大学物理习题课

2024.06.19

第五章 相对论

狭义相对论的两个基本假设

<u>相对性原理:</u> 在所有惯性系中，物理定律的表达形式相同.

<u>光速不变原理:</u> 在所有的惯性系中,真空中的光速都具有相同的量值c而与参考系无关.

狭义相对论的运动学（时空变换）

1、狭义相对论的时空观

洛伦兹变换

1）满足相对性原理和光速不变原理

2）当质点速率远小于真空光速 c 时，该变换应能使伽利略变换重新成立。

坐标变换:

$$\begin{cases} x' = \dfrac{x - ut}{\sqrt{1 - u^2/c^2}} \\ y' = y \quad z' = z \\ t' = \dfrac{t - \dfrac{u}{c^2}x}{\sqrt{1 - u^2/c^2}} \end{cases} \qquad \begin{cases} x = \dfrac{x' + ut'}{\sqrt{1 - u^2/c^2}} \\ y = y' \quad z = z' \\ t = \dfrac{t' + \dfrac{u}{c^2}x'}{\sqrt{1 - u^2/c^2}} \end{cases}$$

速度变换:

$$v_x' = \frac{dx'}{dt'} = \frac{v_x - u}{1 - \frac{u}{c^2} v_x} \qquad v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{v_x' + u}{1 + \frac{u}{c^2} v_x'}$$

$$v_y' = \frac{dy'}{dt'} = \frac{v_y \sqrt{1 - \beta^2}}{1 - \frac{u}{c^2} v_x} \qquad v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{v_y' \sqrt{1 - \beta^2}}{1 + \frac{u}{c^2} v_x'}$$

$$v_z' = \frac{dz'}{dt'} = \frac{v_z \sqrt{1 - \beta^2}}{1 - \frac{u}{c^2} v_x} \qquad v_z = \frac{dz}{dt} = \frac{v_z' \sqrt{1 - \beta^2}}{1 + \frac{u}{c^2} v_x'}$$

1、狭义相对论的时空观

1. 事件的含义（时空坐标）

2 . 同时性的相对性

$$\Delta t' = t_2' - t_1' = \frac{-\frac{u}{c^2}(x_2 - x_1)}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

3. 时间延缓（运动的时钟变慢）

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}$$

4. 长度收缩 (运动的尺收缩)

$$L = L_0\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}$$

2. 狭义相对论动力学

动量 能量 质能关系

1. 动量： $\vec{P}=m\vec{v}=\dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}\vec{v}$ $\quad m=\dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$

2. 能量：

静能： $\mathrm{E}_0=m_0c^2$

总能： $\mathrm{E}=mc^2=\dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{u^2}{c^2}}}c^2$ 质能方程

动能： $E_k=E-E_0=mc^2-m_0c^2$

要求：公式推导，p109，5.3.3节开头至式（5-29）

3. 能量和动量的关系 $\mathrm{E}^2=P^2c^2+m_0^2c^4$

4. 动量守恒、能量守恒

关于狭义相对论的时空效应，解题时应注意

（1）洛仑兹变换才是相对论时空观的普遍公式，对于从任意两个惯性系测量相同事件的时空坐标和时空间隔都适用；

（2）弄清“动长缩短”和“动钟变慢”公式是在什么前提下如何从洛仑兹变换得到的；不能乱用这两个公式；

$$\boxed{l = \frac{1}{\gamma} l_0}$$

$l0$: 本征长度（或静止长度、固有长度）

l：运动长度　（如何测量？）

运动长度必须是运动参照系中同一时刻测得两端点坐标之差

$$\boxed{\Delta t = \gamma \tau_0}$$

τ_0　本征（静止、固有）时间（如何测量？）

Δt　运动时间

静止时间必须是同一地点测得的时间间隔

第6章 电荷与电场

一、两个基本定律

(1)电荷守恒定律 在一个孤立系统内，无论进行怎样的物理过程，系统内电荷量的代数和总是保持不变，这个规律称为电荷守恒定律.它是物理学中普遍遵守的规律之一.（静电感应）

(2)真空中的库仑定律 真空中两个静止的点电荷之间的相互作用力的大小与这两个电荷所带电荷量q_1和q_2的乘积成正比，与它们之间距离r的平方成反比.作用力的方向沿着两个点电荷的连线，同号电荷相斥，异号电荷相吸.即

$$\vec{F}_{12}=\frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{12}^2}\cdot\frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}}=\frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{12}^2}\vec{e}_r$$

二、两个重要物理量

1. 电场强度

(1) 积分法 $\begin{cases} \text{点电荷场强公式} \quad \boxed{\vec{E} = \vec{f} / q_0} \\ \text{场强迭加原理} \end{cases}$

(2) 用结论公式迭加 $\Rightarrow$ （球面、圆柱面）

(3) 场强与电势微分关系

$$E_x = -\frac{\partial u}{\partial x} \quad E_y = -\frac{\partial u}{\partial y} \quad E_z = -\frac{\partial u}{\partial z}$$

(4) 挖补法 $\vec{E}_{\text{挖后}} = \vec{E}_{\text{整个}} - \vec{E}_{\text{补}}$

(5) 高斯定理 $\oiint_S \vec{E} \bullet d\vec{s} = \frac{1}{\varepsilon_0} \Sigma q_{\text{内}}$

2. 电势 $\boxed{u_a = \int_a^{\text{电势零点}} \vec{E}\cdot d\vec{l}}$

(1) 分割带电体直接积分法 $\begin{cases}\text{点电荷电势分布} \\ \text{电势迭加原理}\end{cases}$

(2) 用结论公式迭加 $\Rightarrow$（球面、圆柱面）

(3) 定义式 $u_a = \int_a^{\text{电势零点}} \vec{E}\cdot d\vec{l}$

有源场

三、两个基本定理

1. 高斯定理：

$$\oiint_s \vec{E}\bullet d\vec{s} = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_{\text{内}}$$

（$\sum q_i$ 所有电荷代数和）

2. 环路定理：

$$\oint_L \vec{E}\cdot d\vec{l} = 0$$

（保守场）

高斯定理的推导，6.2.3节内容

四、三个叠加原理

(1) 静电力叠加原理：作用在某一点电荷上的力为其它点电荷单独存在时对该点电荷静电力的矢量和.即:

$$\boldsymbol{F}=\sum_{i=1}^{n}\boldsymbol{F}_i$$

(2)场强叠加原理 电场中某点的场强等于每个电荷单独在该点产生的场强的叠加，即:

$$\boldsymbol{E}=\sum_{i=1}^{n}\boldsymbol{E}_i$$

(3)电势叠加原理 电场中某点的电势等于各电荷单独在该点产生的电势的叠加，即:

$$V_p=\sum_{i=1}^{n}V_{Pi}$$

五、几个基本概念

① 电场
② 电场线
③ 电通量
④ 电势能
⑤ 电势差
⑥ 等势面
⑦ 电势梯度

六、几个基本公式

1. 电场力

(1) 库仑定律：$\vec{F} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q_1 q_2}{r^2}\vec{e_r}$

(2) 点电荷在外电场中：$\vec{F} = q\vec{E}$

(3) 任意带电体在外电场中：$\vec{F} = \int d\vec{f}$

2. 电势能

(1) 两点电势能差： $W_a - W_b = q_0 \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$

(2)任意一点电势能： $W_a = q_0 \int_a^{电势能零点} \vec{E} \cdot d\vec{l}$

3. 电势

(1) 两点电势差： $u_a - u_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$

(2) 任意一点电势： $u_a = \int_a^{电势零点} \vec{E} \cdot d\vec{l}$

4. 电场力作功

(1) 一般公式 $A_{ab} = q\int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{l}$

(2) 常用公式 $A_{ab} = q(u_a - u_b)$

(3) 外力作功 $A_{外} = -A_{电}$

5. 电通量

(1) 直接用公式 $\varphi_e = \int_s \vec{E}\cdot d\vec{s}$ $\varphi_e = \oiint_s \vec{E} \bullet d\vec{s}$

(2) 用高斯定理 $\oiint_s \vec{E} \bullet d\vec{s} = \frac{1}{\varepsilon_0}\Sigma q_{内}$

(3) 补成闭合曲面

$$\int_{s_1} \vec{E}\cdot d\vec{s} + \int_{s_2} \vec{E}\cdot d\vec{s} = \oint_s \vec{E}\cdot d\vec{s}$$

七、几个特殊公式

1. 点电荷：$E=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

2. 无限长均匀带电直线：$E=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$

3. 无限大均匀带电平面：$E=\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

4. 正负无限大均匀带电平面之间：$E=\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$

6. 无限长均匀带电圆柱面：$E=\begin{cases}0 & (r<R)\\ \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r} & (r>R)\end{cases}$

7. 电偶极子：

$$\begin{cases}\text{合力: } \Sigma F=0\\ \text{合力矩：} \vec{M}=\vec{P}_e\times\vec{E}\\ \text{电势：} u=\dfrac{\vec{P}\cdot\vec{r}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\end{cases}$$

静电场中的导体和电介质

一、两个重要物理图像

(1) 静电平衡 在金属导体中，自由电子没有定向运动的状态，称为静电平衡。

① 静电平衡状态：导体内部和表面都没有电荷的宏观移动.

② 静电平衡条件: 导体内部的电场强度为零，导体表面的电场强度与表面垂直.

③ 静电平衡的特点: 整个导体是等势体，导体的表面是等势面；导体表面附近任一点的电场强度的大小与该处导体表面上的电荷面密度成正比.

(2)电介质的极化 电介质在外电场作用下，其表面出现净电荷的现象称为电介质的极化。

① **电极化强度*P*:单位体积内分子电矩的矢量和，即** $P=\lim\limits_{\Delta V\to 0}\frac{\sum p_{分}}{\Delta V}$

② **电极化强度和场强的关系:** $\boldsymbol{P}=\varepsilon_0\chi_e\boldsymbol{E}$ **（各向同性电介质）**

③ **电位移矢量*D*:** $\boldsymbol{D}=\varepsilon_0\boldsymbol{E}+\boldsymbol{P}$ **，对于各向同性电介质有:**

$$\boldsymbol{D}=\varepsilon_0\varepsilon_r\boldsymbol{E}=\varepsilon\boldsymbol{E}$$

④ **电介质存在时的电场：** $\boldsymbol{E}=\boldsymbol{E}_0+\boldsymbol{E}'$

⑤**电极化率χ_e，相对介电常数ε_r和绝对介电常数的关系**

$$\varepsilon=\varepsilon_0\varepsilon_r=\varepsilon_0(1+\chi_e)$$

⑥ **极化电荷面密度与自由电荷面密度之间的关系：**

$$\sigma'=\left(1-\frac{1}{\varepsilon_r}\right)\sigma_0=\frac{\varepsilon-\varepsilon_0}{\varepsilon}\sigma_0$$

6.5.3节开头至式（6-77）

二、两个重要定理

① 有电介质时的高斯定理 通过任意封闭曲面的电位移通量等于该封闭面所包围的自由电荷的代数和，即

$$\oint_S \boldsymbol{D} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} = q_0$$

② 有电介质时的环路定理 在静电场中，电场强度*E*的环流恒为零，即

$$\oint \boldsymbol{E} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} = 0$$

式中的场强*E*为所有电荷（包括自由电荷和极化电荷）所产生的合场强.

由真空中的高斯定理，导出电介质中的高斯定理：6.5.4节开头至式（6-82）

三、几个基本概念

① 静电感应
② 静电屏蔽
③ 位移极化
④ 取向极化
⑤ 电位移线
⑥ 电容器

四、几个重要公式

孤立导体的电容：

$$C = \frac{q}{U}$$

电容器的电容：

$$C = \frac{q}{U_{AB}}$$

平行板电容器的电容：

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{d}$$

电容器的串联：

$$\frac{1}{C} = \frac{U}{q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}$$

电容器的并联：

$$C = \frac{q}{U} = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$$

电介质的极化

无极电介质的极化称位移极化

有极电介质的极化称取向极化

极化程度描述P	极化结果q′	q′产生E′

$$\sigma' = \vec{P}\cdot\vec{n}$$

$$q' = \sigma' S = \int_S \vec{P}\cdot d\vec{S}$$

$$q'_{内} = -\oint_S \vec{P}\cdot d\vec{S}$$

比较
$$\begin{cases} \vec{E}_{介质中} = \vec{E}_{外} + \vec{E}'_{极} < \vec{E}_{外} \\ \vec{E}_{导体中} = 0 \end{cases}$$

有介质时静电场的基本定理和性质

环路定理：

$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{l} = 0$$

$$\boxed{\vec{E} = \vec{E}_{外} + \vec{E}_{极}}$$

高斯定理：

$$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S} = \sum q_i$$

$$\boxed{\vec{P} = \varepsilon_0 \chi_e \vec{E} = \varepsilon_0(\varepsilon_r - 1)\vec{E}}$$

性质：介质中静电场仍为有源有势场

常见题型

一，电场强度的求解

1，三种方法：

$$\begin{cases}\text{叠加法}\\ \text{高斯定律法}\\ \text{电势梯度法}\end{cases}$$

（1） 以点电荷的场强公式$\vec{E}=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{r}$ 为基础的叠加法，

点电荷系：$\vec{E}=\sum \dfrac{q_i}{4\pi\varepsilon r_i^2}\vec{r}_i^{\,0}$

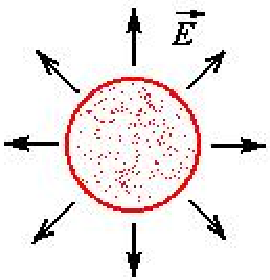
带电体：$\vec{E}=\int_Q \dfrac{dq}{4\pi\varepsilon r^2}\vec{r}^{\,0}$

（2）用高斯定律求E $\oint_s \vec{E}\cdot d\vec{S}=\sum q_i/\varepsilon_0$

* 1、**基本步骤**：先分析场分布的对称性；（中心，轴，面对称性）作一合适的高斯面，$\oint_s \vec{E}\cdot d\vec{S}=\sum q_i/\varepsilon_0$ 求E。

＊２、高斯定理对称性应用：三种对称性（球、柱、面）

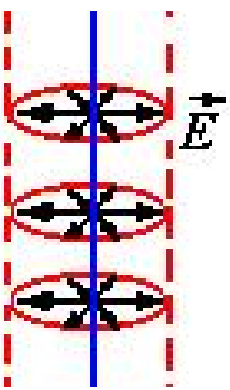
1、球面对称（中心对称）



$$E=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

$$E=\frac{\sum\limits_{S内} q_i}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

2、圆柱面对称（轴对称）

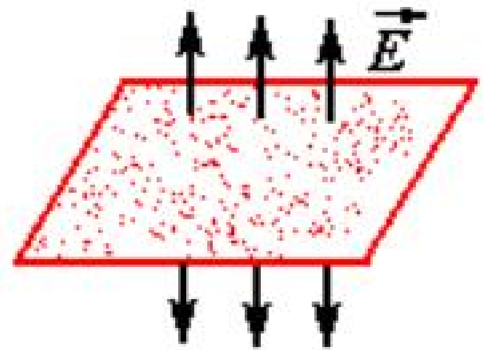


$$E=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon r_0}$$

$$(\lambda>0)$$

3、平面对称：

$(\sigma>0)$



$$E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

（3）用电势梯度求E $\quad \vec{E}=-(\frac{\partial U}{\partial x}\vec{i}+\frac{\partial U}{\partial y}\vec{j}+\frac{\partial U}{\partial z}\vec{k})$

场强方向总是指向电势减少的方向

二，电势的求解

两种方法：

$$\begin{cases}\text{叠加法}\\\text{定义法}\end{cases}$$

（1）以点电荷的电势的电势公式 $U=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon r}$ **为基础叠加**

点电荷系 $$U=\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{4\pi\varepsilon r_i}$$

带电体 $$U=\int_Q\frac{dq}{4\pi\varepsilon r}$$

（2）定义法：即用 $U=\int_a^{\infty}\vec{E}\cdot d\vec{r}$ **求U**

要求式中 $\vec{E}$ **函数式已知或可由高斯定律很快求出，**

☆挖补法求E或电势U

几种典型电荷分布的 $\vec{E}$ 和 V

点电荷（? ）

均匀带电球面（? ）

均匀带电球体（? ）

均匀带电无限长直线（? ）

均匀带电无限大平面（? ）

均匀带电细圆环轴线上一点（? ）

无限长均匀带电圆柱面（? ）

几种典型带电体的电场强度和电势

(1)点电荷及球对称电荷以外空间

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{r} \qquad U = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

(2)无限长均匀带电圆柱面

$$\vec{E}_{外} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\hat{r}\,;\vec{E}_{内} = 0 \qquad U = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\frac{r_c}{r}$$

(3)无限大均匀带平面外

$$E_{外} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \qquad U_{外} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}(r_c - r)$$

(4)均匀带电圆环轴线上

$$\vec{E} = \frac{qx}{4\pi\varepsilon_0(x^2 + R^2)^{3/2}}\hat{i} \qquad U = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0(x^2 + R^2)^{1/2}}$$

(5)均匀带电圆盘轴线上

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}[1 - \frac{x}{(R^2 + x^2)^{1/2}}]\vec{i} \quad U = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}(\sqrt{R^2 + x^2} - x)$$

(6)均匀带电的球体内外的场分布

$$\vec{E}_{内} = \frac{Q\vec{r}}{4\pi\varepsilon_0 R^3} = \frac{\rho\vec{r}}{3\varepsilon_0} \qquad U = \frac{\rho R^2}{2\varepsilon_0} - \frac{\rho r^2}{6\varepsilon_0}$$

$$\vec{E}_{外} = \frac{Q\vec{r}}{4\pi\varepsilon_0 r^3} \qquad U = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0 r}$$

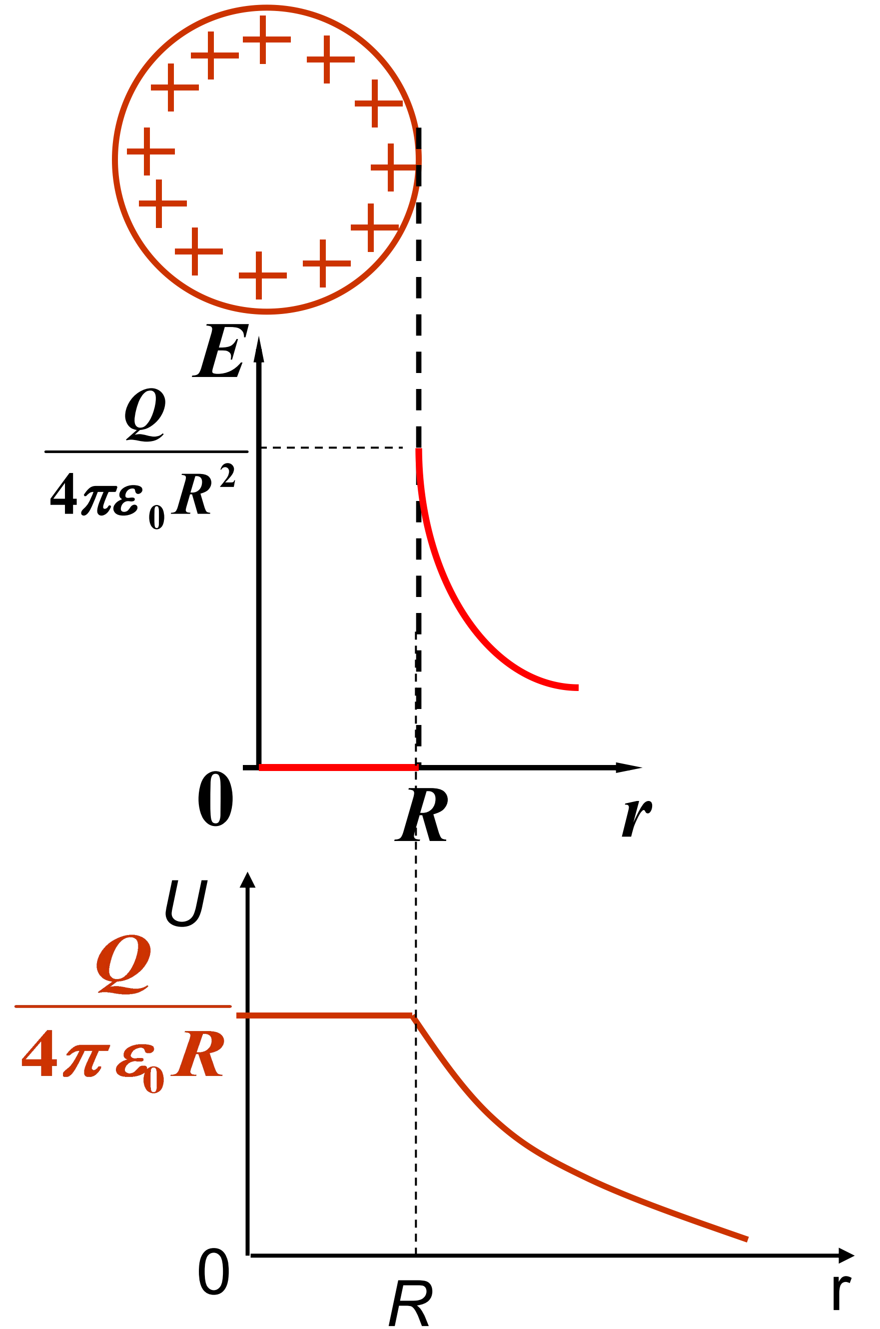
(7)均匀带电的球面

$$r < R : E = 0$$

$$U = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R}$$

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

$$U = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$$



求解$\vec{E}$ 和U的方法比较：

	求 $\vec{E}$	求U
1、	根据对称性应用高斯定理	×
2、	应用矢量叠加原理 不连续分布：$\vec{E}=\sum_i \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_i}{r_i^2}\vec{r}_{i0}$ 连续分布：$\vec{E}=\int_{带电体}\frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{r}_0$	应用标量叠加原理 $u_P=\sum_i \frac{q_i}{4\pi\varepsilon_0 r_i}$ $U=\int_{带电体}\frac{\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0 r}$
3、	先求 U,再求 $\vec{E}$。 $\vec{E}=-gradU$ $gradU=\left(\frac{\partial U}{\partial x}\vec{i}+\frac{\partial U}{\partial y}\vec{j}+\frac{\partial U}{\partial z}\vec{k}\right)$	先求 $\vec{E}$ 再求 U 。 $U_A=\int_A^\infty \vec{E}\cdot d\vec{l}$

三、 电通量的计算： **正确运用高斯定律计算过某一截面的电通量。**

四、场力的计算

（ i ）、库仑力 $\vec{F} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon}\dfrac{q_1 q_2}{r^2}\vec{r}_{12}^{\,0}$ （只适用静止点电荷）

（ii）、点电荷在电场中 或带电体在匀强场中 $\vec{F} = q\vec{E}$

（iii）、带电体在电场中 $\vec{F} = \int_a \vec{E}dq$

iv）、电偶极子在电场中

$$\vec{F} = q\vec{E},\quad \sum \vec{F}_i = 0,\quad \vec{M} = \vec{p}_e \times \vec{E}$$

五. 导体和电介质存在时三种主要的题型

1. 场强与电势的计算：

有导体时电场的计算

(1)静电平衡的条件

(2)电荷守恒定律 或 接地

(3)Gauss定理　　场强,电势概念

有介质存在时的电场

$$\vec{E}=\vec{E}_0+\vec{E}' \qquad \vec{D}=\varepsilon_0\vec{E}+\vec{P}$$

当电场充满均匀介质时,介质中任一点的电场强度 $\vec{D}=\varepsilon\vec{E}$

有介质时的高斯定理

$$\boxed{\oint\!\!\!\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S}=\sum_{i=1}^{n} q_i}$$

其中 $\sum_{i=1}^{n} q_i$ 为高斯面内所有自由电荷的代数和

在解场方面的应用,在具有某种对称性的情况下,可以首先由高斯定理解出:

思路: $\vec{D}\Rightarrow\vec{E}\Rightarrow\vec{P}\Rightarrow\sigma'\Rightarrow q'$

2. 电容器电容的计算：

① 先设电容器两极板所带电荷量为$\pm Q$

② 确定两极板间的场强分布，

③ 然后由$U_{AB}=V_A-V_B=\int_A^B \boldsymbol{E}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l}$，求两极板间的电势差

④ 最后利用电容器电容的定义式计算；

3. 电场能量的计算：电容器的储能，可直接利用公式

$$W_e = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}CU^2$$

静电场的能量密度

$$\omega_e = \frac{1}{2}\varepsilon E^2$$

$$= \frac{1}{2}DE = \frac{1}{2}\vec{D}\cdot\vec{E}$$

对任意电场都适合

静电场的能量 $W_e = \int_V \omega_e dV$

第7章 电流与磁场

一. 磁感应强度 $\vec{B}$ 的计算

1) 叠加法或积分法：比奥-萨法尔定律 $d\vec{B} = \dfrac{\mu_0 I d\vec{l} \times \hat{r}}{4\pi r^2}$

2) 应用安培环路定理：$\boxed{\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum_{(L)} I_{i内}}$

3) 典型磁场：

长直导线的磁场: $B = \dfrac{\mu_0 I}{4\pi r}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$ （有限长）

安培环路定理的证明

7.5.1节全部

$\boxed{B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}}$ （无限长）

$\boxed{B = \dfrac{\mu_0 I}{4\pi r}}$ （半限长）

圆电流轴线上： $B=\frac{\mu_0 I}{2R}\sin^3\theta$ （ 方向沿轴线方向 ）

$$\boxed{B=\frac{\mu_0 I}{2R}}$$ （ 圆电流中心 ）

$$\boxed{B=\frac{\mu_0 I\theta}{4\pi R}}$$ （ θ 为圆心角）

载流圆柱体：

$$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi R^2}\cdot r,(r\le R)$$

$$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi}\cdot\frac{1}{r},(r\ge R)$$

$$B=0\quad(r=0)$$

运动电荷的磁场：

$$\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{q\vec{v}\times\vec{r}_0}{r^2}$$

通电螺线管: $B=\frac{1}{2}\mu_0 nI(\cos\theta_2-\cos\theta_1)$ (有限长轴线上)

$$\boxed{B=\mu_0 nI}$$ (无限长管内任一点)

$$\boxed{B=\frac{1}{2}\mu_0 nI}$$ (半限长面中心处)

无限大均匀载流平面:

$$B=\frac{\mu_0}{2}i$$ i 为线电流密度

二.磁场的性质

1. 高斯定理: $\oiint_S \vec{B}\cdot d\vec{s}=0$, $\nabla\cdot\vec{B}=0$ **无源场;**

2. 安培环路定理: $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0\sum_{(L包围)} I$

$\nabla\times\vec{B}=\mu_0\vec{j}$ **有旋场;**

三. 磁场力

1. 运动电荷受力: $\boxed{\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}}$

2. 电流元受力（安培力）: $\boxed{d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B}}$ $\quad \vec{F} = \int_L Id\vec{l} \times \vec{B}$

3. 载流线圈受磁力矩: $\boxed{\vec{M} = I\vec{S} \times \vec{B} = \vec{m} \times \vec{B}}$

磁矩: $\boxed{\vec{m} = I\vec{S}}$

(N匝 $\vec{m} = NI\vec{S}$)

4. 磁力(矩)的功: $W = I\Delta\phi_m = I(\phi_{m2} - \phi_{m1})$

7.7.1节，7.7.2节全部内容

四. 磁介质

磁介质中的高斯定理：$\oiint_{s} \vec{B}\cdot d\vec{s} = \oiint_{s} (\vec{B}_0 + \vec{B}')\cdot d\vec{s} = 0$

磁介质中的安培环路定理: $\boxed{\oint \vec{H}\cdot d\vec{l} = \sum_{(L包围)} I_{传}}$

219页

磁场强度：

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$$

各向同性均匀介质中：$\boxed{\vec{B} = \mu_r\mu_0\vec{H} = \mu\vec{H}}$

第八章电磁场与麦克斯韦方程

1. 感应电动势

法拉第电磁感应定律 $\varepsilon = -\dfrac{\mathrm{d}\psi}{\mathrm{d}t}$ （掌握符号规则）

动生电动势 $\varepsilon_{\text{动}ab} = \int_{(a)}^{(b)} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot \mathrm{d}\vec{l}$ （搞清两个夹角）

非静电力：洛伦兹力

感生电动势 $\varepsilon_{\text{感}ab} = \int_{(a)}^{(b)} \vec{E}_{\text{感}} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = -\iint \dfrac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$

$\vec{E}_{\text{感}}$：感生电场（非保守场）

非静电力：、感生(涡旋)电场力

2. 自感和互感

$$\begin{cases} L = \dfrac{\psi}{I} \\ \varepsilon_L = -L\dfrac{dI}{dt} \\ W_m = \dfrac{1}{2}LI^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} M = \dfrac{\psi_{12}}{I_2} = \dfrac{\psi_{21}}{I_1} \\ \varepsilon_{12} = -M\dfrac{dI_2}{dt} \end{cases}$$

$$\varepsilon_{21} = -M\dfrac{dI_1}{dt}$$

3. 磁场能量

自感磁能： $W_{\mathrm{m}} = A = \dfrac{1}{2}LI^2$

$$\mathrm{w}_m = \frac{1}{2}\vec{B}\cdot\vec{H} = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu}, \qquad \boldsymbol{W_m = \int_V w_m \,\mathrm{d}v}$$

各向同性

电磁场与电磁波

- 与变化电场相联系的磁场 $\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l} = \iint_s \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} d\vec{S}$
- 位移电流： $I_d = \iint_s \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} d\vec{S}$
- 位移电流密度：$\vec{J}_d = \frac{d\vec{D}}{dt}$

全电流：$I=I_c+I_d$，总是连续的

普遍的安培环路定理

$$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l} = \sum_i I_i + \iint_s \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$$

麦克斯韦方程组：

$$\begin{cases} \oiint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum_i q_i \\ \oiint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \\ \oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\iint_s \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \\ \oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_i I_i + \iint_s \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \end{cases}$$

物质方程:

$\vec{D} = \varepsilon \vec{E}$

$\vec{B} = \mu \vec{H}$

$\vec{j} = \sigma \vec{E}$

在各向同性均匀介质中，运用Maxwell方程组加上物质方程，并考虑初始和边界条件，可求解电磁场问题。

- 电磁波

平面电磁波的波函数

$$E = E_0 \cos\omega(t - r/u); \qquad H = H_0 \cos\omega(t - r/u);$$

其中，$u = 1/\sqrt{\varepsilon\mu}$ 称为电磁波的波速

空间任一点E和H,在数值上的关系：$\sqrt{\varepsilon}E = \sqrt{\mu}H$

电磁波的能量：

能量密度 $w = w_e + w_m = \dfrac{1}{2}\left(\varepsilon E^2 + \mu H^2\right)$

能流密度(坡印廷矢量) $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$

感谢大家一学期的陪伴

祝愿大家考一个满意的成绩！