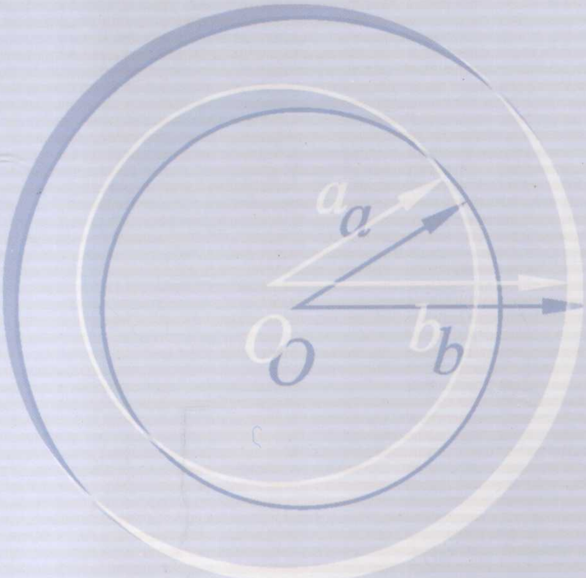
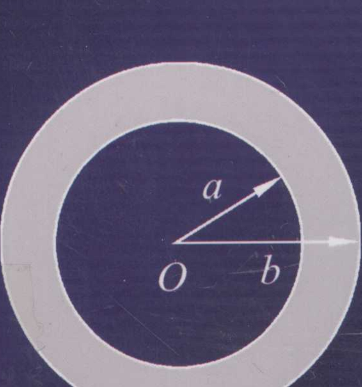
大学物理精品课程系列教材



大学物理学习指导

张甫宽　主编



華中科技大學出版社
http://www.hustp.com

大学物理学习指导

主　编　张甫宽
副主编　陈德彝　杨先卫　谭新玉
参　编　（按姓氏笔画排序）
刘高潮　肖焱山　李伟岚
杜晓超　杨雄波　周银娥
黎亚平

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学习指导/张甫宽　主编. —武汉:华中科技大学出版社,2010 年 1 月
ISBN 978-7-5609-5887-3

Ⅰ.大…　Ⅱ.张…　Ⅲ.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(2009)第 227233 号

大学物理学习指导　　　　张甫宽　主　编

策划编辑:冯传禄
责任编辑:胡　芬　　　　封面设计:潘　群
责任校对:周　娟　　　　责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)
武昌喻家山　　邮编:430074　　电话:(027)87557437

录　排:武汉正风图文照排中心
印　刷:荆州市今印集团有限责任公司

开本:710mm×1000mm　1/16　　印张:12.5　　字数:236 000
版次:2010 年 1 月第 1 版　　印次:2010 年 1 月第 1 次印刷　　定价:22.50 元
ISBN 978-7-5609-5887-3/O·520

前　言

大学物理课程具有信息量大、学时紧凑、难度较高的特点，为了帮助学生适应大学物理课程的教学要求，更好掌握大学物理各知识点，我们编写了这本学习指导书，作为学生学习本课程的重要参考资料。

本书章节的编排与教材一致，每章包括基本要求、内容提要、重点和难点分析、解题示例等四个部分。

基本要求　简要地介绍了本章应该掌握、理解、了解的主要内容，帮助学生在学习本章时分清内容的主次。

内容提要　归纳和总结了本章的概念、定义、定理（定律）和基本公式。学生应把主要精力放在掌握物理的基本理论和基本方法上，不必把太多的时间花在一些细节的推导上。

重点和难点分析　对本章的重点和难点作了较详尽的解析，对初学者难以掌握的内容作了简单的说明，还涉及求解一些典型问题的基本思路和方法，帮助学生全面掌握本章内容。

解题示例　精选了一定数量的典型例题，作为教材例题的补充，旨在帮助学生掌握各种方法的应用条件和范围，明确解决某类物理问题的思路、步骤和技巧，培养学生分析问题和解决问题的能力。

每篇后面都有自测题，每套自测题包括单项选择题、填空题和计算题三种类型，供学生自行检查对课程内容掌握的情况。

由于时间仓促和编者水平有限，加上经验不足，本书中难免有不妥和疏漏之处，恳请读者批评指正。

编　者

2009 年 5 月

目　　录

第一篇　力　　学

第二篇 电 磁 学

第三篇 热 学

第四篇 振动与波

第五篇 波动光学

第六篇 量 子 物 理

第一篇　力　学

第1章　质点运动学

基本要求

(1) 理解质点及参考系的概念。

(2) 掌握位置矢量、位移、速度、加速度、切向加速度和法向加速度的概念及其表达式。

(3) 掌握质点运动学的第一类问题，理解第二类问题。

(4) 掌握质点作圆周运动时线量和角量的描述。

(5) 理解相对运动的有关概念和基本计算方法。

内容提要

1. 描述质点运动的基本物理量

位置矢量　$\boldsymbol{r}$

位移　$\Delta\boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}_2 - \boldsymbol{r}_1$

速度
$$\boldsymbol{v} = \frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}$$
$$v = \frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}$$

加速度
$$\boldsymbol{a} = \frac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}^2\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t^2}$$

2. 运动学的基本量在直角坐标系中的表达式

位置矢量　$\boldsymbol{r} = x\boldsymbol{i} + y\boldsymbol{j} + z\boldsymbol{k}$

位移　$\Delta\boldsymbol{r} = \Delta x\boldsymbol{i} + \Delta y\boldsymbol{j} + \Delta z\boldsymbol{k}$

速度
$$\boldsymbol{v} = \frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{i} + \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{j} + \frac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{k}$$
$$v_x = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}, v_y = \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}, v_z = \frac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}t}$$

加速度
$$\boldsymbol{a} = \frac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{i} + \frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{j} + \frac{\mathrm{d}v_z}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{k}$$
$$a_x = \frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}$$

$$a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2 y}{dt^2}$$

$$a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2 z}{dt^2}$$

3. 自然坐标系中的加速度

$$\boldsymbol{a} = \boldsymbol{a}_\tau + \boldsymbol{a}_n$$

$$a_\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 s}{dt^2}$$

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

4. 运动方程

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

分量式 $x = x(t), y = y(t), z = z(t)$

5. 运动学中的两类问题

(1) 微分问题。

已知 $\boldsymbol{r}(t)$,求$\boldsymbol{v}$ 和 $\boldsymbol{a}$。求解方法:采用求导运算。

(2) 积分问题。

已知 $\boldsymbol{a}$ 和$\boldsymbol{r}_0$、$\boldsymbol{v}_0$(初始条件),求$\boldsymbol{v}$ 和 $\boldsymbol{r}$。求解方法:采用积分运算。

6. 线量和角量的关系式

$$\begin{cases} v = \dfrac{ds}{dt} = \dfrac{R d\theta}{dt} = R\omega \\ a_\tau = \dfrac{dv}{dt} = \dfrac{R d\omega}{dt} = R\beta \\ a_n = \dfrac{v^2}{R} = R\omega^2 \end{cases}$$

7. 相对运动基本公式

$$\begin{cases} \boldsymbol{r}_{绝} = \boldsymbol{r}_{相} + \boldsymbol{r}_{牵} \\ \boldsymbol{v}_{绝} = \boldsymbol{v}_{相} + \boldsymbol{v}_{牵} \\ \boldsymbol{a}_{绝} = \boldsymbol{a}_{相} + \boldsymbol{a}_{牵} \end{cases}$$

重点和难点分析

运动学的主要任务是解决运动的描述问题。描述运动的主要物理量是位置矢量$\boldsymbol{r}$、速度$\boldsymbol{v}$和加速度$\boldsymbol{a}$。这些概念是从一般曲线运动出发引出的,应该着重理解它们的瞬时性、矢量性和相对性。

1. 瞬时性

在中学物理中,所遇到的物理量都是恒量,如匀加速度、恒力作用等。但在大学物理

中，接触到的基本上是变量，即加速度和力都是时间的函数，因此必须应用微积分的知识来求解。

在运动学中，由运动学方程求速度、加速度主要是运用求导的方法，由速度、加速度和初始条件求运动方程主要是运用积分的方法。当被积函数的变量与积分元的变量不一致时，要通过变量变换使得两者一致。

例如，一质点作一维运动，其加速度与位置的关系为 $a=-kx$，k 为正常数。已知 $t=0$ 时，质点瞬时静止于 $x=x_0$ 处。试求质点的运动规律。

显然，本题是根据加速度与位置的函数关系求运动学方程，属于第二类问题。此类问题一般不能直接积分求解，需作变量代换 $\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}x}\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=v\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}x}$，然后进行求解。具体求解过程参见例 1.4。

2. 矢量性

初学者往往弄不清楚 $|\Delta \boldsymbol{A}|$ 与 ΔA 的区别，甚至误认为两者是等同的，他们的理由是：矢量 $\boldsymbol{A}$ 的模既可以用 $|\boldsymbol{A}|$ 表示，也可以用字母 A 表示，这就是说 $|\boldsymbol{A}|$ 与 A 是等同的，既然如此，$|\Delta \boldsymbol{A}|$ 与 ΔA 也应该是等同的。导致上述错误的关键是，读者忽视了 $|\Delta \boldsymbol{A}|$ 和 ΔA 中都包含了运算符号 Δ，它们不是一个单纯矢量的模的两种等效表示。

在运动学中，要注意区分：

位置矢量的增量的模　$|\Delta \boldsymbol{r}|=|\boldsymbol{r}_2-\boldsymbol{r}_1|$

位置矢量的模的增量　$\Delta r=|\boldsymbol{r}_2|-|\boldsymbol{r}_1|$

速度的增量的模　$|\Delta \boldsymbol{v}|=|\boldsymbol{v}_2-\boldsymbol{v}_1|$

速度的模的增量　$\Delta v=|\boldsymbol{v}_2|-|\boldsymbol{v}_1|$

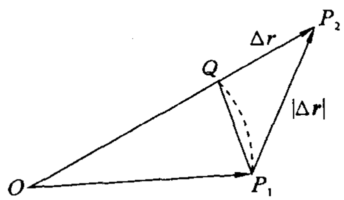


图 1.1

上述关系可用图 1.1 表示。图中，$|\Delta \boldsymbol{r}|$ 是位移的模，也就是 P_1 和 P_2 两点之间的直线距离；Δr 是质点位置的径向增量。它代表图中 QP_2 之间的距离，它反映从 P_1 到 P_2 质点的空间位置沿径向的变化量。

由此可知：$\left|\dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}\right|=v$，表示速度的大小；$\dfrac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}=v_r$，表示速度径向分量的大小；$\left|\dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t}\right|=a$，表示加速度的大小；$\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=a_\tau$，表示切向加速度的大小。

3. 相对性

若选取不同的参考系，对同一物体运动的描述就会不同。相对运动的基本公式描述了同一个运动在两个平动参考系中的运动学量之间的转换关系，正确运用该公式的关键是明确每个运动学量与观察者之间的关系，即要区分“绝对”、“相对”、“牵连”等物理量，并遵从它们的适用条件和范围。

解题示例

例 1.1　已知质点的运动学方程 $x=3t$，$y=t^2+3t-4$(SI)。

(1) 写出质点的运动轨道方程；

(2) 求出 $t=4$ s 时的速度和加速度。

解　(1) 由 $x=3t, y=t^2+3t-4$，将这两个方程联立求解，消去 t，得

$$y=x^2/9+x-4$$

(2) 将 $x=3t, y=t^2+3t-4$ 分别对 t 求导，得

$$v_x=3\ \mathrm{m/s}, v_y=2t+3\ \mathrm{m/s}$$

将 $t=4$ s 代入，得

$$v_y=11\ \mathrm{m/s}$$

再分别对两速度求导，得

$$a_x=0\ \mathrm{m/s^2}, a_y=2\ \mathrm{m/s^2}$$

例 1.2　一质点作平面运动，已知加速度为 $a_x=-A\omega^2\cos\omega t, a_y=-B\omega^2\sin\omega t$，其中 A、B、ω 均为正常数，且 $A\neq B\neq 0$。初始条件为 $t=0$ 时，$v_{0x}=0, v_{0y}=B\omega$，$x_0=A, y_0=0$。试求该质点的运动轨迹。

解　由加速度的定义，有

$$a_x=\frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}, a_y=\frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}$$

分别对上两式进行积分，并代入初始条件，得

$$v_x=v_{0x}+\int_0^t a_x\mathrm{d}t=0+\int_0^t-A\omega^2\cos\omega t\,\mathrm{d}t=-A\omega\sin\omega t \tag{1}$$

$$v_y=v_{0y}+\int_0^t a_y\mathrm{d}t=B\omega+\int_0^t-B\omega^2\sin\omega t\,\mathrm{d}t=B\omega\cos\omega t \tag{2}$$

由速度的定义，有

$$v_x=\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}, v_y=\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}$$

分别积分上两式，并代入初始条件和式(1)、式(2)，得

$$x=x_0+\int_0^t v_x\mathrm{d}t=A-A\int_0^t\omega\sin\omega t\,\mathrm{d}t=A\cos\omega t \tag{3}$$

$$y=y_0+\int_0^t v_y\mathrm{d}t=0+B\int_0^t\omega\cos\omega t\,\mathrm{d}t=B\sin\omega t \tag{4}$$

式(3) 和式(4) 为质点运动的运动学方程，消去参数 ωt，即得质点的运动轨迹方程为

$$\frac{x^2}{A^2}+\frac{y^2}{B^2}=1$$

这一结果表明，质点运动的轨迹为椭圆。

例 1.3　一质点沿半径为 R 的圆周运动，在 $t=0$ 时经过 P 点，此后它的速率 v 按 $v=A+Bt$（A、B 为正的已知常数）变化，则质点沿圆周运动一周再经过 P 点时的切向加速度 a_τ 和法向加速度 a_n 为多少？

解　根据自然坐标系下的加速度表达式有

$$a_\tau = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = B$$

作变量代换有

$$\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}s}\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t} = v\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}s} = B$$

$$v\mathrm{d}v = B\mathrm{d}s$$

两边积分，得

$$\int_A^v v\mathrm{d}v = \int_0^{2\pi R} B\mathrm{d}s$$

$$v^2 = 4\pi RB + A^2$$

故有

$$a_n = \frac{v^2}{R} = 4\pi B + \frac{A^2}{R}$$

例 1.4　一质点作一维运动，其加速度与位置的关系为 $a = -kx$，k 为正常数。已知 $t = 0$ 时，质点瞬时静止于 $x = x_0$ 处。试求质点的运动规律。

解　由加速度的定义并分离变量有

$$a = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}x}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = v\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}x} = -kx$$

从而有

$$v\mathrm{d}v = -kx\mathrm{d}x \tag{1}$$

对式(1) 进行积分，并代入初始条件($x = x_0$ 时，$v = 0$)，得

$$v^2 = k(x_0^2 - x^2) \tag{2}$$

由式(2) 及速度的定义可得

$$\frac{\mathrm{d}x}{\sqrt{x_0^2 - x^2}} = \pm\sqrt{k}\mathrm{d}t \tag{3}$$

对式(3) 进行积分，并代入初始条件($t = 0$ 时，$x = x_0$)，得

$$x = x_0 \cos\sqrt{k}t$$

质点作简谐振动。

例 1.5　如图 1.2 所示，一人在离水面高度为 h 的岸边通过滑轮以匀速度 v_0 拉船，求船离岸 x 处时的速度。

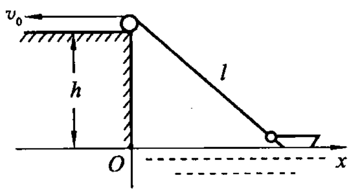


图 1.2

解　本题属于一维运动求速度问题，只要列出船的坐标 x 与 l 的关系，再将其对时间求导，即可求解。

建立如图 1.2 所示坐标轴(x 轴)，则船离岸坐标与

l 的关系为

$$x = \sqrt{l^2 - h^2}$$

故船速为

$$v = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}l}\frac{\mathrm{d}l}{\mathrm{d}t} = -v_0\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}l}$$

$$= -v_0\frac{l}{\sqrt{l^2 - h^2}} = -v_0\frac{\sqrt{h^2 + x^2}}{x}$$

"—"表示船的速度方向与 x 轴的正向相反。

例 1.6　一跳伞运动员在跳伞过程中的加速度 $a = A - Bv$（A、B 均为正常数，v 为任意时刻的速度）。设初始时刻的速度为 0，求任意时刻的速度表达式。

解　本题属于第二类问题，用积分方法可以求解。

由题意知

$$a = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = A - Bv$$

分离变量并积分，得

$$\int_0^v \frac{\mathrm{d}v}{A - Bv} = \int_0^t \mathrm{d}t$$

$$\int_0^v \frac{-\frac{1}{B}\mathrm{d}(A - Bv)}{A - Bv} = t$$

即

$$-\frac{1}{B}\ln(A - Bv)\Big|_0^v = t$$

$$\ln\frac{A - Bv}{A} = -Bt$$

$$1 - \frac{B}{A}v = \mathrm{e}^{-Bt}$$

$$v = \frac{A}{B}(1 - \mathrm{e}^{-Bt})$$

例 1.7　某人骑自行车以 5 m/s 的速度向北行驶，觉得有西北风（西偏北 45°）吹来，其大小为 10 m/s，求风速。

解　根据题意，车速 5 m/s，向北，为相对速度，西北风 10 m/s，相对车（人）而动，为牵连速度，将它们绘于同一坐标系上，如图 1.3 所示。

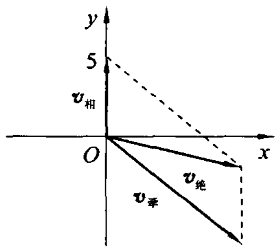


图 1.3

待求风速为绝对速度，根据速度合成定理，得

$$\boldsymbol{v}_{风} = \boldsymbol{v}_{绝} = \boldsymbol{v}_{相} + \boldsymbol{v}_{牵}$$

$$\boldsymbol{v}_{风} = 5\boldsymbol{j} + (10 \times \frac{\sqrt{2}}{2}\boldsymbol{i} - 10 \times \frac{\sqrt{2}}{2}\boldsymbol{j}) = 7.07\boldsymbol{i} - 2.07\boldsymbol{j}$$

第2章　牛顿运动定律及其应用

基本要求

(1) 掌握牛顿运动定律及其适用条件。

(2) 掌握质点动力学的第一类问题,理解第二类问题。

(3) 了解非惯性系和惯性力。

内容提要

1. 牛顿运动定律

(1) 牛顿第一定律:任何物体都保持静止或匀速直线运动状态,直到其他物体对它作用的力迫使它改变这种状态为止。

(2) 牛顿第二定律:$\boldsymbol{F} = m\boldsymbol{a}$。

(3) 牛顿第三定律:当物体A以力$\boldsymbol{F}$作用于物体B时,物体B也同时以力$\boldsymbol{F}'$作用于物体A上,力$\boldsymbol{F}$和力$\boldsymbol{F}'$总是大小相等,方向相反,且在同一条直线上。

2. 适用条件

(1) 质点;

(2) 低速;

(3) 惯性系。

3. 惯性力

惯性力是为了使牛顿第二定律在非惯性系中成立而引进的一个虚拟的力$\boldsymbol{F}_0 = -m\boldsymbol{a}_0$,$\boldsymbol{a}_0$为非惯性系的加速度。

重点和难点分析

动力学的主要任务是揭示运动状态变化与外界作用的联系,反映这个联系的规律就是牛顿运动定律。牛顿三大定律涉及力的概念,因此在学习动力学时应抓住力的概念和力的规律这两条线索进行复习。又因牛顿运动定律研究的对象是质点,在应用牛顿运动定律研究力学问题时,必须用"隔离体法"把研究对象隔离开来进行受力分析。注意牛顿运动定律只在惯性系中成立,其解题一般步骤如下。

(1) 确定对象,受力分析。认真分析题意,确定研究对象,采用"隔离体法"对研究对象进行正确的受力分析,并画出受力分析图。

(2) 明确关系,运动分析。弄清物理过程,明确物理关系,进行运动分析。主要分析质点的加速度。若分析两个以上质点的运动时,要找出它们的加速度之间的关系。

(3) 选定坐标,列出方程。依据题目具体条件选定坐标系。在此基础上,对研究对

象列出牛顿第二定律的分量式和其他必要的辅助性方程，所列独立方程的总数与未知量的数目要相等。

(4) 解出方程，讨论结果。解方程时，一般先进行文字运算，然后将已知量统一单位制后代入，求得结果。最后讨论结果的物理意义，判断其是否合理和正确。

本章的主要内容都是以力为核心的，正确地分析物体受力情况是关键。在分析受力情况时，应注意以下几个问题。

(1) 遗漏某些作用力。

分析力时可能产生的错误之一是遗漏某些作用力。为了防止这种错误，应当注意掌握力的特性。在力学中经常遇到的只有以下几种类型的力：万有引力、重力、弹力和摩擦力。前两者是场力，后两者是接触力。在分析某一物体的受力情况时，应先标出重力等非接触力，其次注意该物体与哪些物体相接触，只有在它与其他物体相接触的地方才有可能受到其他物体的作用力，这样就能有效地防止遗漏某些作用力。

(2) 误列入一些多余的力。

如上所述，接触力是物体之间相互接触才可能产生的作用力。然而并非相互接触的两个物体之间就一定有接触力存在。例如，在光滑水平面与倾斜面之间有一静止着的球，如图2.1所示，此球只受到重力 G 和水平面对它的支持力 N，倾斜面虽然与球相接触，但它对小球没有作用力。如果倾斜面对小球也有一作用力 N'，那么小球就会在力的作用下向右运动，这就与已知条件相矛盾。为了使问题更加明显，不妨设想去掉这个倾斜面，看看情况会不会因此而有所不同。显然，去掉倾斜面后，小球仍能保持静止于水平面上，情况与原先没有什么不同。这里虽有斜面，但斜面与小球之间并没有互相挤压的趋势，因此不会发生形变，自然也就不会出现弹性力。所以在分析接触力时，要注意到弹性形变是产生弹性力的先决条件，有相对运动或具有相对运动的趋势是产生摩擦力的先决条件。为了防止误列入类似上述情况的多余力，通常采用以下办法加以简单判断。这种判断方法是：为了研究某一物体上的力的作用，不妨先设想它不存在，考察在此情况下有些什么不同。

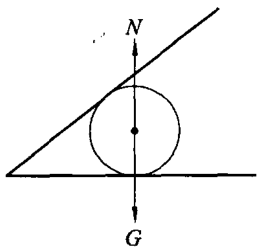


图 2.1

除此之外，还可能误列入一些其他的多余力。例如，将 ma 作为一个力，并将它与其他力放在一起同等对待。又如，在有的问题中，质点具有初速度，就认为“质点具有向前的冲击力”。还有人将力和它所起的作用混为一谈，且一并计入。如圆周运动中，考虑了所有力之后，还加上一个向心力等。只要认真地考虑一下力的概念，就不致犯这一类错误。力既然是物体之间的相互作用，那么，在谈到力时，只要追问一下它是哪一物体施于这个质点的，找不到施力物体，这类凭空引入的多余力就会暴露出来。

(3) 被动力与物体的运动状态有关。

力具有相互作用性，作用力与反作用力总是同时存在，同时消失的，它们之间无

先后之别，而只有主动与被动之分。万有引力、重力、弹簧的弹性力、静电力等力具有其“独立自主”的方向和大小，这类力称为主动力，主动力与物体的运动状态无关。摩擦力、张力和正压力等力的大小和方向则取决于物体所受到的主动力及物体的运动状态。这类随外加主动力及物体的运动状态而被动调节其大小和方向的力称为被动力。在力学中，被动力往往是作为未知力出现的，在确定被动力的大小时，特别要注意它与物体运动状态之间的关系。例如，悬线上的张力与悬挂质点的运动状态密切相关，在单摆与圆锥摆两种情况下，悬线上张力的表达式是不同的。又如物体对支承物的正压力也与支承物的运动状态有关，它并不恒等于重力或重力的一个分量。

解题示例

例 2.1　质量分别为 m_1、m_2 的物体 A 和 B 用轻细绳相连接后，悬挂在一个固定在电梯内的定滑轮的两边。滑轮和绳的质量以及所有摩擦均不计。当电梯以 $a_0 = g/2$ 的加速度下降时，试求两物体的加速度和绳中张力。

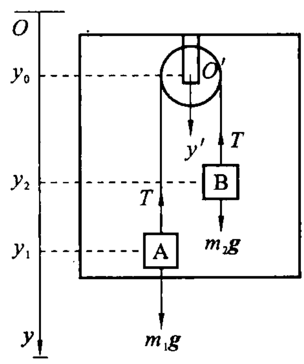


图 2.2

解法一　以地面为参考系，y 轴竖直向下，物体的受力情况如图 2.2 所示。质量为 m_1 和 m_2 的物体的动力学方程为

$$m_1 g - T = m_1 a_1 \tag{1}$$

$$m_2 g - T = m_2 a_2 \tag{2}$$

考虑到绳不可伸长，所以

$$y_1 - y_0 + y_2 - y_0 = 常数 \tag{3}$$

式(3) 对时间求二阶导数，得出两物体和滑轮中心 O' 点对地面的加速度之间的关系为

$$a_1 + a_2 = 2a_0 \tag{4}$$

联立式(1)、式(2)、式(4)，并根据已知条件 $a_0 = g/2$，解得

$$a_1 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} g$$

$$a_2 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} g$$

$$T = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} g$$

解法二　以滑轮转轴 O' 为非惯性参考系，y' 轴竖直向下。这时 A 和 B 分别受到惯性力 $-m_1 a_0$ 和 $-m_2 a_0$。假定 A 在非惯性系中的加速度为 a'，则 B 的加速度为 $-a'$。于是，在非惯性系中，A 和 B 的动力学方程为

$$m_1(g - a_0) - T = m_1 a' \tag{5}$$