课程代号：PHY17017　　北京理工大学 2014－2015 学年第一学期

大学物理 II 期末试题 A 卷

2015 年 1 月 29 日　14:00 – 16:00

班级____________________学号____________________姓名____________________

任课教师姓名_____________

填空题	选择题	计算 1	计算 2	计算 3	计算 4	计算 5	总　分

物理常数：

真空介电常量 $\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}\ C^2\cdot N^{-1}\cdot m^{-2}$，真空磁导率 $\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}\ N\cdot A^{-2}$，

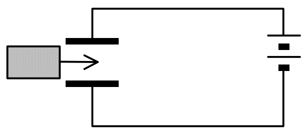
普朗克常量 $h = 6.63\times10^{-34}\ J\cdot s$，基本电荷 $e = 1.60\times10^{-19}\ C$，

电子质量 $m_e = 9.11\times10^{-31}\ kg$，质子质量 $m_p = 1.67\times10^{-27}\ kg$。

一、填空题（共 40 分，请将答案写在卷面指定的横线上。）

1. （3 分）两个点电荷在真空中相距为 r_1 时的相互作用力等于它们在某一“无限大”向同性均匀电介质中相距为 r_2 时的相互作用力，则该电介质的相对介电常量 ε_r=________。

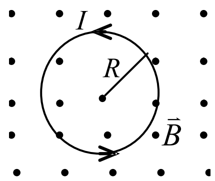
2. （3 分）电容为 C_0 的平板电容器，接在电路中，如图所示。若将相对介电常量为 ε_r 的各向同性均匀电介质插入电容器中(填满空间)，此时电场能量是原来的____________倍。



3. （3 分）带电粒子穿过过饱和蒸汽时，在它走过的路径上，过饱和蒸汽便凝结成小液滴，从而显示出粒子的运动轨迹，这就是云室的原理。今在云室中有磁感强度大小为 1T 的均匀磁场，观测到一个质子的径迹是半径 20cm 的圆弧，该质子的动能为__________J。

4. （3 分）真空中两只长直螺线管 1 和 2，长度相等，单层密绕匝数相同，直径之比 d_1/d_2=1/4。当它们通以相同电流时，两螺线管贮存的磁能之比 W_1/W_2=____________。

5. （3 分）一圆线圈的半径为 R，载有电流 I，置于均匀外磁场 B 中，如图所示。在不考虑载流圆线圈本身所激发的磁场的情况下，则线圈导线上的张力为___________________。　(载流线圈的法线方向规定与磁场 B 的方向相同。)

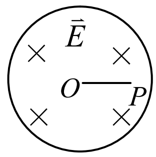


6.（3 分）螺绕环中心周长 l=10cm，环上均匀密绕线圈 N=200 匝，线圈中通有电流 I=0.1A，管内充满相对磁导率μ_r=4200 的磁介质。则管内磁感应强度的大小为___________T。

7. （3 分）同时测量能量为 1keV 作一维运动的电子的位置与动量时，若位置的不确定值在 0.1nm 内，则动量的不确定值的百分比$\Delta p/p$ 至少为____________。(不确定关系式采用$\Delta p_x \Delta x \geq \hbar/2$)

8. （3 分）在康普顿散射实验中，设入射的 X 射线波长为 0.0708nm，散射后波长变为 0.0732nm， 则反冲电子的动能为______________eV。

9. （4 分）图示为一圆柱体的横截面，圆柱体内有一均匀电场$\bar{E}$，其方向垂直纸面向内，$\bar{E}$的大小随时间 t 线性增加，P 为柱体内与轴线相距为 r 的一点，则 P 点的位移电流密度的方向为_______________；P 点感生磁场的方向为_________________。



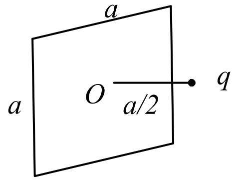
10. （4 分）半人马星座α星是距离太阳系最近的恒星，它距离地球 S=4.3×10^{16} m。设有一宇宙飞船自地球飞到半人马星座α星，若宇宙飞船相对于地球的速度为 v=0.999c，按地球上的时钟计算要用______年时间；以飞船上的时钟计算，所需时间为_____年。

11.（4 分） 已知μ子的静止能量为 105.7MeV，平均寿命为 2.2×10^{-8}s。则动能为 150MeV 的μ子的速度大小为____________；平均寿命为____________s。

12. （4 分）锂(Z=3)原子中含有 3 个电子，电子的量子态可用(n, l, m_l, m_s)四个量子数来描述，若已知基态锂原子中一个电子的量子态为(1, 0, 0, $\frac{1}{2}$)，则其余两个电子的量子态分别为(_____________________)和(____________________)。

二、选择题（每题 3 分，共 15 分，请将答案写在卷面指定的方括号内。）

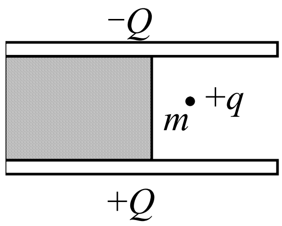
1. 有一边长为 a 的正方形平面，在其中垂线上距中心 O 点 $a/2$ 处，有一电量为 q 的正点电荷，如图所示，则通过该平面的电场强度通量为［　　　］



(A) $\dfrac{q}{3\varepsilon_0}$；　　　(B) $\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0}$；

(C) $\dfrac{q}{3\pi\varepsilon_0}$；　　　(D) $\dfrac{q}{6\varepsilon_0}$。

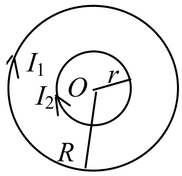
2. 一个大平行板电容器水平放置，两极板间的一半空间充有各向同性均匀电介质，另一半为空气，如图。当两极板带上恒定的等量异号电荷时，有一个质量为 m、带电荷为$+q$ 的质点，在极板间的空气区域中处于平衡。若把电介质抽去，则该质点［　　　］



(A)　保持不动；　　　(B)　向上运动；

(C)　向下运动；　　　(D)　是否运动不能确定。

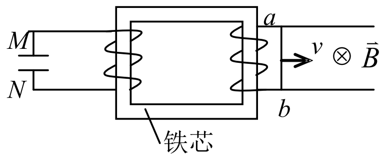
3. 两个同心圆线圈，大圆半径为 R，通有电流 I_1；小圆半径为 r，通有电流 I_2，如图。若 $r << R$ (大线圈在小线圈处产生的磁场近似为均匀磁场)，当它们处在同一平面内时小线圈所受磁力矩的大小为［　　　］



(A)　$\dfrac{\mu_0 \pi I_1 I_2 r^2}{2R}$；　　　(B)　$\dfrac{\mu_0 I_1 I_2 r^2}{2R}$；

(C)　$\dfrac{\mu_0 \pi I_1 I_2 R^2}{2r}$；　　　(D)　0　。

4. 如图，一导体棒 ab 在均匀磁场中沿金属导轨向右作匀速运动，磁场方向垂直导轨所在平面。若导轨电阻忽略不计，并设铁芯磁导率为常数，则达到稳定后在电容器的 M 极板上［　　　］



(A)　带有一定量的正电荷；　　　(B)　带有一定量的负电荷；

(C)　带有越来越多的正电荷；　　　(D)　带有越来越多的负电荷。

5. 静止质量不为零的微观粒子作高速运动，这时该粒子物质波的波长λ与速度 v 的关系为［　　　］

(A)　$\lambda \propto v$　；　　　(B)　$\lambda \propto 1/v$　；

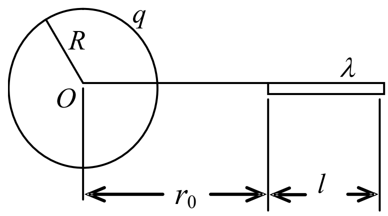
(C)　$\lambda \propto \sqrt{\frac{1}{v^2} - \frac{1}{c^2}}$　；　　　(D)　$\lambda \propto \sqrt{c^2 - v^2}$　。

三、计算题（共 45 分）

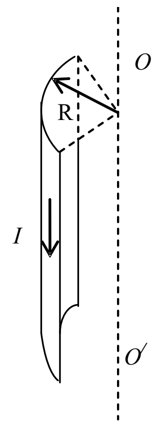
1.（10 分）如图所示，半径为 R 的均匀带电球面，电量为 q，沿半径方向上有一均匀带电细线，电荷线密度为λ，长度为 l，细线左端离球心距离为 r_0。设球面和细线上的电荷分布不受相互作用影响，试求：

（1）细线受到该带电球面作用的电场力；

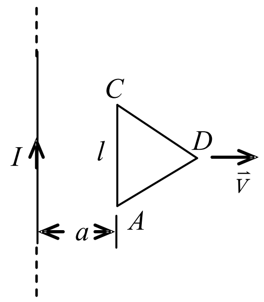
（2）细线在该带电球面电场中的电势能(选取无穷远处的电势为零)。



2. （10 分）如图所示，半径 R=1.0cm 的无限长 1/4 圆柱形金属薄片中，沿长度方向有均匀分布的电流 I=10.0A 通过。试求圆柱轴线上任意一点的磁感应强度。



3. （10 分）如图所示，在纸面所在的平面内有一载有电流 I 的无限长直导线，其旁另有一边长为 l 的等边三角形线圈 ACD。该线圈的 AC 边与长直导线距离最近且相互平行。今使线圈 ACD 在纸面内以匀速 $\vec{v}$ 远离长直导线运动，且 $\vec{v}$ 与长直导线相垂直。试求当线圈 AC 边与长直导线相距 a 时，线圈 ACD 内的动生电动势。

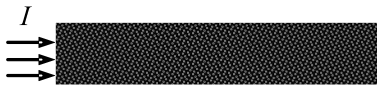


4. （10 分）设有一电子在宽为 0.20nm 的一维无限深方势阱中，试求：

（1）电子在最低能级的能量；

（2）当电子处于第一激发态（n=2）时，在势阱何处出现的概率最小，其值为多少?

5. （5 分）等离子体是由部分电子被剥离后的原子及原子被电离后产生的正负离子组成的离子化气体状物质。当等离子柱中通以电流时（如图所示），它会受到自身电流的磁场作用而向轴心收缩，这个现象称为载流等离子体的箍缩效应。试用所学知识解释这个效应。



大学物理 II 期末试题 A 卷参考答案及评分标准

一、填空题（共 40 分）

1. r_1^2 / r_2^2　(3 分)
2. ε_r　(3 分)
3. 3.08×10^{-13} J　(3 分)
4. 1: 16　(3 分)
5. IBR　(3 分)
6. 1.06T　(3 分)
7. 3.1%　(3 分)
8. 0.0732nm　(3 分)
9. 垂直纸面向里；(2 分)　垂直 OP 连线向下　(2 分)
10. 4.5 年；(2 分)　0.20 年　(2 分)
11. 0.91c 或 2.73×10^8 m/s；(2 分)　5.31×10^{-8}s　(2 分)
12. （1，0，0，$-\dfrac{1}{2}$）；(2 分)　（2，0，0，$\dfrac{1}{2}$）或（2，0，0，$-\dfrac{1}{2}$）(2 分)

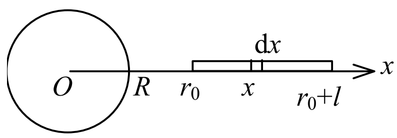
二、选择题（每题 3 分，共 15 分）

D　B　D　B　C

三、计算题（共 45 分）

1 解：（1）设 x 轴沿细线方向，原点在球心处，在 x 处取线元 dx，其上电荷为 $\mathrm{d}q' = \lambda\,\mathrm{d}x$，该线元在带电球面的电场中所受电场力为：

$$\mathrm{d}F = q\lambda \mathrm{d}x / (4\pi\varepsilon_0 x^2)$$



整个细线所受电场力为：

$$F = \frac{q\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\int_{r_0}^{r_0+l}\frac{\mathrm{d}x}{x^2} = \frac{q\lambda l}{4\pi\varepsilon_0 r_0 (r_0 + l)}$$

方向沿 x 正方向。　（5 分）

（2）电荷元在球面电荷电场中具有电势能：

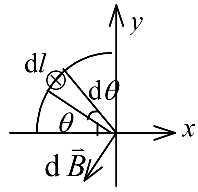
$$\mathrm{d}W = (q\lambda \mathrm{d}x) / (4\pi\varepsilon_0 x)$$

整个线电荷在电场中具有电势能：

$$W = \frac{q\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\int_{r_0}^{r_0+l}\frac{\mathrm{d}x}{x} = \frac{q\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\ln\left(\frac{r_0+l}{r_0}\right)$$　（5 分）

2.解：取 dl 段，其中电流为

$$\mathrm{d}I=\frac{I\,\mathrm{d}l}{\frac{1}{2}\pi R}=\frac{2IR\,\mathrm{d}\theta}{\pi R}=\frac{2I\,\mathrm{d}\theta}{\pi}$$



在轴线上任一点 P

$$\mathrm{d}B=\frac{\mu_0\,\mathrm{d}I}{2\pi R}=\frac{\mu_0}{2\pi R}\cdot\frac{2I}{\pi}\mathrm{d}\theta=\frac{\mu_0 I}{\pi^2 R}\mathrm{d}\theta \qquad （4 分）$$

选坐标如图

$$\mathrm{d}B_x=\frac{-\mu_0 I\sin\theta\,\mathrm{d}\theta}{\pi^2 R},\quad \mathrm{d}B_y=\frac{-\mu_0 I\cos\theta\,\mathrm{d}\theta}{\pi^2 R}$$

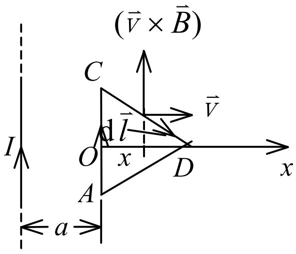
$$B_x=\frac{-\mu_0 I}{\pi^2 R}\int_0^{\pi/2}\sin\theta\,\mathrm{d}\theta=\frac{-\mu_0 I}{\pi^2 R}$$

$$B_y=\frac{-\mu_0 I}{\pi^2 R}\int_0^{\pi/2}\cos\theta\,\mathrm{d}\theta=\frac{-\mu_0 I}{\pi^2 R}$$

$$B=(B_x^2+B_y^2)^{1/2}=\frac{\mu_0 I\sqrt{2}}{\pi^2 R}=1.8\times10^{-4}\ \mathrm{T}$$

方向：$\mathrm{tg}\,\alpha=B_y/B_x=1$，　α=225°，α为 $\vec{B}$ 与 x 轴正向的夹角．（6 分）

3. 解：设线圈回路以 $A\to C\to D\to A$ 的绕向为动生电动势 ε 的正方向，与直导线平行的 AC 边产生的动生电动势



$$\varepsilon_1=vlB=vl\mu_0 I/(2\pi a) \qquad （2 分）$$

其它两边产生的动生电动势大小相等绕向相同．如图所示，在 CD 边上选一线元 d$\vec{l}$，则其上的动生电动势

$$d\varepsilon_2=(\vec{v}\times\vec{B})\cdot d\vec{l}=-vB\cos 60^\circ\,dl$$

$$=-v\cos 60^\circ\frac{\mu_0 I\,dl}{2\pi(a+x)}$$

∵　$dl\cos 30^\circ=dx$

∴　$d\varepsilon_2=-\dfrac{v\mu_0 I}{2\pi}\cdot\dfrac{\cos 60^\circ}{\cos 30^\circ}\cdot\dfrac{dx}{a+x}$

令　$c=\sqrt{3}l/2$

$$\varepsilon_2=-\frac{v\mu_0 I}{2\pi}\cdot\frac{\frac{1}{2}}{\sqrt{3}/2}\int_0^c\frac{dx}{a+x}=-\frac{\sqrt{3}\mu_0 Iv}{6\pi}\ln\frac{a+c}{a} \qquad （6 分）$$

$$\varepsilon=\varepsilon_1+2\varepsilon_2=\frac{\mu_0 Iv}{2\pi}\left[\frac{l}{a}-\frac{2\sqrt{3}}{3}\ln\frac{a+c}{a}\right] \qquad （2 分）$$

4 解：（1）由一维无限深方势阱中粒子的能量公式，电子在最低能级的能量为

$$E_1=\frac{\pi^2\hbar^2}{2ma^2}n^2=\frac{\pi^2\times(1.05\times10^{-34})^2}{2\times9.11\times10^{-31}\times(0.20\times10^{-9})^2\times1.6\times10^{-19}}=9.33\,\mathrm{eV}$$ （3 分）

（2）电子处于第一激发态（n=2）时，在势阱内出现的概率为

$$|\varphi_2|^2=\left|\sqrt{\frac{2}{a}}sin\frac{2\pi}{a}x\right|^2=\frac{2}{a}sin^2\frac{2\pi}{a}x$$

对 x 求导数，导数为零处即为电子在势阱中出现的概率取极值的地方

$$\frac{d|\varphi_2|^2}{dx}=\frac{8\pi}{a^2}sin\frac{2\pi}{a}x\,cos\frac{2\pi}{a}x=\frac{4\pi}{a^2}sin\frac{4\pi}{a}x=0$$

则有

$$x=\frac{ka}{4}$$（k=0, 1, 2, …）

由已知条件可知，在 x=0nm，0.10nm，0.20nm 处电子出现的概率最小，其值均为零。（7 分）

5. 解答：当等离子柱通有电流时，会在柱体内外产生磁场，在柱体内的磁场是沿径向由内向外逐渐增强的，是一个不均匀磁场。（2 分）

在这个不均匀磁场中，由于洛伦兹力的作用，等离子体中运动的带电粒子被推向磁场较弱的轴心区域，即等离子圆柱在内部电流的磁场作用下向轴心收缩。

（3 分）