

# 锦囊妙解

中学生 数理化系列

主编/陈秀梅

PHYSICS

不可不知的  
素材

高一物理



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

# 前 言

Preface

武林竞技,想要取胜,或“一把枪舞得风雨不透”,或有独门绝技,三招之内,挑敌于马下。古有“锦囊妙计”,今有“锦囊妙解”辅导系列。继“锦囊妙解——中学生英语系列”、“锦囊妙解——中学生语文系列”之后,我们又隆重推出了“锦囊妙解——中学生数理化系列”。

这是一套充满智慧的系列丛书,能使你身怀绝技,轻松过关斩将,技增艺长。这更是一套充满谋略的系列丛书,能使你做到“风雨不透”,意外脱颖而出,圆名校梦。

这套丛书紧密结合教材内容,力求将教学需求和实际中高考要求完美结合。在体例设计、内容编排、方法运用、训练考查等方面都充分考虑各个年级学生的实际,由浅入深,循序渐进,稳步提高,并适度、前瞻性地把握中高考动态和趋向,在基础教学中渗透中高考意识。

本丛书作者均为多年在初中、高中一线教学的精英,每册都由有关专家最后审稿定稿。

这套丛书按中高考数、理、化必考的知识点分成三大系列:《不可不读的题》、《不可不知的素材》和《不可不做的实验》。从七年级到高考,并按数学、物理、化学分类,配套中学新课标教材,兼顾老教材,共有36册。

本丛书有如下特点:

## 1. 选材面广,知识点细,针对性强

在《不可不读的题》中,我们尽量选用当前的热点题,近几年各地的中高考题,并有自编的创新题。在《不可不知的素材》中,我们力求做到:知识面广、知识点细而全、知识网络清晰,并增加一些中高考的边缘知识和前瞻性知识。在《不可不做的实验》中,我们针对目前中学生实验水平低、实验技能差、实验知识缺乏的情况,结合教材的知识网络,详细而全面地介绍了实验。有实验目的、原理、步骤、仪器,实验现象、结论、问题探讨,并增加了实验的一般思路和方法。除介绍课本上的学生实验和教师的演示实验外,还增加了很多中高考中出现的课外实验和探究实验。

## 2. 指导到位

本丛书在指导学生处理好学习中的基础知识的掌握,解题能力的娴熟,实验能力的提高方面,有意想不到的功效。选择本丛书潜心修炼,定能助你考场上游

刃有余，一路顺风，高唱凯歌。

### 3. 目标明确

在强调学生分析问题和解决问题能力的同时，在习题、内容上严格对应中高考命题方式，充分体现最新中高考的考试大纲原则和命题趋势。

梦想与你同在，我们与你同行。我们期盼：静静的考场上，有你自信的身影。我们坚信：闪光的金榜上，有你灿烂的笑颜。

本丛书特邀江西师范大学附属中学高级教师、南昌市学科带头人万强华担任主编。本分册由陈秀梅主编。

我们全体策编人员殷切期待广大读者对丛书提出宝贵意见。无边的学海仍然警示着我们：只有不懈努力，才会取得胜利，走向辉煌。

编者

2006年6月

# 目 录

## Contents

### 前言

### 第一章 力 物体的平衡 ..... 1

第一节 力 ..... 1 ☆

第二节 重力 ..... 5 ☆

第三节 弹力 ..... 9 ☆

第四节 摩擦力 ..... 12

第五节 力的合成 ..... 19

第六节 力的分解 ..... 23

第七节 共点力作用下物体的  
平衡 ..... 28

第八节 共点力平衡条件下  
的应用 ..... 32

本章小结 ..... 35

### 第二章 直线运动 ..... 44

第一节 几个基本概念 ..... 44

第二节 位移和时间的关系 ..... 49

第三节 运动快慢的描  
述——速度 ..... 52

第四节 速度和时间的关系 ..... 55

第五节 速度改变快慢的描  
述——加速度 ..... 61

第六节 匀变速直线运动的  
规律 ..... 65 ☆

第七节 匀变速直线运动规律  
的应用 ..... 69 ☆

第八节 自由落体运动 ..... 72

本章小结 ..... 79

### 第三章 牛顿运动定律 ..... 85

第一节 牛顿第一定律 ..... 85

第二节 运动状态的改变 ..... 89

第三节 牛顿第二定律 ..... 92

第四节 牛顿第三定律 ..... 96

第五节 力学单位制 ..... 100

第六节 牛顿运动定律的  
应用 ..... 103

第七节 超重和失重 ..... 106

第八节 牛顿运动定律适用  
范围 ..... 111

本章小结 ..... 112

### 第四章 曲线运动 ..... 122

第一节 曲线运动 ..... 122

第二节 运动的合成和分解 ..... 126

第三节 平抛物体的运动 ..... 130

第四节 匀速圆周运动 ..... 135

第五节 向心力 向心加  
速度 ..... 140

第六节 匀速圆周运动的  
实例分析 ..... 144

第七节 离心现象及其应用 ..... 151

本章小结 ..... 154

### 第五章 万有引力定律 ..... 161

第一节 行星的运动 ..... 161

第二节 万有引力定律 引力  
常量的测定 ..... 166

第三节 万有引力定律在天文  
学上的应用 ..... 173



第四节 人造卫星 宇宙		第四节 动能 动能定理	206
速度	179	第五节 重力势能	211
本章小结	188	第六节 机械能守恒定律	216
第六章 机械能	192	第七节 机械能守恒定律的 应用	222
第一节 功	192	本章小结	230
第二节 功率	198		
第三节 功和能	204		



## 第一章 力 物体的平衡

### 学习指导

本章内容是以力的概念为核心,学习力的基础知识。力的有关知识是高中物理的基础,也是即将学习的静力学和动力学的预备知识,因此,本章知识的突出特点是基础性与预备性。

力的运算法则,尤其是力的分解是贯穿于整个力学乃至物理学中的重要内容,当然也是本章的重点;而弹力和摩擦力的分析是本章的难点,也是同学们容易出错的地方。通过本章的学习,同学们对力这一客观存在而又抽象的

概念要深入理解,不要只停留在对概念叙述的记忆上。

本章内容与初中学过的力学知识衔接密切,是初中所学知识的扩展和深化,要求同学们在学习过程中应适当复习初中学过的力学知识,以便把初、高中的知识台阶尽量铺得平缓些。

本章是学好物理的前提和基础,学好本章,将为你的高中物理学习打造一个良好的开端!

### 第一节 力

#### 知识表解

项目	力
定义	力是物体间的相互作用
特点	①力的物质性:力不能离开物体而独立存在 ②力的相互性:施力物体同时也是受力物体 ③力的矢量性:力具有方向性
三要素	(1)大小 (2)方向 (3)作用点
表示方法	(1)力的图示 (2)力的示意图
分类	(1)按性质分:重力、弹力、摩擦力等 (2)按作用效果分:拉力、压力、支持力、动力、阻力等
作用效果	(1)物体速度大小、方向发生变化 (2)使物体发生形变

#### 知识与规律

##### 1. 力是物体之间的相互作用

①力的物质性:任何一个力都能同时找到施力物体和受力物体,脱离物体的力是不存在的。

②力的相互性:当一个物体对另一个物体施加力的同时,也必然受到另一个物体的作用,即力的作用是相互的。因而施力物体、受力物体也是相对的,如研究甲、乙相互作用时甲物体的受力,甲就是受力物体,乙是施力物体;而如果研究乙物体的受力,甲就是施力物体,而乙成为受力物体。在对物体受力分析时,通常只分析受力物体受到的力。

③力的独立性:几个力作用在同一物体上,每个力对物体的作用效果均不会因其他力的存在而受到影响。

④力的同时性:物体间的相互作用力是同时产生同时消失的。

⑤力的矢量性:力不仅有大小,而且有方向。力的大小用弹簧秤测量,在国际单位制中,力的单位为牛顿。

##### 2. 力的三要素

力的大小、方向和作用点称为力的三要素。

要完整的确定一个力,力的三要素缺一不可。

##### 3. 力的作用效果



力可以使物体发生形变,也可以改变物体的运动状态,即改变物体运动速度的大小和方向。

(1) 静力效果——使物体的形状发生变化(形变),如把物体拉伸、压缩、扭转、剪切等。

(2) 动力效果——改变物体的运动状态,如使物体从静止开始运动,或从运动变为静止(或使物体的运动速度从小变大、从大变小);或使物体的运动方向发生变化等。

根据力的作用效果,判断物体是否受力,是受力分析的基本方法。

#### 4. 力的分类

(1) 按性质分类:重力、弹力、摩擦力、电磁力等。

(2) 按效果分类:拉力、压力、支持力、动力、阻力等。

**说明** ① 不同效果的力可以是同一性质的力,如拉力、压力、支持力都属于同一性质的力——弹力。

② 不同性质的力作用效果可以相同,如重力和弹力(绳对物体向下的拉力)都可以使物体加速下落,是动力。

③ 对物体进行受力分析时,分析的是物体受到哪些“性质力”(按性质命名的力),不要把“效果力”与“性质力”混淆,重复分析。

④ 性质命名与效果命名的区分:性质命名的力强调此力的产生特性,即一提到此力就知道它的产生特点;而效果命名的力强调力产生的效果,即一提到此力就知道它可能怎样改变物体的运动或使物体发生形变。以后要学的合力、分力、回复力、向心力等都是按效果命名的力。

#### 5. 力的图示

为了更形象、直观地表达力,我们可以用一根带箭头的线段来表示一个力的大小、方向和作用点(即力的三要素),这种表示力的方法,叫做力的图示。

(1) 用力的图示表示力时,标度的选取是任意的,实际问题中,可根据已知力大小做恰当选择,尽量使画出的力既容易分度,又使整

个画面匀称、美观。标度选定以后,表示力的线段长度就唯一确定。力的方向由箭头方向来表示,箭头或箭尾表示力的作用点。画力的图示时,只分析物体受到的力,力的作用点在受力物体上。

(2) 画力的图示的步骤:① 选定标度(用多少毫米表示多少牛的力);

② 从作用点沿力的方向画一线段,根据选定的标度和力的大小按比例确定线段的长度,并在线段上加上刻度;

③ 在线段的一端加箭头表示力的方向,箭尾在力的作用点上,力的方向所沿的直线叫力的作用线。

#### 6. 力的示意图

是一种粗略描述力的方法,相对于力的图示,它不需要选定标度,只用大致比例长度的线段表示在箭头方向上受到这个力。

在以后的学习中我们画的受力图一般是示意图,多数情况下某些力的方向、作用点、大小已知,要我们来求另外一些力的大小或者方向,我们只要画出示意图即可,一般不画力的图示。

### 身边的物理

#### 成功经验借鉴

##### 1. 物理学习笔记

学习笔记是同学们在学习活动中,通过听讲、观察和思考而记录的内容,是一种重要的学习手段。俗话说“好记性不如烂笔头”,随着时间的推移,所学知识总要有遗忘,而学习笔记积累了大量的原始资料,稍加整理,就可以使知识系统化,便于日后复习巩固。

学习笔记应注重内容、不拘形式、发展能力为原则,起到拓宽知识、加深理解、训练思维、提高效率的作用。

(1) 学习笔记应记什么?

① 记重点。

a. 记重要的概念、原理和规律。物理概念、原理、规律的叙述常常是简洁而严谨的,一个关键的字、词往往隐藏着丰富的内涵,因此在

物理概念、原理、规律的学习中,必须及时把老师在课堂上分析这些隐藏着的潜台词整理出来,并作必要的记录;b.记典型问题。典型问题对同学们今后的学习可起到引导、启发和示范作用,能发展分析、综合、归纳和应用知识等多方面的能力,培养思维的逻辑性和推理的严密性;c.记一般规律。通常情况,老师会将类似的或有关联的问题进行分类、概括,整理其分析思路,总结思维方法。

### ② 记问题。

发现问题是认识上的进步,问题得到解决是知识水平的提高。物理学习说到底就是生疑、释疑的过程。每个同学可整理出自己学习情况的“问题集”,以便检查自己学习中遗留的问题,提高学习效率。

### ③ 记课外知识。

俗话说:“处处留心皆学问”。当今社会处于信息时代,物理学习也应适应时代要求。因此,在物理学习中应广泛地阅读、细心地观察、认真地思索,随时采纳信息,使一些现象与物理知识产生神奇的碰撞,迸发出灵感的火花。

### (2) 记笔记时应注意的问题:

#### ① 处理好“听”“想”“记”的关系。

同学们要逐步养成手脑并用、边听边记的习惯。因高中课堂教学难度、容量都比较大,如果把“听”和“记”绝对分开进行,必然会有一些内容听不到或记不全,这必然影响学习效果。

#### ② 及时整理笔记。

由于时间紧迫,笔记可能有各种缺陷,要及时查漏补缺。

#### ③ 要注意笔记的合理布局。

课堂笔记不要写得过密,行与行、段与段之间要留有适当的空白,以便于修改、补充和整理。

## 2. 如何学好力学

众所周知,力学既是物理学的基础又是重点和难点,其覆盖面广,内涵深刻,而且考试和竞赛中的很多难题都是围绕力学这部分的知

识展开的。力学的主要内容可以概括为三个重要的关系以及相应的定理,包括功能的关系、动量关系以及牛顿三定律。

物理本身就是一门与生活紧密联系的学科,运用物理可以对我们身边很多现象进行解释。力学的研究对象就是运动的客观规律及其运用。为此,力学中引入了很多概念,并得到了很多由这些概念所构成的规律,大家都知道,对于任何一门课,仅仅只是死记硬背其基本的概念和定理,是不可能进一步地掌握其深层次内涵并加以合理运用的,物理更是如此。对一个概念的来龙去脉和准确定义的把握显然是非常重要的,这可以避免一些相似概念的混淆。对新的概念、定义、公式的含义,要用自己的语言表述出来,对于定理的证明、公式的推导,最好在了解了基本的思路之后,自己能脱离书本把它们演算出来。这样你才能对它们成立的条件、关键的步骤、推理的技巧等有深刻的理解。鉴于物理又是一门与日常生活紧密相连的学科,将所学理论在实际生活中进行验证,举一反三也可以帮助我们更好地理解。例如我们在用筷子的时候,就可以对筷子进行受力分析;在乘电梯或是玩过过山车时,也可以对自己进行受力分析并对失重与超重有感性的认识;看似复杂的“神舟五号”的运行机制,其实它的基本原理也是可以用我们所学的力学知识(牛顿定律)解释的。

力学里的一系列概念和规律构成了一个完整和谐的整体,所以我们理解它们的时候也要瞻前顾后,以便对力学体系有一个全面的认识。例如,要知道在力学学习中,对物体进行受力分析是一切其他研究的基础,不管是静力学、动力学、天体运动、简谐运动、浮力还是以后要学到的电与磁,都不可避免地需要运用受力分析。只有知道了这一点,你才会把握好对受力分析的学习,并在适当的时候运用它。牛顿三大定律的重要程度就更不容置疑了,它是整个力学的基础与核心,在很多题目中你都可以运用它们进行分析。





逻辑推理在力学中可以说是俯拾即是,严密的逻辑推理,是正确运用物理规律解决问题的必由之路。培养逻辑推理能力的有效办法是:看到一道物理题,稍微思考一下后,找一个人对他讲述你的解题思路,在讲述过程中,你自己就可以知道各个步骤在整个解题过程中的地位与作用。

当然,想要学好力学,实验肯定少不了。实验不仅可以让力学里的定律得到验证,使之更容易被理解和接受,同时也大大调动了物理学者的兴趣。

数学同样也是学好力学的一个很重要的因素,数学作为一个基础工具,在力学中的作用也不可忽视。

除此之外,对力学的学习也和对其他学科的学习一样有着它们共同的学习方法与技巧。例如要多做题,勤思考,认真听课,及时总结,并且常与人讨论会给自己带来很大的收获。

最后,需要强调的是,物理是一个非常灵活的学科,所以我们一定要思考再思考,从初中到大学我们会学习三遍物理,虽然深度不同,但是研究的内容却没有改变,而看似简单的力学知识在经过再三思考之后也将会以完全不同的形象呈现在我们的面前,到那时,我们对物理知识的运用可能会更加游刃有余。

### 3. 好的学习习惯

对于刚跨入高中大门的同学来说,由于高中物理教材与初中物理教材的差异较大,原有的学习习惯可能已不适应,因此,在以后的学习中应养成良好的学习习惯。

#### (1) 积极思维的习惯。

“听课”是学习的重要一环,俗话说“会听的听门道,不会听的听热闹”。课堂上应“勤思善问”,主动地发现问题,在积极的探究活动中激发学习的灵感,养成积极的、有效的思维习惯。

#### (2) 良好的解题习惯。

① 审题:有些同学在做练习时,只是把题

目粗略地看几眼,就急于动笔做起来,常因未审清题意做错或中途解不下去,不再重新求解,因此读题切忌贪快,要慢而细,不妨多读两遍,找出题中的关键词语或条件并划出来,真正弄懂题意后再设法求解。

② 画图:高中物理某些内容可用图或图像表示,例如有受力分析图、运动过程图、电路图、光路图等,以及若干图像:运动学中的  $v-t$  图像、 $s-t$  图像,振动和波动图像等。要养成画图的习惯,将抽象的物理过程形象化。

③ 解题:解题过程要清楚、完整,必要的公式、文字说明、演算步骤、物理量的单位、结论等均应一一写清,图应画得规范,例如光路图中注意光线的虚实,有元箭头表示方向等。清晰的解题过程是思路清晰的体现。

④ 纠错:大家都有这样的体会:某一问题已学习、解决不只是一遍,但再遇到时仍一错再错,究其原因,是没能认真改正错题,老师讲解时貌似明白了,实际上并没有真正弄懂,留下隐患。改错不是对每道错题在形式上重写一遍,而是要通过认真的思考,认识到自己原来出错的原因,并对正确的解法真正心领神会,这样才能消除再次出错的可能。

## 力的本质

人们对力的认识开始于生产劳动中干活时的肌肉紧张,对这种认识的扩展和科学提炼,形成了物理学中力的概念。我国古代的科学著作《墨经》中就有这样的叙述“力,刑之所以奋也”,意思是:力是使身体奋起运动的原因。这里“刑”同“形”,指身体,“奋”是指由静到动,由慢到快,含有加速度的意思。在西方,力的概念首先产生在古希腊的哲学辩论中,出现了一种“力是因,运动是果”的原始因果论观点。在亚里士多德的著作中,力被看做是从一个物体发射到另一物体中去的,这种发射的力本身不是物质,而是一种“形式”,它是依赖于物质存在的。力的科学概念是由意大利物理学家伽利略提出的,牛顿继承和发展了伽利略对力的科学概念的认识,首次给出了力的严格和

科学的定义,并运用  $F=ma$  等数学方法描述了力。在经典力学中,关于力的认识是认识整个物理学的基础。

力是物体之间的相互作用。①力的作用离不开物质,不管是接触物体间还是不接触物体间,也不管是宏观物体间还是微观物体间,力的作用都不能离开物质而单独存在。②力的作用是相互的,作用力和反作用力总是成对出现,同时存在,同时消失,它们大小相等,方向相反,同种性质,分别作用在相应的两个物体上。③力的作用与物质的运动一样,要通过时间和空间来实现,决不存在没有作用时间和作用空间的力。

### 联系生活应用题

**例 1** 地壳的造山运动从没有停止过,沧海桑田的变化蕴含了丰富的力学原理,试分析其显示的力的作用效果是什么?

解 沧海桑田的变化是由于地壳内长期复杂的变化形成的,究其原因这是由于地壳内部各部分之间力的作用而引起的。由于力长期的作用,使地面的形状发生变化(形变),长期积累下来便造成了地面隆起(运动),所以本题恰好反映了力的两种作用效果:①使物体产生形变;②改变物体的运动状态。

点评 从复杂的物理现象中,探寻造成此现象的事物本质,从而了解到沧海桑田的变化是力长期作用的效果。

**例 2** 18世纪德国出过一部《吹牛大王历险记》的故事集。书中写道,有一回吹牛大王掉进了沼泽,“怎么办呢?要不是我的手有惊人的力气,那我早就没命啦。我是一个出众的大力士,所以当时我一把揪住自己的小辫儿,拼命往上一提,就毫不困难地把自己从烂泥里拔了出来”。大力士真的能提起自己吗?从力的概念出发加以分析。

解 由于物体间力的作用是相互的,所以一个人无论有多大的力量,如果没有来自外界其他物体对他的作用力,想提起自己是不可能的。

不但是人,一切物体要改变运动状态,都需要依靠别的物体(外力)的作用,仅靠自己内部的力(内力)是不行的。人的手之所以不能举起自己的身体,是因为对整个人来说,手是其中的一部分,手拉人体的力是整个身体的内力,不能改变整个身体的运动状态。当手用力提起身体时,身体反过来拉住手,这两个力相互抵消,因此整个人体(包括手在内),不能移动分毫。

## 第二节 重力

### 知识表解

(续)

项目	内容	
重力	定义	由于地球的吸引而使物体受到的力
	产生原因	由于地球的吸引
	施力物体	地球
	三要素	①大小: $G=mg$ ②方向: 竖直向下 ③作用点: 重心
	测量	测力计

项目	内容	
重心	定义	即物体各部分所受重力的作用可等效集中于一点,这点叫做物体的重心
	影响重心位置的因素	①质量分布均匀的物体,重心的位置只与物体的形状有关,有规则形状且质量分布均匀的物体,它的重心就是几何中心 ②质量分布不均匀的物体,重心的位置与物体的形状和物体的质量分布都有关
	确定重心的方法	悬挂法



## 知识与规律

## 1. 重力

由于地球对物体的吸引而使物体受到的力。

重力的施力物体是地球，地球上的物体，无论是在地面上，还是在空气中，无论质量大，还是质量小，无论是静止，还是运动，只要在地球表面附近都受重力作用。

## 2. 重力的大小

$$G = mg, \text{ 通常 } g = 9.8 \text{ N/kg.}$$

$g$  的物理意义：质量为  $1 \text{ kg}$  的物体所受到的重力的大小是  $9.8 \text{ N}$ 。

## 3. 重力的方向：竖直向下

不能把重力的方向不加条件的说成指向地心，或与地面垂直，因为重物只有在两极或赤道上时所受重力的方向才指向地心，而垂直向下是相对于某个平面来说的，不同的平面，方向会不同。

## 4. 重力的测量

重力的大小可以用弹簧秤测量，也可以根据物体对竖直绳的拉力或对水平支持物的压力来确定。

## 5. 重心

一个物体的各部分都要受到重力的作用，但在效果上可以认为这些作用集中于一点，这一点称为物体的重心。

一个物体可以看成由许多部分构成，每一小部分都受到重力的作用。研究具体的物体时就可以把整个物体各部分的重力，由作用于重心的一个力来表示，于是，原来一个物体就可以用一个有质量的点来代替，如图 1-2-1 所示。有时为了研究问题的方便，也可以把一个物体分成几部分，各部分单独受重力作用来研究问题。

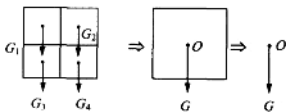


图 1-2-1

## 6. 重心的位置

① 质量分布均匀的物体，重心的位置只跟物体的形状有关。有规则几何形状的均匀物体，它的重心在几何中心，如一张扑克牌的重心在其对角线的交点上。

② 质量分布不均匀的物体的重心除跟物体的形状有关外还跟物体的质量分布有关，如一个同学的重心会随着身体的弯曲、直立、坐、躺等变化而变化。

③ 一个物体的重心可以在物体上也可以在物体之外，如一块铁板的重心在铁板上，而一个圆环的重心就不在圆环上。

④ 重心的位置与物体所在的位置及放置状态、运动状态无关，但一旦质量分布发生变化其重心位置也发生变化，如玻璃杯和水的合重心会随水的多少而发生变化。

⑤ 不规则均匀薄板的重心的确定方法：悬挂法。如图 1-2-2 所示，先在 A 点把板悬挂起来，物体静止时，物体所受的重力与悬绳的拉力在同一竖直线上，所以物体的重心一定在通过 A 点的竖直线 AB 上，然后在 C 点把物体悬挂起来，同理知，物体的重心一定在通过 C 点的竖直线 CD 上，AB 和 CD 的交点 O，就是薄板重心的位置。

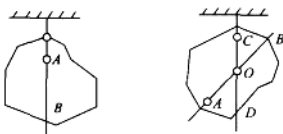


图 1-2-2

## 身边的物理

## 四种相互作用

① 万有引力：一切物体间都存在的相互吸引作用是自然界中的一种基本相互作用，地面物体所受的重力只是万有引力在地球表面附近的一种表现。

② 电磁相互作用：电荷之间的相互作用和磁体之间的相互作用，本质上是同一种相互作用。

用的不同表现,称为电磁相互作用。

③ 强相互作用:使原子核紧密保持在一起的强大的相互作用。距离增大,强相互作用急剧减小,作用范围约  $10^{-16}$  m。

④ 弱相互作用:放射现象中起作用的是弱相互作用。弱相互作用的范围也约为  $10^{-15}$  m,但强度只有强相互作用的  $10^{-12}$ 。

牛顿在他的著作《自然哲学的数学原理》前言中写道:“我奉献这一作品,作为哲学的数学原理,因为哲学中的全部责任似乎在于——从运动的现象去研究自然界中的力,然后从这些力去说明其他现象。”牛顿本人正是实践这条思路的先驱,他在发表三大运动定律的同时,发表了万有引力定律。

牛顿以后的三百年来,物理学家们从各种自然现象中,寻找支配这些运动现象的力。目前,物理学界公认,自然界存在四种基本的相互作用:万有引力(简称引力)、电磁力、强相互作用和弱相互作用。

在宏观世界里,能显示其作用的只有两种:引力和电磁力。引力是所有物体之间都存在的一种相互作用。由于引力常量  $G$  很小,因此对于通常大小的物体,它们之间的引力非常微弱,在一般的物体之间存在的万有引力常被忽略不计。但是,对于一个具有极大质量的天体,引力成为决定天体之间以及天体与物体之间的主要作用。

例如,地球对于它表面上的一般物体的引力,决定了物体的自由下落和抛体运动的规律。引力对于天体、人造地球卫星或关闭动力后的航天器的运动,起主宰作用。

⑤ 电磁相互作用包括静止电荷之间以及运动电荷之间的相互作用。两个点电荷之间的相互作用规律是19世纪法国物理学家库仑发现的。运动着的带电粒子之间,除存在库仑静电作用外,还存在磁力(洛伦兹力)的相互作用。

根据麦克斯韦电磁理论和狭义相对论,电和磁是密切相关的,是统一的。在一个参考系中观察到的磁力可以和另一个参考系中观察

到的库仑力联系起来,因此,电力、磁力统一为电磁相互作用。

引力、电磁力能在宏观世界里显示其作用。这两种力是长程力,从理论上说,它们的作用范围是无限制的。但是,电磁力与引力相比,要强得多。宏观物体之间的相互作用,除引力外,所有接触力都是大量原子、分子之间电磁相互作用的宏观表现。

弱相互作用和强相互作用是短程力,短程力的相互作用范围在原子核尺度内。强作用力只在  $10^{-15}$  m 范围内有显著作用,弱作用力的作用范围不超过  $10^{-16}$  m。这两种力只有在原子核内部和基本粒子的相互作用显示出来,在宏观世界里不能察觉它们的存在。

弱相互作用是在原子核的  $\beta$  衰变中发现的,核子(质子、中子)、电子和中微子等参与弱相互作用。强相互作用是介子和重子(包括质子、中子)之间的相互作用,因为这种力把核子束缚在一起,核物理学家们把它称为核相互作用。

四种相互作用按强度来排列,顺序是:强相互作用、电磁相互作用、弱相互作用、引力相互作用。一对质子在相距  $10^{-15}$  m 时,各种相互作用的强度为(假定此时强相互作用强度的数量级为1);强相互作用,1;电磁相互作用,  $10^{-2}$ ;弱相互作用,  $10^{-14}$ ;引力相互作用,  $10^{-40}$ 。

四种作用中,引力和电磁作用最先为人们所认识,并且认识得比较充分。由近代物理揭示的弱相互作用和强相互作用的规律,还有待于进一步完善。

尽管四种相互作用存在巨大的差别,物理学家们在努力寻求力的统一。近年来,在弱作用和电磁作用的统一方面,已经取得成功,实验已经证明,正如电和磁是电磁作用的两种不同表现一样,弱作用和电磁作用也只不过是统一的弱电相互作用的两种不同表现而已。

弱电统一的成就促进了强、电、弱三种作用统一起来的大统一的研究。寻求大统一和超统一理论的研究,虽然尚未取得有实际意义的



结果,但是人们追求自然界相互作用统一的理想和为此而做的努力将不断地把物理学向前推进。

### “怪坡”之谜

读者一定从报纸上、电台里看到听到过有关“怪坡”的报道。据说在“怪坡”上,汽车会自动地爬坡,水会自动地由低处向高处流淌。有些“怪坡”经科学家考证,仅是人的错觉而已。但也有些“怪坡”尚未揭开其神秘的面纱。不过可以肯定,“怪坡”之中一定隐含有科学道理。这里介绍的则是我们自己能动手制造的,能用本章所学知识给予解释的一种“怪坡”。

用硬纸板做成两个相同的圆锥体,再对旋成一个如图 1-2-3a 所示的纺锤形旋转体,再用两根较光滑的棒(如 8W 日光灯管)架成如图 1-2-3b 所示的左端低而窄,右端高而宽的轨道。当把做好的旋转体放在轨道的左端,一松手,无需外界任何推力作用,旋转体就会自动地滚上去。从侧面看过去轨道就成了一个“怪坡”。

为什么旋转体会自动的滚上去?我们知道,水会自动地由高处向低处流淌,放置不稳的物体跌落时也总是落向下方……这些运动有着共同的特征,即运动过程中物体的重心不断地下降。同样道理,一开始把旋转体放在轨道的左端时,其重心较高,旋转体处于不稳定状态,并由于其重力的作用线偏在旋转体与轨道接触点的右侧,从而对旋转体产生转动作用,如图 1-2-3c 所示。所以旋转体被释放后,它就自动向右边的坡上滚去。实际上旋转体的重心位置在不断地下降(即由图 1-2-3d 中的  $O$  移到  $O'$ )重力势能转化为动能,使旋转体越滚越快。由上述分析可知,从现象上看,上述过程似乎违背了常理,物体能“自动地从低处向高处运动”而实际上物体还是在从高处向低处运动。关键的是要看物体重心位置的变化。

上述“怪坡”之谜的分析过程告诉我们,对各种纷繁复杂的自然现象,我们应学会观察,

学会理性地思考。要善于透过现象去探究问题的实质,寻求规律性的东西。

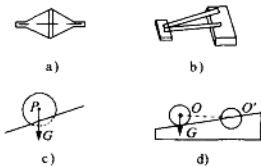


图 1-2-3

### 联系生活应用题

**例 1** 你在喝杯子里的水时,将满杯水喝完的过程中,水杯和水的共同重心将会

- ( )
- A. 一直下降      B. 一直上升  
C. 先升高后降低      D. 先降低后升高

**解** 重心的位置跟物体的形状和质量分布有关,当注满水时,杯子和水的重心均在中心,故它们共同的重心在中心,随着水的减少杯子的重心虽然仍在中心,但水的重心逐渐下降,开始一段时间内,杯子内剩余的水较多,随着水的重心下降,杯子和水共同的重心也下降;后一段时间内,杯子内剩余的水较少,随着水的重心的下降,杯子和水共同的重心都升高;最后,水喝完时,重心又回到中心,故杯子和水的共同重心将先降低后升高,故 D 选项正确。

**点评** 本题分析时注意两点,一是抓住两个特殊状态:装满水时和水喝完时,重心均在中心;二是分析由于水的流出使重心如何变化——降低,综合两方面就可得到其重心先降低后升高。

**例 2** 试分析“背越式”跳高为什么优于“跨越式”跳高?

**解** “背越式”跳高与“跨越式”跳高相比,在跳过相同高度时“跨越式”跳高重心升高的幅度要更多重心升高得越多,难度就越大,故“背越式”跳高优于“跨越式”跳高。

### 第三节 弹力

#### 知识表解

项目	弹力
定义	发生弹性形变的物体,由于要恢复原状,会对与它接触的物体产生力的作用,这种力叫弹力
产生条件	①物体直接接触 ②物体发生弹性形变
方向	总与施力物体形变的方向相反,与受力物体形变的方向相同 ①绳的拉力总沿绳并指向绳收缩的方向 ②压力或支持力总垂直于接触面指向被压或被支持的物体
大小	①弹簧在弹性限度内遵从胡克定律 $F=kx$ ②一般情况下,弹力大小应由动力学条件判断
作用点	压力或支持力的作用点在接触面上

#### 知识与规律

##### 1. 弹力

发生形变的物体,由于要恢复原状,会对跟它接触的物体产生力的作用,这种力叫做弹力。

① 形变是指物体形状或体积的改变,如弯曲的钢条,压扁的气球。

② 形变的种类有拉伸形变、压缩形变、弯曲形变、扭转形变。

③ 弹性形变是指外力停止作用后能恢复原状的形变。

④ 如果物体的形变过大,超过一定限度,物体的形状不能完全恢复,这个限度叫弹性限度,超过弹性限度的形变也叫非弹性形变。

**注意** (1) 有些物体形变很微小,需要用巧妙的实验才能观察到。(如“放大法”)

(2) 任何物体都能发生形变,无特殊说明提到的形变一般是指弹性形变。

(3) 由力的概念知相互接触的两物体如果

有形变则会同时产生。

##### 2. 弹力的产生

在图 1-3-1 中用手向右拉弹簧,弹簧因形变(伸长)而产生弹力  $F$ ,它作用在手上,方向向左,因此,弹力的施力者是发生形变的物体,如本例中的弹簧受力者是使它发生形变的其他物体如本例中的手

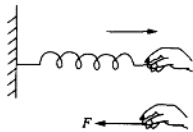


图 1-3-1

弹力是一种被动力,通常情况下物体的形变往往难以直接察觉,因此判断是否产生弹力可依据以下两点:①物体间是否直接接触;②接触处是否有相互挤压或拉伸。

##### 3. 弹力的大小

弹力是由于物体发生形变而产生的,所以弹力的大小与物体形变的程度有关,一般情况下,某物体的形变程度越大,说明物体对外界的弹力就越大。

弹性绳的弹力大小也可以由胡克定律求解。

① 弹簧的弹力大小可由公式  $F=kx$ (胡克定律)来计算,弹簧弹力的大小与形变大小有正比关系。

② 对于非弹簧的弹力的大小的计算,因形变与弹力无具体的数学关系,因而弹力的大小只能根据物体的受力情况或运动情况求解,如水平桌面上静止物体对桌面的压力即弹力,大小等于物体的重力。

##### 4. 弹力的方向

物体对另一个物体施加的弹力的方向总是与该物体发生形变的方向相反,与另一物体形变方向相同。

(1) 几种特殊的弹力的方向:



① 压力的方向垂直于支持面而指向被压的物体,被压的物体是受力物体,如图 1-3-2 中的  $F$  所示。

② 支持力的方向垂直于支持面而指向被支持的物体,被支持物体是受力物体,如图 1-3-2 中的  $F_N$  所示。

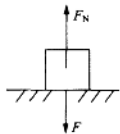


图 1-3-2

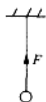


图 1-3-3

③ 绳对物体的拉力总是沿着绳而指向绳收缩的方向,被绳拉着的物体是受力物体,如图 1-3-3 中的  $F$  所示。

(2) 弹力发生在直接接触的物体间,根据接触面的状况分析弹力方向有四种类型。

① 面面接触,此时弹力垂直于接触面,如桌面上物块与桌面间的弹力垂直于桌面,如图 1-3-2 中的  $F$ 、 $F_N$  所示。

② 点面接触,此时弹力垂直于接触面,如斜支在墙边的木棒与地面间的弹力方向垂直于地面,如图 1-3-4 的  $F_1$ 、 $F_2$  所示。

③ 点弧接触,此时弹力垂直于弧的切线,如放在光滑半球形物体外的物块与球间弹力方向垂直于点与弧的切线,即沿半径方向,如图 1-3-5 中的  $F$  所示。

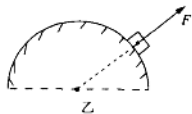


图 1-3-5

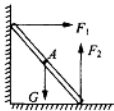


图 1-3-4

弹力垂直于面或线,因此面与面、点与面、点与线、点与点相接触的情况,我们一定要先找面或线,然后让弹力垂直于面或线。

### 身边的物理

#### 不可小瞧的弹簧

☆ 在我们的日常生活中,弹簧随处可见,并在不同的领域发挥着极大的作用,最常见的弹簧是螺旋形的,叫螺旋弹簧,做力学实验用的弹簧秤、扩胸器等的弹簧都是螺旋弹簧,有的弹簧制成片形的或板形的,叫簧片或板簧,在口琴、手风琴里有铜制的发声簧片,在许多电器开关中也有铜制的簧片,玩具或钟表里的发条是钢制的板簧,在载重汽车车厢下方也有钢制的板簧,还有的弹簧像蚊香那样盘绕,叫做扭簧,实验室的电学测量仪表(电流计、电压计)内,机械钟表中都安装了这种弹簧。

☆ 弹簧的特点就是在拉伸或压缩时都要产生反抗外力作用的弹力,而且在弹性限度内,形变越大,产生的弹力也越大;一旦外力消失,形变也消失,它们在弯曲时会产生恢复原来形状的倾向,弯曲得越厉害,这种倾向越强,物理学家胡克通过对弹簧的研究得出结论:弹簧的拉力或者压力与它的变形量成正比,也就是说弹簧的压缩量或者伸长量越大,那么弹簧的压力或者拉力就越大,这就是有名的胡克定律。后来,这个定律不仅仅用于弹簧,而且推广到所有的弹性体,成为弹性力学的基础,弹簧弹力与其变形的比值被称作弹簧的弹性系数,这是弹簧的一个基本属性,我们通常所说的“松”“紧”就是指弹性系数的大小,弹簧“松”证明弹性系数小,用很小的力就可以让弹簧产生很大的变形;反之,弹簧“紧”证明弹性系数大,需要很大的力才能让弹簧产生很小的变形,弹簧的弹性系数由弹簧的长度和粗细决定,弹簧越短越粗弹性系数就越大,弹簧越长越细弹性系数就越小,在实际应用中,可以根据需要,选择弹性系数合适的弹簧。

☆ 弹簧有着许多的应用,在不同的场合发挥着不同的功能。

注意 判断弹力方向时很容易出错,因为

测量是弹簧的一个重要功能,根据胡克定律,我们可以根据弹簧的伸长量得到弹簧受到的外力大小。常用的弹簧测力计,日常生活中的弹簧秤,还有电子秤都是利用了弹簧的测量功能。这些秤都存在一个最大量程,这是由弹簧的弹性系数和最大伸长量决定的。最大伸长量是指弹簧保持弹性的最大伸长量,当弹簧伸长量超过这个值的时候,弹簧就失去弹性,不能缩回去了。还有一种安在地下的弹簧秤,叫做地磅,通常用来测量汽车所装货物的重量,也是利用的这个原理,只不过地磅所用的弹簧具有很大的弹性系数,因为它要承受很大的压力。



弹簧另一个功能是紧压功能,受到压缩后的弹簧会往外伸长,从而起到紧压作用。观察各种电器开关会发现,开关的两个触头,必然有一个触头装有弹簧,以保证两个触头紧密接触,使导电良好。所有插座的接插金属片都是簧片,其功能都是使双方紧密接触,以保证导电良好。在盒式磁带中,有一块用磷青铜制成的簧片,利用它弯曲变形时产生的弹力使磁头与磁带密切接触。在订书机中有一个长的螺旋弹簧,它的作用一方面是顶紧订书钉,另一方面是当最前面的钉被打出后,可以将后面的钉送到最前面,这样就能自动地将一个个钉推到最前面,直到钉全部用完为止。许多机器的自动供料,如自动步枪中的子弹自动上膛就靠弹簧的这种功能。此外,像夹衣服的夹子,圆珠笔、钢笔套上的夹片都利用了弹簧的紧压功能。

由于弹簧具有恢复变形的能力,所以常常用到弹簧的复位功能。很多工具和设备都是利用弹簧这一性质来复位的。例如,许多建筑物

大门的合页上都装了复位弹簧,人进出后,门会自动复位,人们还利用这一功能制成了自动伞、自动铅笔等用品,十分方便。此外,各种按钮、按键也少不了复位弹簧。

弹簧在被压缩后具有弹性势能,可以用来贮存能量。最常用的就是在机械钟表、发条玩具上,通过上紧发条贮存能量,再慢慢释放,弹性势能转变为动能,通过传动装置带动时、分、秒针或轮子转动。在许多玩具枪中都装有弹簧,弹簧被压缩后具有势能,扣动扳机,弹簧释放,势能转变为动能,撞击小球沿枪管射出。

除此以外,弹簧还有缓冲功能和振动发声功能。在汽车中装有大量减振弹簧,在机车、汽车车架与车轮之间均装有弹簧,利用弹簧的弹性来减缓车辆的颠簸。当空气在口琴、手风琴中的簧孔中流动时,会冲击簧片,簧片振动发出声音,所以弹簧常常用于这些乐器中。

弹簧在我们的生活中扮演着越来越重的角色。

### 电梯中的弹簧

电梯就是一种载物和乘人的升降机。其实这种升降机很早就出现了,但是都存在一个安全性问题,一旦缆绳被拉断,就会造成严重后果,这个缺点限制了它们的使用。直到1852年,美国发明家奥蒂斯利用弹簧设计了一种具有安全保护装置的升降机。奥蒂斯在升降机的升降途中安置了两根轨道,还在升降机上安装了与缆绳连接的两只金属爪和一根弹簧,如果缆绳被拉断,弹簧立即弹出金属爪,使它嵌入轨道的齿槽,将升降机控制住,不让他跌落。另外,还有一种方法是在电梯井底设置一个弹簧减振台,一旦缆绳被拉断,电梯掉在下面的弹簧平台上,会大大减小冲击力,保护里面的人员安全。有一次有个人乘电梯从十层高下落的时候缆绳断了,他随着电梯掉下来,但是他并没有摔死,只是受了伤,就是因为建筑师在下面修了一个弹簧平台,起了很大的缓冲作用。

### 联系生活应用题

**例1** 一个弹簧秤,由于更换了新弹簧,





不能直接在原来准确的均匀刻度上读数。经测定,不挂重物时,示数为2N;挂100N的重物时,示数为92N(弹簧仍在弹性限度内);那么当读数为20N时,所挂物体的实际重力为多少N?

**解** 由题意知,新的弹簧秤有零误差,由于更换弹簧,其劲度系数发生了变化,原来准确的均匀刻度需重新标度,才可以用来测量力。由于挂100N的物体时示数为92N,弹簧所反映的实际示数应为 $92-2=90$ N,此示数反映出弹簧秤上的新弹簧的劲度系数比原来弹簧的劲度系数大了。根据胡克定律 $F=kx$ 知 $F$ 与 $x$ 成正比的关系,应将现在的示数2N~92N之间的长度分成均匀的100等份,每一等份为1N,即原来的1N代表实际的力应为 $\frac{100}{90} = \frac{10}{9}$ N,所以当读数为20N时,用20N减去零误差2N,则示数变化为18N,将其折合成实际的力应为 $18 \times \frac{10}{9} = 20$ N。

**点评** 弹簧秤更换新弹簧后,不能利用原来准确的均匀的示数直接读数,若想用此弹簧秤测量力需要重新进行标度和调零。若不想重新标度,则须将原来的1N的力折合成现在所代表的力,经过计算才可读数进行测量。

**例2** 如图1-3-6所示,两根劲度系数分别为 $k_1$ 、 $k_2$ 的轻弹簧竖直悬挂,弹簧下端用光滑轻绳相连接,并有一轻光滑滑轮放在软绳上,当滑轮下挂一重力为 $G$ 的物体后,滑轮下降的距离为 ( )



- A.  $\frac{G}{k_1+k_2}$     B.  $\frac{G}{k_1-k_2}$     C.  $\frac{k_1+k_2}{4k_1k_2}G$     D.  $G(k_1+k_2)$

图1-3-6

**解** 取滑轮为研究对象,其共受两弹簧的拉力作用和下面物体的拉力作用,由滑轮最终应静止知,两根弹簧的拉力应相等,均等于物重的一半,据 $F=kx$ 可得 $x = \frac{F}{k}$ ,对 $k_1$ 弹簧有 $x_1 = \frac{G/2}{k_1}$ ,对 $k_2$ 弹簧有 $x_2 = \frac{G/2}{k_2}$ ,所以 $k_1$ 、 $k_2$ 两弹簧共伸长 $x_1+x_2 = \frac{G}{2k_1} + \frac{G}{2k_2} = \frac{k_1+k_2}{2k_1k_2}G$ ,所以滑轮下降的距离应为 $h = \frac{x_1+x_2}{2} =$

$\frac{k_1+k_2}{4k_1k_2}G$ ,选C。

**点评** 轻光滑滑轮在软绳上静止时,两边的弹簧拉力是相等的,滑轮下降的距离应为两弹簧形变量的和的二分之一。

## 第四节

## 摩擦力

### 知识表解

项目	内容	
滑动摩擦力	定义	当一个物体在另一个物体表面上相对滑动时,受到的阻碍相对滑动的力
	产生条件	①物体间有弹力 ②接触面粗糙 ③物体间有相对滑动
	大小	$F = \mu F_N$
	方向	与接触面相切,与相对滑动的方向相反。注:滑动摩擦力的方向可能跟物体的运动方向相同,也可能跟物体的运动方向相反

(续)

项目	内容	
静摩擦力	定义	当一个物体相对另一个物体有相对滑动的趋势时,受到的阻碍相对滑动的力
	产生条件	①物体间有弹力 ②接触面粗糙 ③物体间有相对滑动的趋势
	大小	$0 < F \leq F_{\max}$ 通常由力平衡条件求 $F$ 大小
	方向	与接触面相切,跟相对滑动趋势的方向相反