大学物理第一学期公式集

概念（定义和相关公式）

1. 位置矢量：$\vec{r}$，其在直角坐标系中：$\vec{r}=x\vec{i}+y\vec{j}+z\vec{k}$；$r=\sqrt{x^2+y^2+z^2}$ 角位置：θ

2. 速度：$\vec{V}=\frac{d\vec{r}}{dt}$ 平均速度：$\bar{\vec{V}}=\frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$ 速率：$V=\frac{ds}{dt}$（$\left|\vec{V}\right|=V\vec{\tau}$）角速度：

   $\omega=\frac{d\theta}{dt}$

   角速度与速度的关系：V= r ω

3. 加速度：$\vec{a}=\frac{d\vec{V}}{dt}$ 或 $\vec{a}=\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$ 平均加速度：$\bar{\vec{a}}=\frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$ 角加速度：$\beta=\frac{d\omega}{dt}$

   在自然坐标系中 $\vec{a}=a_\tau\vec{\tau}+a_n\vec{n}$ 其中 $a_\tau=\frac{dV}{dt}$（= r β），$a_n=\frac{V^2}{r}$（=r² ω）

4. 力：$\vec{F}$=m $\vec{a}$ （或 $\vec{F}=\frac{d\vec{p}}{dt}$） 力矩：$\vec{M}=\vec{r}\times\vec{F}$（大小：M=rFcosθ 方向：右手螺旋法则）

5. 动量：$\vec{p}=m\vec{V}$，角动量：$\vec{L}=\vec{r}\times m\vec{V}$（大小：L=rmvcosθ 方向：右手螺旋法则）

6. 冲量：$\vec{I}=\int\vec{F}dt$（$=\bar{\vec{F}}\Delta t$）；功：$A=\int\vec{F}\cdot d\vec{r}$（气体对外做功：A=∫PdV）

7. 动能：$mV^2/2$

8. 势能：$A_{保}=-\Delta E_p$ 不同相互作用力势能形式不同且零点选择不同其形式不同，在默认势能零点的情况下：

   $$F=\begin{cases} mg(重力) & \rightarrow \quad mgh \\ -kx（弹性力） & \rightarrow \quad kx^2/2 \\ -G\frac{Mm}{r^2}\hat{r}\ (万有引力) & \rightarrow \quad -G\frac{Mm}{r} \\ \frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{r}\ (静电力) & \rightarrow \quad \frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 r} \end{cases} =E_p$$

   机械能：$E=E_K+E_P$

9. 热量：$Q=\frac{M}{\mu}CRT$ 其中：摩尔热容量 C 与过程有关，等容热容量 C_v 与等压热容量 C_p 之间的关系为：$C_p=C_v+R$

10. 压强：$P=\frac{F}{S}=\frac{I}{\Delta tS}=\frac{2}{3}n\varpi$

11. 分子平均平动能：$\varpi=\frac{3}{2}kT$；理想气体内能：$E=\frac{M}{\mu 2}(t+r+2s)RT$

12. 麦克斯韦速率分布函数：$f(V)=\frac{dN}{NdV}$（意义：在 V 附近单位速度间隔内的分子数所占比率）

13. 平均速率：$\bar{V}=\int V\frac{dN}{N}\int_0^\infty Vf(V)dV=\sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$

    方均根速率：$\sqrt{\bar{V}^2}=\sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$；最可几速率：$V_p=\sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$

14. 熵：S=KlnΩ（Ω为热力学几率，即：一种宏观态包含的微观态数）

15. 电场强度：$\vec{E}=\vec{F}/q_0$　（对点电荷：$\vec{E}=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{r}$）

16. 电势：$U_a=\int_a^\infty \vec{E}\cdot d\vec{r}$（对点电荷 $U=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$）；电势能：$W_a=qU_a$($A=-\Delta W$)

17. 电容：C=Q/U　；电容器储能：$W=CU^2/2$；电场能量密度 $\omega_e=\varepsilon_0E^2/2$

18. 磁感应强度：大小，$B=F_{max}/qv$(T)；方向，小磁针指向（S→N）。

定律和定理

1. 矢量叠加原理：任意一矢量 $\vec{A}$ 可看成其独立的分量 $\vec{A}_i$ 的和。即：$\vec{A}=\Sigma\ \vec{A}_i$（把式中 $\vec{A}$ 换成 $\vec{r}$、$\vec{V}$、$\vec{a}$、$\vec{F}$、$\vec{E}$、$\vec{B}$ 就分别成了位置、速度、加速度、力、电场强度和磁感应强度的叠加原理）。

2. 牛顿定律：$\vec{F}=m\vec{a}$（或 $\vec{F}=\dfrac{d\vec{p}}{dt}$）；牛顿第三定律：$\vec{F}'=\vec{F}$；万有引力定律：

$$\vec{F}=-G\frac{Mm}{r^2}\hat{r}$$

3. 动量定理：$\vec{I}=\Delta\vec{p}$→动量守恒：$\Delta\vec{p}=0$ 条件 $\sum\vec{F}_{外}=0$

4. 角动量定理：$\vec{M}=\dfrac{d\vec{L}}{dt}$→角动量守恒：$\Delta\vec{L}=0$ 条件 $\sum\vec{M}_{外}=0$

5. 动能原理：$A=\Delta E_k$（比较势能定义式：$A_{保}=-\Delta E_p$）

6. 功能原理：$A_{外}+A_{非保内}=\Delta E$→机械能守恒：$\Delta E=0$ 条件 $A_{外}+A_{非保内}=0$

7. 理想气体状态方程：$PV=\dfrac{M}{\mu}RT$ 或 P=nkT（n=N/V，$k=R/N_0$）

8. 能量均分原理：在平衡态下，物质分子的每个自由度都具有相同的平均动能，其大小都为 kT/2。

9. 热力学第一定律：$\Delta E=Q+A$

10. 热力学第二定律：孤立系统：$\Delta S>0$（熵增加原理）

克劳修斯表述：不可能把热量从低温物体传到高温物体而不产生其它影响。
开尔文表述：不可能从单一热源吸取热量，使之完全变为有用的功而不产生其它影响。
实质：在孤立系统内部发生的过程，总是由热力学概率小的宏观状态向热力学概率大的状态进行。亦即在孤立系统内部所发生的过程总是沿着无序性增大的方向进行。

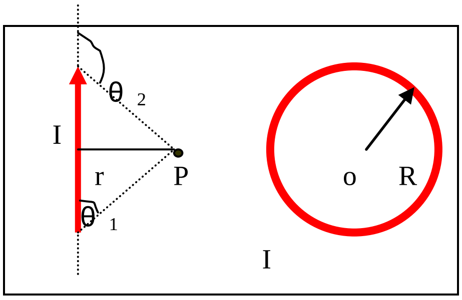
11. 库仑定律：

$$\vec{F}=k\frac{Qq}{r^2}\hat{r}$$（$k=1/4\pi\varepsilon_0$）

12. 高斯定理：$\oiint \vec{E}\cdot d\vec{S}=\dfrac{q}{\varepsilon_0}$（静电场是有源场）→无穷大平板：$E=\sigma/2\varepsilon_0$

13. 环路定理：$\oint \vec{E}\cdot d\vec{l}=0$　（静电场无旋，因此是保守场）

14．毕奥—沙伐尔定律：$d\vec{B}=\dfrac{\mu_0 Id\vec{l}\times\hat{r}}{4\pi r^2}$



直长载流导线：$\vec{B}=\dfrac{\mu_0 I}{4\pi r}(\cos\theta_1-\cos\theta_2)$

无限长载流导线：$\vec{B}=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$

载流圆圈：$\vec{B}=\dfrac{\mu_0 I}{2R}$，圆弧：$\vec{B}=\dfrac{\mu_0 I}{2R}\dfrac{\theta}{2\pi}$

电磁学

1．定义：

①$\vec{E}$ 和 $\vec{B}$：
$\begin{cases} E=F/q_0 & \text{单位：N/C =V/m} \\ B=F_{max}/qv；\text{方向，小磁针指向（S→N）；单位：特斯拉（T）}=10^4\text{高斯（G）} \end{cases}$

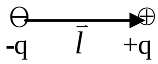
$\vec{F}=q(\vec{E}+\vec{V}\times\vec{B})$洛仑兹公式

②电势：$U=\int_r^{\infty}\vec{E}\cdot d\vec{r}$

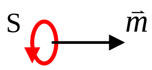
电势差：$U=\int_+^-\vec{E}\cdot d\vec{l}$　　电动势：$\varepsilon=\int_-^+\vec{K}\cdot d\vec{l}$　（$\vec{K}=\dfrac{\vec{F}_{非静电}}{q}$）

③电通量：$\phi_e=\iint\vec{E}\cdot d\vec{S}$ 磁通量：$\phi_B=\iint\vec{B}\cdot d\vec{S}$ 磁通链：$\Phi_B=N\varphi_B$ 单位：韦伯（Wb）

④电偶极矩：$\vec{p}=q\vec{l}$



磁矩：$\vec{m}=I\vec{S}=IS\hat{n}$



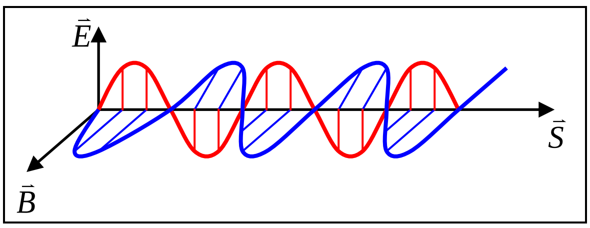
⑤电容：C=q/U　单位：法拉（F）

*自感：L=Ψ/I　　　　单位：亨利（H）

*互感：$M=\Psi_{21}/I_1=\Psi_{12}/I_2$　单位：亨利（H）

⑥电流：$I=\dfrac{dq}{dt}$；　*位移电流：$I_D=\varepsilon_0\dfrac{d\phi_e}{dt}$　单位：安培（A）

⑦*能流密度：$\vec{S}=\frac{1}{\mu}\vec{E}\times\vec{B}$



2．实验定律

①库仑定律：$\vec{F}=\dfrac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{r}_0$ ②毕奥—沙伐尔定律：$d\vec{B}=\dfrac{\mu_0 I d\vec{l}\times\hat{r}}{4\pi r^2}$ ③安培定律：d$\vec{F}$=I $d\vec{l}$ $\times\vec{B}$

④电磁感应定律：$\varepsilon_{感}=-\dfrac{d\phi_B}{dt}$
$$\begin{cases}\text{动生电动势：}\ \varepsilon=\int_{-}^{+}(\vec{V}\times\vec{B})\cdot d\vec{l} \\ \text{感生电动势：}\ \varepsilon=\int_{+}^{-}\vec{E}_i\cdot d\vec{l}\quad（\vec{E}_i\text{为感生电场）}\end{cases}$$

*⑤欧姆定律：U=IR（$\vec{E}$=ρ $\vec{j}$）其中ρ 为电导率

3．*定理（麦克斯韦方程组）

电场的高斯定理：$\oiint \vec{E}\cdot d\vec{S}=\dfrac{q}{\varepsilon_0}$
$$\begin{cases}\oiint \vec{E}_{静}\cdot d\vec{S}=\dfrac{q}{\varepsilon_0} & （\vec{E}_{静}\text{是有源场）} \\ \oiint \vec{E}_{感}\cdot d\vec{S}=0 & （\vec{E}_{感}\text{是无源场）}\end{cases}$$

磁场的高斯定理：$\oiint \vec{B}\cdot d\vec{S}=0$
$$\begin{cases}\oiint \vec{B}\cdot d\vec{S}=0 & （\vec{B}_{稳}\text{是无源场）} \\ \oiint \vec{B}\cdot d\vec{S}=0 & （\vec{B}_{感}\text{是无源场）}\end{cases}$$

电场的环路定理：$\oint \vec{E}\cdot d\vec{l}=-\dfrac{d\phi_B}{dt}$
$$\begin{cases}\oint \vec{E}_{静}\cdot d\vec{l}=0 & \text{（静电场无旋）} \\ \oint \vec{E}_{感}\cdot d\vec{l}=-\dfrac{d\phi_B}{dt} & \text{（感生电场有旋；变化的磁场产生感生电场）}\end{cases}$$

安培环路定理：$\oint \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0 I+\mu_0 I_d$
$$\begin{cases}\oint \vec{B}_{稳}\cdot d\vec{l}=\mu_0 I & \text{（稳恒磁场有旋）} \\ \oint \vec{B}_{感}\cdot d\vec{l}=\mu_0\varepsilon_0\dfrac{d\phi_e}{dt} & \text{（变化的电场产生感生磁场）}\end{cases}$$

4．常用公式

①无限长载流导线：$B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$　　螺线管：B= n μ $_0$I

②带电粒子在匀强磁场中：半径 $R=\dfrac{mV}{qB}$ 周期 $T=\dfrac{2\pi m}{qB}$

磁矩在匀强磁场中：受力 F=0；受力矩 $\vec{M}=\vec{m}\times\vec{B}$

③电容器储能：$W_c=\frac{1}{2}CU^2$　*电场能量密度：$\omega_e=\frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$　电磁场能量密度：$\omega=\frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2+\frac{1}{2\mu_0}B^2$

*电感储能：$W_L=\frac{1}{2}LI^2$　*磁场能量密度：$\omega_B=\frac{1}{2\mu_0}B^2$　电磁场能流密度：S=ω V

④ *电磁波：$C=\dfrac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}=3.0\times10^{8}$m/s 在介质中 $V=C/n$，频率 $f=\nu=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}$

波动学

1．定义和概念

简谐波方程：

$$\underbrace{\xi}_{\text{振动量（位移）}} = \overset{\text{振幅}}{A}\cos(\overbrace{\underbrace{\omega t}_{\text{0点处相位}}+\underbrace{\varphi}_{\text{0点处初相}}-\underbrace{2\pi x/\lambda}_{\text{x处落后0点的相位}}}^{\text{x处t时刻相位}})$$

$$\begin{cases}\text{简谐振动方程：}\xi=A\cos(\omega t+\varphi)\\ \text{波形方程：}\xi=A\cos(2\pi x/\lambda+\varphi')\end{cases}$$

相位Φ——决定振动状态的量

振幅 A——振动量最大值

初相φ —— x =0 处 t =0 时相位

以上（振幅、初相）决定于初态（x_0,V_0）：$\begin{cases}x_0=A\cos\varphi\\ V_0=-A\omega\sin\varphi\end{cases}$

频率ν ——每秒振动的次数

圆频率ω =2π ν

周期 T——振动一次的时间

以上决定于波源如：$\begin{cases}\text{弹簧振子}\ \omega=\sqrt{k/m}\\ \text{单摆}\ \omega=\sqrt{g/l}\end{cases}$

波速 V——波的相位传播速度或能量传播速度。决定于介质如：$\begin{cases}\text{绳}\ V=\sqrt{T/\mu}\\ \text{空气}\ V=\sqrt{B/\rho}\end{cases}$ 光速 V=C/n

波的干涉：同振动方向、同频率、相位差恒定的波的叠加。

光程：L= n x （即光走过的几何路程与介质的折射率的乘积。

相位突变：波从波疏媒质进入波密媒质时有相位π 的突变（折合光程为λ /2）。

拍：频率相近的两个振动的合成振动。

驻波：两列完全相同仅方向相反的波的合成波。

多普勒效应：因波源与观察者相对运动产生的频率改变的现象。

衍射：光偏离直线传播的现象。

自然光：一般光源发出的光

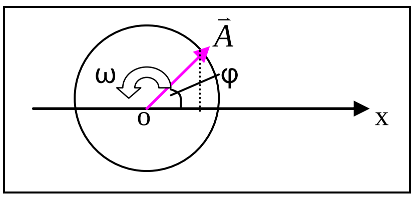
偏振光（亦称线偏振光或称平面偏振光）：只有一个方向振动成份的光。

部分偏振光：各振动方向概率不等的光。可看成相互垂直两振幅不同的光的合成。

2．方法、定律和定理

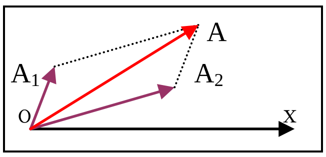
①旋转矢量法：

如图，任意一个简谐振动$\xi=A\cos(\omega t+\varphi)$可看成初始角位置为φ 以ω 逆时针旋转的矢量 $\vec{A}$ 在 x 方向的投影。



相干光合成振幅：

$$A=\sqrt{A_1^{\,2}+A_2^{\,2}+2A_1A_2\cos\Delta\phi}$$

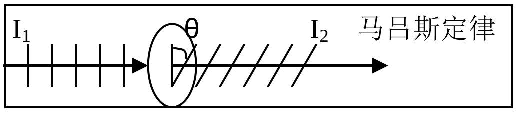


其中：$\Delta\varphi=\varphi_1-\varphi_2-\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)$ 当$\Delta\varphi=\begin{cases}2k\pi & \text{极大（明纹）}\\(2k+1)\pi & \text{极小（暗纹）}\end{cases}$

当$\varphi_1-\varphi_2=0$时，光程差$\delta=(r_2-r_1)=\begin{cases}k\lambda & \text{极大（明纹）}\\(2k+1)\lambda/2 & \text{极小（暗纹）}\end{cases}$

②惠更斯原理：波面子波的包络面为新波前。(用来判断波的传播方向)

③菲涅尔原理：波面子波相干叠加确定其后任一点的振动。

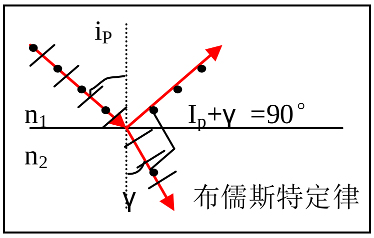


④*马吕斯定律：$I_2=I_1\cos^2\theta$

⑤*布儒斯特定律：

当入射光以 I_p 入射角入射时则反射光为垂直入射面振动的完全偏振光。I_p 称布儒斯特角，其满足：

$$\operatorname{tg} i_p = n_2/n_1$$



3．　公式

振动能量：$\left.\begin{array}{l}E_k=mV^2/2=E_k(t)\\E_p=kx^2/2=(t)\end{array}\right\}$ $E=E_k+E_p=kA^2/2$

*波动能量：$\bar{\varpi}=\frac{1}{2}\rho\omega^2A^2$　　$I=\bar{\varpi}V=\frac{1}{2}\rho\omega^2A^2V\propto A^2$

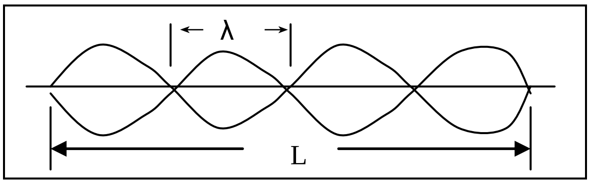
*驻波：

波节间距 $d=\lambda/2$

基波波长$\lambda_0=2L$

基频：$\nu_0=V/\lambda_0=V/2L$；

谐频：$\nu=n\nu_0$



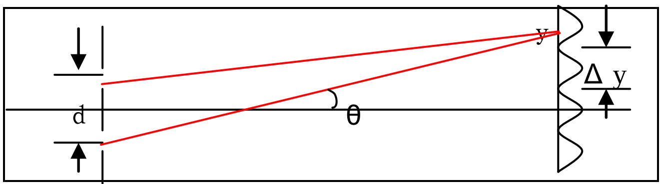
*多普勒效应：

机械波 $\nu'=\frac{V+V_R}{V-V_s}\nu$ （V_R——观察者速度；V_s——波源速度）

对光波 $\nu'=\sqrt{\frac{C-V_r}{C+V_r}}\nu$ 其中 V_r 指光源与观察者相对速度。

杨氏双缝：$\begin{cases}d\sin\theta=k\lambda & \text{（明纹）}\\ \theta\approx\sin\theta\approx y/D\end{cases}$

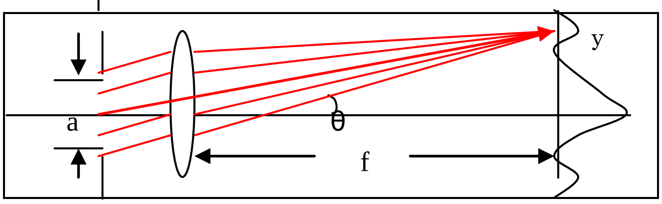
条纹间距$\Delta y=D/\lambda\ d$



单缝衍射（夫琅禾费衍射）：

$a\sin\theta=k\lambda$　（暗纹）

$\theta\approx\sin\theta\approx y/f$



瑞利判据：

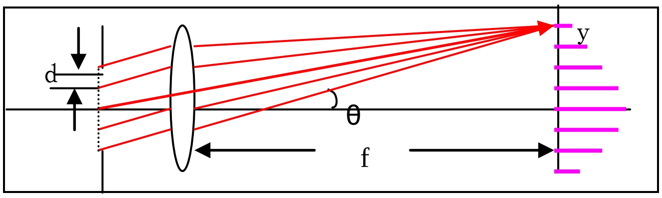
$\theta_{min}=1/R=1.22\lambda/D$（最小分辨角）

光栅：

$d\sin\theta=k\lambda$　（明纹即主极大满足条件）

$\operatorname{tg}\theta=y/f$

$d=1/n=L/N$（光栅常数）

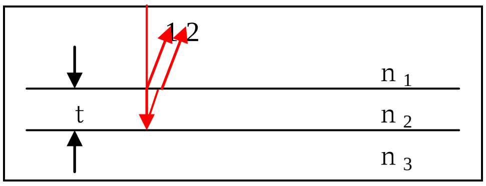


薄膜干涉：（垂直入射）

$\delta_{反}=2n_2t+\delta_0$ $\left[\delta_0=\begin{cases}0 & 中\\ \lambda/2 & 极\end{cases}\right]$

增反：$\delta_{反}=(2k+1)\lambda/2$

增透：$\delta_{反}=k\lambda$



现代物理

（一）量子力学

1. 普朗克提出能量量子化：$\varepsilon=h\nu$ （最小一份能量值）
2. 爱因斯坦提出光子假说：光束是光子流。

光电效应方程：$h\nu=\frac{1}{2}mv^2+A$ 其中：$\begin{cases}逸出功\ A=h\nu_0（\nu_0红限频率）\\ 最大初动能\ \frac{1}{2}mv^2=eU_a（U_a 遏止电压）\end{cases}$

3. 德布罗意提出物质波理论：实物粒子也具有波动性。

则实物粒子具有波粒二象性：$\begin{cases}\varepsilon=h\nu=mc^2\\ p=h/\lambda=mv\end{cases}$ 对比光的二象性：$\begin{cases}\varepsilon=h\nu=mc^2\\ p=h/\lambda=mc\end{cases}$

注：对实物粒子：$m=\dfrac{m_0}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}>0$ 且$\nu\neq c/\lambda$ 亦$\nu\neq V/\lambda$ ；而对光子：$m_0=0$ 且$\nu=C/\lambda$

4. 海森伯不确定关系：$\Delta x\Delta p_x\geqslant h/4\pi$ $\Delta t\Delta E\geqslant h/4\pi$

波函数意义：$|\psi|^2=\psi_0{}^2$=粒子在 t 时刻 r 处几率密度。

归一化条件：$\iiint|\psi|^2dV=1$ Ψ的标准条件：连续、有限、单值。

（二）狭义相对论：

1. 两个基本假设：①光速不变原理：真空中在所有惯性系中光速相同，与光源运动无关。
②狭义相对性原理：一切物理定律在所有惯性系中都成立。
2. 洛仑兹变换：

Σ ’系→Σ 系

$\begin{cases}x=\gamma(x'+vt')\\ y=y'\\ z=z'\\ t=\gamma(t'+vx'/c^2)\end{cases}$

Σ 系→Σ ’系

$\begin{cases}x'=\gamma(x-vt)\\ y'=y\\ z'=z\\ t'=\gamma(t-vx/c^2)\end{cases}$

其中：$\gamma=\dfrac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ 因 V 总小于 C 则γ ≥0 所以称其为膨胀因子；称$\beta=\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ 为收缩因子。

3. 狭义相对论的时空观：

①同时的相对性：由$\Delta t=\gamma(\Delta t'+v\Delta x'/c^2)$，$\Delta t'=0$ 时，一般$\Delta t\neq 0$。称 x'/c^2 为同时性因子。

②运动的长度缩短：$\Delta x=\Delta x'/\gamma \leqslant \Delta x'$

③运动的钟变慢：$\Delta t=\gamma\Delta t'\geqslant \Delta t'$

4．几个重要的动力学关系：

① 质速关系 $m=\gamma m_0$

② 质能关系 $E=mc^2$ $\begin{cases}\text{粒子的静止能量为：} E_0=m_0c^2 \\ \text{粒子的动能为：} E_K=mc^2-m_0c^2=\left(\dfrac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}-1\right)m_0c^2=\frac{1}{2}m_0V^2+\dfrac{2m_0V^4}{8c^2}+\cdots\end{cases}$

当 $V\ll c$ 时，$E_K\approx mV^2/2$

*③ 动量与能量关系：$E^2-p^2c^2=E_0^2$

*5．速度变换关系：

Σ′系 → Σ 系： $u_x=\dfrac{u_x'+v}{1+\frac{v}{c^2}u_x'}$ $u_y=\dfrac{u_y'\sqrt{1-\frac{v}{c^2}}}{1+\frac{v}{c^2}u_x'}$ $u_z=\dfrac{u_z'\sqrt{1-\frac{v}{c^2}}}{1+\frac{v}{c^2}u_x'}$

Σ 系 → Σ′系： $u_x'=\dfrac{u_x-v}{1-\frac{v}{c^2}u_x'}$ $u_y'=\dfrac{u_y\sqrt{1-\frac{v}{c^2}}}{1-\frac{v}{c^2}u_x'}$ $u_z'=\dfrac{u_z\sqrt{1-\frac{v}{c^2}}}{1-\frac{v}{c^2}u_x'}$