m，可得：

$A/2 = A\cos\varphi$，$-\omega A\sin\varphi<0$ 可得：$\cos\varphi= 0.5$，$\sin\varphi> 0$，

得 $\varphi= \pi/3$. 2 分

所以，波动方程为：$y = 0.10\cos\left(500\pi(t+\frac{x}{5000})+\frac{\pi}{3}\right)$ 2 分

式子各量取国际单位制的单位；

（2）$x = 7.5$ m 处质点的运动方程为：

$$y = 0.10\cos(500\pi t+13\pi/12)$$ 1 分

该质点的振动速度为：

$$v = \frac{dy}{dt}|_{t=0} = -0.10\times500\pi\sin(13\pi/12)$$ 2 分

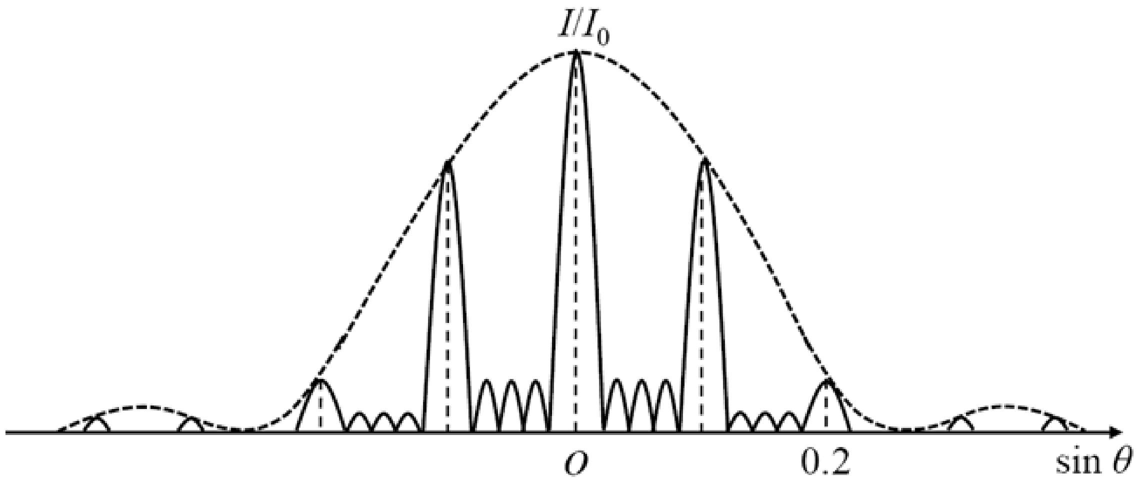
$=40.6$ (m/s)

23、 波长为600nm的单色平行光垂直入射到多缝上形成如图所示的衍射光强分布，第3级缺级。试求：

（1）缝宽a，不透光部分的宽度b；

（2）屏幕上最多可呈现多少条衍射主极大；

（3）如将奇数序号的缝挡住，则屏幕上将呈现什么图样？试画出光强分布示意图。



（10分）

正确答案:

解：（1）由次级条纹的暗纹数，可得 N=5；

由光栅方程 $d\sin\theta = k\lambda$， 1 分

将 k=2, $\sin\theta = 0.2$ 代入

$d = 10\lambda = 6.0\times10^{-6}$m

因为第三级缺级，有 $\frac{d}{a}=3$ 可得：

$a = 2.0\times10^{-6}$m，$b = 4.0\times10^{-6}$m。 2 分

（2）由光栅方程 $d\sin\theta = k\lambda$

可得：$k_{\max} = \frac{d}{\lambda} = 10$；

屏幕上最多可呈现 13 条亮条纹，

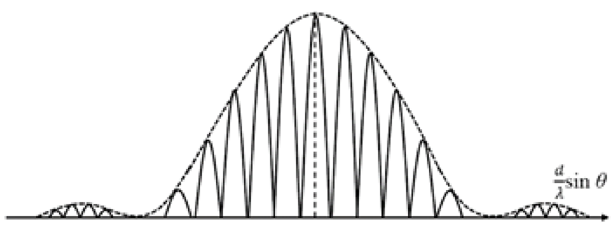
即 $k = 0$，±1，±2，±4，±5，±7，±8。

第 10 级条纹出现在无限远处，实际上看不到 3 分

（3）将奇数的缝挡住，变为双缝，此时 $d = 6a$，

屏幕上将呈现双缝衍射花样，且第 6 级缺级， 2 分

其光强分布示意图见下： 2 分



解析:

解：（1）由次级条纹的暗纹数，可得 N=5；

由光栅方程 $d\sin\theta = k\lambda$， 1 分

将 k=2, $\sin\theta = 0.2$ 代入

d= $10\lambda = 6.0\times10^{-6}$m

因为第三级缺级，有 $\frac{d}{a}=3$ 可得：

a= 2.0×10^{-6}m，b= 4.0×10^{-6}m。 2 分

（2）由光栅方程 $d\sin\theta = k\lambda$

可得：$k_{\max}=\frac{d}{\lambda}=10$；

屏幕上最多可呈现 13 条亮条纹，

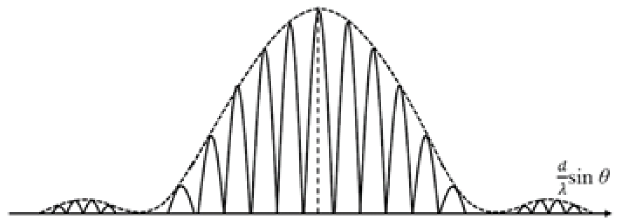
即 $k=0$，±1，±2，±4，±5，±7，±8。

第 10 级条纹出现在无限远处，实际上看不到 3 分

（3）将奇数的缝挡住，变为双缝，此时 $d=6a$，

屏幕上将呈现双缝衍射花样，且第 6 级缺级， 2 分

其光强分布示意图见下： 2 分



24、

薛定谔方程的一般形式为$-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\psi + V\psi = i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t}$

其中，$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}$

现考虑一维情况，当势能V=V(x)不显含时间时，薛定谔方程有如下形式的解

（1）导出 $\varphi(x)$所满足的定态薛定谔方程；

（2）导出f(t)的表达式；

（3）说明为什么 $\varphi(x)$称为定态波函数。

（10分）

正确答案:

解：（1）把 $\psi(x,t)=\phi(x)f(t)$ 代入薛定谔方程，得：

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\mathrm{d}^2\phi(x)}{\mathrm{d}x^2}+V(x)\ \ \phi(x)\right]\frac{1}{\phi(x)}=i\hbar\frac{\mathrm{d}f(t)}{\mathrm{d}t}\frac{1}{f(t)}$$

等式两边都应是常数，设此常数为 E，即：

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\mathrm{d}^2\phi(x)}{\mathrm{d}x^2}+V(x)\ \ \phi(x)\right]\frac{1}{\phi(x)}=E$$

得定态薛定谔方程

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\mathrm{d}^2\phi(x)}{\mathrm{d}x^2}+V(x)\ \ \phi(x)=E\phi(x)$$

(2) 同理可得

$$i\hbar\frac{\mathrm{d}f(t)}{\mathrm{d}t}\frac{1}{f(t)}=E$$

积分，得： $f(t)=e^{-\frac{i}{\hbar}t}$

(3)解薛定谔方程，可得波函数

$$\psi(x,t)=\phi(x)e^{-\frac{i}{\hbar}t}$$

粒子的位置概率密度为

$$|\psi(x,t)|^2=\psi(x,t)\psi(x,t)^*=|\phi(x)|^2$$

与时间无关，故称$\phi(x)$**定态波函数。**

解析：