

中学

物理概念的 分析与运用



任守乐 编著

山东教育出版社

中学物理概念的分析与运用

任守乐 编著

山东教育出版社

一九八五年·济南

内 容 提 要

本书包括力学、热学、光学、电磁学、原子结构等中学物理内容。书中着重分析了每个物理概念的内涵和外延，旨在帮助读者正确地掌握物理概念的真谛，并详细地分析了一些典型例题，以启发读者正确地运用物理概念去分析和解决问题。

本书可供中学师生阅读、参考。对坚持业余学习的读者也颇有益处。

五

中学物理概念的分析与运用

任守乐 编著

*

山东教育出版社出版

(济南经九路胜利大街)

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 19.5印张 417千字

1985年1月第1版 1985年1月第1次印刷

印数 1—12,600

书号 7275·251 定价 2.40元

前 言

学生在解答物理学问题时，往往会出现这样或那样的错误。产生错误的原因是多方面的，其中最主要的是尚未准确地把握有关概念的内涵和外延。本书着重分析了中学物理教材范围内的有关概念，指出了学习每一个概念时应注意的问题；详细地分析了一些典型例题，以启发读者正确地运用物理概念去分析和解答问题。

本书可供中学生阅读、参考，对坚持业余自学的读者也颇有益处。

华东师范大学苏云荪同志、苏州市职业大学华人炎同志曾对本书初稿提出了许多建设性意见，在此表示感谢。

笔者水平有限，书中难免有缺点错误，恳请读者批评指正。

作 者

1984.4

目 录

第一章 静力学	1
一、力 (1) 二、牛顿第三运动定律 (4)	
三、重力 (9) 四、弹力 (12)	
五、摩擦力 (15) 六、力的合成与分解 (24)	
七、物体的平衡条件 (28) 八、支架的受力分析 (32)	
九、概念的综合运用 (35)	
第二章 运动学	40
一、运动的绝对性和相对性 (40) 二、时间和时刻 (41)	
三、位置 位移 路程 (43)	
四、速度 速率 (49) 五、匀速直线运动 (55)	
六、加速度 (56) 七、匀变速直线运动 (64)	
八、描述运动的图线 (74)	
九、运动的合成与分解 (78) 十、概念的综合运用 (83)	
第三章 牛顿运动定律	98
一、牛顿第一运动定律 (98) 二、牛顿第二运动定律 (99)	
三、动力学问题的类型 (108)	
四、解题步骤与隔离法 (111) 五、惯性系与非惯性系 (116)	
六、概念的综合运用 (125)	
第四章 圆周运动	144
一、曲线运动 匀速圆周运动 (144) 二、向心力与离心力 (151)	
三、人造地球卫星 (159)	
四、概念的综合运用 (169)	

第五章 功和能 机械能守恒定律	182
一、功 功率 (182) 二、动能定理 (188)	
三、势能 (191) 四、功能原理 机械能守恒定律 (198)	
五、能量守恒和转化定律 (201)	
六、概念的综合运用 (202)	
第六章 动量	218
一、动量定理 (218) 二、动量守恒定律 (227)	
三、完全弹性碰撞和完全非弹性碰撞 (232) 四、火箭的运动 (242)	
五、概念的综合运用 (249)	
第七章 振动和波	266
一、振动 简谐振动 (266) 二、振动方程 (274)	
三、简谐振动的速度和加速度 (280)	
四、简谐振动的相位、相位差 (280) 五、简谐振动的图象 (或图线) (282)	
六、单摆 (285)	
七、在一直线上两个同频率的简谐振动的合成 (290)	
八、机械波 (294)	
九、波的图象 (298) 十、波的干涉 (302)	
十一、概念的综合运用 (304)	
第八章 流体静力学	320
第九章 热学	331
一、热平衡方程式 (331) 二、物态变化 (332)	
三、理想气体的状态方程 (337) 四、热力学第一定律 (347)	
五、概念的综合运用 (350)	
第十章 静电学	356
一、库仑定律 (356) 二、电场 (359)	
三、电势 (366) 四、电场强度和电势的关系 (375)	
五、静电场中的导体 (380) 六、电介质的极化 (386)	
七、电容 (389) 八、概念的	

综合运用 (398)

第十一章 直流电415

- 一、电流 (415) 二、欧姆定律 (417) 三、
电功 电功率 (418) 四、电动势 (419)
五、全电路欧姆定律 (422) 六、电阻的串联
和并联 (427) 七、含有反电动势的电路 (432)
八、几种常用的电学仪表 (441) 九、伏安法
测电阻 (446) 十、测定电源的电动势和内电
阻 (449) 十一、惠斯通电桥 (457) 十二、
概念的综合运用 (461)

第十二章 磁场 电磁感应472

- 一、磁场 磁感应强度 (472) 二、磁场对通
电导线的作用力 (477) 三、磁场对通电线圈
的作用 (478) 四、洛伦兹力 (480) 五、电磁
感应定律 (488) 六、自感 (505) 七、概念
的综合运用 (510)

第十三章 交流电 电磁振荡525

- 一、交流电 (525) 二、具有纯电阻、纯电感、
纯电容的电路 (532) 三、变压器 (538)
四、电磁振荡 (546) 五、电磁场和电磁波
(548) 六、电磁波的发射 (550) 七、电
磁波的接收 (553)

第十四章 原子结构和原子核556

- 一、原子的核式结构 (556) 二、光谱 (557)
三、玻尔理论及对氢原子光谱的解释 (557) 四、
原子核的组成 (562) 五、原子核的转变 (563)
六、原子核的结合能 (565)

第十五章 光学569

一、平面镜成像 (569) 二、光的折射 (573)

三、薄透镜成像 (576) 四、以任意方向射向

透镜的光线的光路 (585) 五、光路的可逆性

及“虚物”成像 (586) 六、光学仪器 (597)

七、光的本性 (607)

附 录 重要的物理常数615

第一章 静力学

一、力

力是物体对物体的作用。物体间的作用是相互的。如图 1—1 所示，静止于桌面上的物体，受到桌子对它的作用力 N （支持力），物体是受力者，桌子是施力者；同时，桌子受到物体对它的作用力 N' （压力），桌子是受力者，物体是施力者。当有力出现时，必定涉及到两个物体（或物体的两部分，或两部分物质），每个物体既是受力者又是施力者。对力的概念应从以下几方面去理解。

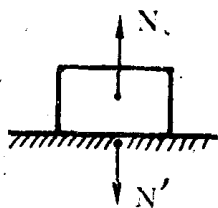


图 1—1

1. 力是矢量

力的机械作用完全决定于它的大小、方向、作用点。这三者称为力的三要素。物体上承受力的作用的部分称为力的作用点；力的方向所顺延的线称为力的作用线（图 1—2）；力可用一个带有箭头的线段来表示，线段的长度表示力的大小，箭头的方向表示力的作用方向。

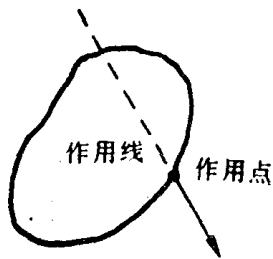


图 1—2

上述用带箭头的线段来表示力的方法称为力的图示法。

2. 力对物体的作用效果

(1) 力能使受其作用的物体改变运动状态。物体的运动状态是由物体的速度（严格讲是动量）和位置决定的。力能使受其作用的物体改变运动速度，所以力是物体产生加速度的原因。原来静止的物体，受到力的作用后，就开始运动起来，其运动状态由原来的静止变为具有一定的速度；路面上运动着的物体，撤消其所受到的作用力后，在路面阻力和空气阻力的作用下，最终停止运动，它的运动状态由运动变为静止。

牛顿第一运动定律指出：“一切物体在没有外力作用的时候，总保持匀速直线运动状态或静止状态。”这一运动定律说明了力与运动的关系。物体的匀速直线运动并不需要力去维持，只是在物体的运动状态改变的过程中，才需要力的作用。

(2) 受力作用的物体能发生形变。形变就是物体各部分间相对位置的改变。如，一个弹簧受拉力作用时能伸长，受压力作用时能缩短。也许有人会问，置于桌面上的钢块是否有形变呢？有。不过它的形变很小，不易被察觉到。任何物体在任意小的力作用下都要发生形变，不发生形变的物体是不存在的。如，固体受到外力作用时，在一般情况下是同时产生加速度和形变的。

一个物体在重力作用下自由下落时，它是否发生形变呢？回答是肯定的。设想把整个物体分成质量相等的许多小部分，由万有引力定律可知，离地心距离较大的部分（物体的上部）受到的重力较小，离地心距离较小的部分（物体的下部）受

到的重力较大。若此物体相邻各部分之间没有相互作用的弹力，则它们将因所受的重力不同而获得不同的加速度。事实上，一个物体的各部分是以相同的加速度下落的，所以物体的上下相邻的两部分之间必存在着相互作用的弹力，即整个物体必有形变发生。对一般物体而言，这个形变极小，也不易被觉察到。

3. 力的种类

就力的本质而言，自然界的力可分为四大类：万有引力、电磁力、强相互作用、弱相互作用。力在宏观上的表现是多种多样的。弹力、摩擦力在本质上属于电磁力，它们是由于原子间电磁的吸引和排斥而引起的，是电磁力的宏观表现。重力在本质上属于万有引力。

力学中常涉及到的力是重力、弹力、摩擦力。

4. 正确运用力的概念对物体进行受力分析

力学的核心问题是揭示物体的运动（或静止）与所受力之间的关系，因此，正确无误地分析出物体的受力情况是解决力学问题的基础。在分析物体受力情况时，应注意以下几点：

（1）力是一个物体对另一个物体的作用。这个定义告诉我们，要找出某个物体所受的力，应从它与周围物体的接触或联系处去找。凡是物体与物体相接触或以某种形式相联系的地方，一般地说，将存在着相互作用力。根据这个原则，可以先找出场力（重力、电场力、磁场力）再找出弹力、摩擦力。

(2) 每分析出一个力,要用力的图示法在受力图上标出.在物体间是光滑接触(面与面接触,点与面接触)的情况下,弹力方向与接触面垂直;物体间的摩擦力总是与接触面平行.

(3) 对于作用在物体上的每一个力,都必须考虑到这个力是哪个物体(施力者)作用的,如果找不到施力者,这个力的存在就值得怀疑,因为离开物体(或物质)的力是不存在的.例如,一个做竖直上抛运动的物体,受几个力作用呢?有的人回答是:重力、空气阻力和“使物体向上运动着的力”.这个“使物体向上运动着的力”就是凭空想象出来的,因为我们无法找到这个力的施力者.

(4) 严格区分作用力与反作用力,不要把这个物体对其它物体的作用力误认为是这个物体受的力.如前所述,静止于桌面上的物体,它受到两个力的作用:重力 G 和支持力 N , 但绝不可把物体对桌子的作用力 N' 当成物体所受的力.

二、牛顿第三运动定律

1. 牛顿第三运动定律

力是物体间的相互作用,如果物体 A 以力 F 作用于物体 B 上,则物体 B 必以力 F' 作用于物体 A 上.实验证明, F 与 F' 大小相等、方向相反,即

$$F = -F'.$$

如果把 F 和 F' 中的任意一个称为作用力,则另外一个就叫做反作用力.

2. 作用力与反作用力的关系

(1) 作用力与反作用力大小相等、方向相反。无论相互作用的两个物体是静止的还是运动的，是相对静止的还是相对运动的，这个关系总是成立的。在图 1—3 中，当升降机以加速度 a 向上运动时，底板施于物体的支持力为 N ，物体对底板的压力为 N' ，这时 N 与 N' 仍是大小相等、方向相反。物体是在支持力 N 和重力 $G (=mg)$ 作用下加速向上运动的，由牛顿第二运动定律得

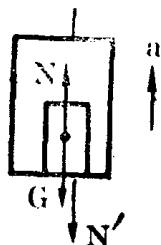


图 1—3

$$N - mg = ma, \quad N = mg + ma.$$

由上式可见，由于升降机的加速运动，使物体受的支持力 N 增大了，又因 $N' = N$ ，所以物体对底板的压力 N' 也增大了。

(2) 作用力与反作用力同时产生，同时消失。有人认为，“先有作用力，后有反作用力”。这种认识是错误的。如果作用力与反作用力的出现能分出先后，这就等于承认在有作用力时，可以没有反作用力；在有反作用力时，也可以没有作用力。

(3) 作用力与反作用力分别作用于两个物体上。静止于桌面上的物体，桌子对物体的作用力为 N (支持力)，物体对桌子的作用力为 N' (压力)， N 与 N' 是分别作用于物体和桌子上。应特别注意的是，不要把图 1—3 中分别作用于两个物体上的一对作用力和反作用力 N 和 N' ，与作用于同一个物体上的一对平衡力 G 与 N 相混淆。

(4) 作用力与反作用力的性质相同。作用力是万有引力，

反作用力也必是万有引力；作用力是弹力，反作用力也必是弹力；作用力是摩擦力，反作用力也必是摩擦力。根据作用力与反作用力的这个关系，可以辨别两个力是否是一对作用力与反作用力。“物体受的重力 G 与桌子对物体的支持力 N 是一对作用力与反作用力”的说法显然不对。因为重力 G 在本质上是万有引力，而支持力 N 是弹力，两者性质不同，所以不可能是一对作用力与反作用力。

(5) 作用力与反作用力的作用线在同一条直线上。

例 1 据说古时有位大力士，他能用手提着自己的头发腾空而起。这可信吗？

解：不可信。因为用手向上提头发的力 F 与头发向下拉手的力 F' 是一对作用力与反作用力，所以 $F = -F'$ 。如果以整个人体为研究对象，那么手和头发都是人体的一部分，力 F 和 F' 都作用于人体上，这两个力大小相等、方向相反，两者合力为零，因而用手提头发不会使人腾空而起。

例 2 马拉车前进时，马拉车的力，等于车拉马的力，为什么马能拉着车前进，而车没有拉着马后退？

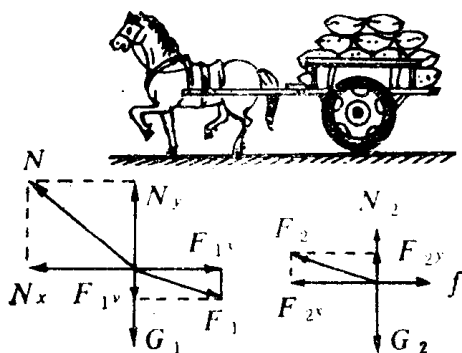


图 1-4

解：如图 1—4 所示，马的受力情况是：马向后下方蹬地，地面给马一反作用力 N ， N 在水平和竖直方向上的分力分别为 N_x 和 N_y ；车对马的拉力为 F_1 ，它在水平和竖直方向上的分力分别为 F_{1x} 和 F_{1y} ；重力 G_1 竖直向下。车的受力情况是：马对车的拉力为 F_2 ，它在水平和竖直方向上的分力分别是 F_{2x} 和 F_{2y} ；地面对车的阻力为 f （假设这个阻力是摩擦力）；地面对车的支持力为 N_2 竖直向上；重力 G_2 竖直向下。

当马用力蹬地时，地面才给马一反作用力 N ，与 N 出现的同时，马把绳子拉紧了，出现了 F_1 、 F_2 、 f 。这些力的出现是以 N 的出现为先决条件的，如果马不向后下方蹬地，就不能出现 F_1 、 F_2 、 f 。在马和车还没向前运动时，这些力的关系是 $N_x = F_{1x}$ 、 $F_{1x} = F_{2x}$ 、 $F_{2x} = f$ 。当 N_x 增大时（马用较大的力蹬地）， F_{1x} 、 F_{2x} 、 f 也随着增大。由于地面对车的阻力 f 的增大是有限度的，设阻力的最大值为 f_m ，所以当 F_{2x} 大于 f_m 时，车就向前运动了。因此，当马以足够大的力蹬地时，就产生较大的反作用力 N ，就可能出现 $N_x > F_{1x}$ 、 $F_{2x} > f_m$ 的情况。在这种情况下，马和车就能一起向前运动。由此可见，马拉车前进时，是地面给予马的反作用力 N 在水平方向上的分力 N_x 使马和车前进的。

从马在竖直方向的受力情况看，当 $N_y > G_1 + F_{1y}$ 时，即马受到的向上的力大于向下的力时，马就能跳离地面。马拉着车奔跑时，有时腾空就属于这种情况。

与此类似，图 1—5 是两人拔河时的受力图，虽然甲拉乙的力 F 的大小等于乙拉甲的力 F' ，但仍可出现胜负。 N_1 是地面给甲的反作用力，它在水平方向的分力为 N_{1x} 。 N_2 是

地面给乙的反作用力，它在水平方向上的分力为 N_{2x} 。反作用力 N_1 、 N_2 的大小，决定于比赛者蹬地的力的大小。在未出现胜负时， $N_{1x} = F' = F = N_{2x}$ 。如果甲蹬地的力较大，它将获得较大的反作用力 N_1 ，就可能出现 $N_{1x} > F'$ ， $F > N_{2x}$ ，即 $N_{1x} > N_{2x}$ 的情况。在这种情况下，甲将获胜。在反作用力 N_1 （或 N_2 ）不变的情况下，反作用力的方向与地面的夹角越小， N_{1x} （或 N_{2x} ）越大，越可能取胜。那么是不是角度越小越好呢？不是。因为实际上当角度太小时，不利于运动员发挥出自己的力量，因此在比赛时，运动员身体倾斜的角度（蹬地的角度），应适当地小。

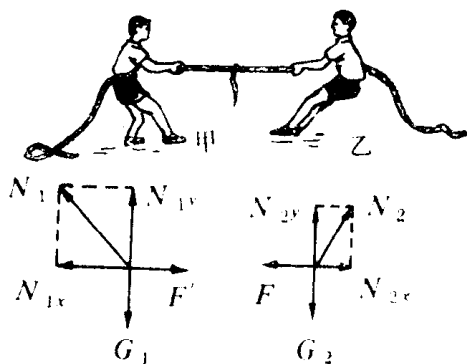


图 1—5

在例 2 中，如果把马和车看成一个系统，那么，马拉车的力 F_2 和车拉马的力 F_1 ，都是系统内部各物体间（或同一物体的各部分间）的相互作用力，这种力称为系统的内力；地面给予马和车的反作用力 N 和 N_2 及地球施于马和车的重力 G_1 和 G_2 是系统外部物体给予系统的作用力，这种力称为系统受的外力。如果以车为系统，马施于它的作用力 F_2 就是

系统外的物体作用于它的力，是外力。可见，同是一个力，究竟是内力还是外力，决定于系统的划分。

系统的内力不能改变系统质心的运动状态，当问题只要求确定系统质心的运动规律时，只需考虑系统受的外力，而不必考虑系统的内力。在马拉车的例子中，如果把马和车作为一个系统，则系统受的外力是： N 、 G_1 、 G_2 、 N_2 、 f ，当 $N_x > f$ 时，马和车便可一起前进；在人的手拔自己的头发的例子中，把人作为一个系统，手和头发间的相互作用力是内力，不可能改变人的运动状态，而人的运动状态只由外力——重力 G 和支持力 N 决定。

三、重 力

由于地球对物体的吸引而使物体受到的力叫做重力。物体所受重力的大小叫做物体的重量。物体所受的重力是由于地球对物体的万有引力而产生的，但重力并不等于地球对物体的万有引力。这是因为地球有自转运动，地球上的物体随地球一起转动所需要的向心力，是由万有引力 F 的一个分力 F_n 提供的（ F_n 指向物体随地球转动的轨迹圆的圆心 O' ），而万有引力 F 的另一个分力 P 才是使物体下落的力，也就是物体所受的重力。重力与万有引力不仅大小不同，而且方向也不同，重力的方向并不指向地球的质心。

如图 1—6 所示，设质量为 m 的物体所在处的纬度为 φ ，地球自西向东自转的角速度为 ω 。则物体随地球一起旋转所需要的向心力

$$F_n = m\omega^2 r = m\omega^2 R \cos \varphi.$$