练习二十五

1．水平向左，$\left|E\right| = mgtg\theta / q$

解析：小球将受到绳的拉力，重力以及电场力，电场力的方向向右，由于小球所带电荷为负电荷，所以外电场的方向为水平向左。
由受力分析可得小球在 B 点的场强大小

2．2a
解析：场强大小为 0 的点在-q 的右边，通过场强公式即可解出 x=2a

2．[3]
解析：
（1）E 与试验电荷无关
（2）E 与 F 无关
（3）两个试验电荷的电荷量可能不同，E_A 于 E_B 大小无法确定

4．[2]
解析:

$$\because F = \frac{kq^2}{R^2} = \frac{mv^2}{R}$$
$$\therefore R = \frac{kq^2}{mv^2}$$

将电量、运动速率均增大一倍，半径不变

5．在 AB 上与 O 点相距为 l 处取 dl，其所带电量 $dq = \lambda dl$ 。dq 在 p 点场强 $dE = \dfrac{\lambda dl}{4\pi\varepsilon_0 l^2}$，

方向向右。由于 AB 上任意 dq 在 p 点产生的场强方向相同，则

$E_p = \int_{0.05}^{0.2} \dfrac{\lambda dl}{4\pi\varepsilon_0 l^2} = \dfrac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{0.05} - \dfrac{1}{0.2}\right) = 6.75\times10^2 V\cdot m^{-1}$，方向向右

6．在距长直导线为 x 处任取 dx，其所带电量 $dq = \lambda dx$，又长直导线在 dx 处的场强为

$E = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 x}$，$dq$ 受电场力 $df = dqE = \dfrac{\lambda^2}{2\pi\varepsilon_0}\dfrac{dx}{x}$，方向向右。由于 ab 上任意 dq 受力方向

相同，则 $f = \int df = \int_R^{L+R} \dfrac{\lambda^2}{2\pi\varepsilon_0}\dfrac{dx}{x} = \dfrac{\lambda^2}{2\pi\varepsilon_0}\ln\dfrac{L+R}{R}$，方向沿 ab 相互排斥。

练习二十六

1． $E\pi R^2$

解析:通过半球面的电场强度通量与通过底部圆面的电场强度通量相 $\Phi_e = ES = E\pi R^2$ 等

2．0， $5L^2$， $6L^2$

3．（a）图中高斯面为一圆柱面，（b）图中高斯面为一球面

4．[4]
解析

$$\Phi = \frac{\sum_i q_i}{\varepsilon_0} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

由于闭合曲面内电荷量不变，所以电场强度通量不变
E_p 由 q 与 q’共同决定，所以 q’位置改变，E_p 改变

5．过场点作长为 l 的同轴圆柱面，由高斯定理得：$\oint_s = \dfrac{\sum_i q_i}{\varepsilon_0}$

（1）当 $r < R_1$ 时，$\sum_i q_i = 0$，$\therefore E = 0$；

（2）当 $r > R_2$ 时，$\sum_i q_i = 0$，$\therefore E = 0$；

（3）当 $R_1 < r < R_2$ 时，$\sum_i q_i = \lambda l$，$\therefore E = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$

6．（1）过场点作同心球面，由高斯定理：$\oint_s E \cdot dS = \int_v \rho dV / \varepsilon_0$

即：$4\pi r^2 E = \int_0^r \dfrac{\rho_0 e^{-kr}}{r^2} 4\pi r^2 dr / \varepsilon_0$　　解得：$E = \dfrac{\rho_0}{\varepsilon_0 k r^2}(1 - e^{-kr})$

（2）同理可求得球外任一点 $E = \dfrac{\rho_0}{\varepsilon_0 k r^2}(1 - e^{-kR})$

练习二十七

1．$\dfrac{q_1-q_2}{2\pi\varepsilon_0 R}$， $-\dfrac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0 R}$

解析：

$$\mathrm{U}=\mathrm{U}_1+\mathrm{U}_2=\frac{\mathrm{q}_1}{4\pi\varepsilon_0 R/2}+\frac{-\mathrm{q}_2}{4\pi\varepsilon_0 R/2}=\frac{\mathrm{q}_1-\mathrm{q}_2}{4\pi\varepsilon_0 R/2}$$

$$W=\mathrm{U}_1(-\mathrm{q}_2)=\mathrm{U}_2\mathrm{q}_1=-\frac{\mathrm{q}_1\mathrm{q}_2}{4\pi\varepsilon_0 R/2}$$

2．$\dfrac{R^3\rho}{3\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{d+r}-\dfrac{1}{r}\right)$

解析：

$$E_p=E_+ + E_- =\frac{R^3\rho}{3\varepsilon_0(d+r)^2}-\frac{R^3\rho}{3\varepsilon_0 r^2}$$

$$U_p=\int_p^\infty E_P\cdot dr=\frac{R^3\rho}{3\varepsilon_0}\left(\frac{1}{d+r}-\frac{1}{r}\right)$$

3．[2]

解析：

$$\because A=eU_{AK}=\frac{1}{2}mv^2$$

$$\therefore m_p v_p^2=m_e v_e^2\Rightarrow\frac{v_e}{v_p}=\sqrt{\frac{m_p}{m_e}}$$

4．[1]

解析：

$$E_x=-\frac{\partial u}{\partial x}=-\frac{2Ax}{x^2+y^2};$$

$$E_x=-\frac{\partial u}{\partial y}=-\frac{2Ay}{x^2+y^2}$$

$$E_x=-\frac{\partial u}{\partial z}=0$$

5（1)在棒上距 p 点为 l 处任取 dl，其所带电量 $dq=\frac{q}{L}dl$，dq 在 p 点的电势为 $du=\frac{qdl}{4\pi\varepsilon_0 Ll}$，

.

$$\therefore u_p=\int_r^{r+L}\frac{qdl}{4\pi\varepsilon_0 Ll}=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 L}\ln\frac{r+L}{r}$$

（2）同理 $u_Q=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 L}\ln\left(\frac{3r+L}{3r}\right)$，则 q_0 从 $P\to Q$，

电场力的功 $A=q_0(u_p-u_Q)=\frac{q_0 q}{4\pi\varepsilon_0 L}\ln\frac{3(r+L)}{3r+L}$

电势能变化为 $\Delta W=-\frac{q_0 q}{4\pi\varepsilon_0 L}\ln\frac{3(r+L)}{3r+L}$

6．（1）任取半径 r 、宽 dr 的圆环，其所带电量 $dq=\sigma 2\pi rdr$， dq 在 x 处的电势为 $du=\frac{dq}{4\pi\varepsilon_0(x^2+r^2)^{1/2}}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\frac{rdr}{(x^2+r^2)^{1/2}}$ ∴ 距盘心 x 处的电势为

$$u=\int du=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\int_0^R\frac{rdr}{(x^2+r^2)^{1/2}}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}(\sqrt{x^2+R^2}-x)$$

（2）$E=-\frac{du}{dx}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)$

练习二十八

1． $\dfrac{3F}{8}$， $\dfrac{4F}{9}$

解析:

小球 3 触碰前： $F=\dfrac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}=\dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

小球 3 第一次触碰后： $q_1=\dfrac{q}{2};q_2=\dfrac{3q}{4}$

$\therefore F_1=\dfrac{3F}{8}$

小球 3 经过很多次接触，相当于 2q 的电量平分到三个小球中

$\therefore q_1=\dfrac{2q}{3};q_2=\dfrac{2q}{3}$

$\therefore F_n=\dfrac{4F}{9}$

2． $\dfrac{\sigma_0}{2}-\varepsilon_0E_0$， $\dfrac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}-E_0$

解析：

带电板未置于电场时， $\sigma_0=\dfrac{Q}{2S}$

带电板置于电场后， $\begin{aligned}&\sigma_1=\sigma_0-\varepsilon_0E_0=\dfrac{Q}{2S}-\varepsilon_0E_0\\&\therefore\left|E_1\right|=\dfrac{\sigma_1}{\varepsilon_0}=\dfrac{Q}{2\varepsilon_0S}-E_0\end{aligned}$

3．[2]

解析：

$$U=\int_{R_2}^{\infty}\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}\cdot dr=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0R_2}$$

4．[1]

5.（1）静电平衡时，电荷分布如图，按电势迭加原理，球和球壳的电势分别为

$$u_{球}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{r}-\frac{q}{R_1}+\frac{Q+q}{R_2}\right) \qquad u_{球壳}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q+Q}{R_2}\right)$$

电势差 $\Delta u=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{r}-\frac{q}{R_1}\right)$

（2）球壳接地，球与球壳间的场分布不变，所以电势差也不变，仍与上同。

（3）若用导线连接，则为等势体，所以电势差 $\Delta u=0$。

6.（1）金属球是个等势体

$$U_{球}=U_0=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}+\oint_S\frac{\sigma' ds}{4\pi\varepsilon_0 R}=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}+0=\frac{q}{8\pi\varepsilon_0 R}$$

（2）接地时，金属球电势为零

$$U_0=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}+\oint_S\frac{\sigma' ds}{4\pi\varepsilon_0 R}=\frac{q}{8\pi\varepsilon_0 R}+\frac{q'}{4\pi\varepsilon_0 R}=0$$

$$q'=-\frac{q}{2}$$

练习二十九

1．2，1.6

解析：

$$C_0=\varepsilon_0\varepsilon_r\frac{S}{d_0};$$

$$当d=\frac{\mathrm{d}_0}{2}时C=2C_0$$

$$当d=\frac{\mathrm{d}_0}{2},\varepsilon_r=4时，C'=8C_0$$

2．600V

解析：

反接前：

$$q_1=C_1U=8\times10^{-3}C;$$

$$q_2=C_2U=2\times10^{-3}C;$$

反接后：

$$q_1=4.8\times10^{-3}C;$$

$$q_2=1.2\times10^{-3}C;$$

$$\therefore U_{MN}=\frac{q_1}{C_1}=\frac{q_2}{C_2}=600V$$

3．[2]

解析：

$$接前：U_1=\frac{\mathrm{q}_1}{4\pi\varepsilon_0R_1}+\frac{\mathrm{q}_2}{4\pi\varepsilon_0R_2};$$

$$U_2=\frac{\mathrm{q}_1+\mathrm{q}_2}{4\pi\varepsilon_0R_2}$$

接后：

$$U=\frac{\mathrm{q}_1+\mathrm{q}_2}{4\pi\varepsilon_0R_2}$$

4．[3]

解析：

因$W=\int_V wdV$，静电能的能量与电场空间有关，带电球面内无电场

而面外与球体外的电场相同所以$W_1<\mathrm{W}_2$

5.（1）$\because\ E=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon r}$， $w=\dfrac{1}{2}\varepsilon E^2$

$\therefore$ 圆柱薄壳中的电场能量 $dW=wdV=w2\pi rdrL=\dfrac{Q^2}{4\pi\varepsilon L}\ln\dfrac{dr}{r}$

（2）介质中的总能量 $W=\int_a^b\dfrac{Q^2}{4\pi\varepsilon L}\dfrac{dr}{r}=\dfrac{Q^2}{4\pi\varepsilon L}\ln\dfrac{b}{a}$

（3）由 $W=\dfrac{Q^2}{2C}$，得圆柱电容器的电容 $C=\dfrac{2\pi\varepsilon L}{\ln\dfrac{b}{a}}$

6. 由高斯定理：$\oint_s\vec{D}\cdot d\vec{S}=\Sigma q_i$， $E=\dfrac{D}{\varepsilon}$，可知场分布为

$$E=\begin{cases}0 & r<R\\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2} & R<r<R+d\\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} & r>R+d\end{cases}$$

由 $u_p=\int_p^\infty Edr$，可得电势分布为

$$u=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\left(\frac{1}{R}-\frac{1}{R+d}\right)+\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0(R+d)},\qquad （r<R）$$

$$u=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R+d}\right)+\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0(R+d)},\qquad （R<r<R+d）$$

$$u=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r},\qquad （r>R+d）$$

练习三十

1．$0.21\mu_0 I/R$；垂直纸面向里

解析：

$$B_0 = B_{ab} + B_{bcd} + B_{de}$$
$$= 2\times\frac{\mu_0 I}{4\pi R\cos 60^\circ}[\cos 150^0 - \cos 180^0]$$
$$= 0.21\frac{\mu_0 I}{R};$$

方向垂直纸面向里

2．$2.2\times 10^{-6} Wb$

解析：

$$\Phi_m = 2\int B\cdot dS = 2\int_a^d \frac{\mu_0 I}{2\pi r} l dr$$
$$= \frac{\mu_0 Il}{\pi}\int_{0.1}^{0.3}\frac{dr}{r}$$
$$= 2.2\times 10^{-6} Wb$$

3．[3]
解析：
两个圆环相互垂直，故磁感应强度的方向相互垂直

$$B = \sqrt{2\times(\frac{\mu_0 I}{2R})^2} = \sqrt{2}\,\frac{\mu_0 I}{2R}$$

4．[4]
解析：

因磁感应线是闭合的，所以穿过 S 的磁通量Φ_m不变，但 S 面上的一点 P 靠近直导线，所以

B 增加

5．在与 p 点相距为 x 处，取一宽为 dx 的细长条，其中电流 $dI=\frac{I}{a}dx$

它在 p 点产生的磁感应强度 $dB=\frac{\mu_0 dI}{2\pi x}=\frac{\mu_0 I dx}{2\pi a x}$，方向垂直纸面向里

因各细长条在 p 点的 dB 方向相同，所以 $B_p=\int_d^{d+a}\frac{\mu_0 I}{2\pi a}\frac{dx}{x}=\frac{\mu_0 I}{2\pi a}\ln\frac{d+a}{d}$

方向垂直纸面向里。

6． $\vec{B}_0=\vec{B}_{ab}+\vec{B}_{bc}+\vec{B}_{cd}+\vec{B}_{da}$

$$\vec{B}_{cd}=\frac{\mu_0 I}{8R}\vec{i}$$

$$\vec{B}_{bc}=\frac{\mu_0 I}{4\pi\frac{\sqrt{2}}{2}R}\left[\sin 45^\circ-\sin(-45^\circ)\right]\vec{k}=\frac{\mu_0 I}{2\pi R}\vec{k}$$

$$\vec{B}_0=\frac{\mu_0 I}{8R}\vec{i}+\frac{\mu_0 I}{2\pi R}\vec{k}$$

练习三十一

1． $\dfrac{\mu_0 Ir}{2\pi R^2}$， $\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$

解析：

导体内：

$\because 2\pi r B_1 = \mu_0 I'$

$I' = \dfrac{r^2 I}{R^2}$

$\therefore B_1 = \dfrac{\mu_0 r^2 I}{2\pi R^3}$

导体外：

$\because 2\pi r B_2 = \mu_0 I$

$\therefore B_2 = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$

2． $-3\mu_0 I_2$， $2\mu_0 I_1$

3．[4]

解析：

$\oint_L B\cdot dl$只与穿过以L为边界的曲面电流有关，

而L上的B与电流在空间的分布有关，所以$\oint_L B\cdot \mathrm{dl}$不变，$B_\mathrm{p}$不变

4．[3]

解析：

圆电流产生的磁场在圆内和圆外的方向都垂直圆平面

所以可以知道，$\vec{B}$ 沿 L 上任一点的切向分量为零

5．由安培环路定律，$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 \Sigma I_i$，过场点在电缆横截面内作半径为 r 的同心圆形回路 L，则有 $2\pi r B = \mu_0 \Sigma I_i$，即 $B = \dfrac{\mu_0 \Sigma I_i}{2\pi r}$，

由已知电流分布有 $B=\begin{cases}\dfrac{\mu_0 Ir}{2\pi a^2} & r<a\\ \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r} & a<r<b\\ \dfrac{\mu_0 I(c^2-r^2)}{2\pi r(c^2-b^2)} & b<r<c\\ 0 & r>c\end{cases}$

6. 由电流分布的对称性，可断定与平板的对称面等距的点处，$\vec{B}$ 的大小相等且方向与平板平行，作矩形回路 $abcd$ ，其中 ab ， cd 与平板平行，且与平板的对称面等距（ ad ， bc 的中点 oo' 在平板的对称面上)，由 $\oint \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0\Sigma I_i$ ；

当 $ao>d$ 时， $2\overline{ab}B=\mu_0(\overline{ab})2dj, \mathrm{B}=\mu_0 dj$ ；

当 $ao<d$ 时， $2\overline{ab}B=\mu_0(\overline{ab})\cdot(2\overline{ao})j, \mathrm{B}=\mu_0\overline{aoj}$；即，某点距平板中心平面距离为 x 时，

有 $B=\begin{cases}\mu_0 dj\to x>d\\ \mu_0 xj\to x<d\end{cases}$ 在中心平面上部各点，$\vec{B}$ 方向水平向左；中心平面下部各点；

$\vec{B}$ 方向水平向右。

练习三十二

1． $2.5\vec{i}-1.5\vec{k}$

解析：

$$\vec{F}=\int I\,d\vec{l}\times\vec{B}$$

$$=5\vec{j}\times(0.3\vec{i}-1.2\vec{j}+0.5\vec{k})$$

$$=2.5\vec{i}-1.5\vec{k}$$

2．1:1

解析：

$$f=qvB=m\frac{v^2}{r}\Rightarrow r=\frac{mv^2}{qvB}$$

$$\frac{1}{2}m_\alpha v_\alpha^2=\frac{1}{2}m_{质子}v_{质子}^2\Rightarrow\frac{v_{质子}}{v_\alpha}=\sqrt{\frac{m_\alpha}{m_{质子}}}=2$$

$$\therefore\frac{\mathrm{r}_{质子}}{\mathrm{r}_\alpha}=1:1$$

3．[4]

解析：

$$|M|=I\frac{\pi R^2}{2}B\sin 60^\circ=\frac{\sqrt{3}}{4}\pi R^2 IB$$

方向竖直向上

4．[1]

解析：

半导体内载流子为负电荷，可判断出受力方向指向 b

所以 U_{ab} 大于 0

5．在载流圆环上取一对对称电流元，它们所受的安培力为 $d\vec{f}$ 及 $d\vec{f}'$，由于对称性，沿环径向的分力成对地相互抵消。

所以，$F=\oint df\cos 60^\circ=\oint \frac{1}{2}BIdl=BI\pi R=0.2N$，方向垂直向下。

6．在 ab 上距长直导线 x 处，取电流元 I_2dl，该处磁感应强度 $B=\frac{\mu_0 I_1}{2\pi x}$，方向垂直纸面向里，则电流元受力 $df=\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi x}\frac{2}{\sqrt{3}}dx$，由于 ab 上各电流元受力 df 方向相同。所以，

$$F=\int df=\int_d^{d+\frac{\sqrt{3}}{2}L}\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi x}\frac{2}{\sqrt{3}}dx=\frac{\mu_0 I_1 I_2}{\sqrt{3}\pi}\ln\frac{d+\frac{\sqrt{3}}{2}L}{d}$$

练习三十三

1．各向同性的非铁磁性均匀磁介质

2．铁磁质，顺磁质，抗磁质

3．[2]
解析：

$\because B=\mu_0\mu_r H$

抗磁质$\mu_r<1$

$\therefore \mu_0 H>1$

4．[4]
解析：

$\vec{B}=\mu_0(1+x_m)\vec{H}$

$\mu_r=1+x_m$

$\mu=\mu_0\mu_r$

5． $B=\mu_0\mu_r\dfrac{N}{2\pi R}I$

$$\Phi=BS=\mu_0\mu_r\frac{N}{2\pi R}I\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2=\frac{\mu_0\mu_r NId^2}{8R}=2.5\times10^{-7}Wb$$

6． $r<R_1$（导线内），由$\oint_l \vec{H}\cdot d\vec{l}=\dfrac{I}{\pi R_1^2}\pi r^2$， $H=\dfrac{Ir}{2\pi R_1^2}$， $B=\mu_0 H=\dfrac{\mu_0 Ir}{2\pi R_1^2}$

$R_1<r<R_2$（磁介质内）， $H=\dfrac{I}{2\pi r}$， $B=\mu_0\mu_r H=\dfrac{\mu_0\mu_r I}{2\pi r}$

$r>R_2$ （磁介质外）， $H=\dfrac{I}{2\pi r}$， $B=\mu_0 H=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$

练习三十四

1．$\frac{1}{18}B\omega L^2$，$\frac{2}{9}B\omega L^2$，$\frac{1}{6}B\omega L^2$

解析:

由 $B=\frac{1}{2}Bl^2\omega$，可知结果

2．$\frac{\mu_0 Iv}{2\pi}\ln 3$，$N$

解析：

$$\varepsilon_i=\int_a^{3a}v\cdot\frac{\mu_0 I}{2\pi x}dx$$

$$=\frac{\mu_0 Iv}{2\pi}\ln 3$$

3．[2]

解析：

E=Blv

因为有恒定加速度，v 随时间成正比变化

开始为线框右端的一边切割磁感线

当线框完全进入磁场时不产生感应电流

后来为线框左端的一边切割磁感线

图像应该为中心对称

所以图像如[2]所示

4．[2]

解析：

磁铁受到重力与磁场力

开始时，重力大于磁场力，运动速率逐渐增加

随着运动速率增大，磁场力增大

当增大到某一时刻，重力等于磁场力，此时受力平衡，磁铁继续做匀速直线运动

5．（1）通过线圈 A 的磁通量 Φ 等于通过环形螺线管截面的磁通量 $\Phi=\vec{B}\cdot\vec{S}=\mu_0 nIS$；

在 A 中产生的感应电动势为：$\varepsilon_i=-N\dfrac{d\Phi}{dt}$

$$\varepsilon_i=-\mu_0 nNS\frac{dI}{dt}=1.26\times10^3 V$$

$$I=\frac{\varepsilon_i}{R}=6.3\times10^{-4}A$$

（2）

$$\because I=\frac{dq}{dt}$$

$$\therefore q=\int_0^2 Idt=2I=1.26\times10^{-3}C$$

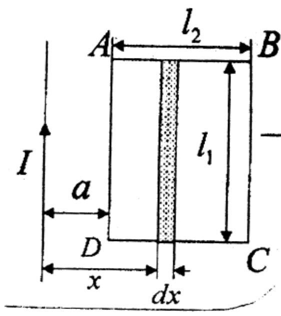
6．如下图，取面元 $dS=l_1dx$，则通过矩形线圈的磁通量为：

$$\Phi=\int\vec{B}\cdot d\vec{S}=\int_a^{a+l_2}\frac{\mu_0 I}{2\pi x}l_1dx=\frac{\mu_0 Il_1}{2\pi}\ln\frac{a+l_2}{a}$$

$\therefore$ 线圈运动到图示位置时的感应电动势为：

$$\varepsilon_i=-N\frac{d\Phi}{dt}=-N\frac{d\Phi}{da}\frac{da}{dt}=\frac{\mu_0 NIl_1l_2v}{2\pi a(a+l)}=3\times10^{-3}V$$

方向为顺时针方向



练习三十五

1．$100NA\pi$

解析：

$$\varepsilon=\frac{d\Psi}{dt}=N\frac{d(A\sin 100\pi t)}{dt}=100NA\pi\cos 100\pi t$$

$$当t=0.01时，\cos 100\pi \mathrm{t}=1$$

$$\therefore \varepsilon=100NA\pi$$

2．$\dfrac{\mu_0 n \mathrm{Re} k}{4m}$，0

解析：

$$B=\mu_0 nI$$

$$\frac{dB}{dt}=\mu_0 n\frac{dI}{dt}=\mu_0 nk$$

$$在r=\frac{R}{2}处的电场E=-\frac{\mathrm{r}}{2}\frac{dB}{dt}=-\frac{\mu_0 nRk}{4}$$

$$\therefore \mathrm{a}_1=\frac{F}{m}=\frac{-eE}{m}=\frac{\mu_0 nRek}{4m}$$

$$在r=0处电场E=0$$

$$\therefore \mathrm{a}_2=0$$

3．[1]

解析：

$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{l}=-\oint_L \frac{d\vec{B}}{dt}d\vec{S}$$

$$2\pi rE=-\frac{dB}{dt}\pi R^2$$

$$\therefore |E|=\frac{R^2}{2r}\frac{dB}{dt}$$

4．[2]

解析：

$$U_M - U_N = -\varepsilon_{MN} = -\varepsilon_{\Delta OMN}$$

$$= -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$= -S_{\Delta OMN}\frac{dB}{dt}$$

$$= -\frac{\sqrt{3}}{4}R^2\frac{dB}{dt}$$

5．通过矩形线圈的磁通量 $\Phi = \dfrac{\mu_0 I l_1}{2\pi}\ln\dfrac{a+l_2}{a}$

$$\therefore \varepsilon_i = -N\frac{d\Phi}{dt} = -N\frac{\mu_0 l_1}{2\pi}\ln\frac{a+l_2}{a}\cdot\frac{dI}{dt} = -N\frac{\mu_0 l_1}{2\pi}\ln\frac{a+l_2}{a}\times 10^3\pi\cos(100\pi\, t)$$

代入 $t = 0.01$ 秒，得：$\varepsilon_i = 8.7\times 10^{-2}V$

6． t 时刻通过 $abcd$ 回路的磁通量为：

$\Phi = \vec{B}\cdot\vec{S} = Ktlvt\cos 60° = \dfrac{1}{2}klvt^2$， $\therefore \varepsilon_i = \left|\dfrac{d\Phi}{dt}\right| = klvt$；

顺时针方向。

练习三十六

1． $\dfrac{\mu_0 a}{2\pi}\ln 3$， $\dfrac{\mu_0 a}{2\pi}I_0\omega\ln 3\cos\omega t$

解析：

$$\Phi_m=\int_0^{3l}\vec{B}\cdot d\vec{S}-\int_0^{l}\vec{B}\cdot d\vec{S}$$

$$=\int_0^{3l}\frac{\mu_0 I}{2\pi r}adr-\int_0^{l}\frac{\mu_0 I}{2\pi r}adr$$

$$=\frac{\mu_0 Ia}{2\pi r}\ln 3$$

$$\therefore M=\frac{\Phi_m}{I}=\frac{\mu_0 a}{2\pi}\ln 3$$

$$\varepsilon_M=M\frac{dI}{dt}=\frac{\mu_0 a}{2\pi}I_0\omega\ln 3\cdot\cos\omega t$$

2． 1.5×10^8

解析：

$$w_e=\frac{1}{2}\varepsilon E^2=w_m=\frac{1}{2}\frac{B}{\mu}$$

$$E=\frac{B}{\sqrt{\varepsilon\mu}}=1.5\times10^8$$

3．[1]

解析：

$$L=\frac{\Phi_m}{I}$$

$$=\frac{\pi r^2\mu_0 nI}{I}=\pi r^2\mu_0 n$$

4．[1]

解析：

$$W_1 = wV = \frac{V}{2}\frac{B}{\mu_0} = \frac{V}{2\mu_0}(\mu_0 n I_1) = \frac{1}{2}\mu_0 n^2 I_1^2 V$$

$$W_2 = \frac{1}{2}\mu_0\mu_r n^2 I_2^2 V = 8\mu_0 n^2 I_1^2 V$$

$$W_1 : W_2 = 1:16$$

5．设在环形螺线管内通以电流 I，由安培环路定律，可求得环内磁感应强度为：$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$，

在螺线管横截面上取面元 $dS = hdr$，

则通过横截面的磁通量为：$\Phi = \int \vec{B}\cdot d\vec{S} = \int_a^b \frac{\mu_0 NI}{2\pi r} hdr = \frac{\mu_0 NIh}{2\pi}\ln\frac{b}{a}$

$\therefore$ 螺线管的自感系数为：$L = \frac{N\Phi}{I} = \frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi}\ln\frac{b}{a}$。

6，设导线的半径为 R，则导线内离轴线为 r 的各点，磁感应强度 $B = \frac{\mu_0 Ir}{2\pi R^2}$，

磁能密度为：$w_m = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0} = \frac{\mu_0 I^2 r^2}{8\pi^2 R^4}$，

$\therefore$ 单位长度导线内储存的磁能为：$W_m = \int w_m dV = \int_0^R \frac{\mu_0 I^2 r^2}{8\pi^2 R^4} 2\pi r dr = \frac{\mu_0 I^2}{16\pi}$

练习三十七

1．$43\,pF$，$390\,pF$

解析：

$\because f=\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{1}{LC}}$

$\lambda=\dfrac{c}{f}$

$\therefore C=\dfrac{1}{4\pi^2 f^2 L}=\dfrac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 L}$

$\therefore C_1=43\,pF, C_2=390\,pF$

2．0，0，$\varepsilon_0 c E_0\cos\omega\left(t-\dfrac{x}{c}\right)$

解析：

$\because E$和H同相位，且相垂直

并$\sqrt{\varepsilon_0}E=\sqrt{\mu_0}H$

$\therefore H_x=0, H_y=0$

$H_z=H_0\cos\omega(t-\dfrac{x}{c})$

$\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}=\dfrac{1}{c}$

$\therefore H_z=H_0\varepsilon_0 c\cdot\cos\omega(t-\dfrac{x}{c})$

3．[2]

4．[3]，[3]

解析：

在P点的$\vec{E}$水平向右，而$\vec{H}$垂直纸面向里。

所以$\vec{S}$的方向平行纸面向上

在Q点的$\vec{E}$水平向右，而$\vec{H}$垂直纸面向里。

所以$\vec{S}$的方向平行纸面向上

5.（1）$I_d = \frac{dD}{dt} = \varepsilon_0 \frac{dE}{dt}$；

（2）$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_0 + \frac{d\Phi}{dt} = \pi r^2 \frac{dD}{dt}$，$2\pi r H = \pi r^2 \frac{dD}{dt}$，$H = \frac{r}{2}\frac{dD}{dt}$　　$B = \mu_0 H = \frac{r}{2}\mu_0 \varepsilon_0 \frac{dE}{dt}$

6.（1）设 $\overline{P} = 10kW$，则 $\overline{S} = \frac{\overline{P}}{2\pi r^2} = 1.6\times 10^{-5} W \cdot m^{-2}$

（2）$\because \overline{S} = \frac{1}{2}E_0 H_0 = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}}E_0^2 = \frac{1}{2}\varepsilon_0 c E_0^2$，$\therefore E_0 = \sqrt{\frac{2\overline{S}}{\varepsilon_0 c}} = 0.11 V \cdot m^{-1}$

$H_0 = \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}}E_0 = 2.9\times 10^{-4} A \cdot m^{-1}$

练习三十八

1．相等，不相等

解析：

当物体辐射的能量小于吸收的能量时，温度升高

当物体辐射的能量大于吸收的能量时，温度降低

2． $3.18\times10^{-19}J$

解析：

$$A=hv_0=h\frac{c}{\lambda_0}=1.99eV=3.18\times10^{-19}J$$

3．[3]

4．[2]

5．由维恩位移定律 $\lambda_m=\frac{b}{T}$ 得： $\frac{T_2}{T_1}=\frac{\lambda_{m_1}}{\lambda_{m_2}}=\frac{0.69}{0.5}=1.38$

再由斯忒藩——玻耳兹曼定律： $\frac{M_B(T_2)}{M_B(T_1)}=\frac{\sigma T_2^4}{\sigma T_1^4}=\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4=1.38^4=3.36$

6．（1）入射光的光子能量 ε 为： $\varepsilon=\frac{hc}{\lambda}=\frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^8}{2.3\times10^{-7}}=8.65\times10^{-19}J=5.4eV$

光电子的初动能为： $\frac{1}{2}m\upsilon^2=h\nu-W=5.4-4.5=0.9eV$

光电子到达阳极附近时的动能和速度分别为： $E_k=\frac{1}{2}m\upsilon^2+eU=0.9+0.6=1.5eV$

$$\upsilon'=\sqrt{\frac{2E_k}{m}}=\sqrt{\frac{2\times1.5\times1.6\times10^{-19}}{9.1\times10^{-31}}}=7.3\times10^5m/s$$

（2）设光电流恰好被抑制时的反向电势差为 U_a ，则 $eU_a=E_k$

$$U_a=\frac{E_k}{e}=\frac{1.5eV}{e}=1.5V$$

练习三十九

1．$h\nu/c^2$，$h\nu/c$

解析：

$$E = mc^2 = h\nu$$

$$m = \frac{h\nu}{c^2}$$

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c}$$

2．$13.6eV$

解析：

$$E_n = \frac{E_1}{n^2}$$

当$n \to \infty$时为电子电离

所以电离能$E = E_\infty - E_1 = 13.6\text{e}V$

3．[3]

碰前光子：$p_g = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda_0}; \varepsilon_g = h\nu = \frac{hc}{\lambda_0}$

碰前电子：$p_\text{e} = 0; \varepsilon_e = m_0 c^2$

碰后光子：$p_g' = -\frac{h\nu}{c} = -\frac{h}{\lambda}$；$\varepsilon_g' = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$

碰后电子：$p_\text{e}' = \text{mv}; \varepsilon_e' = m\ c^2$

$\therefore$动量守恒有：$p_g + p_\text{e} = p_g' + p_\text{e}'$

即：$\frac{h}{\lambda_0} = \text{mv} - \frac{h}{\lambda}$

能量守恒有：$\varepsilon_g + \varepsilon_e = \varepsilon_g' + \varepsilon_e'$

即：$\frac{\text{hc}}{\lambda_0} + m_0 c^2 = \frac{hc}{\lambda} + mc^2$

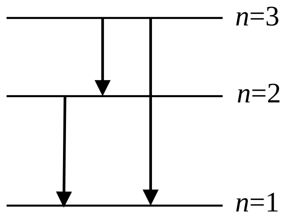
4．[3]

5．[3]

6． $E_k = h\nu_0 - h\nu = hc\left(\frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda}\right) = \frac{hc}{\lambda_0}\left(1 - \frac{1}{1.2}\right) = \frac{h\nu_0}{6} = 0.1MeV$

7． $\varepsilon = E_n - E_1 = E_1\left(\frac{1}{n^2} - 1\right)$ $\quad n^2 = \frac{1}{1 + \varepsilon / E_1} = \frac{1}{1 - \frac{12.6}{13.6}} = 13.6 \quad n = 3.6$

$\tilde{\nu}_1 = 1.097 \times 10^7 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right) \quad \lambda_1 = \frac{1}{\tilde{\nu}_1} = 6571$ Å 巴尔末系



$\tilde{\nu}_2 = 1.097 \times 10^7 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right) \quad \lambda_2 = \frac{1}{\tilde{\nu}_2} = 1217$ Å 赖曼系

$\tilde{\nu}_3 = 1.097 \times 10^7 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2}\right) \quad \lambda_3 = \frac{1}{\tilde{\nu}_3} = 1027$ Å 赖曼系

练习四十

1．$1.24\times10^{8}m/s$，5.36×10^{-2} Å

解析：

$$eU=E_k=mc^2-m_0c^2=m_0c^2(\frac{1}{\sqrt{1-(\frac{v}{c})^2}}-1)$$

$$\therefore v=c\sqrt{1-(\frac{1}{eU/m_0c^2+1})^2}=1.24\times10^{8}m/s$$

$$\because p=mv=\frac{h}{\lambda}$$

$$\therefore \lambda=\frac{h}{mv}=\frac{h}{m_0v}\sqrt{1-(\frac{v}{c})^2}=5.36\times10^{-2}\overset{0}{A}$$

2．$1.67\times10^{-27}kg$，$1.57\times10^{4}m/s$

解析：
因加速电压不大，质子加速后的速度也不大
所以不考虑它的相对论效应

$$\lambda=\frac{h}{\sqrt{2m_0eU}}\text{得:}$$

$$m_p=\frac{h^2}{2eU\lambda^2}$$

由不确定性关系

$$\Delta P_x\Delta x=m_p\Delta v_x\Delta x=m_p\Delta v_x\lambda\ge\frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta v_x\ge\frac{h}{4\pi m_p\lambda}$$

3．[3]

4．$\Delta p\cdot\Delta x\approx\hbar$，$\Delta x\sim10^{-15}m$，$p\sim\Delta p\sim\hbar/\Delta x\sim10^{-19}$　$E\approx p^2/2m\approx10^{10}eV>>0.51MeV$

应该用 $E=\sqrt{p^2c^2+m^2c^4}\approx pc\approx10^{8}eV=10^{2}MeV$

估算电子与质子的势能约$U=\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r}\sim 10^{10}\times(10^{-19})^2/10^{-15}=10^{-13}J\sim 10^6 eV$，则电子动能$E_k >> U$，不可能束缚于核中，因此电子不可能稳定地存在于核中。

5. $\Delta x\cdot\Delta p\approx\hbar$　　$\Delta p=m\Delta v$　　$\Delta x=\dfrac{\hbar}{m\Delta v}$

（1）电子$\Delta x\approx 10^{-2}m$；

（2）布朗粒子$\Delta x\approx 10^{-19}m$

（3）弹丸$\Delta x\approx 10^{-28}m$

6. $-\dfrac{\hbar^2}{2m}\dfrac{d^2\varphi_1}{dx^2}+V_1\varphi_1=E\varphi_1\ \ (x<0)$；　　$-\dfrac{\hbar^2}{2m}\dfrac{d^2\varphi_2}{dx^2}=E\varphi_2\ \ (0\le x\le a)$

$-\dfrac{\hbar}{2m}\dfrac{d^2\varphi_3}{dx^2}+V_2\varphi_3=E\varphi_3\ \ (a<x<b)$；　　$-\dfrac{\hbar^2}{2m}\dfrac{d^2\varphi_4}{dx^2}=E\varphi_4\ \ (b\le x\le c)$

$\varphi=0(x>c)$　　$\begin{aligned}\varphi_1(0)&=\varphi_2(0)\\ \varphi_2(a)&=\varphi_3(a)\\ \varphi_3(b)&=\varphi_4(b)\\ \varphi_4(c)&=0\end{aligned}$

练习四十一

1．$\sqrt{6}\hbar$，$-2\hbar$，$\frac{\sqrt{3}}{2}\hbar$，$-\frac{\hbar}{2}$

解析：

$$L=\sqrt{l(l+1)}\hbar=\sqrt{6}\hbar,$$
$$L_z=m_1\hbar=2\hbar$$
$$S=\sqrt{s(s+1)}\hbar=\frac{\sqrt{3}}{2}\hbar$$
$$S_z=m_s\hbar=-\frac{\hbar}{2}$$

2．$\frac{a}{4}$，$\frac{3}{4}a$；$\frac{1}{4}$

解析：

$$\left|\Psi(x)\right|^2=\frac{2}{a}\sin^2\frac{n\pi x}{a}$$
$$n=2,\sin\frac{2\pi x}{a}=1,\left|\Psi(x)\right|\text{最大}$$
$$\therefore\frac{2\pi x}{a}=\frac{\pi}{2}\,\mathrm{or}\,\frac{3\pi}{2}\Rightarrow x=\frac{a}{4}\,or\,\frac{3}{4}a$$
$$W=\int_0^{a/4}\left|\Psi(x)\right|^2dx=\frac{a}{2}\int_0^{a/4}\sin^2\frac{n\pi x}{a}dx$$
$$=\frac{1}{a}\left(\frac{a}{4}-\frac{a}{2n\pi}\sin\pi\right)$$
$$=1/4$$

3．[4]

解析：

（1）m_s有 1/2 与-1/2 两种取值，所以量子态数为 2

（2）2（2l+1）=10，量子态数为 10

（3）$2n^2=32$，量子态数为 32

（4）量子态数为 1

4．[1]

5．（1）$\int_0^{\infty}A^2x^2e^{-2\lambda x}dx=1\Rightarrow A=2\lambda^{-3/2}$

（2）$|\psi(x)|^2 = \frac{x^2}{4\lambda^3} e^{-2\lambda x}$

（3）$\frac{d|\psi(x)|^2}{dx} = 0 \Rightarrow x = \frac{1}{\lambda}$

6.（1）$n = 2$　　$E = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 n^2 h^2} = -\frac{13.6eV}{n^2} = -3.4eV$

（2）$l = 1$　　$L^2 = l(l+1)\hbar^2 = 2\hbar^2$

（3）$m_l = 1, -1$　　可能值 $L_z = \hbar, -\hbar$

$$\text{平均值 } \overline{L}_z = |C_1^2| L_{z_1} + |C_2^2| L_{z_2} = \frac{1}{4}\hbar + \left[\frac{3}{4}(-\hbar)\right] = -\frac{\hbar}{2}$$

练习四十二

1．价带全部被电子所填满，在最上面满带之上的能带全部空着，且在满带和空带之间存在一很宽的禁带。

价带不满或由于价带与空带或导带发生交迭造成禁带消失，从而实际形成能带不满。

2． $\psi(x)=e^{ikx}u(x)$，其中 $u(x)$ 具有晶格周期性

3．[2]

4．[1]

5．每个原子贡献一个电子

$$E_F=\frac{\hbar}{2m}(3\pi^2 n)^{2/3}=\frac{\hbar}{2m}\left(3\pi^2\frac{\rho N_0}{\mu}\right)^{2/3}=8.80\times10^{-19}=5.50eV$$

$$\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{\sqrt{2mE_F}}=5.24\times10^{-10}m=0.524nm$$

6．在 $E_+=E_F+0.10eV$ 的量子态内，$n_+=\frac{1}{e^{(E_+-E_F)/kT}+1}=0.24$

在 $E_-=E_F-0.10eV$ 的量子态内，$n_-=\frac{1}{e^{(E_--E_F)/kT}+1}=0.76$