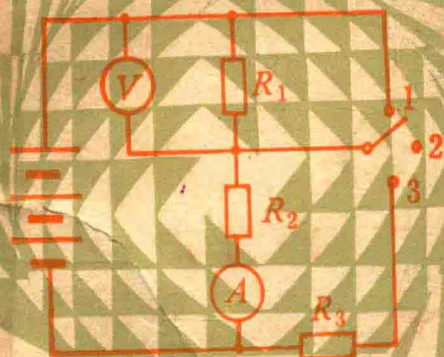


高中物理精要

修订本 (上册)



天津人民出版社

高中物理精要

〔按“两种教学要求”编写〕

(修订本上)

张继恒、缪秉成、焦树霖 编
凌毓儒、徐冠荣

张继恒

审订

天津人民出版社

高中物理精要
(修订本上)

*

天津人民出版社出版

(天津市赤峰道130号)

天津新华印刷二厂印刷 新华书店天津发行所发行

*

787×1092毫米 32开本 9.26印张 186千字

1984年1月第1版

1987年10月第5次印刷 1987年10月第5次印刷

印数：360,401—938,900

统一书号：7072·1349

定 价：1.45 元

ISBN7-201-00087-X/G·30

出版说明

已故著名数学家华罗庚说，如果读书的时候，做不到由厚到薄，那么读书越多越麻烦，就会如堕书堆的烟海之中不能自拔。高中生学习各门课时，在学完每一单元、章、编和全册之后，都应该把学过的内容进行全面系统的温习，通过对所学知识进行比较、分析、归纳、综合，升华出知识的本质属性及其相互间的内在联系，做到由厚到薄。我社约请北京市东城、西城、海淀、朝阳等区有经验的教师和教研员，按教学的“基本要求”和“较高要求”编写的这套《高中语文、数学、物理、化学精要》是这种由厚到薄的成功尝试。

这套丛书每科分上、下两册，曾多次在较大的范围内与读者见面，对广大高中教师和学生在学习、复习中，进行由厚到薄的工作起了卓有成效的指导作用，受到读者的广泛欢迎。我们这次根据新颁布的教学大纲的要求做了修订，再次将它奉献给读者，切望得到大家的批评指正。

目 录

第一编 力学	(1)
第一章 力、物体的平衡	(1)
第二章 变速运动	(38)
第三章 运动定律	(79)
第四章 机械能	(110)
第五章 动量	(155)
第六章 机械振动和机械波	(188)
第七章 流体力学	(215)
第二编 热学	(234)
第一章 分子运动论、气体的性质	(234)
第二章 热学、热力学第一定律	(255)
练习、检查题答案	(275)

第 编 力 学

第一章 力、物体的平衡

一、本章概述

本章也可以叫做静力学，它研究物体在外力作用下，机械运动状态保持不变（平衡）的条件。

本章的主要内容是：关于力的基础知识包括力的概念、种类、受力分析、力的合成与分解以及物体的平衡等。在复习过程中绝不能只认为物体的平衡是重点，而忽视了本章前面的概念、规律和方法的复习，恰恰相反只有掌握了力的概念、牛顿第三定律、物体受力分析的方法以及矢量的合成和分解的法则等，才能为学好静力学和整个力学部分打好坚实的基础。

力是力学部分的首要概念也是物理学中的重要概念之一，力学部分的内容就是以力的概念为中心展开的。牛顿第二定律表达了力的瞬时效果；动能定理表达了力的空间积累效果；动量定理表达了力的时间积累效果，这些都是力学中的主要规律。

力是物体间的相互作用，由于相互作用的方式不同，力分很多种。在中学物理学中，可以把经常遇到的力分为两大类，即接触力和场力。接触力是发生在相互接触的物体间的

作用力，包括弹力和摩擦力；场力的特点是相互作用的物体不一定直接接触，如物体之间的万有引力、电荷之间的相互作用、运动电荷之间的相互作用等都是依靠有关的场来实现的。采用以上这样的分类方法，对于作物体的受力分析，会带来方便。

参照系也叫参照物或参考系，读者在初二物理课中学习过这个概念，但在高中物理课本中没有加深这个概念。我们感到，在判断摩擦力的种类和方向时、学习运动的合成和分解时、讨论牛顿第二定律适用的条件时、确定动量守恒定律公式中的速度时都要用到这个概念，因此在复习的过程中不仅是重复而且有必要加深这个概念。

质点是力学中的一个基本概念，课本中是在运动学（变速运动）一章中出现的，但在第一章的受力分析一节中的受力图上，把重力、弹力、摩擦力的作用点全都画在重心上，实际上已经用到了质点这个概念，因此建议在第一章中进行复习。

在力学范围内常遇到的力是重力、弹力、摩擦力，要求明确它们各自的产生条件、能判断力的方向和计算力的大小。在物体运动范围不大的情况下，可以认为物体所受的重力是恒力，重力的大小和方向与物体运动的状态无关。弹力的大小和方向是由物体发生形变的情况决定的，但除了弹簧的弹力是根据它的形变应用胡克定律求得以外，一般物体之间的弹力是根据物体的运动状态作判断的。摩擦力与物体之间的相对运动情况密切相关，在分析物体受到的摩擦力时，要认清研究对象和参照物以及施力物和受力物之间的关系。

一对作用力和反作用力与一对平衡力，两者容易混淆，

常会有学生提出“既然马向前拉车的力与车向后拽马的力大小相等，方向相反，那么，为什么马还能拉车前进？”诸如此类的问题，在复习过程中要通过实例分析，认清这两对力之间的区别和联系。

对物体进行受力分析是解决力学问题的关键，不论是运用牛顿第二定律、动能定理还是动量定理，都必须对研究对象作受力分析。在复习过程中应强调受力分析的顺序，防止“漏力”或“添力”。

平行四边形法则是矢量合成的普遍法则，三角形法是平行四边形法的简化。正交分解法是由平行四边形法导出的，但平行四边形法和三角形法都是矢量运算法则，而通过正交分解法可以把矢量运算转化为代数运算。

合力和分力的关系是等效代替的关系，几个力的合力或某个力的分力都不是实际力，不能应用牛顿第三定律去寻求它们的反作用力；另外应当强调合力和分力不能同时参与运算。

在共点力作用下，物体的平衡状态是指静止或匀速直线运动。如在雨滴由高空下落的过程中，所受重力不变，空气的阻力随着速度的增加而逐渐变大，阻力与重力相平衡时雨滴作匀速直线运动。

有固定转轴物体的平衡状态是指静止或匀速转动，如在电动机或发电机工作的过程中机械力矩和电磁力矩相平衡时转子作匀速转动。

二、双基知识

（一）力学中的几个基本概念

1. 质点：可以不考虑大小和形状，把质量看作集中在一点的物体叫质点。当物体的形状和大小对所研究的问题来说完全无关或影响不大时，可以把物体看作一个质点，这时物体上所受的各个外力的作用点可以画在同一点上。如汽车在作平动，或者汽车虽作圆周运动但汽车的大小与圆半径相比可以不计时，都把汽车看成质点。

2. 参照系：为了确定物体的位置和描述其运动而选作标准（即当作不动）的另一个物体或物体系叫做参照系。

牛顿运动定律在其中能正确成立的参照系叫做惯性参照系，实践证明可以把地球看作惯性参照系。

相对于地球作匀速直线运动的系统也是惯性参照系；相对于地球作加速运动的系统不是惯性参照系，叫做非惯性参照系。

3. 力

(1) 力是一个物体对另一个物体的作用。一个物体受到的力的作用，一定有另一个物体对它施加这种作用。力是不能离开物体而单独存在的，因此，在谈力时，一定要搞清楚受力物和施力物。

(2) 力的作用效果是使受力物体的运动状态发生变化（即产生加速度）和使受力物体的形状和体积发生变化（即发生形变）。一定要注意力的效果是体现在受力物体上，马拉车的力的效果体现在车上，车拽马的力的效果体现在马身上。

(3) 力是矢量 力的三要素是力的大小、方向、作用点。在考虑力的转动效果时，要画出力的作用线，通过力的作用点，沿着力的方向所引的直线叫做力的作用线。

(4) 力的单位 在国际单位制中力的单位是牛顿。

$$1 \text{ 千克力} = 9.8 \text{ 牛顿}$$

(二) 重力

1. 重力的产生: 由于地球的吸引而使物体受到的力叫做重力。在一般情况下, 物体所受的重力与物体受到的地球引力之间有微小的差别。

2. 重力的方向: 竖直向下。当物体在地球表面不太大的范围内运动时, 可以认为重力的方向不变。

3. 重力的大小: 重力就是重量, $G = mg$ 。

4. 重心: 物体所受的重力是物体的各部分所受重力的合力, 这个合力的作用点就是重心。当物体的几何形状以及质量分布保持不变时, 它的重心位置相对于物体来说是一个确定的点, 与物体的所在位置和如何放置无关。物质分布均匀的有规则形状的物体的重心, 在它的几何中心。

(三) 弹力

1. 弹力的产生: 当物体发生形变时, 它就对迫使它发生形变的另一个物体产生弹力。弹力是接触力, 但不是所有相互接触的物体之间都存在弹力, 必须是既相接触又发生形变时才有弹力。

2. 弹力的方向: 总是与作用在物体上使物体发生形变的外力的方向相反。

绳子只能承受拉力, 因此绳子作用在物体上的弹力总是沿着绳子并指向绳子收缩的方向; 杆可以发生各种形变, 当杆发生压缩形变时, 作用在与它相接触的物体上的弹力指向杆伸展的方向。无论是拉伸还是压缩形变, 弹力方向总与接触面垂直。如图1-1-1所示, 杆 AB 架于半球形的碗状容器

中， O 是球的球心，杆与碗边相接触于 C 点。杆 AB 在接触点 A, C 两处受到两个弹力 F_1 和 F_2 ，在 C 点处的接触面与 AB 平行， F_1 的方向跟 AB 相垂直；在 A 点处的接触面是球在该点的切面， F_2 的方向指向球的球心 O ，也与接触面垂直。

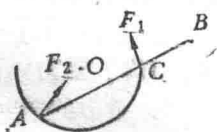


图1-1-1

3. 弹力的大小：在弹性限度范围内，弹簧的弹力 f 和弹簧伸长（或缩短）的长度成正比，这就是胡克定律。它的数学表达式是

$$f = kx.$$

x 表示弹簧的形变量，它是弹簧的现长与原长（没有形变时的长度）之差的绝对值； f 是弹簧发生形变时，施于其他物体的弹力； k 是弹簧的倔强系数，它等于弹簧发生单位长度形变时的弹力，单位是牛顿/米。

4. 关于弹力的几点说明

(1) 压力、支持力、拉力、张力、浮力等，从力的性质来说都是弹力。

(2) 产生弹力的条件是形变，但由于微小的形变在实际生活中难以观察，也难以在课本上的实物图中画出，因此在多数情况下判断物体之间是否存在弹力，是根据物体的运动状态应用物体的平衡条件或牛顿第二定律来作出决定的。

(3) 胡克定律只能计算弹簧在伸长或压缩时的弹力。如图1-1-1中，杆所受的弹力 F_1 和 F_2 ，需要根据物体的平衡条件列方程解得。

(四) 摩擦力

摩擦力是接触力。在判断物体之间是否存在摩擦力和摩

擦力的种类及其方向时，应当能正确理解相互接触的物体之间的两个方面的关系：在判断物体之间是否存在相对运动或相对运动的趋势时，要明确研究对象和参照物；在已经判断出存在摩擦力的情况下要明确摩擦力的受力物和施力物。

1. 滑动摩擦力

(1) 滑动摩擦力的产生条件：在相互接触的物体间发生相对运动时。

(2) 滑动摩擦力的方向：沿着接触面的切线方向，阻碍物体间的相对运动。

(3) 滑动摩擦力的大小：滑动摩擦力的大小 f 跟两物体间的正压力的大小 N 成正比，其数学表达式如下：

$$f = \mu N.$$

μ 称为滑动摩擦系数，它的大小决定于接触面的材料、光洁程度、干湿程度等。

如图1-1-2所示，当物体 A 在物体 B 的表面向右运动时（以 v_{AB} 表示相对运动的速度方向）， B 对 A 施加向左的滑动摩擦力（ f_{BA} ）阻碍 A 和 B 的相对运动。考虑相对运动时， A 为研究对象， B 是参照物；考虑与之相对应的滑动摩擦力的施力物和受力物时， A 为受力物， B 是施力物。总之相对运动中的研究对象是滑动摩擦力的受力物；相对运动中的参照物是滑动摩擦力的施力物；滑动摩擦力的方向总是阻碍物体间的相对运动。

在图1-1-2中，以 B 为研究对象时， B 相对于 A 有向左的相对运动， A 对 B 施加向右的滑动摩擦力，阻碍 B 和 A 之间的相对运动。

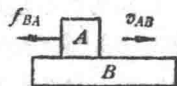


图1-1-2

2. 静摩擦力

(1) 静摩擦力产生的条件：在相互接触的物体间，有发生相对运动的趋势时。

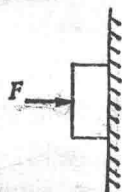
(2) 静摩擦力的方向：沿着接触面的切线方向，跟物体间相对运动的趋势的方向相反。

(3) 静摩擦力的大小：静摩擦力是被动力，当静摩擦力 f 小于最大静摩擦力 f_m 时，总是跟切向的其他外力相平衡（即静摩擦力的大小和方向随切向外力的大小和方向的变化而变化）

* 最大静摩擦力的大小 f_m 跟两物体间正压力的大小 N 成正比，即

$$f_m = \mu_0 N,$$

μ_0 称为静摩擦系数。 μ_0 稍大于 μ ，但当题目中没有分别给出静摩擦系数和滑动摩擦系数的情况下，可以认为这两个值是相等的。



如图1-1-3所示，重量为 G 的物体在外力 F 的作用下，贴在竖直的板壁上保持静止。

图1-1-3

由于重力 G 的作用，物体（研究对象）相对于板壁（参照物）有向下运动的趋势，板壁（施力物）对物（受力物）施加竖直向上的静摩擦力 f ，阻碍相对运动的产生；静摩擦力 f 的大小跟切向（即竖直方向）的其他外力（ G ）相平衡，所以 $f = G$ 。

作用力 F 不是切向外力， F 与板壁对物体的水平作用力 N' 相平衡，因此物体对板壁的正压力 N 的大小等于 F 的大小。 F 增大时，只是 f_m 增大，而现在实际存在的静摩擦力 f 并不增大， $f = G$ 。如果在图1-1-3中物体的正上方逐渐添加砝码，

则物体所受的切向外力的大小 G' 渐增,静摩擦力 f' 也随之渐增,保持 $f' = G'$,直到 $G' = f_m = \mu_0 N$ 时,物体开始沿着板壁向下滑动。

3. 关于摩擦的几点说明

(1) 物体对水平面的正压力不一定等于物体的重量 G ,物体对倾角为 θ 的斜面的正压力不一定等于 $G \cos \theta$ 但不论是什么样的支持面,也不论物体的受力情况多么复杂,物体对支持面的正压力和支持面对物体的支持力,总是一对作用力和反作用力,许多情况下是通过求支持力求得正压力的。

(2) 摩擦力总是阻碍物体间的相对运动,但在任何情况下都阻碍物体的运动。如在自行车运动的过程中,后轮是主动轮,由于链条的传动后轮与地面的接触点相对于地面有向后运动的趋势,地面对后轮上的触点施加向前的静摩擦力 f , f 的方向与自行车运动的方向相同,这就是自行车在运动的过程中所受的牵引力。

(3) 静摩擦力总是与接触面处的切向的其他外力相平衡。这一结论只有在惯性系中才成立,显然在图1-1-3中,物体是以竖直的板壁作为参照系的,当板壁相对于地球保持静止时,静摩擦力 f 的大小等于切向外力 G ;但当板壁以向下的加速度 a 运动时($a < g$),这时相对于板壁保持静止的物体所受到的向上的静摩擦力 f 的大小就不等于切向外力 G 了, $f = G - ma$ 。

至于滑动摩擦力的大小的计算和方向的确定,不论是在惯性系中,还是在非惯性系中都可以作相同的计算和判定,显然在图1-1-2中, B 相对于地在水平方向上保持静止时作用在 A 上的 f 的方向向左, $f = \mu N = \mu G$;当 B 相对于地在水平方向有加速度时,仍是 f 的方向向左 $f = \mu N = \mu G$;当然,当

B 有竖直方向的加速度时, f 的方向向左, $f = \mu N$, 但由于 $N \neq G$, 所以 $f \neq \mu G$ 了。

(五) 牛顿第三定律

1. 牛顿第三定律: 两个物体间的作用力和反作用力总是大小相等, 方向相反, 其矢量表达如下:

$$\vec{F} = -\vec{F}'$$

作用力和反作用力是分别作用在两个物体上; 它们同时产生、同时增大、同时减小、同时消失; 作用力和反作用力的性质相同。

牛顿第三定律只适用于实际力(力的性质确定, 并有确定的施力物和受力物), 不适用于等效力。当一个物体在粗糙的斜面上加速下滑时, 受到三个实际力, 即重力、弹力、摩擦力, 这三个力的合力沿着斜面向下, 这个合力是等效力, 而不是实际存在的力, 显然, 应用牛顿第三定律去分析这个合力的反作用力是不恰当的。

2. 一对作用力和反作用力与一对平衡力的区别:

区别 \ 两对力	一对作用力和反作用力	一对平衡力
牵涉物体	两个物体, 它们互为施力物和受力物	三个物体, 两个施力物所施的力共同作用在另一个物体上
力的性质	力的性质一定相同	力的性质不一定相同
力的效果	作用力和反作用力各有各的效果	两个力共同作用在一个物体上, 使它保持平衡
力的变化	同时产生、同时变化、同时消失	一个力变化或消失时, 另一个力不一定变化或消失

(六) 物体受力情况分析

掌握物体受力分析方法，并作出受力分析图是解决力学问题的关键，在分析物体的受力情况时，应当注意：

1. 正确选择研究对象

选择受力分析对象，应以能既简单，又方便解出答案为原则。受力分析对象可以是物体也可以是结点或物体系。在某些情况下，明知题目所要求的是甲给乙的作用力($F_{甲乙}$)，但却不能以乙物体作为研究对象，反而是以甲为研究对象，首先求得 $F_{乙甲}$ ，最后知道 $F_{甲乙}$ ，即先求得所要求的那个力的反作用力，再应用牛顿第三定律求得所要求的力。

2. 采用隔离分析法画受力图

受力图中只画出受力分析对象所受的力，它施于别的物体的力不能在图中出现；如果需要画出两个相互作用的物体的受力图，则应当分别画出两个受力图，而不能混合画在一个图上。

3. 注意受力分析顺序

注意受力分析顺序是防止“漏力”的有效措施。画受力图时，首先画上场的作用力；再画接触力，每有一个接触物，最多给它两个作用力，即弹力、摩擦力，弹力跟接触面相垂直，摩擦力跟接触面相切。

4. 找不到施力物的力是不存在的

防止“添力”比防止“漏力”要困难。注意受力图中每个力的施力物，是防止添力的措施之一。有时容易把物体的惯性误作为力，认为子弹离开枪口在空间运动时，除了受到重力和空气的阻力以外还受到一个向前的作用力，这个“力”是找不到施力物的；又如在分析圆锥摆的受力情况时，认为

摆球受到拉力、重力、向心力，这个“向心力”也是找不到施力物的，因此是错误的。

5. 要注意物体的运动状态

为了强调对物体作受力分析时决不能忽略物体的运动状态，有“对态受力分析”一词，它是受力分析正确与否的检验标准。凡是存在漏力或添力的差错时，用“受力情况与运动状态是否相符”来作检验，问题就能暴露出来，特别是好象有施力物的“添力”，可以由此加以排除。如图1-1-4所示，斜面 AB 以及水平面 BC 的表面光滑，静止的质量分布均匀的球体与它们在 D 点和 E 点相接触，如果误认为 AB 板在 D 点处对球体施加弹力，而运用“对态受力分析”，可以确定 D 点对球体没有弹力，因为有弹力存在时，球体在水平方向上就不能平衡。物体相接触只是产生弹力和摩擦力的前提，而不是产生条件，产生弹力的条件是形变、产生摩擦力的条件是相对运动或相对运动的趋势，所以会出现虽有绳子但无拉力、虽有运动但无摩擦的情况，对于这些能否作出正确的判断，“对态受力分析”是有效的方法。

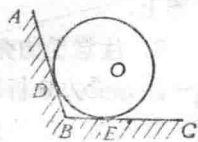


图1-1-4

6. 注意作用力和反作用力以及内力和外力

在分析连结体的受力情况时，要注意运用牛顿第三定律；对连结体作整体分析时，内力不能在受力图中出现，当作局部分析时，当初的内力变成了外力。

(七) 共点力的合成

1. 共点力：凡是力的作用线相交于一点的力都属于共点力。