一、选择题（每小题 3 分，共 30 分）

1. 正方形的两对角处，各置电荷 Q，其余两角处各置电荷 q，若 Q 所受合力为零，则 Q 与 q 关系为(A)

A、$Q=-2\sqrt{2}q$　　B、$Q=2\sqrt{2}q$　　C、$Q=-2q$　　D、$Q=2q$

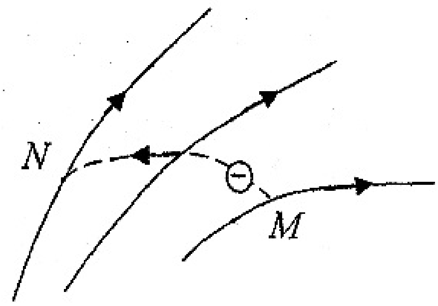
2. 静电场的电场线分布情况如图所示，一负电荷从 M 点移到 N 点，(D)

A、电场强度 $E_M > E_N$，电场力做正功

B、电势 $U_M < U_N$，电场力做负功

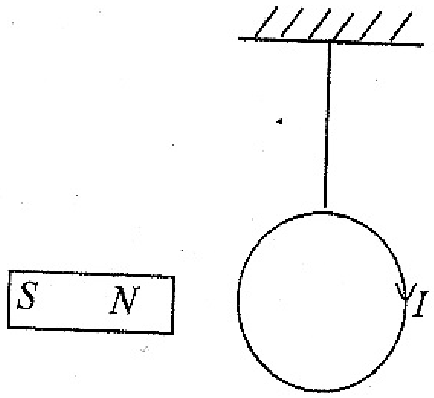
C、电势能 $W_M < W_N$，电场力做负功

D、负电荷电势能减少，电场力做正功



3. 把轻的导线圈用线挂在磁铁 N 极附近，磁铁的轴线穿过线圈中心，且与线圈在同一平面内，当线圈内通以如图所示方向的电流时，线圈将(b)

A、不发生转动，只离开磁铁
B、发生转动，同时靠近磁铁
C、发生转动，同时离开磁铁
D、不发生转动，只靠近磁铁



4. 一平板空气电容器的两极板都是半径为 r 的圆形导体板，在充电时，板间电场强度的变化率为 $\frac{dE}{dt}$，若略去边缘效应，则两极板间的位移电流为(D)

A、$\frac{r^2}{4\varepsilon_0}\frac{dE}{dt}$　　B、$\varepsilon_0\frac{dE}{dt}$　　C、$2\pi r\varepsilon_0\frac{dE}{dt}$　　D、$\varepsilon_0\pi r^2\frac{dE}{dt}$

$\frac{1}{2}LI^2$ $L=\frac{\phi}{I}=$

5. 一无限长直导线的横截面各处的电流密度均相等，总电流为I，则每单位长度导线内所贮藏的磁场能量为(B)

A、$\mu_0 I^2/(4\pi)$ B、$\mu_0 I^2/(16\pi)$ C、$\mu_0 I^2/(8\pi^2)$ D、$\mu_0 I^2/(8\pi)$；

6. 用频率为ν的单色光照射某种金属时,逸出光电子的最大动能为E_k；若改用频率为2ν的单色光照射此种金属时,则逸出光电子的最大动能为(D)：

A、$2E_k$ B、$2h\nu - E_k$ C、$h\nu - E_k$ D、$h\nu + E_k$

7. 要使处于基态的氢原子受激发射后能发射赖曼系(由激发态跃迁到基态发射的各谱线组成的谱线系)的最长波长的谱线，至少应该向基态氢原子提供的能量是(C)

A、$1.5eV$ B、$3.4eV$ C、$10.2eV$ D、$13.6eV$

8. 如果两个质量不同的粒子,其德布罗意波长相同,则这两种粒子的(A)

A、动量相同 B、能量相同 C、速度相同 D、动能相同

9. 氢原子中处于$2p$状态的电子,描述其量子态的四个量子数为(n,l,m_l,m_s)可以是(C)

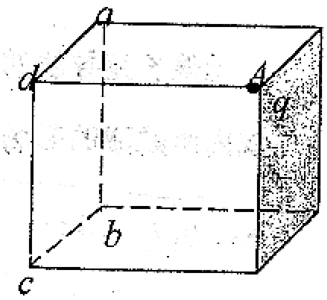
A、(2,2, 1,−1/2) B、(2,0,0, 1/2) C、(2,1,−1,−1/2) D、(2,0,1, 1/2)

10. 一立方体的静止质量和体积分别为m_0和V_0.今设此立方体沿其一棱长的方向以接近光速的速率v运动，则其密度将是(C) （c表示真空中光速）

A、$\dfrac{m_0}{V_0}$ B、$\dfrac{m_0}{V_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ C、$\dfrac{m_0}{V_0\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)}$ D、$\dfrac{m_0}{V_0\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^2}$

二、填空题（每小题 3 分，共 30 分）

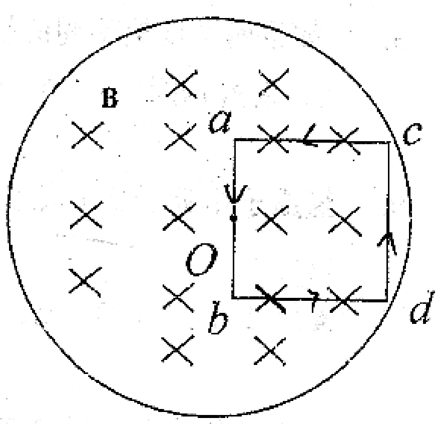
1. 一个带电量为 q 的点电荷位于立方体的 A 角上，如图所示，则通过侧面 $abcd$ 的电场强度通量等于 $\underline{\ \dfrac{q}{24\varepsilon_0}\ }$。



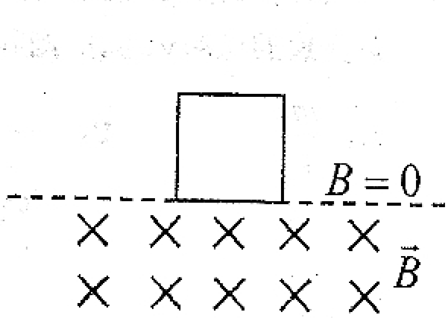
2. 一半径为 R 的均匀带电球面，带电量为 Q．若规定该球面上的电势值为零，则无限远处的电势将等于 $\underline{-\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}}$

3. 两个电容器 1 和 2，串联以后接上电动势恒定的电源充电。在电源保持连接的情况下，若把电介质充入电容器 2 中，则电容器 1 上的电势差___增大___。电容器 1 极板上的电量___增大___。（选填：增大、减小、不变）

4. 在圆形区域内有一均匀磁场 $\vec{B}$，且 $\dfrac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}t}>0$。边长为$d$的正方形金属框置于磁场中，框平面与圆柱形轴线垂直，轴线通过金属框 ab 的中点 O，则电动势大小 $\varepsilon_{ac}=\underline{\dfrac{d^2}{4}\dfrac{dB}{dt}}$；$\varepsilon_{dc}=\underline{-\dfrac{d^2}{2}\dfrac{dB}{dt}}$；$\varepsilon_{abdca}=\underline{-d^2\dfrac{dB}{dt}}$。



5. 一边长为 a 的正方形线圈,在 $t=0$ 时正好从如图所示的均匀磁场的区域上方由静止开始下落,设磁场的磁感强度为 $\vec{B}$,线圈的自感为 L,质量为 m,电阻可忽略。设重力加速度为 g，则线圈的上边进入磁场前,线圈的速率关于时间 t 的函数是 $\dfrac{\sqrt{Lm}}{Ba}g\sin\left(\dfrac{Bat}{\sqrt{Lm}}\right)$



[提示：利用回路方程 $Bav+\left(-L\dfrac{di}{dt}\right)=iR$,其中 $R=0$，与线圈的运动学方程联立求解，并结合初始时刻速度和加速度的大小待定系数]

6. K' 系相对于 K 系沿着 x 轴正方向匀速运动，一刚性尺静止于 K' 系中与 x' 轴成 30° 角,今在 K 系中观察到该尺与 x 轴成 45° 角,则 K' 系相对于 K 系运动的速度为 ____$\frac{\sqrt{6}}{3}c$____。（C 表示真空中光速）

7. 根据玻尔氢原子理论，氢原子中的电子在 $n=4$ 的轨道上的动能与在基态的轨道上的动能之比为 ____1:16____。

8. 在康普顿效应实验中,若散射光的波长是入射光的波长的 1.2 倍,则散射光光子的能量 ε 与反冲电子的动能 E_k 之比 ε / E_k 为 ____5:1____。

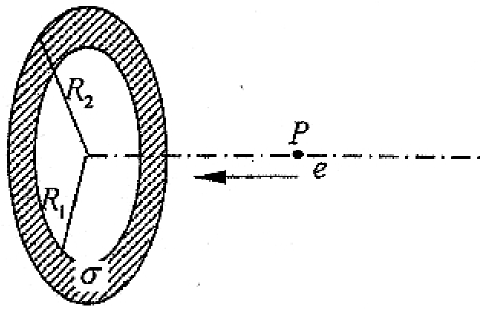
9. 假设粒子在一维矩形无限深势阱中运动，其波函数为：$\psi(x)=\frac{1}{\sqrt{a}}\cdot\cos\frac{3\pi x}{2a}$

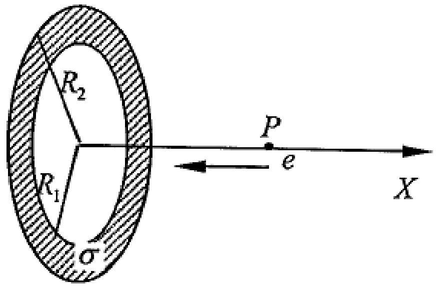
（$-a \le x \le a$）那么粒子出现在区间 $\left[-\frac{a}{6},\frac{a}{6}\right]$ 的几率为____$\frac{1}{6}+\frac{1}{3\pi}$____。

10. 主量子数 n=4 的电子壳层上最多可能有的电子的数目是____32____个。

三、计算题（每小题 10 分，共 40 分）

1. 一均匀带电的平面圆环，内外半径分别为 R_1 和 R_2，电荷面密度为 σ。一质子被加速器加速后，从距离圆心 O 为 L 处的 P 点沿圆环轴线射向圆心 O。若质子到达点 O 时的速度恰好为零，试求质子位于 P 点时的动能（已知质子的电量为 e，忽略质子重力，空气阻力等）。





1. 可将圆环视为有许多同心圆所组成，选取一半径为 r，宽为 $\mathrm{d}r$ 的带电圆环，其上带电量为

$$\mathrm{d}q = \sigma \cdot 2\pi r \mathrm{d}r$$

该小圆环上的电荷在 P 点产生的电势为

$$\mathrm{d}V_P = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\mathrm{d}q}{\sqrt{r^2 + L^2}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \cdot \frac{r\mathrm{d}r}{\sqrt{r^2 + L^2}}$$

由电势叠加原理，整个圆环上的电荷在点产生的电势为

$$V_P = \int \mathrm{d}V_P = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \int_{R_1}^{R_2} \frac{r\mathrm{d}r}{\sqrt{r^2 + L^2}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(\sqrt{L^2 + R_2^2} - \sqrt{L^2 + R_1^2}\right)$$

圆环中心 O 处（即 $L = 0$）的电势为 $V_O = \dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}(R_2 - R_1)$

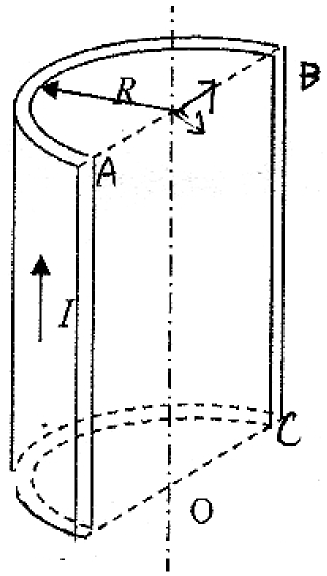
质子在 P 点所具有的动能恰好等于由 P 点向 O 运动的过程中，克服电场力所作的功。因此

$$E_k = e(V_O - V_P) = \frac{\sigma e}{2\varepsilon_0}\left(R_2 - R_1 - \sqrt{L^2 + R_2^2} + \sqrt{L^2 + R_1^2}\right)$$

2. 一半径为 R 的无限长半圆柱形金属薄片，其上沿轴线方向均匀分布着电流强度为 I 的电流。试求：

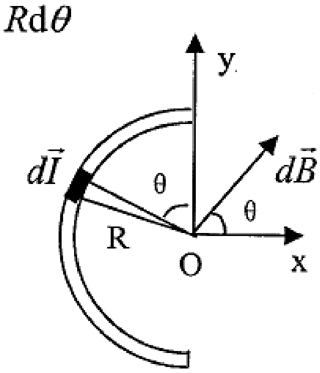
(1) 该半圆柱形金属薄片在轴线上任一点处的磁感应强度；

(2) 若在轴线上放一电流强度为 I，与金属薄片电流方向相反的无限长载流直导线，求直导线上单位长度受到的安培力。



2. ①看俯视图，将半圆柱形通电金属薄片分割为无穷多个平行于轴线的无限长直载流导线。

每个直导线所载电流 $\mathrm{d}I=\dfrac{I}{\pi R}\mathrm{d}l$　　其中　$\mathrm{d}l=R\mathrm{d}\theta$



该直导线在 O 点产生的磁场为

$$\mathrm{d}B=\frac{\mu_0\mathrm{d}I}{2\pi R}=\frac{\mu_0 I}{2\pi^2 R}\mathrm{d}\theta$$

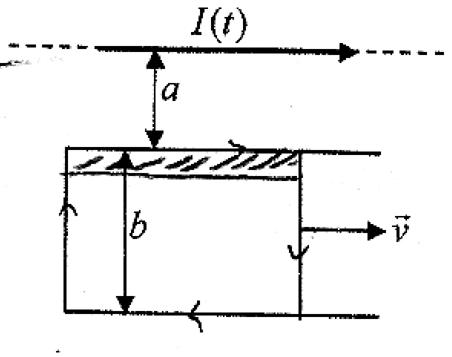
由对称性分析可知，各长直载流导线在 O 点磁场的迭加只有 y 方向分量不为零，x 方向的分量均相互抵消。

所以　$B=\int dB\sin\theta=\int_0^{\pi}\dfrac{\mu_0 I}{2\pi^2 R}\sin\theta d\theta=\dfrac{\mu_0 I}{\pi^2 R}$　　方向沿 Y 轴正向

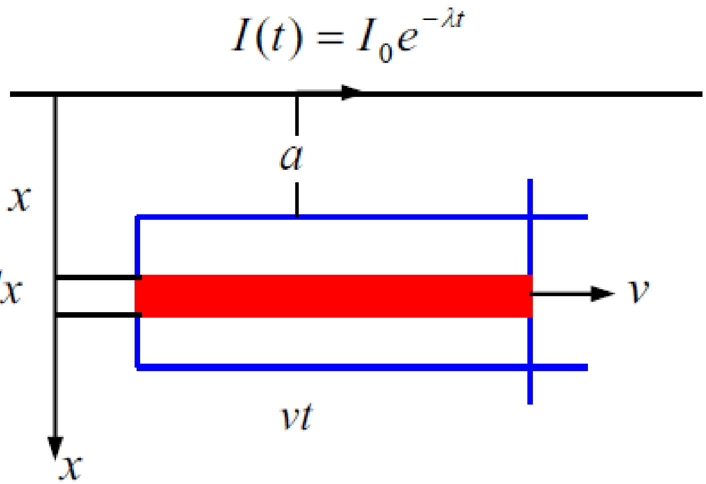
②载流直导线与半圆柱形金属薄片电流反向，单位长度直导线受到的排斥力为

$$\frac{\mathrm{d}\vec{F}}{\mathrm{d}l}=\frac{I\mathrm{d}\vec{l}\times\vec{B}}{\mathrm{d}l}=\frac{\mu_0 I^2}{\pi^2 R}\vec{i}$$　　方向沿 X 轴正向

3. 一长直导线通有时变电流 $I(t)=I_0e^{-\lambda t}$，一带滑动边的矩形导线框与长直导线平行共面，相距 a。矩形线框的滑动边与长直导线垂直,它的长度为 b,并且以匀速 $\vec{v}$ 滑动,若忽略线框中的自感电动势，开始时滑动边与对边重合,试求任意时刻 t 矩形线框内的感应电动势 ε_i



解：取回路绕行正方向顺时针



$$\Phi_m=\int_S\vec{B}\cdot d\vec{S}=\int_S B\cos\theta dS$$

$$=\int_a^{a+b}\frac{\mu_0 I(t)}{2\pi x}vtdx,$$

$$=\frac{\mu_0 I_0 e^{-\lambda t}}{2\pi}vt\ln\frac{a+b}{a},$$

$$=\frac{\mu_0 I_0 v}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a}(te^{-\lambda t}),$$

$$\varepsilon_i=-\frac{d\Phi_m}{dt}=-\frac{\mu_0 I_0 v}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a}[e^{-\lambda t}+t(-\lambda)e^{-\lambda t}]$$

$$=\frac{\mu_0 I_0 v}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a}e^{-\lambda t}(\lambda t-1)$$

$\lambda t-1>0$，$\varepsilon_i>0$，顺时针；$\lambda t-1<0$，$\varepsilon_i<0$，逆时针

4. 宇宙飞船相对地球以 $0.8C$（C 表示真空中光速）匀速直线飞行。宇宙飞船上的宇航员测得经过了 $3\times10^{-7}s$（飞船上的钟）一束光脉冲从船尾传到船头，试求

（1）飞船的固有长度；

（2）地球上的观察者测得的飞船的长度；

（3）地球上的观察者测得光脉冲从船尾发出和到达船头两个事件的空间间隔。

解：（1）从飞船上的观测者来看，光线由船一端到另一端时间为 $3\text{x}10^{-7}$ s，则飞船固有长度为 $L_0 = 3\text{x}10^{-7}\text{ s x c} = 3\text{x}10^{-7}\text{ s x }3\text{x}10^{8}\text{ m/s} = 90\text{ m}$

（2）地球看到飞船在运动，u=0.8c，运动长度缩短 $L = L_0\sqrt{1-u^2/c^2}$ =54 m

（3）以地球为 S 系，飞船为 S'系。从 S'系来看，$\Delta x' = L_0$，$\Delta t' = 3\text{x}10^{-7}$ s

从 S 系来看，$\Delta x = \dfrac{\Delta x' + u\Delta t'}{\sqrt{1-u^2/c^2}} = \ldots$