

高中物理 学习导引

上册

Gaozhong Xuexi Daoyin

原子能出版社

吴三复 乔树森 编著

高中物理学习导引

上 册

吴三复 乔树森 郭天序

原子能出版社

内 容 简 介

本书是学习高中物理的导引,是为在校、在职和待业学习的各类青年编写的。上册包括力学、分子物理学和热学。所谓导引,就是按新的结构教学法给读者知识结构,使读者按结构去掌握具体知识;给读者学习程序,使读者通过对应性和综合性训练巩固基本知识,掌握基本技能。本书编写原则是:知识分块系统化;基础知识简明扼要;习题形式多样而又精炼,避免题海战术。本书可作为高考和考工、考职应试的系统复习和练习资料,可供知识青年自学之用,亦可供教师教学参考。

高中物理学习导引(上册)

吴三复 乔树森 郭序天

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

北京外文印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本 787×1092 $1/32$ ·印张8.125·字数182千字

1986年11月北京第一版·1986年11月北京第一次印刷

印数1—28,000 ·统一书号:7175·754

定价:1.35元

前 言

《高中物理学习导引》是学习高中物理的向导。

它按照知识结构编写。知识是多种多样的。它们千变万化、千差万别，可以说，知识如浩瀚的海洋。但是，知识是有规律的，是相互结合、相互联系、互为因果、相互推演、相互对比的。导引，就是给结构、给体系、给线索，使同学不会堕入烟海而迷向，使同学能沿着结构去掌握具体知识。

它是按照学习程序编写的。读者了解一块知识的结构，通过学习沿着结构落实有关知识，又经过对应性的训练和综合性的训练去掌握知识，去测试自己掌握基本知识、基本技能的程度和能力。这样，学知识就好比滚雪球，越滚越大。导引，就是给程序，为学习引路，就是把基本知识、基本技能的关，就是练能力，给同学金钥匙，引导一条正确的学习途径。

同学们学习科学知识，学习本身也是科学。学习得法，这样就可以举一反三，一通百通。本书力图按照这一原则为同学们的学习指路。

我们应邀编写的这本书，是面向在校、待业和在职学习的各类青年读者的，为了使它具有广泛的适应性，在编写过程中我们是有一些考虑的，现把这些想法和做法写在前面，供读者阅读时参考。

青年的学习时间一般是比较少的，因此对读物的要求是少而精，希望用较少的时间学到最重要、最基本的知识。面对这一情况，我们确定了本书的编写特点——物理基础知识

的叙述力求简明扼要，习题力求精炼，做到既形式多样又避免题海战术。

对于不同的读者，我们有以下的建议：

1. 对高中学生的建议：这本书是参照高中物理教学纲要编写的，尽管比课本的字数少得多，但高中学生应掌握的物理知识都具备了，因此本书可作为你的复习提要和练习资料，若把本书和课本配合起来使用，将会提高你的学习成绩。

2. 对在职读者的建议：如果您业余进修物理是为了报考电大、业大，就请您全面细致地钻研本书，通过一定时间的努力，在物理方面是能够达到报考水平的。如果您是为了丰富物理知识、提高工作能力，则请您把主要精力放在基础知识部分，较难的习题可以慢慢地消化理解。如果您是青年物理教师，则多注意本书的知识结构、讲述方法和练习资料，可供您在教学中参考。

3. 对待业青年的建议：如果你准备升学，就请你结合课本学习本书，这样能提高你原有的物理知识水平。如果你打算从事某种与物理有关的工作，就请你从本书中有选择地钻研你所需要的知识。

本书在编写中，有些稍高于或多于中学课本的内容，一般在前面写个〔附〕字，或在讲述过程中作了说明，这些部分是供给少数读者选读的。

我们编写的这本书，会有缺点和不足，望同志们和朋友们提出宝贵的意见。

编 者

目 录

第一编 力学	(1)
第一讲 物体的平衡.....	(5)
第二讲 直线运动.....	(29)
第三讲 牛顿运动定律.....	(51)
第四讲 曲线运动.....	(70)
第五讲 万有引力.....	(93)
第六讲 机械能和动量.....	(106)
第七讲 机械振动和机械波.....	(136)
第八讲 流体力学简介.....	(157)
第二编 分子物理学和热学	(170)
第一讲 分子运动论.....	(171)
第二讲 热和功.....	(179)
第三讲 气体的性质.....	(192)
第四讲 固体和液体的性质.....	(217)
第五讲 物态变化.....	(227)
自我测验参考答案.....	(242)

第一编 力 学

力学是物理学的基础，在高中阶段需要掌握的力学知识比较广泛和深入，为了便于读者学习和领会，我们先把力学的研究对象作一概括的叙述。

一、力学是研究机械运动规律的科学

1. 机械运动的概念

物体间相对位置的变化，称为机械运动。机械运动是最基本、最普遍的运动形式。

2. 机械运动的普遍性和相对性

宇宙万物都在作机械运动，平时所说的某个物体静止仅是相对而言的。然而地球一直在自转和公转，因此若以太阳为标准，则房子随着地球不停的作机械运动。

如上所述，机械运动都是**相对的**，因此在判断一个物体的运动状态时，首先要选择另一个物体为标准，这个被定为标准的物体通称为**参照物**，由于选取的参照物不同，对于物体运动状态的判断结果也不同。例如，当研究稳坐在行驶的汽车里的乘客的运动状态时，若以汽车车箱为参照物，则说人是静止的；若以车站为参照物，则说人随着车在运动。

3. 机械运动的种类

由于研究问题的角度不同，常有不同的分类方法，常用的有以下两种：

按运动的轨迹分类：直线运动、曲线运动。

按运动的状态分类：静止、匀速运动、变速运动。

这两种分类方法并不是孤立的，它们可以组合起来，例如，变速直线运动等。

二、力学的三个主要部分

1. 静力学：研究物体受力平衡的条件。

2. 运动学：研究物体的位置随时间变化的规律。

3. 动力学：研究物体运动状态变化的原因，也就是物体的受力情况与运动状态变化之间的关系，这部分知识在高中力学中占有三分之二以上的篇幅，是力学知识的重点和难点。我们在下面安排的八讲中有五讲（第三讲至第七讲）主要讨论动力学问题。

三、力学研究中所用的理想化模型

物体在受力和运动过程中，除了主要现象外，往往还存在着一些较次要的细节变化，如果把这些细节与主要现象合在一起讨论，将会使问题复杂化，因此在力学研究中，常把次要的细节忽略，而专门探讨主要问题的规律，在这种科学的抽象基础上，被忽略细节而简化了的物体，就是理想化模型。

力学中常提到的理想化模型有以下几种：

1. 质点：当一个物体本身的大小比起它运动的范围来小到可以忽略不计时，就可以忽略其本身的大小而看作一个“点”，这样抽象出来的模型就称为质点。一个物体是否能当作质点研究，是要看所研究问题的性质决定的。例如，研究地球公转时，因为地球的直径比起地球到太阳的距离来是小到可以忽略不计的（注意：这里说的大小都是相对的，尽管地球本身相当大，但比起地球到太阳的距离则是非常小的），所以研究公转时可把地球当作质点。但是研究地球自转时就不能当作质点了。那么一个物体不是相对的非常小时，是否都不能当作质点呢？一般是的，但是有一种情况例外——一个各部分运动的情况都相同的物体，其任何一点都可以体现整个物体的运动状态，于是这样的物体也可作为质点看待。

2. 刚体：物体在受到外力作用时要发生形变，但是当坚硬的固体受到不太大的力作用时，这种形变是十分微小的，因此在忽略这种微小形变的基础上，建立了刚体这一理想化模型（在外力作用下不考虑形变的物体）。在中学的静力学问题中，一般是把受力物当做刚体看待的。

刚体有两种基本运动形式——平动和转动。所谓“平动”，就是在运动过程中，刚体各点的运动情况都相同，因此联系质点知识可得到如下结论：做平动的刚体可以当作质点对待。所谓“转动”就是在运动过程中，刚体各点绕同一轴线做圆周运动，这当然不能够当作质点对待。

3. 弹性体：当受到外力作用时发生不可忽略的显著形变的物体，称做弹性体。仔细研究可知，固体可分为晶体和非晶体两类，因此固体的性质也有“各向异性”和“各向同性”

之分。我们在中学阶段所研究的仅限于“均匀而且各向同性的弹性体”，研究问题的范围又多在“弹性限度”内。

4. 流体：流体是液体、气体的总称，其特点是具有流动性。实际的流体是较为复杂的，因为流体是可以压缩的，而且在流动过程中流体内部存在着内摩擦力（又称粘滞阻力）。在中学阶段不研究过于复杂的流体问题，而是只限于讨论既没有内摩擦、又没有压缩性的流体，这种理想化了的流体称为“理想流体”。

四、高中力学的学习重点和有关说明

1. 质点力学：在中学阶段，除去静力学外，力学的其它部分都是把研究对象当作质点处理的，因此质点力学居于中学力学的首要地位。质点力学包括三部分——质点静力学、质点运动学和质点动力学。

2. 刚体静力学：研究刚体受力平衡条件及其应用，在第一讲中就讨论这种问题。（注：中学阶段不学习刚体动力学，涉及刚体运动学的知识也极少。）

3. 关于弹性力学和流体力学

中学不系统地讲述弹性力学，只在弹力的概念、胡克定律及振动和波部分涉及一些有关弹性体的知识。

中学对流体力学不提出全面的要求，只对流体静力学作一些初步的定量讨论；对流体运动学和流体动力学却涉及很少，并只作定性说明，而且因为上述知识是安排在初中课本里的，所以要求得也比较低。我们感到流体力学知识也很重要，因此编写了第八讲，对初中有关知识进行了适当的补充和提高，供有兴趣的读者参考。

第一讲 物体的平衡

一、基础知识的简要说明

1. 基本概念

(1) 力

①力的初步概念：力是物体间的相互作用。有受力物必有施力物。力不能脱离物质而独立存在。

②力的矢量性：力是矢量，大小、方向、作用点被称为力的三要素。力沿着力的作用线滑动并不改变其作用效果，这称为力的可传性，所以力属于“滑动矢量”。（注：力不可离开作用线侧移，否则将改变其作用效果。）

③力的效果：力能够改变物体的运动状态。力能够使物体发生形变。几个力共同作用在一个物体上，若满足一定条件可使物体平衡。

④力学问题中常见的三种力：

重力：由于地球的吸引而使物体受到的力称为重力，俗称重量。一个物体的各部分都要受到地球的作用力，各部分所受重力合力的作用点，叫做物体的重心。（注：合力作用点的物理意义，我们将在后面说明。）

弹力：物体由于发生弹性形变而产生的力称为弹力。弹力是接触力，只发生于相互接触的物体之间（或形变物体的一部分和另一部分之间）。在弹性限度内弹力遵从胡克定律： $f = kx$ 。（这些知识在初中部分已讲过，不再详述。）

摩擦力：当相互接触的物体做相对运动或有相对运动趋势时，物体之间存在着一种阻碍相对运动的力，这种力称为摩擦力。摩擦可分为静摩擦、滑动摩擦和滚动摩擦，其中滚动摩擦的本质和量度在中学阶段不学习。当两个相互接触的物体有相对运动趋势而又保持相对静止时，在接触面间存在着静摩擦力，静摩擦力是随着外力而变化的，它的变化范围在零与最大静摩擦力之间，当外力超过最大静摩擦力时，就不再是静摩擦了。当两个相互接触的物体发生相对滑动时，在接触面间存在着滑动摩擦力，滑动摩擦力的大小 f 跟物体间的正压力的大小 N 成正比， f 和 N 的比值称为滑动摩擦系数 μ ，它们间的数量关系为： $f = \mu N$ 。

⑤ 受力分析：在研究力学问题时，一般是先把研究对象“隔离”出来，然后分析周围物体给它的作用力，最后以图示的方法表达出物体受力的情况，这一过程称为“受力分析”，所画出的图示称为“受力图”。（关于受力分析的具体作法，读者将在后面各类练习题中见到。）

(2) 力矩

① 名词注释：图1-1-1表示一个有轴物体在力 F 作用下

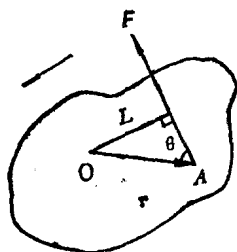


图1-1-1

下发生逆时针方向转动的情况，O表示转动轴（因为轴与纸面垂直，所以画成一个点），A表示力 F 的作用点，从转动轴O到力 F 的作用线的垂直距离 L 叫做力臂，从转动轴O向力的作用点A所画的矢量 r 叫做矢径（在中学课本中没有提到 r ）。

② 力矩的初步概念：力 F 和力臂 L 的乘积叫做力对转轴 O 的力矩 M 。数学表达为 $M = FL$ 。

〔附〕 力矩的矢量表达形式

$$\mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

上面这个矢量式表示矢量 $\mathbf{r}$ “叉乘”矢量 $\mathbf{F}$ ，这种乘积叫做“矢积”，凡是两个矢量叉乘得出的矢积仍然是一个矢量。

（有兴趣的读者可与后面第六讲中“功”的矢量点乘表示法相比较，那是矢量间的另一种乘法。）

矢量式 $\mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$ 的数值计算法规定为

$$M = rF\sin\theta$$

式中 θ 为 $\mathbf{r}$ 与 $\mathbf{F}$ 的夹角，如图1-1-1所示。

把 $M = rF\sin\theta$ 与初步概念的数学表达式 $M = FL$ 相比较，则可看出矢径 r 与力臂 L 之间的数量关系是 $L = r\sin\theta$ 。通过这一比较，读者在计算力矩的数值时就不会把 r 和 L 搞错了。

③ 力矩的矢量性：力矩是矢量，但这种矢量又不同于前面讲的力矢量，力矩的方向既不与 $\mathbf{F}$ 相同，也不与 $\mathbf{r}$ 相同，而是与 $\mathbf{r}$ 和 $\mathbf{F}$ 所决定的平面相垂直，这种矢量称为“轴矢量”。力矩轴矢量的方向可用右手螺旋法则确定：拇指挺起，四指弯曲，以四指的指尖指向物体的转动方向，则拇指所指的方向就是力矩的方向。用右手螺旋法则则可区别空间各向力矩的方向，是基本的方法，但是在中学阶段所研究的转动问题是比较简单的：刚体上所受的各力的作用线都在同一平面上（这种情况一般称为刚体受到“平面力系”的作用），所以物体转动的方向只有两种：逆时针转向和顺时针转向，因此在中学课本里作如下的规定：

逆时针转向的力矩取正值；顺时针转向的力矩取负值。

但是读者注意：这种规定方法只适用于平面力系，因为对于空间力系，力矩的转向不只是两种，于是也就不能简单地用正、负号区别了。

④ 力矩的效果：力矩能够改变有固定转动轴的刚体的转动状态。

〔附〕 自由刚体运动概述

当一个水平力作用于放在光滑平面上的自由刚体时，如果力的作用线通过刚体的重心（严格地讲应是通过“质心”），则刚体只发生平动，不发生转动。如果力的作用线不通过刚体的重心，则刚体既发生移动又发生转动：即质心在移动，同时刚体绕着质心转动，如果想让自由刚体只做转动而质心不移动，就需要建立另一个物理量——力偶。

（3）力偶

① 力偶的概念：两个大小相等、方向相反而且不沿同一直线作用的力，叫做力偶。

② 力偶的性质：力偶的合力为零，但合力矩不为零，所以力偶对物体不能产生移动效果，但能产生转动效果。

③ 力偶矩：如图1-1-2所示，物体受到力偶作用，力偶的两个力的作用线间的垂直距离 r 称为力偶臂。（注意：这里的 r 不是矢径）力偶中的一个力与力偶臂的乘积叫做力偶矩，仍以符号 M 表示，力偶矩的数值计算式为： $M = Fr$ 。

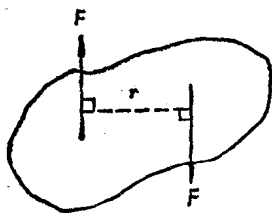


图1-1-2

力偶矩也是矢量，它的方向规定

法则与力矩相同：即一般的判定方法是右手螺旋法则。对于平面力系，则规定逆时针转向的力偶矩取正值，顺时针转向的力偶矩取负值。

力偶具有固定的力偶矩：即不管以哪点为转轴，力偶的两个力的合力矩总是等于 Fr 。

(4) 平衡

平衡的初步概念：物体保持原有的运动状态不变，叫做平衡。

对于质点，由于只有移动问题没有转动问题，所以其平衡状态只表现为：静止或匀速直线运动。

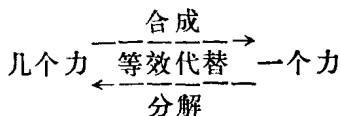
对于刚体，既存在平动问题又存在转动问题，所以其平衡状态可表现为：静止、匀速直线运动和匀速转动。

2. 重要规律

(1) 共点力的合成与分解

① 共点力的概念：几个力共同作用在物体的一点上，或几个力的作用线延长可交于一点，就称这些力为共点力系，简称**共点力**。

② 力的合成与分解的概念与意义



合成与分解都是建立在**等效代替**的基础上的，其目的是把“实际力”转化为“效果力”，以利于研究问题，例如，放在斜面上的物体所受的重力（实际力）是竖直向下的，但

其效果却是沿斜面下滑和垂直压迫斜面，如果我们把重力分成两个效果力——下滑力和正压力，再研究物体的下滑状态和所受摩擦等问题就方便多了。

③ 共点力合成与分解的法则

实验证明：共点力的合成与分解满足**平行四边形法则**。若以 F_1 和 F_2 表示两个力，以 F 表示其合力，则其图解法如图1-1-3所示，其数值计算式与方向计算式（以角度表示方向）如下：

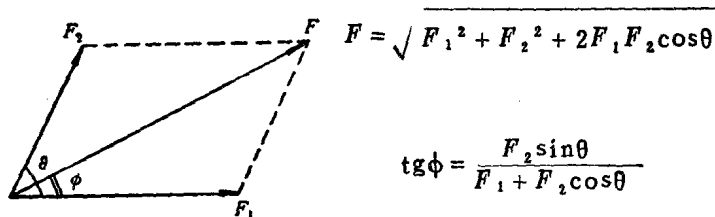


图1-1-3

④ 共点力合成与分解的比较

共点力的合成相当于已知两个邻边画其所构成的平行四边形的对角线，因此答案是唯一的。

把一个力分解为两个共点力则相当于已知对角线画出其对应的平行四边形的两个邻边，由于一条对角线可对应无限多对邻边，因此分解是多样的，但是在实际应用时，则是根据实际的效果来分解的，所以分解是在一定“条件”下进行的，例如前边所说的放在斜面上的物体所受的重力，可分解为下滑力和正压力就是在实际效果的条件下进行分解的。其它情况的分解问题，请读者结合后面的练习体会。

〔附〕 同向平行力合成法则简介

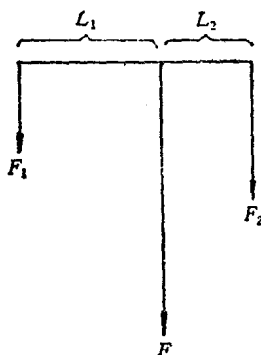


图1-1-4

如图1-1-4所示： F_1 、 F_2 表示两个同向平行力； F 是它们的合力； L_1 、 L_2 是两力对其合力的作用点的距离。则其合力的大小及作用点的位置可通过下面两个式子求出：

$$F = F_1 + F_2$$

$$F_1 L_1 = F_2 L_2$$

至于反向平行力的合力大小则是二力相减，其作用点的位置也可用力矩关系求出，但较麻烦，不再详述。

(2) 在共点力作用下物体的平衡条件：作用在物体上各力的矢量和等于零。即：

$$F_1 + F_2 + \dots = 0$$

$$\text{或 } \Sigma F = 0 \quad (\text{式中 } \Sigma \text{ 为取和算符})$$

(3) 有固定转动轴的物体的平衡条件：作用在物体上各力矩的矢量和等于零。即：

$$M_1 + M_2 + \dots = 0$$

$$\text{或 } \Sigma M = 0$$

〔注〕如前所述，对于平面力系问题，由于力矩只有逆时针与顺时针两种转向，且可以用正、负号表示，所以平衡条件也可说是：力矩的代数和等于零。

(4) 平衡的类型和稳度

① 支点、支轴和支面

物体与支持物间的接触状态是点接触的，其接触点称为支点，图1-1-5的三个图都是支点平衡。

物体与支持物间的接触状态是线接触的，其接触线称为