A $_{I-2}$

大学物理春季试卷

资源共享协会整理 王楠

2019年3月修订

一、计算题（共 42 分）

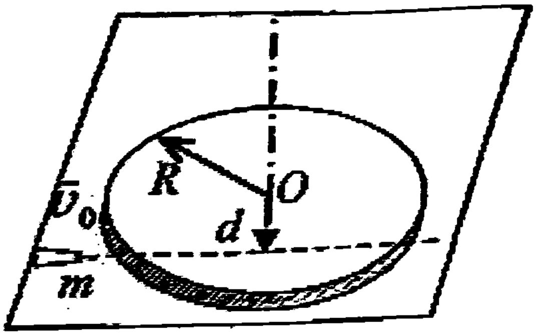
1）（10 分）一质量均匀分布的圆盘，质量为 M，半径为 R，放在一粗糙水平面上（圆盘与水平面之间的摩擦系数为 μ），圆盘可绕通过其中心 O 的竖直固定光滑轴转动。开始时，圆盘静止，一质量为 m 的子弹以水平速度 v_0 打入圆盘并嵌在圆盘边缘上，v_0 所在方向与圆盘圆心的垂直距离为 $d=R/2$，求：

得分

(1) 子弹击中圆盘后，盘所获得的角速度；

(2) 子弹和圆盘一起旋转的角加速度；

(3) 经过多少时间后，圆盘停止转动。



解：

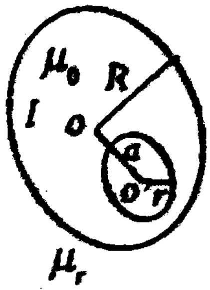
3）（12 分）将一半径为 R 的无限长金属圆柱体置于相对磁导率为 μ_r 的磁介质中，导体上通以垂直纸面向外的电流，电流在截面上均匀分布，电流密度大小为 j，求：

得分

（1）导体内外磁场强度 $\vec{H}$ 和磁感应强度 $\vec{B}$ 的分布；

（2）将金属圆柱体内部挖去一个半径为 r 的长直圆柱体，两柱体轴线平行，其间距为 a，空心部分为真空，则空心部分各处的磁感应强度；

（3）若将一根无限长通电直导线置于空心轴线 O' 处，其电流方向是垂直纸面向里的，则此导线单位长度的受力。



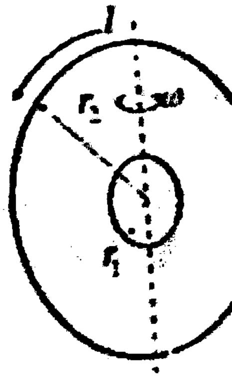
解：

4）（10 分）如图所示两个同心圆环，已知 $r_1 << r_2$，大圆环中通有电流 I，当小圆环绕直径以 ω 转动时，t=0 时，小圆环和大圆环共面，求：

得分

（1）t 时刻小圆环中的感应电动势；

（2）如小圆环的电阻为 R，t 时刻小圆环的磁矩及所受的磁力矩。



解：

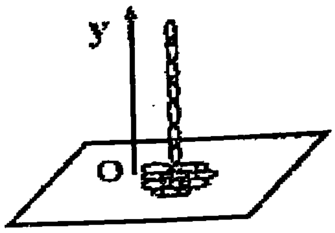
二、单项选择题（每题 2 分，共 20 分）

1) 一个人骑车以 5m/s 的速率自东向西行进时，看见雨点垂直下落。当他的速率增至 10m/s 时，看见雨点与他前进的方向成 120° 角下落，求雨点对地的速度。

(A) $v=10m/s$；方向：向下偏西 30° (B) $v=10m/s$；方向：向下偏东 30°

(C) $v=5m/s$；方向：向下偏西 30° (D) $v=5m/s$；方向：向下偏东 30°

2) 一根匀质绳子，其单位长度上的质量为 λ，全部盘绕在一张光滑的水平桌面上，设 $t=0$ 时，开始以一恒定的速度 v 竖直向上提绳，当提起的高度为 y 时，作用在绳端的力是：



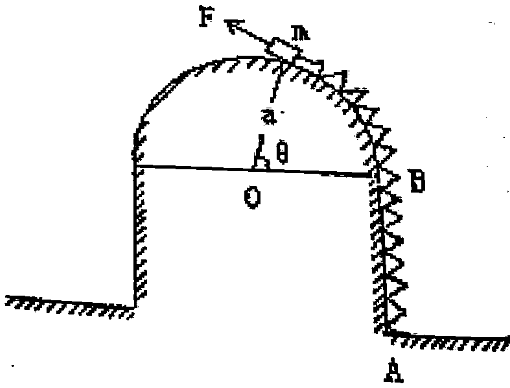
(A) $F=\lambda(v^2+yg)$ (B) $F=\lambda yv^2$

(C) $F=\lambda y(3a+g)$ (D) $F=\lambda yg$

3) 一小球在弹簧的作用下振动(如图)，弹力 $F=-kx$，而位移 $x=A\cos\omega t$，其中，k, A, ω 都是常量，则在 $t=0$ 到 $t=\pi/\omega$ 的时间间隔里弹力施于小球的冲量：

(A) $\frac{kA}{\omega}\vec{i}$ (B) $-\frac{kA}{\omega}\vec{i}$ (C) $-\frac{kA}{\omega}$ (D) 0

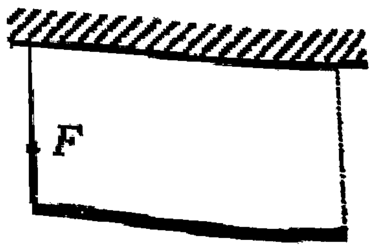
4) 如图所示，弹簧的原长为 AB，劲度系数为 k，下端固定在 A 点上，上端与一质量为 m 的木块相连，木块总靠在一半径为 a 的半圆柱的光滑表面上，今沿切向用力 F 拉木块使其极缓慢的移过 θ 角，则在这一过程中力 F 所做的功：



(A) $\frac{1}{2}ka^2\theta^2$ (B) $\frac{1}{2}ka^2\theta^2+mga\sin\theta$

(C) $mga\sin\theta$ (D) $ka^2\theta^2+mga\sin\theta$

一质量为 m，长为 L 的细杆，两端用同样长度的绳子系于顶篷上，现剪断其中一根绳子，则绳剪断瞬间，另一根绳子所受



张力

(A)

静止

S' 系

(A

7) 在

径

8)

9)

张力 F：

(A) mg (B) $\frac{1}{2}mg$ (C) $\frac{1}{4}mg$ (D) $2mg$

静止时边长为 a 的正立方体，当它以速率 $v=c/2$ 沿与它的一个边平行的方向相对于 S' 系运动时，则在 S' 系中测得它的体积为：

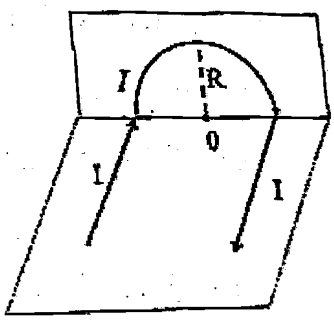
(A) a^3 (B) $\frac{1}{2}a^3$ (C) $\frac{\sqrt{3}}{2}a^3$ (D) $\frac{2}{\sqrt{3}}a^3$

7) 在一气泡室中，磁场为 20T，一高能质子垂直于磁场飞过时留下一半径为 3.5m 的圆弧径迹，则此质子的相对论能量：

(电子电量：$e=1.6\times10^{-19}C$；质子静止质量：$m_{0,p}=1.67\times10^{-27}kg$)

(A) $3.76\times10^{-8}J$ (B) $3.36\times10^{-9}J$ (C) $1.12\times10^{-17}J$ (D) $3.76\times10^{-7}J$

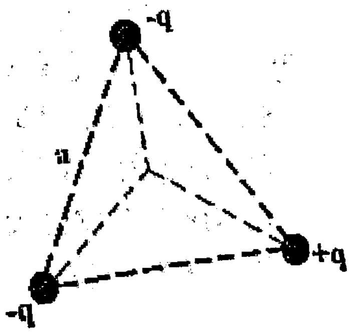
8) 如图所示的通电导线，半圆形导线所在平面和直导线所在平面相互垂直，则半圆的圆心处磁感应强度为：



(A) $B_0=\sqrt{(\frac{\mu_0 I}{2\pi R})^2+(\frac{\mu_0 I}{4R})^2}$ (B) $B_0=\frac{\mu_0 I}{2\pi R}+\frac{\mu_0 I}{4R}$

(C) $B_0=\sqrt{(\frac{\mu_0 I}{4\pi R})^2+(\frac{\mu_0 I}{2R})^2}$ (D) $B_0=\frac{\mu_0 I}{4\pi R}+\frac{\mu_0 I}{2R}$

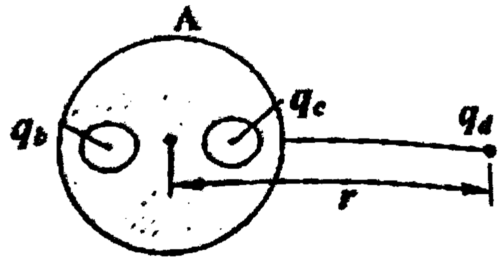
9) 一边长为 a 的正三角形，其三个顶点上各放置点电荷 q、$-q$ 和 $-q$，将一电量为+Q 的点电荷由无限远处移到重心处，外力所做的功：



(A) $\frac{\sqrt{3}qQ}{2\pi\varepsilon_0 a}$ (B) $-\frac{\sqrt{3}qQ}{2\pi\varepsilon_0 a}$ (C) $\frac{\sqrt{3}qQ}{4\pi\varepsilon_0 a}$ (D) $-\frac{\sqrt{3}qQ}{4\pi\varepsilon_0 a}$

10) 一球形导体 A 含有两个球形空腔，这导体本身的总电荷为零，但在两空腔中心分别有一点电荷 q_b 和 q_c，导体球外距导体很远的 r 处有另一点电荷 q_d，如图所示，则 q_b、q_c 和 q_d 各受到多大的力。

(A) $F_b=0$，$F_c=0$，$F_d=\dfrac{(q_b+q_c)q_d}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$



(B) $F_b=F_c=F_d=0$

(C) $F_b=F_c=F_d=\dfrac{(q_b+q_c)q_d}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

(D) $F_b=\dfrac{q_b q_d}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$，$F_c=\dfrac{q_c q_d}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$，$F_d=\dfrac{(q_b+q_c)q_d}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

三、多项选择题（每题 3 分，共 18 分。全部选对，方能得分）

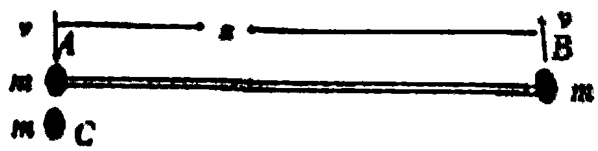
1) 一质点沿半径为 R 的圆周按规律 $s=v_0 t-bt^2/2$ 运动，v_0、b 都是正的常量。则 t 时刻质点：

(A) 速率：$v=v_0-bt$　　(B) 法向加速度：$-b$

(C) 总加速度大小：$\dfrac{\sqrt{(v_0-bt)^4+(bR)^2}}{R}$　　(D) 角加速度：$\dfrac{(v_0-bt)^2}{R^2}$

(E) 角加速度：$-b/R$

2) 如图两个质量都是 m 的质点 A 和 B，由长度为 a 的一根轻质硬杆连接在一起，在自由空间二者质心静止，但杆以角速度ω绕质心转动。杆上的一个质点与第三个质量也是 m 但静止的质点 C 发生碰撞，结果粘在一起。则下列说法正确的是：



(A) 碰撞前一瞬间三个质点的质心距离 A 球 $\dfrac{a}{3}$ 处；

(B) 碰撞前一瞬间三个质点的质心速度为 0；　　(C) 碰撞过程，整个系统动量守恒；

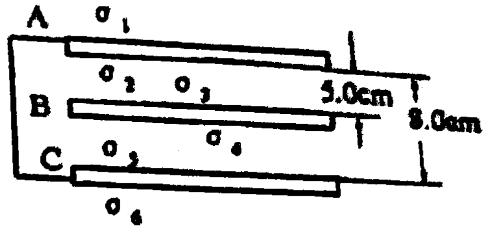
(D) 碰撞过程，整个系统角动量守恒；　　(E) 碰撞过程，整个系统机械能守恒；

3) 在狭义相对论中，下列说法中哪些是错误的：

(A)“所有惯性系对力学规律都是等价的”这是狭义相对论的一条基本假设。

(B) 在任何参考系中观察，两物体的相对速度都不可能大于光速。
(C) 在真空中，光的速度与光的频率、光源的运动状态无关。
(D) 在 S 系中观察 S'系中的时钟变慢了，则相对的在 S'系中观察 S 系的钟变快了。
(E) 两物理事件发生的时间间隔在 S 系测得 Δt，在 S'系测得 $\Delta t'$，则二者的关系为：
$\Delta t'=\Delta t/\sqrt{1-u^2/c^2}$ （u 为两参考系的相对速率）

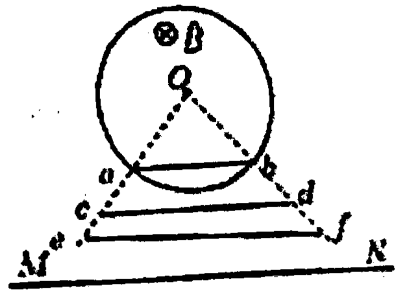
) 如图所示，有三块互相平行的导体薄板，外面的两块用导线连接，原来不带电。中间一块上所带总电荷密度为σ_0，设从上到下各板表面电荷密度分别为σ_1，$\sigma_2\cdots\sigma_6$，(忽略边缘效应)，则下列表述正确的是：



(A) $\dfrac{\sigma_3}{\sigma_4}=\dfrac{3}{5}$ (B) $\dfrac{\sigma_3}{\sigma_4}=\dfrac{5}{3}$ (C) $\sigma_3+\sigma_4=\sigma_0$

(D) $\sigma_3+\sigma_4=2\sigma_0$ (E) $\sigma_1+\sigma_2+\sigma_5+\sigma_6=-\sigma_0$

5) 在半径为 R 的圆柱形空间内有一磁感应强度为 $\vec{B}$ 的均匀磁场，$\vec{B}$ 的大小以速率 dB/dt 变化．如图所示放置几根金属棒 ab、cd、ef 以及一根无限长金属棒 MN，则各个金属棒的感应电动势的大小关系正确的为：



(A) $\varepsilon_{ab}=\varepsilon_{cd}=\varepsilon_{ef}$ (B) $\varepsilon_{ab}<\varepsilon_{cd}=\varepsilon_{ef}$

(C) $\varepsilon_{ab}<\varepsilon_{cd}<\varepsilon_{ef}$ (D) $\varepsilon_{MN}=\dfrac{dB}{dt}\pi R^2$，且最大

(E) $\varepsilon_{MN}=\dfrac{dB}{2dt}\pi R^2$，且最大

6) 关于麦克斯韦方程组下列说法正确的：
(A) 静电场、感生电场都是有源场和非保守场。
(B) 静电场是有源场，感生电场是非保守场。
(C) 传导电流、位移电流产生的磁场都是无源场。
(D) 传导电流产生的磁场是无源场，位移电流产生的磁场是有源场。
(E) 传导电流和变化的电场产生的磁场都是非保守场。

一、 计算题

1) (1) 由相对 O 点的角动量守恒:

$\frac{R}{2}mv_0=\frac{1}{2}(MR^2)\omega+Rm\omega R$,解得$\omega=\frac{mv_0}{(M+2m)R}$

(2) 由转动定律:

$$M_f=J\alpha$$

Mf 为摩擦力转矩,J 为转动惯量,α为角加速度

有$M_f=\int_0^R 2\pi\rho\frac{M}{\pi R^2}\mu g\rho d\rho=\frac{2\mu MgR}{3}$

$$J=\frac{MR^2}{2}+mR^2$$

解得$\alpha=\frac{4\mu Mg}{(3M+6m)R}$

(3) $t=\frac{\omega-0}{\alpha}=\frac{3mv_0}{4\mu Mg}$

2)

(1) ①当 0<x<d/2 时,建立如图所示的圆柱形高斯面,设圆柱的底面积为 S。由对称性可知电场方向必然沿着 x 轴正方向 (不妨设电荷为正电荷)

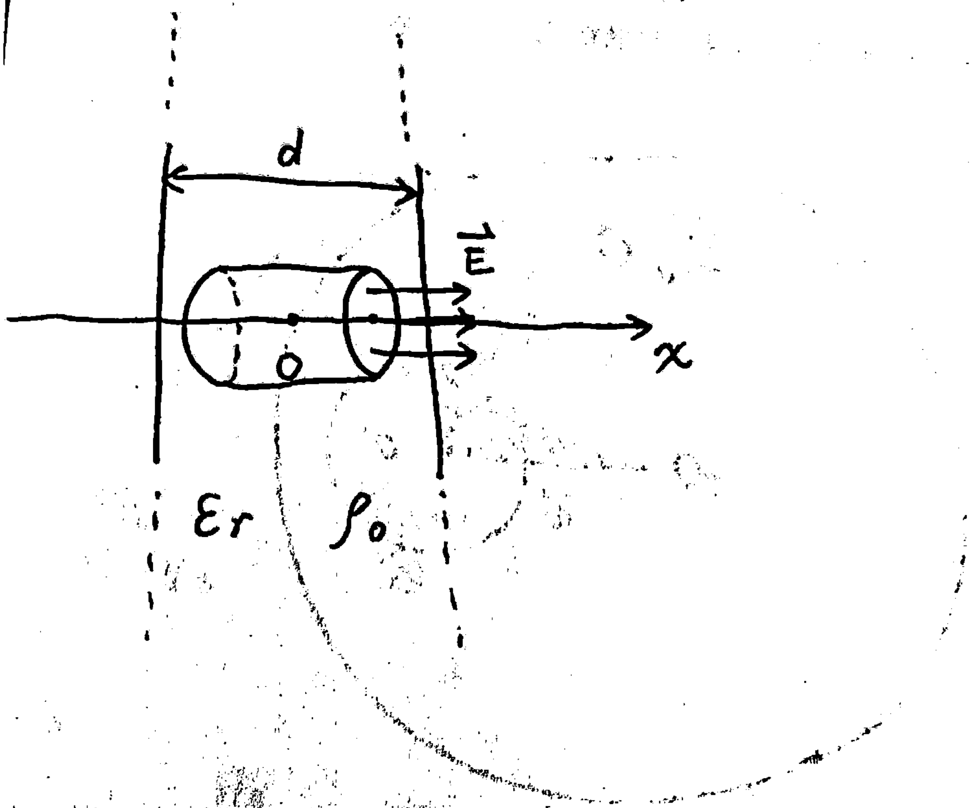
由高斯定理可得:$2DS=2xS\rho_0$解得$D=\rho_0x$,$E=\frac{\rho_0x}{\varepsilon_0\varepsilon_r}$,$P=\frac{\varepsilon_r-1}{\varepsilon_r}\rho_0x$。

当-d/2<x<0 时同理,解的大小相同,方向相反。

②当 x>d/2,由同样的方法可得:$2DS=dS\rho_0$,解得$D=\frac{\rho_0d}{2}$,$E=\frac{\rho_0d}{2\varepsilon_0\varepsilon_r}$,$P=\frac{\varepsilon_r-1}{2\varepsilon_r}\rho_0d$。当 x<-d/2 时同理,解的大小相同,方向相反。

(2) 由公式$\sigma=|P|$可得,$\sigma=\frac{\varepsilon_r-1}{2\varepsilon_r}\rho_0d$

(3) $V_{2/d} - V_o = -\int_0^{\frac{d}{2}} \frac{\rho_0 x}{\varepsilon_0 \varepsilon_r} dx$ 解得 $V_{2/d} = -\frac{\rho_0 d^2}{8\varepsilon_0 \varepsilon_r}$



3）(1)

①导体内：设研究的地点距离中心ρ，由安培环路定理：$2\pi\rho H = \pi R^2 j$ 解得 $H = \frac{jR^2}{2\rho}$，

由此得 $B = \frac{\mu_0 \mu_r j R^2}{2\rho}$

②导体外：$2\pi\rho H = \pi\rho^2 j$ 解得 $H = \frac{j\rho}{2}$，$B = \frac{\mu_0 \mu_r j \rho}{2}$

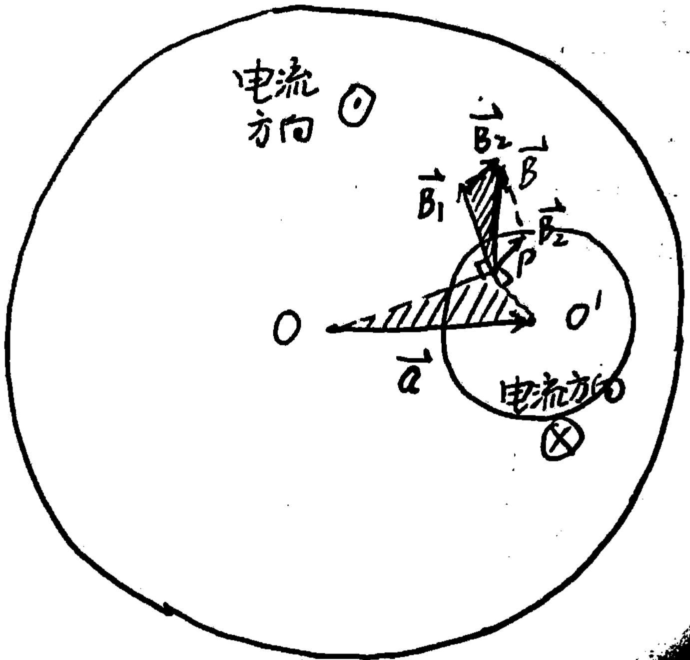
(2) 利用补元法的思想，认为空洞是上一问带正向电流的圆柱和一个带负向电流的小圆柱中和而成，再将两者各自产生的磁场矢量叠加。如下图：

由上一问结论可得知 $B \propto \rho$，由几何关系可知阴影部分两个三角形相似，由此可知所求空洞内磁感应强度 B 的方向始终向上，大小为 $B = \frac{\mu_0 \mu_r j a}{2}$

(3) 设该电流大小为 I，则由安培力公式可知：$F = IB = \frac{\mu_0 \mu_r j a}{2} I$

（这里题目好像没给电流大小，但是思来想去没有这根导线电流大小根本不能

力吧┬┬﹏┬┬，各位大佬选择性参考吧）



4）

（1）大圆环在其中心产生磁场大小为：$B=\frac{\mu_0 T}{2r_2}$，则小圆环的磁通量是：

$$\phi=\frac{\mu_0 T}{2r_2}\pi r_1^2 cos\omega t$$

由法拉第电磁感应定律：$\varepsilon=-\frac{d\phi}{dt}=\frac{\mu_0 T}{2r_2}\pi r_1^2 sin\omega t$

（2）小圆环中电流：$I=\frac{\varepsilon}{R}=\frac{\mu_0 T}{2r_2 R}\pi r_1^2 sin\omega t$

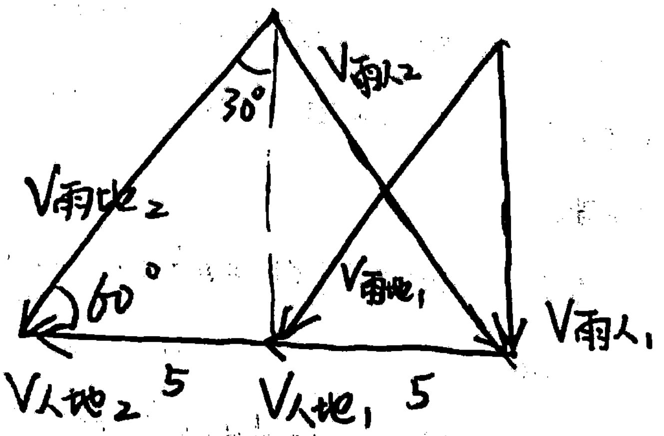
磁矩为：$m=SI=\frac{\mu_0 T}{2r_2 R}\pi^2 r_1^4 sin\omega t$

磁力矩为：$\boldsymbol{M}=\boldsymbol{m}\times\boldsymbol{B}$，所以$M=mBsin\omega t=\frac{{\mu_0}^2 T^2}{4{r_2}^2 R}\pi^2 r_1^4 sin^2\omega t$

二、 单项选择题

1） A

根据描述画出矢量图如下，注意把握一个核心矢量方程：$v_{雨地}=v_{雨人}+v_{人地}$



2） A

绳子从静止到速度变成 v 经历了一个冲量作用的过程，这个研究过程以刚从桌面上拉起的一段长度很小的绳子（其长度设为 dx）为研究对象，桌面上部的绳给她的作用力设为 F0，对这一小段绳子运用动量定理：

$$F_0\cdot dt=dm\cdot v=v\cdot dt\cdot\lambda\cdot v$$

这里认为$dl=v\cdot dt$，大家自行体会为什么，说不太清楚但是很重要，算是一种模型假设吧。（手动狗头）解得$F=v^2\lambda$

再对已经拉上来的绳子进行受力分析，它是匀速运动，所以受力平衡。

$$F=F_0+\lambda yg$$

这里λyg是已经拉上去的绳子的重力。

3） D

可以用旋转矢量法，发现两个点速度都是 0，所以动量变化量为 0，所以根据动量定理得冲量为 0.

4） B

这个用机械能守恒，F 输入的能量等于增加的重力势能和弹性势能

5) C

这个题我真的是跪了……考了不知道多少年，答案都背下来了，可是每回就是不会做。从网上找的答案，我也不知道这个思路怎么来的。

首先先来个不知道怎么来的质心牛顿第二定律：mg-T=ma

其中 a 是质心的加速度。

再来个以没断绳子的那端为轴的转动定律：$mg\frac{l}{2}=I\beta$，其中β为角加速度，$I=\frac{1}{3}ml^2$为转动惯量。

接下来这个公式更迷╮(╯_╰)╭：$a=\frac{l}{2}\beta$

解得$T=\frac{1}{4}mg$

6) C

一个边利用动杆变短原理乘以缩小系数，其他边不变。

7) B

洛伦兹力提供向心力公式有：$evB=\frac{mv^2}{R}$

解得 p=mv=eBR=1.12×10^{-17}

由相对论动量能量三角形关系：$E=\sqrt{p^2c^2+{m_0}^2c^4}$可得

8) A

注意最后算出两个磁场方向不同向，需要勾股定理合成。另外注意合成分割法的应用。

9) C

电势叠加定理

10) A

由于导体外部没有接地，导体表面会形成数量与内部电荷相同的电荷，

相对于非常远的 d 点，相当于一个电荷为 qb+qc 的点电荷。

而根据静电屏蔽原理，内部电荷收不到外部电场，故受力为 0.

三、 多项选择

1) ACE

2) BCD

3) BDE

4) AC

电荷守恒有：$\sigma_3+\sigma_4=\sigma_0$ ，$\sigma_1+\sigma_2+\sigma_5+\sigma_6=0$

A、B 板之间高斯定理有：$\sigma_2+\sigma_3=0$ ，$\sigma_4+\sigma_5=0$（该高斯面是一个长方体，两个表面设在板内的中间没有电荷和电场的位置，所以通量为 0，因此内部包含的电荷代数和也为 0）

C 板内部一点的电场强度为 0 有：$\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3+\sigma_4+\sigma_5-\sigma_6=0$（可知电场强度 E 正比于电荷密度$\sigma$，设比例系数为 K）

A 与 C 板电势相同有：E1=K（$\sigma_3-\sigma_2$）=2Kσ_3，E2=K（$\sigma_5-\sigma_4$）=-2Kσ_4

$E_1d_1+E_2d_2=0$

由以上六个方程可以解出所有答案。

5) BE

假设三角形构成一个回路，发现感生电场与半径构成的两个边垂直，不会产生电动势，因此整个回路的电动势变化都在横着的边上体现出，由此做文章。当金属棒无限长时，包含的磁通部分是整个半圆。

6) BCE

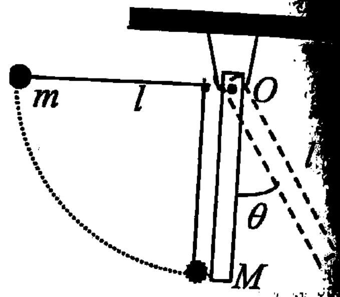
时可互借计算器。 作图外， 笔答 试卷作废。 分） 本卷 成绩占课程成绩

号	一	二	三	四	五	卷总分	平时成绩	总分
分数								

一、计算：（8 分）

得分	

为 l 的匀质细杆，可绕过杆的一端 O 点的水平光滑固定轴转动，开始时 止于竖直位置。紧挨 O 点悬一单摆，轻质摆线的 度也是 l，摆球质 为 m. 若单摆从水平位置由 止开始自由摆下，且摆球与细杆作完全弹性碰撞（也即碰撞过程中系统动能守恒），碰撞后摆球正好 止．求：



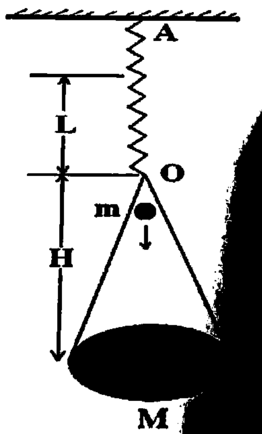
(1) 细杆的质 ．

(2) 细杆摆起的最大角度 ．

二、计算：（10 分）

得分	

如图所示，一质 为 M=2Kg 的托盘通过悬绳挂在轻质弹簧下端 O 点。系统 止时，弹簧伸 度为 L=20cm。一泥球(质 m=1Kg)从悬点 O 处自由下落到圆盘中，下落 度为 H=20cm。碰撞后，泥球与圆盘合二为一后一起运动，假设碰撞过程内力远大于外力。 力加速度 $g=10m/s^2$。试解答以下 ：



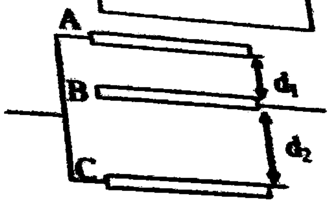
(1) 碰撞后瞬 ，泥球与圆盘的速度；

(2) 弹簧的最大伸 度。

三、计算：（12分）

得分

如图所示，三块相互平行的相同规格导体板，外 两块用导线相连，原来不带电，中 一块所带 电荷密度为 $1.3\times10^{-5}C/m^2$，板 分别为 $d_1=3.0cm$，$d_2=5.0cm$，板 积为 $0.15m^2$。（忽略边界效应，$\varepsilon_0=8.85\times10^{-12}F/m$）



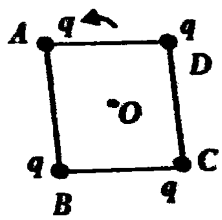
（1）求每块板两个表 的 电荷密度各是多少？

（2）将它作为一个电容器使用其电容值是多少？

四、计算：（10分）

得分

如图所示，边 为 a 的正方形的四个角上固定有四个电 均为 q 的正点电荷，其中 O 点处于正方形几何中心位置.



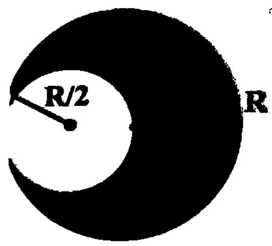
(1) 此正方形以均匀的角速度 ω 绕通过 O 点并垂直于正方形所在平 的轴沿逆时 旋转时，求其在 O 点产生的磁感强度的大小和方向

(2) 若用一沿 CD 边放置的无 载流直导线替代上述磁场源并使之在 O 点产生同样效果的磁场，求出相应电流的大小和方向。

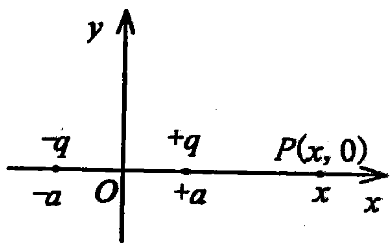
五、填空 （每 2分，共10分）

1. 当一列火车以 10 m/s 的速率向东行 时，若相对于地 竖直下落的 滴在列车上形成的 迹偏离竖直方向 45°，则 滴相对于列车的速率是________

2. 一个半径为 R 质 为 m 的匀质薄圆盘，如图所示在其内 挖去一半径为 R/2 的圆孔，则剩余 分的质心到原盘的圆心距离 x_c=__________

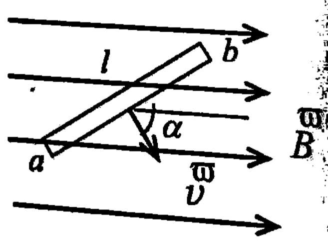


3. 如图所示，在坐标$(a，0)$处放置一点电荷$+q$，在坐标$(-a，0)$处放置另一点电荷$-q$。P 点是 x 轴上的一点，坐标为$(x，0)$。当 $x>>a$ 时，该点电势近似等于__________。



4. 用细导线均匀密绕成 为 l、半径为 a ($l >> a$)、总匝数为 N 的 直螺线管。管内充满相对磁导率为 μ_r 的均匀磁介质。若线圈中载有稳恒电流 I，则管中任意一点的磁感强度大小 B =______________

5. 如图所示， 度为 l 的直导线 ab 在均匀磁场$\vec{B}$中以速度$\vec{v}$移动，直导线 ab 中的电动势为 ε=__________。



六、选择 （每 2 分，共 20 分；计分仅以下表中填写的答案为准）

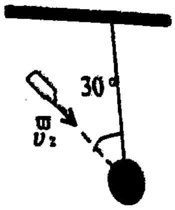
小	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	分数
答案											

1. 在匀加速圆周运动过程中，物体的速度和速率变化满足：

(A) 速度和速率 变化 (B) 速度改变而速率不变

(C) 速度不变而速率改变 (D) 速度和速率 不变 [ ]

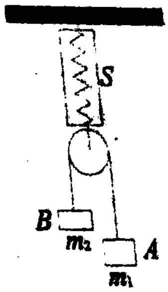
2. 质 为 20 g 的子弹，以 400 m/s 的速率沿图示方向射入一原来 止的质 为 980 g 的摆球中，摆线 度不可伸缩．子弹射入后开始与摆球一起运动的速率为



(A) 2 m/s. (B) 4 m/s.

(C) 7 m/s . (D) 8 m/s. [ ]

3. 如图，滑轮、绳子质 及运动中的摩擦 力 忽略不计，物体 *A* 的质 m_1 大于物体 *B* 的质 m_2．在 *A*、*B* 运动过程中弹簧秤 *S* 的读数是



(A) $(m_1+m_2)g$. (B) $(m_1-m_2)g$.

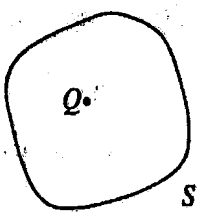
(C) $\frac{2m_1m_2}{m_1+m_2}g$. (D) $\frac{4m_1m_2}{m_1+m_2}g$. [ ]

4. 把一个 止质 为 m_0 的粒子，由 止加速到 $v=0.6c$ (c 为真空中光速) 作的功等于

(A) $0.18m_0c^2$. (B) $0.25\ m_0c^2$.

(C) $0.36m_0c^2$. (D) $1.25\ m_0c^2$. [ ]

5. 点电荷 *Q* 被曲 *S* 所包围，从无穷远处引入另一点电荷 *q* 至曲外一点，如图所示，则引入前后：



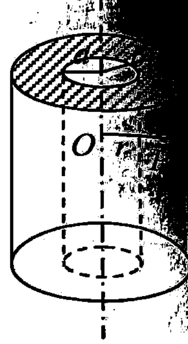
(A) 曲 *S* 的电场强度通 不变，曲 上各点场强不变.

(B) 曲 *S* 的电场强度通 变化，曲 上各点场强不变.

(C) 曲 *S* 的电场强度通 不变，曲 上各点场强变化.

(D) 曲 *S* 的电场强度通 变化，曲 上各点场强变化. [ ]

6. 一 直导线横截 半径为 a，导线外同轴地套一半径为 b 的薄圆筒，两者之 充满相对介电常数为 ε_r 电介质，并且外筒接地，如图所示．设导线单位 度的电荷为$+\lambda$，并设地的电势为 ，则两导体之 的 P 点（$OP=r$）的场强大小和电势分别为：



(A) $E=\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2}$，$U=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}ln\frac{b}{a}$.

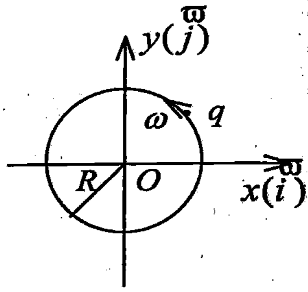
(B) $E=\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2}$，$U=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}ln\frac{b}{r}$.

(C) $E=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r}$，$U=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}ln\frac{a}{r}$.

(D) $E=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r}$，$U=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}ln\frac{b}{r}$.

[ ]

7. 如图所示，一电 为 q 的点电荷，以匀角速度 ω 作圆周运动，圆周的半径为 R．设 $t=0$ 时 q 所在点的坐标为 $x_0=R$，$y_0=0$，以$\vec{i}$、$\vec{j}$分别表示 x 轴和 y 轴上的单位矢 ，则圆心处 O 点的位移电流密度为：



(A) $\frac{q\omega}{4\pi R^2}sin\,\omega\, t \rightleftarrows \vec{i}$ (B) $\frac{q\omega}{4\pi R^2}cos\,\omega\, t\vec{j}$

(C) $\frac{q\omega}{4\pi R^2}\vec{k}$ (D) $\frac{q\omega}{4\pi R^2}(sin\,\omega \rightleftarrows t \rightleftarrows \vec{i}-cos\,\omega \rightleftarrows t \rightleftarrows \vec{j})$ [ ]

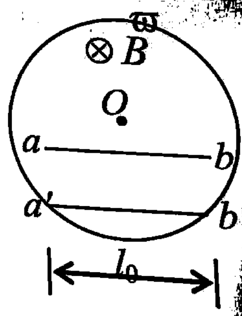
8. A、B 两个电子 垂直于磁场方向射入一均匀磁场而作圆周运动．A 电子的速率是 B 电子速率的两倍．设 R_A，R_B 分别为 A 电子与 B 电子的轨 半径；T_A，T_B 分别为它们各自的周期．则

(A) $R_A:R_B=2$，$T_A:T_B=1$ (B) $R_A:R_B=1/2$，$T_A:T_B=1$

(C) $R_A:R_B=1$，$T_A:T_B=1/2$ (D) $R_A:R_B=2$，$T_A:T_B=2$.

[ ]

9. 在圆柱形空 内有一磁感强度为$\vec{B}$的均匀磁场，如图所示，$\vec{B}$的大小以速率 dB/dt 变化．有一 度为l_0的 属棒先后放在磁场的两个不同位置 1(ab)和 2($a'b'$)，则 属棒在这两个位置时棒内的感应电动势的大小关系为



(A) $\varepsilon_2=\varepsilon_1\neq0$ (B) $\varepsilon_2>\varepsilon_1$ (C) $\varepsilon_2<\varepsilon_1$ (D) $\varepsilon_2=\varepsilon_1=0$

[ ]

10. “变化的磁场可以产生涡旋电场”由下 的哪个方程描述

(A) $\oint_\Sigma \vec{D}\cdot d\vec{S}=q_0$. (B) $\oint_\Sigma \vec{B}\cdot d\vec{S}=0$.

(C) $\oint_L \vec{E}\cdot d\vec{r}=-\iint\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$ (D) $\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{r}=I_0+\iint\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\cdot\overrightarrow{dS}$. [ ]

2014/2015 学年春季学期期末考试大学物理A试 卷（A卷）答案

五、填空 答案：

(1) $10\sqrt{2} = 14.1$ m/s; (2). R/6; (3). $\frac{qa}{2\pi\varepsilon_0 x^2}$; (4). $\mu_0\mu_r NI/l$; (5). 0

六、选择 答案：

ABDBC DDABC

一：（8 分）

解： (1)

设摆球与细杆碰撞时速度为 v_0，碰后细杆角速度为ω，系统角动 守恒得：

$$J\omega = mv_0 l$$

由于是完全弹性碰撞，所以单摆的动能变为细杆的转动动能 2 分

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}J\omega^2$$

代入 $J=\frac{1}{3}Ml^2$，由上述两式可得 $M=3m$ 1 分

(2) 系统机械能守恒式 1 分

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = mgl$$ 1 分

$$\frac{1}{2}J\omega^2 = \frac{1}{2}Mgl(1-\cos\theta)$$ 2 分

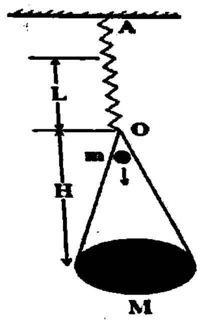
并利用(1) 中所求得的关系可得 $\theta = arccos\frac{1}{3}$ 1 分

另，机械能守恒也可以用动能定理来叙述，给分同上。

二：（10 分）

解：

（1）由于初始时圆盘 止，所以：



$kL = Mg$............... （1 分）

可得：$k = \frac{Mg}{L} = 100N/m$.................. （1 分）

泥球下落到圆盘中时的速度为：

$V = \sqrt{2gH} = 2m/s$.................... （1 分）

在泥球与圆盘碰撞过程中可以认为系统动 守恒，即：

$mV = (M+m)V'$......................... （1 分）

从而得共同速度：

$V' = \frac{mV}{M+m} = \frac{2}{3}m/s$... .... （1 分）

（2）在圆盘和泥球一起运动过程中，只有弹簧弹力和 力做功，系统机械能守恒 （1 分）

当系统达到最低点时，弹簧伸 最 。我们假设体系向下运动的最大距离为 d，则有：

$$\frac{1}{2}(M+m)V'^2 + (M+m)gd + \frac{1}{2}kL^2 = \frac{1}{2}k(L+d)^2 \text{............(2 分)}$$

解之得：

$d = \frac{1\pm\sqrt{\frac{7}{3}}}{10}m$（舍去负值，并近似计算）得：$d = \frac{1+\sqrt{\frac{7}{3}}}{10}m \approx 25.3$cm.......... （1 分）

所以弹簧的最大伸 为： （1 分）

$d + L = 30 + 10\sqrt{\frac{7}{3}} \approx 25.3+20=45.3$cm..

三：（12 分）

解：(1)

自上而下设各板所带 电荷密度分别为 σ_1, σ_2, σ_3, σ_4, σ_5, σ_6,， 则根据 电平衡条件下各导体板内 电场为 可得

$$0=\frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma_3}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma_4}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma_5}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma_6}{2\varepsilon_0}$$ 1 分

$$0=\frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}+\frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}+\frac{\sigma_3}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma_4}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma_5}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma_6}{2\varepsilon_0}$$ 1 分

$$0=\frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}+\frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}+\frac{\sigma_3}{2\varepsilon_0}+\frac{\sigma_4}{2\varepsilon_0}+\frac{\sigma_5}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma_6}{2\varepsilon_0}$$ 1 分

此三方程中任意两个可由根据 斯定理和 电平衡条件给出以下两式代替

$$0=\sigma_4+\sigma_5$$ 1 分

$$0=\sigma_2+\sigma_3$$ 1 分

再根据电荷守恒定律可得

$$\sigma=\sigma_3+\sigma_4=1.3\times10^{-5}C/m^2$$ 1 分

$$0=\sigma_1+\sigma_2+\sigma_5+\sigma_6$$ 1 分

再根据导体板等电势，所以可写出电压关系如下 $U_{AB}=U_{CB}$

$$\left(\frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}+\frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma_3}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma_4}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma_5}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma_6}{2\varepsilon_0}\right)d_1=-\left(\frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}+\frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}+\frac{\sigma_3}{2\varepsilon_0}+\frac{\sigma_4}{2\varepsilon_0}+\frac{\sigma_5}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma_6}{2\varepsilon_0}\right)d_2$$

2 分

接得

$$\sigma_1=\sigma_6=6.5\times10^{-6}C/m^2$$

$$\sigma_2=-\sigma_3=-8.1\times10^{-6}C/m^2$$

$$\sigma_4=-\sigma_5=4.9\times10^{-6}C/m^2$$ 2 分

（2）此组合电容器可以看成两个电容器的并联，根据电容并联公式

$$C=C_1+C_2=\frac{\varepsilon_0S}{d_1}+\frac{\varepsilon_0S}{d_2}=\frac{\varepsilon_0S(d_1+d_2)}{d_1d_2}$$ 2 分

代入可得 $C=7.08\times10^{-11}F=70.8pF$ 1 分

四：（10 分）

解：

（1） 电荷系旋转产生一等效圆电流，其半径为$R=\frac{\sqrt{2}}{2}a$

其电流强度为： $I'=\frac{4q}{T}=\frac{4q}{2\pi/\omega}=\frac{2q\omega}{\pi}$ 2 分

该等效圆电流在圆心处产生的磁场，根据毕奥-萨伐尔定律和磁场叠加原理可得

$$B=\frac{\mu_0I'}{2R}=\frac{\mu_0\sqrt{2}q\omega}{\pi a}$$ 2 分

方向垂直纸 向外。 1 分

（2） 根据对称性和安培环路定理可知无 载流直导线的磁场分布

$$B=\frac{\mu_0I}{2\pi r}$$

其中 r 为场点 电流所在直线 CD 垂直距离，按 中要求则圆心到 CD 边距离 r=a/2

$$B=\frac{\mu_0I}{\pi a}$$ 2 分

所以根据磁场相等的要求，$B=\frac{\mu_0I}{\pi a}=\frac{\mu_0\sqrt{2}q\omega}{\pi a}$可得

$I=\sqrt{2}q\omega$ 2 分 方向从 C 指向 D

哈尔滨工业大学（威海） 2013/2014 学年春季学期期中考试

大学物理 A 试题卷

考试形式（开、闭卷）：闭卷 答题时间：120 （分钟） 本卷面成绩占课程成绩 40 %

题号	一	二-1	二-2	二-3	二-4	卷面总分
分数						

学号： 班级： 姓名：

遵守考试纪律 注意行为规范

一 得分

一 选择题（每题 3 分，共 36 分，答案必须写在下表中）

小题	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
答案												

1．一质点在平面上作一般曲线运动，其瞬时速度为$\vec{v}$，瞬时速率为 v，某一时间内的平均速度为$\bar{\vec{v}}$，平均速率为$\bar{v}$，它们之间的关系必定有：

（A）$|\vec{v}| = v, |\bar{\vec{v}}| = \bar{v}$ （B）$|\vec{v}| \neq v, |\bar{\vec{v}}| = \bar{v}$

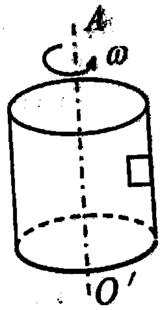
（C）$|\vec{v}| \neq v, |\bar{\vec{v}}| \neq \bar{v}$ （D）$|\vec{v}| = v, |\bar{\vec{v}}| \neq \bar{v}$

2. 一物体从某一确定高度以$\vec{v}_0$的速度水平抛出，已知它落地时的速度为 $\vec{v}_t$，那么它运动的时间是

(A) $\frac{v_t - v_0}{g}$. (B) $\frac{v_t - v_0}{2g}$.

(C) $\frac{(v_t^2 - v_0^2)^{1/2}}{g}$. (D) $\frac{(v_t^2 - v_0^2)^{1/2}}{2g}$.

3. 竖立的圆筒形转笼，半径为 R，绕中心轴 OO' 转动，物块 A 紧靠在圆筒的内壁上，物块与圆筒间的摩擦系数为 μ，要使物块 A 不下落，圆筒转动的角速度 ω至少应为



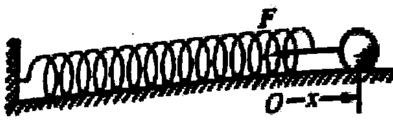
(A) $\sqrt{\frac{\mu g}{R}}$ (B) $\sqrt{\frac{g}{\mu R}}$ (C) $\sqrt{\mu g}$ (D) $\sqrt{\frac{g}{R}}$

4. 如图所示，一个小球在弹簧的作用下做振动，弹力$F = -kx$，

教研室主任签字：

求在$t=0$到$t=\pi/(2\omega)$时间

位移$x=A\cos(\omega t)$，其中k, A, ω都是常量，
弹力对小球所做的冲量为



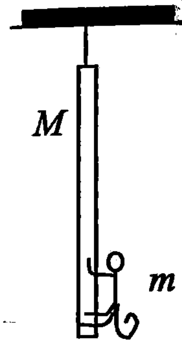
(A) $\frac{kA}{2\omega}$　　(B) $-\frac{kA}{2\omega}$

(C) $\frac{kA}{\omega}$　　(D) $-\frac{kA}{\omega}$.

5. 质量为 m 的物体自空中落下，它除受重力外，还受到一个与速度平方成正比的阻力的作用，比例系数为 k，k 为正值常量．该下落物体的最大速度将是

(A) $\sqrt{\frac{mg}{k}}$　　(B) $\frac{g}{2k}$　　(C) gk　　(D) $\sqrt{gk}$

6 一只质量为 m 的猴，原来抓住一根用绳吊在天花板上的质量为 M 的直杆，悬线突然断开，小猴则沿杆子竖直向上爬以保持它离地面的高度不变，此时直杆下落的加速度为



(A) g.　　(B) $\frac{m}{M}g$.

(C) $\frac{M+m}{M}g$.　　(D) $\frac{M+m}{M-m}g$　.

7. 下面关于惯性力的说法中，

(1) 惯性力与真实力一样，可以改变物体的运动状态。

(2) 惯性力可以对运动物体作功。

(3) 惯性力是在非惯性系中引入的虚拟力。

(4) 惯性力也存在着相应的反作用力.

(A) 只有(2)是错误的　　(B) 只有(4)是错误的

(C) (1)、(3) 是错误的　　(D) 全部错误。

8. 一质点的角动量为$\vec{L}=6t^2\vec{i}-(2t+1)\vec{j}$，则质点在 $t=1$ s 时所受力矩$\vec{M}$

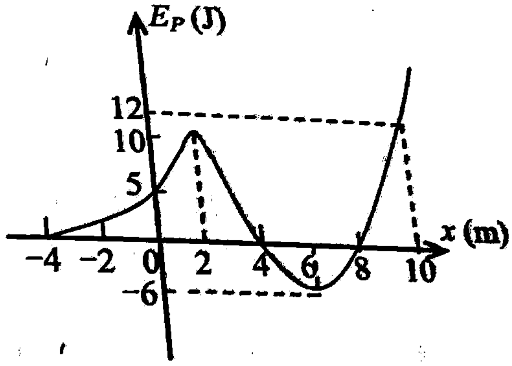
(A) $12\vec{i}-2\vec{j}$　(B) $12\vec{i}-3\vec{j}$　(C) $6\vec{i}-2\vec{j}$　(D) $6\vec{i}$

9. 质量为 0.10 kg 的质点，由静止开始沿曲线$\vec{r}=(5/3)t^3\vec{i}+2\vec{j}$ (SI) 运动，则在 $t=0$ 到 $t=2$ s 时间内，作用在该质点上的合外力所做的功为

(A). 5/4 J　　(B). 40 J

(C). 75/4J　　(D). 20 J

10. 一维保守力的势能曲线如图所示，则总能 E 为 12 J 的粒子的运动范围内，粒子动能 E_K 最大位置在.



(A) 10m.　　(B) 6m.

(C) 2m.　　(D) -4m.

11.. 有两个力作用在一个有固定转轴的刚体上:

(1) 这两个力都平行于轴作用时，它们对轴的合力矩一定是零;

(2) 这两个力都垂直于轴作用时，它们对轴的合力矩可能是零;

(3) 当这两个力的合力为零时，它们对轴的合力矩也一定是零;

(4) 当这两个力对轴的合力矩为零时，它们的合力也一定是零.

在上述说法中，

(A) (1) 、(2) 、(3) 、(4)都正确　　(B) (1)、(2)、(3) 都正确，(4)错误.

(C) (1) 、(2)正确，(3) 、(4) 错误.　　(D) 只有(1)是正确的.

12.. 有一半径为 R 的水平圆转台，可绕通过其中心的竖直固定光滑轴转动，
动惯量为 J，开始时转台以匀角速度 ω_0 转动，此时有一质量为 m 的人站在转
中心. 随后人沿半径向外跑去，当人到达转台边缘时，转台的角速度为

(A) $\frac{J}{J+mR^2}\omega_0$.　(B) $\frac{J}{(J+m)R^2}\omega_0$.　(C) $\frac{J}{mR^2}\omega_0$.　(D) ω_0.

二 计算题 （4 道题，共 64 分）

二-1 得分

二-1 （16 分） 如图所示，悬挂的轻弹簧下端挂着质量为 m_1、m_2 的两个物体，开始时处于静止状态．设弹簧的劲度系数 $k=8.9$ N/m，$m_1=0.5$ kg，$m_2=0.3$ kg．现在突然把 m_1 与 m_2 间的连线剪断，求

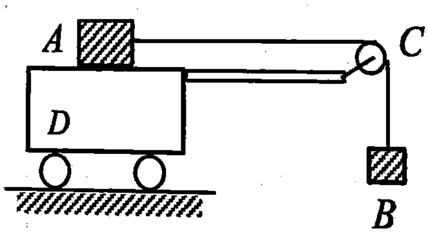
（1） 以弹簧自然伸长位置为起始点，剪断连线前后的系统平衡位置各在何处？

（2） 剪断连线后 m_1 能达到的最大速率是多少？

（3） 从静止开始到最大速率过程中合外力所做的冲量是多少？

二-2 得分

二-2 （16 分） 水平面上有一质量 M=51 kg 的小车 D，其上有一定滑轮 C. 通过绳在滑轮两侧分别连有质量为 $m_1=5$ kg 和 $m_2=4$ kg 的物体 A 和 B，其中物体 A 在小车的水平台面上，物体 B 被绳悬挂.各接触面和滑轮轴均光滑．系统处于静止时，各物体关系如图所示．现在让系统运动，求以多大的水平力 $\vec{F}$ 作用于小车上，才能使物体 A 与小车 D 之间无相对滑动．(滑轮和绳的质量均不计，绳与滑轮间无相对滑动。特别要求根据隔离法分别画出 A、B、D 三个物体的受力图)



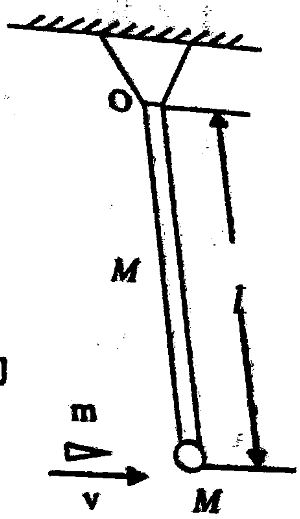
二-3 得分

二-3 （16 分）

有一质量为 M、长度为 l 的均匀细棒，其一端固结一个质量也为 M 的小球，可绕通过另一端且垂直于细棒的水平光滑固定轴自由转动．最初棒自然下垂．现有一质量为 m 的子弹，在垂直于轴的平面内以水平速度 v 射穿小球，子弹穿过小球时速率减为 $\frac{1}{2}v$，求

(1) 此时细棒的角速度是多大？

(2) 子弹要使棒能绕轴作完整的一周转动，子弹入射时的速率至少必须为多大？



二-4 得分

二-4 （16 分） 高能物理实验中，两个静止质量相等且均为 m_0 的正反粒子相向运动，二者相对实验室的速度均为 $v = 0.6c$，其中 c 为真空中的光速。正反粒子发生碰撞后反应生成一个新的复合粒子。求，

（1）正反粒子相对对方所在参考系的动量和能量

（2）反应生成的复合粒子相对实验室的动量和自身静止质量

一 选择题（每题 3 分，共 30 分，答案必须写在下表中）

DCBD ACBA DBCA

小题	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
答案	D	C	B	D	A	C	B	A	D	B	C

二 计算题 （4 道题，共 64 分）

二-1 （16 分）

解：（1）以弹簧仅挂重物 m_1 时，物体静止（平衡）位置为坐标原点，竖直向为 y 轴正向，此时悬挂两物体时，弹簧伸长为： ① 2 分

$$l_2=(m_1+m_2)g/k=0.88m$$

去掉 m_2 后达到平衡时，弹簧伸长为 ② 2 分

$$l_1=m_1g/k=0.55m$$

（2）当突然剪断连线去掉 m_2 后，m_1 将上升并开始作简谐振动，在新平衡位置处速度最大．根据系统机械能守恒，有 ③ 2 分

以自然伸长位置为重力势能零点则有

$$\frac{1}{2}kl_2^2-m_1gl_2=\frac{1}{2}m_1v_m^2-mgl_1+\frac{1}{2}kl_1^2$$ ④ 4 分

或者

以新平衡位置为重力势能零点则有

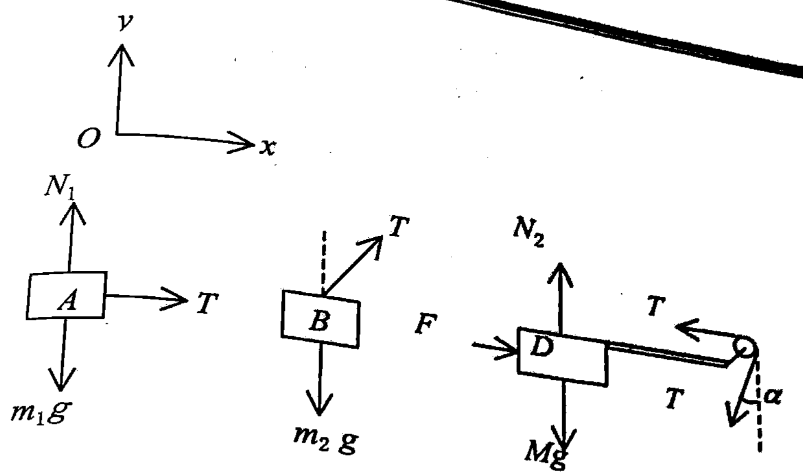
$$\frac{1}{2}kl_2^2-m_1g(l_2-l_1)=\frac{1}{2}m_1v_m^2+\frac{1}{2}kl_1^2$$ 4 分

最终得 $v_m=m_2g\sqrt{1/(m_1k)}\approx1.40\text{m/s}$ 2 分

（3）根据动量定理，合外力冲量 $I=\Delta p=m_1v_m=0.7(N\cdot m)$ 4 分

二-2 （16 分）

解：



以上受力分析受力图各 1 分，共 3 分

建立 x、y 坐标. 系统的运动中，物体 A、B 及小车 D 的受力如图所示，设小车 D 受力 $\vec{F}$ 时，连接物体 B 的绳子与竖直方向成 α 角. 当 A、D 间无相对滑动时，应有如下方程：

$$T = m_1 a_x$$ ① 2分

$$T\sin\alpha = m_2 a_x$$ ② 2分

$$T\cos\alpha - m_2 g = 0$$ ③ 2分

⑥式也可由 A、B、D 作为一个整体系统而直接得到

$$F = (m_1 + m_2 + M)a_x$$ ④ 2分

联立①、②、③式解出：$a_x = \dfrac{m_2 g}{\sqrt{m_1^2 - m_2^2}}$ ⑤ 2分

⑤代入⑥得：$F = \dfrac{(m_1 + m_2 + M)m_2 g}{\sqrt{m_1^2 - m_2^2}}$ 2分

代入数据得 $F = 784\ \mathrm{N}$ 1分

二-3 （16分）

解:

解：棒与小球绕轴的转动惯量为 $J = \dfrac{1}{3}Ml^2 + Ml^2 = 4Ml^2/3$ 2分

取棒、球和子弹为系统，在子弹穿过小球时，系统所受外力对轴的合力矩为零，对轴的角动量守恒. 2分

设子弹刚穿出小球后，棒的角速度为 ω_0 则有

$$mvl = m \cdot \frac{1}{2}vl + J\omega_0$$ 3分

由此可解得

$$\omega_0 = 3mv/8Ml$$ ① 2分

要使棒能转动完整的一周，必须球能摆至最高点，且这时棒的角速度 ≥ 0. 从最低点到最高点的过程中，棒、球与地球系统的机械能守恒. 2 分

取球在最低点时重力势能为零，则

锐 $$\frac{1}{2}J\omega_0^2 + Mgl/2 = Mg\cdot 2l + Mg\frac{3}{2}l + \frac{1}{2}J\omega^2 \qquad ②$$

由①、②式并利用 $\omega \geq 0$ 的条件，可解得子弹的最小入射速率为 2 分

$$v_{\min} = \frac{4M}{m}\sqrt{2gl}$$

二-4 （16 分）

解：

(1) 根据洛仑兹速度变换可得正反粒子相对与对方所在参照系的速度为

$$v' = \frac{v+v}{1+\frac{v^2}{c^2}} = \frac{15}{19}c \qquad 3 分$$

相对对方所在参照系的动量

$$p' = m'v' = m_0 v' \Big/ \sqrt{1-\left(\frac{v'}{c}\right)^2} = \frac{15}{2\sqrt{34}}m_0 c = 1.29 m_0 c \qquad 2 分$$

$$E' = m'c^2 = m_0 c^2 \Big/ \sqrt{1-\left(\frac{v'}{c}\right)^2} = \frac{19}{2\sqrt{34}}m_0 c^2 = 1.63 m_0 c^2 \qquad 2 分$$

(3). 在碰撞过程中系统动量和动能守恒，可以得出 1 分

$$mv + (-mv) = 0 = MV \qquad 2 分$$

所遇复合粒子的速度 V=0，也即相对实验室是静止的

因此,动量 p=0 2 分

同时 $2mc^2 = Mc^2$ 2 分

由于生成的复合粒子静止，所以此时其相对论能量就等于其静能

$$M_0 = M = 2m = \frac{5}{2}m_0$$

2 分

哈尔滨工业大学（威海） 2012/2013 学年春季学期期末考试

大学物理 A 试题卷（A 卷）

考试形式（开、闭卷）：闭卷 答题时间：120 （分钟）本卷面成绩占课程成绩 50 %

不可互借计算器。除作图外，铅笔答题试卷作废。

题号	一	二 1	二 2	二 3	二 4	卷面总分	平时成绩	总分
分数								

班级：

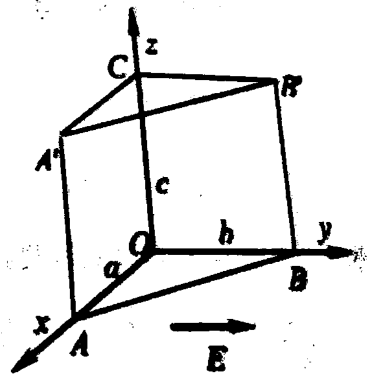
姓名：

遵守考试纪律 注意行为

一、选择题（每题 3 分，共 36 分；计分仅以下表中填写的答案为准）

小题	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
答案												

1. 在电场强度为 E 的匀强电场中，有图中所示的三棱柱，设过面 $AA'CO$、$B'BOC$、$ABB'A'$ 的电通量为 Φ_1，Φ_2，Φ_3，则：



(A) $\Phi_1 = 0$，$\Phi_2 = Ebc$，$\Phi_3 = -Ebc$

(B) $\Phi_1 = -Eac$，$\Phi_2 = 0$，$\Phi_3 = Eac$

(C) $\Phi_1 = -Eac$，$\Phi_2 = -Ec\sqrt{a^2+b^2}$，$\Phi_3 = -Ebc$

(D) $\Phi_1 = Eac$，$\Phi_2 = 0$，$\Phi_3 = Ec\sqrt{a^2+b^2}$

2. 已知一高斯面所包围的体积内电量的代数和 $\Sigma q_i = 0$，则可以肯定：

(A) 高斯面上各点场强均为零。

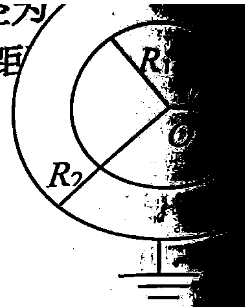
(B) 穿过高斯面上每一面元的电通量均为零。

(C) 穿过整个高斯面的电通量为零。

(D) 以上说法都不对。

教研室主任签字：

3. 两个同心球壳，内球壳半径为 R_1，均匀带有电荷 Q；外球壳半径为……略，原先不带电，但与地相连接。设地为电势零点，则在两球之间、距……处电场强度的大小与电势分别为：



(A) $E=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$，$\varphi=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

(B) $E=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$，$\varphi=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{R_1}-\dfrac{1}{r}\right)$

(C) $E=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$，$\varphi=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{r}-\dfrac{1}{R_2}\right)$

(D) $E=0$，$\varphi=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R_2}$

4. 一个平行板电容器，充电后与电源断开，当用绝缘手柄将电容器两极板的距离拉……则两极板间的电势差 U_{12}、电场强度的大小 E、电场能量 W 将发生如下变化：

(A) U_{12} 减小，E 减小，W 减小　　(B) U_{12} 增大，E 增大，W 增大

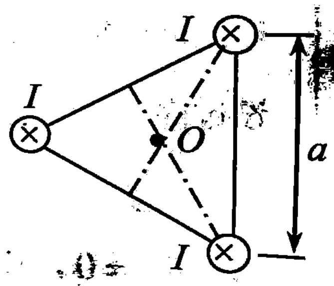
(C) U_{12} 增大，E 不变，W 增大　　(D) U_{12} 减小，E 不变，W 不变

5. 根据法拉第电磁感应定律，回路中感应电动势的大小取决于：

(A) 回路中磁通量的变化率　　(B) 回路中磁通量的大小

(C) 回路中磁通量的大小及其变化率　　(D) 回路是否闭合

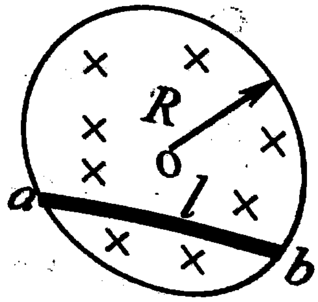
6. 三条平行的无限长直导线，垂直通过边长为 a 的正三角形顶点，每条导线中的电流都是 I，这三条导线在正三角形中心 O 点产生的磁感应强度为：



(A) $B=0$　　(B) $B=\sqrt{3}\,\mu_0 I/(\pi a)$

(C) $B=\sqrt{3}\,\mu_0 I/(2\pi a)$　　(D) $B=\sqrt{3}\,\mu_0 I/(3\pi a)$

7. 半径为 R 的圆柱形体内充满磁感应强度为 B 的均匀磁场，有一长为 l 的金属棒放在磁场中，如果 B 正在以速率 $\dfrac{dB}{dt}$ 增加，棒两端的电动势的大小为：



(A) $\dfrac{l}{2}\sqrt{R^2-l^2}\,\dfrac{dB}{dt}$　　(B) $\dfrac{l}{2}\sqrt{R^2-(\dfrac{l}{2})^2}\,\dfrac{dB}{dt}$

(C) $l\sqrt{R^2-(\dfrac{l}{2})^2}\,\dfrac{dB}{dt}$　　(D) $l\sqrt{R^2-l^2}\,\dfrac{dB}{dt}$

8. 以下四个表述中，错误的是：

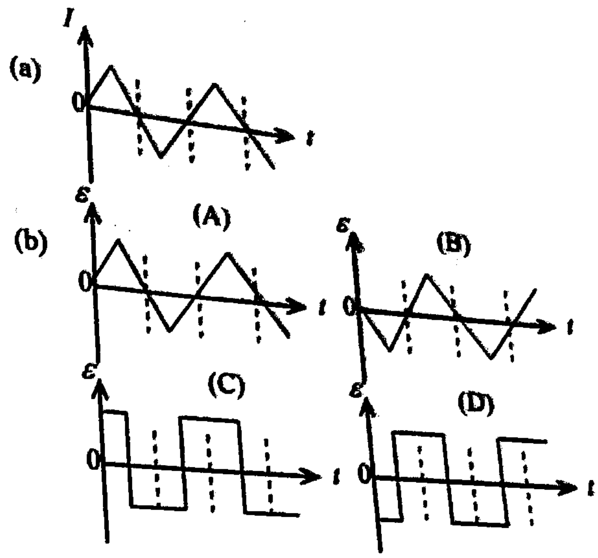
①静电场高斯定理表明，闭合曲面上的电场强度由曲面内的电荷决定。

②静电场力所作的功等于电势能增量的负值。

③感生电场和静电场是一样的电场。 ④安培环路定理说明电场是保守场。

(A) ①③④ (B) ②③④ (C) ①②③④ (D) ①③

9. 一自感线圈中通过的电流 I 随时间 t 的变化规律如右图(a)所示，以 I 的流向作为 ε 的正方向，则代表线圈内自感电动势 ε 随时间 t 变化规律的曲线应为图(b)中

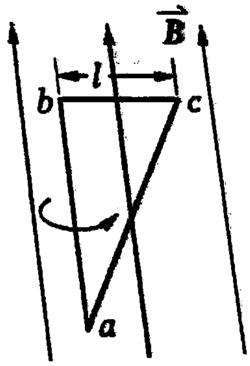


10. 已知一单匝载流圆线圈中心的磁感强度为 B_0，此圆线圈的磁矩与一边长为 a、通过电流为 I 的一单匝正方形线圈的磁矩之比为2:1，载流圆线圈的半径为：

(A) $\left(\dfrac{\mu_0 a^2 I}{\pi B_0}\right)^{1/3}$ (B) $\left(\dfrac{\mu_0 I}{\pi a^2 B_0}\right)^{1/2}$

(C) $\left(\dfrac{\pi a^2 I}{\mu_0 B_0}\right)^{1/2}$ (D) $\left(\dfrac{\mu_0 a I^2}{2\pi B_0}\right)^{1/3}$

11. 直角三角形金属框架 abc 放在均匀磁场中，磁场 B 平行于 ab 边，bc 的长度为 l。当金属框架绕 ab 边以匀角速度 ω 转动时，abc 回路中的感应电动势 ε 和 a、c 两点间的电势差 $\varphi_a-\varphi_c$ 为：

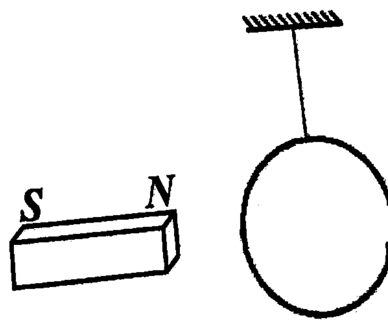


(A) $\varepsilon=0$，$\varphi_a-\varphi_c=B\omega l^2$ (B) $\varepsilon=B\omega l^2$，$\varphi_a-\varphi_c=B\omega l^2$

(C) $\varepsilon=B\omega l^2$，$\varphi_a-\varphi_c=\dfrac{B\omega l^2}{2}$ (D) $\varepsilon=0$，$\varphi_a-\varphi_c=-\dfrac{B\omega l^2}{2}$

12. 把轻的导线圈用线挂在磁铁 N 极附近，磁铁的轴线过线圈中心，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：

(A) 不动
(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
(E) 不发生转动，只离开磁铁



二、计算题（备用常数：$\varepsilon_0=8.85\times10^{-12}\mathrm{C^2/(N\,m^2)}$，$\mu_0=4\pi\times10^{-7}\mathrm{N/A^2}$，ln10=2.3）

得分

1. （16分）一半径为 R 的带电球体，其电荷体密度分布为

$$\begin{cases}\rho=\dfrac{qr}{\pi R^4},\ (r\le R)\\ \rho=0,\ (r>R)\end{cases}$$

q 为正的常量。试求：(1) 带电球体的总电荷；(2) 各点的电场强度；(3) 各点的电势。

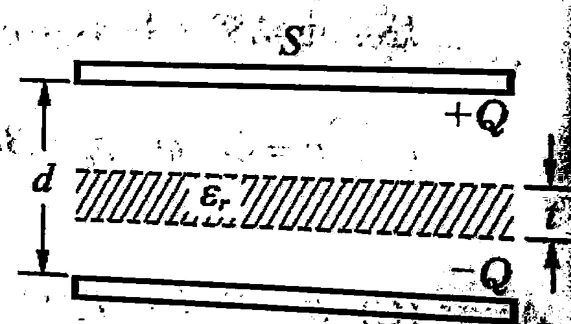
得分

2. （16分）平行板电容器两极板相距为 d，面积为 S，在极板间平行地放一面积与极板相等、厚度为 t、相对介电常数为 ε_r 的均匀电介质板。设两极板分别带有 $\pm Q$ 的电荷，不计边缘效应。试求：

（1） 电介质中电场强度和电位移的大小；

（2） 两极板间的电势差；

（3） 电容器的电容。



3.（16分）铁制螺绕环平均圆周长 50cm，截面积为 $1.5cm^2$，在环上均匀绕以 450 匝导线。当绕组内的电流为 0.04A 时，环内磁通量为 6×10^{-6} Wb。计算：

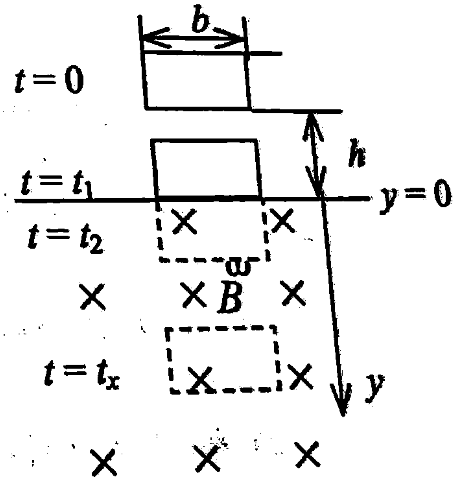
得分

（1） 环内的磁感应强度
（2） 磁场强度；
（3） 面束缚电流密度；
（4） 环内材料的磁导率和相对磁导率；
（5） 铁芯内的磁化强度。

4.（16分）由质量为 m、电阻为 R 的均匀导线做成的矩形线框，宽为 b，$t=0$ 时，线框下底边在 $y=0$ 平面上方高度为 h 处，由静止下落。$y=0$ 平面上方没有磁场，下方则有匀强磁场 B。已知 $t=t_1$ 和 $t=t_2$ 时，线框位置如图示。求线框速度 v 与时间 t 的函数关系。

得分

（不计空气阻力，且忽略线框自感）



2012-2013 春季大物答案

一．1．（C）；2（C）；3（A）；4（C）；5（D）；6（C）

二．1 $x=0.02\cos(4\pi t+\pi/3)$；

2. $y_1=-2A\cos\omega t$ 或 $y_1=2A\cos(\omega t\pm\pi)$，　$v=2A\sin\omega t$；　3. 565.22nm；

4. 625nm　　5. $\frac{1}{2a}$；　6. $-\frac{h^2}{2m}\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}+U\varphi=E\varphi$

三．1．解：（1）$y_{10}=A\cos(2\pi\upsilon t-\frac{\pi}{2})$

$$y_1=A\cos(2\pi\nu t-\frac{2\pi\nu}{u}x-\frac{\pi}{2}),(0\le x\le\frac{3\lambda}{4})$$

（2）$y_{1p}=A\cos(2\pi\nu t-\frac{2\pi\nu}{u}\frac{3\lambda}{4}-\frac{\pi}{2})=A\cos(2\pi\nu t)$

$$y_{2p}=A\cos(2\pi\nu t+\pi)$$

$$y_2=A\cos[2\pi\nu(t+\frac{x-\frac{3\lambda}{4}}{u})+\pi]=A\cos(2\pi\nu t+\frac{2\pi\nu}{u}x-\frac{\pi}{2}),(x\le\frac{3\lambda}{4})$$

（3）波节点在 P 点及距 P 点 $\frac{\lambda}{2}$ 处

2. 解：（1）由光程差δ=2ne 可得，劈棱处 e=0 故劈棱处为明条纹。　2 分

（2）利用暗纹条件：δ=2ne=（2k+1）λ/2　依题意 k=8,　3 分

所以：$e=(2\times8+1)\times\lambda/4n=(2\times8+1)\times589.3\times10^{-9}/(4\times1.5)=1669.68\text{nm}$　1 分

另解：利用暗纹条件：δ=2ne=（2k-1）λ/2　依题意 k=9,

所以：$e=(2\times9-1)\times\lambda/4n=(2\times9-1)\times589.3\times10^{-9}/(4\times1.5)=1669.68\text{nm}$

或者利用膜厚差求解也可以。

3. 解：(1)　$a\sin\varphi=k\lambda$　　$\text{tg}\varphi=x/f$

当 $x<<f$ 时，$\text{tg}\varphi\approx\sin\varphi\approx\varphi, ax/f=k\lambda$，取 $k=1$ 有

$x=f\lambda/a=0.03$ m

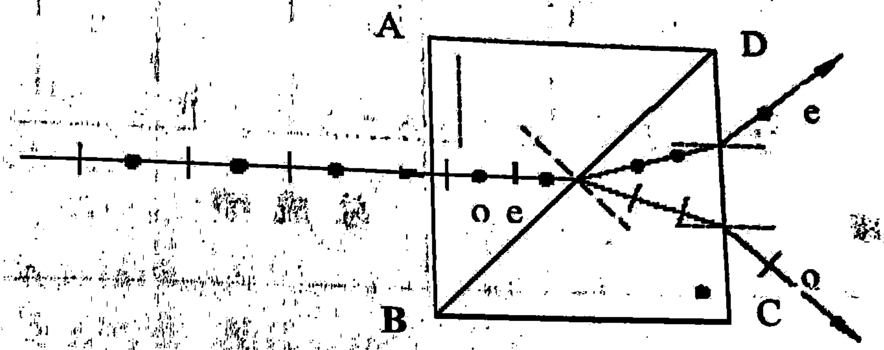
∴中央明纹宽度为　　$\Delta x=2x=0.06$ m　　3 分

(2)　$(a+b)\sin\varphi=k'\lambda$　　$k'=(a+b)x/(f\lambda)=2.5$

取 $k'=2$，共有 $k'=0$，±1，±2 等 5 个主极大

3 分

4.解：（1）如图所示



3 分

(2)根据折射定律：

$n_{空气}\sin i=n_o\sin\gamma_o=n_e\sin\gamma_e$　　可得：$\sin\gamma_o=n_{空气}\sin i/n_o$,

$\gamma_o=25.23°$或者$\gamma_o=0.44\text{rad}$　　1 分

$\sin\gamma_e=n_{空气}\sin i/n_e$,

$\gamma_e=28.40°$或者$\gamma_e=0.50\text{rad}$　　1 分

哈尔滨工业大学（威海）201 试 卷（A卷）

大学物理A

> 卷 满分70分。考试时 2小时。
> 笔答 者、姓名学号书写不当者，试卷无效。
> 不在指定考场内考试者，试卷无效。

号	一	二	三-1	三-2	三-3	三-4	三-5	三-6	卷合计
分数									
平时成绩			总成绩						

一、得分

一、 选择 （共20分，每小 2分，答案写在下表中）

小题	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案										

1、一质点作匀速率圆周运动时

(A) 它的动 不变，对圆心的角动 也不变.

(B) 它的动 不变，对圆心的角动 不断改变.

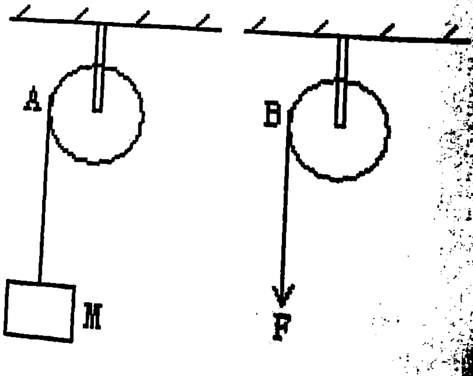
(C) 它的动 不断改变，对圆心的角动 不变.

(D) 它的动 不断改变，对圆心的角动 也不断改变.

2 、一运动质点在某瞬时位于矢径 的端点处，其速度大小为

(A) $\frac{dr}{dt}$ (B) $\frac{d\vec{r}}{dt}$ (C) $\frac{d|\vec{r}|}{dt}$ (D) $\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2+\left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$

3 、如图所示，A、B为两个相同的定滑轮，A滑轮挂一质 为M的物体，B滑轮受拉力F，而且F=Mg，设A、B两滑轮的角加速度分别为β_A和β_B，不计滑轮轴的摩擦，这两个滑轮的角加速度大小比较是：



(A) $\beta_A=\beta_B$ ； (B) $\beta_A>\beta_B$ ；

(C) $\beta_A<\beta_B$ ； (D) 无法比较 。

4、边 为 a 的正方形薄板 止于惯性系 S 的 xoy 平 内，且两边分别与 x,y 轴平行，今有惯性系 S'' 以 0.6c （c 为真空中光速）的速度相对于 S 系沿 x 轴作匀速直线运动，则从 S' 系测得薄板的 积为：

(A) a^2； (B) $0.6a^2$； (C) $0.8a^2$； (D) $a^2/0.6$。

5、在某地发生两件事，与该处相对 止的甲测得时 为 4s，若相对甲作匀速直线运动的乙测得时 为 5s，则乙相对于甲的运动速度是（c 是真空中光速）：

(A) $\frac{4c}{5}$； (B) $\frac{3c}{5}$； (C) $\frac{c}{5}$； (D) $\frac{2c}{5}$。

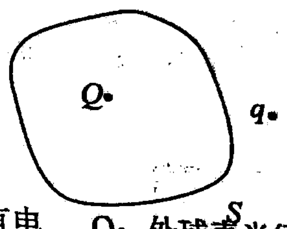
6、点电荷 Q 被封 曲 S 所包围，从无穷远处引入另一点电荷 q 至曲 外一点，如图所示，则引入前后：

(A) 曲 S 的电场强度通 不变，曲 上各点场强不变.

(B) 曲 S 的电场强度通 变化，曲 上各点场强不变.

(C) 曲 S 的电场强度通 变化，曲 上各点场强变化.

(D) 曲 S 的电场强度通 不变，曲 上各点场强变化.



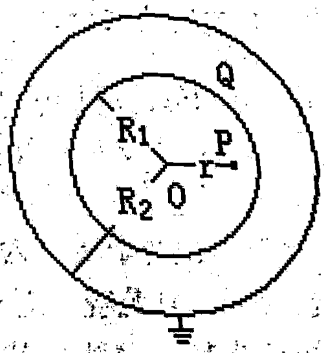
7、如图所示，两个同心球壳，内球壳半径为 R_1，均匀带有电 Q；外球壳半径为 R_2，壳的厚度忽略，原先不带电，但与地相连接，设地为电势 点，则在内球壳 距离球心为 r 处的 P 点的场强大小和电势分别为：

(A) $E=0$， $U=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R_1}$；

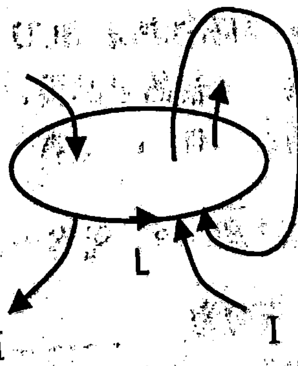
(B) $E=0$， $U=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{R_1}-\dfrac{1}{R_2}\right)$；

(C) $E=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$， $U=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$；

(D) $E=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$， $U=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R_1}$



8、对于如图所示的 合回路 L，磁感应强度 **B** 的环流为：



A. $\oint \vec{B}\cdot d\vec{l}=0$； B. $\oint \vec{B}\cdot d\vec{l}=3\mu_0 I$

C. $\oint \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0 I$； D. $\oint \vec{B}\cdot d\vec{l}=-\mu_0 I$

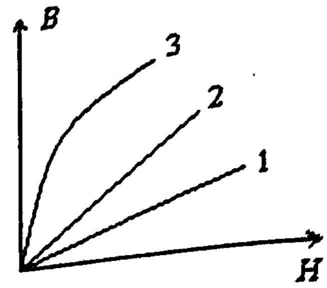
9、一平行板电容器始终与端电压一定的电源相联．当电容器两极板 为真空时，电场强度为 $\vec{E}_0$，电位移为 $\vec{D}_0$，而当两极板 充满相对介电常 为 ε_r 的各向同性均匀

电介质时，电场强度为$\vec{E}$，电位移为$\vec{D}$，则

(A) $\vec{E}=\vec{E}_0/\varepsilon_r$，$\vec{D}=\vec{D}_0$.　　(B) $\vec{E}=\vec{E}_0$，$\vec{D}=\varepsilon_r\vec{D}_0$.

(C) $\vec{E}=\vec{E}_0/\varepsilon_r$，$\vec{D}=\vec{D}_0/\varepsilon_r$.　　(D) $\vec{E}=\vec{E}_0$，$\vec{D}=\vec{D}_0$.

10、如图所示，三条线分别表示不同的磁介质的 关系，下列哪种判断是正确的？



(A). 曲线 1 表示 磁质，曲线 2 表示抗磁质，曲线 3 表示 磁质。

(B). 曲线 1 表示抗磁质，曲线 2 表示 磁质，曲线 3 表示 磁质。

(C). 曲线 1 表示抗磁质，曲线 2 表示 磁质，曲线 3 表示 磁质。

(D). 曲线 1 表示 磁质，曲线 2 表示 磁质，曲线 3 表示抗磁质。

二、得分

二、 填空 （共 15 分，每空 1 分）

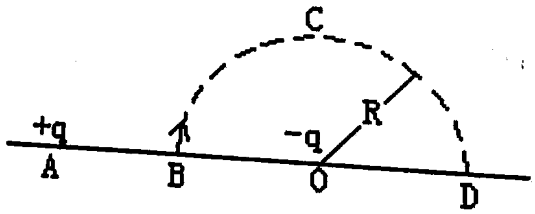
1、在 XY 平 内有一运动的质点，其运动方程为 $\vec{r}=15\cos(6t)\vec{i}+15\sin(6t)\vec{j}$ (SI)，则 t 时刻其速度$\vec{v}=$________；

其切向加速度的大小$a_t=$________；法向加速度的大小$a_\tau=$________。

2、质 m=1kg 的物体，从 止出发在水平 内沿 X 轴运动，其所受合力方向与运动方向相同，合力大小为 F = 6+4t (SI)， 么物体从起点开始运动的 2s 内，合力作功为 W=______；t=1s 时，其速率 v=________。

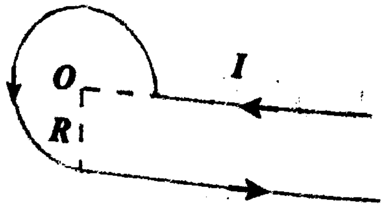
3、一个哑 由两个质 为 m，半径为 R 的 球和中 一根 l 的连杆组成，连杆的质 也为 m。则此哑 对于通过连杆中心并和它垂直的轴的转动惯 为________。（已知杆绕其一端并与其垂直的轴的转动惯 为 $ml^2/3$，球绕直径的转动惯 为 $2mR^2/5$）

4、如右图所示 BCD 是以 O 点为圆心，以 R 为 半径的半圆弧，在 A 点有一电 为+q 的点电荷，O 点有一电 为−q 的点电荷，



线段$\overline{BA}$=R，现将一单位正电荷从 B 点沿半圆弧轨 BCD 移到 D 点，则电场力所作的功为________________。

5、如图，O 点的磁感应强度大小为__________，方向为__________。



6、一“无 大”均匀带电平 A，其 近放一与它平行的有一定厚度的“无 大”平 导体板 B，已知 A 上的电荷 密度为σ ($\sigma>0$)，

则在导体板 B 的两个表　上的感应电荷　密度为：(其中 B 板与 A　相　的表　为 1,另一个表　为　2）$\sigma_1=$________、$\sigma_2=$________。

7、反映电磁场基本性质和规律的积分形式的真空中　克斯　方程组为

$$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S}=\frac{q}{\varepsilon_0}=\frac{1}{\varepsilon_0}\int_V \rho_e\, dV \quad ①$$

$$\oint_L \vec{E}\cdot d\vec{l}=-\frac{d\varphi_m}{dt}=-\int_S \frac{\partial\vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{S} \quad ②$$

$$\oint_S \vec{B}\cdot d\vec{S}=0 \quad ③$$

$$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0 I+\frac{1}{c^2}\frac{d\varphi_e}{dt}=\mu_0\int_S\left(\vec{J}+\varepsilon_0\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\right)\cdot d\vec{S} \quad ④$$

试判断下列结论包含于或等效于哪一个　克斯　方程式，请将你确定的方程式用序号标号填在相应结论后的空白处：

(A) 变化的磁场一定伴　有电场，方程式：________；

(B) 磁感应线是无头无尾的，方程式：________；

(C) 电荷总伴　有电场，方程式：________；

(D) 变化的电场一定伴　有磁场，方程式：________。

三-1、得分

三、　计算　（共 35 分）

1、（6 分）质　为 m 的　滴从　止开始下　，因受空气　力，在落地前已是匀速运动，其速率为 $v=5.0$ m/s．设空气　力大小与　滴速率的平方成正比，　：当　滴下　速率为 $v=4.0$ m/s 时，其加速度 a 多大？　滴下　速率由　止变为 $v=3.0$ m/s 时，所　时　为多少？（已知 ln2=0.693）

三-2、得分

2、（6 分） 一根 为 b，质 为 m 的均匀直棒 止在一光滑水平 上。棒的中点有一竖直光滑固定轴，一个质 为 m' 的小球以水平速度 $\vec{v}_0$ 垂直于棒冲击其一端发生弹性碰撞。求碰撞后球的速度和棒的角速度 ω；若碰撞后球 止不动，求棒的角速度 ω'。（棒的转动惯为 $\frac{1}{12}mb^2$）

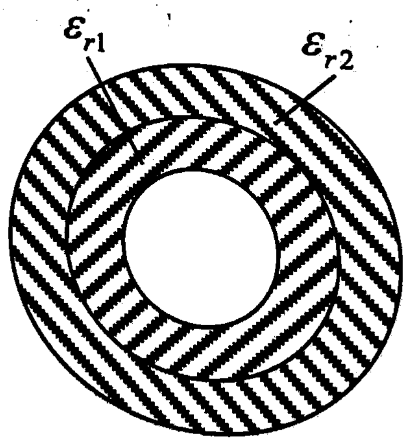
三-3、得分

3、（6 分）两个同心的薄 属球壳，内外球半径分别为 R_1 和 R_2 球壳 充满两层均匀电介质，他们的相对介电常 分别为 ε_{r1} 和 ε_{r2}。两层电介质的分界 半径 R。设内球壳带电 Q，求：

（1）D 和 E 的分布；

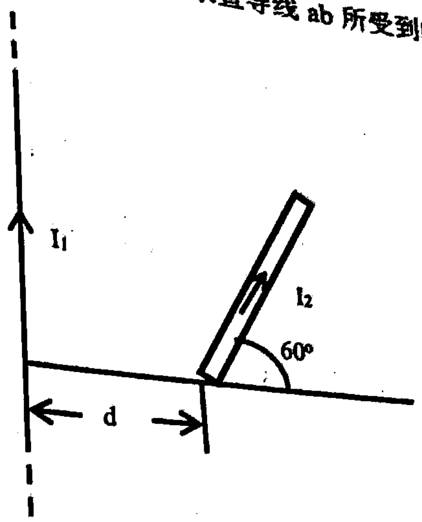
（2）两球壳之 的电势差；

（3）贴近内 属壳的电介质表 的 束缚电荷密度。



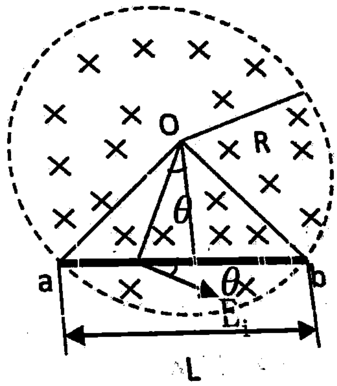
三-4、得分

4、（5 分）一通有电流 I_1 的无 载流直导线傍边有一与之共 的为 L 的通有电流为 I_2 的直导线 ab，如图所示。求直导线 ab 所受到的安培力的大小和方向。



三-5、得分

5、（6 分）在半径为 R 的圆柱形体积内，充满磁感应强度为 B 的均匀磁场，如图所示，设磁场在增强，并且 dB/dt 已知，求棒中的感生电动势，并指出哪端电势 ？



三-6、得分

6.（6 分）一根同轴电缆由半径为 R_1 和 R_2 的两个同轴薄圆筒导体组成，在两圆筒导体之 填充磁导率为 μ 的均匀磁介质，内层导体通电流 I，外层导体作为电流返回路经， 求：（1）两圆筒导体之 磁介质内的磁场强度 H 和磁感应强度 B 。（2） 为 L 的一段电缆内磁场储存的能 。

哈尔滨工业大学（威海）2011 / 2012 学年 春季学期

大学物理(A)试题答案

一、选择题：（共 20 分，每题 2 分）

C D C C B D B C B C

二、填空题：将正确答案写在横线上（共 15 分，每空 1 分）。

1、90（$-\sin 6t\,\vec{i}+\cos 6t\,\vec{j}$）$ms^{-1}$ ； 0 ；540 ms^{-2}。

2、200J；8 ms^{-1}。

3 、$14mR^2/5+7ml^2/12+2mRl$。

4、$\dfrac{q}{6\pi\varepsilon_0 R}$

5、$(\dfrac{1}{4\pi}+\dfrac{3}{8})\dfrac{\mu_0 I}{R}=0.455\dfrac{\mu_0 I}{R}$

6 、$-\dfrac{\sigma}{2}$ 、$\dfrac{\sigma}{2}$ 。

7、②③①④

三、计算题（35分）

1、（6分）

解：匀速运动时， $mg=kv_0^2$ ① （1分）

加速运动时， $mg-kv^2=ma$ ②

由② $a=(mg-kv^2)/m$ ③ （1分）

由① $k=mg/v_0^2$ ④ 将④代入③得 $a=g[1-(v/v_0)^2]=3.53\,m/s^2$ （1分）

由 a=dv/dt 得：$dv=adt=g[1-(v/v_0)^2]dt$ （1分）

$\int_0^3\dfrac{dv}{1-(v/v_0)^2}=\int_0^t g\,dt$ 即： （1分）

$t=\dfrac{1}{g}\int_0^3\dfrac{dv}{1-(v/v_0)^2}=\dfrac{1}{2}\ln 2(s)=0.3465s$ （1分）

2、（6分）

$\dfrac{m'bv_0}{2}=\dfrac{m'bv}{2}+\dfrac{1}{12}mb^2\omega$ （2分）

$\dfrac{1}{2}m'v_0^2=\dfrac{1}{2}m'v^2+\dfrac{1}{2}(\dfrac{1}{12}mb^2)\omega^2$ （1分）

$\omega=\dfrac{12m'v_0}{(m+3m')b}$……(1分)

$$v=\frac{3m'-m}{3m'+m}v_0 \cdots\cdots\text{(1分)}$$

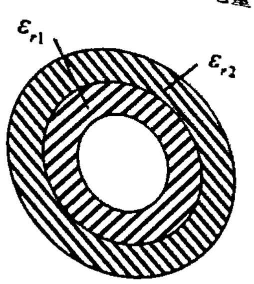
$v=0$ 时 $3m'=m$ ， $\omega'=\frac{2v_0}{b}$ （1分）

3、（6分） 两个同心的薄金属球壳，内外球半径分别为 R_1 和 R_2 球壳间充满两层均匀电介质，它们的相对介电常量分别为 ε_{r1} 和 ε_{r2}。两层电介质的分界面半径 R 。设内球壳带电量 Q ，求：

（1） D 和 E 的分布；

（2） 两球壳之间的电势差；

（3） 贴近内金属壳的电介质表面的面束缚电荷密度。



解：（1）由 D 的高斯定律 $\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S}=\sum q$

$r<R_1$： D=0

可得 $r>R_1$： $D=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ （1分）

再由 $E=D/\varepsilon_0\varepsilon_r$ ，可得

$r<R_1$： E=0

$R_1<r<R$： $E=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r1}r^2}$

$R<r<R_2$： $E=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r2}r^2}$

$r>R_2$： $E=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$ （2分）

（2）两球壳之间的电势差为

$$U=\int_{R_1}^{R}Edr+\int_{R}^{R_2}Edr=\int_{R_1}^{R}\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r1}r^2}dr+\int_{R}^{R_2}\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r2}r^2}dr$$

$$=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{\varepsilon_{r1}R_1}-\frac{1}{\varepsilon_{r1}R}+\frac{1}{\varepsilon_{r2}R}-\frac{1}{\varepsilon_{r2}R_2}\right)$$ （2分）

$$-P_n=-\varepsilon_0(\varepsilon_{r1}-1)E$$

$$=-\varepsilon_0(\varepsilon_{r1}-1)\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r1}r^2}$$ （1分）

4、（5分） 一通有电流 I_1 的无限长载流直导线傍边有一与之共面的长为 L 的通有电流为 I_2 的直导线 ab，如图所示。求直导线 ab 所受到的安培力的大小和方向。

解：$B=\frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}=\frac{\mu_0 I_1}{2\pi(d+l\cos 60)}$ （2分）

$$dF=I_2Bdl=\frac{\mu_0 I_1 I_2 dl}{2\pi(d+l\cos 60)}$$

$$F=\int_0^L\frac{\mu_0 I_1 I_2 dl}{2\pi(d+l\cos 60)}=\frac{\mu_0 I_1 I_2}{\pi}\ln\left(1+\frac{L}{2d}\right)$$ （2分）

（1分）

方向为垂直与直导线向左。

5. （6分）

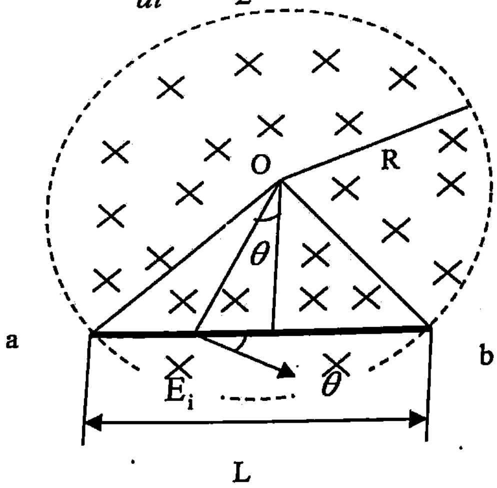
解：如图所示，考虑 Δoba 。以 S 表示其面积，则通过 S 的磁通量 $\Phi=BS$ 。当磁通变化时，

感应电场的电场线为圆心在 O 的同心圆。由法拉第电磁感应定律可得

$$-\frac{d\Phi}{dt}=-S\frac{dB}{dt}=\oint E_i dr=\int_0^b E_i dr+\int_b^a E_i dr+\int_a^0 E_i dr=0+\varepsilon_{ba}+0=\varepsilon_{ba}$$ （2

（2分）

由此得 $\varepsilon_{ba}=-S\frac{dB}{dt}=-\frac{1}{2}L\sqrt{R^2-L^2/4}\frac{dB}{dt}$



由于 $\frac{dB}{dt}>0$，所以 $\varepsilon_{ba}<0$，因而 b 端电势高。　　　　（2分）

另一解法：直接对感应电场积分。在棒上 dl 处的感应电场的大小为 $E_i=\frac{r}{2}\frac{dB}{dt}$，方向如图

$$\varepsilon_{ab}=\int_a^b E_i\bullet dl=\int_a^b E_i dl\cos\theta=\int_a^b\frac{r\cos\theta}{2}\frac{dB}{dt}dl=\frac{h}{2}\frac{dB}{dt}\int_a^b dl$$

$$=\frac{hL}{2}\frac{dB}{dt}=\frac{1}{2}L\sqrt{R^2-L^2/4}\frac{dB}{dt}$$ （4分）

由于 $\varepsilon_{ab}>0$，所以 b 端电势高。　　　　（2分）

6.（6分）

解：$\oiint_L \vec{H}\square d\vec{r}=\sum I$　　　$2\pi rH=I$

$$H=\frac{I}{2\pi r}$$ （2分）

$$B=\mu H=\frac{\mu I}{2\pi r}$$ （1分）

$$w_m=\frac{B^2}{2\mu}=\frac{\mu I^2}{8\pi^2 r^2}$$

$$W_m=\int_V w_m\cdot dV=\int_{R_1}^{R_2}\frac{\mu I^2}{8\pi^2 r^2}\cdot L2\pi r dr=\frac{\mu I^2 L}{4\pi}\int_{R_1}^{R_2}\frac{dr}{r}=\frac{\mu I^2 L}{4\pi}\ln\frac{R_2}{R_1}$$ （3分）

哈尔滨工业大学（威海）2013/2014学年春季学期期末考试

大学物理A 试题卷（B卷）

考试形式（开、闭卷）：闭卷 答题时间：120（分钟）本卷面成绩占课程成绩 40 %

不可互借计算器。除作图外，铅笔答题试卷作废。

题号	一	二	三	四	五	卷面总分	平时成绩	总分
分数								

（备用常数：$\varepsilon_0=8.85\times10^{-12}C^2/(N\,m^2)$，$\mu_0=4\pi\times10^{-7}N/A^2$）

一、计算：（16分）两无限长同轴金属圆筒，内筒的外半径为R_1，外筒的内半径为R_2。设两筒之间的电势差为U。若保持U和R_2不变，改变R_1，试求使得内筒的外表面处电场强度E为最小的R_1值。

二、计算：（16分）两个同心的薄金属球壳，内外球半径分别为R_1和R_2，球壳之间充满两层均匀电介质，相对介电常量分别为ε_{r1}和ε_{r2}。两层介质的分界面半径R。内球壳带电量Q_1。

(1) 求电位移D和电场强度E大小的分布；

(2) 求两球壳之间的电势差。

(3) 若R_1=0.02m，R=0.04m，R_2=0.06m，ε_{r1}=6，ε_{r2}=3，Q_1=-6×10^{2}C，计算球壳之间电势差；

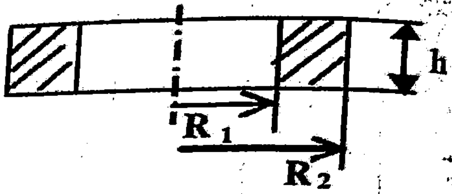
(4) 按问题(3)所给数据，求贴近内金属壳的电介质表面的面束缚电荷密度。

三、计算：（16 分）空心螺绕环中心线周长 L，环上均匀分布线圈匝数 N，线圈中通有电流 I。

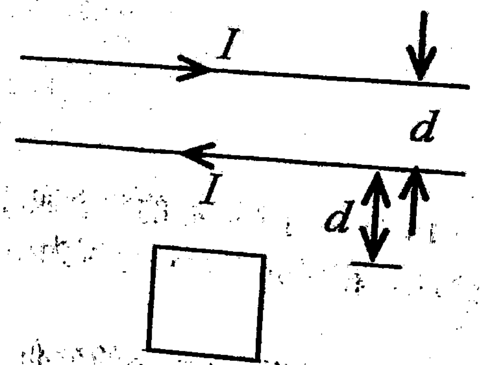
（1）求螺绕环管内磁感应强度 $B_0(r)$ 和磁场强度 $H_0(r)$ 的表达式；

（2）若环截面为矩形，环的内、外半径为 R_1 和 R_2，厚度为 h，求通过环截面的磁通量。

（3）若环管内充满相对磁导率 μ_r=4200 的磁介质，L=10cm, N=20，I=0.1A，求磁介质中的 B、H 和由磁化电流产生的 B'。



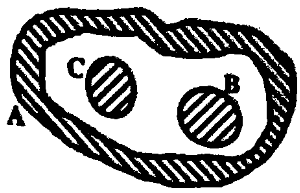
四、计算：（16 分）两根平行无限长直导线相距为 d，载有大小相等方向相反的电流 I，电流变化率 $dI/dt=\alpha>0$。一个边长为 d 的正方形线圈位于导线平面内与一根导线相距 d，如图。求线圈中的磁通量和感应电动势，并在图中画出线圈中的感应电流方向。



选择（每题3分，共36分；计分仅以下表中填写的答案为准）

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	得分
答案													

1、如图所示，一封闭的导体壳A内有两个导体B和C。A、C不带电，B带正电，则A、B、C三导体的电势U_A、U_B、U_C的大小关系是 [ ]



(A) $U_B = U_A = U_C$　(B) $U_B > U_A = U_C$

(C) $U_B > U_C > U_A$　(D) $U_B > U_A > U_C$

2、两个同心薄金属球壳，半径分别为R_1和R_2 ($R_2 > R_1$)，若分别带电荷q_1和q_2，则两者的电势分别为U_1和U_2 (选无穷远处为电势零点)。现用导线将两球壳相连接，则它们的电势为 [ ]

(A) U_1　(B) U_2　(C) $U_1 + U_2$　(D) $(U_1 + U_2)/2$

3、关于高斯定理，下列说法中哪一个是正确的？ [ ]

(A) 高斯面内不包围自由电荷，则面上各点电位移矢量$\vec{D}$为零。

(B) 高斯面上处处$\vec{D}$为零，则面内必不存在自由电荷。

(C) 高斯面的$\vec{D}$通量仅与面内自由电荷有关。

(D) 以上说法都不正确。

4、C_1和C_2两空气电容器并联以后接电源充电，在电源保持连接的情况下，在C_1中插入一电介质板，则 [ ]

(A) C_1极板上电量增加，C_2极板上电量减少。

(B) C_1极板上电量减少，C_2极板上电量增加。

(C) C_1极板上电量增加，C_2极板上电量不变。

(D) C_1极板上电量减少，C_2极板上电量不变。

5、关于电动势，下列说法正确的是 [ ]

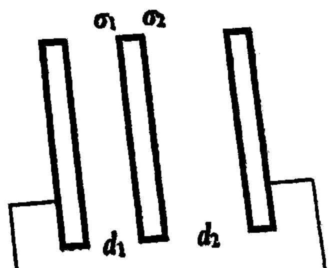
(A) 电源两端的电势差

(B) 将单位正电荷从电源内部的正极移动到负极时静电场力做的功

(C) 将单位正电荷绕闭合回路移动一周时非静电场力做的功

(D) 以上说法都不对

6、三块平行导体板，间距d_1和d_2比板面积线度小得多；外面二板用导线连接。中间板带电，设其左右两面的电荷面密度为σ_1和σ_2，如右图。则比值σ_1/σ_2为 [ ]



(A) d_1/d_2　(B) d_2/d_1　(C) 1　(D) d_2^2/d_1^2

7、用细导线均匀密绕成的长为l，半径为a ($l>>a$)，总匝数为N的螺线管通以稳恒电流I，当管内充满磁导率为μ_r的均匀

3

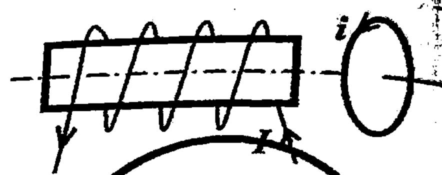
磁介质后，管中任意一点 [ ]

(A) 磁感应强度大小为$B=\mu_0 \mu_r NI$

(B) 磁感应强度大小为$B=\mu_r NI/l$

(C) 磁场强度大小为$H=\mu_0 NI/l$

(D) 磁场强度大小为$H=NI/l$



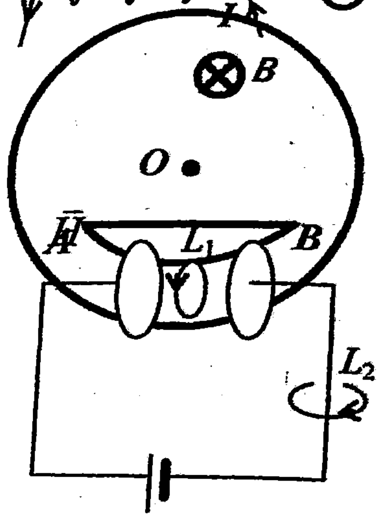
8、 如图，载流螺线管旁边有一圆形线圈，欲使线圈产生图示方向的感应电流i，下列哪种情况可以做到？ [ ]

(A) 载流螺线管向线圈靠近

(B) 载流螺线管离开线圈

(C) 载流螺线管中电流增大

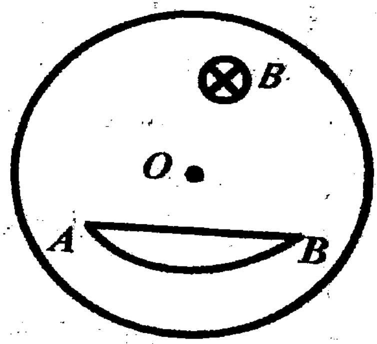
(D) 载流螺线管中插入铁芯



9、 右图所示平行板电容器面积为S，间距为d，插入厚为t的铜板，则电容C的大小是：[ ]

(A) $\varepsilon_0 S/(d-t)$ (B) $\varepsilon_0 S/d$ (C) $2\varepsilon_0 S/(d-t)$ (D) $2\varepsilon_0 S/d$

10、 圆柱形空间内有一磁感应强度为B的均匀磁场，如图所示，B的大小以速率$\mathrm{d}B/\mathrm{d}t$变化，在磁场中有A、B两点，其间可放直导线$\overline{AB}$和弯曲的导线$\overset{\frown}{AB}$，则 [ ]



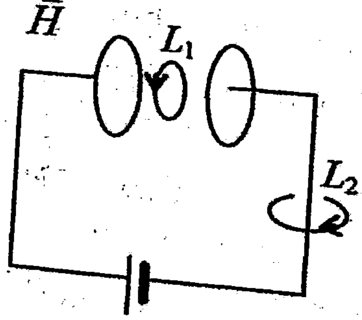
(A) 电动势只在$\overline{AB}$导线中产生

(B) 电动势只在$\overset{\frown}{AB}$导线中产生

(C) 电动势在$\overline{AB}$和$\overset{\frown}{AB}$导线中都产生，且两者大小相等

(D) $\overline{AB}$导线中的电动势小于$\overset{\frown}{AB}$导线中的电动势

11、 平板电容器充电时，对于沿环路L_1与沿环路L_2的磁场强度$\vec{H}$的环流，有：[ ]



(A) $\oint_{L_1} \vec{H}\cdot \mathrm{d}\vec{l}' > \oint_{L_2} \vec{H}\cdot \mathrm{d}\vec{l}'$

(B) $\oint_{L_1} \vec{H}\cdot \mathrm{d}\vec{l}' = \oint_{L_2} \vec{H}\cdot \mathrm{d}\vec{l}'$

(C) $\oint_{L_1} \vec{H}\cdot \mathrm{d}\vec{l}' < \oint_{L_2} \vec{H}\cdot \mathrm{d}\vec{l}'$

(D) $\oint_{L_1} \vec{H}\cdot \mathrm{d}\vec{l}' = 0$

12、 用相对磁导率μ_r依次表征顺磁质、抗磁质、铁磁质各自的特性时 [ ]

(A) $\mu_r>0$，$\mu_r<0$，$\mu_r>>1$

(B) $\mu_r>1$，$\mu_r=1$，$\mu_r>>1$

(C) $\mu_r>1$，$\mu_r<1$，$\mu_r>>1$

(D) $\mu_r>0$，$\mu_r<0$，$\mu_r>1$

2013-2014 答案

一、解：设金属筒单位长度带电λ，由高斯定理求得两筒间场强分布为$E_r=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$ $(R_1<r<R_2)$ 2 分

两筒之间电势差$U=\int_{R_1}^{R_2}E_r dr=\int_{R_1}^{R_2}\frac{\lambda dr}{2\pi\varepsilon_0 r}=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\frac{R_2}{R_1}$ 2 分

由上式可得$\lambda=\frac{2\pi\varepsilon_0 U}{\ln\frac{R_2}{R_1}}$，从而得到内筒表面处的场强为$E_1=\frac{U}{R_1\ln\frac{R_2}{R_1}}$ 4 分

将 E_1 对 R_1 求导数，并令其等于零$\frac{dE_1}{dR_1}=\frac{U(1-\ln\frac{R_2}{R_1})}{(R_1\ln\frac{R_2}{R_1})^2}=0$ 2 分

则有$\ln\frac{R_2}{R_1}=1$ $\Longrightarrow$ $R_1=\frac{R_2}{e}$ 4 分

又$\frac{d^2E_1}{dR_1^{\,2}}=\frac{\ln\frac{R_2}{R_1}+2(1-\ln\frac{R_2}{R_1})^2}{(R_1\ln\frac{R_2}{R_1})^3}=\frac{1}{R_1^{\,3}}>0$ 2 分

所以此 R_1 值即最小值.

二、解：（1）由D的高斯定律$\oint\vec{D}\cdot d\vec{S}=q$，可得$D\cdot 4\pi r^2=q$，则有:$D=\frac{q}{4\pi r^2}$，

所以： 2分

$$\begin{cases} r<R_1:\ D=0 \\ r>R_1:\ D=\frac{Q_1}{4\pi r^2} \end{cases}$$ 2 分

由$E=\frac{D}{\varepsilon_0\varepsilon_r}$，得

$$\begin{cases} r<R_1:\ E_0=0 \\ R_1<r<R:\ E_1=\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r_1}r^2} \\ R<r<R_2:\ E_2=\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r_2}r^2} \\ r>R_2:\ E_3=\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \end{cases}$$ 4 分

(2) 两球壳之间的电势差

$$U_{12}=\int_{R_1}^{R}E_1dr+\int_{R}^{R_2}E_2dr=\int_{R_1}^{R}\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r_1}r^2}dr+\int_{R}^{R_2}\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r_2}r^2}dr$$
$$=\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{\varepsilon_{r_1}R_1}-\frac{1}{\varepsilon_{r_1}R}+\frac{1}{\varepsilon_{r_2}R}-\frac{1}{\varepsilon_{r_2}R_2}\right)=\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{\varepsilon_{r_1}}\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R}\right)+\frac{1}{\varepsilon_{r_2}}\left(\frac{1}{R}-\frac{1}{R_2}\right)\right]$$ 3 分

(3) $U_{12}=9\times10^9\times(-6\times10^2)\left(\frac{1}{6\times0.02}-\frac{1}{6\times0.04}+\frac{1}{3\times0.04}-\frac{1}{3\times0.06}\right)=-3.75\times10^{13}V$ 2 分

(4)

$$\sigma'=\vec{P}\cdot\vec{e}_n=-P_n=-\varepsilon_0(\varepsilon_{r_1}-1)E_1=-\varepsilon_0(\varepsilon_{r_1}-1)\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r_1}R_1^{\,2}}=\frac{-(\varepsilon_{r_1}-1)Q_1}{4\pi\varepsilon_{r_1}R_1^{\,2}}$$
$$=-(6-1)\times\frac{-6\times10^2}{4\pi\times6\times0.02^2}=9.95\times10^4C/m^2$$ 3 分

三、

解：(1) 安培环路定理$\oint \vec{B}\cdot d\vec{r}=\mu_0 I$，可得$B\cdot 2\pi r=\mu_0 NI$

$$B_0=\frac{\mu_0 NI}{2\pi r}\quad \left(=\frac{\mu_0 NI}{L}=\mu_0 nI\right)$$ 4分

$$H_0=\frac{B_0}{\mu_0}=nI=\frac{NI}{L}$$ 2分

(2) 环管内截面上宽为 dr，高为 h 的一窄条面积通过的磁通量为$d\Phi=Bhdr=\frac{\mu_0 NIh}{2\pi r}dr$ 2分

线圈通入电流 I 后，通过管全部截面的磁通量为$\Phi=\int d\Phi=\frac{\mu_0 NIh}{2\pi}\int_{R_1}^{R_2}\frac{1}{r}dr=\frac{\mu_0 NIh}{2\pi}\ln\frac{R_2}{R_1}$ 2分

(3) $B_0=\frac{4\pi\times10^{-7}\times20\times0.1}{0.1}=2.5\times10^{-5}\,T$，$H_0=\frac{20\times0.1}{0.1}=20\,A/m$

$$B=\mu_r B_0=4200\times2.5\times10^{-5}=0.11\,T$$ 2分

$$H=H_0=20\,A/m$$ 2分

$$B_0=2.5\times10^{-5}\mathrm{T},\ B'=B-B_0=0.11\,T$$ 2分

四、

解：(1) 载流为 I 的无限长直导线在与其相距为 r 处产生的磁感强度为：

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

4分

以顺时针绕向为线圈回路的正方向，则与线圈相距较远的导线在线圈中产生的磁通量为：

$$\Phi_1=\int_{2d}^{3d}\vec{B}\cdot d\vec{S}=\int_{2d}^{3d}\frac{\mu_0 I}{2\pi r}\cdot d\cdot \mathrm{d}r=\frac{\mu_0 Id}{2\pi}\ln\frac{3}{2}$$

较近的导线对线圈的磁通量为： 2分

$$\Phi_2=\int_{d}^{2d}-\frac{\mu_0 I}{2\pi r}\cdot d\cdot \mathrm{d}r=-\frac{\mu_0 Id}{2\pi}\ln 2$$

总磁通量$\Phi=\Phi_1+\Phi_2=-\frac{\mu_0 Id}{2\pi}\ln\frac{4}{3}$ 2分

感应电动势为： 2分

$$\varepsilon=-\frac{d\Phi}{dt}=\frac{\mu_0 d}{2\pi}\cdot\ln\frac{4}{3}\cdot\frac{dI}{dt}=\frac{\mu_0\alpha d}{2\pi}\ln\frac{4}{3}$$ 4分

∵ε>0，且和回路正方向为顺时针，∴ ε 的绕向为顺时针方向，线圈中的感应电流亦是顺时针方向．2分

选择题

C BCCCB D B A D CC

哈尔滨工业大学（威海） 2012/2013 学年春季学期

大学物理 试题卷（B）答案

选择题 （每题 3 分，共 36 分）

CAD C B,A ACDD,A A

计算题 （共 64 分）

（14 分）在一半径为 R_1=6.0cm 的金属球 A 外面套有一个同心的金属球壳 B。已知球壳 B 的内、外半径分别为 R_2=8.0cm，R_3=10.0cm。设 A 球带有总电量 $Q_A=3\times10^{-8}C$，球壳 B 所带总电量 $Q_B=2\times10^{-8}C$。

（1）求球壳 B 内、外表面上各带有的电量；

（2）将球壳 B 接地然后断开，再把金属球 A 接地。求金属球 A 和球壳 B 内、外表面上各带有的电量以及球 A 和球壳 B 的电势。

解：（1）由高斯定律和电荷守恒可得球壳内表面带的电量：

$Q_{B,int}=-Q_A=-3\times10^{-8}C$ （2 分）

球壳外表面：$Q_{B,ext}=Q_A+Q_B=5\times10^{-8}C$ （2 分）

（2）B 接地后断开，则它带的总电量为 $Q'_B=Q_{B,int}=-Q_A=-3\times10^{-8}C$，（2 分）

A 接地后，$\varphi_A=0$，设此时 A 球带电量为 q'_A，则：

$$\varphi_A=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q'_A}{R_1}+\frac{-q'_A}{R_2}+\frac{Q'_B+q'_A}{R_3}\right)=0$$ （2 分）

解得：$$q'_A=\frac{-Q'_B/R_3}{\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)}=2.1\times10^{-8}C$$ （2 分）

（1 分）

$q'_{B,int}=-q'_A=-2.1\times10^{-8}C$

（1 分）

$q'_{B,ext}=Q'_B+q'_A=-0.9\times10^{-8}C$

出题教师签字： 教研室主任签字：

遵守考 纪律 注意行为规范

（2分）

$$\varphi_B=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_B'+q_A'}{R_3}=-8.1\times10^2V$$

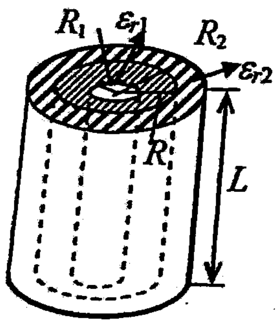
2. （20分）一个圆柱形电容器，内圆柱半径为R_1，外圆柱半径为R_2，长为L（$L>>R_2-R_1$），两圆筒间充有两层相对介电常量分别为ε_{r1}和ε_{r2}的各向同性均匀电介质，$\varepsilon_{r2}=\varepsilon_{r1}/2$，其分界面半径为$R$，如图所示．两层介质的击穿场强都为$E_{max}$。

(1) 设内、外圆筒单位长度上带电荷(即电荷线密度)分别为λ和$-\lambda$，求电容器内电位移矢量D、电场强度E及电极化强度P的分布；

(2) 求内筒表面上的束缚电荷面密度；

(3) 求内外筒间所加电压U；

(4) 若：$R_2<2R_1$，当电压升高时，哪层介质先击穿？说明原因。



解：（1）由电位移高斯定律，取与电容器同轴的圆柱面，设高度为h：

$$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S}=\sum q$$ （1分）

$$2\pi rhD=\lambda h$$

得：$D=\dfrac{\lambda}{2\pi r}$ （$R_1<r<R_2$） （2分）

由$\vec{D}=\varepsilon_0\varepsilon_r\vec{E}$；$\vec{P}=\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)\vec{E}$得： （2分）

$R_1<r<R$：$E_1=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r1}r}$ ；$P_1=\dfrac{(\varepsilon_{r1}-1)\lambda}{2\pi\varepsilon_{r1}r}$ （2分）

$R\le r<R_2$：$E_2=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r2}r}=\dfrac{\lambda}{\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r1}r}$；$P_2=\dfrac{(\varepsilon_{r2}-1)\lambda}{2\pi\varepsilon_{r2}r}=\dfrac{(\varepsilon_{r1}/2-1)\lambda}{\pi\varepsilon_{r1}r}$ （2分）

（2）由$\sigma'=\vec{P}\cdot\vec{e}_n$ （1分）

$\sigma'=P_1\big|_{r=R_1}=\dfrac{(\varepsilon_{r1}-1)\lambda}{2\pi\varepsilon_{r1}R_1}$ （2分）

（3）

$$U=\int_{R_1}^{R}\vec{E}_1\cdot d\vec{r}+\int_{R}^{R_2}\vec{E}_2\cdot d\vec{r}=\int_{R_1}^{R}\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r1}r}dr+\int_{R}^{R_2}\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r2}r}dr$$

$$=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r1}}\ln\frac{R}{R_1}+\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r2}}\ln\frac{R_2}{R}=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r1}}\ln\frac{R_2^{\,2}}{R_1R}$$

（3 分）

(4)内层介质最大场强在 R_1 处： $E_{1}\max=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r1}R_1}$

（1 分）

外层介质最大场强在 R 处： $E_{2\max}=\dfrac{\lambda}{\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r1}R}$

（1 分）

$$\frac{E_{2\max}}{E_{1\max}}=\frac{2R_1}{R}$$

（1 分）

因为 $R_2<2R_1$，所以 $R<2R_1$

$\therefore\dfrac{E_{2\max}}{E_{1\max}}>1$ 所以外层先击穿。

（2 分）

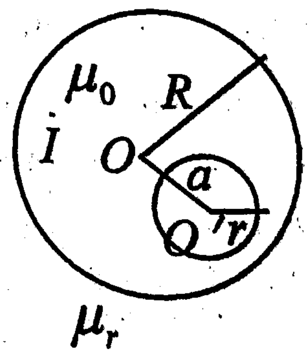
3.（16分）将一半径为 R 的无限长金属圆柱体置于相对磁导率为 μ_r 的磁介质中，导体上通以电流 I，电流在截面上均匀分布。

（1）求导体内外磁场强度 H 和磁感应强度 B 的分布

（2）紧贴导体圆柱体的磁介质表面的束缚电流密度

（3）将金属圆柱体内部挖去一个半径为 r 的长直圆柱体，两柱体轴线平行，其间距为 a，空心部分为真空，则空心部分各处的磁感应强度。

（4）若将一根无限长直导线置于空心轴线 O'处，并也通以电流 I，电流方向和空心圆柱体的电流方向相反，则此导线单位长度的受力。



解：（1） 在与导线垂直的平面内取以轴为圆心半径为 r 的圆，由 H 安培环路定理： $\oint_L\vec{H}\cdot d\vec{r}=H2\pi r=\sum_i I_{oi}$

（1 分）

（3 分）

r<R: $H_1 2\pi r=j\pi r^2$ 得： $H_1=jr/2$； $B_1=\mu_0 jr/2$

（3 分）

$r\geq R$: $H_2 2\pi r=j\pi R^2$ 得： $H_2=jR^2/2r$； $B_2=\mu_0\mu_r jR^2/2r$

（1 分）

（2）$M=\dfrac{\mu_r-1}{\mu_0\mu_r}B_2=(\mu_r-1)jR^2/2r$

（2 分）

$j'=M_2|_{r=R}=(\mu_r-1)jR/2$

(3)空心处的磁场可看成一个完整的大圆柱和一个电流方向相反的小的圆柱产生的磁场的叠加：

大圆柱在空心处产生的磁感应强度： $\vec{B}_1=\mu_0\vec{j}\times\vec{r}_1/2$

（2 分）

小圆柱在空心处产生的磁感应强度： $\vec{B}_2=-\mu_0\vec{j}\times\vec{r}_2/2$

所以空心部分： $\vec{B}=\vec{B}_1+\vec{B}_2=\mu_0\vec{j}\times\vec{r}_1/2-\mu_0\vec{j}\times\vec{r}_2/2=\mu_0\vec{j}\times(\vec{r}_1-\vec{r}_2)/2=\mu_0\vec{j}\times\vec{a}/2$

（2 分）

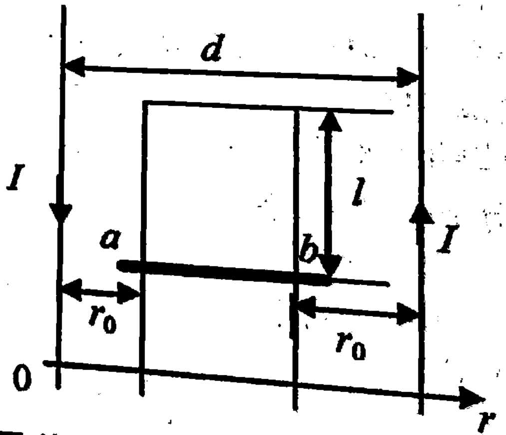
$\vec{a}$:由 O 指向 O'

（4） $dF=IBdl$

$dF/dl=BI=\mu_0 jaI/2$

（2 分）

4. （14 分）两平行无限长直导线相距 d ，每根导线都载有电流 I，方向相反，如图所示，在两导线所在平面内放一矩形导体回路，其中一边 ab 可以移动，两长边到直导线的距离为r_0，求：



（1）两导线所在平面内二者之间的磁感应强度 $B(r)$，并说明方向（按图示横坐标 or 表示）；

（2）若导体回路 ab 边以速率 v 向下运动，求 ab 中的动生电动势，并判断电动势方向。

（3）当 ab 边运动到长边为 l 的位置时，通过导体回路的磁通量。

（4）若 ab 边停在（3）的中位置不动，而两长直导线中通有相同的交变电流 $I=I_0\sin\omega t$，求导体回路的感应电动势。

解：（1） $B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}+\dfrac{\mu_0 I}{2\pi(d-r)}$ ，方向：垂直纸面向外

（3 分）

(2) $d\varepsilon_i=(\vec{v}\times\vec{B})\cdot d\vec{r}=vBdr=\frac{\mu_0 Iv}{2\pi}\left[\frac{1}{r}+\frac{1}{(d-r)}\right]dr$ (2分)

$\varepsilon_i=\int d\varepsilon_i=\int_{r_0}^{d-r_0}\frac{\mu_0 Iv}{2\pi}\left[\frac{1}{r}+\frac{1}{(d-r)}\right]dr=\frac{\mu_0 Iv}{\pi}\ln\frac{d-r_0}{r_0}$ (2分)

或$\varepsilon_i=2\int d\varepsilon_i=2\int_{r_0}^{d-r_0}\frac{\mu_0 Iv}{2\pi r}dr=\frac{\mu_0 Iv}{\pi}\ln\frac{d-r_0}{r_0}$

a 端电势高 (1分)

(3) $\Phi=\int BdS=\int_{r_0}^{d-r_0}\left[\frac{\mu_0 I}{2\pi r}+\frac{\mu_0 I}{2\pi(d-r)}\right]ldr=\frac{\mu_0 Il}{\pi}\ln\frac{d-r_0}{r_0}$ (3分)

或$\Phi=2\int BdS=2\int_{r_0}^{d-r_0}\frac{\mu_0 I}{2\pi r}ldr=\frac{\mu_0 Il}{\pi}\ln\frac{d-r_0}{r_0}$

(4) $\Phi=\frac{\mu_0 I_0 l}{\pi}\ln\frac{d-r_0}{r_0}\sin\omega t$ (1分)

$\varepsilon=-\frac{d\Phi}{dt}=-\frac{\omega\mu_0 I_0 l}{\pi}\ln\frac{d-r_0}{r_0}\cos\omega t$ (2分)

哈尔滨工业大学（威海）20

大学物理A 测试题

说明：1、本试卷共2大页，满分100分； 2、考试时间:80分钟；

3、姓名、学号必须写在指定位置； 4、除绘图外，铅笔答题无效。

题号	一	二	三	四	五	六	总分
得分							

姓名 学号 密 封 线

得分

一、选择题(每小题5分，共30分)

1. 质点沿半径为R的圆周按规律 $s=\upsilon_0 t-bt^2$ 而运动，其中 υ_0, b 均为常数，则t时刻质点的切向加速度 a_τ 大小与法向加速度 a_n 大小应为

A. $a_\tau=-2b$, $a_n=\dfrac{(\upsilon_0-2bt)^2}{R}$； B. $a_\tau=-b$, $a_n=\dfrac{(\upsilon_0-bt)^2}{R}$；

C. $a_\tau=2b$, $a_n=\dfrac{(\upsilon_0-bt)^2}{R}$； D. $a_\tau=-b$, $a_n=\dfrac{\upsilon_0^2}{R}$ [ ]

2. 质量为m的一艘宇宙飞船关闭发动机返回地球时，可认为该飞船只在地球的引力场中运动。已知地球质量为M，万有引力恒量为G，则当它从距地球中心 R_1 处下降到 R_2 处时，飞船增加的动能应等于

A. $\dfrac{GMm}{R_2}$； B. $GMm\dfrac{R_1-R_2}{R_1R_2}$；

C. $GMm\dfrac{R_1-R_2}{R_1^2}$； D. $GMm\dfrac{R_1-R_2}{R_1^2R_2^2}$ [ ]

3. 一质点作匀速率圆周运动时，

A. 它的动量不变，对圆心的角动量也不变。

B. 它的动量不变，对圆心的角动量不断改变。

C. 它的动量不断改变，对圆心的角动量不变。

D. 它的动量不断改变，对圆心的角动量也不断改变。 [ ]

12

4．根据狭义相对论的时空观，下面的说法中正确的是

A．在某一惯性系中的两个同时事件，在另一惯性系中一定同时。

B．在某一惯性系中的两个同时事件，在另一惯性系中一定不同时。

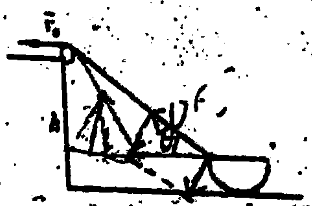
C．时间的测量是相对的，固有时间隔为最短。

D．运动的米尺一定会变短。

5．一运动质点在某瞬时位于矢径 $\vec{r}$ 的端点处，其速度大小的表达式为：

(A) $\dfrac{dr}{dt}$；（B）$\dfrac{d\vec{r}}{dt}$；（C）$\dfrac{d|\vec{r}|}{dt}$；（D）$\sqrt{\left(\dfrac{dx}{dt}\right)^2+\left(\dfrac{dy}{dt}\right)^2+\left(\dfrac{dz}{dt}\right)^2}$ [ ]

6．如图所示，湖中有一个小船，有人用绳绕过岸上一定高度处的定滑轮拉湖中的船向岸边运动，设该人以匀速率 V_0 收绳，绳不伸长，湖水静止，则小船的运动是



（A）匀加速运动；（B）匀减速运动；

（C）变加速运动；（D）变减速运动；

（E）匀速直线运动。 [ ]

得分

二、填空题(每小题 5 分，共 30 分))

1．一颗子弹在枪筒里前进时所受的合力大小为 $F=400-\dfrac{4\times10^5}{3}t$ (SI)，子弹从枪口射出时的速率为 $300\,m\cdot s^{-1}$，假设子弹离开枪口时的合力刚好为零，则子弹走完枪筒全长所用的时间 $t=$ ________，子弹在枪筒中所受力的冲量 $I=$ ________。

2．作功的大小不仅与物体的始、末位置有关，而且还与物体的运动路径有关。这样的力叫做________。

狭义相对论的两个基本原理被称为________原理和________原理。

4．在行进的公共汽车中，有时乘客的身体会一起突然向前倾。推动前倾的"作用力"可以叫做________。

5．一物体在某瞬时以初速度 $\vec{V}_0$ 从某点开始运动，在 Δt 时间内，经一长度为 S 的曲线路径后，又回到出发点，此时速度为 $-\vec{V}_0$，则在这段时间内，物体的平均加速度是________

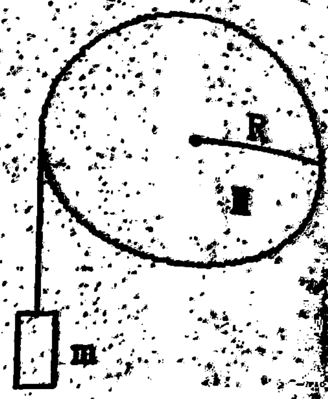
6．西风速率为 50m/s，此时，相对于地面，向南传播的声音的速率为________（空气中声速 344m/s）。

13

得分

三、（12分）如图，质量为m的物体与绕在定滑轮上的无滑动轻绳相连。定滑轮质量为M，半径为R，转动惯量为$\frac{1}{2}MR^2$，滑轮轴光滑。试求：（1）物体自静止下落的过程中，下落速度与时间的关系；（2）绳中的张力。

解：



得分

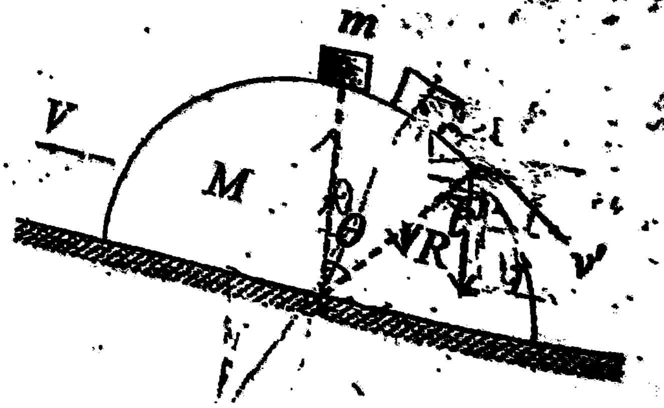
四、（12分）一观察者测得电子质量是其静质量m_0的两倍，求（1）电子相对观察者的速率；（2）电子的动能。

解：

得分

五、（16分）半径为R、质量为M、表面光滑的半球放在光滑水平面上，质量为m的小滑块从其顶端无初速滑下，在图示θ位置开始脱离半球面，求M/m.（已知$\cos\theta=0.6$）

解：



ABC CDC

(1) 0.003　0.6　(2) 非保守力　(3) 相对性　光速不变

(4) 惯性力　(5) $-\frac{2V_0}{\Delta t}$　(6) 340 m/s

解(1) 对 m: $mg - T = ma$

对滑轮: $\left.\begin{aligned} TR &= \frac{1}{2}MR^2\cdot\beta \\ \beta &= \frac{a}{R} \\ V &= at \end{aligned}\right\}$ 得 $a = \frac{2mg}{2m+M}$

∴ 关系为 $V = \frac{2mg}{2m+M}t$

(2) $T = mg - ma = m\left(g - \frac{2mg}{2m+M}\right) = \frac{mMg}{2m+M}$

即绳后张力 $T = \frac{mMg}{2m+M}$，方向竖直向上.

四. (1) $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}$　∵ $m = 2m_0$

$2m_0 = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}} \Rightarrow V = \frac{\sqrt{3}}{2}c$

即电子相对观察者的速率为 $\frac{\sqrt{3}}{2}c$

(2) $E_k = mc^2 - m_0c^2 = m_0c^2$

五. $\begin{cases} mV_x - MV = 0 \\ \frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}m(V_x^2 + V_y^2) = mgR(1-\cos\theta) \end{cases}$

$\vec{v} = \vec{V} + \vec{v'} \rightarrow \begin{cases} V_x = V'\cos\theta - V \\ V_y = V'\sin\theta \end{cases}$

$\begin{cases} m(V'\cos\theta - V) - MV = 0 \\ \frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}m[(V'\cos\theta - V)^2 + V'^2\sin^2\theta] = mgR(1-\cos\theta) \end{cases}$

$\begin{cases} V' = \sqrt{\frac{2(M+m)gR(1-\cos\theta)}{M+m\sin^2\theta}} \\ V = \sqrt{\frac{m^2gR(1-\cos\theta)\cos\theta}{(M+m)(M+m\sin^2\theta)}} \end{cases}$

脱离球面的条件: $N=0$，则 $mg\cos\theta = m\frac{V'^2}{R} = \frac{2(M+m)mg(1-\cos\theta)}{M+m\sin^2\theta}$

$\frac{M}{m} = \frac{\cos^3\theta - 3\cos\theta + 2}{3\cos\theta - 2}$

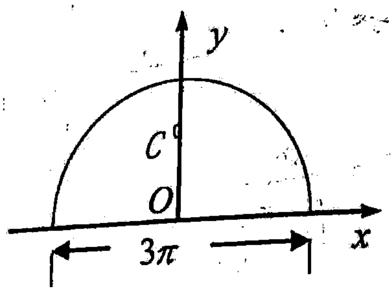
16

一、填空题

1、一质点在平面上运动，运动函数为 $x=2t(m)$, $y=4t^2-8(m)$. $t=3$ s 时，质点的位置、速度和加速度分别为(用矢量式表示，写明单位)：______________

______________；

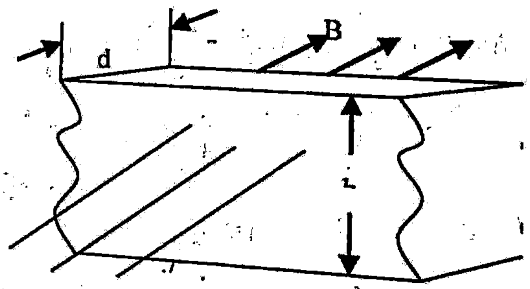
2、一质点沿 x 轴作直线运动，其加速度为 $a=4+3t$ $m\cdot s^{-2}$，开始运动时，$x_0=5m$ ，$v_0=0$ ，则该质点在 $t=10s$ 时的速度为______________，位置为______________。



3、如图所示，直径为 3π 米的半圆形均匀薄板质心 C 的纵坐标 y_c 为______________

4、质点沿曲线 $\vec{r}=t^2\vec{i}+2t\vec{j}$ (m) 运动，其所受摩擦力为 $\vec{f}=-2\vec{v}$ (N). 摩擦力在 $t=1$ s 到 $t=2$ s 时间内对质点所做的功为______________。

5、固有长度为 L 的飞船以 $\sqrt{(1-k^2)}\cdot c$ 的高速率相对于地面匀速飞行时（$0<k<1$），地面测量它的长度为_____（国际单位制）



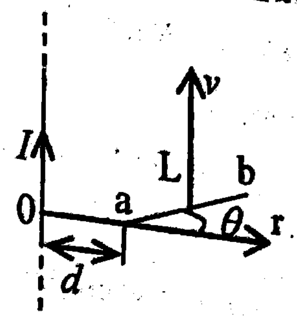
6、如图所示，一铜片厚为 d ，放在磁感应强度为 B 的磁场中，磁场方向与铜片表面垂直。已知铜片里每立方米有 n 个自由电子，每个电子的电荷电量 -e ，当铜片中自左向右有 I 电流通过时，(各量用国际单位制)（1）铜片上下（a' 侧在下，a 侧在上）两侧的电势差 $U_{aa'}$ 为______________；上下那一侧电势高__________

7、由方程式 $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{r}=\mu_0\varepsilon_0\int_s \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$ 和 $\oint_L \vec{E}_i\cdot d\vec{r}=-\int_s \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$ 可知：

17

变化的电场能够产生________场，变化的磁场能够产生____________场。

8、如图所示，在通有电流 I 的长直导线近旁有一长为 L 的导线段 ab，该线段 ab 与 or 轴夹角为 θ（or 轴与电流方向垂直，$0<\theta<\frac{\pi}{2}$），一端 a 离长直导线距离为 d 。当它沿平行于长直导线的方向以速度 v 平移时，导线中的感应电动势为____________。a、b 哪端的电势高________



9、一空气平行板电容器，其极板由半经为 R 的两块圆盘构成，两块极板之间的距离为 d，其间充满相对磁导率为 μ_r 的磁介质. 在以传导电流 I 充电的过程中（各量用国际单位制），两极板之间在

距离中心轴线距离为 r 处(r <R) 的磁感强度 B=____________

三、选择题

1. 有下列几种说法：(1) 所有惯性系对物理基本规律都是等价的. (2) 在真空中，光的速度与光的频率、光源的运动状态无关. (3) 在任何惯性系中，光在真空中沿任何方向的传播速率都相同. 若问其中哪些说法是正确的，答案是

(A) 只有(1)、(2)是正确的. (B) 只有(1)、(3)是正确的.

(C) 只有(2)、(3)是正确的. (D) 三种说法都是正确的.

2. 质子在加速器中被加速，当其动能为静止能量的 4 倍时，其质量为静止质量的

(A) 4 倍. (B) 5 倍. (C) 6 倍. (D) 8 倍.

3. 在惯性参考系 S 中，有两个静止质量都是 m_0 的粒子 A 和 B，分别以速度 v 沿同一直线相向运动，相碰后合在一起成为一个粒子，则合成粒子静止质量 M_0 的值为 （c 表示真空中光速）

(A) $2m_0$. (B) $2m_0\sqrt{1-(v/c)^2}$. (C) $\dfrac{2m_0}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$. (D) $\dfrac{m_0}{2}\sqrt{1-(v/c)^2}$.

4、 用细导线均匀密绕成长为 l、半径为 $a\ (l>>a)$、总匝数为 N 的长直螺线管，管内充满相对磁导率为 μ_r 的均匀磁介质．若线圈中载有稳恒电流 I，则管中任意一点的

(A) 磁场强度大小为 $H=NI/l$.　(B) 磁感强度大小为 $B=\mu_r NI/l$.

(C) 磁场强度大小为 $H=\mu_0 NI/l$.　(D) 磁感强度大小为 $B=\mu_0\mu_r NI$.

5、将形状完全相同的铜环和木环静止放置，并使通过两环面的磁通量随时间的变化率相等，则不计自感时

(A) 铜环中有感应电动势，木环中无感应电动势.　(C) 铜环中感应电动势小，木环中感应电动势大.

(B) 铜环中感应电动势大，木环中感应电动势小.　(D) 两环中感应电动势相等

6、两个同心导体球壳，内球壳带有均匀分布的电荷 Q. 若将一高电压带电体放在该两同心导体球壳外的近处，则达到静电平衡后，内球壳上电荷

(A) 仍为 Q，但分布不均匀.　(B) 仍为 Q，且分布仍均匀.

(C) 不为 Q，但分布仍均匀.　(D) 不为 Q，且分布不均匀

7、真空中有“孤立的”均匀带电球体和一均匀带电球面，如果它们的半径和所带的电荷都相等．则它们的静电能之间的关系是

(A)球体的静电能等于球面的静电能。(B) 球体的静电能小于球面的静电能.

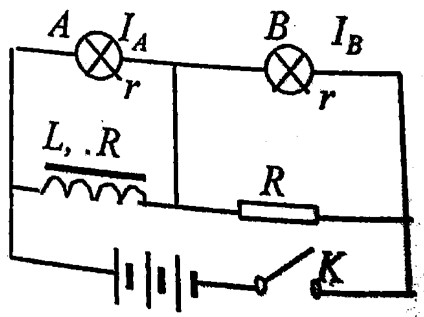
(C) 球体的静电能大于球面的静电能.　(D) 球体内的静电能大于球面内的静电能，球体外的静电能小于球面外的静电能

8、用顺磁质作成一个空心圆柱形细管，然后在管面上密绕一层细导线．当导线中通以稳恒电流时，下述四种说法中哪种正确？

(A) 介质中的磁感强度比空腔处的磁感强度大.　(B) 管外和管内空腔处的磁感强度均为零.　(C) 介质中的磁感强度比空腔处的磁感强度小.

(D) 介质中的磁感强度与空腔处的磁感强度相等.

9、如图所示的电路中，A、B 是两个完全相同的小灯泡，其内阻 $r>>R$ （R 是电阻器的阻值）。L 是一个自感系数相当大的线圈，其电阻与 R 相等。当开关 K 接通或断开时，关于灯泡 A 和 B 的情况下面哪一种说法正确？

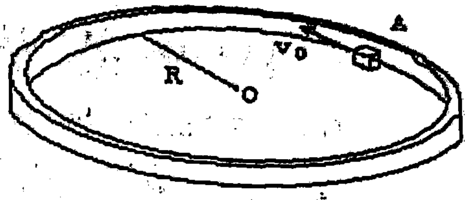


(A) K 接通时，$I_A>I_B$. (B) K 接通时，$I_A=I_B$.

(C) K 断开时，两灯同时熄灭. (D) K 断开时，$I_A=I_B$.

三、计算题

1、光滑的水平面上放置一个固定的圆环带，半径为 R 。一物体在 A 点获得初速率 v_0 贴着环带内侧壁面开始滑行，如图。物体与环壁面间的滑动摩擦系数为 μ_k 。



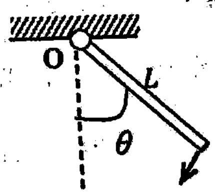
（1）求此后 t 时刻物体的速率 $v(t)$.

（2）求物体从 A 点开始在 t 时间内滑行的路程 $s(t)$。

（3）求物体速率随路程 S 而变化的函数关系 $v(s)$。

（4）求当物体滑行路程 S 为多少时停止滑动（认为 e^{-1} 量值可忽略不计）

2、如图，长为 L 的细杆的一端 O 穿过一光滑水平轴可在铅垂面内摆动，将杆从水平位置释放。



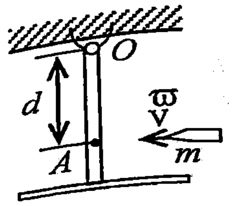
(1)、若细杆的质量均匀分布，试求细杆下摆过程中与铅垂线间的夹角为 θ 时的角加速度 β 大小。

(2)、若细杆的质量不均匀分布，其质量线密度为 $\lambda=a+br$(a、b 为常量)，试求细杆在与铅垂线间的夹角为 θ 时受到对该转轴的力矩。

(3)、对第(2)问题中所述细杆，求其对该转轴的转动惯量。

(4)、对第(2)问题中所述细杆，求其摆下在铅垂线位置时的角速度。

3、图中刚体由两匀质的细杆正交固接形成对称的倒置T字形尺，竖杆的上端O穿过一光滑水平轴，该T字尺被吊起并可以在其所在铅垂面内绕该水平轴O摆动。当该该T字尺下垂处于静止时，有一质量m的子弹以v的速率水平射入该T字尺的竖杆中而不复出，射入点A在离轴距离为d处。



(1)求子弹停在竖杆中时该T字形尺的角速度和转动动能？（设该T字尺对该轴O的转动惯量为J）

(2)设构成该T字尺的竖杆和横杆的长度都为L、质量都为M，求T字尺的最大偏转角（该T字形尺的转动惯量用J表示）。

(3) 求该T字尺的转动惯量J。

(4) 设竖杆长 L=0.40m 、质量 M=1.0kg，子弹质量 m=8.0g，子弹速率 v=200m/s，射入点在轴下 d=3L/4 处。求该T字尺的最大偏转角量值。

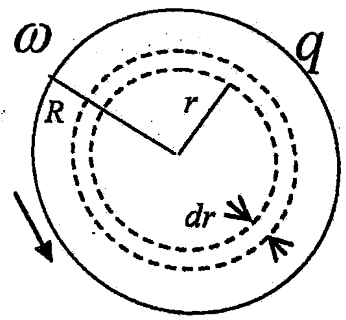
4、两个同心的薄金属球壳，内外球半径分别为 R_1 和 R_2，球壳间充满两层均匀电介质，他们的相对介电常量分别为 ε_{r1} 和 ε_{r2}。两层电介质的分界面半径为R。设内球壳带电量Q。

(1) 求电场强度E的分布；

(2) 求两球壳之间的电势差；

(3)求贴近内金属壳的电介质表面的面束缚电荷密度。

5、空气中一个质量为M半径为R的塑料圆盘，表面均匀分布电量q，以角速度ω绕通过盘中心且垂直于盘面的轴旋转。



(1)写出毕奥-萨伐尔定律的表达式 $d\vec{B}$，并用其求出该圆盘上一半径为r的圆环面积元上电流元dI在盘心产生的磁场dB。

(2) 求该整个圆盘在盘心处的磁感应强度B。

(3) 求证其磁矩的大小为 $|m| = \pi\sigma\omega R^4/4$ （磁矩等于环电流面积乘以电流

(4) 求证其磁矩 m 与角动量 L 的关系为 $\vec{m} = \frac{q}{2M}\vec{L}$

21

09-10 春 参考答案

填空题 1、$\vec{r}=6\vec{i}+28\vec{j}\,(m)$， $\vec{v}=2\vec{i}+24\vec{j}\,(m/s)$， $\vec{a}=8\vec{j}\,(m/s^2)$

2 $v_{10}=4\times10+\frac{3}{2}\times10^2=190$ $m\cdot s^{-1}$ ，$x_{10}=2\times10^2+\frac{1}{2}\times10^3+5=705m$

3、$y_c=2m$ ；4、$=-80/3J$ ；5、kL米 ；6、$U_{aa'}=-\frac{IB}{n|e|d}=\frac{IB}{ned}$， 下一侧$a'$ 电势高

7、磁场， 涡旋电场 ；8、$=-\frac{\mu_0 Iv}{2\pi}\ln\frac{d+L\cdot con\theta}{d}$ ，a端电势高。；9、$B=\frac{\mu_0\mu_r rI}{2\pi R^2}$

二、选择题

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
答案	D	B	C	A	D	B	C	A	A

三、计算

解：（1）对物体在法向上有 $N=m\frac{v^2}{R}$，而 $f=\mu_k N$ 在切线上有$-f=m\frac{dv}{dt}$，由此三式可得

$$m\frac{dv}{dt}=-\mu_k m\frac{v^2}{R}\;;\;\frac{dv}{dt}=-\mu_k\frac{v^2}{R}\quad \text{由此得}\quad \int_{v_0}^{v}\frac{dv}{v^2}=-\int_0^t\frac{\mu_k}{R}dt\;,$$

$$v=\frac{v_0R}{R+v_0\mu_k t}\;,$$

（2）解：路程 $s=\int_0^t vdt=v_0R\int_0^t\frac{dt}{R+v_0\mu_k t}=\frac{R}{\mu_k}\ln(1+\frac{v_0\mu_k t}{R})$

（3）解：由$-\mu_k\frac{v^2}{R}=v\frac{dv}{ds}$，$-\frac{\mu_k}{R}ds=\frac{dv}{v}$，得$-\frac{\mu_k}{R}\int_0^s ds=\int_{v_0}^{v}\frac{dv}{v}$，$-\frac{\mu_k}{R}s=\ln\frac{v}{v_0}$ ，$v=v_0e^{-\frac{\mu_k}{R}s}$

（4）当 $-\frac{\mu_k}{R}s=-1$ ，$s=\frac{R}{\mu_k}$ 时 $v=v_0e^{-1}\approx0$

2、

解：（1）$Mg\frac{L}{2}\sin\theta=\frac{1}{3}ML^2\beta$ ， $\beta=\frac{3}{2L}g\sin\theta$

（2）解：杆与铅垂线间的夹角为θ $\quad dM=dm\cdot gr\sin\theta=(\lambda dr)gr\sin\theta$

$$M=\int_0^l(\lambda dr)gr\sin\theta=\int_0^l g\left(a+br\right)r\sin\theta dr=gl^2\left(\frac{a}{2}+\frac{b}{3}l\right)\sin\theta$$

22

(3)、解：$J=\int_0^l r^2 dm=\int_0^l r^2(\lambda dr)=\int_0^l r^2(a+br)dr=\frac{1}{3}al^3+\frac{1}{4}bl^4=\left(\frac{a}{3}+\frac{bl}{4}\right)l^3$

(4)、解：$gl^2\left(\frac{a}{2}+\frac{b}{3}l\right)\sin\theta=\left(\frac{a}{3}+\frac{bl}{4}\right)l^3\frac{d\omega}{dt}$ ，$gl^2\left(\frac{a}{2}+\frac{b}{3}l\right)\sin\theta=\left(\frac{a}{3}+\frac{bl}{4}\right)l^3\omega\frac{d\omega}{d\theta}$

$\int_{\frac{\pi}{2}}^0 g\left(\frac{a}{2}+\frac{b}{3}l\right)\sin\theta d\theta=\int_0^\omega\left(\frac{a}{3}+\frac{bl}{4}\right)l\omega d\omega$ ，$\omega=\sqrt{\frac{4(3a+2bl)g}{(4a+3bl)l}}$

3、解：（1）由子弹和刚体对轴 O 的角动量守恒可得

$mv\cdot d=\left[J+md^2\right]\omega$ 得 $\omega=\frac{mvd}{J+md^2}$ ，

$E_k=\frac{1}{2}(J+md^2)\omega^2=\frac{1}{2}(J+md^2)\left(\frac{mvd}{J+md^2}\right)^2=\frac{(mvd)^2}{2(J+md^2)}$

（2）解：对 T 字形刚体、子弹和地球系统，由机械能守恒可得

$$\frac{1}{2}(J+md^2)\omega^2=(Mg\cdot\frac{L}{2}+mgd+Mg\cdot L)(1-\cos\theta)$$

$$\frac{(mvd)^2}{2(J+md^2)}=(\frac{3}{2}MgL+mgd)(1-\cos\theta)$$ 由此得

$$\cos\theta=1-\frac{(mvd)^2}{(J+md^2)(3MgL+mgd)}=\frac{(J+md^2)(3MgL+mgd)-(mvd)^2}{(J+md^2)(3MgL+mgd)}$$

$$\theta=arc\cos\left(\frac{(J+md^2)(3MgL+mgd)-(mvd)^2}{(J+md^2)(3MgL+mgd)}\right)$$

（3）根据平行轴定理 得横杆的转动惯量为 $J_1=ML^2+\frac{1}{12}ML^2=\frac{13}{12}ML^2$

T 字形尺的转动惯量 $J=\frac{1}{3}ML^2+ML^2+\frac{1}{12}ML^2=\frac{1}{3}ML^2+\frac{13}{12}ML^2=\frac{17}{12}ML^2$

（4）T 字形尺的转动惯量为 $J=\frac{17}{12}ML^2=\frac{17}{12}\times1\times0.4^2=0.22667$

$$\theta=arc\cos\left(1-\frac{(8\times10^{-3}\times200\times\frac{3}{4}\times0.4)^2}{\left[0.2266+8\times10^{-3}\times(\frac{3}{4}\times0.4)^2\right]\times(3\times1\times9.8\times0.4+8\times10^{-3}\times9.8\times\frac{3}{4}\times0.4)}\right)$$

$$\theta=arc\cos\left(1-\frac{0.2304}{[0.22667+0.00072]\times(11.76+0.02352)}\right)=arc\cos\left(1-\frac{0.2304}{0.22739\times11.78352}\right)$$

$\theta = arc\cos\left(1-\frac{0.2304}{2.6794546}\right) = arc\cos(1-0.0859879)$，$\theta = arc\cos 0.914$ 或 $\theta = 23.9^\circ$

4、(1)解：由 D 的高斯定律 $\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S} = \sum q$ ，$r<R_1$： D=0 ，$r>R_1$： $D=\frac{Q}{4\pi r^2}$

由 $E = D/\varepsilon_0\varepsilon_r$，可得 $r<R_1$： E=0

$R_1<r<R$： $E=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r1}r^2}$ ；$R<r<R_2$： $E=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r2}r^2}$

$r>R_2$： $E=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

（2）解：

$$U=\int_{R_1}^{R}Edr+\int_{R}^{R_2}Edr=\int_{R_1}^{R}\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r1}r^2}dr+\int_{R}^{R_2}\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r2}r^2}dr$$
$$=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{\varepsilon_{r1}R_1}-\frac{1}{\varepsilon_{r1}R}+\frac{1}{\varepsilon_{r2}R}-\frac{1}{\varepsilon_{r2}R_2}\right)LLLLLLL$$

（3）解： $\sigma' = -P_n = -\varepsilon_0(\varepsilon_{r1}-1)E = -\varepsilon_0(\varepsilon_{r1}-1)\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r1}R_1^2} = -(\varepsilon_{r1}-1)\frac{Q}{4\pi\varepsilon_{r1}R_1^2}$

5、解：(1)毕奥-萨伐尔定律 $d\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\vec{l}\times\vec{r}}{r^3}$ 或 $dB=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Idl\sin\theta}{r^2}$

环在环心产生的磁场 $dB=\int_0^{2\pi R}\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{dI}{r^2}\cdot dl=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{dI}{r^2}\cdot 2\pi r=\frac{\mu_0 dI}{2r}$

$$dB=\frac{\mu_0}{2r}\sigma\cdot 2\pi r dr\frac{\omega}{2\pi}=\frac{\mu_0\sigma\omega}{2}dr$$

(2) $B=\int dB=\int_0^R\frac{\mu_0\sigma\omega}{2}dr=\frac{\mu_0\sigma\omega R}{2}=\frac{\mu_0\omega q}{2\pi R}$

(3) 环电流元 dI 的磁矩大小 $d|m| = dI\cdot\pi r^2=\frac{\sigma\cdot 2\pi r dr}{T}\pi r^2=\frac{\sigma\cdot 2\pi r dr}{2\pi}\omega\pi r^2=\pi\sigma\omega r^3 dr$

圆盘的磁矩的大小 $|m|=\int d|m|=\int_0^R\pi\sigma\omega r^3 dr=\frac{1}{4}\pi\sigma\omega R^4$.

(4) $|m|=\frac{1}{2M}\pi R^2\sigma\frac{MR^2}{2}\omega$ 因 $\pi R^2\sigma=q$， $\frac{1}{2}MR^2\omega=L$，有 $|m|=\frac{qL}{2M}$

m 的方向和 L 的方向相同，因此上式可写成下面的矢量关系式 $\vec{m}=\frac{q}{2M}\vec{L}$

一、填空题

1、一质点沿 x 轴作直线运动，它的运动学方程为 $x=5+2t+t^2-t^3$ (m) 则 (1) 质点在 $t=0$ 时刻的速度______________；

(2) 加速度为零时，该质点的速度______________.

2、一质点沿半径为 0.1 m 的圆周运动，其角位移 θ 随时间 t 的变化规律是 $\theta=2+2t^2$ (rad). 在 $t=2$ s 时，它的法向加速度 a_n=______________；切向加速度 a_t=______________.

3、在与速率 v 成正比的阻力影响下，一个质点具有大小为 0.15v 的加速度，若质点的速率减少到原来速率的八分之一，其减速过程所经历的时间是

______________。

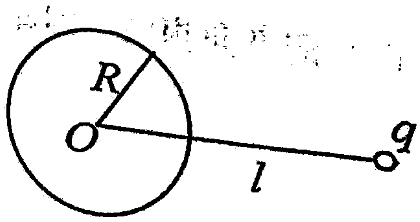
4、一质点在几个外力作用下做匀速圆周运动，其中一力为 $\vec{F}=5t\,\vec{i}$ (N)，质点的运动学方程为 $x=\cos(\frac{1}{2}\pi t)$ (m)，$y=\sin(\frac{1}{2}\pi t)$ (m). 由 $t=0$ 到 $t=1$ s 的时间内，此力对该质点所做的功是______________。

$(\int x\sin x\,dx=-x\cos x+\sin x+C)$

5、在 8000 米高空有一种粒子衰变时放出一种 B 基本粒子，这些 B 基本粒子以接近光速(v=0.988c)的速度朝向地面飞行，由地面实验室内测得这种 B 基本粒子静止的平均寿命等于 $2.\times10^{-6}$ s，则这些 B 基本粒子被放出后相对地面能够飞行的距离为______________。

6、描述电介质极化强度的物理量电极化强度 $\vec{P}$ 的定义式是______________，它的物理意义是______________________________.

7、半径为 R 的不带电的金属球，在球外离球心 O 距离为 l 处有一点电荷，电荷为 q. 如图



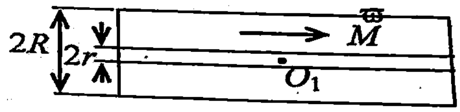
所示，若取无穷远处为电势零点，则静电平衡后金属球的电势 U =____________.

8、一空气平行板电容器，其极板由半经为 R 的两块圆盘构成，两块极板之间的距离为 d. 极板所加电压为：$V=V_0\cos\omega t$，式中 V_0 和 ω 为常量，忽略边缘效应，则极板上自由电荷的面密度 $\sigma(t)=$____________，板间离中心轴线距离为 r 处 (r ＜ R) 的磁感强度 $B(r, t)$ =________________.

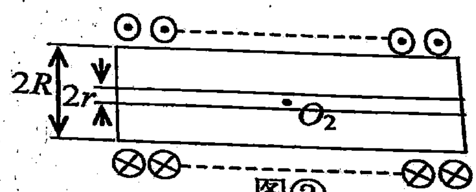
二、选择题

1、质量为 20 kg 的质点，在外力作用下做曲线运动，该质点的速度为 $\vec{v}=4t^2\vec{i}+26\vec{k}$ (m/s)，则在 $t=1$ s 到 $t=2$ s 时间内，合外力对质点所做的功为 (A) 40 J. (B) 2400 J. (C) 960 J. (D) 80 J.

2、在均匀磁化的磁化强度为 $\vec{M}$、半径为 R 的长直永磁棒中，沿 $\vec{M}$ 方向挖去一半径为 r 的长圆柱，此时空洞中心 O_1 处的磁感强度为 B_1，磁场强度为 H_1 (如图①所示)；另有一相同半径的长直载流螺线管，在管内磁介质中沿轴向挖去一与上面相同的圆柱，此时空洞中心 O_2 处磁感应强度为 B_2 磁场强度为 H_2(如图②所示). 若永磁棒中的 $\vec{M}$ 与螺线管中磁介质的磁化强度相等，则在 O_1、O_2 处有：(A) $B_1=B_2$，$H_1=H_2$ (B) $H_1=0$，$H_2=0$. (C) $B_1\neq 0$，$B_2=0$. (D) $B_1=0$，$B_2\neq 0$.

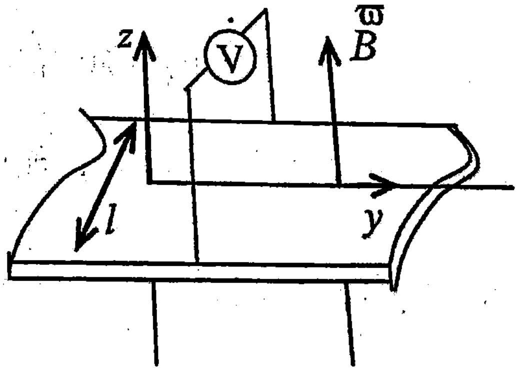


图①



图②

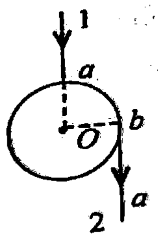
3、一无限长直导体薄板宽为 l，板面与 z 轴垂直，板的长度方向沿 y 轴，板的两侧与一个伏特计相接，如图. 整个系统放在磁感强度为 $\vec{B}$ 的均匀磁场中，$\vec{B}$ 的方向沿 z 轴正方向. 如果伏特计与导体平板均以速度 $\vec{v}$ 向 y 轴正方向移动，则伏特计指示的电压值为



26

(A) 0.　(B) $\frac{1}{2}vBl$.　(C) vBl.　(D) $2vBl$.

4、电流由长直导线 1 沿半径方向经 a 点流入一电阻均匀的圆环，再由 b 点沿切向从圆环流出，经长直导线 2 返回电源(如图). 已知直导线上电流为 I，$\angle aOb=\pi/2$. 若载流长直导线 1、2 以及圆环中的电流在圆心 O 点所产生的磁感强度分别用 $\vec{B}_1$、$\vec{B}_2$，$\vec{B}_3$ 表示，则 O 点的磁感强度大小 .



(A) $B=0$，因为 $B_1=B_2=B_3=0$.　(B) $B=0$，因为 $\vec{B}_1+\vec{B}_2=0$，$B_3=0$.

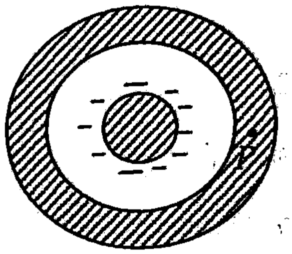
(C) $B\neq 0$，因为虽然 $B_1=B_3=0$，但 $B_2\neq 0$.

(D) $B\neq 0$，因为虽然 $\vec{B}_1+\vec{B}_2=0$，但 $B_3\neq 0$.

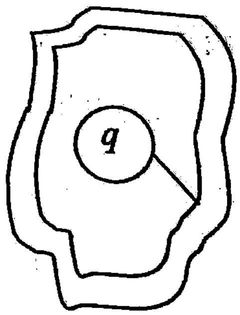
(E) $B\neq 0$，因为虽然 $B_2=B_3=0$，但 $B_1\neq 0$.

5、如图所示，一带负电荷的金属球，外面同心地罩一不带电的金属球壳，则在球壳中一点 P 处的场强大小与电势(设无穷远处为电势零点)分别为：(A) $E=0$，$U>0$.　(B) $E=0$，$U<0$.

(C) $E=0$，$U=0$.　(D) $E>0$，$U<0$.



6、如图所示，一球形导体，带有电荷 q，置于一任意形状的空腔导体中. 当用导线将两者连接后，则与未连接前相比系统静电场能量将



(A) 增大.　(B) 如何变化无法确定.　(C) 不变.　(D) 减小.

7、有一带正电的肥皂泡,若它的半径变为原来的两倍，则电能

(A)减小一半　(B)增加一倍　(C)没有变化　(D)不能确定

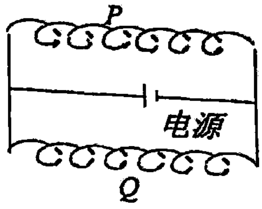
8、在各向同性的电介质中，当外电场不是很强时，电极化强度 $\vec{P}=\varepsilon_0\chi_e\vec{E}$，式中的 $\vec{E}$ 应是: (A) 自由电荷产生的电场强度. (B) 束缚电荷产生的电场强度. (C) 自由电荷与束缚电荷共同产生的电场强度. (D) 当地的分子电偶极

的电场强度.

圆柱形无限长载流直导线置于均匀无限大磁介质之中，若导线中流过的稳恒电流为I，磁介质的相对磁导率为μ_r ($\mu_r>1$)，则与导线接触的磁介质表面上的磁化电流I'为:

(A) $(1-\mu_r)I$.　　(B) $(\mu_r-1)I$.　　(C) $\mu_r I$.　　(D) $\dfrac{I}{\mu_r}$.

10. 如图所示，两个线圈P和Q并联地接到一电动势恒定的电源上. 线圈P的自感系数和电阻分别是线圈Q的两倍，线圈P和Q之间的互感可忽略不计. 当达到稳定状态后，线圈P的磁场能量与Q的磁场能量的比值是:

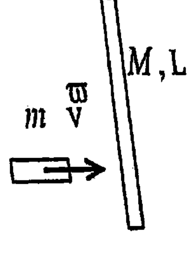


(A) 4.　　(B) 2.　　(C) 1.　　(D) $\dfrac{1}{2}$.

三、计算题

1、一轮船的螺旋浆的定轴转动惯量为J，该螺旋浆在恒定动力矩M的作用下在水中由静止开始定轴转动，螺旋浆所受到的阻力矩大小与其转动角速度的平方成正比，即为$k\omega^2$，其中k为正值常量。(1) 试求直到螺旋浆的转动速度达到稳定时的角速度ω和转动动能E_k，这时螺旋浆转过多大角度θ(弧度)？使螺旋浆转过该角度的动力矩和阻力矩的净作功量A是多少？(2) 试求螺旋浆在转动过程中的角加速度β多大？

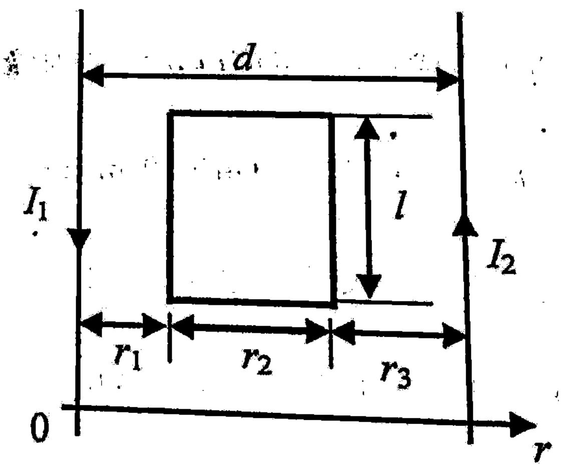
2、如图所示，均匀杆长L=0.40 m，质量$M=1.5$ kg，由其上端的光滑水平轴吊起而处于静止。今有一质量$m=8.0$g的子弹以v=200m/s的速率水平射入杆中而不复出，射入点在转轴下d=3L/4处。(1) 求子弹停在杆中时杆的角速度；(2) 求杆的最大偏转角。



3、一电子以 $v=0.97c$ (c 为真空中光速)的速率运动. 试求：(1) 电子的总能量是多少？(2) 电子的经典力学的动能与相对论动能之比是多少？（3）电子以什么速率运动才能使其动量等于非相对论动量的三倍？(电子静止质量 m_e=9.11×10^{-31} kg)

4、一无限长均匀带电圆柱，体电荷密度为ρ，截面半径为 a。(1) 用高斯定律求出柱内外电场强度分布；(2) 求出柱内外的电势分布（以轴线为电势零点)；

5、两平行直导线相距 d=40cm，每根导线载有电流 I_1=20A，I_2=30A，如图所示，求：（1）两导线所在平面内，在两导线之间距离电流 I_1 为 r 的某一点处的磁感应强度 $B(r)$，（按图示横坐标 or 表示)；（2）通过图中矩形面积的磁通量。(3) 若线圈不动，而两长导线中通有相同的交变电流（长导线是电流回路的一部份）i=5sin100π t（A），设 $r_1=r_2=10cm, l=25cm, d=40cm$，$\mu_0=4\pi\times10^{-7}N/A^2$，求线圈内的感生电动势将多大？



08-09 春 参考答案

一、填空题

1、答 2 m/s　　2.3 m/s

2、答 6.4 m/s^2　　,0.4 m/s^2

3、答 $20\ln 2 = 13.86(s)$

解：由题意得：$\frac{dv}{dt} = -0.15v$　由此得　$dt = -dv/0.15v$ 速率减小一半所需时间为　$t_{1/2} = \int_0^t dt = -\int_{v_0}^{v_0/8} \frac{dv}{0.15v} = \frac{3\ln 2}{0.15} = 20\ln 2 = 13.86(s)$

4、解：$A = \int \vec{F}\cdot d\vec{r} = \int_0^1 (5t\,\vec{i})\cdot d\cos(\frac{1}{2}\pi t)\vec{i} = -5\times\frac{2}{\pi}\int_0^1 \frac{\pi t}{2}\sin\frac{\pi t}{2}\, d\left(\frac{\pi t}{2}\right) =$

答 $= -\frac{10}{\pi} = -3.18$ J

5、答：距离为 3.838×10^3 m

$$l = v\Delta t = \frac{v\Delta t'}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = \frac{0.988\times3\times10^8\times2\times10^{-6}}{\sqrt{1-0.988^2}} = \frac{5.928\times10^2}{\sqrt{0.023856}} = \frac{5.928\times10^2}{0.1544538} = 3838$$

6、答：$\vec{P} = \left(\sum \vec{p}_e\right)/(\Delta V)$　某点附近单位体积中的分子电矩矢量和

7、答：$q/(4\pi\varepsilon_0 l)$

8、答：8. $|(\varepsilon_0 V_0 \cos\omega t)/d|$　，　$|(\mu_0\varepsilon_0 V_0 \omega r \sin\omega t)/2d|$

二、选择题

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	B	D	A	C	B	D	A	C	B	D

三、计算题

1、解：（1）$M - k\omega^2 = J\frac{d\omega}{dt} = J\omega\frac{d\omega}{d\theta}$

$$-\frac{2k}{J}\int_0^\theta d\theta = \int_0^\omega \frac{d\omega^2}{\omega^2 - \frac{M}{k}} \qquad -\frac{2k}{J}\theta = \ln\frac{\omega^2 - \frac{M}{k}}{-\frac{M}{k}}$$

$$\omega^2-\frac{M}{k}=-\frac{M}{k}e^{\frac{2k}{J}\theta}\quad,\quad \omega^2=\frac{M}{k}(1-e^{-\frac{2k}{J}\theta})\quad,$$

$$当 e^{-\frac{2k}{J}\theta}=e^{-1}\qquad \frac{2k}{J}\theta=1\quad 时\quad \omega=\sqrt{\frac{M(1-e^{-1})}{k}}\approx\sqrt{\frac{M}{k}}\quad,\quad \theta=\frac{J}{2k}$$

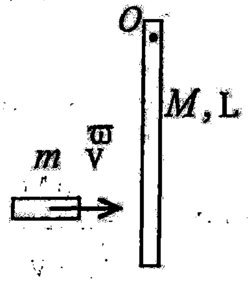
$$A=E_k=\frac{1}{2}J\omega^2-0=\frac{1}{2}J\cdot\frac{M}{k}(1-e^{-1})=\frac{JM}{2k}$$

（2）螺旋桨转动的角加速度

$$\beta=\frac{M-k\omega^2}{J}=\frac{M-k\cdot\frac{M}{k}(1-e^{-\frac{2k}{J}\theta})}{J}=\frac{1}{J}\cdot e^{-\frac{2k}{J}\theta}$$

2、

解：（1）由子弹和杆系统对悬点 O 的角动量守恒可得



$$mv\times\frac{3}{4}L=\left[\frac{1}{3}ML^2+m(\frac{3L}{4})^2\right]\omega$$

得

$$\omega=\frac{3mv}{4L\left[\frac{1}{3}M+\frac{9}{16}m\right]}$$

$$=\frac{3\times0.008\times200}{4\times0.4\times\left[\frac{1.5}{3}\times1+\frac{9}{16}\times0.008\right]}$$

$\omega=5.9465$ rad

（2）对杆、子弹和地球系统，由机械能守恒可得

$$\frac{1}{2}(\frac{1}{3}ML^2+\frac{9}{16}mL^2)\omega^2=(Mg\frac{L}{2}+mg\frac{3}{4}L)(1-\cos\theta)$$

由此得

$$\theta=\arccos\left[1-\frac{(\frac{1}{3}M+\frac{9}{16}m)L\omega^2}{(M+\frac{3}{2}m)g}\right]$$

$$=\arccos\left[1-\frac{(\frac{1.5}{3}\times1+\frac{9}{16}\times0.008)\times0.4\times5.946^2}{(1.5+\frac{3}{2}\times0.008)\times9.8}\right]=\arccos0.5185$$

$$=1.0257rad=58.768^{\circ}$$

3、

解：(1) $E=mc^2=m_ec^2/\sqrt{1-(\upsilon/c)^2}=\dfrac{9.11\times10^{-31}\times(3\times10^8)^2}{\sqrt{1-(0.97c/c)^2}}$

$$=\frac{81.99\times10^{-15}}{\sqrt{0.0591}}=\frac{81.99\times10^{-15}}{0.2431}=3.37\times10^{-15}J$$

(2)

$$E_{K0}=\frac{1}{2}m_e\text{v}^2=\frac{9.11\times10^{-31}\times(0.97\times3\times10^8)^2}{2}=\frac{77.14439\times10^{-15}}{2}$$

$$=38.57\times10^{-15}=3.86\times10^{-14}J$$

$$E_K=mc^2-m_ec^2=[(1/\sqrt{1-(\upsilon/c)^2})-1]m_ec^2$$

$$=[(1/\sqrt{1-(0.97)^2})-1]\times9.11\times10^{-31}\times(3\times10^8)^2$$

$$=255.279\times10^{-15}=2.55\times10^{-13}J$$

$\therefore\ E_{K0}/E_K=3.86\times10^{-14}/2.55\times10^{-13}=1.51\times10^{-1}=0.15$，

(3) 对动量问题，$\dfrac{m_e\upsilon}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}}=3m_e\upsilon$ ，$\dfrac{1}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}}=3$ 由此解得

$$\upsilon=2\sqrt{2}c/3=0.94c$$

4、

解：(1)作与带电圆柱筒轴而截面半径为r,长度为l的圆柱面(两端封顶)的高斯面，由高斯定律可得 $E\cdot2\pi rl=\dfrac{\sum q}{\varepsilon_0}$

当$r\le a$时，　$\sum q=\pi r^2l\rho$，　$E_{in}=\dfrac{\rho}{2\varepsilon_0}r$

$r\ge a$时，$\sum q=\pi a^2l\rho$，　$E_{out}=\dfrac{a^2\rho}{2\varepsilon_0r}$

$$\varphi_{int} = -\frac{\rho}{4\varepsilon_0}r^2$$

(2)当$r \le a$时，$\varphi_{int} = \int_r^0 E_{int}dr = \int_r^0 \frac{\rho}{2\varepsilon_0}rdr$，

当$r \ge a$时，$\varphi_{out} = \int_r^a E_{out}dr + \int_a^0 E_{int}dr = \int_r^a \frac{a^2\rho}{2\varepsilon_0 r}dr + \int_a^0 \frac{\rho}{2\varepsilon_0}rdr$

$$\varphi_{out} = \frac{a^2\rho}{4\varepsilon_0}(2\ln\frac{a}{r} - 1)$$

5、

解：(1) 由$\oint \vec{B}\cdot d\vec{r} = \mu_0 \sum I$

$$B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} + \frac{\mu_0 I_2}{2\pi(d-r)}$$

（2）磁通量为

$$\Phi = \int BdS = \int_{r_1}^{r_1+r_2} \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} ldr + \int_{r_1+r_2}^{r_1} \frac{\mu_0 I_2}{2\pi(d-r)})ldr$$

$$= \frac{\mu_0 l}{2\pi}\left[I_1 \ln\frac{r_1+r_2}{r_1} + I_2 \ln\frac{d-r_1}{d-(r_1+r_2)}\right]$$

或

$$\Phi = \int BdS = \int_{r_1}^{r_1+r_2} \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} ldr + \int_{r_3}^{r_2+r_3} \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r} ldr = \frac{\mu_0 l}{2\pi}\left[I_1 \ln\frac{r_1+r_2}{r_1} + I_2 \ln\frac{(r_2+r_3)}{r_3}\right]$$

(3) $$\Phi = \frac{\mu_0 l}{2\pi}\cdot i \ln(\frac{r_1+r_2}{r_1}\cdot\frac{d-r_1}{d-(r_1+r_2)})$$

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{\mu_0 l}{2\pi}\ln\frac{(r_1+r_2)(d-r_1)}{r_1(d-r_1-r_2)}\cdot\frac{d5sin(100\pi t)}{dt}$$

$$\varepsilon = -250\mu_0 l\cdot\ln\frac{(r_1+r_2)(d-r_1)}{r_1(d-r_1-r_2)}\cdot\cos(100\pi t)$$

$$\varepsilon = -250\times 4\pi\times 10^{-7}\times 0.25\times\ln\frac{(10+10)(40-10)}{10\times(40-10-10)}\cdot\cos(100\pi t)$$

$$= -8.624\times 10^{-5}\cos(100\pi t)\ (V)$$