

06-07-Electromagnetics

Created on 20220605.

Last modified on 2024 年 12 月 28 日.

目录

Chapter 1 Introduction

1.1 Basic

电学，磁学，电动力学，电磁学，无线电，真空无线电，凝聚态物理学

1.2 Preference

注重发现的过程，物理思想。研究对象变化导致需要新的概念、手段。

The energy is flowing through the space around the conductor.

赵凯华，电磁学，高教出版社；陈秉乾，电磁学专题研究，高教。

Chapter 2 电学

2.1 静电场

2.1.1 库仑定律和场强叠加原理

观察现象，提出问题，猜测，实验，规律，新物理量，公式（定量表述），成立条件，适用范围，精度，理论地位，发展，应用。

物理定律的内涵和外延。

电力，非接触，和引力、电磁力一样非接触，最好先研究点电荷。猜测电力和距离平方成反比，因为均匀球壳中不受力，就像均匀球壳中心不受引力。1785 库伦扭秤实验测电斥力。力弱，漏电。测电引力，类比单摆周期和到质心距离成正比，做单摆实验。物理规律有层次，空间对称性层次高。

从特称判断到全称判断，从特殊到一般。

库伦定理，真空（可以不真空），静止（必须，可以是相对于静止电荷对运动电荷的作用，）运动电荷产生的场和速度有关，静止电荷和运动电荷之间的相互作用不遵循牛顿第三定律，牛三本质是动量守恒，说明除了两个电荷，还有第三者参与了且第三者的动量也变化了，这个第三者是场。在某个参考系中可能 2 电荷相对静止，只有库仑力，换个参考系 2 电荷运动，产生磁场，点作用 + 磁作用。电磁现象联系紧密。

成立的尺度范围：原子级别，原子核内部可能有问题。大尺度到太阳系范围可能也没有问题。

库伦定理是迄今为止物理学中最精确的实验定律之一，电磁力和距离的 -2 ± 10^{-16} 次方成正比（1971 年测量数据）。因为这个比例系数和光子的静止质量有关，电磁波没有静止质量。

$$\mathbf{F}_{ab} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_a \cdot q_b}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

电荷性质：守恒性，量子性，非相对论性。电荷有正负，引力只有正，电荷可以屏蔽，引力不能。

电场强度 $\mathbf{E} = \mathbf{F}/q_0$

用试探电荷来描绘要测量的某点电荷的场强分布，因而试探电荷电量要小来减少对测量电荷场强分布的影响，尺寸要小来描绘精确。

场强线性叠加

$$\mathbf{E} = \int d\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\hat{\mathbf{r}}}{r^2} dq$$

2.1.2 高斯定理，环路定理，电势

非接触力的机制，这种作用是怎么进行的，有媒介物吗？有传递时间吗？

先研究静态的力场，然后研究动态的力场，然后研究力场与其中电荷的相互作用。把场作为研究的对象。

场：一定空间中连续分布的物体。如矢量场，标量场。

静电场的几何描述：电场线，切线方向表示电场方向。如何从整体上描述一个场，或较容易一下子区分不同的场？因为电场线画出来眼花缭乱的。最早是麦克斯韦做的，用类比的方法。看看流体力学怎么做的。不可压缩流体的恒定流动可以画出流速场，流体力学抓住了何处有源、汇，何时有旋，并且发现可以用通量的概念描述这种特征，包围源的通量大于 0，包围汇的通量小于 0，其余情况等于 0。

$$\vec{A} \cdot d\vec{s} = A \cos \theta ds, \vec{A} \text{ 可取 } \vec{v}, \vec{E}, \vec{B}$$

$$\begin{aligned} \oiint_S \vec{E} d\vec{s} &= \frac{1}{\epsilon} \sum_{S_{in}} q_i, \text{高斯定理, 有源场, 通量不等于 0} \\ \oint_l \vec{E} d\vec{l} &= 0, \text{无旋场, 闭合环路积分等于 0} \end{aligned} \quad (2.1)$$

$$\text{定义电势: } U_p = \int_p^\infty \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$\text{场强和电势都可叠加, 即 } \vec{E} = \int d\vec{E}, U = \int dU$$

$$\text{电场线和等势面的关系: 处处正交, } \vec{E} \text{ 指向 } U \text{ 减小的方向, 两者的关系: } \vec{E} = -\nabla U = -\left(\frac{\partial U}{\partial x}, \frac{\partial U}{\partial y}, \frac{\partial U}{\partial z}\right)$$

小结:

$$\text{计算场强的 3 种方法: } \begin{cases} \oiint_S \vec{E} d\vec{s} = \frac{1}{\epsilon} \sum_{S_{in}} q_i \\ \mathbf{E} = \int d\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\hat{\mathbf{r}}}{r^2} dq \\ \vec{E} = -\nabla U = -\left(\frac{\partial U}{\partial x}, \frac{\partial U}{\partial y}, \frac{\partial U}{\partial z}\right) \end{cases} \quad (2.2)$$

$$\text{计算电势的 2 种方法: } \begin{cases} U_p = \int_p^\infty \vec{E} \cdot d\vec{l} \\ U = \int dU = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r} \end{cases} \quad (2.3)$$

2.1.3 导体和电容

场与物质的相互作用。导体和绝缘体解释，提出自由电荷、束缚（极化）电荷。

Chapter 3 磁学

3.0.0.1 磁学

3.0.0.2 电磁感应

3.0.0.3 电磁波与电磁场

3.0.0.4 电磁测量

3.0.0.5 物质的电磁性质

Chapter 4 电动力学

田光善, p2; 参考书: 场论, Landau, Lifschitz; classical electrodynamics, J D. Jackson
A history of the theories of matter and electricity. E T Whittaker.

Chapter 5 电磁波

5.1 微波

Chapter 6 无线电物理学

6.1 电磁波传播理论

6.2 超高频无线电物理

6.3 无线电线路理论

6.4 统计无线电物理

6.5 量子无线电物理

6.5.1 量子振荡器理论及频率标准

6.5.2 量子放大器理论

6.5.3 量子调制器与检波器理论

6.5.4 无线电波段中的量子起伏理论

6.6 无线电波谱学

Chapter 7 真空无线电子学 (电子物理学)

7.1 气体放电 (气体导电)

7.2 基本物理过程

7.3 各类型放电

7.3.1 辉光放电

7.3.2 弧光放电

7.3.3 火花放电

7.3.4 高频放电

7.3.5 脉冲放电

7.3.6 固体放电

7.4 阴极电子学

7.4.0.1 热电子发射、热阴极

7.4.0.2 二次电子发射、二次电子发射阴极

7.4.0.3 光致发射、光阴极、外光电效应

7.4.0.4 场致发射、场致发射阴极

7.4.0.5 离子发射、离子发射阴极

7.5 带电粒子光学

7.5.0.1 电子光学

7.5.0.2 离子光学

Chapter 8 凝聚态物理学