绪　　论

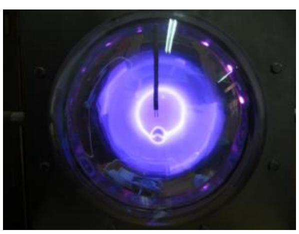
电磁学简介

&

矢量知识初步

电磁现象无处不在

一、世界因电磁而美丽



二、生活因电磁而美好

各类生活电器、电车、电脑、互联网、手机、太空探索……

三、物质因电磁而存在

1）带正电的原子核和带负电的核外电子靠电磁作用组成中性原子；

2）原子晶体中，原子之间的结合力也是电磁作用；

3）分子中的各个原子也是靠电磁作用结合在一起的。

人类早期的电磁知识

- 根据古籍记载中国人可能在公元前2000多年就发现了磁现象（有争议）

1）《山海经》中多处提到慈石，慈石即磁石，古人将磁石吸铁比拟为慈母爱子。《山海经》的作者相传是大禹、伯益，现在一般认为是战国初至汉初（公元前475年～公元前202年）多人所作。

2）《管子·地数篇》成书于公元前六百多年，记有“上有慈石者，其下有铜金”。

- 我国殷商时期（约公元前17世纪～公元前11世纪）的甲骨文就有了“雷”、“電”的文字。

西周的青銅器已出現「電」字

● 公元前700年前后，希腊人发现了电磁现象：琥珀摩擦后能吸引草屑、羽毛，磁石能吸引铁。

1）“电”的英文单词electric来自electron，该词对应的希腊文是 ηλεκτρον，本意是琥珀；

2）“磁”的英文单词magnetic，源自Magnesia，是原属于希腊的一个地区名 μαγνησία，该地以出产天然磁石出名（注：该地也盛产氧化镁）。

古代的电磁应用

- 司南：《韩非子》（春秋战国时期,公元前3世纪）

司南由青铜地盘与天然磁体磨成的磁勺组成。磁勺置于地盘中心圆内，勺头为N，勺尾为S，静止时，因地磁作用，勺尾指向南方。

- 指南鱼：《武经总要》（1044，北宋）
- 指南针：《梦溪笔谈》（1086，北宋）
- 西方最早记载指南针用于航海的是1207年。

- 《史记》记载，磁石用于治疗疫病，李时珍（1518-1593）《本草纲目》详细总结了磁石治疗的十种应用。
- 古希腊医生，磁石治疗腹痛。
- 磁石在建筑上的应用，秦阿房宫以磁石为门。
- 磁石在军事、幻术、选矿等均有记载。

电磁学在西方的兴起

- 十三世纪欧洲文艺复兴，通过实验研究自然规律已蔚然成风，培根“应当靠实验来弄懂自然科学”。

- 法国Maricourt做了不少磁学实验，于1269年写了一本小册子，描述他的发现。他发现磁极有两极，并命名为N极和S极，异极相吸，同极相斥。

- 1600年英国人吉尔伯特发现摩擦起电是一个普遍现象，指出电和磁的区别，将电吸引作用定义为电力，发明了验电器并用其定性研究了电力作用的规律。吉尔伯特做了大量的磁学实验，提出了地球是一个大磁体的概念。

William Gilbert
（1540 – 1603）

●法国科学家迪非（1698－1739）《论电》指出所有物体都可以带电。1734年提出二元电液理论：存在着两种不同的电，玻璃电和树脂电，这两种电的特征是：一个带玻璃电的物体排斥一切带同类电的物体，相反却吸引一切带树脂电的物体。

●美国富兰克林（1706-1790）发展了二元电液理论，提出了正负电理论，并指出电荷守恒。

Benjamin Franklin
(1706-1790)

●1785年法国物理学家库仑用扭秤测定电荷之间的相互作用，证明了电力与电荷量之积成正比，与距离平方成反比。

Charles Augustin de Coulomb
（1736-1806）

●1799年意大利物理学家伏打发明了伏打电堆，即一系列按同样顺序叠起来的银片、锌片和用盐水浸泡过的硬纸板组成的柱体，可以产生持续的电流。此前，电学实验只能用摩擦起电机的莱顿瓶进行，仅能提供短暂的电流。

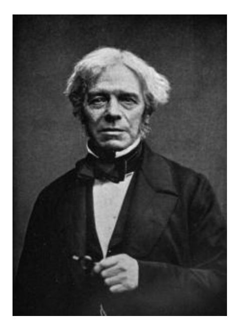
Alessandro Volta
(1745 –1827)

●1820年丹麦科学家奥斯特发现了电流的磁效应，将电学、磁学联系起来，而在此之前电学、磁学一直相互独立发展。电流磁效应的发现开拓了电磁学研究的新纪元。

Hans Christian Oersted
（1777—1851）

●1831年英国的法拉第发现在磁铁附近移动电路导线可以在电路中产生电流，在电路附近移动磁铁同样可以产生电流。

●法拉第在深入思考电磁现象后提出了形象直观的“场”的观念。



Michael Faraday (1791-1867)

●1873年麦克斯韦总结了当时电磁学的成果，把电磁学规律归结为四个微分方程，原则上这一组方程就可以解决电磁学的一切问题。

James Clerk Maxwell

(1831 –1879)

Maxwell方程组

$$
\begin{cases}
\nabla\cdot\vec{D}=\rho_0\\
\nabla\cdot\vec{B}=0\\
\nabla\times\vec{E}=-\dfrac{\partial\vec{B}}{\partial t}\\
\nabla\times\vec{H}=\vec{j}_0+\partial\vec{D}/\partial t
\end{cases}
$$

麦克斯韦方程组可比肩牛顿定律在力学中的地位，是电磁器件、光学器件的基本原理。

- 麦克斯韦根据他的方程组预言了电磁作用以波的形式传播，电磁波在真空中的传播速度与光在真空中传播的速度相同，由此麦克斯韦预言光也是一种电磁波。
- 1888年，赫兹实验检测到了电磁波，测定了电磁波的波速，并观察到电磁波与光波一样，具有偏振性质，能够反射、折射和聚焦。
- 1895年，俄国的波波夫和意大利的马可尼分别实现了无线电信号的传送。
- 1901年马可尼建立了横跨大西洋的无线电联系，推动了无线电技术的发展，极大地改变了人类的生活。

20世纪和QED

- 20世纪上半叶，物理学经历了量子革命，电磁学也获得更深刻认识。
- 量子电动力学（Quantum Electrodynamics, QED）是经典电动力学的量子化版本，它更精确地描绘了微观粒子的电磁运动规律。
- 经典电磁学是QED在宏观体系中的极限近似。

电磁学概述

1、什么是电磁学：是研究电磁现象、电磁相互作用规律及其应用的学科。

2、研究的对象：电磁场，与力学、热学区别。

3、适用范围：

尺度：（1%的原子尺度）

$10^{-10}\,\text{cm} \longrightarrow \infty$

速度： 低速 ⟶ 高速

4、重要性：四大相互作用之一；物质结构的基础；高新技术的基础；其它学科的基础。

电磁学的学习重点和难点

场： 研究对象的重大变化，必将导致新的概念、新的研究方法、新的描述手段和新的数学工具的出现。

数学知识：

矢量

微元法、微积分（包括偏微分、多重积分）

(偏) 微分方程

矢量

1. 矢量定义

矢量，也称向量，用于表示必须由大小和方向同时描述才能完整描述的物理量，如力，位移、速度等。

2. 矢量表示：有向线段。

$\vec{A}$　　$A = |\vec{A}|$

3、电磁学中的标量、矢量

请课后自己总结你所能回忆出来的电磁学中标量、矢量，并理解概念内容。

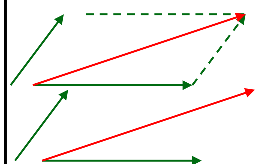
矢量运算

1）相等

2）加法：

平行四边形法则

三角法则



（首尾相接）

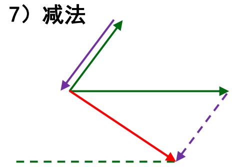
3）加法的交换律

4）加法的结合律

5）数乘、单位矢量

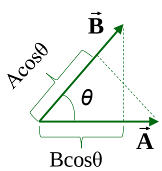
6）数乘的分配律

7）减法



（头碰头）

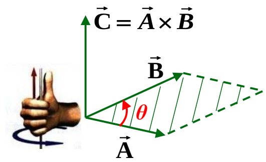
8）点乘　（☆）



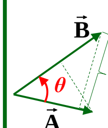
$\vec{A}\cdot\vec{B} = AB\cos\theta$

$B\cos\theta$ 称为矢量 $\vec{B}$ 在矢量 $\vec{A}$ 方向上的投影分量。

9）叉乘（☆）



$|\vec{C}| = AB\sin\theta$



$B\sin\theta$：$\vec{B}$ 在 $\vec{A}$ 垂直方向上的分量。

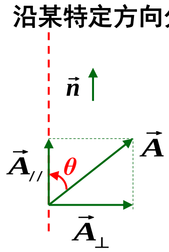
10）二重叉乘

$$\vec{A}\times(\vec{B}\times\vec{C}) = (\vec{A}\cdot\vec{C})\vec{B} - (\vec{A}\cdot\vec{B})\vec{C}$$

$$(\vec{A}\times\vec{B})\times\vec{C} = (\vec{A}\cdot\vec{C})\vec{B} - (\vec{B}\cdot\vec{C})\vec{A}$$

矢量分解

1）沿某特定方向分解（☆）



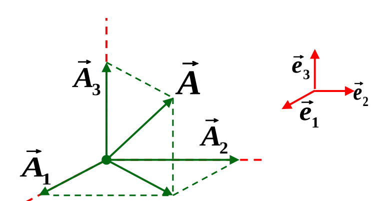
$$\vec{A} = \vec{A}_{//} + \vec{A}_{\perp}$$

$$\begin{cases} A_{//} = A\cos\theta = \vec{A}\cdot\vec{n} \\ A_{\perp} = A\sin\theta = |\vec{A}\times\vec{n}| \end{cases}$$

$$\begin{cases} \vec{A}_{//} = (\vec{A}\cdot\vec{n})\vec{n} \\ \vec{A}_{\perp} = \vec{n}\times(\vec{A}\times\vec{n}) \end{cases}$$

$$\vec{A} = (\vec{A}\cdot\vec{n})\vec{n} + \vec{n}\times(\vec{A}\times\vec{n})$$

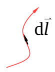
2）三维正交分解

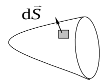


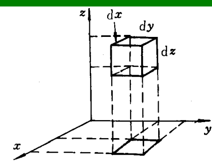
$$\vec{A} = A_1\vec{e}_1 + A_2\vec{e}_2 + A_3\vec{e}_3$$

矢量微元在坐标系中的具体形式

微元： $d\vec l$， $d\vec S$， dV







1. 直角坐标系

在直角坐标系中，坐标变量为(x,y,z)，如图，作一微分体元。

线元： $d\vec l_x = dx\hat x$

$d\vec l_y = dy\hat y$

$d\vec l_z = dz\hat z$

$d\vec l = dx\hat x + dy\hat y + dz\hat z$

面元： $d\vec S_x = dydz\hat x$

$d\vec S_y = dxdz\hat y$

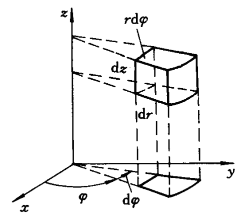
$d\vec S_z = dxdy\hat z$

体元： $dV = dxdydz$

微元在坐标系中的具体形式

2. 圆柱坐标系

在圆柱坐标系中，坐标变量为 (r,φ,z) ，如图，作一微分体元。



线元： $d\vec l = dr\hat r + rd\varphi\hat\varphi + dz\hat z$

面元： $d\vec S_r = rd\varphi dz\hat r$

$d\vec S_\varphi = drdz\hat\varphi$

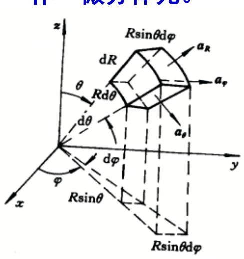
$d\vec S_z = rd\varphi dr\hat z$

体元： $dV = rdrd\varphi dz$

微元在坐标系中的具体形式

3. 球坐标系

在球坐标系中，坐标变量为 (R,θ,φ) ，如图，作一微分体元。



线元：

$d\vec l = dR\hat r + Rd\theta\hat\theta + R\sin\theta d\varphi\hat\varphi$

面元：

$d\vec S_R = R^2\sin\theta d\theta d\varphi\hat r$

$d\vec S_\theta = R\sin\theta dRd\varphi\hat\theta$

$d\vec S_\varphi = RdRd\theta\hat\varphi$

体元：

$dV = R^2\sin\theta dRd\theta d\varphi$

作 业

1. ① 给出 $\vec A\cdot\vec B$、 $\vec A\times\vec B$、 $\vec A\cdot(\vec B\times\vec C)$的结果，并解释其几何含义。 ② 指出 $\vec A\times(\vec A\times\vec B)$ 的方向。

2. 设 $\vec n$ 是平面 $\vec S$ 的单位法向矢量， $\vec A$、$\vec B$均是非零向量，且不相等，说明下面两式的意义：
   ① $\vec n\cdot(\vec A-\vec B)=0$;
   ② $\vec n\times(\vec A-\vec B)=0$。

3. 设 $\vec A=3\vec e_1+2\vec e_2-6\vec e_3$， $\vec B=\vec e_1+\vec e_3$ ，其中三个单位矢量 $\vec e_1$、 $\vec e_2$、 $\vec e_3$两两正交。
   ① 给出它们的单位矢量。
   ② 给出二者点乘、叉乘的结果及它们的夹角。
   ③ 将 $\vec A$ 沿 $\vec B$方向分解。

4.设物体m在变力作用下做曲线段运动，求在下列情况下作用力做功。

① 力$\vec F=(xy,z^2,x)$, 曲线段方程: $x=1+t, y=0, z=t^2, 0\leqslant t\leqslant 3$

② 力$\vec F=(y,-x,0)$，沿单位圆逆时针绕行一周。

5. 详细写出下题的求解过程：

① 在球坐标下求半径为R质量密度为1的球体的质量。

②在柱坐标下求半径为R，长为l面质量密度为1的柱面的质量。