

高中物理

概念 规律 方法

阎金铎 乔际平 主编

北京师范大学出版社

WL

高中物理

概念·规律·方法

阎金铎 乔际平 主编

高中物理

概念·规律·方法

阎金铎 乔际平 主编

*

北京师范大学出版社出版

新华书店北京发行所发行

国防工业出版社印刷厂印刷

*

开本：787×1092 1/32 印张：11.875 字数：250千

1983年12月第1版 1983年12月第1次印刷

印数：1—130,000

统一书号：7243·171 定价：1.05元

内 容 简 介

本书着重就中学物理课中的基本概念、基本规律和分析问题的方法做了较系统、深入的分析，还结合学习者常犯的错误和容易混淆的问题，从运用物理基础知识的思路和方法上做了重点的阐述和介绍。

全书共十二章，每章都包括基本概念和基本规律、基本思路和方法、有关的技巧和其它问题三个部份。

本书重点突出、语言简练，是广大自学青年的一本有益的辅助读物，也可供中学生及中学物理教师阅读参考。

前 言

学习物理重要的是要掌握好基本概念、基本规律和基本学习方法。只有这样，才能深刻地理解物理现象和分析、解决具体问题。运用基础知识来分析、解决物理问题的过程也是学习物理的一个重要实践环节。不少人在应用理论解决物理问题时感到困难，这固然与没掌握好基本概念和基本规律有关，但往往还是由于思路与方法上的问题所致。

本书就是从上述考虑出发，从中学物理的理论学习入手，在运用这些理论时的思路与方法上做了重点的阐述和介绍，力图在基础知识的掌握、活化和运用上对读者有所帮助。

全书共分十二章，每章均按以下三个部份编写：基本概念和基本规律；基本思路和方法；有关技巧和有关问题。

参加本书编写工作的有：周济源、金学方、余朝龙、邱德泉、张鸿铭。承蒙张金榜同志审阅原稿，在此表示感谢。

欢迎读者对本书中的缺点和错误提出批评指正意见。

编 者

目 录

第一章	力 物体的平衡	1
第二章	运动学	31
第三章	质点动力学	55
第四章	功和机械能	77
第五章	动量	109
第六章	简谐振动及其传播	140
第七章	气态方程和热力学第一定律	164
第八章	电场	206
第九章	稳恒电流	237
第十章	磁场	272
第十一章	电磁感应	295
第十二章	光学	326

第一章 力 物体的平衡

一、基本概念和基本规律

1. 力

力是物体与物体之间的相互作用，是改变物体平动运动状态或使物体产生形变的原因。要注意“相互”两字的含义，它告诉我们：每个物体既是施力者，同时又是受力者。力总是成对出现的，一个叫作用力；另一个叫反作用力。作用力和反作用力具有等值、反向、共线、同性质、同时（彼此作用不分先后）、作用点不共物（分别作用在不同的两个物体上）等特点。

一对作用力和反作用力的等值反向，与一对平衡力的等值反向不同。前者是指相互作用的两个物体之间的一对相互作用力的特点；后者是指一个受力物体，当它受到其他两个物体分别给予的两个作用力而处于平衡状态时，这两个力的特点。平衡力的合力等于零。诸力的合力等于零，这些力互称平衡力，诸力的性质（重力、弹力、摩擦力……）可以相同，也可以不相同。

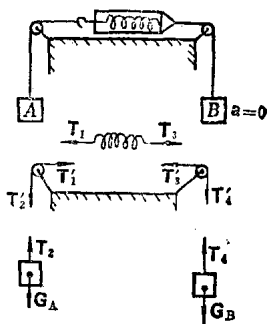


图 1-1

图1-1中的 T_1 与 T_1' , T_2 与 T_2' , T_3 与 T_3' , T_4 与 T_4' 是作用力和反作用力, T_1 与 T_3 , T_2 与 G_A , T_4 与 G_B , T_1' 与 T_2' , T_3' 与 T_4' 是平衡力。

G_A 、 G_B 有反作用力吗? 如有, 反作用力在哪里? 请读者思考。

力是矢量, 所以力的加减运算要用平行四边形法则。

2. 物体受力分析

正确分析物体的受力情况是研究力学问题的关键, 是必须掌握的基本功。

如何分析物体的受力情况呢? 主要依据力的概念, 从物体所处的环境及运动状态着手, 分析它与所处环境中的其他物体的相互关系。力学中常见的力有重力、弹力、摩擦力。因此可按重力、弹力、摩擦力这个顺序进行分析。

首先分析重力。通常我们所说物体的重力, 是指地球表面上的或地球表面附近的物体由于地球的吸引而受到的力, 大小等于 mg 。如物体在高空(例如人造地球卫星), 离地面高度为 H , 则物体受到的地球吸引力为 mg'

$$mg' = mg \frac{R^2}{(R + H)^2}$$

式中 R 为地球的半径, $g = 9.8 \text{米/秒}^2$ 。可见 $g' < g$, 并随 H 的增大而减小。

重力的方向是物体自由落向地面的方向。

一个物体的各个部分都要受到地球对它的作用力, 这些力的合力就是重力, 合力的作用点就是物体的重心。

其次分析弹力。相互接触的物体间有没有相互作用的弹力, 要看物体间是否存在弹性形变, 仅仅依据物体的接触与否不足以判断有无弹力。如图1-2所示, 球与墙之间无弹

力。如图 1-3 所示, ①在光滑水平面上作匀速直线运动的物体 A 、 B 之间无弹力。如图 1-4 所示, ②小球在竖直圆上运动到 A 点, 如果 $v = \sqrt{Rg}$, 则绳 R 与球之间无弹力。如图 1-5 所示, ③电梯以加速度 $a = g$ 向下运动, 物体 A 与电梯地板之间无弹力。如图 1-6 所示, ④在光滑斜面上 A 、 B 自由下滑时, A 、 B 之间无弹力。如图 1-7 所示, ⑤不计空气阻力, A 托着 B 共同作斜上抛运动, A 、 B 之间有弹力吗? 请读者自己分析判定。 $\bar{f}_L$

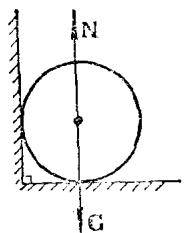


图 1-2

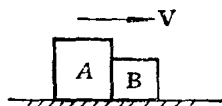


图 1-3

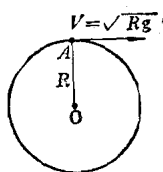


图 1-4

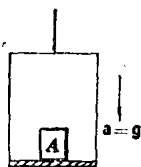


图 1-5

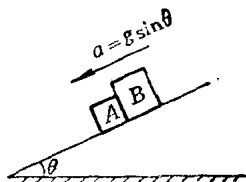


图 1-6

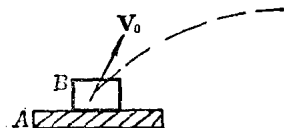


图 1-7

如何判断相互接触的物体间是否存在弹性形变呢？可以这样分析，物体 A 、 B 相互接触处于某种状态（静止或运动），如去掉其中的一个物体，另一个物体的状态将发生变化，那末原状态物体 A 、 B 间是存在弹性形变的，它们之间存在弹力。例如图 1-6 所示，我们去掉 A （或 B ）后， B （或 A ）的运动状态没有变化，所以可以确认 A 、 B 之间没有弹性形变，没有弹力。

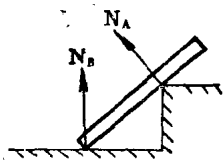


图 1-8

弹力的方向与接触面相垂直，例如图 1-8 中杆受的弹力 N_A 和 N_B 所示。

在弹性限度内，弹力的大小与弹性形变量成正比。在拉伸、压缩的弹性形变中，胡克定律的数学表达式为

$$F = k\Delta x$$

要注意到弹力 F 与弹性形变增量 Δx 的方向是相反的。

最后分析摩擦力。对中学生来说，分析摩擦力是难点。

摩擦力的本质很复杂，在中学阶段认为摩擦产生的原因是物体间存在正压力，且接触面凹凸不平，当物体沿支承物的表面运动或二者有相对运动趋势时，就产生了对相对运动的阻力，这种阻力叫摩擦力。摩擦力的方向跟物体间相对运动的方向相反，或跟物体间相对运动的趋势相反。摩擦力的方向与物体的运动方向可以同向，也可以反向，视具体情况而定。

在中学物理中，摩擦力只涉及滑动摩擦力和静摩擦力。滑动摩擦力的大小与两个相互接触物体间的正压力成正比，其表达式为

$$f = \mu N$$

式中 μ 叫滑动摩擦系数，与两个物体的材料和接触面的情况有关。

静摩擦力的大小要根据物体的平衡情况或运动情况来定， $f_{\text{静}} = 0 \sim f_m$ 。临界值 f_m 叫最大静摩擦力，其大小与正压力成正比，其表达式为

$$f_m = \mu_0 N$$

式中 μ_0 叫最大静摩擦系数。通常 $\mu_0 > \mu$ ，但在一般计算中，也可认为 $\mu_0 = \mu$ 。

静摩擦力随外力 F 而变化，可用图 1-9 示意。

分析摩擦力问题时，要先判断摩擦力是否存在，如果在，是什么性质的（滑动、静），然后再确定其方向，计算其大小。

如图 1-10 所示，物体 m 在随皮带输送机的皮带向右作匀速直线运动的过程中， m 受向右的摩擦力吗？不受， m 与皮带间没有摩擦力。因为 m 与皮带既无相对运动，又无相对运动趋势，它们以相同的速度向右运动，对 m 来说其运动是由于惯性原因。

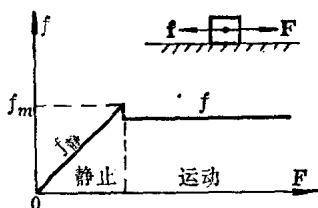


图 1-9

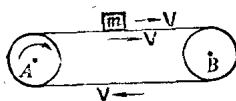


图 1-10

在图 1-10 中，如 A 轮为主动轮， B 轮为从动轮，轮子与皮带间无滑动，即二者的线速度相同，二者间没有相对运动，

那么与 A 、 B 轮接触的皮带受摩擦力吗？请读者自己分析。

判断物体间有没有摩擦力和摩擦力的方向时，要特别谨慎，一般可按下列顺序考虑。

判断滑动摩擦力是否存在，只要接触面是不光滑的，两物体间存在相对运动，且物体间接触面上存在正压力，那么就可以确认存在滑动摩擦力。滑动摩擦力的方向与相对运动的方向相反。要注意到滑动摩擦力的方向与物体的运动方向

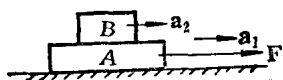


图 1-11

可以相反，也可以相同。例如

图1-11所示，当 $a_1 > a_2$ ，并且 B 相对于 A 向左运动时， B 受的滑动摩擦力 f 向右，可见 f 的

方向和 B 对地的运动方向相

同， f 对 B 来说是动力而不是阻力。但如图 1-12 所示的情况，当 $a_2 > a_1$ ，并且 B 相对于 A 向右运动时， B 受的滑动摩擦力 f 向左， f 对 B 来说是阻力。如 $a_1 = a_2$ ，并且 A 、 B 无相对运动，可以确认 A 、 B 间没有滑动摩擦力。但 A 、 B 间有静摩擦力。

关于静摩擦力。只要两物体间的接触面是不光滑的，接触面上存在正压力，两物体间存在相对运动趋势，那么就可以确认存在静摩擦力。静摩擦力的方向与相对运动的趋势相反。判断静摩擦力是否存在的方法是先假设接触面是光滑的，再分析此时有无相对运动的趋势，如有相对运动趋势则存在静摩擦力。例如图1-12中，当 $a_1 = a_2$ ， $V_1 = V_2$ 向右时，判断物体 A 、 B 间有无静摩擦力。先假设 A 、 B 接触面是光滑的，则 B 对 A 的作用引起的加速度必为零， B 相对于 A 向右运动。这样可以确认 A 、 B 间有静摩擦力。

又如图1-13，物体 m 与皮带无相对运动，那么两者间有

没有摩擦力呢？由上所述，可以确认无滑动摩擦力。但图1-13与图1-10对比，能不能说两者相同，没有静摩擦力呢？不能。应这样认识，在图1-13中，先假设接触面是光滑的，那么物体在 $mg\sin\theta$ 作用下将下滑，这与事实不符，所以物体与皮带的接触面上一定存在静摩擦力。实际情况是物体受到皮带施予的静摩擦力与 $mg\sin\theta$ 平衡，物体保持匀速直线运动状态。

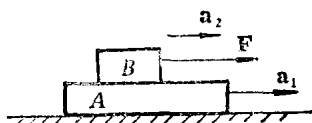


图 1-12

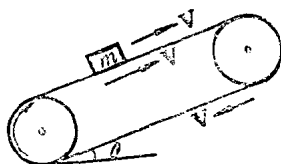


图 1-13

综上所述，根据物体间没有相对运动这一条，只能确认没有滑动摩擦力，不足以确认有无静摩擦力。只有当假设接触面是光滑的，仍无相对运动，才能确认物体间接触面上没有静摩擦力。正如图1-10所示的那样， m 与皮带间才既无滑动摩擦力，又无静摩擦力。

判断静摩擦力的方向有两种途径。第一种是先假设接触面是光滑的，从相对运动的趋势去判定静摩擦力的方向， $f_{\text{静}}$ 的方向与相对运动趋势相反。见图1-12，物体 B 受的 $f_{\text{静}}$ 向左。图1-13中物体 m 受的 $f_{\text{静}}$ 沿斜面向上。第二种途径是两个相接触的物体间虽然没有相对运动，但可以区分哪一个物体是主动物，哪一个物体是被动物。主动物受的静摩擦力的方向与速度方向相反；被动物受的静摩擦力的方向与速度方向相同。见图1-10，与主动轮 A 接触的皮带对 A 轮来说是被动物，它受的 $f_{\text{静}}$ 与皮带线速度同向；与从动轮 B 接触的皮带对

B 轮来说是主动物，它受的 $f_{\text{静}}$ 与皮带线速度反向。又如图1-12，当 $a_1 = a_2$ ， $V_1 = V_2$ 时， A 对 B 来说是被动物， A 受的静摩擦力方向向右； B 是主动物，它受的静摩擦力方向向左。而在图1-11中，当 $a_2 = a_1$ ， $V_2 = V_1$ 时 B 是被动物，它受的静摩擦力方向向右。

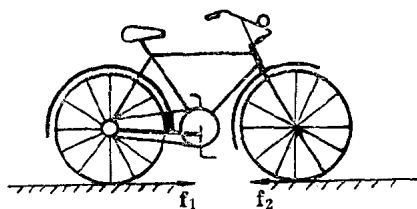


图 1-14

见图1-14，在骑行自行车的过程中，后轮主动向后蹬地面，所以它受的静摩擦力方向向前，这个静摩擦力就是所谓牵引力。前轮则主动向前蹬地面，它受的静摩擦力方向向后。当人们推着自行车向前运动时，自行车的前后轮对地面来说，都是向前运动的主动物，所以均受方向向后的静摩擦力。要注意到自行车的轮子与地面是点接触，没有相对运动，所以轮子与地面间的摩擦力不是滑动摩擦力，而是静摩擦力。

〔例1〕如图1-15所示， A 重 10 牛顿， B 重 10 牛顿， $F = 4$ 牛顿，物体 A 处于静止状态，分析 A 受几个力。

解：有人说 A 受四个力，重力 G_A 、桌面给 A 的弹力 N 、绳给 A 的拉力 T 、牵引力 F 。

这种分析是错误的。根据题目所给的数据可知 $T \cos 60^\circ > F$ ，如果 A 只受四个力，那末在水平方向的合力将不等于

零，与题意 A 处于静止状态不符。正确的分析应该是 A 受五个力，如图1-16所示，其中 f 为静摩擦力。

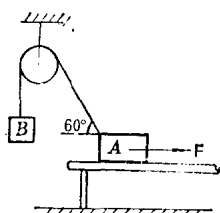


图 1-15

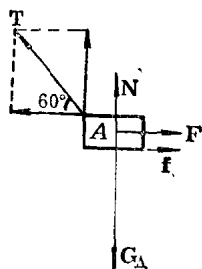


图 1-16

〔例2〕 如图1-17所示，物体 A 、 B 静止在斜面 C 上。滑轮、绳的质量，滑轮与绳之间的摩擦力均不计，试分析如下两种情况中 A 与 B 的受力情况：1) A 、 B 接触面光滑， B 、 C 接触面不光滑；2) A 、 B 接触面不光滑， B 、 C 接触面光滑。

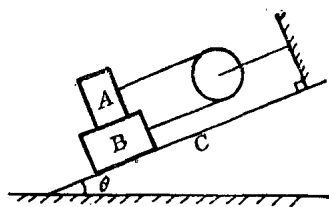


图 1-17

解：在题意的两种情况内，都存在 $m_A > m_B$ 、 $m_A = m_B$ 、 $m_A < m_B$ 这三种可能性，三种情况下 A 、 B 的受力情况各不相同。现仅以 $m_A > m_B$ 为例来分析 A 、 B 的受力情况，至于其他两种情况，读者可仿例作分析练习。

1) 先假设 B 、 C 间是光滑的，则 A 、 B 的受力情况，按重力、弹力、摩擦力这个顺序分析后作图，如图1-18(a)、

(b) 所示。

由于 $m_A > m_B$, 所以 $m_A g \sin \theta > m_B g \sin \theta$, A 将向下运动, B 将向上运动。但题意 A 、 B 是静止的, 其实际情况是因为

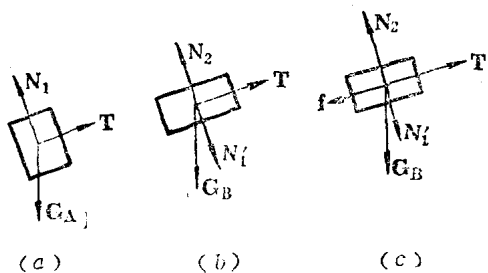


图 1-18

B 、 C 间不光滑, 所以使 B 受到沿斜面向下的静摩擦力, 如图 1-18(c) 所示。至于如何判断 B 所受静摩擦力 f 的方向, 用上述第三种途径分析是十分方便的。因为 B 主动向上蹭 C , 所以 B 受到 C 施予的向下的静摩擦力。也可以用上述第一种途径来判别, 首先假设 B 、 C 的接触面是光滑的, 则 B 有向上运动的趋势, 所以 B 必然要受到向下的静摩擦力。

2) 先假设 A 、 B 间是光滑的, 则 A 、 B 的受力图仍如图 1-18(a)、(b) 所示。因为 $m_A > m_B$, 所以 $m_A g \sin \theta > m_B g \sin \theta$, A 将向下滑动, B 将向上滑动。但据题意 A 、 B 是静止的, 实际情况是 A 主动向下蹭 B 而受到 B 施予的向上的静摩擦力 f , B 受 A 施予的 f 的反作用力 f' 。 A 、 B 的受力图如图 1-19 所示。

〔例 3〕 如图 1-20 所示, 物体 A 随水平转台匀角速转动, 如果 A 在台面上无滑动, 试分析 A 的受力情况。

解：物体 A 受三个力，其中重力、台面给 A 的弹力是一对平衡力，另一个力是台面施予的静摩擦力，其方向指向转台的转轴 O 点。这个静摩擦力就是当 A 作圆周运动时所需的向心力。

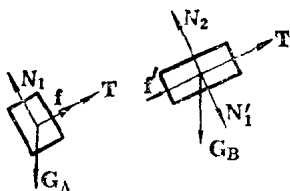


图 1-19

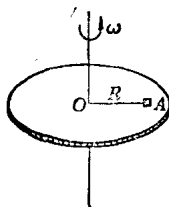


图 1-20

如何判断这个静摩擦力的方向呢？先假设台面是光滑的，若以转台为参照系， A 将沿圆半径向外飞出，即远离转动中心 O 点。所以当 A 随转台作圆周运动时有离心的趋势，必然要受到台面施予的向心的静摩擦力。

综上所述，在分析物体的受力情况时，不能脱离物体的运动情况和施力物体。要按重力、弹力、摩擦力这个顺序去分析。看我们确定的研究对象是否处在重力场里，从而确认是否受重力；分析它与接触物之间有无挤压引起的弹性形变，从而确认是否受弹力；分析它与接触物之间有无正压力、接触面是否光滑和相对运动（或相对运动趋势）情况，从而确认是否受摩擦力。

3. 力矩

力矩是改变物体转动状态的原因，其定义是：力矩等于力乘力臂。

要注意：力矩定义式中的力是指与转轴垂直的平面内的力，或力在这个平面内的投影。力臂是从转动轴到上述力的