大学物理(1)速通教程

0. 绪论

0.1 目录

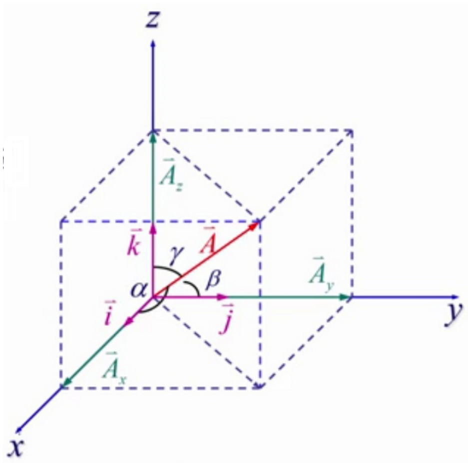
参考书目:《物理学》(第七版) 马文蔚

章节	内容
第零章-绪论	0.1 目录 0.2 矢量代数 0.3 微积分 0.4 矢量场的散度 0.5 矢量场的旋度 0.6 标量场的梯度
第一章-质点运动学$(20:50)$	1.1 位移、位矢、路程、径向增量 1.2 速度与速率 1.3 加速度 1.4 圆周运动 1.5 相对运动
第二章-Newton运动定律$(32:37)$	2.1 Newton运动定律 2.2 量纲与国际单位制(可不看) 2.3 常见的力 2.4 非惯性系与惯性力 2.5 Newton运动定律的应用
第三章-动量与能量$(39:41)$	3.1 动量定理 3.2 动量守恒定律 3.3 动能定理 3.4 保守力与非保守力 3.5 能量守恒定律 3.6 碰撞 3.7 质心运动定律
第四章-刚体转动$(60:02)$	4.0 基本公式(**必看**) 4.1 刚体的定轴转动 4.2 力矩 4.3 转动惯量 4.4 转动定律 4.5 角动量 4.6 刚体的机械能 4.7 刚体的平面平行运动(可不看)
第五章-静电场$(83:50)$	5.1 电荷量子化与电荷守恒定律 5.2 Coulomb定律 5.3 电场强度 5.4 电场线与电场强度通量 5.5 真空中的Gauss定理 5.6 静电场环路定理 5.7 电势能 5.8 电势 5.9 场强与电势的关系 5.10 外电场中的电偶极子

章节	内容
第六章-静电场中的导体与电介质$(61:33)$	6.1 静电场中的导体 6.2 静电平衡的应用 6.3 静电场中的电介质 6.4 有电介质时的Gauss定理 6.5 电容与电容器 6.6 静电场的能量与能量密度
第七章-恒定磁场$(75:59)$	7.0 基本公式(**必看**) 7.1 恒定电流 7.2 电源与电源电动势 7.3 磁场与磁感强度 7.4 Biot-Savart定律 7.5 真空中磁场的Gauss定理 7.6 真空中磁场的Ampere环路定理 7.7 带电粒子在电场和磁场中的运动 7.8 Ampere力 7.9 磁场中的磁介质 7.10 有磁介质时的Ampere环路定理 7.11 铁磁质与磁畴(可不看)
第八章-电磁感应$(46:39)$	8.0 基本公式(**必看**) 8.1 电磁感应定律 8.2 动生电动势与感生电动势 8.3 自感与互感 8.4 磁场的能量与能量密度 8.5 位移电流 8.6 Maxwell方程组(**可不看**)

0.2 矢量代数

有大小和方向的量未必是矢量,如电流强度I是标量,但它有方向.



如上图,在空间直角坐标系$O-xyz$中,设x,y,z轴的单位矢量分别为$\overrightarrow{i},\ \overrightarrow{j},\ \overrightarrow{k}$,则$\overrightarrow{A}=A_x\overrightarrow{i}+A_y\overrightarrow{j}+A_z\overrightarrow{k}$, $\overrightarrow{A}$的模$A=\left|\overrightarrow{A}\right|=\sqrt{A_x^2+A_y^2+A_z^2}$.这称为三维矢量的**正交分解**.

称$\overrightarrow{A}$与x,y,z轴的夹角分别为α,β,γ,称其为**方向角,**则$\cos\alpha=\dfrac{A_x}{A},\cos\beta=\dfrac{A_y}{A},\cos\gamma=\dfrac{A_z}{A}$,且$\cos^2\alpha+\cos^2\beta+\cos^2\gamma=1$.

设$\overrightarrow{A}=A_x\overrightarrow{i}+A_y\overrightarrow{j}+A_z\overrightarrow{k},\overrightarrow{B}=B_x\overrightarrow{i}+B_y\overrightarrow{j}+B_z\overrightarrow{k}$,则
$$\overrightarrow{A}\times\overrightarrow{B}=\begin{vmatrix}\overrightarrow{i}&\overrightarrow{j}&\overrightarrow{k}\\A_x&A_y&A_z\\B_x&B_y&B_z\end{vmatrix}=(A_yB_z-A_zB_y)\overrightarrow{i}+(A_zB_x-A_xB_z)\overrightarrow{j}+(A_xB_y-A_yB_x)\overrightarrow{k}.$$

设矢量函数$\overrightarrow{A}(t)$,则$\dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{A}}{\mathrm{d}t}=\lim\limits_{\Delta t\to 0}\dfrac{\Delta\overrightarrow{A}}{\Delta t}=\lim\limits_{\Delta t\to 0}\dfrac{\overrightarrow{A}(t+\Delta t)-\overrightarrow{A}(t)}{\Delta t}$.设$\overrightarrow{A}=A_x\overrightarrow{i}+A_y\overrightarrow{j}+A_z\overrightarrow{k}$,则
$$\frac{\mathrm{d}\overrightarrow{A}}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(A_x\overrightarrow{i}+A_y\overrightarrow{j}+A_z\overrightarrow{k}\right)=\frac{\mathrm{d}A_x}{\mathrm{d}t}\overrightarrow{i}+\frac{\mathrm{d}A_y}{\mathrm{d}t}\overrightarrow{j}+\frac{\mathrm{d}A_z}{\mathrm{d}t}\overrightarrow{k}.$$

矢量函数导数的性质:

①$\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\overrightarrow{A}\pm\overrightarrow{B}\right)=\dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{A}}{\mathrm{d}t}\pm\dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{B}}{\mathrm{d}t}$;②$\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(m\overrightarrow{A}\right)=\dfrac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}t}\overrightarrow{A}+m\dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{A}}{\mathrm{d}t}$.

③$\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\overrightarrow{A}\cdot\overrightarrow{B}\right)=\dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{A}}{\mathrm{d}t}\cdot\overrightarrow{B}+\overrightarrow{A}\cdot\dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{B}}{\mathrm{d}t}$;④$\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\overrightarrow{A}\times\overrightarrow{B}\right)=\dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{A}}{\mathrm{d}t}\times\overrightarrow{B}+\overrightarrow{A}\times\dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{B}}{\mathrm{d}t}$.

设$\overrightarrow{A}=\overrightarrow{A}(t),\overrightarrow{B}=\overrightarrow{B}(t)$,且$\dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{B}}{\mathrm{d}t}=\overrightarrow{A}$,两边同时对$t$积分得:$\displaystyle\int\mathrm{d}\overrightarrow{B}=\int\overrightarrow{A}\mathrm{d}t$,即$\displaystyle\overrightarrow{B}=\int\overrightarrow{A}\mathrm{d}t$.设$\overrightarrow{A}=A_x\overrightarrow{i}+A_y\overrightarrow{j}+A_z\overrightarrow{k}$,则$\displaystyle\int\overrightarrow{A}\mathrm{d}t=\left(\int A_x\mathrm{d}t\right)\overrightarrow{i}+\left(\int A_y\mathrm{d}t\right)\overrightarrow{j}+\left(\int A_z\mathrm{d}t\right)\overrightarrow{k}$.

矢量函数积分的性质:

①$\displaystyle\int\left(\overrightarrow{A}\pm\overrightarrow{B}\right)=\int\overrightarrow{A}\mathrm{d}t\pm\int\overrightarrow{B}\mathrm{d}t$;②$\displaystyle\int(c\overrightarrow{A})\mathrm{d}t=c\int\overrightarrow{A}\mathrm{d}t$,其中$c$是常数.

③$\displaystyle\int(\overrightarrow{C}\cdot\overrightarrow{A})\mathrm{d}t=\overrightarrow{C}\cdot\int\overrightarrow{A}\mathrm{d}t$,其中$\overrightarrow{C}$是常矢量;④$\displaystyle\int(\overrightarrow{C}\times\overrightarrow{A})\mathrm{d}t=\overrightarrow{C}\times\int\overrightarrow{A}\mathrm{d}t$,其中$\overrightarrow{C}$是常矢量.

0.3 微积分

$C'=0$	$(x^\alpha)'=\alpha x^{\alpha-1}$
$(\ln\lvert x\rvert)'=\dfrac{1}{x}$	
$(\sin x)'=\cos x$	$(\cos x)'=-\sin x$

$\int 0\mathrm{d}x = C$	$\int 1\mathrm{d}x = x + C$
$\int x^\alpha \mathrm{d}x = \dfrac{x^{\alpha+1}}{\alpha+1} + C\ \ (\alpha \neq -1, x > 0)$	$\int \dfrac{\mathrm{d}x}{x} = \ln\lvert x\rvert + C$
$\int \cos x\mathrm{d}x = \sin x + C$	$\int \sin x\mathrm{d}x = -\cos x + C$

[**Newton-Leibniz公式**] 若函数$f(x)$在区间$[a,b]$上连续,则$f(x)$在其上存在原函数$F(x)$,$f(x)$在$[a,b]$上Riemann可积,且$\displaystyle\int_a^b f(x)\mathrm{d}x = F(x)\Big|_a^b = F(b) - F(a)$.

0.4 矢量场的散度

一个矢量场$\overrightarrow{A}$通过面元$\mathrm{d}\overrightarrow{S}$的通量为$\mathrm{d}\varPhi = A\cos\theta\mathrm{d}S = \overrightarrow{A}\cdot\mathrm{d}\overrightarrow{S}$,通过面$S$的通量$\varPhi = \displaystyle\iint_S \overrightarrow{A}\cdot\mathrm{d}\overrightarrow{S}$,通过闭合面$S$的通量$\varPhi = \displaystyle\oiint_S \overrightarrow{A}\cdot\mathrm{d}\overrightarrow{S}$.

事实上,穿过闭合曲面的通量与闭合曲面包围的体积有关.

散度:设闭合曲面S所包围的体积为ΔV,则$\displaystyle\oiint_S \overrightarrow{A}\cdot\mathrm{d}\overrightarrow{S}\Big/\Delta V$称为矢量场$\overrightarrow{A}(\overrightarrow{x})$在$\Delta V$中单位体积的平均通量或平均发散量.若极限$\displaystyle\lim_{\Delta V\to 0}\frac{\oiint \overrightarrow{A}\cdot\mathrm{d}\overrightarrow{S}}{\Delta V} = \nabla\cdot\overrightarrow{A}$存在,则称其为该矢量场的**散度**,记作$\mathrm{div}\overrightarrow{A}$.若$\overrightarrow{A} = A_x\overrightarrow{i} + A_y\overrightarrow{j} + A_z\overrightarrow{k}$,则$\nabla\cdot\overrightarrow{A} = \dfrac{\partial A_x}{\partial x} + \dfrac{\partial A_y}{\partial y} + \dfrac{\partial A_z}{\partial z}$.

散度用于表征空间的体积ΔV中各点矢量场的强弱程度:①$\mathrm{div}\overrightarrow{A} > 0$时,该点有散发通量的正源;②$\mathrm{div}\overrightarrow{A} < 0$时,该点有散发通量的负源;③$\mathrm{div}\overrightarrow{A} = 0$时,该点为无源场.

[**Gauss定理**] $\displaystyle\oiint_S \overrightarrow{A}\cdot\mathrm{d}\overrightarrow{S} = \int_V \nabla\cdot\overrightarrow{A}\mathrm{d}V$,其中$\mathrm{LHS}$是对闭合曲面积分,$\mathrm{RHS}$是对体积积分,则Gauss定理将一个闭合曲面的面积分转化为该曲面所包围的体积的体积分.

0.5 矢量场的旋度

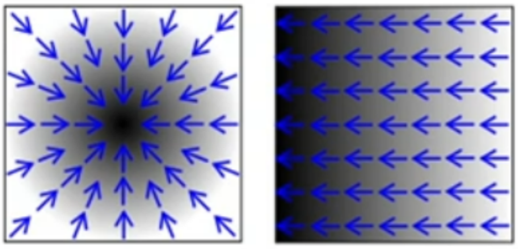
矢量场$\overrightarrow{A}(\overrightarrow{x})$沿一条有向闭合曲线$L$的线积分$c = \displaystyle\oint_L \overrightarrow{A}\cdot\mathrm{d}\overrightarrow{l}$称为该矢量场沿曲线$L$的**环量**.

设闭合曲线L包围的面积为ΔS,若极限$\displaystyle\lim_{\Delta S\to 0}\frac{\oint_L \overrightarrow{A}\cdot\mathrm{d}\overrightarrow{l}}{\Delta S} = \nabla\times\overrightarrow{A}$存在,则称其为该矢量场的**旋度**沿该面法线的分量,记作$\mathrm{rot}\overrightarrow{A}$,它表征矢量在某点附近各方向上环流的强弱程度.若场中处处$\mathrm{rot}\overrightarrow{A} = \overrightarrow{0}$,则称该场为**无旋场**.

[**Stoke定理**] $\displaystyle\oint_L \overrightarrow{A}\cdot\mathrm{d}\overrightarrow{l} = \iint_S \left(\nabla\times\overrightarrow{A}\right)\cdot\mathrm{d}\overrightarrow{S}$,它将沿任意闭合曲线边界的线积分转换为以该闭合曲线为界的任意曲面的面积分.

0.6 标量场的梯度

梯度表征标量场在空间各点处沿不同方向的变化快慢.



对标量场$\varphi(x,y,z)$求微分:$\mathrm{d}\varphi=\dfrac{\partial\varphi}{\partial x}\mathrm{d}x+\dfrac{\partial\varphi}{\partial y}\mathrm{d}y+\dfrac{\partial\varphi}{\partial z}\mathrm{d}z=\mathrm{grad}\varphi\cdot\mathrm{d}\overrightarrow{x}=\nabla\varphi\cdot\mathrm{d}\overrightarrow{x}$,

则φ的梯度$\nabla\varphi=\dfrac{\partial\varphi}{\partial x}\overrightarrow{i}+\dfrac{\partial\varphi}{\partial y}\overrightarrow{j}+\dfrac{\partial\varphi}{\partial z}\overrightarrow{k}$.