

物理学概念

——分析·例题·常见错误

刘克哲 任宝祥

山东科学技术出版社

一九八四年·济南

内 容 提 要

本书是物理学辅导读物。作者通过正面分析、典型例题和常见错误三个方面，系统地阐述了力学、热学、电磁学、光学和原子物理学的有关概念，力图使读者对所述概念建立清晰的物理图象；并帮助读者划清正确与错误的界限。本书可供具有高中文化程度的读者阅读，对于理工科大学、电视大学和函授大学学生也有参考价值。

物 理 学 概 念 —分析·例题·常见错误— 刘克哲 任宝琮

山东科学技术出版社出版
山东省新华书店发行
山东新华印刷厂潍坊厂印刷

787×1092毫米32开本 20.25印张 415千字
1984年1月第1版 1984年1月第1次印刷
印数：1—25,000

书号 Y3195·106 定价 2.20元

前 言

物理教学实践证明，要学好物理学，就必须透彻理解物理学中的定义、定理、定律和原理的涵义，牢固把握定理和定律的适用范围或条件，明辨物理概念的是非界限，把正确掌握物理概念放到第一位。为了帮助读者系统地学好物理学的基础知识，提高分析问题和解决问题的能力，我们编写了这本书。我们希望它的出版，能够对读者在正确掌握物理学的学习方法、深刻理解物理概念方面有所启迪和帮助。

在本书中，我们从概念分析、解题示例和常见错误三个方面，系统地阐述了力学、热学、电磁学、光学以及原子物理的基本概念。在[概念分析]中，我们结合具体事例分析和解释物理概念的涵义；在[解题示例]中，通过解答典型例题说明概念的应用；在[常见错误]中，就容易发生的概念错误和容易混淆的问题进行阐明和解释，帮助读者分辨概念的是非界限。本书的特点是，对于大多数物理概念，在不使用高等数学工具的情况下，从较低起点进行分析和引深，并达到大学普通物理学的程度；对阐述的概念，不是孤立地进行讨论，而是由浅入深、循序渐进，与有关概念联系起来作系统分析。本书适合具有高中文化程度的广大读者阅读，对于理工科大学、电视大学和函授大学的学生也有参考价值。

编 者

1983.7.

目 录

第一章 力 物体的平衡	1
第一节 力的概念	1
第二节 力学中常见的力	6
第三节 作用力和反作用力	17
第四节 物体受力的分析	24
第五节 力的合成与分解	31
第六节 物体的平衡	45
第二章 直线运动	59
第一节 机械运动及其一般描述	59
第二节 匀速直线运动	65
第三节 变速直线运动中的几个物理量	72
第四节 匀变速直线运动	83
第五节 自由落体运动和竖直上抛运动	93
第三章 曲线运动	102
第一节 曲线运动中的位移、速度和加速度	102
第二节 运动的合成与分解	107
第三节 抛射体运动	115
第四节 圆周运动	126
第四章 牛顿运动定律	136
第一节 牛顿第一定律	137
第二节 牛顿第二定律	141
第三节 力学单位制和量纲	148
第四节 质量和重量	154

第五节	怎样解动力学问题(一)	158
第六节	怎样解动力学问题(二)	171
第五章	机械能守恒定律和动量守恒定律	184
第一节	功和功率	184
第二节	机械能	198
第三节	动能定理和功能原理	206
第四节	机械能守恒定律	216
第五节	冲量和动量 动量定理	224
第六节	动量守恒定律	236
第七节	动量和动能	247
第八节	碰撞	249
第六章	机械振动和机械波	259
第一节	简谐振动	259
第二节	阻尼振动和受迫振动	274
第三节	机械波的产生和传播	280
第四节	波的干涉和衍射	295
第七章	宏观热现象	300
第一节	温度、理想气体状态方程	300
第二节	热量、热力学第一定律	317
第八章	分子运动论	329
第一节	物质分子运动论	329
第二节	理想气体分子的热运动	335
第九章	静电场	345
第一节	电荷及其相互作用	345
第二节	电场和电场强度	354
第三节	电势及其与场强的关系	361
第四节	静电场中的导体和电介质	375
第十章	电流	388

第一节	电流、电阻和欧姆定律	388
第二节	电流的功和电流的热效应	402
第三节	电动势	407
第十一章	电流与磁场	418
第一节	磁场和磁感应强度	418
第二节	电流产生的磁场	426
第三节	磁场对电流的作用	431
第四节	带电粒子在磁场中的运动	442
第十二章	电磁感应	452
第一节	电磁感应的基本规律	452
第二节	自感和涡流	466
第三节	电磁场和电磁波	475
第十三章	交流电	484
第一节	关于交流电的一些基本知识	484
第二节	简单的交流电路	494
第三节	交流电的功率	504
第十四章	几何光学	510
第一节	几何光学中的基本定律	510
第二节	光线在单球面上的折射	518
第三节	球面反射镜及其应用	529
第四节	薄透镜和光学仪器	538
第十五章	光的波动性	554
第一节	光的干涉性	554
第二节	光的衍射性	570
第三节	光的偏振性	580
第十六章	光的粒子性和粒子的波动性	589
第一节	光电效应和光的波粒二象性	590
第二节	微观粒子的波动性	602

第十七章 原子和原子核	606
第一节 氢原子的玻尔理论	606
第二节 原子核的物理性质	618
第三节 放射性及其应用	631

第一章 力 物体的平衡

本章主要分析静力学的基本概念。静力学是研究物体在相互作用下的平衡问题。本章从阐述力的概念入手，首先分析力的涵义和力的性质，介绍力学中常见的几种力，并通过讲述作用力和反作用力，进一步指出分析物体受力情况的方法。然后从力的等效性出发，论述合力与分力的概念和力的合成与分解的基本法则。最后研究物体在力或力矩作用下处于平衡状态的条件。

第一节 力的概念

〔概念分析〕

在长期的生产实践中，人们积累了丰富的有关力的感性知识，力的概念就是在此基础上抽象和概括出来的。但是，力学上力的概念同人们平日形成的力的观念并不是完全一致的，它的含义较狭窄，定义十分严格。因此，我们在掌握这个概念的过程中，一方面要联系生活实际，加深对它的领会和理解，另一方面又要不断地克服直觉经验中的错误，逐步树立起一个全面正确的认识。

关于力的概念，我们应着重明确以下两个问题。

一、力的涵义

什么是力？在力学中，力是指物体对物体的作用，这种

作用将引起物体的形变和运动状态的变化。这个定义的前一句话指明了力的本质，后一句话指出了力的作用效果。

人们对力的认识，最初是从人体肌肉的感觉中获得的。劳动时，推、拉、抛、举等一类动作都会引起肌肉的紧张，这时人们就说在用力。以后随着实践的发展，人们进一步认识到，肌肉紧张所产生的效果，也可以通过其他方式来实现。例如，一个物体，我们用手可以托住它，放在桌面上同样可以托住它。这表明，不仅人（或动物）可以使出力来，就是无生命的东西也同样能使出力来。总之，只要一个物体对另外一个物体作用，就会有力产生出来。所以，从力产生的根源上讲，力总是物体对物体的作用。

说“力是物体对物体的作用”，这里面包含有两层意思。第一，它告诉我们，力是由物体施加的，也是由物体来承受的，离开了物体，力就成了无源之水，无本之木，因而它也就无法存在。而且只要有力出现，必然同时存在有两个物体，一个是施力物体，一个是受力物体，单独一个物体是不能产生力的。第二，它还向我们表明，物体之间的力的作用是相互的，就是说，当甲物体有力作用在乙物体上时，乙物体也一定同时有力作用在甲物体上。相互作用的双方所处的地位是对等的。所以它们当中的任一个既是施力物体，又是受力物体。力的作用的这种“物质性”和“相互性”，正是力的本质所在。

物体之间力的作用，是通过它的作用效果体现出来的。那么力的作用在物体上会产生怎样的效果呢？根据实验观察，力的作用效果有两个。一个是使受力物体发生形变，叫做力的静效应。所谓“形变”，就是物体形状和体积的变化。

例如，用手拉弹簧时弹簧的伸长，汽锤砸铁块时铁块变扁等。另一个是使受力物体发生运动状态的变化，叫做力的动效应。这里所说的“物体运动状态的变化”，是指物体运动速度的变化，其中包括速度大小和速度方向两方面的变化。例如，火车出站时速度由小变大，进站时速度由大变小，在路途上不断地改变速度的方向等，火车运动中的这些变化都是力作用的结果。

应当注意，力的两种作用效果是同时发生的。也就是说，当物体受到力的作用时，它既要发生形变，又要发生运动状态的变化。不能认为一个力只能产生一种效果：要么只会使物体发生形变，要么只会使物体发生运动状态的变化。当然，力的这两种作用效果也不会是等量齐观的。多数物体在受到力的作用后，形变十分微小，有的甚至用肉眼观察不出来，对于这样的物体，运动状态的变化是主要的，但是象弹簧、橡皮筋之类的弹性物体则不是这样，对于它们往往形变是主要的。

二、力的特征

实践证明，一个力产生的作用效果，是由它的大小，方向和作用点三个因素共同决定的。三个因素中的一个因素改变了，力的作用效果也就随之改变。例如，一人想推动一只竖立着的汽油桶，如果他用的力气足够大，桶就会很快起动了；他用同样大小的力气，向东或向西推桶，桶运动的方向也就会不同。此外，如果他把力加在桶的下部，桶就向前移动，而把力加在桶的上部，桶就要翻倒，而不会移动。由此可见，要说明一个力，必须同时指明这个力的大小，方向和作用点，否则就不能完全确定这个力的作用效果。力的大小，

方向和作用点，就是力的三个基本特征，叫做力的三要素。

力的大小是通过物体受力后效应的大小来量度的。例如，我们看到一个物体发生了形变，便知道该物体受到了力的作用，而且可以根据形变的程度来判断物体受力的大小。大家熟悉的弹簧秤和测力计就是根据这种静力效应来测量力的大小的。此外，利用力的动效应也可以测量力的大小。

表示力的大小有两种单位，一种是实用单位，如吨、千克、克等，一种是国际单位牛顿。它们之间的换算关系是：

$$1 \text{ 吨} = 10^3 \text{ 千克} = 10^6 \text{ 克}, 1 \text{ 千克} = 9.8 \text{ 牛顿}.$$

在物理学中，把只有大小但与方向无关的量叫做标量，而把既有大小又有方向的量叫做矢量*。如长度、面积、体积，时间等量都只有大小而与方向无关，因而都是标量。力既有大小又有方向，因而是矢量。

标量实际上就是数量，在单位选定之后，标量用一个数即可表示出来。但矢量与标量不同，它不仅有数值大小，而且有方向，因此通常用一根带箭头的线段来表示。线段的长度表示矢量的大小，箭头所指的方向表示矢量的方向。这种表示矢量的方法，叫做矢量的图示法。由于力矢量除了有大

小和方向之外，还有作用点，因此在做力的图示时，通常把表示力矢量的有向线段的箭头或箭尾画在力的作用点上。

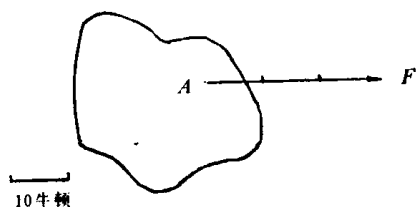


图 1—1

图 1—1 表示在某物体

* 严格地说，既有大小，又有方向，同时符合平行四边形合成法则的量，才能称得上矢量。

的A点上作用的一个30牛顿的力。

利用力的图示法研究力学问题时，有时还常常用到力的作用线。所谓力的作用线，是指从力的作用点沿着力的方向向两端延伸的直线。理论研究指出，当一个物体在外力作用下形变甚为微小时，作用在该物体上的力可以沿作用线移到任意点上，而不改变力的作用效果。这个结论叫做力的可传性原理。

书写时，通常在表示力的符号上面加一箭头(如 $\vec{F}$)或用黑体字(如 $\boldsymbol{F}$)来表示力矢量。

[常见错误]

对于力的概念，常常产生两种错误认识。

不少人认为力的作用不是改变物体的运动状态，即改变物体的运动速度，而是产生速度。他们的理由是：停在车站上的火车，由于机车的牵引力它才动了起来，从而获得了一定的速度；原来静止的足球，由于用力踢它，它才跑了起来，也得到了一定的速度……这些例子好象说明力使物体产生了速度，其实这种看法是不对的。不错，上面例子中的火车或足球，由于力的作用才使它们获得了一定的速度，但是这个速度是由零(静止)逐渐增加而来的，中间经历了一个变化过程，而这个速度变化过程正是力对物体的作用过程，这不恰恰说明力是改变物体运动速度的一种作用吗？

也有人认为力是维持物体速度的一种作用。马拉车要不断地使力，如果马不使力，车子就要停下来；汽车奔驰靠的是发动机产生的牵引力，如果把发动机关闭了，汽车也就会慢慢停下来。这不是说明力在维持物体的运动速度吗？初看，这种说法似有道理，但稍加分析便会发现它是错误的。拿汽车

来说，在发动机关闭后，它是要慢慢地停下来的，但是人们发现，只要不使用闸，在粗糙的和光滑的地面上，汽车停下来所用的时间是不一样长的。在粗糙的地面上，汽车会很快地停下来。但在光滑的地面上，汽车停下来所用的时间却很长。这是什么原因呢？原来汽车发动机关闭后所以会停下来，是因为汽车同地面之间存在着一种阻碍运动的力（摩擦力），这种力引起了汽车速度的变化，使它由大变小，最后变为零，迫使汽车停了下来。这种力越大，汽车速度减少得越快，力越小，速度减少得越慢。可以设想，如果汽车同地面的摩擦力小到零，汽车就永远不会停下来。可见，维持物体运动速度并不需要力。我们平日维持一个物体的速度所以需要不断地使力，正是为了用我们所使之力，去抵消摩擦力，使物体按照自己本来的速度运动。

第二节 力学中常见的力

〔概念分析〕

力是物体对物体的作用。根据物体之间作用方式的不同，力可以分为两大类：一类是物体同物体直接接触后发生作用而产生的，叫做接触力；另一类是物体同物体不直接接触，而是通过中间物质场*的传递作用而产生的，叫做场力。在力学中经常遇到的力有重力、弹力和摩擦力，其中重力就是一种场力，而弹力和摩擦力则是接触力。下面我们就这三种力产生的条件及其特性，分别加以阐述。

* 物质是以两种不同的形态而存在的：一种是实物形态，象平日所见到的固体、液体、气体等；另一种是场的形态，如电场、磁场、引力场等。

一、重力

人们通过研究发现，宇宙中任何两个物体之间都存在着相互吸引力，这种力不需通过物体接触就会发生，叫做万有引力。地面上普通物体之间的万有引力是很微弱的，一般不易观测到；但是地球对地球周围物体的万有引力却是十分显著的。我们平日见到地面上方的物体，如果没有其他物体支持，就会朝地面落下来，就是因为受到地球引力的缘故。地球对地球表面附近物体的万有引力，通常叫做重力。

重力的大小叫做重量。地面上的一切物体，不论是大大小小，也不管是静止还是运动，都要受到地球的引力作用，因此它们都具有重量。但是不同的物体受到地球引力的大小是不一样的。实验表明，物体重量的大小同物体的质量成正比，质量大的物体重量也大，质量小的物体重量也小。物体重量的大小可以用弹簧秤来称量。

严格说来，一个物体的重量不是一个恒量，它随物体所处的纬度和离开地面的高度在变化，但是这种变化是很微小的，一般可忽略，即在普通的计算中，可把物体的重量视为不变。

重力的方向总是竖直向下的。重力在物体上的作用点叫做重心。

二、弹力

任何物体受力后都要发生形变。如果作用力撤除后物体能恢复到原来的形状，那么这种形变叫做弹性形变。实验表明，发生弹性形变的物体，总是力图恢复原来的形状和体积，因而对使其形变的其他物体产生力的作用，这种力就叫做弹力。弹力产生在直接接触的物体之间，并且以物体的形变为

其产生的先决条件。例如，用手拉弹簧时，弹簧要伸长，这时弹簧产生了一种企图恢复原来长度的力，作用在我们的手上，这种力就是弹力。同样，用绳子吊起重物时，绳子也会发生微小的伸长，此时绳子就产生了一种企图恢复原来长度的力，作用在重物上，绳子产生的这种弹力，通常叫做拉力。又如，把物体放在桌面上，物体同桌面互相挤压都发生了微小的形变，这时物体企图恢复原来的形状，给予桌面一个向下的弹力，通常叫做压力；桌子也企图恢复原来形状，而给予物体以向上的弹力，通常叫做支承力。此外象锤头敲击砧子的碰撞力，液体对浸在其中的物体的浮力等，也都是弹力。弹力在我们周围极普遍地存在着。

应当指出的是，当物体发生形变时，不仅它要对使其形变的其他物体施加弹力，就是在它内部的各部分之间也互施着弹力。例如，图 1—2 中悬挂着重物的绳子，设想从 MN 处把它分成甲、乙两部分。则甲对乙的作用力 T 和乙对甲的作用力 T' ，也都属于弹力，通常叫做张力。在一般情况

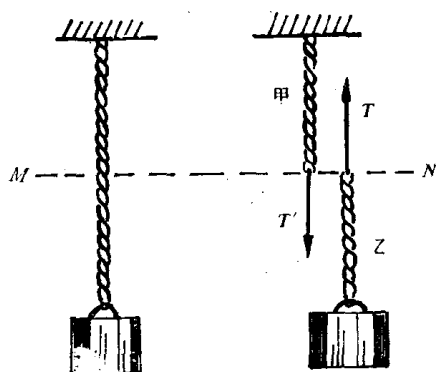


图 1—2

下，绳子内部各处的张力并不相等，但是当绳子静止时，或者绳子很轻质量可以忽略时，绳子中的张力处处相等，并且等于作用于绳端的拉力。

一个物体形变时产生的弹力的大小，取决于物体的形变程度。实

验指出，在一定范围内，弹力的大小同物体的形变成正比（胡克定律）。例如，对弹簧来说，在弹性限度之内，弹力的大小同弹簧的伸长量（或压缩量）成正比，即

$$F = kx \quad (1-1)$$

式中 F 表示弹力的大小， x 是弹簧的伸长量（或压缩量）， k 是比例系数，叫做弹簧的倔强系数，对于一定的弹簧来说，它是一个恒量。

物体形变时产生的弹力的方向，总是同形变物体恢复原状的趋向相一致。例如，悬挂物体的绳子对物体的拉力的方向，应是沿着绳子指向绳子收缩的方向；物体放在桌面上，桌面对物体支承力的方向，应是垂直于接触面指向被支承的物体。

顺便指出，普通物体受力后形变一般很微小，因此在研究力学问题时，常常忽略其形变。但是，由这样的物体的形变所引起的弹力却万万不能忽略，否则将导致严重的错误，这是应切实注意的。

三、摩擦力

当两个物体接触，并有相对运动或相对运动趋势时，在接触面上便出现了阻碍相对运动或相对运动趋势的力，这种力叫做摩擦力。

常见的摩擦力有三种：

1. 静摩擦力。相互接触的物体，在外力作用下，有相对运动趋势但又未发生相对运动时出现的摩擦力，叫做静摩擦力。例如，用力去推地面上的沉重箱子，力气小了箱子不移动，这表明地面对箱子有同推力方向相反的力，阻碍着箱子运动的发生，这个力就是静摩擦力。

静摩擦力出现在两个有相对运动趋势，但又保持相对静止的物体之间，它的作用在于阻止这种相对运动的发生。静摩擦力的大小没有定值，它随着外力在变化，外力增大，静摩擦力也增大，并且在数值上两者总是相等。但是静摩擦力的增大不是无限制的，当随着外力增大到一定程度时，静摩擦力就不再继续增大。这时如果外力再稍大一点，接触的两物体便会有相对运动发生。通常把静摩擦力的最大限度叫做最大静摩擦力。在一定的条件下，最大静摩擦力有确定的数值。实验表明，两个相互接触物体间的最大静摩擦力由下式确定

$$f_{\max} = \mu_0 N \quad (1-2)$$

式中 $f_{\max}$ 表示最大静摩擦力， N 表示与接触面垂直的正压力， μ_0 是比例系数，叫做静摩擦系数。 μ_0 的数值由接触面的粗糙程度和材料性质决定，与接触面积的大小无关。

静摩擦力的方向，沿着接触面的切线方向，并且它总跟受力物体相对运动趋势的方向相反。所谓“相对运动趋势的方向”，系指假如不存在静摩擦力，该物体将发生的相对运动的方向。

2. 滑动摩擦力。两个相互接触的物体发生相对滑动时出现的摩擦力，叫做滑动摩擦力。例如，用绳子拖着木箱在地面上滑行时，木箱受到的摩擦力便是滑动摩擦力。

滑动摩擦力出现在两个相对滑动的物体之间，它的作用在于阻碍这种运动的进行。

实验表明，滑动摩擦力的大小，跟作用在接触面上的正压力成正比，而与接触面的大小无关，即：

$$f = \mu N \quad (1-3)$$