1984

全国硕士研究生物理入学试题汇解

Physics for Graduates

安徽教育出版社

TJ11179/20

前　言

本书汇编了中国科学院、北京大学、清华大学、中国科学技术大学等重点院校，以及部分普通院校一九八四年硕士研究生入学物理试卷，内容包括普通物理学、理论力学、热力学·统计物理学、电动力学、量子力学等。书末附录了北京大学等四所院校联合招生和清华大学的物理综合试卷。

为了帮助读者提高分析问题和解决问题的能力，编者对一些较难的试题作了详解和多解；试题的分析思路和解题技巧贯穿于解题过程之中。对一般性试题我们大都给出提示和答案，不再赘述。

本书可供理工、师范等高等院校学生、教师及自学青年报考研究生复习应考时参考。

因编解时间短促，且资料和水平有限，如有错误和不妥之处，敬希读者匡正。

编　者

1984年10月

北京师范大学 藏书 图书馆
1257524

责任编辑：王宏金
封面设计：应梦莺

全国硕士研究生物理入学试题汇解
顾恩普　扬德田　吴以勤
缪胜清　孙增灼　丁心全
安徽教育出版社出版
（合肥市跃进路1号）
安徽省新华书店发行　　六安新华印刷厂印刷
*
开本：850×1168　1/32　印张：11.75　字数200,000
1984年12月第1版　　1984年12月第1次印刷
印数35,500
统一书号：7276·257　　定价：1.95元

目　　录

第一部分　普通物理学

第二部分　理论力学

第三部分　热力学·统计物理学

第四部分　电动力学

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第五部分 量子力学

附录 物理综合试卷

第一部分　普通物理学

中国科学院

试　卷　I

1. 质量为M、半径为r的均匀圆柱体放在粗糙的水平面上。柱的外围绕有轻绳，绳子绕过一个很轻的滑轮，并悬挂一质量为m的物体。设圆柱只滚不滑，并且圆柱体与滑轮间的绳子是水平的。求圆柱体质心的加速度a_1、物体的加速度a_2及绳中张力T。（10分）

解　分别对物体m和圆柱体列出运动方程：

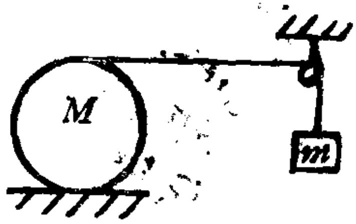


图 1－1

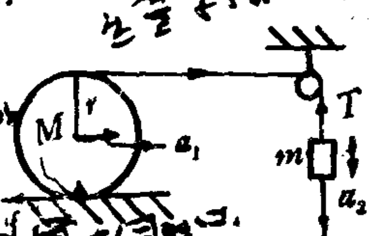


图 1－2

$$mg-T=ma_2$$

$$T(2r)=I\beta$$

其中$I=\frac{3}{2}Mr^2$，$\underline{a_2=2a_1}$，$a_1=r\beta$

联立可解得：

$$a_1=\frac{4m}{8m+3M}g$$

$$a_2=\frac{8m}{8m+3M}g$$

$$T=\frac{3m}{8m+3M}Mg$$

2. 如图1—3所示，半径为a的导体球，外罩一内半径为b、外半径为c的介质球壳，导体球的面电荷密度为σ。试求：(1)电介质球壳内距球心为r(即$b<r<c$)处的电场强度；(2)导体球表面上的电位(电势)。(10分)

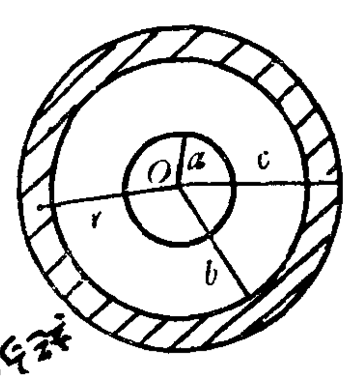


图1—3

解 (1) 求电场强度：

按高斯定理 $\oiint_S \mathbf{D}\cdot d\mathbf{S}=\Sigma q_0$

今以r为半径作球面，则有

$$\oiint_S \mathbf{D}\cdot d\mathbf{S}=4\pi r^2\cdot D=4\pi a^2\sigma$$

而 $D=\varepsilon\varepsilon_0 E$

所以 $E=\dfrac{D}{\varepsilon\varepsilon_0}=\dfrac{a^2\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$

(2) 求电势：

$$U=\int_a^b E_1 dr+\int_b^c E_2 dr+\int_c^\infty E_3 dr$$

式中E_1、E_2、E_3分别表示导体球与介质壳之间、介质壳内及介质壳外的电场强度。

而 $E_1=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}=\dfrac{a^2\sigma}{\varepsilon_0 r^2}$，$E_2=\dfrac{a^2\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$，$E_3=\dfrac{a^2\sigma}{\varepsilon_0 r^2}$

于是 $U=\displaystyle\int_a^b \frac{a^2\sigma}{\varepsilon_0 r^2}dr+\int_b^c \frac{a^2\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0 r^2}dr+\int_c^\infty \frac{a^2\sigma}{\varepsilon_0 r^2}dr$

$$=\frac{a^2\sigma}{\varepsilon_0}\left[\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{b}\right)+\frac{1}{\varepsilon}\left(\frac{1}{b}-\frac{1}{c}\right)+\frac{1}{c}\right]$$

$$=\frac{a^2\sigma}{\varepsilon_0}\left[\frac{1}{a}+(1-\frac{1}{\varepsilon})(\frac{1}{c}-\frac{1}{b})\right]$$

3. 有一极灵敏的弹簧秤，劲度系数为α，被放在绝对温度为T、重力加速为g的地方。如将质量为M的微小物体挂在弹簧

秤上，问所产生的弹簧平均伸长$\overline{x}$是多少？当物体在其平衡位置附近热涨落大到$[\overline{(\Delta x)^2}]^{\frac{1}{2}}\geqslant\overline{x}$时，测量物体质量成为不可能，问用这种秤可以测量的最小质量是多少？（10分）

解 如果没有布朗运动，则 $Mg=\alpha\overline{x}$，

所以
$$\overline{x}=\frac{Mg}{\alpha}$$

如果有布朗运动，设位移为Δx，相应的势能是

$$U=\frac{1}{2}\alpha(\Delta x)^2$$

按能量均分定律：

$$\frac{1}{2}\alpha\overline{(\Delta x)^2}=\frac{1}{2}kT$$

布朗运动引起的均方根位移涨落的大小为

$$\sqrt{\overline{(\Delta x)^2}}=\sqrt{\frac{kT}{\alpha}}$$

如果重物M引起的位移，即$\frac{Mg}{\alpha}$与$\sqrt{\overline{(\Delta x)^2}}$相当时，则分不出是哪一个产生的位移，于是测量成为不可能。所以由

$$\frac{Mg}{\alpha}=\sqrt{\overline{(\Delta x)^2}}=\sqrt{\frac{kT}{\alpha}}$$

即得这种秤可以测量的最小质量为

$$M=\frac{\sqrt{\alpha kT}}{g}$$

4. 图示装置称作图门干涉仪，即在迈克尔逊干涉仪的一臂上置一球面凸反射镜M_2，取代原平面反射镜。已知过球面镜顶点O_2的切平面M_2'与平面镜M_1相垂直，且有$IO_1=IO_2$；分束镜G与M_1、M_2'都交45°角；球面镜的曲率半径$R=10$米；点光源放在透镜L的焦点上，发射单色光

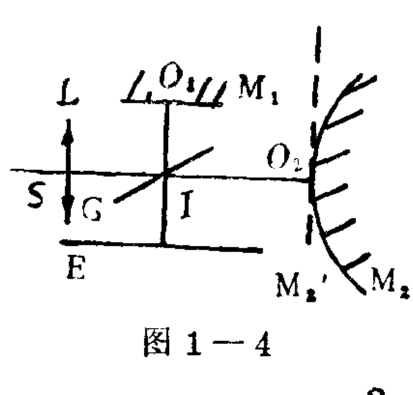


图 1－4

$\lambda=5461\text{Å}$。试求在面E处观察到三级亮纹半径，并说明当M_1朝G移动时，干涉条纹的变化。（10分）

解　点光源S在透镜L的焦点，经L折射成为与$\overline{SI}$平行的光束。经分光板分成互相垂直的两束，分别垂直投射到平面镜O_1和球面镜M_2上。为讨论方便，M_2'可看成平面镜经分光板成像的位置。这样，由O_1和M_2反射光相干涉，可看成由M_2'和M_2反射光相干涉。这和讨论牛顿环相似，干涉条纹将是以O_2为心的明暗相间同心圆环。由于$IO_1=IO_2$，故中心点O_2处光程差为零，为零级亮点。按光程差

$$\Delta=2d=k\lambda$$

故三级亮纹处"空气膜"厚度为

$$d=\frac{3\lambda}{2}=\frac{3\times5461\text{Å}}{2}=8191.5\text{Å}=8.1915\times10^{-4}\text{mm}$$

由右图1—5可求出第三级亮纹半径为

$$r^2=(2R-d)d=2Rd-d^2$$

因　$d\ll R$

故有　$r\approx\sqrt{2Rd}$

$=\sqrt{2\times10^4\times8.1915\times10^{-4}}$

$=4.0476\text{mm}$

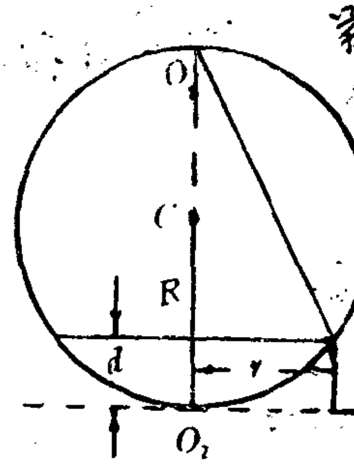


图 1－5

当M_1朝G移动时，对应的M_2'将向G平移，即M_2'与M_2间"空气膜"增厚，干涉条纹将向中心移动而"陷入"中心。同时，干涉条纹将愈来愈密。

5. 一均匀球以角速度ω转动，如果维持球体不为离心力所瓦解的唯一作用是引力。球的最低密度是多少？并用此估计蟹状星云脉冲星的密度，此脉冲星每秒转动30周，如果此脉冲星质量约为1太阳质量（$\sim2\times10^{30}$千克），它的最大可能半径是多

少？实际上脉冲星的密度更接近于核物质的密度，这时该脉冲星实际的半径数量级是多少？

（15分）

解 要维持不离散，应有

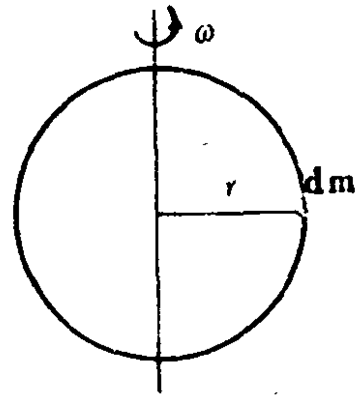


图1—6

$$dm\cdot r\omega^2 = G\frac{dm\cdot M}{r^2} \qquad (1)$$

$$M = \frac{4\pi}{3}r^3\rho \qquad (2)$$

由式(1)和(2)解得：

$$\rho = \frac{3\omega^2}{4\pi G} \qquad (3)$$

把$G = 6.67\times10^{-11}\mathrm{N\cdot m^2/(kg)^2}$，$\omega = 30\times2\pi\ \mathrm{rad/s}$代入（3）式，则得：

$$\rho = 1.3\times10^{14}\mathrm{kg/m^3}$$

[illegible] 由(2)式得：

[illegible]

$$r = \left(\frac{3M}{4\pi\rho}\right)^{\frac{1}{3}} \qquad (4)$$

把$M \approx 2\times10^{30}$kg和上述ρ值代入(4)式，得：

[illegible]

$$r = 1.6\times10^5\mathrm{m}$$

若用核物质的密度$\rho_{核} \approx 2.3\times10^{17}\mathrm{kg/m^3}$代入，则得：

[illegible]

$$r_{实} \approx 1.3\times10^4\mathrm{m}$$

6. 一个半径为R的塑料圆盘，今有总电荷q均匀分布在圆盘表面上。如果使这个圆盘以等角速度ω绕其中心垂直轴转动。试求：(1)在圆盘中心处的磁感应强度；(2)圆盘的磁偶极矩。

（15分）

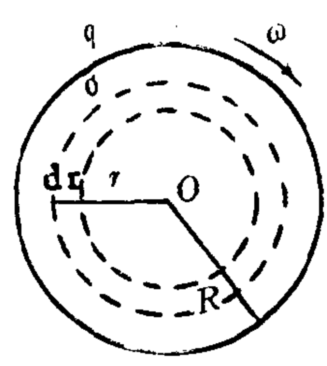


图1—7

[illegible]

解 (1) 求圆盘中心处的磁感应强度。

均匀分布的带电圆盘，可看成无限多半径自O至R的带电环组成，转

[illegible]

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

动时即形成半径连续变化的圆形电流。于是在圆盘中心产生的磁感应强度：

$$B=\int dB=\int\frac{\mu_0 dI}{2r}=\int_0^R\frac{\mu_0\cdot 2\pi r dr\cdot\sigma\omega/2\pi}{2r}$$

$$=\int_0^R\frac{\mu_0 q\omega}{2\pi R^2}dr=\frac{\mu_0 q\omega}{2\pi R}$$

(2) 求圆盘的磁偶极矩。

按电流的磁偶极矩$m=IS$，这里圆电流是沿半径连续分布的。因此，总磁偶极矩为

$$m=\int S\cdot dI=\int_0^R(\pi r^2)\cdot\left(2\pi r dr\frac{q}{\pi R^2}\cdot\frac{\omega}{2\pi}\right)$$

$$=\frac{1}{4}q\omega R^2$$

7．在图示装置中，S为单色光源，置于透镜L的焦点处，P为偏振器，L_1为此单色光的四分之一波片，其快轴与偏振器的振动轴成α角，M为平面反射镜。已知入射到偏振器的光束的光强为I_0。通过分析光束经各元件的光振动状态，求出光束返回L的光强I（用I_0、α表示）。元件对光束的吸收、散射等损耗忽略不计。（15分）

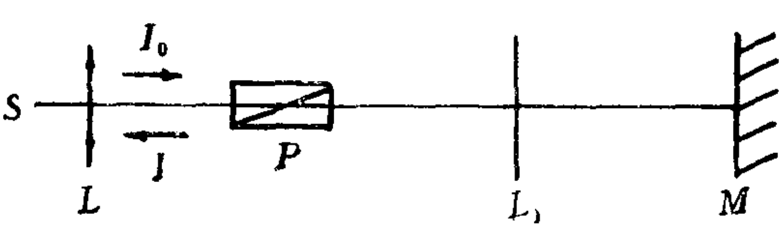
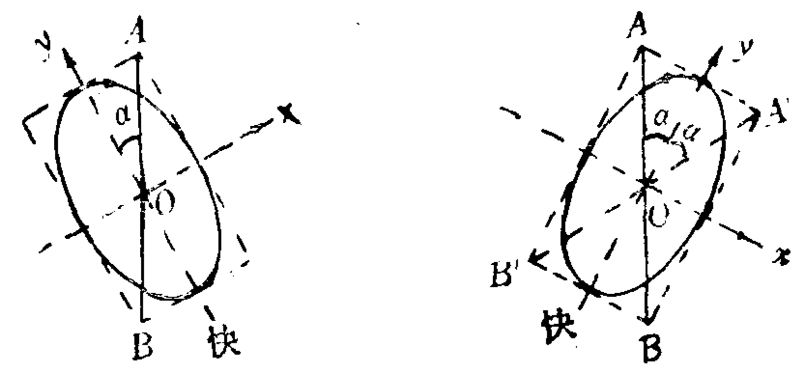


图 1—8

解　图1—9中，$\overline{AB}$表示偏振器P的偏振方向。y轴表示$\frac{\lambda}{4}$片L_1的快方向。1—9图(a)和(b)分别表示平面镜M反射前、后迎着光线看的图样。



(a) (b)

图 1—9

由P射至L_1的偏振光，经$\frac{\lambda}{4}$片L_1后，沿y方向的分振动将比沿x方向分振动位相超前$\frac{\pi}{2}$，因此自L_1射出的光成为右旋椭圆偏振光，如图(a)。经平面镜反射后，由于光线方向反转，迎着反射光看将如图(b)所示情况，成左旋椭圆偏振光。这时候按x、y方向分解，则沿x方向分振动比沿y方向分振动位相超前$\frac{\pi}{2}$（或说y方向振动超前$\frac{3}{2}\pi$。此椭圆偏振光再经$\frac{\lambda}{4}$片L_1，y方向振动位相比x方向振动位相增加$\frac{\pi}{2}$。因此，两分振动位相相同，合成振动仍成为线偏振光，且振动方向在1、3象限，如图(b)中$\overline{A'B'}$，与y轴夹角为α。由此可计算透过偏振器P后的光强。计算如下：

光强为I_0的入射光，经偏振器后光强$I_1=\frac{1}{2}I_0$。反射回来的线偏振光再经偏振器后的光强为

$$I=I_1\cos^2(2\alpha)=\frac{1}{2}I_0\cos^2(2\alpha)$$

8. 选择下列实验中的两个，说明其对近代物理的贡献，对实验装置作简单描述。写出实验结果，并对其基本物理原理作清楚解释。（15分）

a）J.J汤姆逊实验；

b）斯特恩—盖拉赫实验；　　*c*）戴维逊—盖末实验；

d）迈克逊—摩尔来实验。

解　（略）

试 卷 Ⅱ

1．一根均匀金属棒重W，它的两端用两根垂直支撑使它保持水平。在时间$t=0$时，把一根支撑拿走，问另一根支撑物此刻所受的力。（10分）

解　在$t=0$时刻，所留支撑物的受力如1—10图所示。G是重力，N是地面的支持力，P'是金属棒给予的压力。

因为　$N=G+P'$，所以本题关键在于求出P'的大小。求法如下：

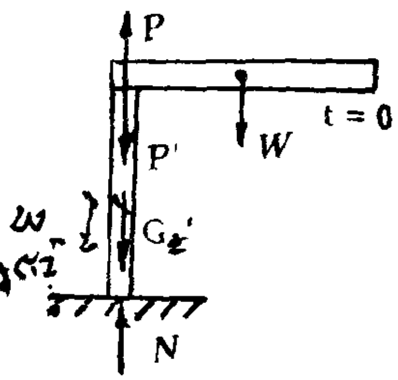


图 1—10

由金属棒的质心运动方程：

$$W-P=ma$$

和金属棒绕质心的转动规律：

$$P\left(\frac{l}{2}\right)=I\beta=\frac{1}{12}ml^2\beta$$

并考虑到

$$a=\frac{l}{2}\beta$$

则可解得

$$P=\frac{1}{4}W$$

P是支撑物给金属棒的支持力。根据牛顿第三定律，金属棒给支撑物的压力$P'=P=\frac{1}{4}W$

2．有一小质点可以在半径为1.0米的球形碗的底部无摩擦地自由滑动，试求出此质点作微小振动的周期；与它等效的摆长是多少？（10分）

解　因为小质点重力的分力$f=mg\sin\theta$，起着恢复力的作

用，显然，当$\overset{\frown}{OA}$很短时，θ也很小；这时$\sin\theta\approx\theta$，$\overset{\frown}{OA}\approx x$；则有

$$f=mg\sin\theta\approx mg\theta=mg\frac{\overset{\frown}{OA}}{R}$$

$$\approx\frac{mg}{R}x$$

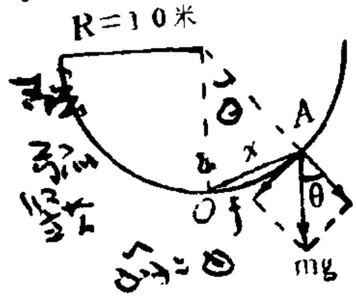


图 1—11

由于力f与位移x反向，故有：

$$f=-\frac{mg}{R}x=-kx$$

即小质点作简谐振动，所以其振动周期为

$$T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}=2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$$

把上式与单摆周期公式$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$比较可知，其等效的摆长为

$$l=R=1.0\text{米}$$

3. 如图 1—12的落锤打桩。设锤、桩质量分别为m_1和m_2，锤下落高度为h。假设地基的阻力为常数R，问落锤一次打进多大的深度

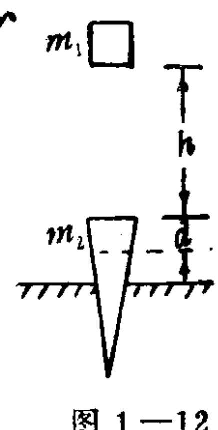


图 1—12

解 首先，由机械能守恒求出m_1与m_2碰撞前的速度为

$$v_0=\sqrt{2gh}\text{。}$$

其次，设m_1与m_2为完全非弹性碰撞，由动量守恒求出m_1与m_2开始共同运动的速度：

$$\because\quad m_1v_0=(m_1+m_2)v$$

$$\therefore\quad v=\frac{m_1}{m_1+m_2}v_0=\frac{m_1}{m_1+m_2}\cdot\sqrt{2gh}\qquad(1)$$

最后，由m_1和m_2的机械能克服阻力做功，可求得打进的

深度d：

$$\frac{1}{2}(m_1+m_2)v^2+(m_1+m_2)gd=Rd$$

把(1) 式代入，整理即得：

$$d=\frac{m_1{}^2gh}{(m_1+m_2)[R-(m_1+m_2)g]}$$

4．用细的、不导电的塑料棒弯成半径R为50厘米的圆弧，两端间空隙为$d=2$厘米，电量$Q=3.12\times10^{-9}$库仑，均匀分布在棒上，求：圆心处场强的大小和方向？

解 如图1—13所示，圆环形均匀带电体，由对称性可知，在圆心处合场强为零。将圆环分成两部分，$\overset{\frown}{AB}$及$\overset{\frown}{ADB}$。圆心处场强可以看成这两部分带电弧在圆心处场强$\mathbf{E}_1$及$\mathbf{E}_2$的矢量和。故有

$$\mathbf{E}_1+\mathbf{E}_2=0$$

即
$$\mathbf{E}_1=-\mathbf{E}_2$$

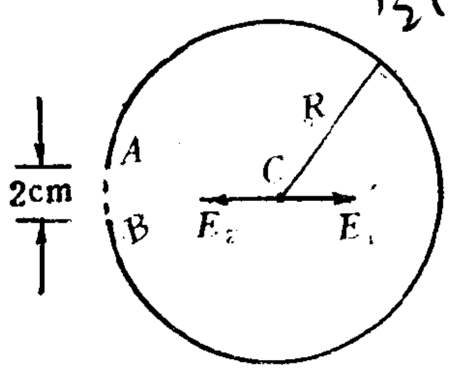


图1—13

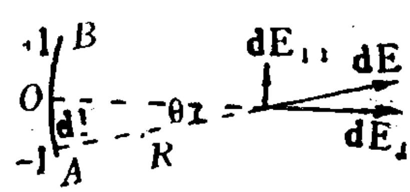


图1—14

故求出小弧$\overset{\frown}{AB}$的场强$\mathbf{E}_1$，则大弧$\overset{\frown}{ADB}$的场强$\mathbf{E}_2$即是大小等于$\mathbf{E}_1$、方向与$\mathbf{E}_1$相反。

现在我们求均匀带电、电荷线密度与大圆弧相同的小弧$\overset{\frown}{AB}$在圆心处产生的场强。如图1—14所示，元弧dl在圆心C处的场强$d\mathbf{E}$可分解为$dE_\perp$及$dE_\parallel$。由于对称性，$dE_\parallel$的和将

为零，所以C点的合场强为

$$E_1=\int dE_{\perp}=\int dE\cdot\cos\theta=\int\frac{\eta dl}{4\pi\varepsilon_0 R^2}\cos\theta \quad (1)$$

式中电荷线密度 $\eta=\frac{Q}{2\pi R-2}=10^{-11}C/cm=10^{-9}C/m$

因$R\gg l$，故有$\cos\theta\approx 1$。

将η及$\cos\theta$值代入(1)式，得

$$E_1=\int\frac{\eta dl}{4\pi\varepsilon_0 R^2}\cos\theta=\int_{-l}^{+l}\frac{10^{-9}}{4\pi\varepsilon_0 R^2}dl$$

$$=\frac{2l\cdot 10^{-9}}{4\pi\varepsilon_0 R^2} \quad (2)$$

已知$l=1cm=10^{-2}m$，$\varepsilon_0=8.85\times10^{-12}C^2/N\cdot m^2$，$R=0.5m$，代入(2)式得

$$E_1=0.719N/C$$

所以带电大圆弧$\overset{\frown}{ADB}$在圆心产生的场强

$$E_2=E_1=0.719N/C，方向与\mathbf{E}_1相反。$$

5.（1）写出电磁场麦克斯韦方程组的微分形式，并用文字叙述其内容。

（2）如果两电介质分界面上没有自由电荷时，分界面两边的电位移矢量**D**和电场强度**E**所必须同时满足的边界条件。

（10分）

解（略）

6．稳恒电流I如图1—15所示，求圆中心P处磁感应强度$\mathbf{B}_P$，并在P点用⊙、⊗表示**B**的方向？

解　电流可分成四段：AB、BC、CD及DA。

BC、DA两段和圆心P在一条直线上，故BC、DA对P点磁感应强度B无贡献。

AB段在P点的磁感应强度为

$$B_{AB}=\frac{1}{2}\frac{\mu_0 I}{2R_2}，方向垂直纸面向下。$$

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com