蜂考速成课

《电磁学》

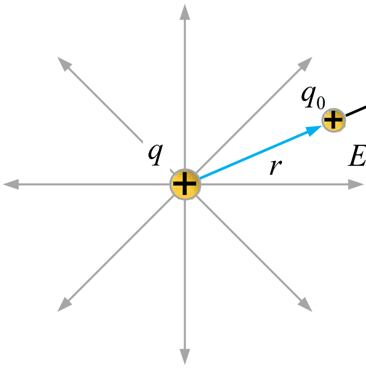
习题答案

（微信扫一扫）

课时一　电场强度

考点		重要程度	占分	常见题型
求电场强度 $\vec{E}$	1. 离散型	★★	$0\sim3$	选择/填空
	2. 连续型	★★★★★	$5\sim10$	选择/填空/大题
	3. 结论型			

1. 求电场强度—离散型



$$F=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q\cdot q_0}{r^2}$$

$$E=\frac{F}{q_0}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{r^2}$$

库伦定律：$F=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q\cdot q_0}{r^2}$

(1) 同性相斥，异性相吸

(2) 电场力跟 q,q_0 电量成正比，跟 r^2 成反比

(3) 真空介电常量：$\varepsilon_0=8.85\times10^{-12}\ C^2/(N\cdot m^2)$

电场强度：$E=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{r^2}$　（矢量，有大小有方向）

(1) $\vec{E}$ 方向判定：将正电荷放入电场中，受力方向即 $\vec{E}$ 的方向.

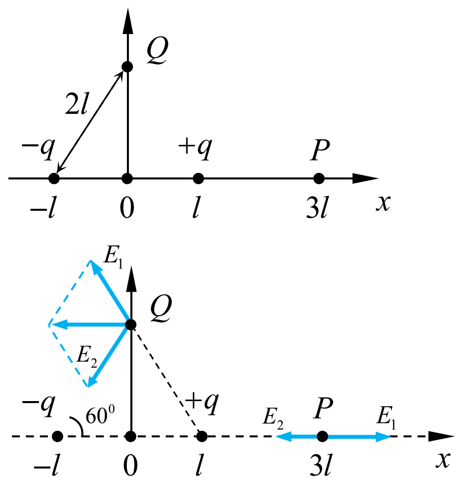
(2) 电场强度跟场源电荷 q 和位置 r 有关，与试探电荷 q_0 无关.

题 1. 在点电荷 q_1 激发的电场中有一试探电荷 q_0 受力为 $\vec{F}$，若将另一个点电荷 q_2 移入该区域后，q_0 与 q_1 之间的作用力将（　）

A. 不变　　*B.* 变大　　*C.* 变小　　*D.* 无法确定

解：$F=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1\cdot q_0}{r^2}$ 只与两电荷量和相对位置有关，故选 A.

题 2. 如图所示，求在 P 点和 Q 点处的场强和方向？



解：P 点：$E=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{(2l)^2}-\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{(4l)^2}=\frac{3q}{64\pi\varepsilon_0 l^2}$

方向沿 x 轴正方向

Q 点：$E_1=E_2=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{(2l)^2}=\frac{q}{16\pi\varepsilon_0 l^2}$

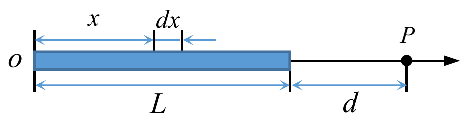
$E=E_2=\frac{q}{16\pi\varepsilon_0 l^2}$　　方向沿 x 轴负方向

2. 求电场强度—连续型

$$dE=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{dq}{r^2}\qquad E=\int dE=\int\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{dq}{r^2}$$

题 1. 均匀带电细棒，棒长 L，电荷线密度 λ，求：棒的延长线上与棒的右端相距 d 处的场强。

解：在带电棒上取一线元 dx



dx 所带的电荷量：$dq=\lambda\cdot dx$

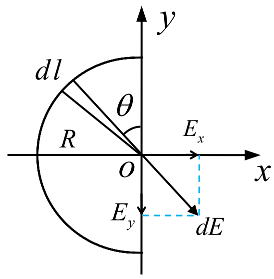
则在 P 处：$dE=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\dfrac{\lambda\cdot dx}{(L+d-x)^2}$

$$E=\int dE=\int_0^L\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\lambda}{(L+d-x)^2}dx=\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{d}-\frac{1}{L+d}\right)$$

题 2 一个半径为 R 的均匀带正电半圆环，电荷线密度为 λ，求环心处 O 点的场强。

解：在半圆环上任取线元 dl，则 dl 所带的电量：$dq=\lambda\cdot dl$

在 o 点产生的场强：$dE=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\dfrac{\lambda\cdot dl}{R^2}=\dfrac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0R^2}dl$



$$dE_x=dE\cdot\sin\theta=\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0R^2}\sin\theta dl$$

$$dE_y=dE\cdot\cos\theta=\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0R^2}\cos\theta dl$$

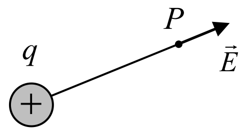
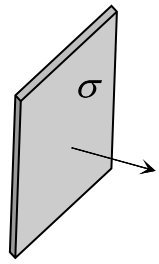
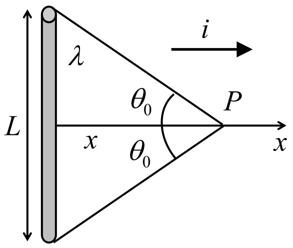
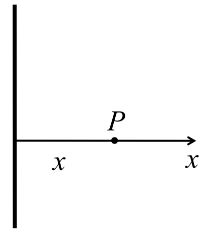
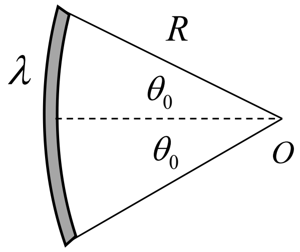
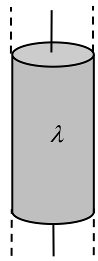
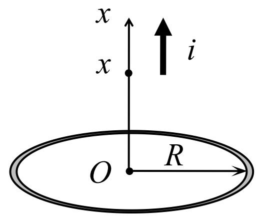
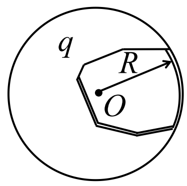
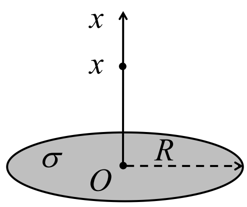
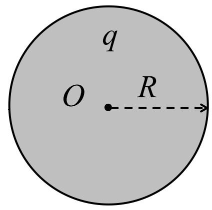
注：$dl=Rd\theta$

$$E_x=\int dE_x=\int\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0R^2}\sin\theta dl=\int_0^\pi\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0R^2}\sin\theta\cdot Rd\theta=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0R}$$

$$E_y=\int dE_y=\int\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0R^2}\cos\theta dl=\int_0^\pi\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0R^2}\cos\theta\cdot Rd\theta=0$$

故 $E=E_x=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0R}$　　方向朝 x 正方向

一些常见带电体产生的电场强度

点电荷 $E=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{r^2}$  	均匀带电无限大平面 $E=\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ （方向垂直平面） 
长为 L 的均匀带电直棒中垂线上 $E=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 x}\sin\theta_0\ \vec{i}$  	均匀带电无限长直线 $E=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 x}$ （方向垂直直线） 
线密度为 λ 的一段圆弧的圆心处 $E=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 R}\sin\theta_0$  	半径为 R，线密度为 λ 的无限长均匀带电圆柱体 $E=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\quad(r>R)$ $E=\dfrac{\lambda r}{2\pi\varepsilon_0 R^2}\quad(r<R)$ 
均匀带电细圆环轴线上一点 $E=\dfrac{qx}{4\pi\varepsilon_0(R^2+x^2)^{3/2}}\vec{i}$  	均匀带电球面 $E=0\quad(r<R)$ $E=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\quad(r>R)$ 
均匀带电圆盘轴线上一点 $E=\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left[1-\dfrac{x}{\sqrt{R^2+x^2}}\right]\vec{i}$  	均匀带电球体 $E=\dfrac{qr}{4\pi\varepsilon_0 R^3}\quad(r<R)$ $E=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\quad(r>R)$ 

3. 求电场强度—结论型

题 1. 均匀带电“无限大”平面上的面电荷密度为 σ_0，其场强与场点到带电平板的距离无关，其场强大小为__________

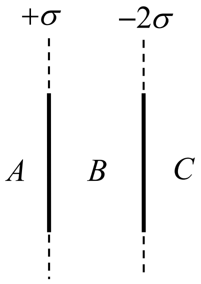
解：$E=\dfrac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}$

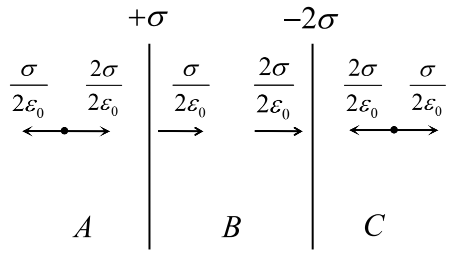
题 2. 真空中两个平行的“无限大”均匀带电平面，电荷面密度为 $+\sigma$ 和 -2σ（如图），则 A,B,C 三个区域的场强分别为：$\vec{E}_A=$___ $\vec{i}$，$\vec{E}_B=$___ $\vec{i}$，$\vec{E}_C=$___ $\vec{i}$（设水平方向向右为正方向）。

解：A 区　$\vec{E}_A=\dfrac{2\sigma}{2\varepsilon_0}-\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}=\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

B 区　$\vec{E}_B=\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}+\dfrac{2\sigma}{2\varepsilon_0}=\dfrac{3\sigma}{2\varepsilon_0}$

C 区　$\vec{E}_C=\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}-\dfrac{2\sigma}{2\varepsilon_0}=-\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$





题 3. 一宽为 b 的无限长均匀带电平面薄板，其电荷面密度为 σ，如图所示。试求平板所在平面内，距薄板边缘为 a 处的电场强度。

解：薄板内任取一窄条，宽为 dx

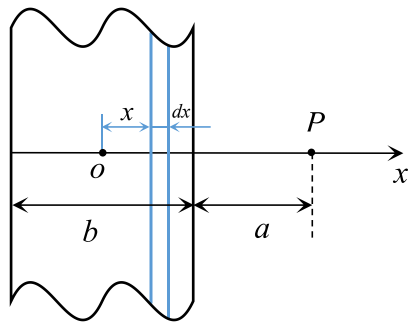
则窄条可视为无线长带电线，线密度：$\lambda=\sigma dx$

无限长带电线在 P 点场强：

$$dE=\frac{\sigma dx}{2\pi\varepsilon_0(a+\frac{b}{2}-x)}$$

整个薄板在 P 点场强：

$$E=\int dE=\int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}}\frac{\sigma dx}{2\pi\varepsilon_0(a+\frac{b}{2}-x)}=\frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\ln\frac{a+b}{a}$$

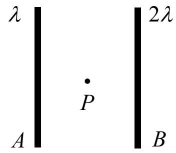


课时一　练习题

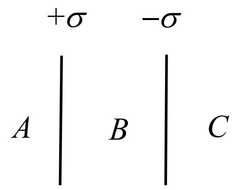
1. 在边长为 a 的正立方体中心放置一电荷量为 Q 的点电荷，则正立方体顶角处的电场强度的大小为（　）

$A.\ \dfrac{Q}{6\pi\varepsilon_0a^2}$　$B.\ \dfrac{Q}{3\pi\varepsilon_0a^2}$　$C.\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0a^2}$　$D.\ \dfrac{Q}{12\pi\varepsilon_0a^2}$

2. 两根相互平行的无限长均匀带正电的直线，相距为 d，电荷线密度分别为 λ 和 2λ，若 P 点处于两根带电线的平面内，且到两根带电线的距离相等，则 P 点处的电场强度大小为_____。



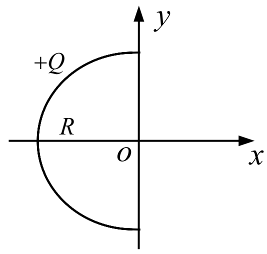
3. 两个平行的无限大均匀带电平面。其电荷面密度分别为 $+\sigma$ 和 $-\sigma$。规定水平向右为正，求 A,B,C 三个区域中电场强度。



4. 面电荷密度为 2σ 的无限大的均匀带电平面旁的电场强度大小为________。

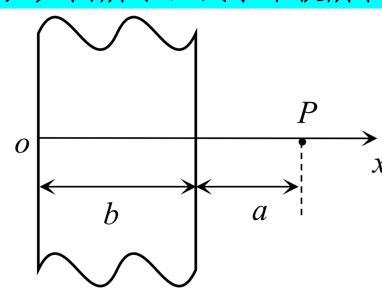
5. 由一根绝缘细线围成的边长为 l 的正方形线框，使它均匀带电，其电荷线密度为 λ。则在正方形中心处的电场强度的大小 $E=$________。

6. 一细棒被弯成半径为 R 的半圆形，其上部均匀分布有电荷 $+Q$，下部均匀分布电荷 $-Q$，求圆心 O 处的电场强度。



7. 如图。一长为 L 的均匀带电细棒 AB，电荷线密度为 $+\lambda$，求棒的延长线上与 B 端相距为 d 的 P 点的电场强度的大小和方向（以 P 点为坐标原点 O，沿细棒 BA 为 x 轴建立坐标系）

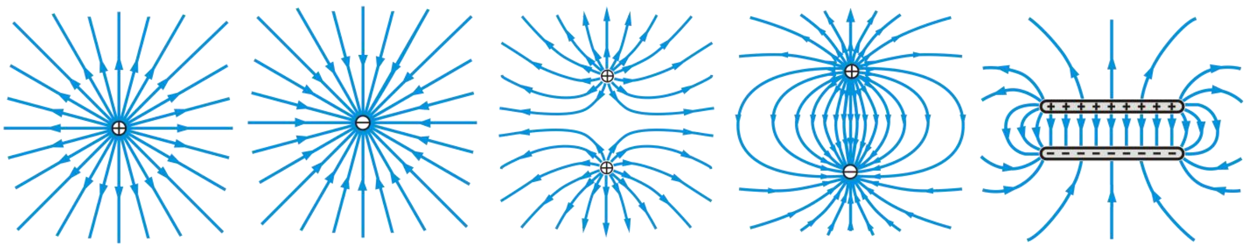
8. 一宽为 b 的无限长均匀带电平面薄板，其电荷面密度为 σ，如图所示。试求平板所在平面内，距薄板边缘为 a 处的电场强度。



课时二　　电通量、高斯定理

考点	重要程度	占分	常见题型
1.电通量	★★★★	0～3	选择、填空
2.高斯定理求场强	必考	5～10	大题

欣赏几个电场线的图片



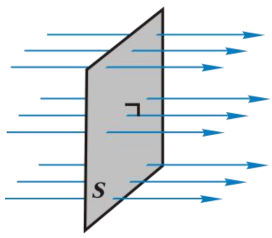
电场线几点注意事项：

(1) 电场线总是起自正电荷，终止于负电荷。

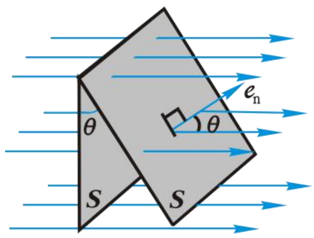
(2) 电场线不会自成闭合线，任意两条电场线也不会相交。

(3) 电场线密度大的地方，电场强度 E 越大。

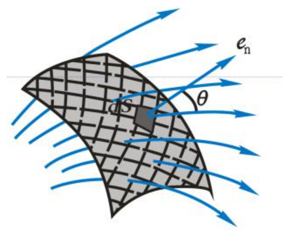
1. 电通量



$\Phi_e = E \cdot S$



$\Phi_e = E \cdot S\cos\theta$



$d\Phi_e = \vec{E} \cdot d\vec{S}$　　$d\Phi_e = \int d\Phi_e = \int \vec{E} \cdot d\vec{S}$

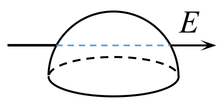
电通量：$\Phi_e = E \cdot S$

(1) E 和 S 必须是垂直关系

(2) 对于曲面，向外穿出为正，向内穿入为负

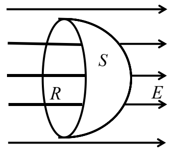
题 1.一电场强度为 $\bar{E}$ 的均匀电场，$\bar{E}$ 的方向沿 x 轴正向，则通过图中一半径为 R 的半球面的电场强度通量为（ ）

$A.\ \dfrac{\pi R^2 E}{2}$　　$B.\ 0$　　$C.\ 2\pi R^2 E$　　$D.\ \pi R^2 E$



解：穿进等于穿出，故 Φ_e=0，选 B

题 2.如图，在电场强度 E 的匀强电场中，有一半径为 R 的半球面，场强 E 的方向与半球面对称轴平行，穿过此半球面的电通量为（ ）

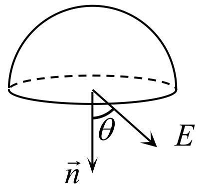


$A.\ 2\pi R^2E$ $B.\ \sqrt{2}\pi R^2E$ $C.\ \pi R^2E$ $D.\ \frac{\pi R^2E}{2}$

解：选 C。涉及动画演示，请观看视频课程

题 3.有一半径为 R 的半球面如图所示，放在均匀电场中，通过半球面的电通量（ ）

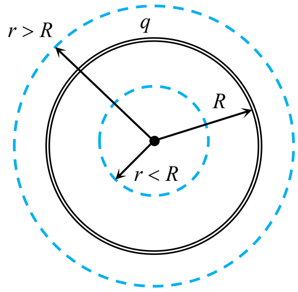
$A.\ 2\pi R^2E$ $B.\ -\pi R^2E$ $C.\ 2\pi R^2\cos\theta$ $D.\ -\pi R^2E\cos\theta$



解：选 D。涉及动画演示，请观看视频课程

2. 静电场中的高斯定理 $\Phi_e=\oint\vec{E}\cdot d\vec{S}=\frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_{内}$

题 1.求电荷量为 q 的均匀带电球壳内外场强分布。

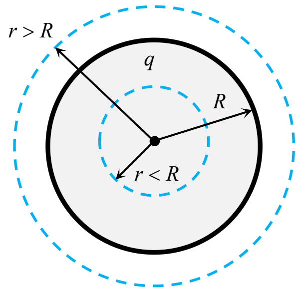


解：由 $\oint\vec{E}\cdot d\vec{S}=E\cdot\oint dS=E\cdot 4\pi r^2=\frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_{内}$ $\Rightarrow E=\frac{\sum q_{内}}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

$r<R$ 时，$\sum q_{内}=0$ $\Rightarrow E=0$

$r>R$ 时 $\sum q_{内}=q$ $\Rightarrow E=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

题 2.半径为 R 的球体，均匀带电 q，试求场强分布。



解：由 $\oint\vec{E}\cdot d\vec{S}=E\cdot 4\pi r^2=\frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_{内}$ $\Rightarrow E=\frac{\sum q_{内}}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

体密度：$\rho=\frac{q}{V}=\frac{q}{\frac{4}{3}\pi R^3}=\frac{3q}{4\pi R^3}$

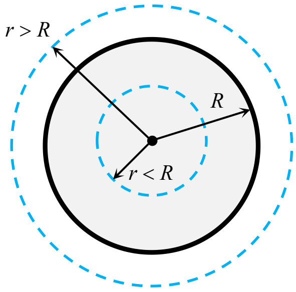
$r<R$ 时 $\sum q_{内}=\rho\cdot V_r=\frac{3q}{4\pi R^3}\cdot\frac{4}{3}\pi r^3=\frac{qr^3}{R^3}$

故 $E=\frac{\frac{qr^3}{R^3}}{4\pi\varepsilon_0 r^2}=\frac{qr}{4\pi\varepsilon_0 R^3}$

$r>R$ 时 $\sum q_{内}=q$ 故 $E=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

题 3.一半径为 R 的带电球体，其电荷密度 $\rho = A\cdot r\ (A>0)$,试求球内外的场强分布。

解：由 $\oint \vec{E}\cdot d\vec{S} = E\cdot 4\pi r^2 = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_{内} \quad \Rightarrow E = \frac{\sum q_{内}}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$



$r<R$ 时 $\sum q_{内} = \int \rho dV = \int_0^r Ar\cdot 4\pi r^2 dr = \pi A r^4$

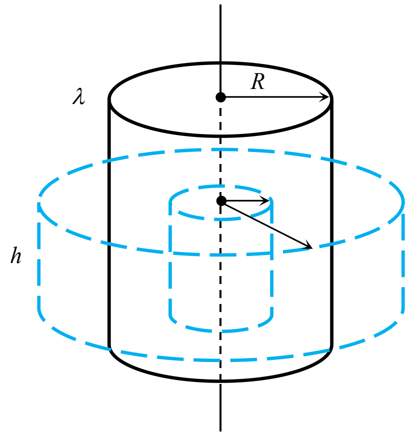
故 $E = \frac{\pi A r^4}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{Ar^2}{4\varepsilon_0}$

$r>R$ 时 $\sum q_{内} = \int \rho dv = \int_0^R Ar\cdot 4\pi r^2 dr = \pi A R^4$

故 $E = \frac{\pi A R^4}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{AR^4}{4\varepsilon_0 r^2}$

题 4.求半径为 R，线密度为 λ 的无限长均匀带电圆柱体内外场强分布。

解：由 $\oint \vec{E}\cdot d\vec{S} = E\cdot 2\pi rh = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_{内} \quad \Rightarrow E = \frac{\sum q_{内}}{2\pi\varepsilon_0 rh}$



$r<R$ 时 $\sum q_{内} = \frac{\lambda h}{\pi R^2 h}\cdot \pi r^2 h = \frac{r^2}{R^2}\lambda h$

故 $E = \frac{\frac{r^2}{R^2}\lambda h}{2\pi\varepsilon_0 rh} = \frac{\lambda r}{2\pi\varepsilon_0 R^2}$

$r>R$ 时 $\sum q_{内} = \lambda h$

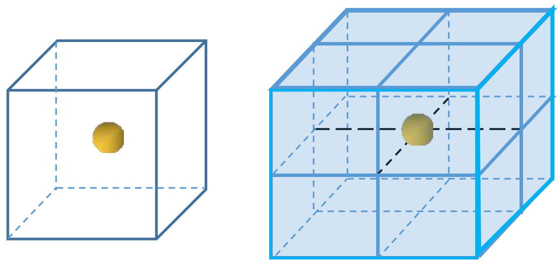
故 $E = \frac{\lambda h}{2\pi\varepsilon_0 rh} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$

题 5.点电荷 q 位于一边长为 a 的立方体中心，试求：

（1）在该点电荷电场中穿过立方体的任一个面的电通量；

（2）若将该场源点电荷移动到立方体的一个顶点上，则穿过立方体各面的电通量。

解：（1）$\Phi_e = \oint_S \vec{E}d\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0} \quad \Rightarrow \Phi_e' = \frac{\Phi_e}{6} = \frac{q}{6\varepsilon_0}$



（2）$\Phi_e = \oint_S \vec{E}d\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0} \quad \Rightarrow \Phi_e' = \frac{\Phi_e}{24} = \frac{q}{24\varepsilon_0}$

与电荷相连的 3 个面，$\Phi_e' = 0$；与电荷不相连的 3 个面，各面的电通量 $\Phi_e' = \frac{q}{24\varepsilon_0}$

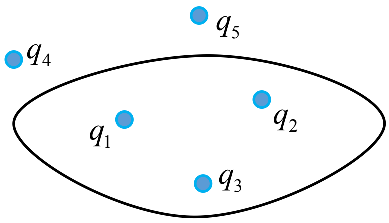
注意事项：$\Phi_e=\oint\vec{E}\cdot d\vec{S}=\frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_{内}$

(1) 电通量与高斯面内电荷有关，与电荷的位置以及高斯面外电荷无关

(2) $\sum q_{内}$ 是指高斯面内的净电荷（所有正负电荷的代数和）

(3) 高斯面上的场强 E，不仅由面内电荷影响，还由面外电荷影响

题 6. 点电荷 q_1, q_2, q_3, q_4, q_5 在真空中的分布如图所示，图中为闭合曲面，则通过该闭合曲面的电场强度通量为（）

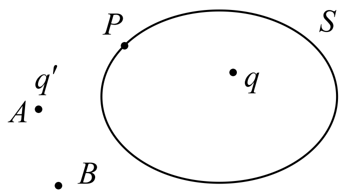


$A.\ \frac{q_1+q_3+q_4}{\varepsilon_0}$　　$B.\ \frac{q_1+q_2+q_3+q_4+q_5}{\varepsilon_0}$

$C.\ \frac{q_2+q_3+q_5}{\varepsilon_0}$　　$D.\ \frac{q_1+q_2+q_3}{\varepsilon_0}$

答案：D　（涉及动画演示，请观看视频课程）

题 7. 如图所示，闭合曲面 S 内有一点电荷 q，P 为 S 面上任一点，S 面外有一点电荷 q'，设通过 S 的电通量为 Φ，P 点的场强为 $\vec{E}_P$，当 q' 从 A 点移动到 B 点时（ ）



$A.$ Φ 改变，$\vec{E}_P$ 不变　　$B.$ $\Phi, \vec{E}_P$ 都不变

$C.$ $\Phi, \vec{E}_P$ 都改变　　$D.$ Φ 不变，$\vec{E}_P$ 改变

答案：D　（涉及动画演示，请观看视频课程）

题 8. 在高斯定理中，$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S}=\frac{q}{\varepsilon_0}$，$S$ 和 q 的物理意义是（ ）

$A.$ S 为闭合面，q 为 S 内的总电量

$B.$ S 为闭合面，q 为空间总电量

$C.$ S 为任意曲面，q 为 S 上分布的电量

$D.$ S 为任意曲面，q 为空间总电量

答案：A　（涉及动画演示，请观看视频课程）

题 9.对于高斯定理$\oint \vec{E}\cdot d\vec{S}=\dfrac{q}{\varepsilon_0}$，以下说法正确的是（ ）

$A.$高斯面上的场强仅由高斯面内的电荷所产生

$B.$若$\oint \vec{E}\cdot d\vec{S}=0$，则高斯面内必无任何电荷分布

$C.$若高斯面上的场强处处为零，则高斯面内无净电荷

$D.$高斯面内净电荷等于零，则高斯面上的场强也必等于零

答案：C （涉及动画演示，请观看视频课程）

题 10.关于高斯定理的理解有下面几种说法，其中正确的是（ ）

$A.$如果高斯面内无电荷，则高斯面上$\vec{E}$处处为零

$B.$如果高斯面上$\vec{E}$处处不为零，则该面内必有电荷

$C.$如果高斯面上$\vec{E}$处处为零，则该面内必无电荷

$D.$如果高斯面内净电荷不为零，则通过该面的电通量必不为零

答案：D （涉及动画演示，请观看视频课程）

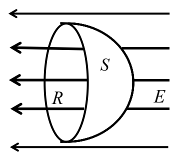
课时二 练习题

1. 穿过某个面上的电场线的根数，称为该面上的（）

$A.$电通量 $B.$电场强度 $C.$电势 $D.$电动势

2. 场强为$\vec{E}$的均匀电场与半径为R的半球面的轴线平行，则通过半球面的电通量Φ_e等于（）

$A.0$ $B.$ $-\pi R^2E$ $C.$ $4\pi R^2E$ $D.$ $-2\pi R^2E$



3. 求电荷量线密度为λ的无限长导线周围场强分布。

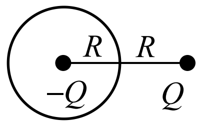
4. 请用高斯定理求面密度为σ的无限大均匀带电平面的场强。

5. 请将讲义中静电场高斯定理（2.题1—2.题4）务必自己推导一遍，很重要!!!

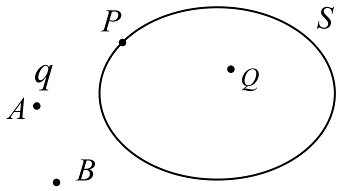
6. 一半径为R的均匀带电球面，其电荷面密度为σ，该球面内、外的场强分布为（$\vec{r}$表示从球心引出的矢径）：$E(\vec{r})$=________（$r<R$），$E(\vec{r})$=______（$r>R$）.

7. 点电荷q位于一边长为a的立方体顶点，试求：穿过立方体各面的电通量。

8. 如图所示，真空中有两个点电荷电量分别为Q和$-Q$，相距$2R$。若以负电荷所在点为中心，以R为半径作高斯球面S，则通过该球面的电场强度通量Φ_e=__________。



9. 如图所示，点电荷Q被曲面S所包围，P是S面上的一点，在S外A点有一点电荷，若将q移至B点，则正确的是（）



A. 曲面S的电场强度通量不变，曲面上各点场强不变。

B. 曲面S的电场强度通量变化，曲面上各点场强不变。

C. 曲面S的电场强度通量变化，曲面上各点场强变化。

D. 曲面S的电场强度通量不变，曲面上各点场强变化。

10. 下列说法正确的是（）

A. 闭合曲面上各点电场强度都为零时，曲面内一定没有电荷。

B. 闭合曲面上各点电场强度都为零时，曲面内电荷的代数和必为零。

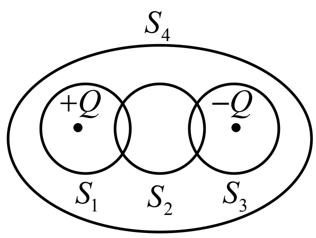
C. 闭合曲面的电场强度通量为零时，曲面上各点的电场强度必为零。

D. 闭合曲面上的电场强度通量不为零时，曲面上任意一点的电场强度都不可能为零。

11. 如图所示，在点电荷$+Q$和$-Q$的静电场中，做如下的四个闭合曲面作为高斯面，以下几个选项错误的是（）

A. $\Phi_{e1}=\oint_{s1}\vec{E}\cdot d\vec{S}=\dfrac{Q}{\varepsilon_0}$　　B. $\Phi_{e2}=\oint_{s2}\vec{E}\cdot d\vec{S}=0$

C. $\Phi_{e3}=\oint_{s3}\vec{E}\cdot d\vec{S}=\dfrac{Q}{\varepsilon_0}$　　D $\Phi_{e4}=\oint_{s4}\vec{E}\cdot d\vec{S}=0$



12. 一点电荷，放在球形高斯面的中心处，下列哪一种情况，通过高斯面的电场强度通量发生变化（）

A. 将另一点电荷放在高斯面外。

B. 将另一点电荷放进高斯面内。

C. 将球心处的点电荷移开，但仍在高斯面内。

D. 将高斯面半径缩小。

13. 已知一高斯面所包围的体积内电荷代数和$\sum q=0$，则可肯定（）

A. 高斯面上各点场强均为零。

B. 穿过高斯面上每一面的电场强度通量均为零。

C. 穿过整个高斯面的电场强度通量为零。

D 以上说法均不对。

课时三　电势、电势能

考点	重要程度	占分	常见题型
1. 电势	必考	5～10	大题
2. 电势能	★★★	0～3	选择、填空
3. 电势与电场关系	★★★	3～5	选择、填空

1. 电势

静电场中电势
(1) 电势是标量，有大小正负，无方向
(2) 零势能点可以任意选取，不同的零势能点对应的电势不同
(3) 电势在数值上等于单位正电荷从该点沿任意路径到零势能点电场力做功

求电势三种类型（无穷远为零势能点）：

① 离散型：$V=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

② 连续性：$dV=\dfrac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r}$　　$V=\int\dfrac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r}$

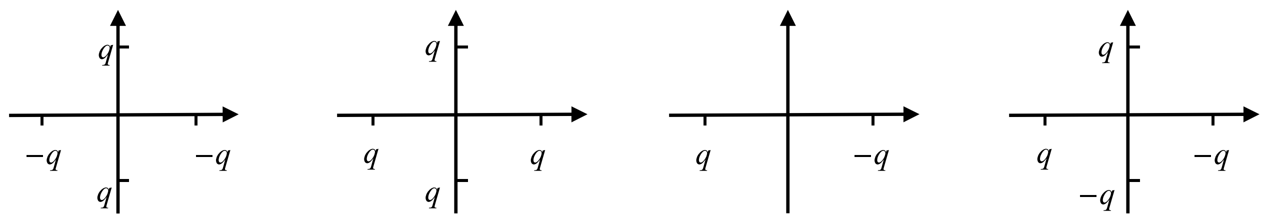
③ 已知场强求电势：$V=\int_{起点}^{\infty}\vec{E}\cdot d\vec{l}$

①电势—离散型

题 1. 点电荷 Q 的场强表达式为 E=__________，其电势表达式为 V =__________

解：$E=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$　　$V=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

题 2. 下面四个图中有两个或四个大小相等的点电荷 q 与原点等距离分布在 XOY 平面上，设无限远处为电势零点，则原点处场强和电势均为零的是（ ）



A　　B　　C　　D

答案：A. 涉及动画演示，详解见视频课程

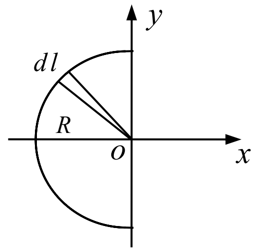
②电势—连续型

题 1.一均匀带电半圆环，半径为 R，电量为 $+Q$，求环心处的电势。

解:带电圆环上取线元 dl

则 dl 所带的电量：$dq=\frac{Q}{\pi R}\cdot dl$

在 O 点产生的电势：



$$dV=\frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r}=\frac{Qdl}{4\pi^2\varepsilon_0 R^2}$$

$$V=\int dV=\int_0^{\pi R}\frac{Qdl}{4\pi^2\varepsilon_0 R^2}=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$$

题 2.一绝缘细棒弯成半径为 R 的1/4圆形环，使之均匀带正电，电荷线密度为 $+\lambda$，设无穷远处为电势零点，则在1/4圆环圆心 O 处的电势为（）

$A.\ \frac{\lambda}{8\varepsilon_0}$　　$B.\ \frac{\lambda}{\varepsilon_0}$　　$C.\ \frac{\lambda}{2\varepsilon_0}$　　$D.\ \frac{\lambda}{4\varepsilon_0}$

解:1/4圆形环带电量：$Q=\lambda\cdot\frac{1}{4}\times 2\pi R=\frac{1}{2}\pi R\lambda$

所以在 O 点的电势:$V=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}=\frac{\frac{1}{2}\pi R\lambda}{4\pi\varepsilon_0 R}=\frac{\lambda}{8\varepsilon_0}$

> 若圆环、半圆环或者部分圆环
>
> 只要求出总带电量 Q
>
> 则在圆心处：$V=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$

③已知场强求电势：

题 1.求电荷量为 q 的均匀带电球壳内外电势分布。

解：由 $\oint\vec{E}\cdot d\vec{S}=E\cdot 4\pi r^2=\frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_{内}\quad\Rightarrow E=\frac{\sum q_{内}}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

$r<R$ 时　$\sum q_{内}=0\quad\Rightarrow E_1=0$

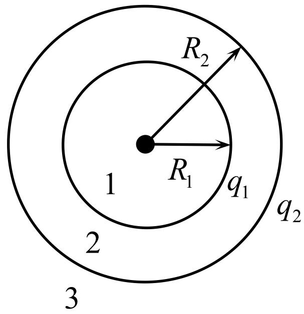
$r>R$ 时　$\sum q_{内}=q\quad\Rightarrow E_2=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

$r<R$ 时　$V=\int\vec{E}d\vec{l}=\int_r^R E_1\,dr+\int_R^\infty E_2 dr=\int_r^R 0\,dr+\int_R^\infty\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R}$

$r>R$ 时　$V=\int\vec{E}d\vec{l}=\int_r^\infty E_2\,dr=\int_r^\infty\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

题 2.如图所示，在半径为 R_1 和 R_2 的两个同心球面上分别均匀带电 q_1 和 q_2，求：三个区域内的电势分布

解：（1）由 $\oint \vec{E}\cdot d\vec{S} = E\cdot 4\pi r^2 = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_{内} \quad \Rightarrow E=\frac{\sum q_{内}}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$



$r<R_1$ 时　　$\sum q_{内}=0$　　$E_1=0$

$R_1<r<R_2$ 时　　$\sum q_{内}=q_1$　　$E_2=\frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

$r>R_2$ 时　　$\sum q_{内}=q_1+q_2$　　$E_3=\frac{q_1+q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

(2)电势分布：

$r<R_1$ 时　　$V_1=\int_r^{R_1}0dr+\int_{R_1}^{R_2}\frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr+\int_{R_2}^{\infty}\frac{q_1+q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_2}{R_2}+\frac{q_1}{R_1}\right)$

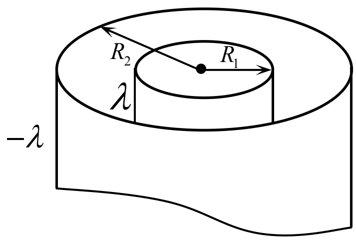
$R_1<r<R_2$ 时　　$V_2=\int_r^{R_2}\frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr+\int_{R_2}^{\infty}\frac{q_1+q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1}{r}+\frac{q_2}{R_2}\right)$

$r>R_2$ 时　　$V_3=\int_r^{\infty}\frac{q_1+q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr=\frac{q_1+q_2}{4\pi\varepsilon_0 r}$

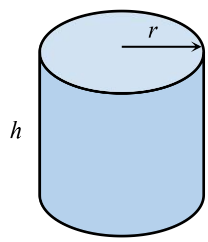
题 3.半径为 R_1 和 R_2 的两个无限长同轴圆柱面，单位长度上分别带有电量 λ 和 $-\lambda$，试求：

(1) 空间场强分布；

(2) 两圆柱面之间的电势差。



解：（1）由 $\oint \vec{E}\cdot d\vec{S} = E\cdot 2\pi rh = \frac{\sum q_{内}}{\varepsilon_0} \quad \Rightarrow E=\frac{\sum q_{内}}{2\pi r\varepsilon_0 h}$



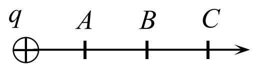
$r<R_1$　　$\sum q_{内}=0$　　$E_1=0$

$R_1<r<R_2$　　$\sum q_{内}=\lambda h$　　$E_2=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$

$r>R_2$　　$\sum q_{内}=\lambda h-\lambda h=0$　　$E_3=0$

（2）$V_{AB}=\int_{R_1}^{R_2}E_2dr=\int_{R_1}^{R_2}\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}dr=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\frac{R_2}{R_1}$

题 4. 一电荷 $q=10^{-9}C$，A,B,C 三点分别距离该点电荷 $10cm$，$20cm$，$30cm$。若选 B 点电势为零，则 A 点的电势为______，C 点的电势为______。



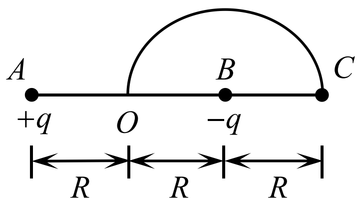
解：q 在距离 r 处的电场强度：$E=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

$$V_A=\int_{r_A}^{r_B}\vec{E}d\vec{l}=\int_{r_A}^{r_B}\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_A}-\frac{1}{r_B}\right)=\frac{10^{-9}}{4\pi\times8.85\times10^{-12}}\left(\frac{1}{0.1}-\frac{1}{0.2}\right)=45\quad(V)$$

$$V_C=\int_{r_C}^{r_B}\vec{E}d\vec{l}=\int_{r_C}^{r_B}\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_C}-\frac{1}{r_B}\right)=\frac{10^{-9}}{4\pi\times8.85\times10^{-12}}\left(\frac{1}{0.3}-\frac{1}{0.2}\right)=-15\quad(V)$$

2. 电势能

题 1. 如图所示，在 A、B 两点处有电量分别为 $+q$，$-q$ 的点电荷，A、B 间的距离为 $2R$，现将另一正试验点电荷 q_0 从 O 点经半圆弧移动到 C 点，电场力所做的功为____。



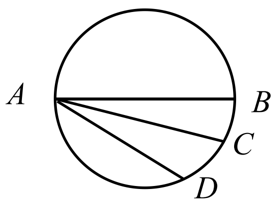
解：O 点电势 $V_O=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 R}+\dfrac{-q}{4\pi\varepsilon_0 R}=0$

C 点电势 $V_C=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0\cdot 3R}+\dfrac{-q}{4\pi\varepsilon_0 R}=-\dfrac{q}{6\pi\varepsilon_0 R}$

电势能变化：$W_2-W_1=q_0V_C-q_0V_O=-\dfrac{qq_0}{6\pi\varepsilon_0 R}$

故电场力做功：$A=-(W_2-W_1)=\dfrac{qq_0}{6\pi\varepsilon_0 R}$

题 2. 一电量为 q 的点电荷位于圆心 O 处，A,B,C,D 为同一圆周上的四点，如图所示，现将一试验电荷从 A 点分别移动到 B,C,D 各点，则（ ）



$A.$ 从 A 到 B，电场力做功最大。

$B.$ 从 A 到各点，电场力做功相等。

$C.$ 从 A 到 D，电场力做功最大。

$D.$ 从 A 到 C，电场力做功最大。

答案选 B，电势能变化为零，所以电场力做功也是零

3. 电场和电势关系

(1) $E=0 \not\rightleftharpoons V=0$ E 大小 $\not\rightleftharpoons V$ 大小

(2) 电场线密的地方电场强度越大

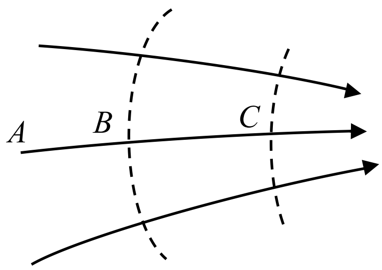
(3) 电势沿电场线方向减小

(4) 某点电势随电势零点不同而不同

(5) $\vec{E}=-\left(\frac{\partial V}{\partial x},\frac{\partial V}{\partial y},\frac{\partial V}{\partial z}\right)$

题 1. 描述静电场性质的两个基本物理量是 ________ 答案：电场强度和电势

题 2. 在某电场区域内的电场线（实线）和等势面（虚线）如图所示，由图判断出正确结论为（ ）



$A.E_A>E_B>E_C,V_A>V_B>V_C$

$B.E_A>E_B>E_C,V_A<V_B<V_C$

$C.E_A<E_B<E_C,V_A>V_B>V_C$

$D.E_A<E_B<E_C,V_A<V_B<V_C$

答案: C，电场线密的地方场强大，电势沿电场线方向减小

题 3. 关于场强和电势的说法正确的是（ ）

$A.$ 场强较大的地方，电势一定较高

$B.$ 电势不变的空间内，场强一定为零，电势为零的地方场强不一定为零

$C.$ 等势面上的场强一定相等

$D.$ 带正电物体的电势一定为正，带负电物体的电势一定为负

答案: B.

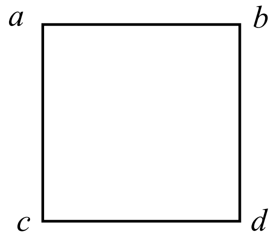
题 4. 已知在直角坐标系 xoy 中，某静电场的电势函数 $V=a(x^2+y)$，式中 a 为一常量，则电场中任意点的场强为______。

解：$\frac{\partial V}{\partial x}=2ax$ $\frac{\partial V}{\partial y}=a$ 故 $\vec{E}=-2ax\vec{i}-a\vec{j}$

课时三 练习题

1. 相距 $2l$ 等量异号的两点电荷为 $+q$ 和 $-q$，其连线中点处电势大小为 $V=$______。

2. 如图边长为 L 的正方形，在其四个顶点上各放置一个等量点电荷，设无穷远处电势为零，则下面几种情况下正方形中心处电势为零的是（ ）。



A. 顶点 a, b, c, d 都是正电荷。

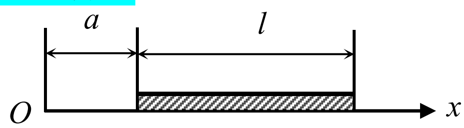
B. 顶点 a, b, c, d 都是负电荷。

C. 顶点 a, b 是负电荷，顶点 c, d 是正电荷。

D. 顶点 a 是正电荷，顶点 b, c, d 是负电荷。

3. 距离一个点电荷 q 为 r 处的电场强度是 $500V/m$，电势是 3.00×10^3V。则点电荷所带的电荷量 $q=$____C，距离 $r=$____m。

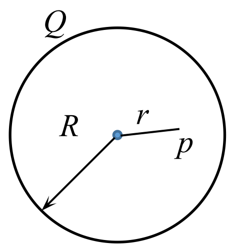
4. 如图所示，一沿 x 轴放置的长为 l 的不均匀带电细棒，其电荷线密度为 $\lambda=\lambda_0(x-a)$，其中 λ_0 为一常量，取无穷远处为零电势参考点，求坐标原点 O 处的电势。



5. 一半径为 R 的均匀带电圆环，电荷线密度为 λ，设无穷远处为电势零点，则环心 O 点的电势为____。

6. 半径为 R 的球面，均匀带电 q，试求各区域电场强度和电势分布。

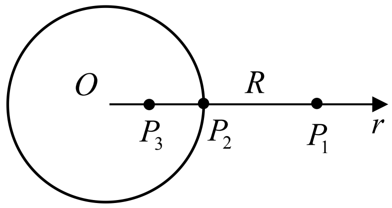
7. 如图所示，半径为 R 的均匀带电球面，总电荷为 Q，设无穷远处为电势零点，则球内距离球心 r 的 p 处的电场的大小和电势分别为（ ）



A. $E=0\quad V=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$　　B. $E=0\quad V=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$

C. $E=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\quad V=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$　　D. $E=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\quad V=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$

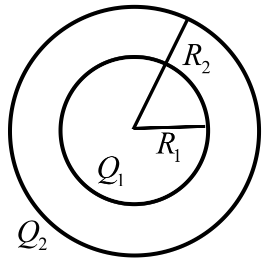
8. 真空中有一半径为 R 的均匀带电球面，电荷为 q，如图所示，求 P_1，P_2 及 P_3 点的电势 $V_1=$______,$V_2=$______,$V_3=$______.（以无限远处为电势零点）。



9. 两个同心的均匀带电的球面，内球面半径为 R_1，外球面半径为 R_2，内球面带电量为 Q_1，外球面带电量为 Q_2，求：

(1) 空间的电场强度分布；

(2) 两球面间的电势差。



10. 一均匀带电球体半径为 R，其带电量为 Q，求球体内外任一点的电场和电势分布？

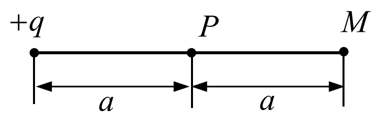
11. 半径为 R 的“无限长”均匀带电圆柱体，电荷体密度为 ρ，试求：

(1) 圆柱体内，外的电场强度分布；

(2) 它产生的电场的电势分布（选距离轴心为 a 的无限长同轴圆柱面为零电势面，且 $a>R$）。

12. 在点电荷 $+q$ 的电场中，若取图中 P 点处为电势零点，则 M 点的电势为（ ）

$A.\ \dfrac{-q}{8\pi\varepsilon_0 a}$　　$B.\ \dfrac{q}{8\pi\varepsilon_0 a}$　　$C.\ \dfrac{-q}{4\pi\varepsilon_0 a}$　　$D.\ \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 a}$



13. 静电场的环路定理 $\oint \vec{E}\cdot d\vec{l}=0$，表明静电场是（ ）

A 保守场　　B 非保守场　　C 均匀场　　D 非均匀场

14. 电场线越密集的地方　（）

A. 电场强度越大　　B. 电场强度越小　　C. 电势越高　　D. 电势越低

15. 在匀强电场中，将一负电荷逆着电场线的方向从 A 移到 B，则（）

A. 电场力做正功，负电荷的电势能减少。

B. 电场力做正功，负电荷的电势能增加。

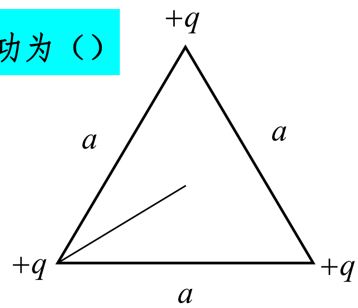
C. 电场力做负功，负电荷的电势能减少。

D. 电场力做负功，负电荷的电势能增加。

16. 关于电场强度，电势以及电势能，以下说法正确的是（）

A. 电场强度的方向总是指向电势降落的方向，电势能的高低不完全取决于电势的高低。
B. 电场强度为零的点，电势一定为零，电势能也一定为零。
C. 电场强度不为零的点，电势一定不为零，电势能也不一定为零。
D. 电场强度大的点，电势一定高，电势能也一定高。反之亦然。

17. 如图所示，电荷量为 $+q$ 的三个点电荷，放置在一边长为 a 的正三角形的三个顶点上，O 为正三角形的中心，将一试验电荷 q_0 从 O 点移到无限远，则电场力做功为（）



$A.\dfrac{\sqrt{3}qq_0}{4\pi\varepsilon_0 a}$　　$B.\dfrac{\sqrt{3}qq_0}{2\pi\varepsilon_0 a}$　　$C.\dfrac{3\sqrt{3}qq_0}{4\pi\varepsilon_0 a}$　　$D.\dfrac{2\sqrt{3}qq_0}{2\pi\varepsilon_0 a}$

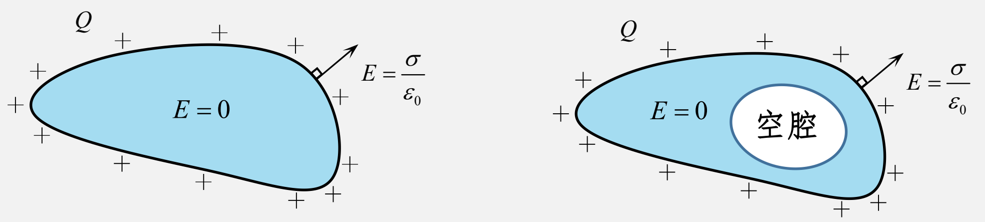
18. 已知某电场中电势的表达式 $V=\dfrac{A}{a+x}$，其中 A，a 为常量，则 $x=b$ 处的电场强度的大小

$E=$ ____ 。

课时四　导体

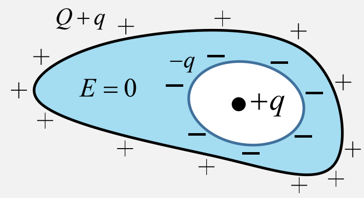
考点	重要程度	占分	题型
1. 静电平衡	必 考	3～6	选择/填空
2. 导体的场强和电势	★★★★★	5～10	大题

1. 静电平衡



(1) 电荷分布在表面，内部场强处处为零

(2) 导体表面电场强度 $E=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$



(3) 导体是等势体，表面是等势面，但场强并非处处相等

(4) 导体表面曲率越大（尖锐），电荷密度越大

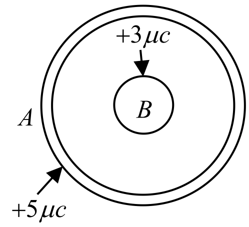
题 1.半径为 R 的金属球体是一个等势体，其电势 $V=100V$,则球心处的场强大小为______。

解：$E=0$

题 2. 均匀带电无限大平面附近的场强大小为______,均匀带电无限大平面导体附近的场强大小为______

解：无限大带电平面：$E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$　导体表面：$E=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

题 3.如图所示，金属球 B 被一同心金属球壳 A 所包围，分别给 A,B 两导体以电量 $+5\mu c$ 和 $+3\mu c$，则 A 球壳的外表面带电量为（ ）



$A.0\mu c$　　$B.+5\mu c$　　$C.+8\mu c$　　$D.-3\mu c$

答案：C，涉及动画演示，详解见视频课程

题 4.一个带电导体达到静电平衡时（ ）

$A.$表面上电荷密度较大处电势较高

$B.$导体内任意两点的电势差等于零

$C.$导体内部的电势比表面的电势高

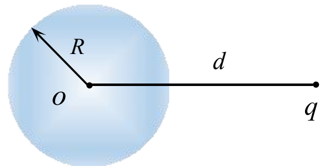
$D.$表面曲率较大处电势较高

答案：B.

导体是个等势体，所以导体上任何两点的电势都相等。

题 5.如图所示将一个电量为 q 的点电荷放在一个半径为 R 的不带电的导体球附近，点电荷距离导体球球心为 d，设无穷远处为零势能点，则在导体球球心 O 点有（）

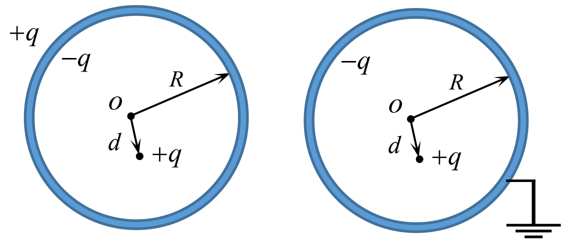
$A.\ E=0\quad V=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 d}$　　$B.\ E=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 d^2}\quad V=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 d}$



$C.\ E=0\quad V=0$　　$D.\ E=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 d^2}\quad V=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 R}$

解：答案选 A。涉及动画演示，详解见视频课程

题 6.一个为带电的空腔导体球壳，内半径为 R,在空腔内离球心的距离为 d 处$(d<R)$，固定一点电荷 $+q$，则在球心 O 处的电势为________，用导线把球壳接地后，再把地线撤销，选无穷远为电势零点，则球心 O 处的电势为________



解：（1）电荷分布如图，根据电势叠加：

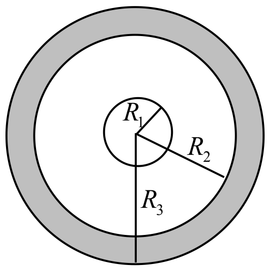
$$V_o=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 d}+\frac{-q}{4\pi\varepsilon_0 R}+\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R}=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 d}$$

（2）接地后，球壳外表面电势为零可得外球壳电荷为零，则

$$V_o=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 d}+\frac{-q}{4\pi\varepsilon_0 R}=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 d}\left(\frac{1}{d}-\frac{1}{R}\right)$$

2. 导体中的电场和电势

题 1.有一外半径为 R_3,内半径为 R_2 的金属球壳，在球壳内放一半径为 R_1 的同心金属球，若使金属球均带有 q 的正电荷。求：



(1)电荷分布；(2)电场分布；(3)电势分布。

解：（1）金属球表面:$+q$；球壳内表面:$-q$；球壳外表面:$+q$

（2）由 $\oint \vec{E}d\vec{S}=E\cdot 4\pi r^2=\dfrac{1}{\varepsilon_0}\sum q_{内}\quad\Rightarrow E=\dfrac{\sum q_{内}}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

$r<R_1$ 时　　$\sum q_{内}=0$　　$E_1=0$

$R_1<r<R_2$ 时　　$\sum q_{内}=q$　　$E_2=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

$R_2 < r < R_3$ 时　　$\sum q_{内} = q - q = 0$　　$E_3 = 0$

$R_3 < r$ 时　　$\sum q_{内} = q - q + q = q$　　$E_4 = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

（3）根据球壳内外电势的叠加：

$r < R_1$ 时　　$V = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 R_1} - \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 R_2} + \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 R_3} = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{R_1} - \dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3}\right)$

$R_1 < r < R_2$ 时　　$V = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r} - \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 R_2} + \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 R_3} = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{r} - \dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3}\right)$

$R_2 < r < R_3$ 时　　$V = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r} - \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r} + \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 R_3} = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 R_3}$

$R_3 < r$ 时　　$V = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r} - \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r} + \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r} = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

课时四 练习题

1. 空腔导体带电量 Q，空腔内放一点电荷 q，那么导体的外表面上的电荷量为（）

A. Q　　B. q　　C. $Q+q$　　D. $Q-q$

2. 当一个带电导体达到静电平衡时（）

A. 表面上电荷密度较大处电势较高

B. 导体内任一点与其表面上任一点的电势差为零

C. 导体内部的电势比导体表面的电势高

D. 表面曲率较大处电势较高

3. 在静电场中，下列说法正确的是（）

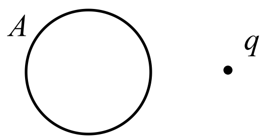
A.带正电荷的导体其电势一定是正值

B.等势面上各点的场强一定相等

C.场强为零处电势也一定为零

D.场强相等处电势不一定相等

4. 有一点电荷 q 及金属球 A，且 A 处于静电平衡状态。下列说法中正确的是（）



A.金属球 A 内 $E=0$，点电荷 q 在金属球 A 内产生电场。

B. 金属球 A 内 $E\neq 0$，点电荷 q 在金属球 A 内产生电场。

C. 金属球 A 内 $E=0$，点电荷 q 不在金属球 A 内产生电场。

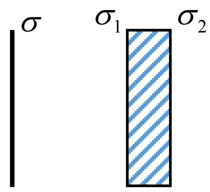
D. 金属球 A 内 $E\neq 0$，点电荷 q 不在金属球 A 内产生电场。

5. 均匀带电无限大平面附近的场强大小为_______,均匀带电无限大平面导体附近的场强大小为_______

6. 如图所示，一无限大均匀带电平面附近放置一与之平行的无限大导体平板，已知带电平板的电荷面密度为σ，则导体板左右表面1和2感应电荷的面密度为（）

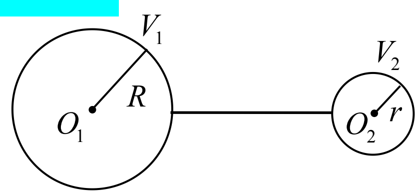
A. $\sigma_1=-\sigma \quad \sigma_2=+\sigma$　　B. $\sigma_1=-\frac{\sigma}{2} \quad \sigma_2=+\frac{\sigma}{2}$

C. $\sigma_1=+\sigma \quad \sigma_2=-\sigma$　　D. $\sigma_1=+\frac{\sigma}{2} \quad \sigma_2=-\sigma$

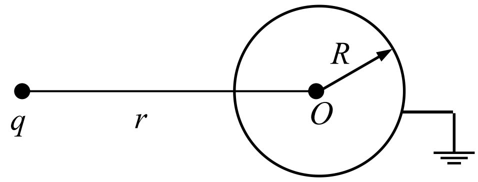


7. 半径分别为R和r的两个金属球，相距很远。用一根细长导线将两个球连接在一起并使它们带电。在忽略导线的影响下，两球表面的电荷面密度之比$\frac{\sigma_R}{\sigma_r}$为（ ）

A. $\frac{R}{r}$　　B. $\frac{R^2}{r^2}$　　C. $\frac{r^2}{R^2}$　　D. $\frac{r}{R}$



8. 如图所示，一个接地导体半径为R，有一个电量为q的点电荷，点电荷距球心O的距离为r，求导体球表面的感应电荷q'?

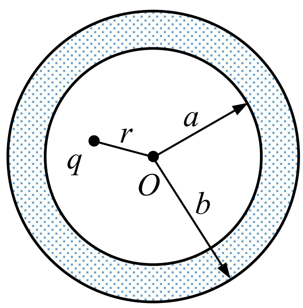


9. 如图所示，一内半径为a，外半径为b的金属球壳，带有电荷Q，在球壳内腔内距离球心r处有一点电荷q，设无限远处为电势零点，试求：

（1）球壳内外表面上的电荷；

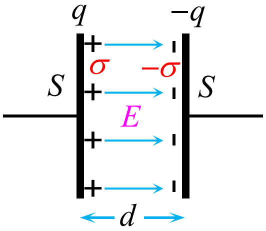
（2）距球心r点处，由球壳内表面上的电荷产生的电势；

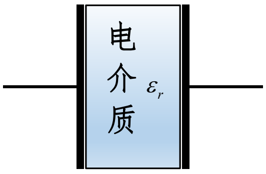
（3）球心O点处的总电势。



课时五　电容

考点	重要程度	占分	常见题型
1.电容器	★★★★	3～5	选择、填空





$C=\dfrac{q}{U}$　单位：F (法拉)　常用换算：$1\mu F=10^{-6}F$　$1pF=10^{-12}F$

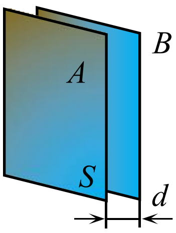
(1) 电容器是由导体构成，电荷量等值异号，分布在极板内侧

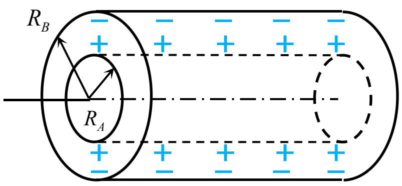
(2) $C=\dfrac{q}{U}$，q 代表一侧的电荷量取正，U 代表极板间电压(电势差)

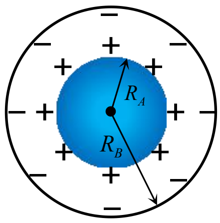
(3) 极板间电场强度:$E=\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}=\dfrac{U}{d}$　电势差：$U=\dfrac{q}{C}=E\cdot d$

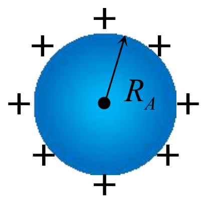
(4) 极板间相互作用力：$F=\dfrac{1}{2}E\cdot q$

(5) 含介质：$C=\varepsilon_r C_0$　$E=\dfrac{E_0}{\varepsilon_r}$　ε_r:相对介电常量，真空中 $\varepsilon_r=1$









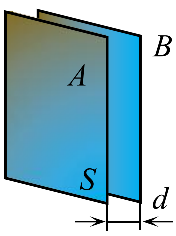
常见电容器	平行板电容器	圆柱形电容器	球形电容器	孤立导体电容器
真空中	$C=\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$	$C=\dfrac{2\pi\varepsilon_0 l}{\ln R_B/R_A}$	$C=4\pi\varepsilon_0\dfrac{R_AR_B}{R_B-R_A}$	$C=4\pi\varepsilon_0 R_A$
含介质 ε_r	$C=\dfrac{\varepsilon_0\varepsilon_r S}{d}$	$C=\dfrac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r l}{\ln R_B/R_A}$	$C=4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r\dfrac{R_AR_B}{R_B-R_A}$	$C=4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R_A$

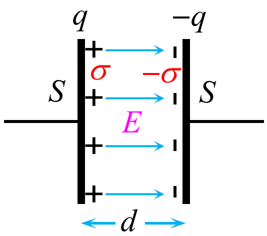
题 1.求面积为 S，两极板间距离为 d 的平行板电容器的电容。

解：电荷　$q=\sigma\cdot S$

电势差为　$U=E\cdot d=\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}\cdot d$

电容为　$C=\dfrac{q}{U}=\dfrac{\sigma\cdot S}{\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}\cdot d}=\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$





题 2.设两平行板电容器的电容为 C，若将两极板的正对面积增大到原来的 **2** 倍，极板间距离增大到原来的 **3** 倍，则此电容器的电容变为_____。

解:平行板电容器:$C=\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$ $\quad S\to 2S \quad d\to 3d \quad C'=\dfrac{\varepsilon_0\cdot 2S}{3d}=\dfrac{2}{3}\cdot\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}=\dfrac{2}{3}C$

题 3.当平行板电容器板间为真空时，其电容为 C_0，板间场强大小为 E_0,当充满着相对介电常数为 ε_r 的电介质，则电容为______。

解：$C=\varepsilon_r C_0$

题 4.真空中半径为 R 的金属球的电容为_____，若放在无限大相对介电常量为 ε_r 的电介质中电容____.

解：$C=4\pi\varepsilon_0 R$；$\quad C=4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R$

题 5.四个电容器连接如图，则 a,b 两端的等效电容为_____。

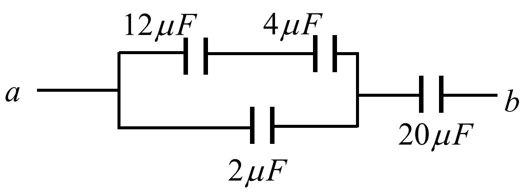
电容串联：

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$$

电容并联：

$$C=C_1+C_2$$

解:$\dfrac{1}{C_1}=\dfrac{1}{12}+\dfrac{1}{4}\Rightarrow C_1=3\mu F$



$C_2=C_1+2=3+2=5\mu F$

$\dfrac{1}{C_{ab}}=\dfrac{1}{C_2}+\dfrac{1}{20}=\dfrac{1}{5}+\dfrac{1}{20}=\dfrac{1}{4} \quad \Rightarrow C_{ab}=4\mu F$

题 6. 平行板电容器两板间距离为 d，极板面积为 S，在真空时的电容、自由电荷面密度、电势差、电场强度的大小分别用 C_0、σ_0、U_0、E_0 表示。

(1) 充电后与电源断开，将 ε_r 的均匀介质充满电容器，则 $C=$___，$\sigma=$___，$U=$___，$E=$___。

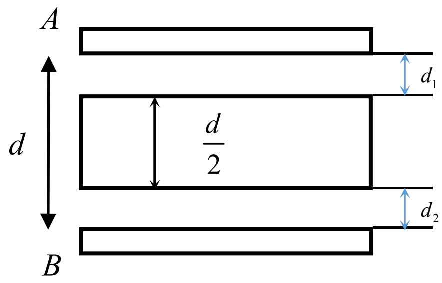
(2) 与电源保持联接，将 ε_r 的均匀介质充满电容器，则 $C=$___，$\sigma=$____，$U=$___，$E=$___。

解：（1）$C=\underline{\varepsilon_r C_0}$，$\sigma=\underline{\sigma_0}$，$U=\underline{\dfrac{U_0}{\varepsilon_r}}$，$E=\underline{\dfrac{E_0}{\varepsilon_r}}$。

（2）$C=\underline{\varepsilon_r C_0}$，$\sigma=\underline{\varepsilon_r\sigma_0}$，$U=\underline{U_0}$，$E=\underline{E_0}$。

详细解答，见视频课程

题 7. 一平行板空气电容器的两极板相距 d，A 和 B 极板上面电荷密度分别为 $+\sigma$ 和 $-\sigma$，其间插入与极板大小相等，厚度为 $d/2$ 的金属板后，金属板与极板间场强大小为______，金属板内的场强大小为_____，两极板间的电势差为_______。



解：插入金属板，极板电荷不变，σ 不变

金属与极板间 $E=\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$　　金属板是导体，内部 $E=0$

两极板间电势差：$V_{AB}=Ed_1+Ed_2=E(d_1+d_2)=E\cdot\dfrac{d}{2}=\dfrac{d\sigma}{2\varepsilon_0}$

题 8.一空气平行板电容器，电容为 C,两极板间距离为 d，充电后，两极板间的相互作用力为 F，则两极板间的电势差为______，极板上的电荷为______。

解：$C=\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$　　$F=\dfrac{1}{2}Eq$

$$U=\frac{q}{C}=E\cdot d=\frac{2F}{q}\cdot d$$

$$\Rightarrow q=\sqrt{2FCd}$$

$$U=\frac{q}{C}=\frac{\sqrt{2FCd}}{C}=\sqrt{2F\,d/C}$$

课时五 练习题

1. 在真空中半径为 R 的金属球的电容为________.

2. 静电场中电介质中的场强 E 与没有电介质时的场强 E_0 之间的关系为（ε_r 为电介质的相对电容率）（）

$A.\ E=\dfrac{E_0}{2\varepsilon_r}$　　$B.\ E=\dfrac{E_0}{\varepsilon_r}$　　$C.\ E=\varepsilon_r E_0$　　$D.\ E=E_0$

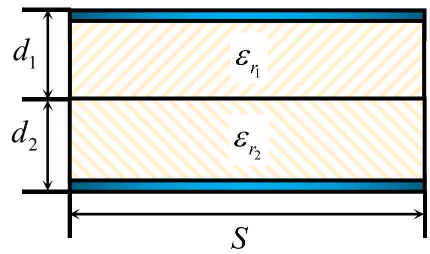
3. 一空气平行板电容器充电后与电源断开，然后在两极板间充满各向同性质均匀电介质，则场强的大小为 E，电容 C，电压 U，电场能量 W_e 四个量各自冲入介质前相比较，增大（用↑表示）或减小（用↓表示）的情形为（ ）

$A. E\downarrow, C\uparrow, U\uparrow, W_e\downarrow$　　$B. E\uparrow, C\downarrow, U\downarrow, W_e\uparrow$

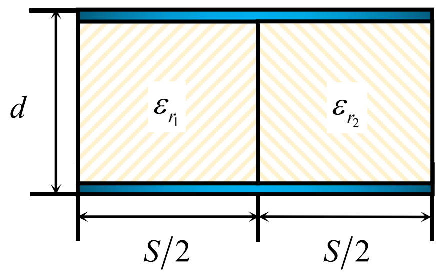
$C. E\uparrow, C\uparrow, U\uparrow, W_e\uparrow$　　$D. E\downarrow, C\uparrow, U\downarrow, W_e\downarrow$

4. 平行板电容器，充电后与电源保持连接，两极板间充满相对介电常量为 ε_r 的各向同性均匀电介质，这时电容器的电容是原来的______倍，这时两极板上的电荷是原来的______倍。

5. 在平行板电容器中放入两种面积相同相对电容率分别为 ε_{r_1} 和 ε_{r_2} 的介质，此时电容器的电容值为________



6. 在平行板电容器中放入两种厚度相同相对电容率分别为 ε_{r_1} 和 ε_{r_2} 的介质，此时电容器的电容值为________



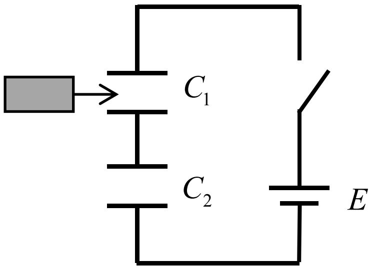
7. C_1 和 C_2 两空气电容串联起来接上电源充电，然后将电源断开，再把一电介质插入 C_1 中，如图所示，则（）

A．C_1 上电势差减小，C_2 上电势差增大。

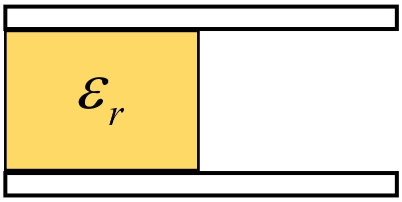
B．C_1 上电势差减小，C_2 上电势差不变。

C．C_1 上电势差增大，C_2 上电势差减小。

D．C_1 上电势差增大，C_2 上电势差不变。

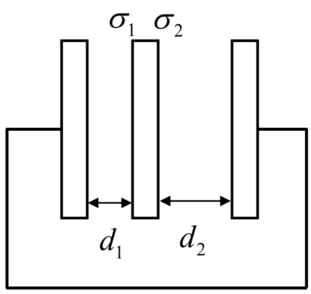


8. 如图平行板电容的一半容积内充入介电常数为 ε_r 的电介质，在有电介质部分和无电介质部分极板上的自由电荷面密度比值为________.



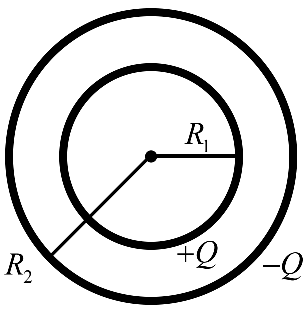
9. 三块相互平行的导体板，相互之间的距离 d_1 和 d_2 比板面积线度小得多，外面二板用导线连接，中间板上带电，设左右两面上电荷面密度分别为 σ_1 和 σ_2，如图所示，则比值 $\frac{\sigma_1}{\sigma_2}$ 为（）

$A.\frac{d_1}{d_2}$　　$B.\frac{d_2}{d_1}$　　$C.1$　　$D.\frac{d_2^{\,2}}{d_1^{\,2}}$



10. 球形电容器两同心金属球面的半径分别为 R_1，R_2，各自带有等量异号电荷 $+Q$，$-Q$，置于真空当中，求：

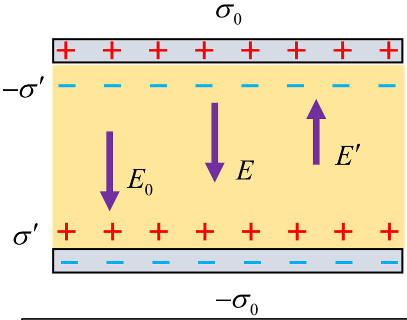
（1）两球面间的电场强度；
（2）两球面间的电势差；
（3）该电容器的电容。



课时六 电介质/电场能(选学)

考点	重要程度	占分	常见题型
1. 电介质中高斯定理	★★★★★	5～10	大题
2. 电场能	★★★	3～5	选择、填空

1. 电介质高斯定理



电介质：电阻很大，导电很差，例如玻璃

(电介质放入电场中，表面会被极化，产生极化电荷，也叫束缚电荷)

电介质中场强：$E=\dfrac{E_0}{\varepsilon_r}$

极化电荷密度：$\sigma'=\left(1-\dfrac{1}{\varepsilon_r}\right)\sigma_0$

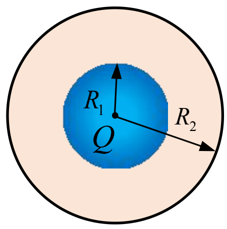
电介质中的高斯定理：$\oint\vec{D}\,d\vec{S}=\sum q_{内}$ （对比真空中高斯定理：$\oint\vec{E}\,d\vec{S}=\dfrac{\sum q_{内}}{\varepsilon_0}$）

(1) 电位移：$D=\varepsilon_0\varepsilon_r E$，$\sum q_{内}$ 为自由电荷代数和

(2) $\oint\vec{D}d\vec{S}=\sum q_{内}$ 适用于含介质或不含介质，真空中 $\varepsilon_r=1, D=\varepsilon_0 E$

题 1. 在半径为 R_1 的金属球之外包有一层外半径为 R_2 的均匀电介质球壳，介质的相对介电常数为 ε_r，金属球带电 Q，试求：(1) 电介质内外的场强 (2) 电介质内外的电势

解：（1）由 $\oint\vec{D}\,d\vec{S}=D\cdot4\pi r^2=\sum q_{内}$ $\Rightarrow D=\dfrac{\sum q_{内}}{4\pi r^2}$ $\Rightarrow E=\dfrac{D}{\varepsilon_0\varepsilon_r}$



$r<R_1$ 时 $\sum q_{内}=0$ $D=0$ $\Rightarrow E_1=0$

$R_1<r<R_2$ 时 $\sum q_{内}=Q$ $D=\dfrac{Q}{4\pi r^2}$ $\Rightarrow E_2=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2}$

$R_2<r$ 时 $\sum q_{内}=Q$ $D=\dfrac{Q}{4\pi r^2}$ $\Rightarrow E_3=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

(2) $r<R_1$ 时 $V=\int_{R_1}^{R_2}E_2dr+\int_{R_2}^{\infty}E_3dr=\int_{R_1}^{R_2}\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2}dr+\int_{R_2}^{\infty}\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\left(\dfrac{1}{R_1}-\dfrac{1}{R_2}\right)+\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R_2}$

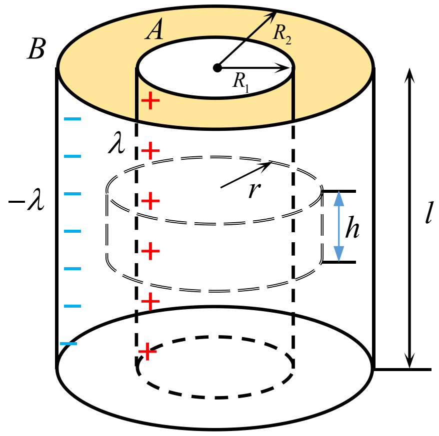
$R_1<r<R_2$ 时 $V=\int_{r}^{R_2}E_2dr+\int_{R_2}^{\infty}E_3dr=\int_{r}^{R_2}\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2}dr+\int_{R_2}^{\infty}\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\left(\dfrac{1}{r}-\dfrac{1}{R_2}\right)+\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R_2}$

$R_2<r$ 时 $V=\int_{r}^{\infty}E_3dr=\int_{r}^{\infty}\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

题 2. 一圆柱形电容器由半径为 R_1 的导线和与它同轴的导体圆筒构成，圆筒长为 l，内半径为 R_2，导线与圆筒间充满相对电容率 ε_r 的电介质，设沿轴线单位长度上导线的电量为 λ，圆筒的电量为 $-\lambda$，略去边缘效应，求：

(1) 电介质中电位移 D，场强 E；

(2) 两极板的电势差。



解：(1) $\oint \vec{D}\, d\vec{S} = D \cdot 2\pi rh = \sum q_{内} \quad \Rightarrow D = \dfrac{\sum q_{内}}{2\pi rh} \Rightarrow E = \dfrac{D}{\varepsilon_0 \varepsilon_r}$

$R_1 < r < R_2$ 时　$\sum q_{内} = \lambda h$

$D = \dfrac{\lambda h}{2\pi rh} = \dfrac{\lambda}{2\pi r} \quad \Rightarrow E = \dfrac{\lambda}{2\pi \varepsilon_0 \varepsilon_r r}$

(2) $U_{AB} = \int_{R_1}^{R_2} \vec{E} \cdot d\vec{r} = \int_{R_1}^{R_2} \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r} dr = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \ln \dfrac{R_2}{R_1}$

题 3. 静电场中，作闭合曲面 S，若有 $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = 0$（式中 $\vec{D}$ 为电位移矢量），则 S 内面必定（ ）

$A.$ 既无自由电荷，又无束缚电荷　　$B.$ 没有自由电荷

$C.$ 自由电荷和束缚电荷的代数和为零　　$D.$ 自由电荷的代数和为零

答案：***D***

2. 电场能

电场能密度：$w_e = \dfrac{1}{2} DE = \dfrac{1}{2} \varepsilon_0 \varepsilon_r E^2$　　单位：J/m^3

电场能：$W = \int_V w_e dV$（V 为含有 E 的空间）

电场能 $W = \dfrac{Q^2}{2C} = \dfrac{1}{2} C(V_1 - V_2)^2 = \dfrac{1}{2} Q(V_1 - V_2)$

题 1. 在相对电容率 $\varepsilon_r = 4$ 的各向同性均匀电介质中，与能量密度 $w_e = 2 \times 10^6 J/m^3$ 相应的电场强度大小 $E =$ ________ N/C

解：由 $w_e = \dfrac{1}{2} \varepsilon_0 \varepsilon_r E^2$　$E = \sqrt{\dfrac{2w_e}{\varepsilon_0 \varepsilon_r}} = \sqrt{\dfrac{2 \times 2 \times 10^6}{8.85 \times 10^{-12} \times 4}} = 3.36 \times 10^8 N/C$

题 2. 一个$3\mu F$的电容被接到$12V$的电源，则储存在电容器中的能量为__________

解：$3\mu F=3\times10^{-6}F$ $\quad W=\dfrac{1}{2}C(V_1-V_2)^2=\dfrac{1}{2}\times3\times10^{-6}\times12^2=2.16\times10^{-4}J$

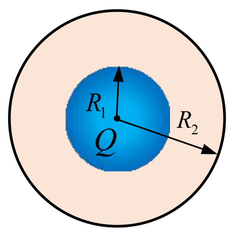
题 3. 有一半径为R的带电导体球，带电量为q，放在相对电容率为ε_r的无限大均匀介质中，则此系统的电场能量为（ ）

$A.\dfrac{q^2}{8\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R}$ $\qquad B.\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R^2}$ $\qquad C.\dfrac{q}{8\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R^2}$ $\qquad D.\dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R^2}$

解：$C=4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R$ $\quad W=\dfrac{q^2}{2\times4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R}=\dfrac{q^2}{8\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R}$ 故选 A

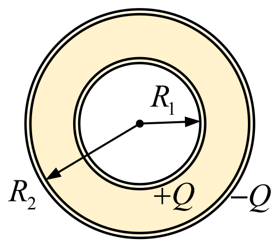
课时六 练习题

1. 在半径为R_1的金属球之外包有一层外半径为R_2的均匀电介质球壳，介质相对介电常数为ε_r，金属球带电Q，试求：



(1) 电介质内、外的场强；
(2) 电介质内、外的电势。

2. 如图所示，球形电容器两同心金属球面的半径分别为R_1和R_2，各自带有等量异号电荷$+Q$和$-Q$，两球面之间充满相对介电常数为ε_r的电介质。求：



(1) 两球面间的电场强度？

(2) 两球面间的电势差？

(3) 该电容器的电容？

3. 导体球 A 的半径为 R，带电量为 $+q$，外罩一个内、外半径分别为 R_1 和 R_2，带电量为 $+Q$ 的导体球壳 B， A,B 间充满相对电容率为 ε_r 的电介质， B 球壳外为真空，求：

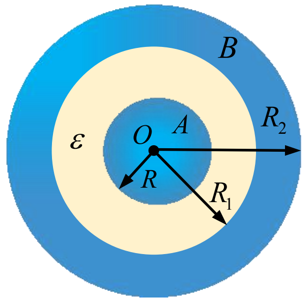
(1) 写出以下各区域的场强大小：

$r<R:E_1=$________

$R<r<R_1:E_2=$________

$R_1<r<R_2:E_3=$________

$r>R_2:E_4=$________



(2) 电势差 U_{AB} 等于多少？

(3) 将一点电荷 $-q_0$ 从 B 球壳外距球心为 r 处移到无穷远，电场力做功多少？

4. 半径为 R_1 和 R_2 的两个同轴金属圆筒，其间充满着相对介电常数为 ε_r 的均匀介质。设两筒上单位长度带有的电荷分别为 $+\lambda$ 和 $-\lambda$，则介质中离轴线的距离为 r 处的电位移矢量的大小 $D=$______，电场强度的大小 $E=$______。

5. 某电场中各点的电场强度都变为原来的两倍，则电场的能量变为原来的（　　）。

A.2 倍　　B.4 倍　　C.0.5 倍　　D.0.25 倍

6. 一平板电容器保持电源连接，若减小两极板间的距离，则下述表述正确的是（　　）。

A.电容器的电容量减小　　B.两极板间的场强减小

C.两极板间的电量不变　　D.电容器存储的能量增大

7. 一空气平板电容器充电后切断电源，若增大两极板间的距离，则两极板间的场强大小_____，电容器储存的能量______。

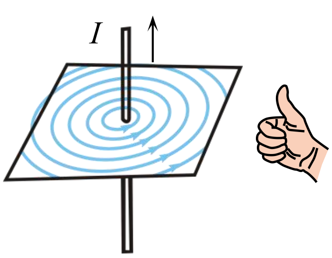
8. 一空气平行板电容器，接电源充电后电容器中存储的能量为 W_0，在保持电源接通的条件下，在两极间充满相对电容率为 ε_r 的各向同性均匀电介质，则该电容器中存储的能量 W 为_____。

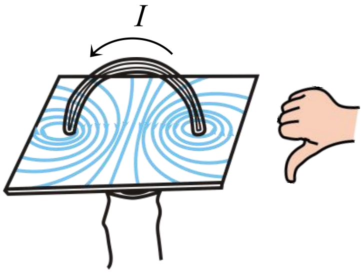
9. 一带电球形导体，置于一任意形状的空腔导体中，当用导线将两者连接后，则与未连接前相比系统的静电能将______（填增加，减小或不变）。

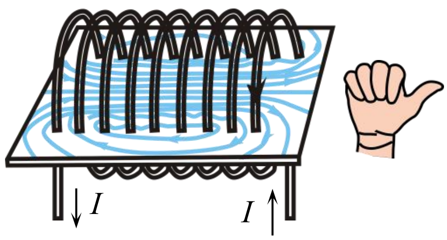
课时七　　磁感应强度 $\vec{B}$

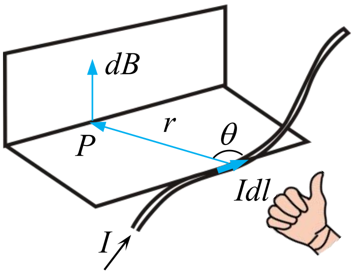
考点	重要程度	占分	常见题型
1. 毕奥–萨伐尔定律	★★★★	3～5	选择、填空
2. 安培环路定理	必考	5～10	大题

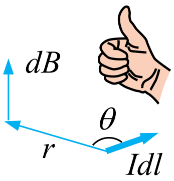
1. 毕奥–萨伐尔定律









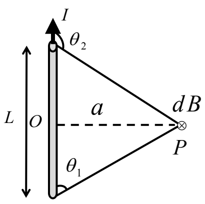
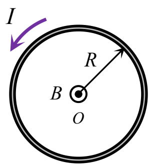
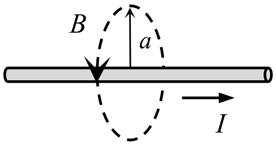
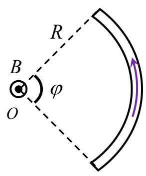
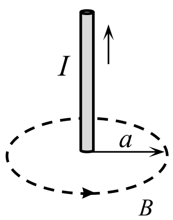
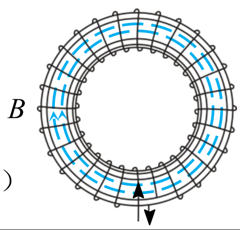
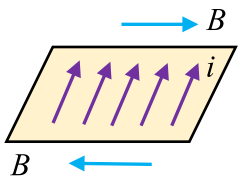
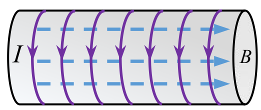


毕萨定理：

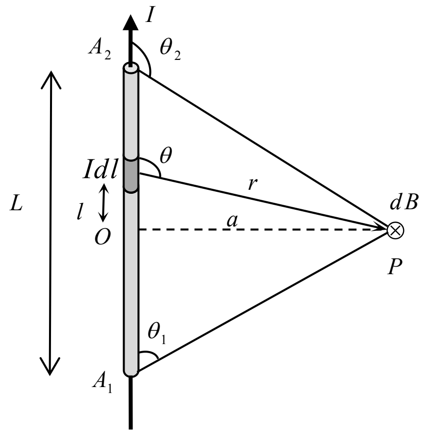
$$dB=\frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{Idl\cdot\sin\theta}{r^2}\qquad B=\int dB=\frac{\mu_0}{4\pi}\int\frac{Idl\sin\theta}{r^2}$$

磁感应强度单位：T

真空磁导率：$\mu_0=4\pi\times10^{-7}\ T\cdot m/A$

长为 L 的载流直导线外 距离导线 a 处 $B=\frac{\mu_0 I}{4\pi a}(\cos\theta_1-\cos\theta_2)$ 	圆电流圆心处 $B=\frac{\mu_0 I}{2R}$ 
无限长载流直导线外 距离导线 a 处 $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi a}$ 	一段载流圆弧导线在圆心处 $B=\frac{\mu_0 I}{4\pi R}\varphi$ （φ 为弧度单位） 
半无限长载流直导线外 距离导线一端为 a 处 $B=\frac{\mu_0 I}{4\pi a}$ 	螺绕环（忽略管内半径） $B=\mu_0 nI$ （n：单位长度线圈匝数） 
无限大均匀载流平面外 $B=\frac{1}{2}\mu_0 a$ （a 是流过单位长度的电流） 	无限长密绕直螺线管内部 $B=\mu_0 nI$ （n：单位长度线圈匝数） 

题 1.如图所示，在长为 L 的一段载流直导线中，通有电流 I ,求距离导线为 a 处一点 P 的磁感应强度。



解：任取一电流元 Idl，在 P 点处产生的磁感应强度的大小

$$dB=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Idl\sin\theta}{r^2}$$

$$B=\int_L dB=\frac{\mu_0}{4\pi}\int\frac{Idl\sin\theta}{r^2}$$

$$r=a\csc\theta \quad l=-a\cot\theta \quad dl=a\csc^2\theta d\theta$$

带入上式可得

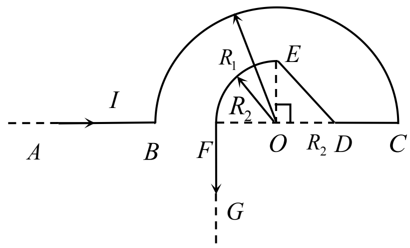
$$B=\frac{\mu_0 I}{4\pi a}\int_{\theta_1}^{\theta_2}\sin\theta d\theta=\frac{\mu_0 I}{4\pi a}(\cos\theta_1-\cos\theta_2)$$

题 2.真空中，一根无限长的直导线，通过的电流强度为 I 时，在距离导线 r 处的磁感应强度为（ ）

$A.\dfrac{\mu_0 I}{r}$ $B.\dfrac{\mu_0 I}{2r}$ $C.\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$ $D.\dfrac{\mu_0 I}{4\pi r}$

答案选：C

题 3.真空中一根无限长导线弯成如图形状，设各线段都在同一平面内（纸面内），水平部分的延长线绕过圆心 O,竖直向下的导线垂直于水平方向。导线中通有电流 I，求图中 O 处的磁感应强度的大小和方向。



解：AB 段，和 CD 段都过 O 点，在 O 点不产生磁场

$\overset{\frown}{BC}$ 段，$B_1=\dfrac{\mu_0 I}{2R_1}\cdot\dfrac{1}{2}=\dfrac{\mu_0 I}{4R_1}$ 朝内

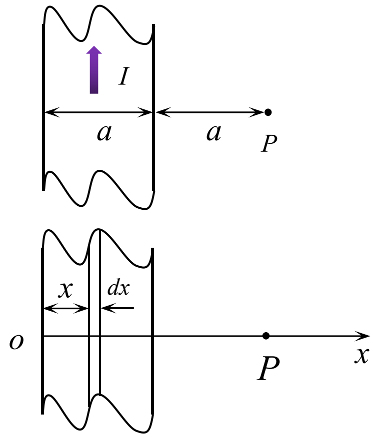
DE 段，$B_2=\dfrac{\mu_0 I}{4\pi\cdot\dfrac{\sqrt{2}}{2}R_2}\cdot(\cos\dfrac{\pi}{4}-\cos\dfrac{3}{4}\pi)=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi R_2}$ 朝外

$\overset{\frown}{EF}$ 段，$B_3=\dfrac{\mu_0 I}{2R_2}\cdot\dfrac{1}{4}=\dfrac{\mu_0 I}{8R_2}$ 朝外

FG 段，$B_4=\dfrac{\mu_0 I}{4\pi R_2}$ 朝外

故 $B=B_2+B_3+B_4-B_1=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi R_2}+\dfrac{\mu_0 I}{8R_2}+\dfrac{\mu_0 I}{4\pi R_2}-\dfrac{\mu_0 I}{4R_1}=\dfrac{3\mu_0 I}{4\pi R_2}+\dfrac{\mu_0 I}{8R_2}-\dfrac{\mu_0 I}{4R_1}$

题 4.如图所示,一无限长薄电流板均匀通有电流 I,电流板宽为 a，求在电流板同一平面内距板边为 a 的 P 点处的磁感应强度。



解：电流板上取窄条 dx,窄条的电流为：$dI=\frac{I}{a}dx$

dI 在 P 点处产生的磁感应强度为

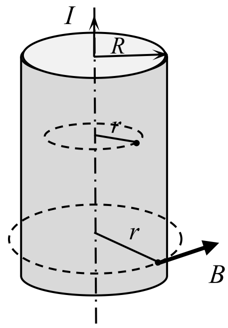
$$dB=\frac{\mu_0 dI}{2\pi\left(2a-x\right)}=\frac{\mu_0 I}{2\pi a\left(2a-x\right)}dx$$

$$B=\int dB=\int_0^a\frac{\mu_0 I}{2\pi a\left(2a-x\right)}dx=\frac{\mu_0 I}{2\pi a}\ln 2$$

方向垂直纸面向里。

2. 安培环路定理 $\oint\vec{B}d\vec{l}=\mu_0\sum I_{内}$

题 1.已知半径为 R 的铜线，通过电流为 I,电流在导线横截面上均匀分布，求导线内外磁感应强度的分布？



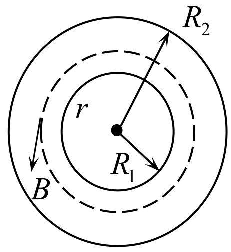
解：由 $\oint\vec{B}d\vec{l}=B\cdot 2\pi r=\mu_0\sum I_{内}\quad\Rightarrow B=\frac{\mu_0\sum I_{内}}{2\pi r}$

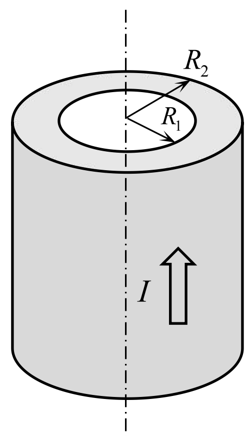
$r<R$ 时　$\sum I_{内}=\frac{I}{\pi R^2}\pi r^2=\frac{Ir^2}{R^2}\quad\Rightarrow B=\frac{\mu_0 Ir}{2\pi R^2}$

$r>R$ 时　$\sum I_{内}=I\quad\Rightarrow B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

磁感应强度的方向沿逆时针方向。

题 2.如图所示的空心柱形导体半径分别为 R_1 和 R_2，导体内载流有电流 I,设电流 I 均匀分布在导线的横截面上，求导体内部各点 $(R_1<r<R_2)$ 的磁感应强度 B





解：由 $\oint\vec{B}d\vec{l}=B\cdot 2\pi r=\mu_0\sum I_{内}\quad\Rightarrow B=\frac{\mu_0\sum I_{内}}{2\pi r}$

$$\sum I_{内}=\frac{I}{\pi(R_2^2-R_1^2)}\cdot\pi(r^2-R_1^2)=\frac{I\left(r^2-R_1^2\right)}{R_2^2-R_1^2}$$

$$\Rightarrow B=\frac{\mu_0 I(r^2-R_1^2)}{2\pi r(R_2^2-R_1^2)}\quad 方向逆时针$$

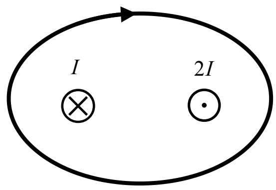
注意事项：$\oint \vec{B}d\vec{l}=\mu_0\sum I_{内}$

(4) 安培环路定理只与环路内电流有关，与电流位置以及环路外电流无关

(5) $\sum I_{内}$ 是指环路内的净电流（所有电流的代数和）

(6) 环路上的磁感应强度 B，不仅由环路内电流影响，还由环路外电流影响

题 3. 如图所示，垂直流出纸面的电流为 $2I$，垂直流进纸面的电流为 I，两电流均为稳恒电流，则环路积分正确的是（）



$A.\ \oint_L \vec{B}\cdot d\vec{L}=2\mu_0 I$　　$B.\ \oint_L \vec{B}\cdot d\vec{L}=3\mu_0 I$

$C.\ \oint_L \vec{B}\cdot d\vec{L}=\mu_0 I$　　$D.\ \oint_L \vec{B}\cdot d\vec{L}=-\mu_0 I$

解：L 为顺时针，电流流进为正，$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{L}=\mu_0(I-2I)=-\mu_0 I$　　答案选 D

题 4. 取一闭合积分回路 L，使三根载流导线穿过它所围成的面，现改变三根导线之间的相互间隔，但不越出积分回路，则（ ）

$A.$ 回路 L 内的 I 改变，L 上各点的 $\vec{B}$ 改变。

$B.$ 回路 L 内的 I 改变，L 上各点的 $\vec{B}$ 不变。

$C.$ 回路 L 内的 I 不变，L 上各点的 $\vec{B}$ 改变。

$D.$ 回路 L 内的 I 不变，L 上各点的 $\vec{B}$ 不变。

答案选：C 详细解答见视频课程

题 5. 下列说法中正确的是（ ）

$A.$ 闭合回路上各点磁感应强度都为零时，回路内穿过电流的代数和必为零。

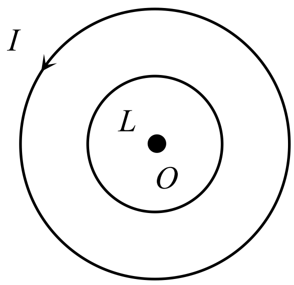
$B.$ 闭合回路上各点磁感应强度都为零时，回路内一定没有电流通过。

$C.$ 磁感应强度沿闭合回路积分不为零时，回路上任意一点的磁感应强度都不可能为零。

$D.$ 磁感应强度沿闭合回路积分为零时，回路上各点的磁感应强度必为零。

答案选：A 详细解答见视频课程

题 6. 如图，在一圆形电流 I 所在的平面内，选取一个同心圆形闭合回路 L，则由安培环路定理可知（ ）



A. $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=0$，且环路上任意一点 $B=0$

B. $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=0$，且环路上任意一点 $B\neq 0$

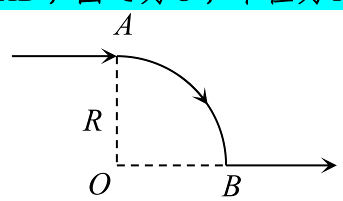
C. $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}\neq 0$，且环路上任意一点 $B\neq 0$

D. $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}\neq 0$，且环路上任意一点 $B=$ 常量

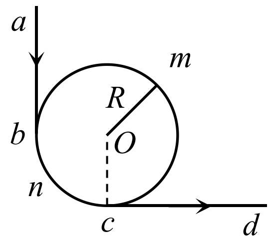
答案选：B 详细解答见视频课程

课时七　练习题

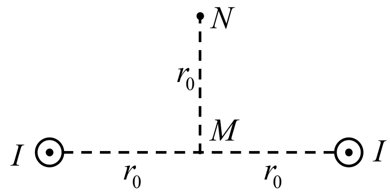
1. 一无限长载流 I 的导线，中部弯成如图所示的四分之一圆周 AB，圆心为 O，半径为 R，则在 O 点处的磁感应强度的大小为_____。



2. 半径为 R 的均匀环形导线在 $b.c$ 两点处分别与两根互相垂直的载流导线相连接，已知环与二导线共面，如图所示，若直导线中的电流强度为 I，求：环心 O 处磁感强度的大小和方向。



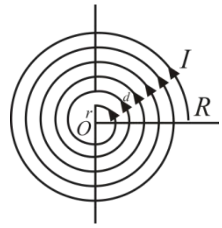
3. 如图所示，两根长直导线互相平行地放置，导线内电流大小相等，均为 I，方向相同，则图中 M,N 两点的磁感强度 B 的大小为（　）。



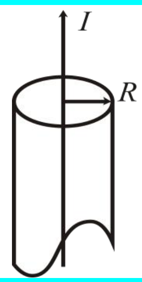
A. $B_M=\dfrac{\mu_0 I}{\sqrt{2}\pi r_0}$　$B_N=0$　　B. $B_M=0$　$B_N=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r_0}$

C. $B_M=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r_0}$　$B_N=0$　　D. $B_M=0$　$B_N=0$

4. 在半径为 R 和 r 的两圆周之间，有一点匝数为 N 的均匀密绕平面线圈，通有电流 I ，方向如图所示。求中心 O 处的磁感应强度。



5. 如图所示，有一半径为 R 的无限长圆柱面，通以电流 I ，试计算以下各处磁感应强度的大小；（1） $r<R$ ；（2） $r>R$ ；

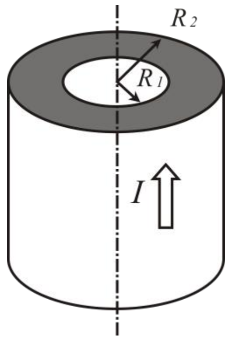


6. 有一长直载流导体圆管，其内，外半径分别为 R_1 和 R_2 ，其中通有电流 I ，且均匀分布在横面上，试计算下列各区域中磁感强度大小 B 的分布；

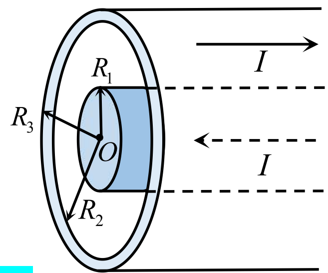
（1） $r<R_1$ ；

（2） $R_1<r<R_2$ ；

（3） $r>R_2$ ；



7. 如图所示，一同轴长电缆由两导体组成，内层是半径为 R_1 的圆柱形导体，外层是内、外半径分别为 R_2 和 R_3 的圆筒，两导体上的电流等值反向，均匀分布在横截面上，求各区域中磁感应强度 B 的分布.

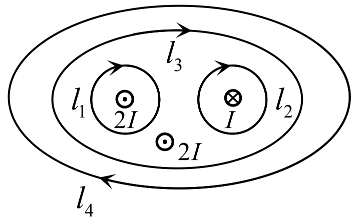


8. 在安培环路定理中 $\oint \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0\sum I$ ，其中 $\sum I$ 是指________。

9. 电流分布如下图所示，今沿图示的 l_1,l_2,l_3,l_4 四个环路计算磁感应强度的环流，得出以下四式，其中正确的是（　）。

$A.\ \oint_1 \vec{B}\cdot d\vec{l}=2\mu_0 I$　　$B.\ \oint_2 \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0 I$

$C.\ \oint_3 \vec{B}\cdot d\vec{l}=3\mu_0 I$　　$D.\ \oint_4 \vec{B}\cdot d\vec{l}=-\mu_0 I$

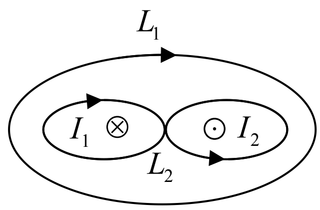


10. 无限长直线圆柱体，半径为 R，沿轴向均匀流有电流，设圆柱体内（$r<R$）的磁感强度为 B_i，圆柱体外（$r>R$）的磁感应强度为 B_e，则有（　）。

$A.$ B_i, B_e 均与 r 成正比　　　　$B.$ B_i, B_e 均与 r 成反比

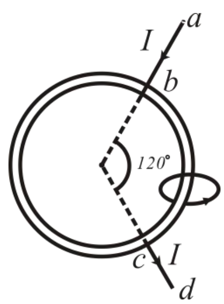
$C.$ B_i 与 r 成反比，B_e 与 r 成正比　　　　$D.$ B_i 与 r 成正比，B_e 与 r 成反比

11.如图所示，两根无限长载流直导线相互平行，通过的电流分别为 I_1 和 I_2，则 $\oint_{L_1}\vec{B}\cdot d\vec{l}=$ ______；$\oint_{L_2}\vec{B}\cdot d\vec{l}=$ ______。



12. 如图所示，两根直导线 ab 和 cd 沿半径方向被接到一个截面处处相等的铁环上，恒定电流 I 从 a 端流入而从 d 端流出，则磁感应强度 $\vec{B}$ 沿图中闭合路径的积分 $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}$ 为（　）。

$A.\mu_0 I$　　$B.\dfrac{\mu_0 I}{3}$　　$C.\dfrac{\mu_0 I}{4}$　　$D.\dfrac{2\mu_0 I}{3}$



13. 对于某一闭合回路 l，B 的环流 $\oint_l \vec{B}\cdot d\vec{l}$ 等于零，则可以断定（　）。

$A.$ 回路 l 内一定有电流　　　　$B.$ 回路 l 上任一点的磁感应强度都为零

$C.$ 回路 l 内一定无电流　　　　$D.$ 回路 l 内可能有电流，但其代数和为零

14. 关于安培环路定理，以下说法正确的是（　）。

$A.$ 闭合回路上各点磁感应强度都为零时，回路内一定没有电流穿过

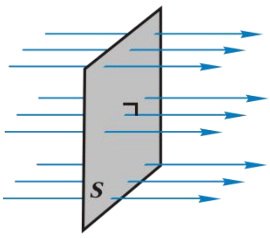
$B.$ 闭合回路上各点磁感应强度都为零时，回路内穿过电流的代数和必为零

$C.$ 磁感应强度沿闭合回路的积分为零时，回路上各点的磁感应强度必为零

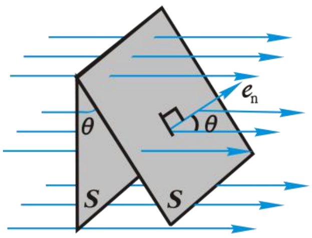
$D.$ 磁感应强度沿闭合回路的积分不为零时，回路上各点的磁感应强度必不为零

课时八　磁通量/高斯定理

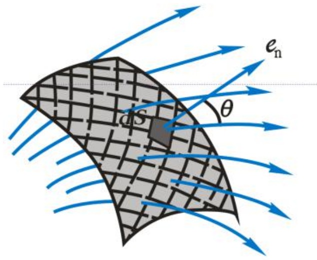
考点	重要程度	占分	题型
1. 磁通量、高斯定理	必 考	5～10	大题



$\Phi_m = B \cdot S$



$\Phi_e = B \cdot S\cos\theta$



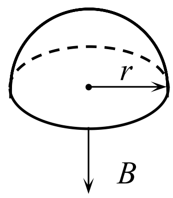
$\Phi_e = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$

磁通量：$\Phi_m = B \cdot S$

(3) B 和 S 必须是垂直关系
(4) 对于曲面，向外穿出为正，向内穿入为负
(5) 磁场中高斯定理：$\Phi_m = \oint \vec{B} d\vec{S} = 0$　沿闭合曲面积分为零：穿进等于穿出

题 1. 如图所示，在磁感应强度为 $\vec{B}$ 的均匀磁场中作一半径为 r 的半球面 S，则通过半球面 S 的磁通量为（ ）

$A.2\pi r^2 B$　　$B.-\pi r^2 B$　　$C.2\pi r B$　　$D.\pi r^2 B$



解：$\Phi_m = -B \cdot \pi r^2$，选 B

题 2. 在稳恒磁场中，穿过任一闭合曲面的总磁通量必然为__________

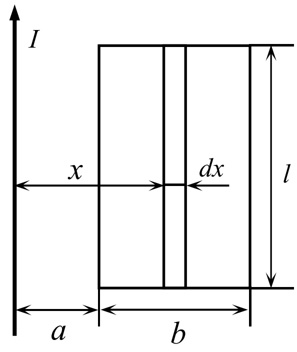
解：磁场中的高斯定理：$\Phi_m = \oint \vec{B} d\vec{S} = 0$　磁感应强度沿闭合曲面积分值为零

题 3. 一个密绕细长螺线管，每米长度上饶有 1000 匝细导线，螺线管的横截面积为 $0.001m^2$。当在螺线管中通入 $10A$ 的电流时，它的横截面上的磁通量为_____Wb $\left(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} T \cdot m \cdot A^{-1}\right)$

解：$B = \mu_0 n I = 4\pi \times 10^{-7} \times 1000 \times 10 = 1.256 \times 10^{-2}\ T$

$\Phi_m = B \cdot S = 1.256 \times 10^{-2} \times 0.001 = 1.256 \times 10^{-5}\ Wb$

题 4. 如图，一无限长直导线通以电流 I，若有一矩形导体线框与直导线共面且距导线为 a，试求通过矩形导体线框的磁通量。



解：在矩形线框中取窄条宽为 dx，窄条面积 $dS = ldx$

载流直导线在 x 处产生的磁感应强度：$B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi x}$

$$d\Phi_m = B \cdot dS = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} \cdot l \cdot dx = \frac{\mu_0 Il}{2\pi x} dx$$

$$\Phi_m = \int d\Phi_m = \int_a^{a+b} \frac{\mu_0 Il}{2\pi x} dx = \frac{\mu_0 Il}{2\pi} \ln \frac{a+b}{a}$$

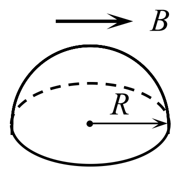
题 5. 磁场中的高斯定理为 $\oint \vec{B} d\vec{S} = 0$，它表明磁场是（）

A. 非保守力 B. 保守力 C. 无源场 D. 有源场

答案：C，此处要讲静电场和磁场中的高斯定理和安培环路定理，请务必观看视频课程

课时八 练习题

3. 如图所示，一个半径为 R 的半球面放在均匀磁场中，则通过半球面的磁通量为____。

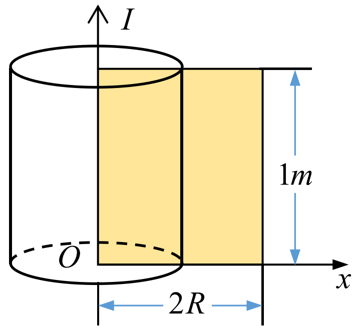


4. 均匀磁场的磁感应强度 B 垂直于半径为 r 的圆面，今以该圆周为边线，作一半球面 S，则通过 S 面的磁通量大小为____。

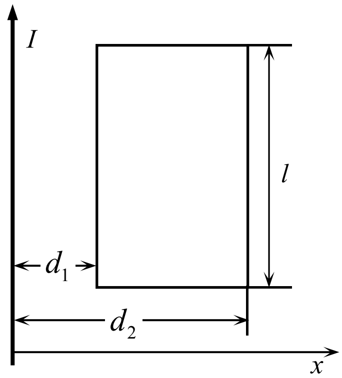
5. 磁场中的高斯定理为 $\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$，它表明磁场是（ ）。

A. 非保守场 B. 保守场 C. 有源场 D. 无源场

6. 一无限长圆柱形铜导体（磁导率为μ_0），半径为R，通有均匀分布的电流I，今取一矩形平面S（长为$1m$，宽为$2R$），位置如图中阴影部分所示，求通过该矩形平面的磁通量。



7. 如图，通过载流长直导线的电流为I，试求通过矩形面积的磁通量。

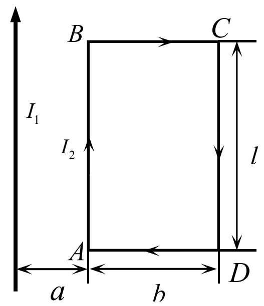


课时九 安培力/磁力矩/洛伦兹力

考点	重要程度	占分	常见题型
1. 安培力	★★★	0～5	选择、填空为主 偶尔大题
2. 磁矩、磁力矩	★★★★★	2～5	
3. 洛伦兹力	★★	0～3	

1. 安培力 $F=B\cdot I\cdot L$

题 1. 如图所示，一根长直导线载有电流 I_1，矩形回路载有电流 I_2，两者共面，试计算：作用在回路各边上的安培力以及线圈所受合外力。



解：AB 段：$F_1=B\cdot I\cdot L=\dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi a}\cdot I_2\cdot l=\dfrac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi a}$ 方向朝左

BC 段：$B=\dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi x}$ $dF=BI_2dx=\dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi x}I_2dx$

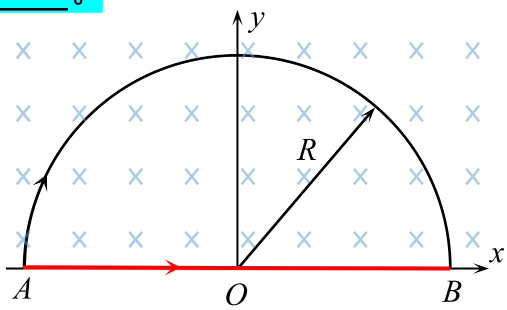
$$F_2=\int dF=\int_a^{a+b}\frac{\mu_0 I_1}{2\pi x}I_2dx=\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a}$$ 方向朝上

CD 段：$F_3=B\cdot I\cdot L=\dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi(a+b)}\cdot I_2\cdot l=\dfrac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi(a+b)}$ 方向朝右

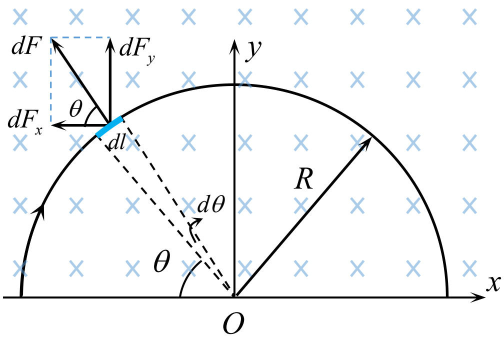
DA 段：和 BC 段受力相同，$F_4=F_2=\dfrac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\ln\dfrac{a+b}{a}$ 方向朝下

合力：$F=F_1-F_3=\dfrac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi a}-\dfrac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi(a+b)}=\dfrac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi}\left(\dfrac{1}{a}-\dfrac{1}{a+b}\right)$

题 2. 图示表示一段半圆形导线，通有电流 I，圆的半径为 R，放在均匀磁场 B 中，磁场与导线平面垂直，求磁场作用在半圆形导线上的安培力 **F=________**。



解:(法一)取等效线段 AB，$F=B\cdot I\cdot L=B\cdot I\cdot 2R=2BIR$



解：（法二）导线上取线元 dl

$dF=B\cdot I\cdot dl$

$dF_x=dF\cdot\cos\theta=BIdl\cos\theta$

$dF_y=dF\cdot\sin\theta=BIdl\sin\theta$ $dl=Rd\theta$

$F_x=\int dF_x=\int_0^{\pi}BIdl\cos\theta=\int_0^{\pi}BIR\cos\theta d\theta=0$

$F_y=\int dF_y=\int_0^{\pi}BIdl\sin\theta=\int_0^{\pi}BIR\sin\theta d\theta=2BIR$

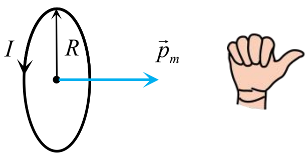
2. 磁矩、磁力矩

磁矩：$p_m = I\cdot S$ 方向按照右手法则，电流沿四指，大拇指指向

磁力矩：$M = BP_m \sin\theta$（θ 为 B 和 p_m 夹角）

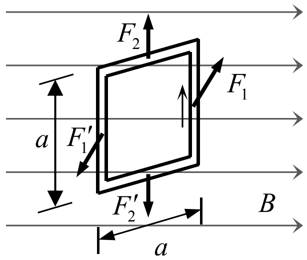
$\theta = \pi/2$ 时，磁力矩最大 $M_{\max} = BIS$ $\theta = 0$ 时，磁力矩最小 $M_{\min} = 0$

题 1. 一半径为 $R = 0.10m$ 的圆形闭合线圈，通有稳恒电流 I=10A，则此线圈磁矩 p_m 的大小是__________ $A\cdot m^2$。



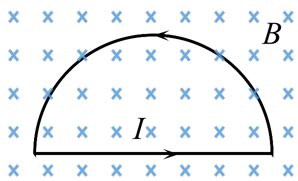
解：$p_m = I\cdot\pi R^2 = 10\times3.14\times0.1^2 = 0.314$

题 2. 一正方形线圈，由细导线做成，边长为 a，共有 N 匝，可以绕通过其相对两边中点的一个竖直轴自由转动，现在线圈中通有电流 I，并把线圈放在均匀的水平外磁场 $\vec{B}$ 中，求线圈磁矩与磁场 $\vec{B}$ 的夹角为 θ 时，线圈受到的转动力矩为__________



解：$M = NBP_m \sin\theta = NBIa^2 \sin\theta$

题 3. 如图所示，半径为 R 的半圆形载流线圈在均匀磁场 $\vec{B}$ 中所受的磁力矩大小为__________



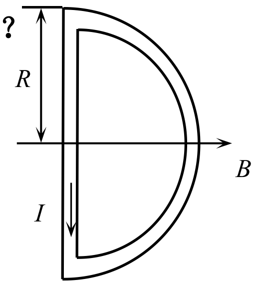
解：磁矩与磁场 $\vec{B}$ 的夹角为 $\theta = \pi$

故磁力矩：$M = BP_m \sin\theta = 0$

题 4. 一半圆形闭合线圈半径 R=0.1m，通过电流 I=10A，放在均匀磁场中，磁场方向与线圈面平行，如图所示，$B = 0.5T$

(1) 求线圈所受力矩的大小；

(2) 若此线圈受力矩的作用转到线圈平面与磁场垂直的位置，则力矩做功多少？



解：（1）磁矩：$p_m = I\cdot S = I\cdot\frac{1}{2}\pi R^2 = 10\times\frac{1}{2}\pi\times0.1^2 = 0.157$

磁力矩：$M = BP_m \sin\theta = 0.5\times0.157\times\sin\frac{\pi}{2} = 7.85\times10^{-2}(N\cdot m)$

（2）磁通量变化量 $\Delta\Phi_m = BS - 0 = BS$

磁力矩做功：$A = I\Delta\Phi_m = IBS = 10\times0.5\times\frac{\pi\times0.1^2}{2} = 7.84\times10^{-2}(J)$

3. 洛伦兹力

洛伦兹力：$F = Bqv$

①方向始终垂直于速度　　②速度 v 和 B 平行时不受力

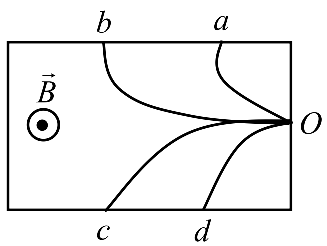
$$F = Bqv = m\frac{v^2}{R} \quad \Rightarrow R = \frac{mv}{Bq} \quad T = 2\pi\frac{m}{Bq}$$

题 1. 一带电粒子平行磁感线射入匀强磁场，则它作____运动。一带电粒子垂直磁感线射入匀强磁场，则它作____运动。一带电粒子与磁感线成任意角射入匀强磁场，则它作____运动。

解：匀速直线运动；匀速圆周运动；螺旋运动。

题 2. 图为四个带电粒子在 O 点沿相同方向垂直于磁感线射入均匀磁场后的偏转轨迹的照片。磁场方向垂直纸面向外，轨迹所对应的四个粒子的质量相等，电荷大小也相等，则其中动能最大的带负电的粒子的轨迹是（ ）

$A.Oa$　　$B.Ob$　　$C.Oc$　　$D.Od$

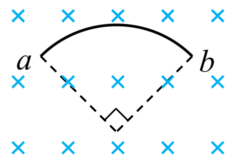


解：$R=\frac{mv}{Bq}$

m 和 q 相同，v 越大，半径越大，故选 C

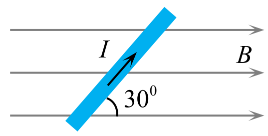
课时九 练习题

1. 如图所示，一根载有电流 I 的导线被弯成半径为 R 的1/4圆弧，放在磁感强度为 B 的均匀磁场中，则载流导线 ab 所受磁场的作用力的大小为（　　）。



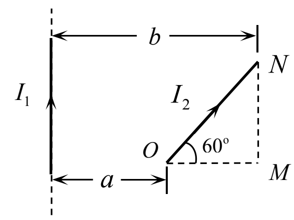
A. $\frac{\pi}{2}BIR$　　B. 0　　C. $\sqrt{2}BIR$　　D. BIR

2. 一根长为 L 的载流导线位于大小为 B 的匀强磁场中，已知导线与磁场方向之间的夹角为 30^o，导线中的电流强度为 I，则导线受到安倍力为（　　）

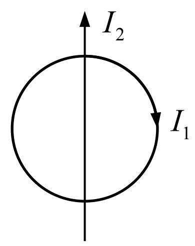


A. BIL　　B. $\frac{BIL}{2}$　　C. $\frac{\sqrt{3}BIL}{2}$　　D. 0

3. 无限长直线电流 I_1 与直线电流 I_2 共面，几何位置如图所示，直线电流 I_2 受到电流 I_1 磁场的安培力为______________。



4. 长直导线 I_2 与圆形电流 I_1 共面，并与其一直径相重合如图（但两者绝缘），设长直电流不动，则圆形电流将（　　）。



A. 绕 I_2 旋转　　B. 向左运动

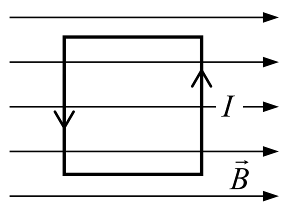
C. 向右运动　　D. 向上运动　　E. 不动

5. 两根无限长平行导线上通上电流，则它们之间（　　）

A. 相互吸引　　B. 相互排斥

C. 电流同向时吸引，反向时排斥　　D. 电流同向时排斥，反向时吸引

6. 如图所示，边长为 a，N 匝的正方形线圈通以电流 I，放在磁感应强度为 $\vec{B}$ 的均匀磁场中，线圈平面与磁感线平行，则线圈的磁矩的大小为______，线圈所受磁力矩的大小为______。

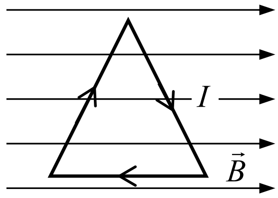


7. 一圆形闭合线圈，半径$R=0.2\,\text{m}$，通过电流$I=5A$，放在均匀磁场中，磁感应强度$B=0.5T$，则线圈所能受到的最大磁力矩大小为______。

8. N匝细导线绕成的平面正三角形线圈，边长为a，通有电流I，置于均匀外磁场$\vec{B}$中，当线圈平面的法向与外磁场垂直时，该线圈所受的磁力矩M大小为(　　)

A. $\dfrac{\sqrt{3}Na^2IB}{2}$　　B. $\dfrac{\sqrt{3}Na^2IB}{4}$　　C. $\sqrt{3}Na^2IB\sin 60^0$　　C. 0

9. 如图，边长为a的等边三角形，通过电流为I，放在磁感应强度为B的匀强磁场中，磁感方向与线圈平行，当线圈在磁力矩作用下转过180度时，磁力矩所用的功为______。



10. 有一半径为R的单匝圆线圈，通以电流I，若将该导线弯成匝数$N=2$的平面圆线圈，导线不变，并通以同样的电流，则线圈中心的磁感强度和线圈的磁距分别是原来的(　　)

A. 4倍和$\frac{1}{8}$倍　　B. 4倍和$\frac{1}{2}$倍　　C. 2倍和$\frac{1}{4}$倍　　D. 2倍和$\frac{1}{2}$倍

11. 电量为q的带电粒子在均匀磁场中运动，下列说法正确的是（　　）

A. 带电粒子的动能和动量都不变

B. 只要速度大小相同，所受洛伦兹力就一定相同

C. 洛伦兹力总与速度方向垂直，所以带电粒子的运动轨迹必定是圆

D. 速度相同，带电符号相反的两个粒子，它们所受磁场力的大小相等，方向相反

12. 两个带电粒子，以相同的速度垂直磁感线飞入匀强磁场，它们的质量之比为1:4，电荷之比是1:2，它们运动轨迹半径之比是_____。

课时十　磁介质、磁场能（选学）

考点	重要程度	占分	常见题型
1. 磁介质中安培环路定理	★★★★★	5～10	大题
2. 磁场能量	★★	0～3	选择、填空

1. 磁介质中安培环路定理

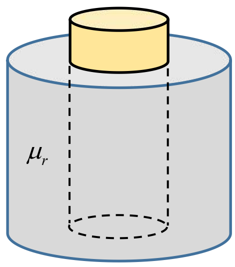
磁介质中安培环路定理：$\oint \vec{H}d\vec{l}=\sum I_{内}$

(1) $H=\dfrac{B}{\mu_0\mu_r}=\dfrac{B}{\mu_0}-M \quad \Rightarrow B=\mu_0\mu_r H$　　M 为磁化强度

(2) 磁导率 $\mu=\mu_0\mu_r$　相对磁导率：μ_r　真空中相对磁导率　$\mu_r=1$

(3) $\oint \vec{H}d\vec{l}=\sum I_{内}$ 不仅适用于含介质的，也适用于不含介质的。

题 1. 长直圆柱形铜导线，外面包一层相对磁导率为 μ_r 的圆筒形磁介质。导线半径为 R_1，磁介质的半径为 R_2，导线内有均匀的分布的电流 I 通过，铜的相对磁导率可取1，求导线和介质内外的磁场强度 H 和磁感应强度 B 的分布

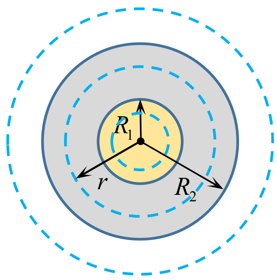


解：由 $\oint Hdl=H\cdot 2\pi r=\sum I_{内} \quad \Rightarrow H=\dfrac{\sum I_{内}}{2\pi r} \quad B=\mu_0\mu_r H$

$r<R_1$ 时　$\sum I_{内}=\dfrac{Ir^2}{R_1^2} \quad \Rightarrow H=\dfrac{Ir}{2\pi R_1^2} \quad \Rightarrow B=\dfrac{\mu_0 Ir}{2\pi R_1^2}$

$R_1<r<R_2$ 时　$\sum I_{内}=I \quad \Rightarrow H=\dfrac{I}{2\pi r} \quad \Rightarrow B=\dfrac{\mu_0\mu_r I}{2\pi r}$

$R_2<r$ 时　$\sum I_{内}=I \quad \Rightarrow H=\dfrac{I}{2\pi r} \quad \Rightarrow B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$



题 2. 磁介质有三种，用相对磁导率 μ_r 表征他们的各自特性是，（ ）

$A.$ 顺磁质 $\mu_r>0$，抗磁质 $\mu_r<0$，铁磁质 $\mu_r\gg 1$

$B.$ 顺磁质 $\mu_r>1$，抗磁质 $\mu_r=1$，铁磁质 $\mu_r\gg 1$

$C.$ 顺磁质 $\mu_r>1$，抗磁质 $\mu_r<1$，铁磁质 $\mu_r\gg 1$

$D.$ 顺磁质 $\mu_r>0$，抗磁质 $\mu_r<0$，铁磁质 $\mu_r>1$

解：答案选 C

相对磁导率：$u_r=\dfrac{B}{B_0}$

$\mu_r>1$　顺磁质

$\mu_r<1$　抗磁质

$\mu_r\gg 1$　铁磁质

2. 磁场能量

题 1.真空中一长直密绕螺线管通以电流 I ,管上单位长度绕由 n 匝导线，内部的磁能密度为 $w_m=$______。

解： $B=\mu_0 nI \qquad w_m=\frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0}=\frac{\mu_0 n^2 I^2}{2}$

题 2.真空中一根无限长直细导线上通电流 I ，则距导线垂直距离为 a 的空间某点处的磁能密度为（ ）

$A.\ \frac{1}{2}\mu_0\left(\frac{\mu_0 I}{2\pi a}\right)^2 \qquad B.\ \frac{1}{2\mu_0}\left(\frac{\mu_0 I}{2\pi a}\right)^2 \qquad C.\ \frac{1}{2}\left(\frac{2\pi a}{\mu_0 I}\right)^2 \qquad D.\ \frac{1}{2\mu_0}\left(\frac{\mu_0 I}{2a}\right)^2$

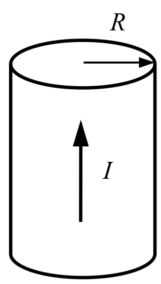
解： $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \qquad w_m=\frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0}=\frac{1}{2\mu_0}\left(\frac{\mu_0 I}{2\pi a}\right)^2$ 故选 B

课时十 练习题

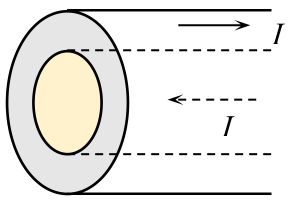
1．如图所示，真空中圆柱形无限长导体，导体的磁导率为 μ ，半径为 R ,通有沿轴线方向的均匀电流 I ,求：

(1) 导体内任一点的 H,B 和 M ;

(2) 导体外任一点的 H,B 。



2.如图一半径为 R_1 的无限长圆柱体（ $\mu=\mu_0$ ）中均匀地通有电流 I ，在它外面有半径为 R_2 的无限长同轴圆柱面，两者之间充满相对磁导率为 μ_r 的均匀磁介质，在圆柱面上通有相反方向的电流 I ，试求磁感应强度的分布。



3. 长直线电缆由一个圆柱体导体和一共轴圆筒状导体组成，两导体中有等值反向均匀电流 I 通过，其间充满磁导率为 μ 的均匀磁介质，介质中离中心轴距离为 r 的某点处的磁场强度的大小 $H=$________；磁感强度的大小 $B=$________。

4. 真空中一根无限长直细导线上通电流 I，则距导线垂直距离为 a 的空间某点处的磁能密度为（　　）

A. $\frac{1}{2}\mu_0\left(\frac{\mu_0 I}{2\pi a}\right)^2$　　B. $\frac{1}{2\mu_0}\left(\frac{\mu_0 I}{2\pi a}\right)^2$　　C. $\frac{1}{2}\left(\frac{2\pi a}{\mu_0 I}\right)^2$　　D. $\frac{1}{2\mu_0}\left(\frac{\mu_0 I}{2a}\right)^2$

5. 无限长密绕直螺线管通以电流 I，内部为真空，管上单位长度绕有 n 匝导线，则管内部的磁感应强度为________，内部的磁能密度为________。

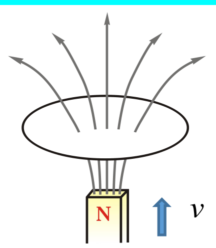
课时十一　电磁感应

考点	重要程度	占分	常见题型
1. 感生电动势	必考	10～15	大题
2. 动生电动势			

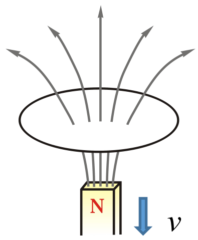
1. 感生电动势

$$\varepsilon=-\frac{d\Phi}{dt}=\oint \vec{E}_k d\vec{l}=-\int\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}d\vec{S}$$

题 1.判断下面感应电动势方向：



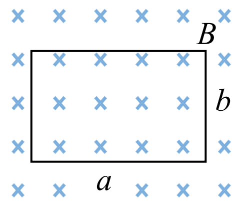
（　　）



（　　）

解：顺时针；逆时针。（详细解答见视频课程）

题 2.如图一长为 a，宽为 b 的矩形导体线置于均匀磁场中，且 $B=B_0\sin\omega t$，则线框内电动势大小为________



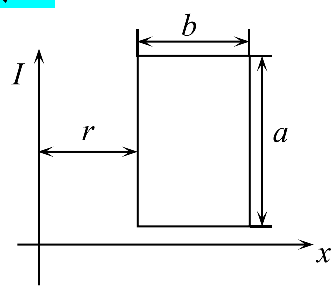
解：$\Phi=B\cdot S=B_0ab\sin\omega t$　　$\varepsilon=-\dfrac{d\Phi}{dt}=-\omega B_0ab\cos\omega t$

故电动势大小为 $\omega B_0ab\cos\omega t$

题 3.如图所示，一长直带电导线与一单匝矩形线圈共面，矩形线圈的边长分别为 a 和 b，它到直导线的距离为 r，长直导线通有电流 I，方向如图所示，试求：

（1）线圈中的磁通量 Φ；

（2）若导线中电流 $I=kt$，其中 k 为大于零的常数，t 为时间，则给出线圈中的感应电动势 ε 的大小和方向。



解：（1）矩形线圈中取窄条宽为 dx　　$dS=a\cdot dx$

$$d\Phi=B\cdot dS=\frac{\mu_0 I}{2\pi x}\cdot adx=\frac{\mu_0 Ia}{2\pi x}dx\qquad \Phi=\int d\Phi=\int_r^{r+b}\frac{\mu_0 aI}{2\pi x}dx=\frac{\mu_0 aI}{2\pi}\cdot\ln\frac{r+b}{r}$$

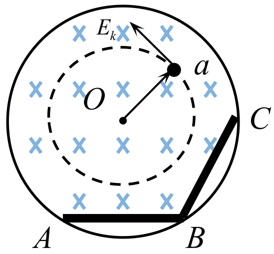
(2) $I=kt$ 时，$\Phi=\dfrac{\mu_0 a\cdot kt}{2\pi}\ln\dfrac{r+b}{r}$　　$\varepsilon=-\dfrac{d\Phi}{dt}=-\dfrac{\mu_0 ak}{2\pi}\ln\dfrac{r+b}{r}$

电动势大小为 $\dfrac{\mu_0 ak}{2\pi}\ln\dfrac{r+b}{r}$，方向逆时针

题 4.在半径为 R 的无限长圆筒内，分布着磁感应强度为 B 的均匀磁场，方向与轴线平行垂直纸面向内（如图所示），以大小为 $\frac{dB}{dt}$ 变化，且 $\frac{dB}{dt}>0$，a 点离轴线的距离为 $r(r<R)$。求：

(1) a 点感生电场的大小和方向；

(2) $AB=BC=R$,求 AC 上的感应电动势的大小，并判断 A,B,C 三点哪点的电势最高。



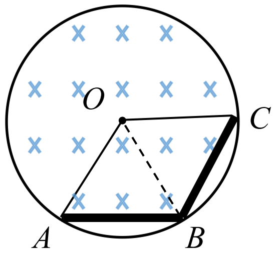
解：（1）由 $\varepsilon=-\frac{d\Phi}{dt}=\oint_L \vec{E}_k d\vec{l}$

$B\cdot S=B\cdot\pi r^2 \quad \Rightarrow \varepsilon=-\frac{d\Phi}{dt}=-\frac{dB}{dt}\pi r^2 \qquad \oint_L \vec{E}_k d\vec{l}=E_k\cdot 2\pi r$

$-\frac{dB}{dt}\pi r^2=E_k\cdot 2\pi r \qquad \Rightarrow E_k=-\frac{r}{2}\cdot\frac{\partial B}{\partial t}=-\frac{r}{2}\cdot\frac{dB}{dt}$

方向逆时针，垂直于 oa

(2)补齐 OA,OC,形成封闭回路



$\Phi=B\cdot S=B\cdot 2S_{\Delta OAB}=\frac{\sqrt{3}}{2}BR^2$

$\varepsilon=-\frac{d\Phi}{dt}=-\frac{\sqrt{3}R^2}{2}\frac{dB}{dt}$

因为在 OA,OC 上不产生感应电动势，故 AC 上感应电动势为 $\frac{\sqrt{3}R^2}{2}\frac{dB}{dt}$

感应电流沿 $A\to B\to C$ 方向，故 C 点电势最高。

题 5.尺寸相同的铁环与铜环所包围的面积中，通以相同变化率的磁通量，当不计环的自感时，环中（ ）

$A.$感应电动势不同　　$B.$感应电动势相同 ，感应电流相同

$C.$感应电动势不同 ，感应电流相同　　$D.$感应电动势相同 ，感应电流不同

解：$\varepsilon=-\frac{d\Phi}{dt}$ 只和磁通量变化有关，故电动势相同，材料不同，电阻不同，故感应电流不同，故选 D。

题 6.引起感生电动势的非静电力是<u>感生电场　　</u>。

题 7.在感应电场中电磁感应定律可写成$\oint_L \vec{E}_r d\vec{l} = \frac{d\Phi}{dt}$，式中$\vec{E}_r$为感应电场的电场强度，此式表明：( )

$A.$闭合曲线L上的$\vec{E}_r$处处相等

$B.$在感应电场中不能像对静电场那样引入电势的概念

$C.$感应电场强度线不是闭合的

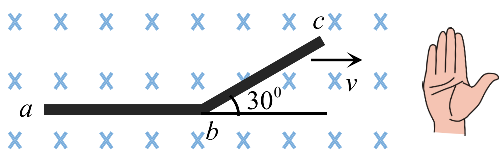
$D.$感应电场是保守电场

解：选B 静电场：保守场，有源场，电场线起于正电荷终于负电荷，非闭合

感生电场：非保守场，无源场，有旋场，闭合，环路上$\vec{E}_r$大小处处相等，方向不同

2. 动生电动势 $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = Blv$

题 1.一导线ac弯成如图所示形状，且$ab = bc = 10cm$，若使导线在磁感应强度$B = 2.5\times10^{-2}T$的均匀磁场中，以速度$v = 1.5cm\cdot s^{-1}$向右运动，求：



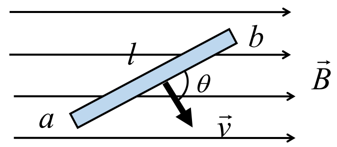
(1) ac间电势差

(2) ac间哪一端电势高?

解：$\varepsilon = B\cdot l\cdot v = B\cdot bc\sin30^{\circ}\cdot v = 2.5\times10^{-2}\times0.1\times\frac{1}{2}\times1.5\times10^{-2} = 1.875\times10^{-5}(V)$

$U_{ac} = U_a - U_c = -1.875\times10^{-5}\ V$ c点电势高

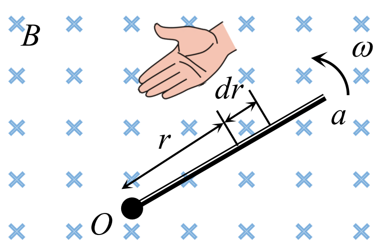
题 2.长度为L的直导线ab在均匀磁场$\vec{B}$中以速度$\vec{v}$移动，直导线ab中的电动势为( )



$A.Blv$ $B.Blv\sin\alpha$ $C.Blv\cos\alpha$ $D.0$

解：没有切割磁感线，故$\varepsilon = 0$

题 3.一长为L金属棒在均匀磁场中以角速度ω绕中心O逆时针方向旋转，磁场的方向如图，大小为B，O、a两端电势高的是______端，电动势为 ______。



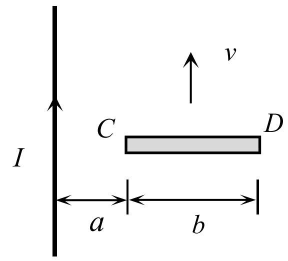
解：金属棒上取线元dr

$d\varepsilon = B\cdot dr\cdot v = B\cdot dr\cdot\omega r = B\omega rdr$

$\varepsilon = \int d\varepsilon = \int_0^L B\cdot\omega r\cdot dr = \frac{1}{2}B\omega L^2$

故O点电势高

题 4.一无限长直导线载有电流I，长度为b的金属杆CD与导线共面且垂直，相对位置如图，CD杆以速度$\vec{v}$平行直线电流运动，求CD杆中的感应电动势，并判断C,D哪端电势较高？



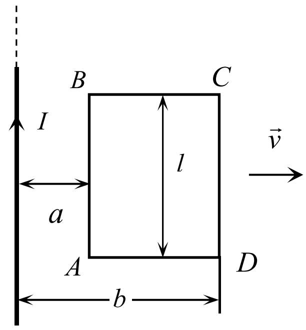
解:金属杆上取线元dx

$$d\varepsilon = B\cdot dx\cdot v = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}\cdot vdx$$

故 $\varepsilon = \int d\varepsilon = \int_a^{a+b}\frac{\mu_0 Iv}{2\pi x}\cdot dx = \frac{\mu_0 Iv}{2\pi}\cdot \ln\frac{a+b}{a}$

感应电流方向由$D\to C$,故C点电势较高

题 5.如图所示，由一根长直导线，载有直流电流I，近旁有一个两条对边与它平行并与它共面的矩形线圈，以匀速度$\vec{v}$沿垂直于导线的方向离开导线，求：在图示位置时矩形线圈中的感应电动势的大小和方向。



解: AB段产生的电动势：$\varepsilon_1 = Blv = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}\cdot l\cdot v$

B为正极，A为负极

CD段产生的电动势：$\varepsilon_2 = Blv = \frac{\mu_0 I}{2\pi b}\cdot l\cdot v$

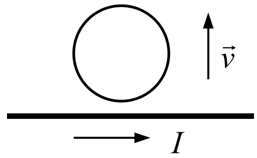
C为正极，D为负极

BC、AD段不作切割磁感线，不产生电动势

故 $\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \frac{\mu_0 Ilv}{2\pi}(\frac{1}{a}-\frac{1}{b})$ 方向沿顺时针

课时十一　　练习题

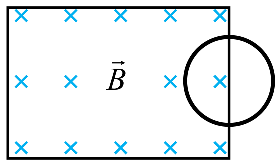
1. 如图，长直导线通有电流I，圆线圈与导线共面，且向上运动。则此时线圈中感生电流的方向是______（填“顺时针”或“逆时针”）.



2. 一个圆形线环，它的一半放在一分布在方形区域的匀强磁场中，另一半位于磁场之外，如图所示，磁场$\vec{B}$的方向垂直纸面向里，欲使圆线环中产生逆时针方向的感应电流，应使（　　）

A. 线环向左平移　　B. 线环向上平移

C. 线环向右平移　　D. 磁感应强度减弱



3. 关于感应电动势大小的下列说法中，正确的是（　　）。

A. 线圈中磁通量变化越大，线圈中产生的感应电动势一定越大.

B. 线圈中磁通量越大，产生的感应电动势一定越大.

C. 线圈放在磁感强度越强的地方，产生的感应电动势一定越大.

D. 线圈中磁通量变化越快，产生的感应电动势越大.

4. 在感应电场中电磁感应定律可写成$\oint_L \vec{E}_r \cdot d\vec{l} = \frac{d\Phi}{dt}$，式中$\vec{E}_r$为感应电场的电场强度，此式表明（　　）

A. 闭合曲线L上$\vec{E}_r$处处相等.

B. 在感应电场中不能像对静电场那样引入电势的概念.

C. 感应电场强度线不是闭合曲线·

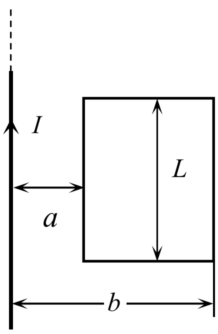
D. 感应电场是保守电场.

5. 无限长直导线通以电流$I = I_0 e^{-8t}$，有一与之共面的矩形线圈，其边长为L的长边与长直导线平行，两长边与长直导线的距离分别为a、b，位置如图所示，求：

（1）　在任意时刻t通过矩形线圈的磁通量；

（2）　矩形线圈内的感应电动势的大小和感应电动势的方向；

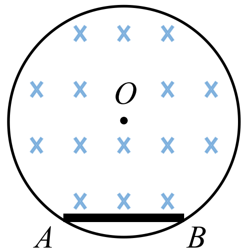
（3）　导线与线圈的互感系数。



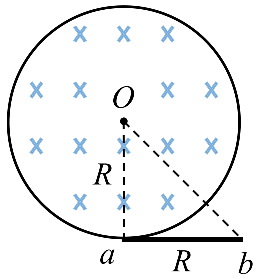
6. 在半径为 R 的圆柱形空间中存在着均匀磁场 $\vec{B}$，$\vec{B}$ 的方向与轴线平行，有一长为 R 的金属棒 AB，置于该磁场中，如图，当 $\dfrac{dB}{dt}$ 以恒定值减小时，求：

（1） 金属棒上的感应电动势；

（2） 指出 A，B 点电位的高低。



7. 在底面半径为 R 的圆柱形空间内有一磁感应强度为 B 的均匀磁场，磁感应强度的变化率 $\dfrac{dB}{dt}=\alpha$ 为常量，现在磁场附近放一根长为 R 的导体棒 ab，如图所示，则导体棒上的感应电动势的大小为______.

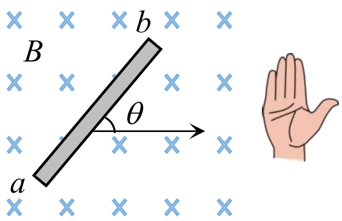


8. 导线切割磁场线会产生（　　）。

$A.$感生电动势　　$B.$动生电动势　　$C.$端电压　　$D.$电源内阻电压

9. 在磁感应强度为 B 的匀强磁场中，以速率 V 垂直切割磁力线运动的一长度为 l 的金属杆，它的电动势 $\varepsilon=$______

10. ab 直导体长为 L,以图示的方向以速度 v 运动，感应电动势的大小为______，哪点的电势高______。



11. 长为 L 的金属直导线在垂直于均匀磁场 $\vec{B}$ 的平面内以角速度 ω 转动，若转轴位于导线的端点，则整个导线上的电动势大小 $\varepsilon=$______；若转轴位置是在导线的中点，整个导线上的电动势大小 $\varepsilon=$______。

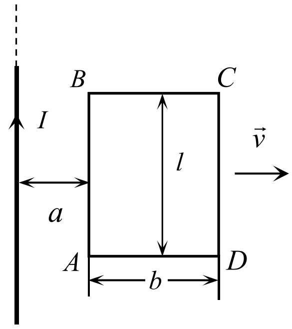
$A.\ \omega BL^2,0$　　$B.\ \omega BL,0$　　$C.\ \dfrac{1}{2}\omega BL^2,0$　　$D.\ \dfrac{1}{2}\omega BL^2,\omega BL^2$

12.（判断）导体在磁场中运动产生动生电动势，其非静电力是洛伦兹力。

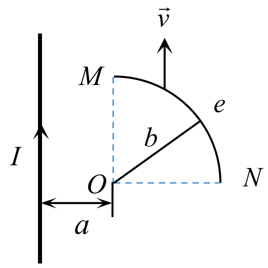
13. 如图所示，在一无限长直载流导线的近旁放置一个矩形导体线框，载流长直导线与矩形线框在同一平面内，载流长直导线通有电流 I 。

（1） 若该线框在垂直于导线方向上以速率 v 向右移动，求在图示位置处线框中感应电动势的大小和方向；

（2） 假设矩形线框静止在图示位置不动，同时导线中的电流开始按规律 $I=I_0e^{-3t}$ 变化，求线框中感应电动势的大小。



14. 载有电流 I 的长直导线附近，放一导体1/4圆环 MeV 与长直导线共面，且 ON 的连线与长直导线垂直，OM 的连线与长直导线平行。1/4圆环的半径为 b，环心 O 与导线相距 a。设1/4圆环以速度 $\vec{v}$ 平行导线平移，求1/4圆环内感应电动势的大小和流向以及 MN 两端的电压 V_M-V_N。



课时十二　自感互感（选学）

1. 自感和互感	★★	0 ~ 3	选择、填空
2. 麦克斯韦方程组	★★★★★	2 ~ 5	选择、填空

1. 自感与互感

自感　$\varepsilon = L\dfrac{dI}{dt}$　　$L = \dfrac{\Phi}{I}$　　互感　$M = \dfrac{\Phi_2}{I_1} = \dfrac{\Phi_1}{I_2}$

题 1. 对于单匝线圈取自系数的定义式为 $L = \Phi / I$，当线圈的几何形状，大小及周围磁介质分布不变，且无铁磁性物质时，若线圈中的电流强度变小，则线圈的自感系数 L（ ）

$A.$变大，与电流成反比关系　　$B.$变小

$C.$不变　　$D.$变大，但与电流不成反比关系

解：自感系数 L 的大小与回路的几何形状，大小，匝数，磁介质有关，和电流无关，故选 C

题 2. 一无铁芯的长直螺线管，在保持其半径和总匝数不变的情况下，把螺线管拉长一些，则它的自感系数将（ ）

$A.$增大　　$B.$减小　　$C.$不变　　$D.$不能确定

解：长直螺线管内的磁感应强度：$B = \mu_0 nI = \mu_0 \dfrac{N}{l} I$

磁通量：$\Phi = NBS = N \cdot \mu_0 \dfrac{N}{l} I \cdot \pi R^2 = \dfrac{\mu_0 N^2 I}{l} \pi R^2$

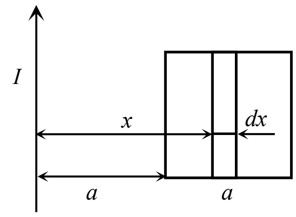
由 $L = \dfrac{\Phi}{I} = \dfrac{\mu_0 N^2}{l} \pi R^2$　　l 变大，L 变小　故选 B

题 3. 一自感线圈中，电流强度在 $0.002s$ 内均匀地由 $10A$ 增加到 $12A$，此过程中线圈内自感电动势为 $400V$，则线圈的自感系数为 $L =$ ______ H。

解：由 $\varepsilon = L\dfrac{dI}{dt}$　　$400 = L \cdot \dfrac{12-10}{0.002}$　　$\Rightarrow L = 0.4$

题 4. 一边长为 a 的正方形线圈放在一根长直导线旁，线圈与直导线共面。其中线圈的中心距长直导线为 $\frac{3a}{2}$，线圈的一组对边与直导线平行。此时，正方形线圈与直导线的互感系数为（ ）

$A.\frac{\mu_0 a}{\pi}\ln 2$ $B.\frac{\mu_0 a}{2\pi}\ln 2$ $C.\frac{\mu_0}{2\pi}\ln 2$ $D.\frac{\mu_0}{\pi}\ln 2$



解：在 x 处取窄条，宽为 dx

通过窄条的磁通量：$d\Phi = B\cdot dS = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}\cdot adx = \frac{\mu_0 Ia}{2\pi x}dx$

通过线圈的磁通量：$\Phi = \int d\Phi = \int_a^{2a}\frac{\mu_0 Ia}{2\pi x}dx = \frac{\mu_0 Ia}{2\pi}\ln 2$

互感系数：$M = \frac{\Phi_2}{I_1} = \frac{\frac{\mu_0 Ia}{2\pi}\ln 2}{I} = \frac{\mu_0 a}{2\pi}\ln 2$ 故选 B

2. 麦克斯韦方程组

1. 电场高斯定理—电场是有源场，电荷总伴随着电场：$\oint \vec{D}d\vec{S} = \sum q = \int_V \rho dV$

2. 磁场高斯定理—磁场是无源场，磁力线闭合：$\oint \vec{B}d\vec{S} = 0$

3. 变化的电场产生磁场：$\oint \vec{H}d\vec{l} = I + I_d = \int_S \vec{j}d\vec{S} + \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}d\vec{S}$（全电流安培环路定理）

4. 变化的磁场一定伴随着电场：$\oint \vec{E}d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}d\vec{S}$

题 1. 反应电磁场基本性质和规律的积分形式的麦克斯韦方程为：

$A.\ \oint_s \vec{D}\cdot d\vec{S} = \int_V \rho dV$ $B.\ \oint_l \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$

$C.\ \oint_s \vec{B}\cdot d\vec{S} = 0$ $D.\ \oint_l \vec{H}\cdot d\vec{l} = \int_S (\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t})d\vec{S}$

试判断下列结论是包含于或等效于哪一个麦克斯韦方程式：

（1）变化的磁场一定伴随有电场：***B***

（2）变化的电场产生磁场：***D***

（3）磁场是无源场，磁力线闭合：***C***

（4）电荷总伴随着电场：***A***

课时十二 练习题

1. 自感为$0.25H$的线圈中，当电流在$\left(\dfrac{1}{16}\right)S$内由$2A$均匀减小到零时，线圈中自感电动势的大小为（　　）

$A.\ 7.8\times10^{-3}V$　　$B.\ 3.1\times10^{-2}V$　　$C.\ 8.0V$　　$D.\ 12.0V$

2. 一自感线圈中，电流在$0.001S$内均匀地由$10A$增加到$12A$，此过程中线圈内自感电动势为$400V$，则线圈的自感系数$L=$_________。

3. 两个相距不太远的平面线圈，怎么放可使其互感系数近似为零？设其中一线圈的轴线恰通过另一线圈的圆心（　　）。

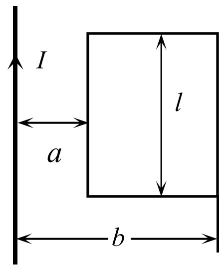
$A.$两线圈的轴线互相平行　　$B.$两线圈的轴线成45°角

$C.$两线圈的轴线互相垂直　　$D.$两线圈的轴线成30°角

4. 一根无限长直导线通有电流$I=I_0e^{-3t}$，一矩形线圈与长直导线共面放置，其长边与导线平行，位置如图所示，求：

(1) 矩形线圈中感应电动势的大小；

(2) 导线与线圈的互感系数.



5. 麦克斯韦假设：不论空间有无导体存在，变化的磁场总是在其周围激发一种电场，这种电场称为______电场。

6. 写出下列结论是包含于或等效于哪一个麦克斯韦方程式。

(1) 变化的磁场一定伴随有电场：______

(2) 磁感应线是无头无尾的：______

(3) 电荷总伴随有电场：______

7. 在麦克斯韦方程组中，表示变化的电场与磁场关系的方程式：______

8. 反应电磁场基本性质和规律的积分形式的麦克斯韦电磁方程组的为（　　）

（1）$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S}=\sum_{S_{内}} q_i$　（2）$\oint_L \vec{E}\cdot d\vec{l}=-\dfrac{d\Phi_m}{dt}$　（3）$\oint_S \vec{B}\cdot d\vec{S}=0$　（4）$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l}=\sum_i I_i+\dfrac{d\Phi_t}{dt}$

其中代表磁场为无源场的方程是______.

其中代表全电路安培环路定理的方程是______.