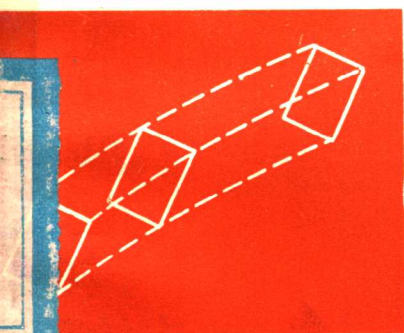
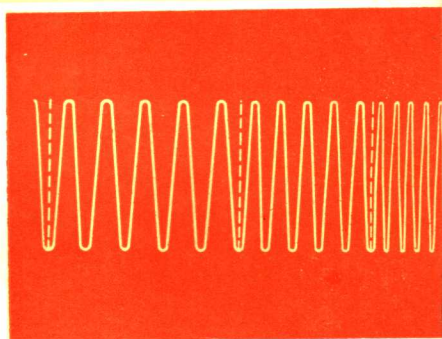


高中物理教学参考读物



动力学

上海教育出版社



上海市物理学会中学物理教学研究委员会编

高中物理教学参考读物

动 力 学

上海市物理学会
中学物理教学研究委员会编
上海教育出版社

高中物理教学参考读物

· 动 力 学

上海市物理学会

中学物理教学研究委员会编

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷四厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5 字数 106,000

1956年11月新知识第1版 1959年6月新1版

1961年12月新2版

1981年10月新3版 1981年10月第15次印刷

印数 554001—605,000 本

统一书号: 7150·534 定价: 0.43 元

修订版前言

上海市物理学会中学物理教学研究委员会从1956年开始所主编的一套《高中物理教学参考读物》共为14册,先后经过四年的时间,到1959年陆续出齐,编写目的是以当时的《中学物理教学大纲》为依据、结合中学物理教学的需要,帮助教师更好地掌握教材,以提高教学质量。问世以来颇得读者的支持和关怀。在文化大革命前曾多次重复印刷,个别部分印数多达数十万册。其间也曾根据读者所提意见作过修订和适当补充,重新排版出了几次修订本。粉碎“四人帮”后,为了满足广大师生对物理参考书的需求,又重印了一次。但物理学近年来发展较快,它在社会主义建设和实现“四化”的过程中起着重要的作用,为了适应这些要求,原书不足之处很多,须作进一步的修订。为此,我们在维持原书面目不过多改变和原篇幅不过多扩大的前提下,根据中央教育部最近颁布的《全日制十年制学校中学物理教学大纲》和当前中学物理的教学情况,在内容上适当加深加广;处理教材的方法上力求新颖,以供教师备课时的参考,并对学有余力的同学提供课外补充读物。加深理论和扩大知识面。单位制以SI制为主,如有必要亦适当介绍其他单位制。适当更新插图内容,增补一些比较有参考价值的例、习题。删去比较陈旧繁琐的内容。努

力做到取材精练新颖,争取能够反映我们国家的新成就。

本书原由束世杰等同志编写,现参加修改的同志为俞大年、钱茂绪同志。由于我们对中学物理的教学经验不足,又是在匆忙中完稿,疏忽和错误不妥之处在所难免。请读者随时予以指正。

目 录

第 1 章 质点动力学	1
一、牛顿第一运动定律.....	2
1. 历史的回顾.....	2
2. 牛顿第一运动定律的涵义.....	4
3. 惯性.....	5
4. 力的概念.....	6
5. 重力、弹力、摩擦力.....	8
二、牛顿第二运动定律.....	12
1. 质量.....	12
2. 牛顿第二运动定律.....	13
3. 关于牛顿第二定律的一些讨论.....	18
4. 单位制和量纲.....	20
5. 质量和重量.....	26
三、牛顿第三运动定律.....	27
1. 物体之间的相互作用.....	27
2. 牛顿第三运动定律.....	29
3. 作用力反作用力跟平衡力的区别.....	30
四、质点动力学解题方法.....	36
1. 解题的一般步骤.....	36

2. 关于物体的受力分析·····	37
3. 若干例题分析·····	43
五、牛顿定律的适用范围·····	60
1. 伽利略变换和牛顿时空观·····	61
2. 质量概念和质能关系·····	64
第2章 动量和动量守恒定律·····	71
一、动量和动量守恒定律·····	71
1. 动量和冲量·····	71
2. 动量定理·····	72
3. 动量守恒定律·····	75
二、碰撞·····	81
1. 对心非弹性碰撞·····	82
2. 非弹性斜碰撞·····	84
三、反冲与火箭·····	85
1. 反冲·····	85
2. 火箭·····	87
第3章 刚体动力学·····	94
一、刚体的平动·····	95
二、刚体的定轴转动·····	95
1. 力矩和力偶·····	95
2. 刚体的动能·····	100
3. 转动惯量·····	100
4. 转动定律·····	105
三、刚体动力学若干问题分析·····	106
1. 自由刚体的运动·····	108
2. 阿德武特机物体系的运动·····	109
3. 圆柱的滚动·····	111

4. 定轴转动问题.....	113
四、动量矩定理 动量矩守恒定律	114
1. 动量矩和冲量矩 动量矩定理.....	114
2. 动量矩守恒定律.....	115
第 4 章 物体的平衡	119
一、质点的平衡	119
1. 合力 分力 平衡力.....	119
2. 力的合成.....	121
3. 力的分解.....	126
4. 共点力的平衡条件.....	126
二、刚体的平衡	132
1. 有固定转轴的刚体的平衡.....	132
2. 平行力的合力.....	133
3. 重心.....	135
4. 一般刚体的平衡条件.....	140
附录	149

第 1 章

质点动力学

动力学是力学中的一个重要部分。它的任务是从物体之间相互作用的角度来研究物体运动状态的变化。也就是说,动力学要探索物体运动状态变化的原因,找出运动和力之间的关系。

一般来说,物体运动状态的变化往往是很复杂的。为了研究的方便,物理学所采用的方法通常是先作出一些简化,略去一些比较次要的因素,从而使问题的主要方面更为突出。这种简化的模型就叫做理想模型。质点和刚体就是这样两个理想模型。当我们所研究的问题与物体本身的大小、形状关系不大时,我们就可以忽略它的大小和形状,把它当作一个点来处理,这就是质点模型。当我们所研究的问题不能忽略物体的大小和形状,但与它的形变关系不大时,我们又可忽略它的形变,而把它当作一个形状和大小不会改变的物体来处理,这就是刚体模型。用理想模型的研究所得到的规律来描述实际物体的运动,虽然是粗糙的,但却是相当接近的。在必须更精

确的场合,可以引入一些与次要因素有关的修正。

在本书中,我们先把物体看作质点,讨论质点动力学和质点系动力学,然后再简略讨论有关刚体动力学的问题。

质点动力学的基础是牛顿运动定律。自从1686年英国物理学家牛顿(1643~1727年)总结前人在力学方面的种种发现,加上他自己的观察和实验,发表著名的牛顿运动三定律以后,力学的发展,可以说是一日千里。十八、十九两个世纪里,科学家们发展了牛顿的成就,使力学在科学领域和生产技术上,获得了光辉的成就。虽然从十九世纪末叶以来,新现象不断发现,暴露了牛顿力学的局限性,其中某些基本概念必须修正。但只是修正而已,并不是说牛顿定律已被推翻不能用了,相反的,在很大范围内,它还是能够很正确地反映客观规律的。现在我们就来讨论牛顿运动定律。

一、牛顿第一运动定律

1. 历史的回顾

物体运动的原因究竟是什么这个问题,在人类文明史的早期就有人在考虑了。例如古希腊哲学家亚里斯多德(公元前384~322年)就曾经说过,一个恒定的速度需要有一个恒定的力才能产生,没有力的作用,物体必然要静止下来。尽管这个观点是不正确的,但是,它与人们的日常经验似乎是一致的。通常人们看到,要想让车子等物体保持稳定的运动速度,没有人力(或畜力等)去拉它是不行的。一旦这个拉力撤去以后,车子迟早会停下来。因此人们就自然而然地接受了亚里斯多德的观点,并保持了很长的时间。

在亚里斯多德以后两千多年,意大利科学家伽利略

(1564~1642 年)和英国科学家牛顿总结了大量实验事实,才对力和运动的关系作出了正确的结论。伽利略首先研究了各种物体在斜面上的运动。他注意到“平面向下倾斜的情况中有加速度出现;而向上倾斜的平面上则有减速度”(见图 1-1)。由此,他推理出:“沿水平面上的运动应当是不变的。”但

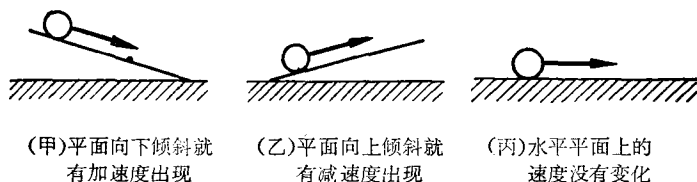


图 1-1

是,事实上水平平面上的运动也会停下来。伽利略根据平面越是光滑,物体的运动减速得越慢的事实,提出是摩擦力的作用造成了减速度。在没有摩擦的理想情况下,运动应当是不变的。为了进一步证明这个结论,伽利略又设计了如图 1-2 所示的实验。他先把两个倾角相同的斜面对接起来,让小球从某一高度 h 开始下滑。在摩擦极小的情况下,它在另一斜面上能达到几乎相同的高度 [图 1-2(甲)]。把向上倾斜的斜面的倾角减小,则小球在达到原来高度的过程中走过的距离增大 [图 1-2(乙)]。由此,他进而提出一个理想实验:如果向上倾斜的斜面的倾角减小到零,成为水平面的延续,小球的运动将如何? 根据前面的实验来推理,应当是永不停止的 [图 1-2(丙)]。因此伽利略得出结论:“一旦物体具有任何速度,只要没有加速或减速的原因,这个速度就将恒定地保持不变。这种情况只有在摩擦力极小的水平面上才能达到。”这就是伽利略的惯性原理。后来牛顿在总结动力学的基本规律时把它

称为第一运动定律, 这就是牛顿第一运动定律的由来。

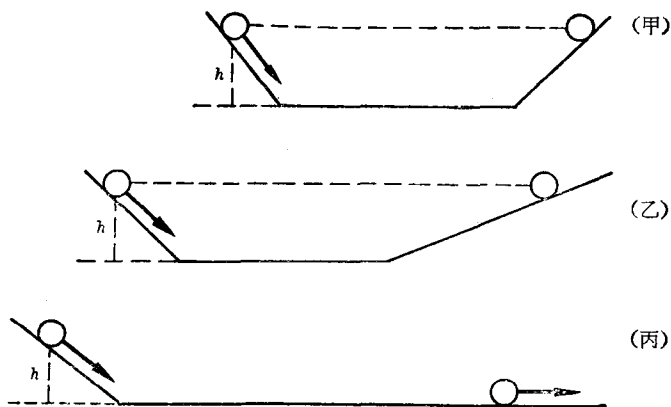


图 1-2

2. 牛顿第一运动定律的涵义

物体在不受别的物体作用时, 将保持自己的静止状态或匀速直线运动状态不变。这就是牛顿第一运动定律。

这定律使我们知道:

第一, 如果要改变物体的运动状态, 必须要有别的物体对它作用。这种作用也包括摩擦力、空气阻力等一切阻力在内。由于这些阻力通常是无法排除的, 因此物体的运动状态总是要改变的。

第二, 所谓改变物体运动状态, 就是改变物体运动速度。速度是一个矢量, 同时改变速度的大小和方向, 或者只改变速度的大小, 或者只改变它的方向, 都表示速度在改变, 都是在改变运动状态, 都需要别的物体的作用。静止只是速度等于零的运动状态。

在日常生活中,我们很容易找到速度作各种变化的运动。例如:从枪口射出的子弹,由于受到地球的引力,使它沿抛物线运动,速度的大小和方向都时刻在变。地球由于受到太阳的引力,使它绕太阳作匀速圆周运动(近似的),速度的大小不变,方向变。从树上落下的苹果,在重力作用下,沿直线作匀加速运动,是速度的大小在变而方向不变的例子。

第三,在静止状态和匀速直线运动状态,速度没有变化,也就是都没有加速度。因为在这两种状态下,速度的大小和方向都没有变化,所以,都不需要别的物体的作用。

第四,这定律是从客观事实中间接推导出来的结论,不能用实验来直接验证。因为世界上没有一个物体可以孤立地存在着而不和其他物体发生联系。换句话说,“物体不受其他物体作用”这句话是理想的情况,事实上是不可能出现的。但这并不影响第一定律的正确性。因为不受其他物体作用的物体虽不存在,但这些作用互相平衡,因而作用效果互相抵消的情况还是大量存在的(即在平衡力作用下的物体)。根据第一定律,可以推论这类物体的运动状态也是不会改变的。这是可以由实验事实来验证的。例如,放在桌上的茶杯,一方面受到地球的作用(茶杯的重力),另一方面又受到桌面的作用(桌子托茶杯的力),这两个作用刚巧平衡,所以茶杯不动。如果我们把桌子的一边抬高些,两个作用就不能平衡,茶杯就要沿桌面滑下去了。

3. 惯性

第一运动定律的重要性,在于它指出了任何物体都具有一种特性。这种特性表现在物体没有受到其他物体作用时,总是要保持运动状态不变这一事实上。我们把这种特性叫做惯性。所以,牛顿第一运动定律也叫做惯性定律。

物体的惯性是它固有的一种特性,跟它受力与否无关。不受外力时,它有惯性;受外力作用时,它也仍具有惯性。这种性质在物体运动状态发生变化时就可以显示出来。在相同的作用力下,有的物体很容易改变它的运动状态,有的物体不容易改变。这就是由于它们的惯性大小不同的缘故。例如,两个大小一样的皮球和铅球,在同一条件下,皮球的运动状态容易改变,但铅球就不容易。运动状态容易改变的物体,我们说它的惯性小,运动状态不容易改变的物体,我们说它的惯性大。量度物体惯性的方法,就是根据这个道理制定的。

物体惯性的表现,在日常生活中经常可以碰到。例如,电车售票员从行驶着的电车里跳下时,必须向电车行驶的方向跑几步。这是因为售票员在电车里,具有和电车相同的运动速度,刚跳下时,他上身有保持这个速度不变的惯性,所以脚着地后,还不能立刻把这个速度消除,如果他不向前跑几步,一定要向前跌倒。又如在公共汽车里,如果乘客是面向汽车行驶方向坐着,当汽车突然煞车时,要向前倾;汽车突然启动时,乘客要向后倒,这也可以用惯性来说明。再如赛跑的人到达终点以后,不能立刻停住,还要向前跑几步;电风扇在断开电路后,还要继续转几下;汽车、电车、火车以及其他机器在发动机停止工作后,还要继续前进,或继续转几下。这些都是惯性的表现。电车司机在车辆到站前就关闭电路,利用惯性让车继续向前行驶一段距离。

4. 力的概念

根据牛顿第一运动定律,我们可以引入力的概念。一个物体不受到其他物体的作用时运动状态是不会改变的,所以力一定是一个物体对另一个物体的作用。不存在脱离物体间相互作用的抽象的力。同时,力的作用效果之一是使物体的

运动状态发生改变，即力是产生加速度的原因。把两者联系起来，力的定义就是任何使物体产生加速度的来自别的物体的作用都叫做力。

人们对于力的认识，最初是从肌肉的感觉中获得的。例如把一根树枝折断，把一块石头提起等等，我们必须使用一定的“劲”，说明人们在树枝和石头等作用时，从肌肉的感觉中产生了力的概念。

物理学中所讲的力与我们日常生活中所讲的力有一定的联系。但是物理学中的力的概念比较严格，只有符合上面的定义的作用才叫做力，而日常所讲的力涵义很广泛。比如说“用力拉车”，这里的力的涵义与物理学中的力的涵义是一致的；但是在说“努力学习”、“培养理解力”等语时，所说的力就不是物理学中所指的力了。这是必须注意区分的。

对于力的概念，通常存在两种错误认识：第一，有人以为力是维持物体运动的条件。例如：马持续不断地使劲，才能使车子前进，如果马不使劲，车子就会停下来。这是从表面现象看问题，不全面，缺乏深入的分析和研究。运动着的车子所以要停下来，是因为摩擦力的关系。任何运动物体，都要受到摩擦力、空气阻力等外力的作用，这些外力使物体的速度逐渐减小。如果这些外力减小到可以忽略不计的程度，那末本来运动着的物体自己是不会慢下来或停下来的。

第二，有人以为力是产生运动的原因。有这种想法的人很多，要纠正他们的错误想法也比较困难。他们往往会说，用力踢球，球才会运动。这主要是分不清什么是运动，什么是运动状态的改变。正如物质不能创造也不能消灭一样，物质的运动也是不能创生或消灭的，只能从一个物体转移到另一个物体，从一种状态转变成另一种状态。物体的运动状态是多

种多样的，静止也是一种特殊的运动状态。当一个物体受力而从静止变为运动时，它的运动状态发生了改变，或者说，别的物体把一定量的运动转移给这个物体了，运动的总量是不变的。所以不能说力产生了运动，只能说力改变了运动状态。

5. 重力、弹力、摩擦力

上面说过，力是一个物体对另一个物体的作用。根据作用方式的不同，我们把力分为重力（万有引力）、弹力、摩擦力、电磁力等等。力学里常见的是重力、弹力和摩擦力。

(1) 重力

重力就是物体所受到地球的吸引力，通常认为它的大小就是物体的重量。重力和物体的质量有密切的联系，但实质上是两个完全不同的物理量。至于为什么说是两个完全不同的物理量，留在质量和重量一节里再谈。

(2) 弹力

物体受到外力作用时，会发生形变。即使外力很小，形变也一定发生，不发生形变的物体是没有的。物体的形变可以分两大类，一类叫弹性形变，一类叫范性形变。外力撤去后物体形状能完全恢复的形变叫弹性形变；物体形状不能完全恢复的就叫范性形变。物体在发生弹性形变时，它的内部会产生一个反抗外力的力，这个力就叫做弹力。物体一般都是既可以发生弹性形变，又可以发生范性形变的。究竟发生哪一种形变，要看所加的外力的大小。当外力超过一定的限度后，即使撤去外力，物体也不能恢复原状，物体的形变就从弹性形变转变为范性形变。这个限度就叫做弹性限度。

最常见而应用又最广的，要算是弹簧的弹力。根据虎克定律：在弹性限度内，弹力 F 和弹簧的伸长或压缩 l 成正比，

即

$$F = Kl。$$

式中 K 叫做弹簧的倔强系数, 是随弹簧而异的恒量。

(3) 摩擦力

两物体相互接触时, 不仅可能产生和接触面正交的压力, 还可能产生和接触面平行的摩擦力。产生摩擦力的原因很复杂, 除了接触面粗糙不平外, 分子引力和静电吸引力等都有关系。

相互接触的两个物体, 在外力作用下有滑动倾向时, 两物体间便产生静摩擦力。图 1-3 中甲、乙两个相互接触的物体,

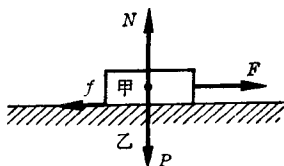


图 1-3

当物体甲受外力 F 作用时, 如果两接触面间没有摩擦力, 甲物体将沿外力 F 的方向滑动。但事实上, 当 F 小于某一数值时, 甲物体并不滑动。可见甲物体必然同时受到和外力 F 大小相等方向相反的静摩擦力。外力增大或减小时, 静摩擦力也跟着增大或减小。但当外力增大到某一数值时, 物体开始滑动, 可见静摩擦力的增大有一个极限值。这个极限值叫做最大静摩擦力。实验证明, 这个最大静摩擦力 f_m 和压力 N 成正比, 即

$$f_m = \mu_0 N。$$

式中 μ_0 叫做静摩擦系数。它和物体的质料、表面情况等有关。静摩擦力的方向总是跟物体的相对滑动趋势相反。

要使甲物体能在乙物体上作匀速滑动, 必须经常用一定数值的外力拖它。可见这时甲物体受到一定数值的摩擦力。这种摩擦力叫做滑动摩擦力, 它的方向总跟物体的相对运动方向相反。实验证明, 滑动摩擦力 f 也和压力 N 成正比,