

新

XIN SAN DAO CONG SHU

三导丛书

- 教学基本要求
- 内容提要
- 知识结构框图
- 概念辨析
- 典型思考题解析
- 课后典型习题及常考真题解集

普通物理学

(第五版)

导教 · 导学 · 导考

(第2版)

汤毓骏 主编

西北工业大学出版社

普通物理学

(第五版)

导教 · 导学 · 导考

(第2版)

汤毓骏 主编

汤毓骏 陈嘉鹏 怀国桢 编著

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书为与《普通物理学》(第五版·高等教育出版社)配套使用的教学辅导书。按原书的篇章结构,给出了每章的教学基本要求、内容提要、知识结构框图、概念辨析、典型思考题解析、课后典型习题及常考真题解集等。由原书修订人任主编。编写目的旨在帮助使用该书的教师教学及学生学习和考研应试。

图书在版编目(CIP)数据

普通物理学导教·导学·导考/汤毓骏主编.—2版.—西安:西北工业大学出版社,2002.9
(新三导丛书)

ISBN 7-5612-1538-X

I. 普… II. 汤… III. 普通物理学—高等学校—教学参考资料 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 049739 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:787 mm×960 mm 1/16

印 张:20.5

字 数:559 千字

版 次:2006 年 10 月第 2 版 2006 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~5 000 册

定 价:26.00 元

前 言

本书出版以来,受到广大教师和学生的欢迎,许多读者还提出了要修正的宝贵建议,使编者深为感激。

程守洙、江之永主编的《普通物理学》是国内高等工科院校大学物理课程中使用面最广,培养人才最多,影响最大的一部教材。为了顺应教育形势的发展,贯彻国家教育部颁布的高等工科院校大学物理教学的基本要求,编者参与了由程守洙、江之永主编的《普通物理学》第五版的修订工作。在这次修订中,强调以“物质能量和相互作用”为主线,以自然辩证法为指导,着重培养创新思维和多种物理思想方法。作为同该教材配套的这本教学指导参考书,自然也迎来了改版的契机。编者根据修改教材第五版的精神修改本书,特别是对每个习题不仅先予提示,后作详解,而且点明使用了哪种物理方法,还有哪些方法可以求解。对知识点的组合、辨析、深化、提高,力求符合自然辩证法的要求。希望能得到广大读者的关注。

由于编者学识有限,书中如有不足和错误,还请读者不吝指正。本书由西北工业大学宋士贤教授审稿,编者在此表示感谢。

编 者

2006 年 4 月



目 录

第 1 篇 力学	1
1.1 教学基本要求	1
1.2 内容提要	4
1.3 知识结构框图	9
1.4 概念辨析	11
1.4.1 $ \Delta A $ 与 ΔA 的区别	11
1.4.2 重力与引力 重力势能与引力势能	11
1.4.3 静摩擦力的大小和方向	12
1.4.4 动量守恒	13
1.4.5 功和能的相对性	14
1.4.6 势能零点的选取	14
1.4.7 正确使用洛伦兹变换式	16
1.5 典型思考题解析	17
1.6 课后典型习题及常考真题解集	23
1.6.1 质点的运动	23
1.6.2 牛顿运动定律	38
1.6.3 运动的守恒定律	54
1.6.4 刚体的转动	65
1.6.5 相对论基础	83
第 2 篇 热学	89
2.1 教学基本要求	89
2.2 内容提要	90
2.3 知识结构框图	92
2.4 概念辨析	93
2.4.1 温度	93
2.4.2 平衡态	93
2.4.3 平衡过程	93
2.4.4 热量	94
2.4.5 内能	95

2.4.6	热力学第一定律的适用范围	95
2.4.7	关于热力学第二定律	96
2.4.8	熵	97
2.5	典型思考题解析	98
2.6	课后典型习题及常考真题解集	107
2.6.1	气体动理论	107
2.6.2	热力学基础	112

第3篇 电场和磁场

3.1	教学基本要求	122
3.2	内容提要	125
3.3	知识结构框图	130
3.4	概念辨析	131
3.4.1	静电场电势零点的选择	131
3.4.2	求电势的两个积分 $V = \int_A^{\infty} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$ 和 $V = \int \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r}$	132
3.4.3	关于洛伦兹力	133
3.4.4	电磁感应	134
3.4.5	自感系数的两种求法	135
3.5	典型思考题解析	136
3.6	课后典型习题及常考真题解集	148
3.6.1	真空中的静电场	148
3.6.2	导体和电介质中的静电场	167
3.6.3	恒定电流和恒定电场	181
3.6.4	真空中的恒定磁场	192
3.6.5	磁介质中的磁场	206
3.6.6	电磁感应和暂态过程	211
3.6.7	麦克斯韦方程组 电磁场	223

第4篇 振动和波动

4.1	教学基本要求	226
4.2	内容提要	227
4.3	知识结构框图	230
4.4	概念辨析	230
4.4.1	简谐运动的定义	230
4.4.2	关于相位	231
4.4.3	共振	231
4.4.4	简谐波	232
4.5	典型思考题解析	233



4.6	课后典型习题及常考真题解集	237
4.6.1	机械振动和电磁振荡	237
4.6.2	机械波和电磁波	255
第5篇	波动光学	265
5.1	教学基本要求	265
5.2	内容提要	266
5.3	知识结构框图	268
5.4	概念辨析	268
5.4.1	从发光机理看普通光源的发光特点	268
5.4.2	运用公式必须注意适用条件	269
5.4.3	光的干涉公式中 k 的取值	270
5.4.4	观察光的衍射现象的条件	271
5.4.5	关于瑞利判据	271
5.4.6	自然光与偏振光	271
5.5	典型思考题解析	272
5.6	课后典型习题及常考真题解集	277
第6篇	量子物理基础	295
6.1	教学基本要求	295
6.2	内容提要	295
6.3	知识结构框图	299
6.4	概念辨析	299
6.4.1	光电效应和康普顿效应	299
6.4.2	德布罗意波的速度	300
6.4.3	波函数为什么要用复数来表示	301
6.5	典型思考题解析	302
6.6	课后典型习题及常考真题解集	306
6.6.1	量子力学基础	306
6.6.2	激光和固体的量子理论	317

第1篇 力学

1.1 教学基本要求

一、质点运动

(一)教学要求

1. 掌握描述质点运动的物理量:位矢、位移、速度、加速度及角位移、角速度和角加速度。
2. 能用直角坐标系根据具体问题求运动方程,并由运动方程求质点的位移、速度、加速度;由速度(或加速度)求运动方程(或速度)。
3. 能计算质点作圆周运动时的角速度、角加速度、法向加速度和切向加速度。

(二)难点及注意事项

1. 位移、速度、加速度都是矢量,它们不仅有大小而且有方向。

(1)表达这些量时,要同时给出其大小和方向,否则表达是不完整的。通常有两种表达方法,一是用矢量解析式表示,如 $\mathbf{v}=3\mathbf{i}+4\mathbf{j}$ m/s,或是分别给其大小和方向,方向用与某一已知方向的夹角表示,如 $v=5$ m/s,其方向与 x 轴夹角为 $\alpha=\arctan \frac{4}{3}$ 。

(2)矢量与数量间不能用等号,如 $x=5$ m,是错的,应写为 $x=5\mathbf{i}$ m 或 $x=5$ m。

(3)矢量运算要按矢量运算法则进行,特别要注意矢量差的绝对值 $|\Delta\mathbf{A}|$ 与矢量绝对值的差 $\Delta A=\Delta|\mathbf{A}|$ 的区别。具体来说,要区分 $|\Delta\mathbf{r}|$ 与 Δr , $|\Delta\mathbf{v}|$ 与 Δv 及加速度的大小 $a=|\mathbf{a}|=\left|\frac{d\mathbf{v}}{dt}\right|$ 与切向加速度 $a_t=\frac{dv}{dt}$ 的区别。

2. 由运动方程求速度、加速度时用导数,由速度(加速度)求位移(速度)时用积分。这些量都是矢量,所以是矢量导数和矢量积分。具体运算时先将求导或求积的矢量函数在一定坐标中表达为矢量解析式,然后对各分量求导或求积,再将结果用矢量解析式来表达。

3. 由加速度 a 求速度 v 时,根据函数的具体形式,采用不同的方法:

若 $a=a(t)$,可直接积分 $\int_{v_0}^v dv = \int_0^t a(t) dt$ 。

$a=a(v)$,先分离变量再积分 $a(v)=\frac{dv}{dt}$, $\int_0^t dt = \int_{v_0}^v \frac{dv}{a(v)}$ 。

$a=a(x)$,先换元再积分 $a(x)=\frac{dv}{dt}=\frac{dv}{dx}\frac{dx}{dt}=v\frac{dv}{dx}$, $\int_{x_0}^x a(x) dx = \int_{v_0}^v v dv$ 。

4. 运动方程包括了运动的各个分运动,在直角坐标系中,各分运动均为直线运动,任何复杂的质点运动,都可以认为是空间三维(或平面二维)直线运动的合运动。如斜抛运动可分解为水平匀速直线运动和竖直方向的竖直上抛、垂直下落运动;等速螺旋线运动可分解为平面上的匀速圆周运动和垂直于该平面方向上的匀

速直线运动。匀速圆周运动又可进一步分解为相互垂直方向上的两个位置分别随时间按正弦和余弦变化的直线运动(简谐运动)。

二、牛顿运动定律

(一)教学要求

1. 掌握牛顿三定律及其适用条件。
2. 掌握质点动量定理,能解质点在平面内运动时的简单力学问题。
3. 掌握功的概念,能计算直线运动情况下变力的功。

(二)难点及注意事项

1. 用牛顿定律解力学问题的前提是正确地分析物体的受力情况。确定静摩擦力和弹性力特别要注意具体情况具体分析。

静摩擦力的大小是可变的,其值由物体的运动和总的受力情况决定。只有最大静摩擦力才可用 $F_{\mu} = \mu F_N$ 来计算。静摩擦力的方向与相对运动的趋势相反,但不一定与运动方向相反,相对运动的趋势由假设所讨论的那个接触面光滑时的相对运动方向来确定。

弹性力与接触物体的挤压、形变有关,不同情况下的弹力,形式也是不同的,也由物体运动和总的受力情况来确定。

2. 牛顿第二定律、动量定理的表达式都是矢量式,有时可直接用矢量运算法则画出矢量图用几何方法计算;更多的场合是选用适当的坐标系,写出各坐标轴方向上的分量式来进行计算。分量式中各项的正负号务必注意,不能写错。

三、运动守恒定律

(一)教学要求

1. 掌握保守力做功的特点及势能的概念,会计算重力、弹性和万有引力势能。
2. 掌握功能原理并能用它来分析解决质点在平面内的运动和简单力学问题。
3. 掌握机械能守恒定律和动量守恒定律,掌握运用守恒定律分析问题的思想方法,能运用它们分析解决质点系在平面内运动的简单力学问题。
4. 理解角动量概念和角动量守恒定律,通过质点在平面内运动的情况理解其适用条件。

(二)难点及注意事项

1. 系统内成对内力相互抵消,但一对内力做功的代数和一般不为零,其值与参考系无关。有人认为作用力、反作用力大小相等方向相反,因此做功的代数和为零,这是错误的。作用力,反作用力分别作用在两个不同的物体上,物体的位移不一定相同,所以它们做功的代数和不一定为零。

2. 应用功能原理和机械能守恒定律时应注意:

(1) 选择合适的系统,分清内力与外力。涉及保守力时通常将有保守力作用的两个物体都取在系统内。这样,保守力的功的计算便归结为系统的势能的变化,可简化计算。

(2) 分清保守力与非保守力,判断机械能守恒的条件是外力和非保守内力做功为零。

(3) 保守力的功与势能的变化不要重复计算。

(4) 选择合适的势能零点。重力势能的零点通常取在过程中物体能达到的最低点,这样,在过程中重力势



能总是正的。弹性势能一般以弹簧自然长度处为势能零点,这时其计算 $E_p = \frac{1}{2} k x^2$ (x 为形变量)最简单。

(5)明确初末状态,列出初末态的机械能 E_1, E_2 并使 $E_1 = E_2$ 。机械能守恒是指系统在状态变化的全过程中机械能不变,不仅是始末这两个特定状态的机械能相等。

3. 应用动量守恒定律时应注意:

(1)动量是矢量,系统动量守恒是指任一时刻系统内各质点的动量的矢量和为一常量,动量的数量不一定不变。

(2)动量守恒的条件是系统所受的合外力 $\Sigma F_i = 0$ 。在某些过程中,虽然 $\Sigma F_i \neq 0$ 但外力远小于内力,系统的动量可近似认为守恒;或者虽然 $\Sigma F_i \neq 0$,但在某一方向合外力的分量为零,或者此方向上内力远大于外力,则在该方向上动量守恒。

(3)在力学中,动量守恒由牛顿定律导出,因而在惯性系中才成立。所有质点的速度应对同一惯性系而言。

四、刚体转动

(一)教学要求

1. 了解转动惯量概念。
2. 理解刚体绕定轴转动的转动定律和刚体定轴转动情况下的角动量守恒定律。

(二)难点和注意事项

1. 刚体作定轴转动时的力矩、转动惯量和角动量都是相对固定转动轴而言的,求解问题时要明确转轴。
2. 力矩、角动量、角速度、角加速度都是矢量,在刚体作定轴转动情况下,其方向与转轴共线,只有两种可能的方向,可用正负表示出来。

转动定律 $M = J \alpha$ 中 M, J, α 都是对同一轴而言的。 M 为合外力矩,即刚体所受外力对转轴力矩的代数和,而不是合力对转轴的力矩。

3. 在定轴转动刚体的碰撞或冲击问题中,轴承对刚体的作用力不能忽略,但这个力对轴的力矩为零,所以动量不守恒但角动量可以守恒。因此常用角动量守恒来解定轴转动问题。

五、狭义相对论基础

(一)教学要求

1. 了解爱因斯坦狭义相对论的两个基本假设。
2. 了解洛伦兹变换,了解同时性的相对性、长度收缩及时间膨胀的概念。
3. 理解狭义相对论质速关系和质能关系。

(二)难点及注意事项

1. 洛伦兹变换的正确理解与运用。

洛伦兹变换是狭义相对论时空观的数学表达式,是求解时空问题的基本依据。两组洛伦兹变换(K 系换算到 K' 系和 K' 系换算到 K 系)在数学上是等价的,但运用时只有依据具体物理内涵来选用才能求得结果。

2. 对长度收缩及时间膨胀问题,要根据物理条件弄清哪个坐标系中的时间是原时,长度是原长,切忌盲目套用公式。

3. 正确理解质能关系。

相对论质能关系揭示了物质的两个基本属性——质量和能量的关系,有质量 m ,必然有相应的能量 mc^2 ,质量变化 Δm ,能量也一定同时发生相应的变化 Δmc^2 。彼此不是独立的量。诸如“质量转化为能量”之类的说法,在概念上是错误的。

1.2 内容提要

一、质点运动

(一)运动关系的相对性

1. 参考系 用以确定物质位置和运动的参考物体。

2. 坐标系 固定在参考系上的坐标系,用以定量描述物体的运动,常用的坐标系有直角坐标系和自然坐标系。

3. 相对运动 两个相对运动的坐标系 K 与 K' , K' 对 K 的速度为 $v_{K'K}$, 质点 A 相对它们的速度分别为 v_{AK} 与 $v_{AK'}$ 则

$$v_{AK} = v_{AK'} + v_{K'K}$$

(二)位置矢量和运动方程、位移

1. 位置矢量 由坐标原点指向质点所在位置的矢量,质点的位置坐标为 x, y, z 时,其位置矢量

$$r = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$$

2. 运动方程 位置矢量随时间变化的函数关系式

$$r(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k}$$

3. 位移 描述质点在一段时间 Δt 内的位置变化,其大小等于始点和终点的距离,方向由始点指向终点,位移等于始末位置矢量的增量

$$\Delta r = r_2 - r_1$$

(三)速度

描述质点运动快慢和方向。其表达式为

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$$

在直角坐标系内 $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dy}{dt}\mathbf{j} + \frac{dz}{dt}\mathbf{k}$

在自然坐标系内 大小 $v = \frac{ds}{dt}$ (s 为路程,方向沿轨迹的切线方向)

(四)加速度

描述质点速度变化的快慢,等于速度对时间的导数

在直角坐标系内 $\mathbf{a} = \frac{dv_x}{dt}\mathbf{i} + \frac{dv_y}{dt}\mathbf{j} + \frac{dv_z}{dt}\mathbf{k}$

在自然坐标系内 $\mathbf{a} = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_\tau = \frac{v^2}{\rho}\mathbf{n}_0 + \frac{dv}{dt}\boldsymbol{\tau}_0$

$\mathbf{n}_0$ 为法向单位矢量, $\boldsymbol{\tau}_0$ 为切向单位矢量, ρ 为轨道曲率半径。



(五) 圆周运动中的角量与线量描述

1. 角位置 θ 质点的位矢与 x 轴的夹角。

角位移 $\Delta\theta$ 在 Δt 时间内, 位矢转过的角度 $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ 。

角速度 ω 质点角位置对时间的变化率 $\omega = \frac{d\theta}{dt}$ 。

角加速度 α 质点角速度对时间的变化率 $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$ 。

2. 角量与线量的关系 $v = R\omega$, $a_t = R\alpha$, $a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2$

二、牛顿运动定律

(一) 牛顿运动定律

1. 第一定律 任何物体都保持静止或匀速直线运动状态, 直到作用在物体上的力迫使它改变这种状态为止。

2. 第二定律 物体受到外力作用时, 它获得的加速度大小与外力的大小成正比, 与物体的质量成反比。加速度的方向与外力方向相同。

$$\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

在直角坐标系中分量式 $\Sigma F_x = ma_x$, $\Sigma F_y = ma_y$, $\Sigma F_z = ma_z$

在自然坐标系中的分量式 $F_t = ma_t = m \frac{dv}{dt}$, $F_n = ma_n = m \frac{v^2}{\rho}$

牛顿第二定律的微分形式 $\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$, $\mathbf{F}dt = d\mathbf{p}$, $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$

3. 第三定律 两物体间的作用力与反作用力, 在同一直线上, 大小相等方向相反。作用力和反作用力同时出现, 同时消失, 性质相同, 分别作用在两个物体上。

(二) 力学中常见的力

重力 $P = mg$

万有引力 $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

摩擦力 滑动摩擦力 $f_\mu = \mu F_N$; 静摩擦力 $f_{\mu_0} \leq f_{\mu \max}$; 最大静摩擦力 $f_{\mu \max} = \mu_0 F_N$

其中 μ, μ_0 分别为滑动摩擦因数和静摩擦因数。

弹力 常见的有接触面间因挤压产生的弹力(正压力)、绳子拉力、弹簧的弹性力。满足胡克定律的弹簧弹性力 $f = -kx$, 其中 x 为形变量, k 为弹簧劲度系数。

(三) 牛顿定律的积分形式

1. 动量定理 外力的冲量等于质点动量的增量。

$$\mathbf{I} = \mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_1$$

力 $\mathbf{F}$ 的冲量 $\mathbf{I} = \int_0^t \mathbf{F} dt$

平均冲力 $\mathbf{F} = \frac{1}{t} \int_0^t \mathbf{F} dt$

动量定理在直角坐标系中的分量式

$$\int_0^t F_x dt = p_{x2} - p_{x1}, \quad \int_0^t F_y dt = p_{y2} - p_{y1}, \quad \int_0^t F_z dt = p_{z2} - p_{z1}$$

2. 质点的动能定理 外力的功等于质点动能的增量。

功的定义 $A = \int_a^b \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = \int_a^b |\mathbf{F}| \cos\theta |d\mathbf{r}|$

动能定理 $A = \frac{1}{2}mv_b^2 - \frac{1}{2}mv_a^2$

三、守恒定律

(一)保守力和势能

1. 保守力 做功只与始末位置有关,而与路径无关的力。

2. 保守力的功 A_c 可以用相应势能 E_p 的变化来计算 $A_c = -(E_{p2} - E_{p1})$ 保守力的功等于系统势能增量的负值。

3. 重力势能 $E_p = mgh$ h 为相对重力零势能处的高度。

引力势能 $E_p = -G \frac{m_1 m_2}{r}$ 以两质点相离无限远时的引力势能为零。

弹簧的弹性势能 $E = \frac{1}{2}kx^2$ 以弹簧自然长度时的弹性势能为零, x 为弹簧形变量。

(二)系统功能原理

外力的功 A_e 与非保守内力的功 A_{id} 的代数和等于系统机械能的增量 $A_e + A_{id} = E_2 - E_1$ 。

(三)机械能守恒定律

$A_e = 0, A_{id} = 0$, 则 $E_1 = E_2 = \text{常量}$ 。

系统内只有保守力做功,其他内力和外力都不做功,则系统机械能守恒。

(四)动量守恒定律

1. $\Sigma \mathbf{F}_i = 0$, 则 $\Sigma \mathbf{p}_i = \text{常量}$ 。系统所受合外力为零时,系统的动量守恒。

2. 碰撞 两个物体相互靠近,在短时间内发生强烈的相互作用的过程,碰撞过程动量守恒。

(1)弹性碰撞 碰撞前后动能不变。

(2)非弹性碰撞 碰撞前后动能发生变化。完全非弹性碰撞,碰撞后两物体具有相同速度。

(五)角动量守恒定律

1. 角动量 $\mathbf{L} = \mathbf{r} \times m\mathbf{v}$ $\mathbf{r}$ 为质点相对定点的位置矢量。

2. 力矩 $\mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$ $\mathbf{r}$ 为力 $\mathbf{F}$ 的作用点对定点的位置矢量。

3. 当质点受到的合外力矩为零时,角动量守恒。即 $\mathbf{M} = 0$ 时, $\mathbf{L} = \text{常量}$ 。

四、刚体的转动

(一)力矩和转动惯量

力矩 定轴转动中力 F 对定轴的力矩

$$M_z = F_{\perp} \cdot d$$

其中, $F_{\perp}$ 为外力在转动平面(垂直于转轴的平面)内的分力; d 为转轴与力的作用线的垂直距离。

刚体转动惯量



$$J = \int r^2 dm$$

与刚体的质量、质量分布和转轴的位置有关。

(二)刚体定轴转动定律

刚体在外力矩作用下,所获得的角加速度与外力矩大小成正比,与转动惯量成反比。

$$M_z = J \alpha = J \frac{d\omega}{dt}$$

(三)刚体定轴转动的动能定理

1. 力矩的功 $A = \int_{\theta_1}^{\theta_2} M d\theta$

2. 转动动能 $E_k = \frac{1}{2} J \omega^2$

3. 刚体定轴转动的动能定理 合外力矩对刚体的功等于刚体转动动能的增量。

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} M d\theta = \frac{1}{2} J \omega_2^2 - \frac{1}{2} J \omega_1^2$$

(四)刚体机械能守恒定律

只有保守力矩做功,刚体的势能和动能之和守恒。

(五)刚体角动量守恒定律

1. 刚体定轴转动的角动量 $L = J \omega_0$

2. 刚体定轴转动的角动量定理 合外力矩的冲量等于刚体对该轴的角动量的增量。

$$\int_0^t M dt = L - L_0$$

3. 刚体角动量守恒定律 作用在刚体上对某固定轴的合力矩为零时,刚体对此轴的角动量守恒。

$$M_z = 0 \text{ 时, } L = \text{常量}$$

五、狭义相对论基础

(一)狭义相对论的基本原理

1. 相对性原理 一切物理定律在所有惯性系中都是等价的,具有相同的数学形式。

2. 光速不变原理 在所有惯性系中,真空中光沿各个方向传播的速率都相等,与光源和观察者的运动无关。

(二)洛伦兹变换

两相对作匀速直线运动的惯性系 K 和 K' , x 轴与 x' 轴重合, K' 系相对 K 系的速度沿 x 轴正方向,大小为 v 。以两坐标重合时为起始时刻,某事件在 K 系的时空坐标 (x, y, z, t) 和在 K' 系中的时空坐标 (x', y', z', t') 间的变换关系为

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}, \quad x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$$

$$y' = y, \quad y = y'$$

$$z' = z, \quad z = z'$$

$$t' = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}, \quad t = \frac{t' + vx'/c^2}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$$

(三)狭义相对论的时空观

两事件在 K 系中的时间、空间间隔为 $\Delta t, \Delta x$, 在 K' 系中为 $\Delta t', \Delta x'$ 则

$$\Delta t = \frac{\Delta t' + v\Delta x'/c^2}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}, \quad \Delta x = \frac{\Delta x' + v\Delta t'}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$$

$$\Delta t' = \frac{\Delta t - v\Delta x/c^2}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}, \quad \Delta x' = \frac{\Delta x - v\Delta t}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$$

1. 同时相对性 在一惯性系中同时发生的两事件, 在另一惯性系中不一定同时。

当 $\Delta t = 0$ 时只要 $\Delta x \neq 0$, 则 $\Delta t' \neq 0$ 。

2. 原长与长度收缩 在与物体相对静止的参考系中测得的长度称为原长 l_0 , 在一切与物体有相对运动的参考系中测得的长度 l 都缩短了

$$l = l_0 \sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}$$

3. 原时与时间膨胀 在一参考系中同一地点发生的两事件的时间间隔称为原时 τ_0 , 在与事件有相对运动的一切参考系中测得的时间间隔 τ 都变长了

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$$

(四)相对论动力学公式

1. 质速关系

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$$

m_0 为物体的静止质量, m 为物体的动质量。

2. 质能关系

$$\text{总能量 } E = mc^2$$

$$\text{静止能 } E_0 = m_0 c^2$$

$$\text{动能 } E_k = E - E_0 = (m - m_0)c^2$$

3. 相对论动量

$$\boldsymbol{p} = m \boldsymbol{v} = \frac{m_0 \boldsymbol{v}}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$$

4. 相对论动量能量关系

$$E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4$$

