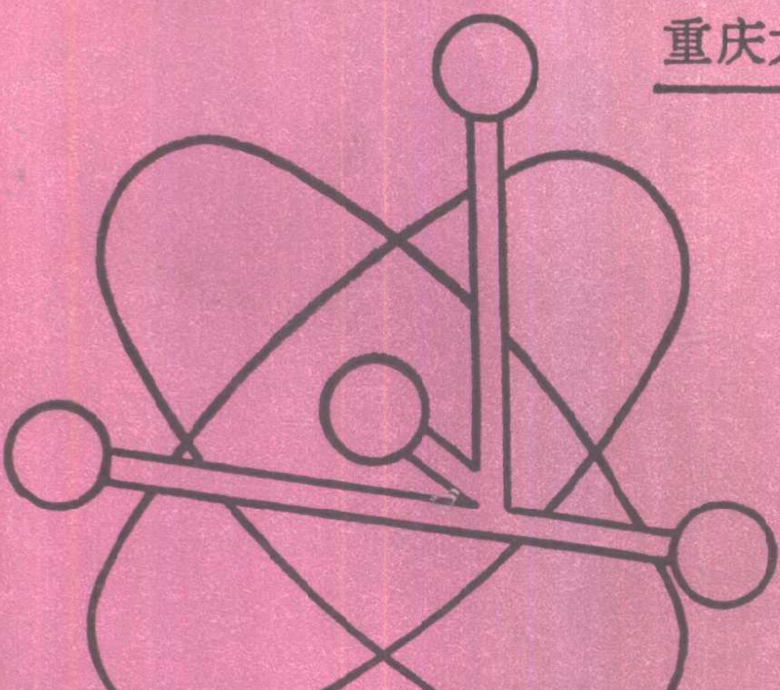
大学物理学学习指导书

力学

LIXUE

杨光富 杨明鲁
金属东 袁昭林 编

重庆大学出版社



大学物理学学习指导书

力 学

杨光富 杨明鲁
金属东 袁昭林 编

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书为大学物理学学习指导书。它以详细的内容提要、知识系统图表、标准化习题集、计算及证明题、解题举例等形式指导大学物理学的学习。本分册介绍力学部分中质点运动学、牛顿运动定律、功和能、动量和动量守恒、刚体的定轴转动等内容。

本书适用于工科各专业师生，也可供其它院校师生参考。

大学物理学学习指导书

力　学

杨光富　杨明鲁
金属东　袁昭林　编

责任编辑　黄开植　曾令维

*

重庆大学出版社出版发行
新 华 书 店 经 销
重 庆 印 制 一 厂 印 刷

*

开本：787×1092　1/32　印张：3.75　字数：84 千
1991年 7 月第 1 版　1991年 7 月第 1 次印刷
印数：1—20000

标准书号：ISBN 7-5624-0392-9 / O·57　定价：1.35元

前　　言

《大学物理学学习指导书》按内容分为《力学》、《热学》、《电磁学》、《波动学》、《近代物理学》五个分册。编写时既参照了工科高等院校大学物理学教学基本要求，又考虑了师范院校本科、专科及成人教育物理课程的需要；适合于工科院校、师范院校师生使用，亦可供中学物理教师和自学者参考。

本书集编者多年教学经验而成。各分册均包括《内容提要》(提纲挈领，概括全貌)、《知识系统图表》(勾画各部联系)，《标准化习题》、《计算及证明题》(习题量大，覆盖面广，题型较全)、《解题举例》(给出解题规范，启发解题思路)、《双数序号习题答案》，共六章。这几部分实为学好物理并顺利通过考试之必须。本书的构思是作者在长期的教学实践中提炼出来的，实践证明，符合学生实际，深受学生欢迎。我们愿将本书奉献给读者。

全书五册由重庆大学杨光富、重庆师范专科学校杨明鲁主编；杨光富对全书进行了统稿。作者分工如下：

《力学》：金属东　袁昭林

《热学》：朱世德　顾国均

《电磁学》：朱世德　潘必凯　刘贵权

《波动学》：唐南　黄永贤　王新领

《近代物理学》：胡炳全　郑青松

德阳教育学院池培之副院长提供了不少宝贵建议，在此亦诚鸣谢。

编　者

1991.元旦

目　录

第一章　内容提要

§1-1　质点运动学

一、质点的位置、速度和加速度

质点是只有质量而无大小、形状的"理想化物体"，它在空间只占有一个几何点。在给定参照系中建立坐标系，质点位置可用位矢 $\mathbf{r}$ 来描述，$\mathbf{r}$ 是时间的单值连续函数。在直角坐标系下，$\mathbf{r}(t)=x(t)\mathbf{i}+y(t)\mathbf{j}+z(t)\mathbf{k}$，其分量表示为 $x=x(t),y=y(t),z=z(t)$。$\mathbf{r}$ 的大小 $|\mathbf{r}|=r=\sqrt{x^2+y^2+z^2}$ 表示质点到原点的距离，$\mathbf{r}$ 的方向由 $\cos\alpha=\frac{x}{r}$，$\cos\beta=\frac{y}{r}$，$\cos\gamma=\frac{z}{r}$ 表示。质点位置与时间的这种函数关系叫质点的运动方程。由质点位矢分量表式消去参量 t 即可得到质点的轨道方程。

位移描述在 $t\to t+\Delta t$ 内质点位置的改变，记为 $\Delta\mathbf{r}=\mathbf{r}(t+\Delta t)-\mathbf{r}(t)$。其三个直角分量为 $\Delta x=x(t+\Delta t)-x(t)$，

$\Delta y=y(t+\Delta t)-y(t)$, $\Delta z=z(t+\Delta t)-z(t)$；位移大小 $|\Delta \mathbf{r}|$ $=\sqrt{\Delta x^2+\Delta y^2+\Delta z^2}$。要注意在 $t\to t+\Delta t$ 内质点位移大小 $|\Delta \mathbf{r}|$ 与质点走过的路程 Δs 的区别，注意 $|\Delta \mathbf{r}|$ 与 $\Delta \mathbf{r}$ 的区别，如图1-1-1所示。

质点在 $t\to t+\Delta t$ 内的位移 $\Delta \mathbf{r}$ 与 Δt 之比，是质点在此时间间隔内的平均速度，记为 $\bar{\mathbf{v}}=\Delta \mathbf{r}/\Delta t$。显然 $\Delta \mathbf{v}$ 对质点位置变化率的描述是不精确的，其精度反比于 Δt。当 $\Delta t\to 0$ 时，$\bar{\mathbf{v}}$ 的极限就是质点在时刻 t 的速度，记为 $\mathbf{v}(t)=\lim\limits_{\Delta t\to 0}(\Delta \mathbf{r}/\Delta t)$ $=\mathrm{d}\mathbf{r}/\mathrm{d}t$。$\mathbf{v}$ 的三个分量为 $v_x=\mathrm{d}x/\mathrm{d}t$, $v_y=\mathrm{d}y/\mathrm{d}t$，$v_z=\mathrm{d}z/\mathrm{d}t$；$\mathbf{v}$ 的大小 $v=|\mathbf{v}|=\sqrt{v_x^2+v_y^2+v_z^2}=\mathrm{d}s/\mathrm{d}t$，其中 $\mathrm{d}s=\sqrt{\mathrm{d}x^2+\mathrm{d}y^2+\mathrm{d}z^2}$ 是微分弧长；$\mathbf{v}$ 的方向沿轨道曲线的切线方向并指向运动一侧，即 $\mathbf{v}=v\boldsymbol{\tau}$，其中 $\boldsymbol{\tau}$ 为切线方向单位矢。

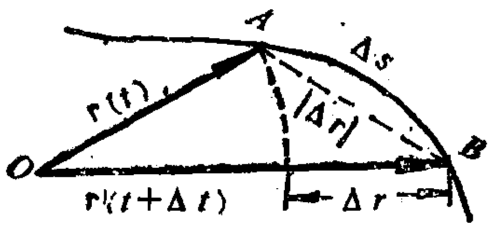


图 1-1-1

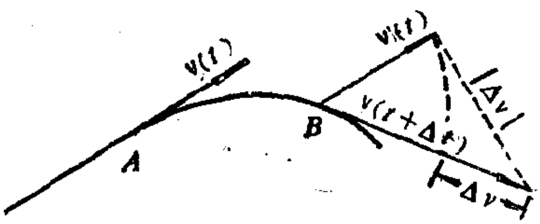


图 1-1-2

在 $t\to t+\Delta t$ 内质点速度的改变量 $\Delta \mathbf{v}=\mathbf{v}(t+\Delta t)-\mathbf{v}(t)$ 与 Δt 之比，描述了这段时间内质点速度的变化率，记为 $\bar{\mathbf{a}}=\Delta \mathbf{v}/\Delta t$，即平均加速度，其精度与 Δt 成反比。务请注意 $|\Delta \mathbf{v}|$ 与 $\Delta \mathbf{v}$ 的区别，如图1-1-2所示。当 $\Delta t\to 0$ 时平均加速度 $\bar{\mathbf{a}}$ 的极限就是质点在时刻 t 的加速度，记为 $\mathbf{a}(t)=\lim\limits_{\Delta t\to 0}(\Delta \mathbf{v}/\Delta t)=\mathrm{d}\mathbf{v}/\mathrm{d}t$ $=\mathrm{d}^2\mathbf{r}/\mathrm{d}t^2$。它的三个分量为 $a_x=\lim\limits_{\Delta t\to 0}(\Delta v_x/\Delta t)=\mathrm{d}v_x/\mathrm{d}t=\mathrm{d}^2x/\mathrm{d}t^2$，$a_y=\mathrm{d}v_y/\mathrm{d}t=\mathrm{d}^2y/\mathrm{d}t^2$，$a_z=\mathrm{d}v_z/\mathrm{d}t=\mathrm{d}^2z/\mathrm{d}t^2$。它的大小为 $a=|\mathbf{a}|=(a_x^2+a_y^2+a_z^2)^{1/2}=\left[\left(\dfrac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}\right)^2+\left(\dfrac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}\right)^2\right.$

$$+\left(\frac{\mathrm{d}v_z}{\mathrm{d}t}\right)^2\right]^{1/2}=[(\mathrm{d}^2x/\mathrm{d}t^2)^2+(\mathrm{d}^2y/\mathrm{d}t^2)^2+(\mathrm{d}^2z/\mathrm{d}t^2)^2]^{1/2};$$

其方向由三个方向余弦决定。

由此可知，质点的位矢$\mathbf{r}$、速度$\mathbf{v}$以及描述其机械运动状态变化的加速度都是相对于参照系的瞬时矢量，故具有相对性、矢量性和瞬时性。且由$\mathbf{r}(t)=x(t)\mathbf{i}+y(t)\mathbf{j}+z(t)\mathbf{k}$可知，任何一个曲线运动均可视作几（3）个（在相互垂直方向上的）各自独立进行的直线运动的合成，这就是运动叠加原理。故$\mathbf{r}$、$\mathbf{v}$、$\mathbf{a}$三矢量还具有叠加性。

二、运动学的基本问题

运动学的基本问题有两大类。一类是已知质点的运动方程$\mathbf{r}=\mathbf{r}(t)$，求$\mathbf{v}(t)$、$\mathbf{a}(t)$或已知$\mathbf{v}=\mathbf{v}(t)$，求$\mathbf{a}_t$，基本方法是微分法即求导数法；另一类是已知质点加速度$\mathbf{a}=\mathbf{a}(t)$，求$\mathbf{v}(t)$、$\mathbf{r}(t)$，基本方法是积分法。由于积分时有积分常数出现，尚须知道初始条件[例如$t=0$时的$\mathbf{v}_0(v_{x0},\ v_{y0},\ v_{z0})$，$\mathbf{r}_0(x_0,\ y_0,\ z_0)$为已知]方能唯一确定$\mathbf{v}(t)$、$\mathbf{r}(t_0)$，这样，我们就有

$$\mathbf{v}(t)=\mathbf{v}_0+\int_0^t\mathbf{a}(t)\mathrm{d}t$$

即有

$$\begin{cases}v_x=v_{x0}+\int_0^t a_x(t)\mathrm{d}t\\[2ex] v_y=v_{y0}+\int_0^t a_y(t)\mathrm{d}t\\[2ex] v_z=v_{z0}+\int_0^t a_z(t)\mathrm{d}t\end{cases}$$

$$\mathbf{r}(t)=\mathbf{r}_0+\int_0^t \mathbf{v}(t)\mathrm{d}t$$

即有

$$\begin{cases} x=x_0+\int_0^t v_x(t)\mathrm{d}t \\ y=y_0+\int_0^t v_y(t)\mathrm{d}t \\ z=z_0+\int_0^t v_z(t)\mathrm{d}t \end{cases}$$

三、自然坐标系　切向和法向加速度

考虑到$\mathbf{v}=v\boldsymbol{\tau}$，则有 $\mathbf{a}=\mathrm{d}\mathbf{v}/\mathrm{d}t=(\mathrm{d}v/\mathrm{d}t)\boldsymbol{\tau}+\frac{v^2}{\rho}\mathbf{n}$($\mathbf{n}$ 是轨道法向单位矢，$\mathbf{n}\perp\boldsymbol{\tau}$，且指向曲率中心，$\rho$ 是轨道的曲率半径）。记 $a_\tau=\mathrm{d}v/\mathrm{d}t$ 为质点的切向加速度，描述速率的变化率。$a_\tau>0$ 表v增大，$a_\tau<0$ 表 v 减小。记$a_n=\frac{v^2}{\rho}$为质点法向加速度，描述速度方向的变化率，凡作曲线运动之质点，其$a_n\neq0$。故在直角坐标系中加速度大小$a=\sqrt{a_\tau^2+a_n^2}$，方向则用$\mathbf{a}$与$\mathbf{v}$的夹角 θ 表之：$\mathrm{tg}\theta=a_n/a_\tau$。因 $a_n>0$，当 $\theta<90^\circ$ 时速率增加，$\theta>90^\circ$时速率减少，$\theta=90^\circ$时速率不变。

对于圆周运动，各点曲率中心重合于圆心，曲率半径即圆半径$\rho=R$，其法向加速度 $a_n=\frac{v^2}{R}$，作圆周运动的质点，其运动状态可用角位置$\theta=\theta(t)$和角速度$\omega=\mathrm{d}\theta/\mathrm{d}t$ 描述，运动状态改变可用角加速度 $\beta=\mathrm{d}\omega/\mathrm{d}t=\mathrm{d}^2\theta/\mathrm{d}t^2$ 描述。圆周运动的角量和线量描述之间有如下关系：$\mathrm{d}s=R\mathrm{d}\theta$；$v=R\omega$；$a_\tau=R\beta$；$a_n=R\omega^2$。

四、相对运动

若有二相对平动的参照系o和o'，o'相对于o的位矢为$\mathbf{r}_{o'对o}(t)$，分别在o和o'中描述质点m的位矢各为$\mathbf{r}_{m对o}=\mathbf{r}_{m对o}(t)$，$\mathbf{r}_{m对o'}=\mathbf{r}_{m对o'}(t)$，如图 1-1-3 所示。按矢量三角形法则有

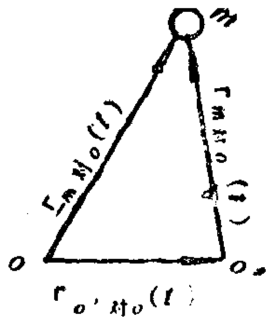


图 1-1-3

$$\mathbf{r}_{m对o}(t)=\mathbf{r}_{m对o'}(t)+\mathbf{r}_{o'对o}(t)$$

此式对t求微商得

$$\mathbf{v}_{m对o}(t)=\mathbf{v}_{m对o'}(t)+\mathbf{v}_{o'对o}(t)$$

再对t求微商有

$$\mathbf{a}_{m对o}(t)=\mathbf{a}_{m对o'}(t)+\mathbf{a}_{o'对o}(t)$$

我们一般称o为静系，o'为动系；o'系对o系的位置、速度、加速度为牵连位置、牵连速度、牵连加速度；m对o'的位置、速度、加速度为相对位置、相对速度、相对加速度；m对o的位置、速度、加速度为绝对位置、绝对速度、绝对加速度。故$(\mathbf{r},\mathbf{v},\mathbf{a})_{绝对}=(\mathbf{r},\mathbf{v},\mathbf{a})_{相对}+(\mathbf{r},\mathbf{v},\mathbf{a})_{牵连}$。这就是机械运动描述的相对性。

§1-2 牛顿运动定律

一、牛顿运动定律

牛顿第一定律揭示物体有惯性，还揭示了物体间的相互作用力是物体运动状态改变的原因。第二定律揭示了物体受的合外力$\mathbf{F}$、物体质量m以及物体在$\mathbf{F}$作用下产生的加速度

a的定量关系：$F=ma$。可将第一定律形式地理解为第二定律的特例，可将第二定律写成在直角坐标系及自然坐标中的分量式。注意ma不是物体受的外力，而是合外力产生的结果，$F=ma$只是瞬时关系式而已。牛顿第三定律进一步揭示了力的相互作用性质，作用力和反作用力，同时产生，同时消失。

读者要特别注意的是，牛顿运动定律只对于质点才成立。它是解决力学问题的基础。

自然界中有四种基本相互作用力：万有引力、电磁力、强相互作用力和弱相互作用力。

二、应用牛顿定律解题的一般步骤

1. 确定研究对象。若研究物体不只一个，要用隔离法分别研究之。

2. 进行受力分析，作出示意力图。切忌将作用力与反作用力混在一起作用于同一物体上。

3. 适当建立坐标系，根据受力分析写出第二定律的分量式。注意几何条件的应用。

4. 求解上款列出的方程（组），必要时必须按题意写出初始条件。要对求解结果进行讨论。

三、惯性系和非惯性系

按牛顿定律在其间是否成立可将参照系分为两类：一类是牛顿定律在其间成立的惯性系；另一类是牛顿定律在其间不成立的非惯性系。一切相对于惯性系作加速运动的参照系都是非惯性系；一切相对于惯性系作匀速直线运动的参照系都是惯性系。实验表明太阳系是惯性系；地球相对于太阳的

加速度很小，很多情况下可作为惯性系处理。对于一切惯性系，力学定律相同，这就是伽利略相对性原理。为了在非惯性系中从形式上应用牛顿定律，必须引入惯性力 $\mathbf{F}_I = m(-\mathbf{a})$，其中$\mathbf{a}$是非惯性系相对于惯性系的加速度；惯性力不是物体间的相互作用产生的，故不是真实力而是假想力，没有施力物也没有反作用力。

在非惯性系中用测力器（例如弹簧秤）称量物体重量所得的读数叫该物体的表观重量。正确计算表观重量的关键在于把惯性力考虑进去。

§1-3 功和能

一、变力的功 功率 保守力

作用于物体的变力$\mathbf{F}$在物体发生微元位移$\mathrm{d}\mathbf{s}$的过程中对物体所作元功 $\mathrm{d}A=\mathbf{F}\cdot\mathrm{d}\mathbf{s}=F\mathrm{d}s\cos\theta$，功是标量，当 $\theta<90^\circ$ 时$\mathrm{d}A>0$，$\theta>90^\circ$时$\mathrm{d}A<0$，$\theta=90^\circ$时 $\mathrm{d}A=0$。若物体在变力$\mathbf{F}$作用下沿曲线 L 从 a 点运动到 b 点的过程中$\mathbf{F}$作的功 $A=\int_{\widehat{aLb}}\mathbf{F}\cdot\mathrm{d}\mathbf{s}=\int_{\widehat{aLb}}F\cos\theta\mathrm{d}s$。显然功$A$是过程量，它描述力的空间累积效应。若一物体在几个力作用下沿曲线L从 a 运动到b，它们的合力$\mathbf{F}=\sum\limits_i\mathbf{F}_i$ 作的功$A=\sum\limits_i A_i$，其中 A_i是第i个分力 $\mathbf{F}_i$ 在同一过程中作的功：$A_i=\int_{\widehat{aLb}}\mathbf{F}_i\cdot\mathrm{d}\mathbf{s}$。

力$\mathbf{F}$对物体的瞬时功率 $P=\mathrm{d}A/\mathrm{d}t=\mathbf{F}\cdot\mathbf{v}$。

功的量纲为$\mathrm{ML^2T^{-2}}$，单位为J，功率的量纲为$\mathrm{ML^2T^{-3}}$，单位为W。

保守力作功只由过程始末位置确定，与具体路径无关，或沿任一闭合路径回到原处作功为0：$\oint_L \mathbf{F}_{保}\cdot d\mathbf{s}=0$。重力、弹性力、万有引力以及静电场力都是保守力。

二、动能定理

质点的动能是因其运动而具有的能量（作功的本领）被定义为 $E_k=\frac{1}{2}mv^2$，它是质点运动状态的单值函数，是状态量。质点组的动能是同一时刻各质点动能之和，即 $E_k=\sum_i\frac{1}{2}m_iv_i^2$，也是质点组的运动状态的单值函数。

质点的动能定理指出，在某一过程中，作用于质点的合外力作的功等于质点动能的增量（末态动能与初态动能之差）即$A=E_{k末}-E_{k初}$。它揭示功这一过程量与动能这一状态量的联系：作功是动能（能量）改变的量度。很容易将质点动能定理推广到质点组，不过此时的E_k是质点组的动能；而A包含了两部分，一部分是作用于各质点的外力作功之和，记为$A_{外}$，另一部分是各质点之间的内力作功之和，记为$A_{内}$，即有 $A_{外}+A_{内}=E_{k末}-E_{k初}=\sum_i\frac{1}{2}m_iv_{末i}^2-\sum_i\frac{1}{2}m_iv_{i初}^2$。

三、势能

对于存在保守内力相互作用的系统，存在着由保守内力和相对位置确定的能量，称为系统的势能。按保守力作功性质，可将重力势能定义为$E_p^{重}=mgh+c_1$，弹性力势能定义

为$E_p^{弹}=\frac{1}{2}kx^2+c_2$，万有引力势能定义为 $E_p^{万}=-\frac{Gm_1m_2}{r}+c_3$。因保守力作功只由过程始末位置确定而与路径无关，且$A_{保守力}=E_{p初}-E_{p末}=-\Delta E_p$，故保守内力作功是系统势能改变的量度，这就是所谓的“势能定理”。

显然，只有存在保守内力的系统才有势能；势能属于系统而非系统之某物而单独所有；势能是相对量，选取不同的势能零点，势能的表式将不同。适当地选取势能零点即可使势能表式中的常数$c=0$。例如取地面$(h=0)$为重力势能零点则$E_p^{重}=mgh$；取弹簧原长处$(x=0)$为弹性势能零点则$E_p^{弹}=\frac{1}{2}kx^2$；取无穷远处$(r\to\infty)$为万有引力势能零点则

$$E_p^{万}=-\frac{Gm_1m_2}{r}。$$

在一维情况下，保守力$\mathbf{F}_{保}$与系统势能E_p之关系为$F_{保}=-\mathrm{d}E_p/\mathrm{d}x$。系统势能$E_p$与系统物体间的相对位置$x$（或$r$，$h$）的函数关系曲线称为势能曲线，它反映了势能对于相对位置的依赖。

四、机械能　功能原理

对于存在保守内力的系统，内力的功可分为两项$A_{内}=A_{保内}+A_{非保内}$,故系统动能定理可改为$A_{外}+A_{非保内}=\Delta E_k-A_{保内}=\Delta E_k+\Delta E_p=\Delta(E_k+E_p)$。定义$E_{机}=E_k+E_p$为系统在某态中的机械能，它由该态下系统的相对位置及诸质点的速度（即此系统的机械运动状态）确定，故为系统状态量，描述了系统作功的本领。这样系统动能定理变为$A_{外}+A_{非保内}=\Delta E_{机}$，这就是系统的功能原理。它说明外力作功

与非保守内力作功之和是系统机械能改变的量度。应用功能原理时，不得再考虑系统保守内力的功了。

五、机械能守恒

若在一过程中外力与非保守内力对系统作功之和为0，则此过程中系统的机械能守恒：$E_{机}=$恒量。机械能守恒并不要求系统动能和势能守恒。事实上由机械能守恒有$\Delta E_k=-\Delta E_p$，即系统动能与系统势能可相互转换且动能的增加以势能的减少为其代价，反之亦然。系统动能与势能的相互转换是保守内力作用的结果。

应该强调指出，动能定理、功能原理、机械能守恒定律都只适用于惯性参照系；若要在非惯性系中应用它们，必须考虑惯性力的功。

若一系统与外界绝缘，$A_{外}=0$，与外界无能量交换。则此时功能原理写为$A_{非保内}=\Delta E_{机}$。物理学的理论和实验已证明、系统的非保守内力作功将使机械能转换为非机械能（例如热能），因而有$A_{非保内}=E_{非机初}-E_{非机末}=-\Delta E_{非机}$，因而有$\Delta(E_{机}+E_{非机})=0$。若定义$E_{总}=E_{机}+E_{非机}$为系统总能量，则对于孤立系统其总能量$E_{总}=E_{机}+E_{非机}=$恒量，且$\Delta E_{非机}=-\Delta E_{机}$。这就是普遍的能量守恒和转换定律。

§1-4 动量和动量守恒

一、变力的冲量 平均力

在$t\to t+dt$内变力$\mathbf{F}$给物体的冲量为$d\mathbf{I}=\mathbf{F}dt$，而在$t_1\to$

t_2 内变力 $\mathbf{F}$ 的冲量为 $\mathbf{I}=\int_{t_1}^{t_2}\mathbf{F}dt$。显然，冲量是一矢量，其三分量为 $I_x=\int_{t_1}^{t_2}F_x\mathrm{d}t$，$I_y=\int_{t_1}^{t_2}F_y\mathrm{d}t$，$I_z=\int_{t_1}^{t_2}F_z\mathrm{d}t$。冲量是一过程量，是力的时间累积效应。变力 $\mathbf{F}$ 在 $\mathbf{r}\to\mathbf{r}+\mathrm{d}\mathbf{r}(t\to t+\mathrm{d}t)$这一微元过程中的元功$\mathrm{d}A$ 与元冲量 $\mathrm{d}\mathbf{I}$ 之关系为：$\mathrm{d}A=\mathbf{F}\cdot\mathrm{d}\mathbf{s}=\mathbf{F}\cdot\mathbf{v}\mathrm{d}t=\mathbf{v}\cdot\mathrm{d}\mathbf{I}$。

在 $t_1\to t_2$ 内作用力 $\mathbf{F}$ 与反作用力 $\mathbf{F}'$ 的冲量之和为零：$\mathbf{I}=\int_{t_1}^{t_2}\mathbf{F}\mathrm{d}t=\int_{t_1}^{t_2}(-\mathbf{F}')\mathrm{d}t=-\mathbf{I}'$。这一性质是作用力 $\mathbf{F}$ 的功 A 和反作用力$\mathbf{F}'$的功A'不具备的：$A\neq-A'$。

在 $t_1\to t_2$ 内变力 $\mathbf{F}$ 的平均力$\overline{\mathbf{F}}$ 被定义为：$\overline{\mathbf{F}}=\int_{t_1}^{t_2}\mathbf{F}\mathrm{d}t/(t_2-t_1)$，可以依次写出它的三分量式。

冲量的量纲为MLT^{-1}，单位为 $\mathrm{N\cdot s}$。

二、动量　动量原理　动量守恒定律

质点质量与其速度矢量之积是该质点的动量，记为 $\mathbf{p}=m\mathbf{v}$。$\mathbf{p}$描述了质点的机械运动状态，是状态量。牛顿力学认为质点质量是不变量，故牛顿第二定律可用动量形式写为：$\mathbf{F}=\mathrm{d}\mathbf{p}/\mathrm{d}t=\mathrm{d}(m\mathbf{v})/\mathrm{d}t$。牛顿原作中的第二定律就是用动量形式给出的，它比$\mathbf{F}=m\mathbf{a}$的应用范围更广泛。

对一个质点而言，它受合力$\mathbf{F}$在$t_1\to t_2$内的冲量$\mathbf{I}=\int_{t_1}^{t_2}\mathbf{F}\mathrm{d}t$在量值上等于质点动量增量：$\mathbf{I}=\Delta\mathbf{p}=m\mathbf{v}_{末}-m\mathbf{v}_{初}$，这就是动量原理。

对一个系统而言，其动量定义为各质点在同一时刻动量