2024年大学物理I−2要点复习

大学物理任课教师

模拟试卷
课件例题
作业题

三大要件

重新做一遍模拟题、作业和课件题
补交作业及小测验，增加平时成绩
参加答疑
重视补考，开学前一周约任课教师答疑

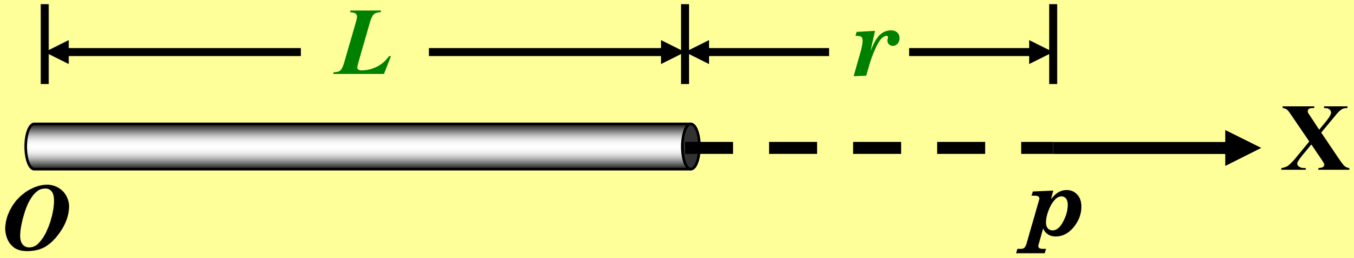
需要重视的四件事

选择题30分，一题3分；填空题20分，一空2分；计算题50分，5题

电磁学约50%　光学约25%　量子物理约25%

2024.12.18

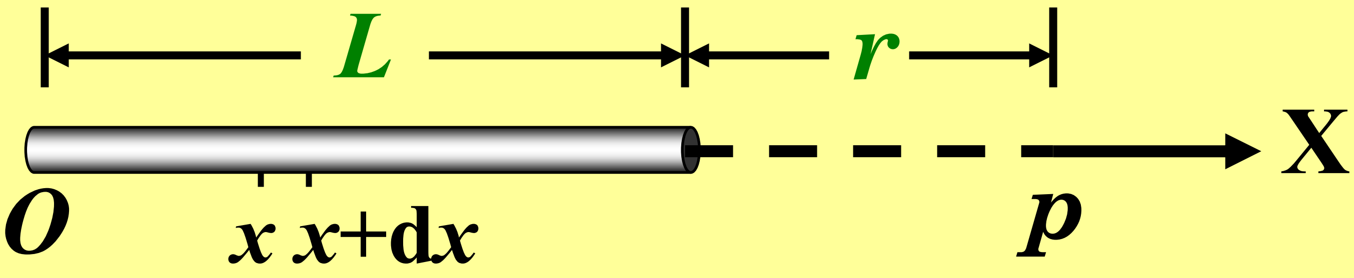
[例1] **均匀带电(Q)直线段延长线上一点的场强。**



解：建立坐标轴如图

$$\vec{E}_p = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0(\frac{L}{2}+r)^2}\vec{i}$$

[例1] 均匀带电(Q)直线段延长线上一点的场强。



解：建立坐标轴如图 思想：微元法

$x \to x+\mathrm{d}x$ 电荷元 $\frac{Q}{L}\mathrm{d}x$ 在 p 点产生的场强

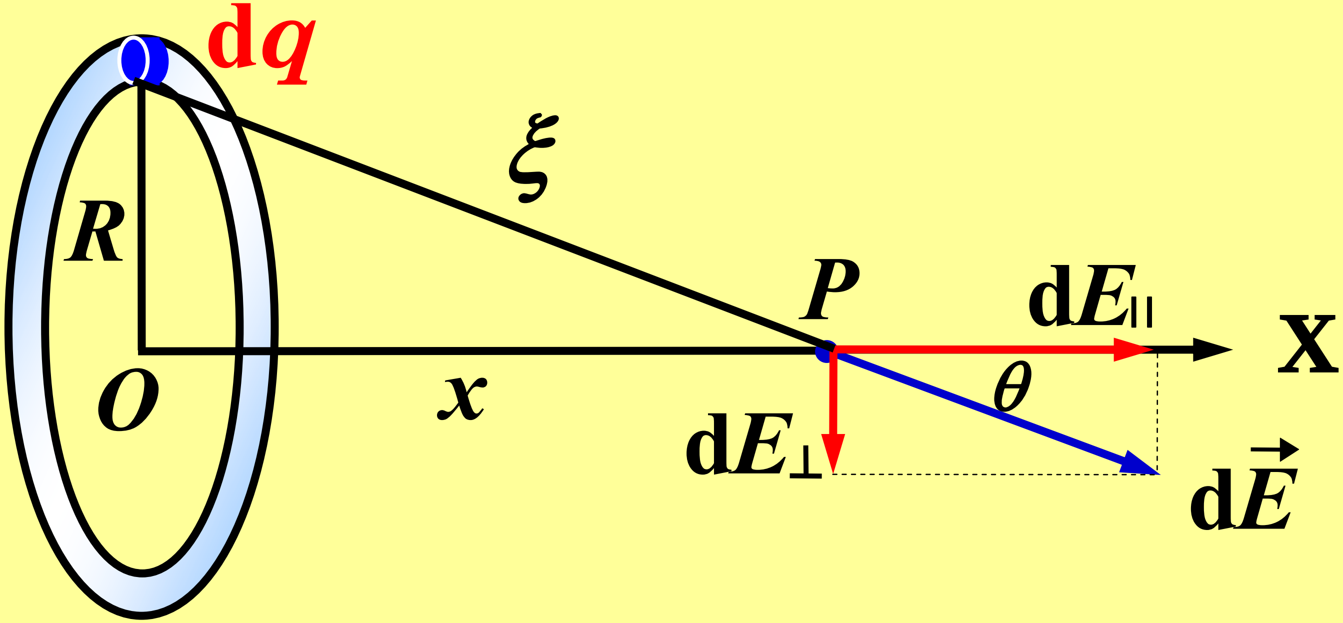
$$\mathrm{d}\vec{E} = \frac{\frac{Q}{L}\mathrm{d}x}{4\pi\varepsilon_0 (L+r-x)^2}\,\vec{i}$$

P点的总场强:

$$\vec{E}=\int \mathrm{d}\vec{E}=\vec{i}\,\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 L}\int_0^L \frac{\mathrm{d}x}{(L+r-x)^2}$$

$$=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r(L+r)}\vec{i}$$

[例2] 均匀带电(Q)圆环轴线上一点的场强



解： 由于轴对称性 ⇨ 所有$\mathrm{d}E_\perp$相互抵消

所以，$\vec{E} = E_{\parallel}\vec{i} = E_x\vec{i}$

环上dq的贡献：$\mathrm{d}E_x = \dfrac{\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0\xi^2}\cos\theta$

于是 $E_x=\int \mathrm{d}E_x=\dfrac{\cos\theta}{4\pi\varepsilon_0\xi^2}\int \mathrm{d}q$

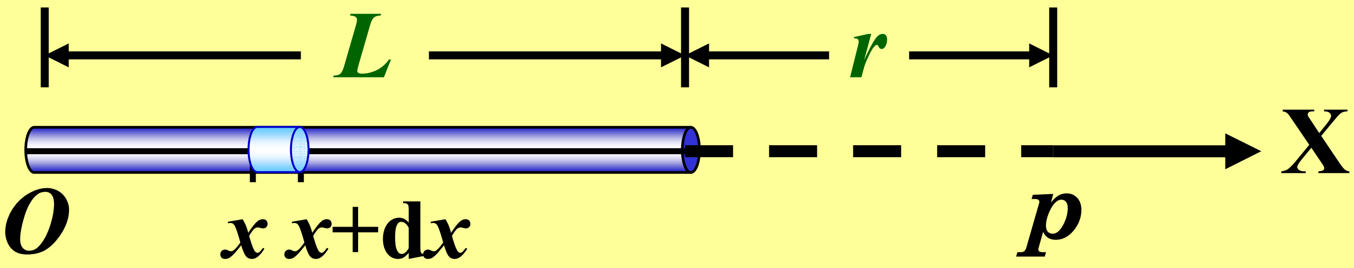
$$=\frac{Q\cos\theta}{4\pi\varepsilon_0\xi^2}$$

$$=\frac{Qx}{4\pi\varepsilon_0(x^2+R^2)^{3/2}}$$

故 $\vec{E}=\cdots\cdots$

[思考] ① 环心($x=0$)处场强?

[例3] 均匀带电(Q)直线段延长线上一点的电势($U_\infty=0$)。



解：建立坐标轴如图

x–$x+\mathrm{d}x$电荷元产生的电势：

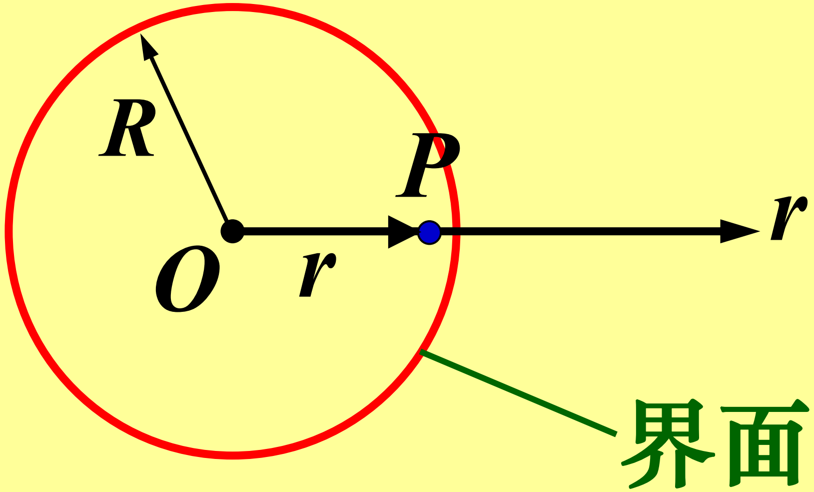
$$\mathrm{d}U=\frac{\frac{Q}{L}\mathrm{d}x}{4\pi\varepsilon_0(L+r-x)}$$

P点的总电势:

$$U=\int \mathrm{d}U=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 L}\int_0^L \frac{\mathrm{d}x}{L+r-x}$$

$$=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 L}\ln\left(1+\frac{L}{r}\right)$$

[例4] 均匀带电球面内外的电势($U_\infty=0$)



设球面半径R，电量Q

球对称⇒与球心等距的各点，电势相同

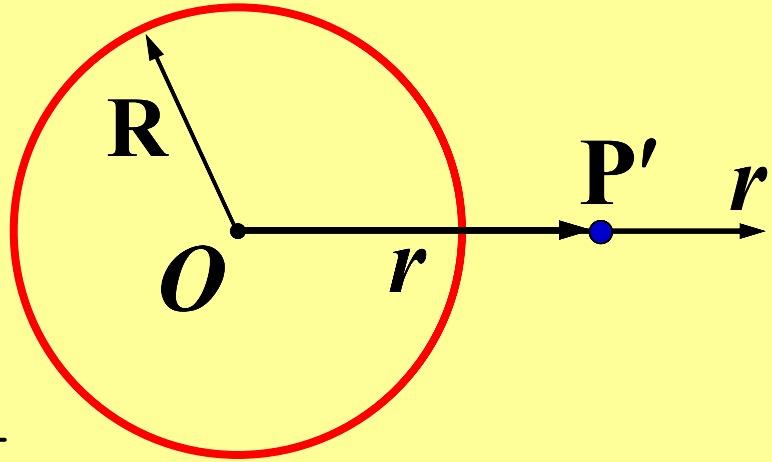
$r<R$：对球面内一点P，有

zero

$$U=\int_{\mathrm{P}}^{\infty}\vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{r}=\int_{r}^{R}\vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{r}+\int_{R}^{\infty}\vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{r}$$

$$=\int_{R}^{\infty}\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\mathrm{d}r=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$$

$r>R$：对于球面外一点，有



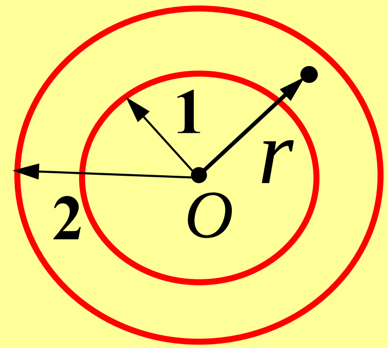
$$U=\int_{P'}^{\infty}\vec{E}\cdot d\vec{r}$$

$$=\int_{r}^{\infty}\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

综之　$$U(r)=\begin{cases}\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R} & (r\le R)\\[2ex] \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r} & (r>R)\end{cases}$$

[例5] 两个同心均匀带电球面，内球面半径R_1，带电量Q_1，外球面半径R_2，带电量Q_2。设无穷远处电势为零，则在两个球面之间距离球心为r处一点的电势是多少？

解：内球面的贡献： $$U_1 = \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 r}$$



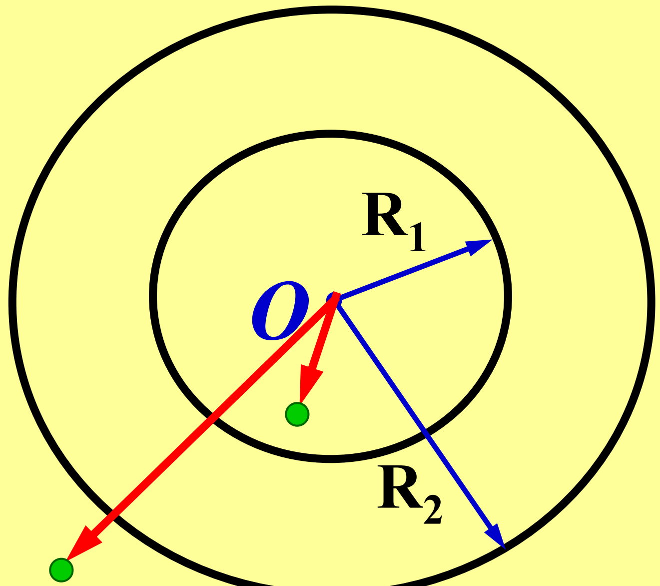
外球面的贡献： $$U_2 = \frac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0 R_2}$$

于是 $$U = U_1 + U_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{Q_1}{r} + \frac{Q_2}{R_2}\right)$$

[思考] ①若所求点在内球面内?

②若所求点在外球面外?

③内、外球面电势之差?

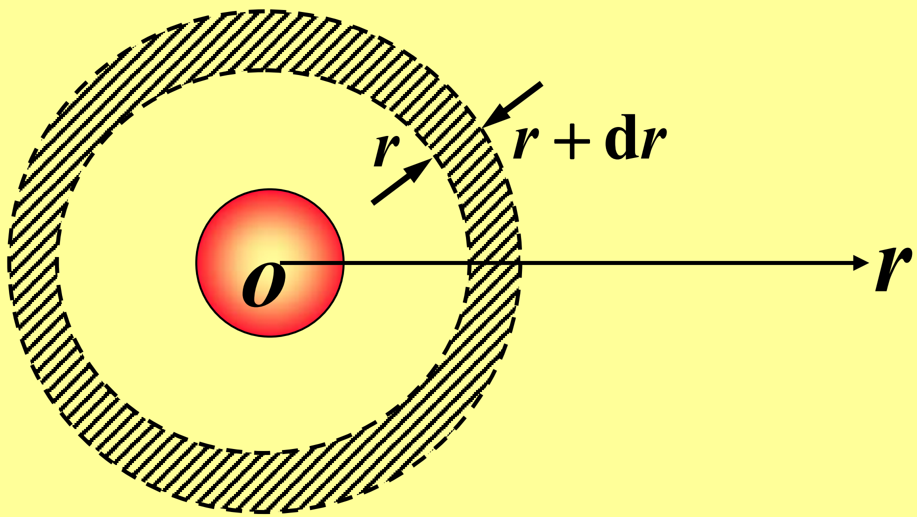


[例6] 金属球半径R,带电量Q, 求其静电能。

解： [解法一] 视为带电电容器

$$W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0 R}$$

[解法二] 计算静电场的能量



球内： $E=0 \rightarrow W=0$

球外： $$w=\frac{DE}{2}=\frac{Q^2}{32\pi^2\varepsilon_0 r^4}$$

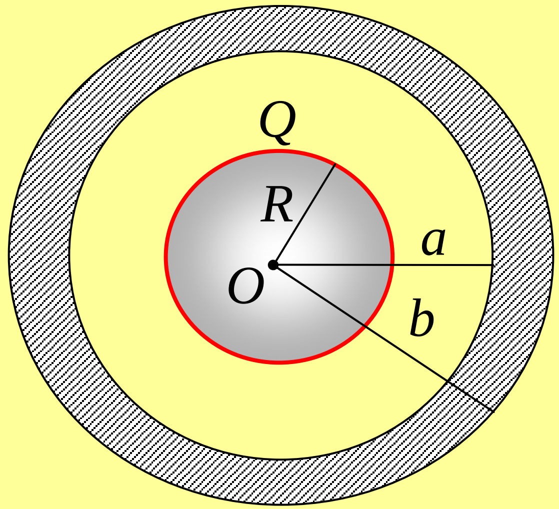
$r-r+\mathrm{d}r$区域的能量：

$$\mathrm{d}W=w\mathrm{d}V=\frac{Q^2}{32\pi^2\varepsilon_0 r^4}\cdot 4\pi r^2\mathrm{d}r=\frac{Q^2\mathrm{d}r}{8\pi\varepsilon_0 r^2}$$

整个电场的能量：

$$W=\frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0}\int_R^\infty \frac{\mathrm{d}r}{r^2}=\frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0 R}$$

[例7] 如图所示,一半径为R的导体球,带有电荷Q,在它外面同心地包有一层各向同性的均匀电介质球壳，其内外半径分别为a和b,相对介电常量为ε_r。求



（1）电介质中任意一点的场强；

（2）电介质中任意一点的电势（设 $U_\infty = 0$）；

（3）求介质球壳以外区域（$r > b$）的静电能。

解：（1）由高斯定律：$\oiint_S \vec{D}\cdot \mathrm{d}\vec{S}=\sum q_{i0} \quad \Rightarrow D=\dfrac{Q}{4\pi r^2} \quad (r\geq R)$

介质内部区域 $\quad E=\dfrac{D}{\varepsilon_0\varepsilon_r}=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2} \quad (a\leq r\leq b)$

（2）介质外部区域 $\quad E=\dfrac{D}{\varepsilon_0}=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \quad (r>b)$

$$U_P=\int_P^\infty \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{r}=\int_r^b \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2}\mathrm{d}r+\int_b^\infty \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\mathrm{d}r$$

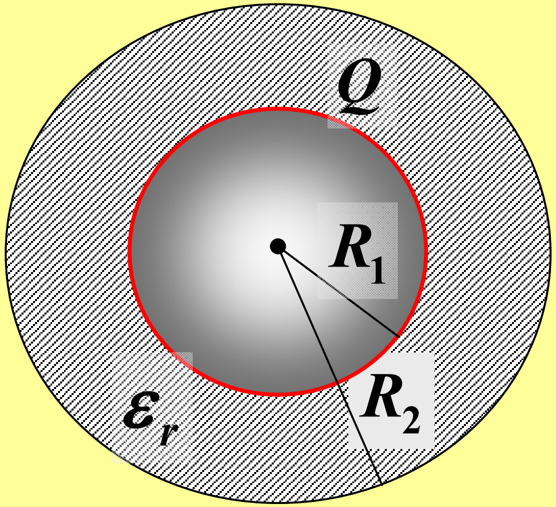
$$=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\left(-\frac{1}{b}+\frac{1}{r}\right)+\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{b}\right)$$

$$=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r}(1+\varepsilon_r)-\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r b}$$

（3）$r>b$区域：

$$w=\frac{DE}{2}=\frac{Q^2}{32\pi^2\varepsilon_0 r^4}$$

$$W=\int_b^{\infty}\frac{Q^2}{32\pi^2\varepsilon_0 r^4}4\pi r^2\mathrm{d}r=\frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0}\int_b^{\infty}\frac{\mathrm{d}r}{r^2}=\frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0 b}$$



求：(1) 介质层内外的场强分布

(2) 介质层内外的电势分布

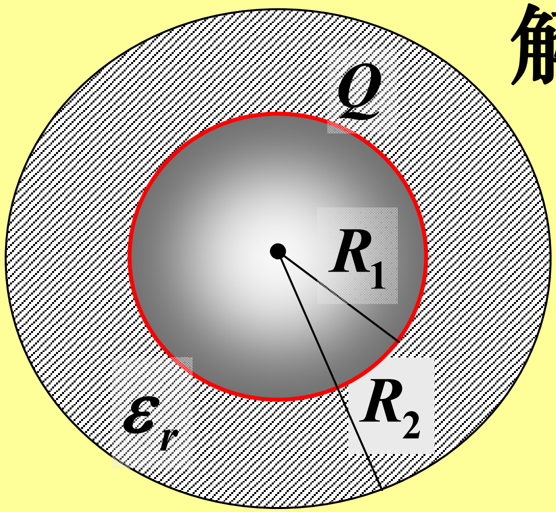
(3) 金属球电势

(4) 系统电势能

解： (1) 介质层内外的场强分布

$$\oiint_S \vec{D}\cdot d\vec{S} = \sum q_0 \quad \Rightarrow D = \begin{cases} 0 & (r < R_1) \\ \dfrac{Q}{4\pi r^2} & (r \ge R_1) \end{cases}$$

$$\Rightarrow E = \begin{cases} 0 & (r < R_1) \\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2} & (R_1 \le r \le R_2) \\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} & (r > R_2) \end{cases}$$



解：（2）介质层内外的电势分布

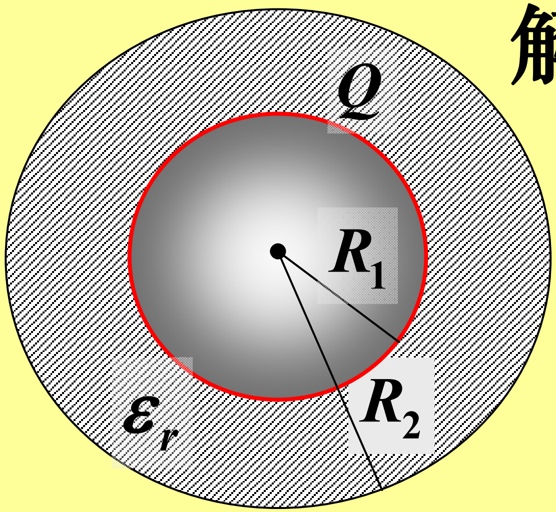
$$E=\begin{cases}0 & (r<R_1)\\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2} & (R_1\le r\le R_2)\\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} & (r>R_2)\end{cases}$$

$$R_1\le r\le R_2 \quad U_P=\int_P^{\infty}\vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{r}=\int_r^{R_2}\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2}\mathrm{d}r+\int_{R_2}^{\infty}\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\mathrm{d}r$$

$$=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\left(\frac{1}{r}+\frac{\varepsilon_r-1}{R_2}\right)$$

$$r>R_2 \qquad U_P=\int_P^{\infty}\vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{r}=\int_r^{\infty}\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\mathrm{d}r=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

解：（3）金属球电势



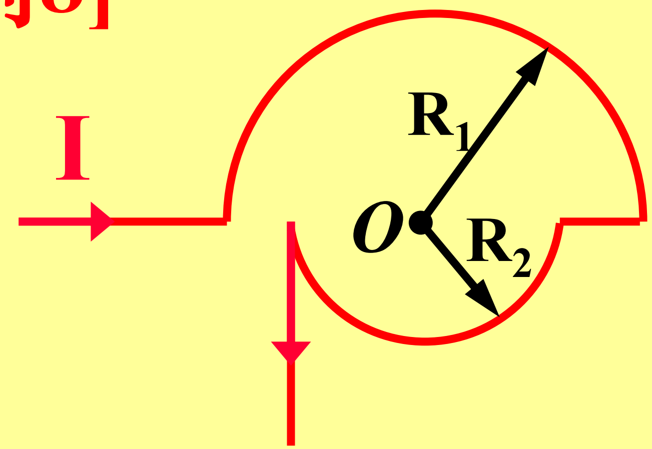
$$U_P = \int_r^{R_2} \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2}\mathrm{d}r + \int_{R_2}^{\infty} \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\mathrm{d}r$$

$$= \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\left(\frac{1}{r} + \frac{\varepsilon_r - 1}{R_2}\right)$$

$$r = R_1$$

$$U = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{\varepsilon_r - 1}{R_2}\right)$$

[例8] 如图，求O点处$\vec{B}$的大小。



解：水平直线电流的贡献为零

上、下半圆电流产生$\vec{B}$的方向都为⊗，

大小：

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4R_1} \qquad B_2 = \frac{\mu_0 I}{4R_2}$$

竖直直线电流产生$\vec{B}$的方向为⊙, 大小

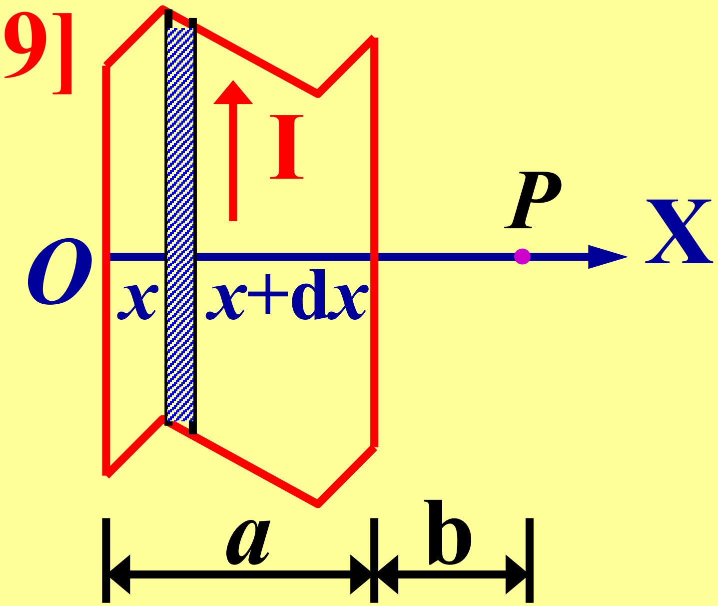
$$B_3=\frac{\mu_0 I}{4\pi R_2}$$

$$B_1+B_2>B_3$$

$\therefore O$点处总$\vec{B}$的大小为

$$B=B_1+B_2-B_3=\frac{\mu_0 I}{4\pi}\left(\frac{\pi}{R_1}+\frac{\pi-1}{R_2}\right)$$

[例9]



如图，无限长载流铜片上电流均匀分布，求P点处$\vec{B}$的大小。

解: 将铜片上电流视为一系列平行长直电流的集合，各长直电流在P点处产生的$\vec{B}$方向相同，故有

$$B = \int \mathrm{d}B$$

建立X轴如图

x-x+dx长直电流的贡献：

$$\mathrm{d}B=\frac{\mu_0\frac{I}{a}\mathrm{d}x}{2\pi(a+b-x)}=\frac{\mu_0 I\mathrm{d}x}{2\pi a(a+b-x)}$$

P点处总的磁感应强度大小：

$$B=\int\mathrm{d}B=\frac{\mu_0 I}{2\pi a}\int_0^a\frac{\mathrm{d}x}{(a+b-x)}$$

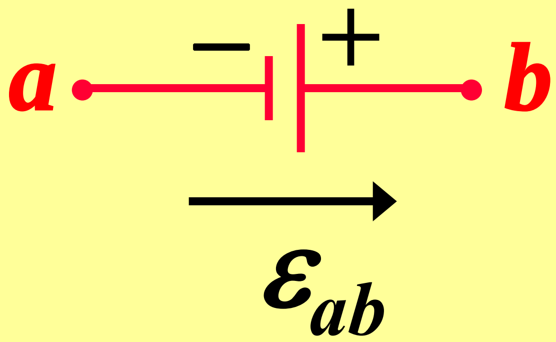
$$=\frac{\mu_0 I}{2\pi a}\ln\frac{a+b}{b}$$

[思考] 若*P*点离铜片很远，*b*>>*a*，结果?

法拉第定律 Faraday's Law

1. 电动势 Electromotive force

(1)表示法



ε_{ab}

方向： (−) → (+)
($U_{低} \rightarrow U_{高}$)

大小： 开路电压
($\varepsilon_{ab} = U_b - U_a$)

(2)物理意义：

$$\varepsilon = \frac{A_{(-)\rightarrow(+)}}{q}$$

(3)场的观点

——电源内部存在非静电场

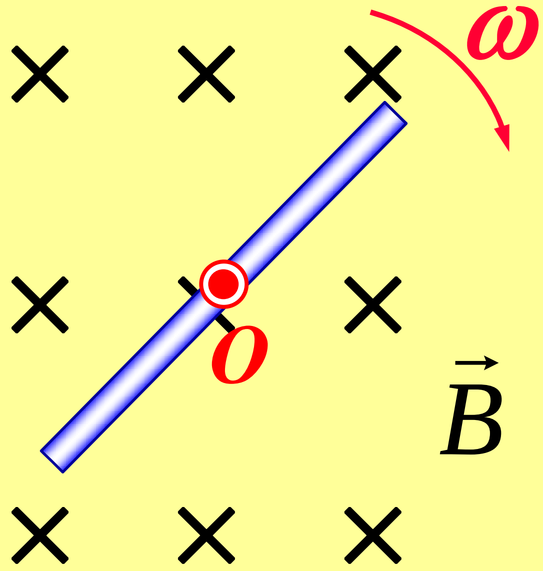
$$A_{(-)\to(+)}=\int_{(-)}^{(+)}\vec{F}_{非}\cdot \mathrm{d}\vec{l}=q\int_{(-)}^{(+)}\vec{E}_{非}\cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

非静电场场强

$$\Rightarrow \varepsilon=\int_{(-)}^{(+)}\vec{E}_{非}\cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

一般：$\varepsilon_{\mathrm{L}}=\int_{\mathrm{L}}\vec{E}_{非}\cdot \mathrm{d}\vec{l}$

[例7-1]

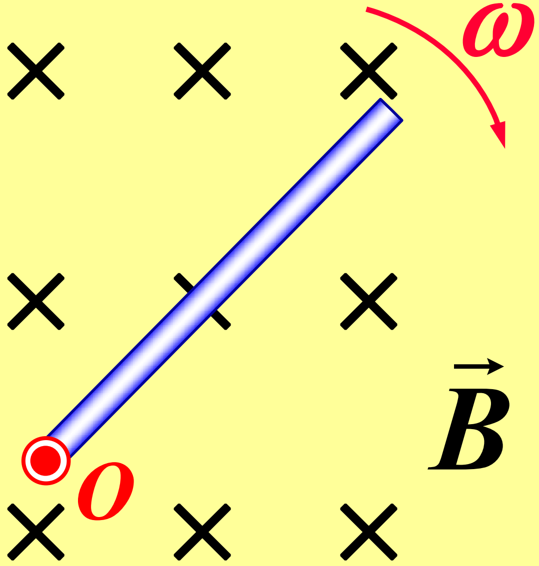


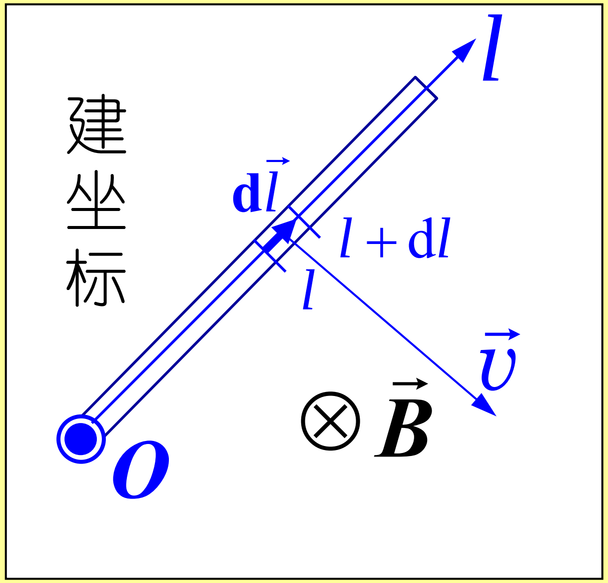
导体棒长L，角速度ω。若转轴在棒的中点，则整个棒上电动势的值为________；若转轴在棒的端点，则电动势的值为________。

解：(1)转轴在中点

两侧各线元上的$d\varepsilon_i$两两抵消

$$\Rightarrow \varepsilon_i = 0$$





(2)转轴在端点

设转轴在左下端, L方向指向右上端。

则 l —l+dl 线元:

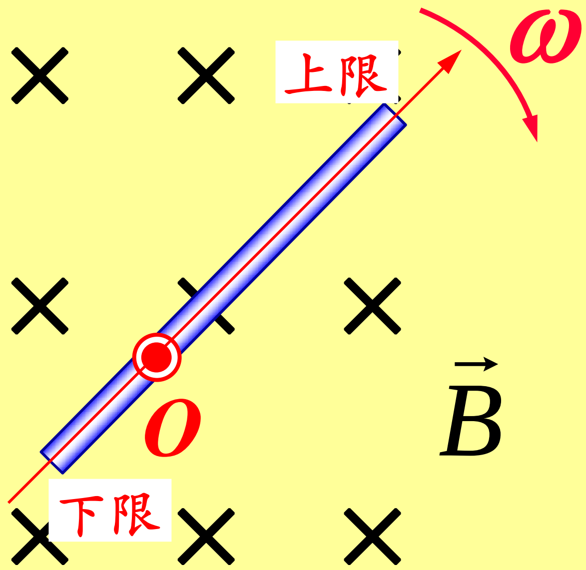
$$\mathrm{d}\varepsilon_i = \underline{(\vec{v}\times\vec{B})\cdot \mathrm{d}\vec{l}}$$

$$= vB\mathrm{d}l = \omega lB\mathrm{d}l$$

于是 $\varepsilon_i = \int_L \mathrm{d}\varepsilon_i$

$$= \omega B\int_0^L l\mathrm{d}l = \omega BL^2/2$$

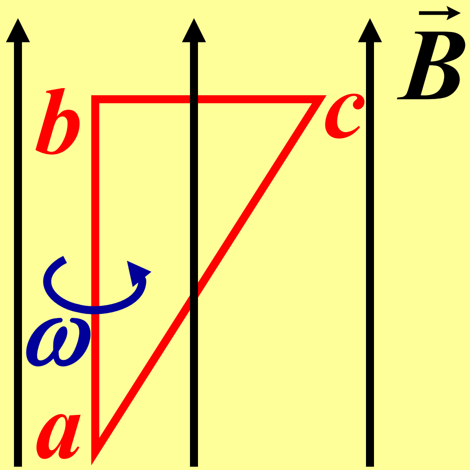
[思考] ①转轴位于$L/3$处，结果?



$$\varepsilon_i = \omega B \int_{下限}^{上限} l \mathrm{d} l$$

微积分的能力

[思考] ②



abc为金属框，bc边长为L，则a、c两点间的电势差$U_a - U_c = ?$

Hint: 整个框 $\varepsilon_i = \varepsilon_{ab} + \varepsilon_{bc} + \varepsilon_{ca} = 0$

$\varepsilon_{ab} = 0$

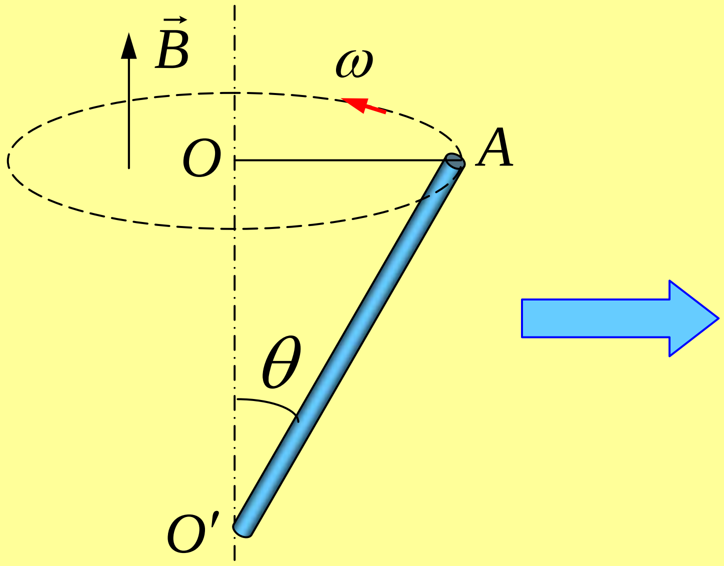
Why?

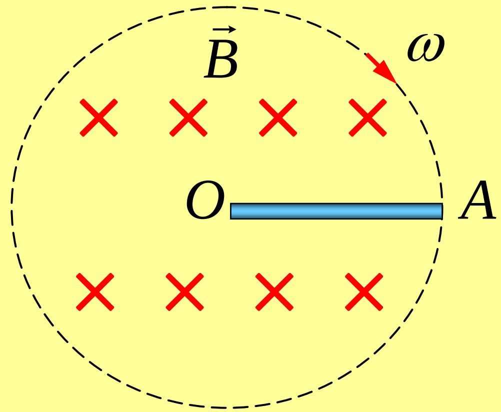
$\varepsilon_{bc} = \omega B L^2/2$

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi_m}{dt}$$

$$\Rightarrow \varepsilon_{ca} = -\omega B L^2/2 = U_a - U_c$$

[思考] ③ 金属杆 OA 绕 OO' 轴匀速旋转，试求 OA 杆上的电势孰高孰低?





$$\varepsilon_{OA} = -\omega B L^2 \sin^2\theta / 2 = U_A - U_O$$

于是 $\varepsilon_i = \int \mathrm{d}\varepsilon_i = -\dfrac{\mu_0 I v}{2\pi}\int_a^{2a}\dfrac{\mathrm{d}x}{x} = -\dfrac{\mu_0 I v}{2\pi}\ln 2$

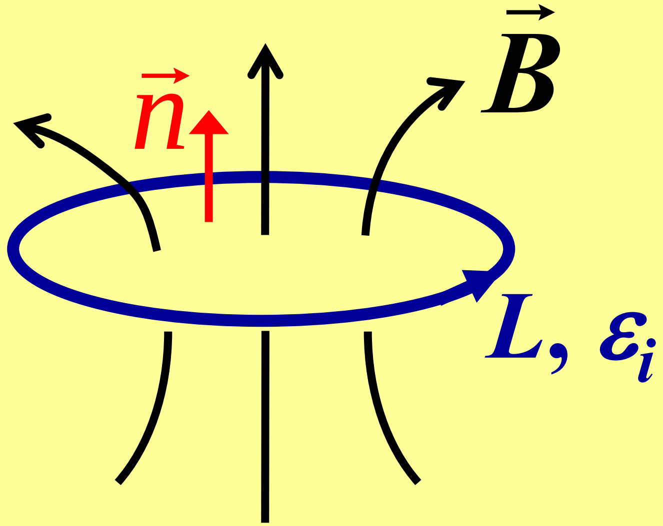
$$\left|\varepsilon_i\right| = \frac{\mu_0 I v}{2\pi}\ln 2$$

(2) $\because \varepsilon_i = U_B - U_A < 0$

$\therefore$ A端电势较高

2.法拉第定律

$$\boxed{\varepsilon_i = -\frac{\mathrm{d}\Phi_m}{\mathrm{d}t}}$$

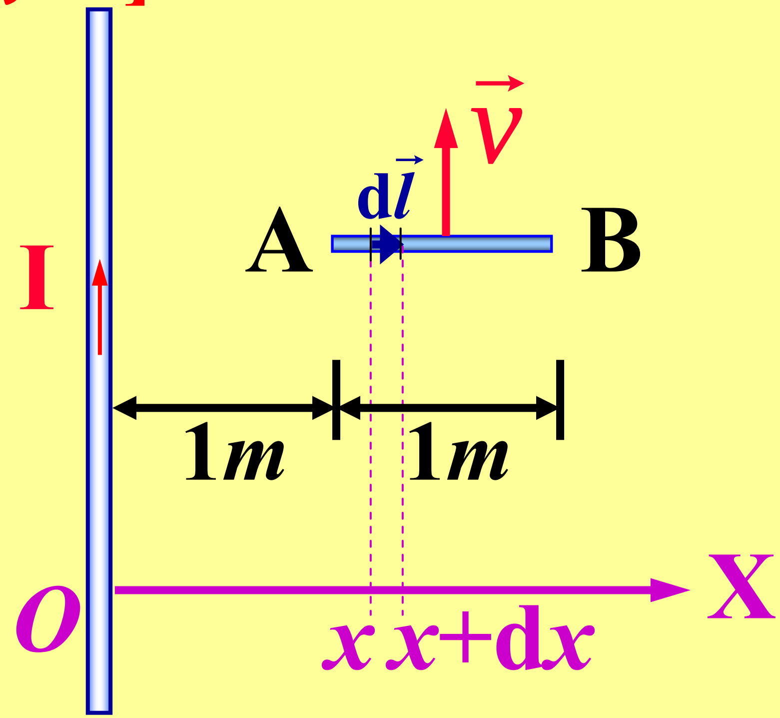


计算： 设定回路L的方向(此即ε_i的正方向)

$\xrightarrow{\text{右手螺旋}}$ 法线方向$\vec{n}$ $\longrightarrow$ Φ_m

$\xrightarrow{\text{法拉第定律}}$ ε_i (>0, 则实际方向与所设方向一致；<0, 则相反)

[例10]



I=40A，v =2m/s，则金属杆AB中的感应电动势 ε_i = ________，电势较高端为______端。

解：(1)设ε_i正方向为A→B

则对于x–x+dx线元，有

$$d\varepsilon_i = (\vec{v}\times\vec{B})\cdot d\vec{l} = -vB\,dx = -\frac{\mu_0 I v\,dx}{2\pi x}$$

于是 $\varepsilon_i = \int \mathrm{d}\varepsilon_i = -\dfrac{\mu_0 I v}{2\pi}\int_a^{2a}\dfrac{\mathrm{d}x}{x} = -\dfrac{\mu_0 I v}{2\pi}\ln 2$

$$\left|\varepsilon_i\right| = \frac{\mu_0 I v}{2\pi}\ln 2$$

(2)$\because$ $\varepsilon_i = U_B - U_A < 0$

$\therefore$ A端电势较高

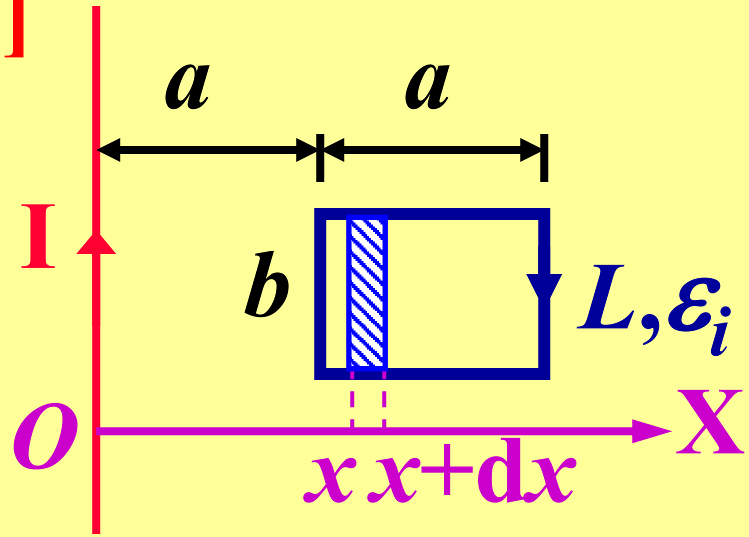
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}$$

$$\mathrm{d}B = \frac{\mu_0 I}{2\pi \mathrm{d}x}$$

$$B = \int_1^2 \frac{\mu_0 I}{2\pi x}\mathrm{d}x = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\ln 2$$

$$\varepsilon_i = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot \vec{l} = vBa = \frac{\mu_0 I v}{2\pi} a \ln 2$$

[例11]



如图,金属框与长直载流导线共面,设导线中电流 $I=I_0\cos\omega t$,求金属框中的感生电动势ε_i。

解:设定回路的正方向如图,此即ε_i的正方向

任意时刻t的磁通:

$$\Phi_m=\int\vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{S}=\int B\mathrm{d}S=\int_a^{2a}\frac{\mu_0 I}{2\pi x}b\mathrm{d}x=\frac{\mu_0 Ib}{2\pi}\ln 2$$

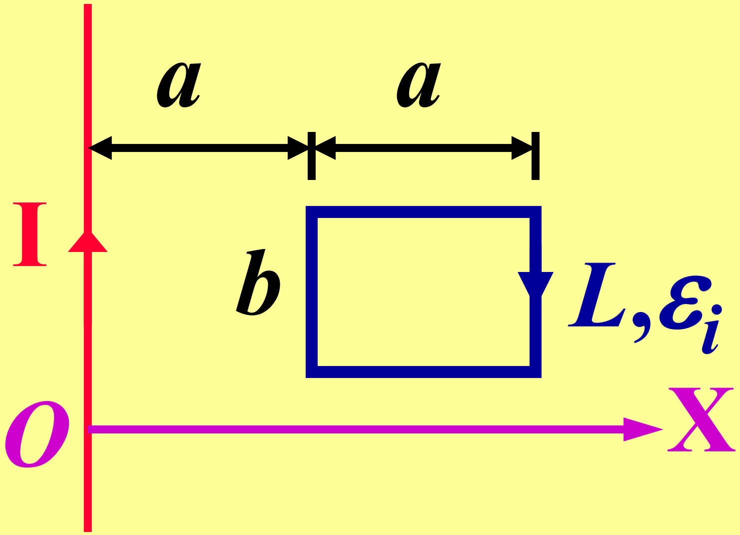
感生电动势:

$$\varepsilon_i = -\frac{\mathrm{d}\Phi_m}{\mathrm{d}t} = -\frac{\mu_0 b \ln 2}{2\pi} \cdot \frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}$$

$$= \frac{\mu_0 b I_0 \omega \ln 2}{2\pi} \sin \omega t$$

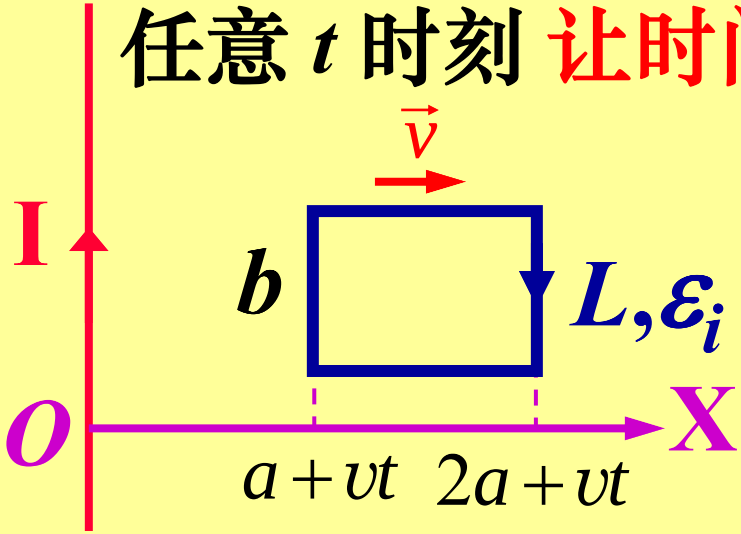
[思考] 若金属框以速率v右移, 在 t 时刻正处于图示位置, 则ε_i=?

[思考] 若金属框以速率v右移, 在 t 时刻正处于图示位置, 则ε_i=?

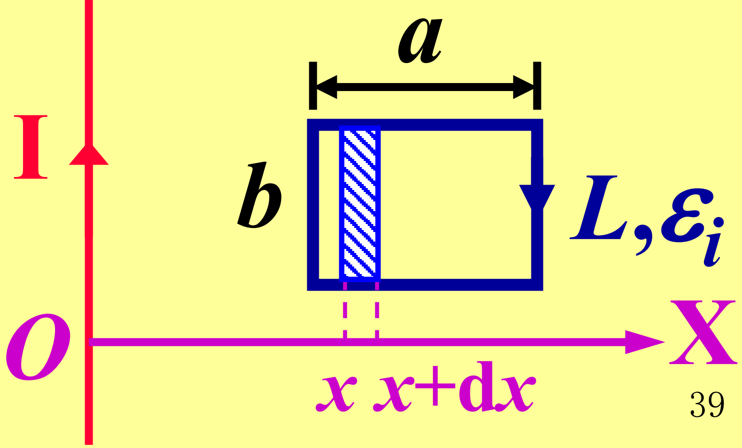


$$\varepsilon_i = -\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\int_{a+vt}^{2a+vt}\frac{\mu_0 I}{2\pi x}b\mathrm{d}x$$

任意 t 时刻 让时间凝固

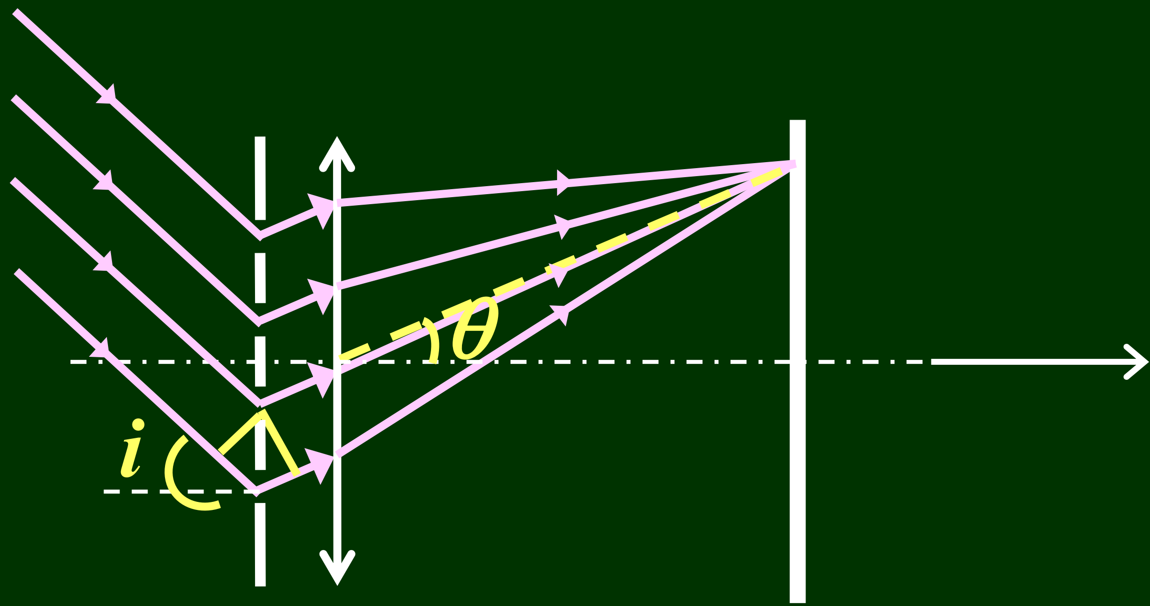


任意 t 时刻



补充

Notes: 斜入射—：

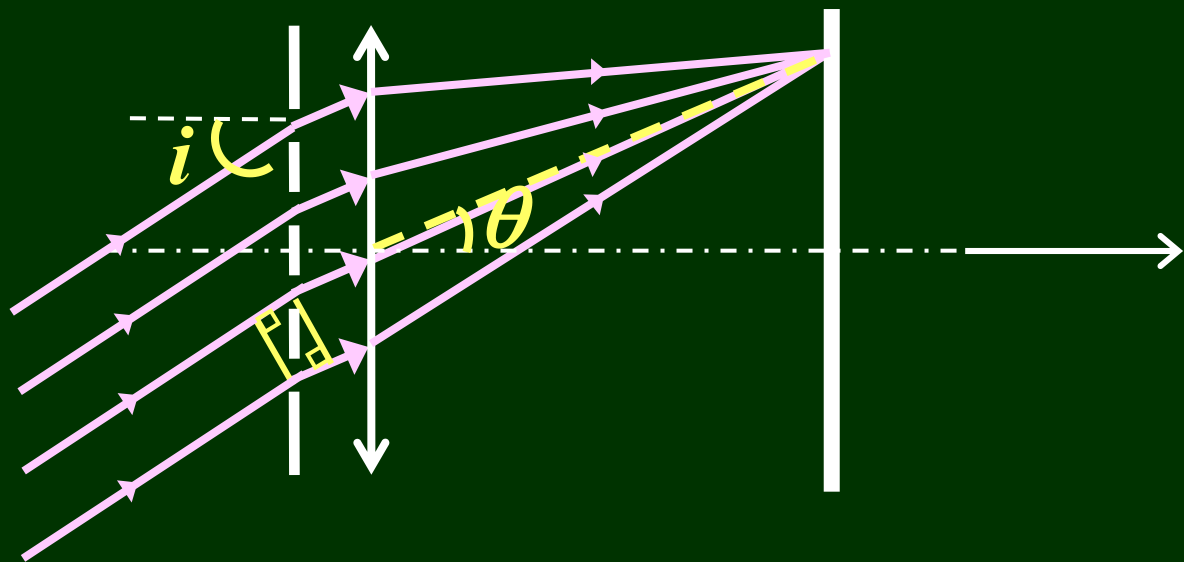


光栅方程：

$$(a+b)(\sin\theta+\sin i)=k\lambda \quad (k\in R)$$

入射角

Notes: 斜入射二：



光栅方程：

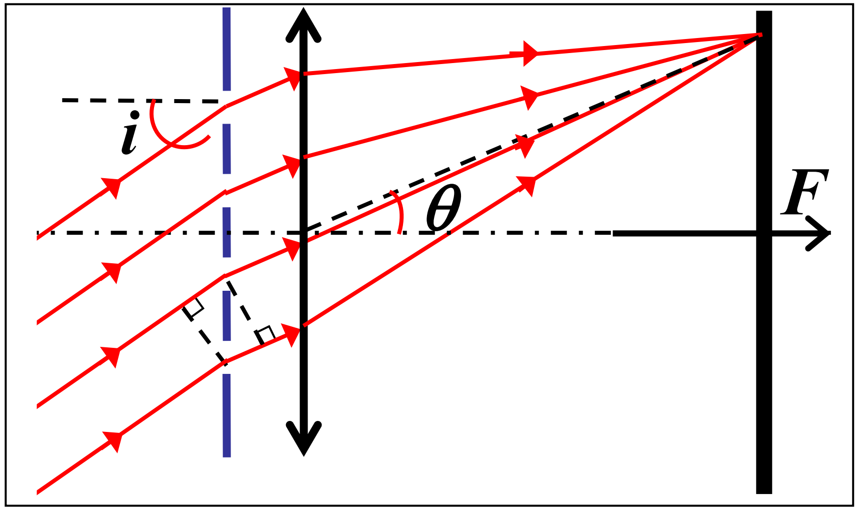
$$(a+b)(\sin\theta-\sin i)=k\lambda \quad (k\in \mathrm{R})$$

i：入射角

[例12] **已知：**$\lambda = 5000\,\mathring{A}$

$\theta = 30^\circ$

$d = 2.5a = 2\mu m$



求： **1. 中央主极大衍射角**

2. 屏中心 *F* 处条纹级次

3. 屏上可见到哪几级主明纹?

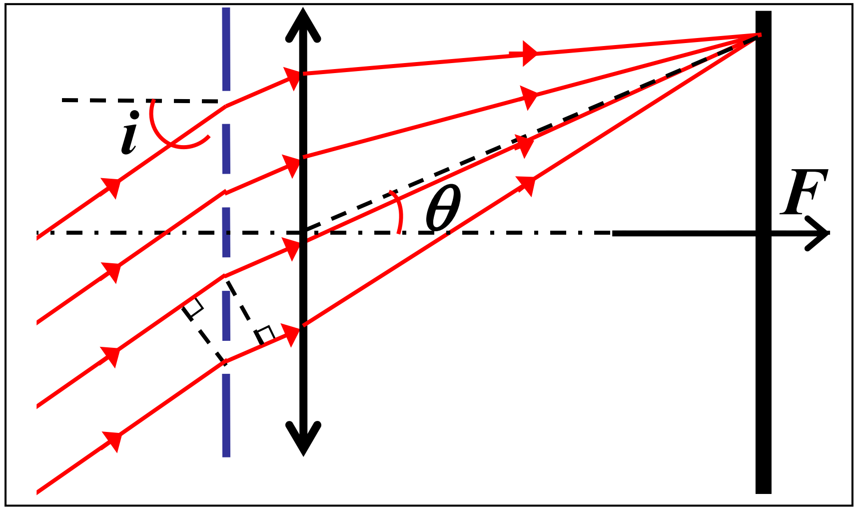
解：由 $\Delta = d\left[\sin\theta + \sin(\pi + i)\right] = d\left(\sin\theta - \sin i\right) = k\lambda$

1.中央主极大 $\Delta = 0$ 或 $k = 0$

$$\sin\theta = \sin i \quad \Rightarrow \theta = i = 30^o$$

2. 屏中心 ***F*** 处 $\theta = 0$

$$-d\sin i = k\lambda \quad \Rightarrow k = \frac{-d\sin i}{\lambda} = \frac{-2\times10^{-6}\times0.5}{5000\times10^{-10}} = -2$$



3. 由：

$$\Delta = d\left(\sin\theta - \sin i\right) = k\lambda$$

$$\theta = \pi/2 \qquad \Rightarrow k < \frac{d(1-\sin i)}{\lambda} = 2 \qquad \Rightarrow k_{\max} = 1$$

$$\theta = -\pi/2 \qquad \Rightarrow k' > \frac{d(-1-\sin\theta)}{\lambda} = -6 \qquad \Rightarrow k'_{\max} = -5$$

考虑缺级： $\boldsymbol{k = \frac{d}{a}k' = \frac{5}{2}k'}$ $\quad$ $\boldsymbol{(k' = \pm 2, \pm 4 \cdots)}$

屏上级次：

+1,0,–1,–2,–3,–4 共6条主明纹（*k*=-5级缺级）

其余内容与课件作业类似，依课件作业复习即可。勿虑。

衷心祝愿同学们

期末顺利，万事如意！

大学物理任课教师

签到二维码

签到二维码