



21世纪高职高专规划教材  
高等职业教育规划教材编委会专家审定

SHIYONG WULI JIAOCHENG

# 实用物理教程

主 编 卞传海  
副主编 李文君 马维渠  
主 审 潘 群



北京邮电大学出版社  
[www.buptpress.com](http://www.buptpress.com)



21世纪高职高专规划教材

高等职业教育规划教材编委会专家审定

# 实用物理教程

主 编 卞传海  
副主编 李文君 马维渠  
主 审 潘 群



北京邮电大学出版社  
[www. buptpress. com](http://www.buptpress.com)

## 内 容 简 介

本书是作者在多年教学经验的基础上,依据教育部“中等职业学校物理教学大纲”、江苏省教育厅“江苏省五年制高等职业教育教学课程标准”和相关成人高考复习考试大纲编写的一部实用物理教程。本书遵守“重基础、活板块”的原则,对内容的选择注重强化基础,兼顾与专业课的衔接,同时考虑方便学生参加成人高考。全书可作为机电一体化、电气仪表、计算机、化工工艺及分析、电子商务及物流等专业及岗位对物理知识需求的教学用书;也可作为成人高考以及对口单招的备考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

实用物理教程 / 卞传海主编. —北京:北京邮电大学出版社, 2018. 2  
ISBN 978-7-5635-5375-4

I. ①实… II. ①卞… III. ①物理学-成人高等教育-教材 IV. ①O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第020708号

---

书 名: 实用物理教程  
著作责任者: 卞传海 主编  
责任编辑: 满志文  
出版发行: 北京邮电大学出版社  
社 址: 北京市海淀区西土城路10号(邮编:100876)  
发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578  
E-mail: publish@bupt.edu.cn  
经 销: 各地新华书店  
印 刷:  
开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16  
印 张: 15.5  
字 数: 406千字  
版 次: 2018年2月第1版 2018年2月第1次印刷

---

ISBN 978-7-5635-5375-4

定 价: 37.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

# 前 言

物理学是研究物质运动最一般规律和物质基本结构的学科。作为自然科学的带头学科,物理学研究大至宇宙,小至基本粒子等一切物质最基本的运动形式和规律,因此成为其他各自然科学学科的研究基础。它的理论结构充分地运用数学作为自己的工作语言,以实验作为检验理论正确性的唯一标准,它是当今最精密的一门自然科学学科。物理学作为自然科学的基础。在过去的100年间,从物理学中分化出了大量的学科,如无线电、激光、微电子、等离子、原子能等。物理学对今天乃至未来的人类生活和科技发展都有着重要、紧密的联系,上至“嫦娥”奔月,下至“蛟龙”深海探秘,大到探索宇宙奥秘,小到微细血管的疏通,都离不开物理学的基础作用。甚至过去看似和自然科学无关的经济、政治等领域,也有人用物理学的方法进行研究,并取得令人赞许的成就。因此,物理学必然成为职业教育普适性、基础性的课程。物理学在工科类职业院校中是一门必不可少的基础学科,作者通过多年的教学实践,根据中等职业学校物理教学大纲并结合成人高考复习大纲,同时为了落实课程改革的精神,不断学习,大胆实践,积极探索,从理论与实践两个层面的考虑编写本书。作为中等职业类院校的教学用书,作者针对职业类院校的特点,深入浅出,在维持学科系统性的同时,注重学科的基础性、实践性、实用性、以及与其他学科的衔接性。例题与习题的选择也注意高低搭配,难度适中。目的是为了培养学生具有严谨的科学态度;掌握科学的学习方法;提高综合运用多学科的知识解决问题能力;良好的学习品质。

本教材充分考虑学生特点,以很低的起点开始讲述物理的内容。教材编排上注意引导性,弱化理论性和严密性。比如,教材的每节节首,都安排有与本节核心内容相一致的学习目标和问题引入,这些内容都是与日常生活、工程应用或传说故事相关,起承上启下、引起兴趣、点明重点的作用,这个做法在同类教材中并不多见;例题中也选择以应用性广、趣味性强的实例来引领教学内容,理论内容上往往选择归纳法、类比法来引出概念和公式,减少了严密的论证过程,以减轻阅读的枯燥乏味性,同时也能够适当地表达出科学方法的作用。此外,本教材还在学习的难度上做了大量的舍繁取简的选择,保障了教学时数与教材内容的匹配。

学好物理学是对工科类职业院校每一位学生的必然要求。物理作为不同专业的学生都是一门必不可少的基础课。平时要注意观察自然现象,注意培养兴趣,注意理解规律。而对于这门学科的产生,有着悠久的历史。自人类诞生起,他们都一直在通过不断地研究和探索来尝试理解这个世界。从远古的茹毛饮血到如今的煎炒烹炸;从早期的洞居巢卧到现今的高楼林立;从以前的衣不遮体到而今的绫罗绸缎,从开始的徒步前行到后来的一日千里,从以前的日出而作日落而息到现在的灯火通明灯红酒绿……人类社会的物质文明从匮乏到丰富,离不开科学技术的进步。

由于物理学具有系统内在的逻辑性,理论部分比较抽象,但日常现象和具体的例子降低了这种抽象性。“物理天地”列出了读者阅读该章后可望学到的内容。可让学生在学时保持

专注性和条理性。并提出了一些问题,可以指导学生需要具备哪些知识来理解该章的重要概念。我们希望学习这本教材的同学们,当你打开教材阅读的时候既不要被熟悉的内容名称所迷惑——这么多内容初中是不是已经学过?其实,比如同样是初中学习过的牛顿第一定律,现在要用新的思维考虑解决相应问题;又不要被全新的公式所吓倒,因为这些公式背后是物理现象、物理过程,重要的是要弄清物理意义、物理图像,而不要去死记硬背这些公式;而需要学生们多思考生活中所遇到的各种事物和现象中有哪些是可以运用物理知识得以解决——所谓学以致用,还有哪些物理基础知识可以与你们学习的专业知识相衬托。这样做,你会发现:物理很有趣,物理很有用,学好物理的你,将与众不同。

本书作为职业技术教育各专业的物理教材,可根据各专业特点与需要,内容适当删减。

本书由卞传海主编,并负责第一章到第九章的编写。李文君、马维渠副主编,李文君负责第十三章到第十五章的编写;马维渠负责第十章到第十二章的编写。全书由潘群主审。

本书在编写过程中得到了相关领导的关心与指导,也得到了众多同仁的大力支持与帮助,在此表示由衷的感谢!

由于编者水平有限,加之时间较紧,难免有不妥之处,恳请读者批评指正。发送邮箱至 njbch@sina.com.

编 者

# 目 录

绪论	1
第一章 力	3
第一节 力、三种常见的力	3
第二节 物体的受力分析	8
第三节 力的合成与分解	11
第四节 共点力的平衡	15
第二章 直线运动	21
第一节 直线运动的描述	21
第二节 匀变速直线运动的规律	26
第三节 自由落体运动	29
第三章 牛顿运动定律	36
第一节 牛顿第一定律	36
第二节 牛顿第二定律	39
第三节 牛顿第二定律的应用	43
第四节 牛顿第三定律	46
第四章 曲线运动	50
第一节 曲线运动	50
第二节 运动的合成与分解	52
第三节 平抛运动	56
第四节 匀速圆周运动	60
第五节 万有引力定律	67
第六节 万有引力定律的应用 宇宙速度	71
第五章 功和能	76
第一节 功和功率	76
第二节 动能 动能定理	79

---

第三节 势能 .....	82
第四节 机械能守恒定律 .....	86
<b>第六章 动量 .....</b>	<b>91</b>
第一节 动量 动量定理 .....	91
第二节 动量守恒定律 .....	96
第三节 碰撞 .....	99
<b>第七章 机械振动 机械波 .....</b>	<b>104</b>
第一节 机械振动 简谐振动 .....	104
第二节 单摆 .....	110
第三节 机械波 .....	114
第四节 波的干涉与衍射 多普勒效应 .....	118
<b>第八章 热学 .....</b>	<b>124</b>
第一节 分子动理论 .....	124
第二节 热和功 .....	127
第三节 固体与液体 .....	132
<b>第九章 电场 .....</b>	<b>136</b>
第一节 库仑定律 .....	136
第二节 电场 电场强度 .....	140
第三节 电势能 电势 电势差 .....	144
第四节 带电粒子在匀强电场中的运动 .....	151
第五节 电容器 电容 .....	154
<b>第十章 恒定电流 .....</b>	<b>159</b>
第一节 欧姆定律 .....	159
第二节 焦耳定律 .....	162
第三节 串联电路 并联电路 .....	164
第四节 闭合电路的欧姆定律 .....	167
<b>第十一章 磁场 .....</b>	<b>170</b>
第一节 简单的磁现象 .....	170
第二节 电流的磁场 安培定则 .....	173
第三节 磁感应强度 磁通量 .....	174
第四节 磁场对电流的作用 .....	177



---

第十二章 电磁感应 交变电流·····	181
第一节 电磁感应现象·····	181
第二节 法拉第电磁感应定律·····	184
第三节 交变电流·····	188
第四节 变压器·····	194
第十三章 几何光学·····	202
第一节 光的直线传播·····	202
第二节 光的反射·····	203
第三节 光的折射·····	204
第四节 全反射·····	207
第十四章 光的本性·····	210
第一节 光的干涉与衍射·····	210
第二节 光的电磁本性·····	214
第三节 光电效应 波粒二象性·····	217
第十五章 原子物理·····	222
第一节 原子的核式结构·····	222
第二节 氢原子的能级结构·····	224
第三节 天然放射现象 原子核·····	226
第四节 核反应 核能·····	231
第五节 裂变与聚变·····	233
参考文献·····	240



# 绪 论

学习物理,首先应该系统的知道什么是物理以及学习物理的重要性。

什么是物理呢?简单的从字面上讲“物理”,就是格物致理。格物致理的意思就是考察事物的形态和变化,总结研究它们的规律。大千世界是由物质组成的,大到日月星辰,小到分子、原子,包括我们常见的水、空气、各种动植物、山川、河流、光线等。所有这些物质都是运动着的。物理学是研究物质最普遍的运动形式和物质的基本结构的一门科学。它包括:力学、热学、电磁学、光学、原子物理学以及一些分支与交叉学科,如电工学、物理化学等。

学好物理学是对工科类职业院校每一位学生的基本要求。物理也是理工科专业学生必不可少的一门基础课。我们平时要注意观察自然现象,注意培养兴趣,注意理解规律。物理学的产生,有着悠久的历史。自人类诞生起,人们一直都在通过不断地研究和探索来尝试理解这个世界。从远古的茹毛饮血到如今的煎炒烹炸;从早期的洞居巢卧到现今的高楼林立;从以前的衣不遮体到而今的绫罗绸缎;从开始的徒步前行到后来的一日千里;从历史的日出而作日落而息到现在的灯火通明灯红酒绿……人类社会的物质文明从匮乏到丰富,离不开科学技术的进步。

物理学作为科学技术的重要组成部分;作为除数学之外一切自然科学的基础;作为一切工程手段和技术手段的主要支柱,对人类历史的发展有着决定性的作用。它对我们生活的影响内容之深刻,影响范围之广袤,令人惊叹。

物理来源于我们生活中的点点滴滴,从衣食住行到吃喝玩乐,各个方面都有物理的身影,小到纳米技术、分子原子,大到航天科技,宇宙起源,物理和我们的生活密不可分。现在不懂得物理,就可以说这个人的生存能力难以恭维。作为新时代的学生,不学和学不会以及不会用物理知识,都将是一件让人难以启齿的事儿。

那么学习物理的重要性是什么呢?首先,学习物理可以提高我们的科学素养,这是我国科教兴国的重要一步。其次,通过学习物理,了解伟大物理学家的故事,我们会懂得,要成就一份事业,不仅需要掌握科学的思维方式,更需要有坚韧不拔的品质;通过学习物理,了解物理的发展进程,我们会明白,追求真理,不仅需要雄厚的知识基础,更需要勇于创新,敢于挑战的勇气;通过学习物理,我们会掌握发现问题、分析问题、研究问题、解决问题能力。

物理对我们个人究竟有何重要性?物理可以培养我们正确的唯物主义辩证观,懂得“耳目之察不足以明物理,心意之论不足以辨是非”的真正含义,能提高我们逻辑思维能力,告诉我们思考问题的方法。这是其他学科不可以替代的。

既然物理这么重要,那么我们应该怎样学习它呢?在学习之前我们要坚定一个信念,物理的学习,并不像社会上流传的那么恐怖,那么难,说什么“物理难,化学烦,数学习题做不完”,这都是浮云,对于我们年轻人来说都是小意思。学习物理的关键在于掌握一个好的学习方法。具体的学习方法是:

(1) 阅读预习。阅读是第一步,不会阅读的人,学习就像听天书。刚开始学习时还能够勉强听懂,还愿意听下去,久而久之就成了身在曹营心在汉,伴随而来的就是对物理学习失去兴趣,这是我们大家应该竭力避免的情况。预习对于学习更是必不可少的部分,“凡事预则立不预则废”,这是对预习的最好解释。

(2) 认真听讲,认真思考。子曰:“学而不思则罔,思而不学则殆。”这句话深刻阐明了思与学相结合的重要性。“吾尝终日而思矣,不如须臾之所学也;吾尝跂而望矣,不如登高之博见也。”荀子的《劝学》告诉我们了学思结合对我们求学的意义。

(3) 感悟物理与生活的联系,增强学习兴趣。物理来源与生活,但又高于生活。所以,我们大家在学习物理的时候更要与生活紧密联系起来,将所学的知识运用到现实生活中去,这是我们学习物理的最终目的,也是我们学习所有知识的最终目的。只有将学习和生活相联系,我们才能知道学为所用的含义,才能真正体会到学习的乐趣,才能增强对所学科目的兴趣,才能更好地学习物理。

今天,我们开启了物理学的大门,物理将会给我们带来怎样的惊喜,将会给我们怎样的精彩,我们共同拭目以待!

# 第一章 力

## 第一节 力、三种常见的力

### 学习目标

- (1) 理解力的概念及性质。
- (2) 了解三种常见的力的定义、特点；掌握相关计算。

### 问题引入

自然界的物体都不是孤立存在的，它们之间具有多种多样的相互作用。正是这些相互作用才使得物体具有各种形状，使得物体具有各种运动状态，以及看见和看不见的各种变化。自然界中最基本的相互作用有引力相互作用、电磁相互作用、强相互作用和弱相互作用四种。

力学中的三类常见的力：重力、弹力、摩擦力。重力属于引力相互作用；弹力和摩擦力属于电磁相互作用。

### 主要知识

#### (一) 力的概念：力是物体对物体的作用

- (1) 力的物质性：力不能脱离物体而独立存在。举例：空中击拳。
- (2) 力的相互性：力的作用是相互的（作用力和反作用力概念及牛顿第三定律）。
- (3) 力的矢量性：力是矢量，既有大小，又有方向。
- (4) 力的独立性：力具有独立作用性，用牛顿第二定律表示时，则有合力产生的加速度等于几个分力产生的加速度的矢量和。
- (5) 力的作用效果：① 使物体发生形变；  
② 改变物体的运动状态。

力的作用效果由力的三个方面因素决定，这三个因素在物理学中称为力的三要素。分别是：力的大小、力的方向、力的作用点。

- (6) 力的单位：在国际标准单位制中为牛顿，用 N 表示。

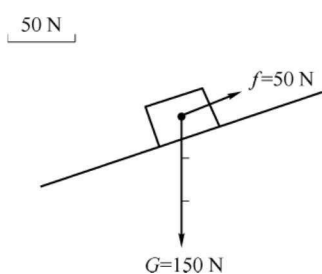


图 1-1

(7) 力的图示:我们常用一条有向线段来表示力。用有向线段的长短表示力的大小;用线段的方向表示力的方向;用线段的起点或终点表示力的作用点,如图 1-1 所示。

## (二) 常见的三种力

### 1. 重力

(1) 重力的定义:重力是由于地球的吸引而使物体受到的力。但是要弄清重力到底是什么要从万有引力说起:万有引力有两个分量,一个是物体随地球自转所需的向心力,另一分量则为重力。

(2) 重力的大小: $G=mg$ 。

重力随纬度增大而增大,随高度增加而减小,只是不专门讨论这个问题时通常认为物体在地球各纬度重力相同。

举例:将一物体从上海搬到拉萨,物体的重力是否发生变化?如何变化?

(3) 重力的方向:竖直向下或垂直水平面向下。典型的错误说法有:垂直向下和指向地心。物体只有在两种情况下重力才指向地心:赤道和两极。

(4) 重力的作用点:重心是一个等效概念,指物体各部分所受重力等效集中于一点。

物体重心的位置由两个因素决定:物体的形状和质量分布看出的:形状规则;质量分布均匀的物体重心可通过几何中心算出。薄板类的物体可通过悬挂法测出。

### 2. 弹力

(1) 弹力的定义:发生弹性形变的物体,由于要恢复原状,对跟它接触的物体会产生力的作用,这种力称为弹力。

弹力产生的条件:①物体直接相互接触;②物体发生弹性形变。

**例 1** 如图 1-2 所示,已知小球静止,甲中的细线竖直,乙中的细线倾斜,试判断图中小球所受弹力的方向。

**分析** 小球除受重力外,还受其他力的作用,甲、乙两图中均可采用“假设法”分析:在两图中,若去掉细线,则小球将下滑,故两细线中均有沿线方向的拉力;在甲图中若去掉斜面体,小球仍能在原位置保持静止状态;在乙图中若去掉斜面体,则小球不会在原位置静止。

**答:**甲图中小球受细绳向上的拉力;乙图中小球受细线斜向上的拉力和垂直斜面的弹力。

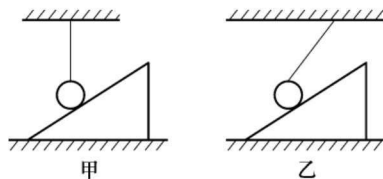


图 1-2

(2) 弹力的大小:对有明显形变的弹簧、橡皮条等物体,弹力的大小可以由胡克定律计算。对没有明显形变的物体,如桌面、绳子等物体,弹力大小由物体的受力情况和运动情况共同决定。

胡克定律可表示为(在弹性限度内): $F=kx$ 。

还可以表示成  $\Delta F=k\Delta x$ ,即弹簧弹力的改变量和弹簧形变量的改变量成正比。

“硬”弹簧,是指弹簧的  $k$  值大(同样的力  $F$  作用下形变量  $\Delta x$  小)。

(3) 弹力的方向

压力、支持力的方向总是垂直于接触面。

绳对物体的拉力总是沿着绳收缩的方向。

杆对物体的弹力不一定沿杆的方向。如果轻直杆只有两个端点受力而处于平衡状态,则轻杆两端对物体的弹力的方向一定沿杆的方向。

**例 2** 如图 1-3 所示,两物体重分别为  $G_1$ 、 $G_2$ ,两弹簧劲度系数分别为  $k_1$ 、 $k_2$ ,弹簧两端与物体和地面相连。用竖直向上的力缓慢向上拉  $G_2$ ,最后平衡时拉力  $F=G_1+2G_2$ ,求该过程系统重力势能的增量。

**分析** 关键是搞清两个物体高度的增量  $\Delta h_1$  和  $\Delta h_2$  跟初、末状态两根弹簧的形变量  $\Delta x_1$ 、 $\Delta x_2$ 、 $\Delta x_1'$ 、 $\Delta x_2'$  间的关系。

无拉力  $F$  时  $\Delta x_1=(G_1+G_2)/k_1$ ,  $\Delta x_2=G_2/k_2$ , ( $\Delta x_1$ 、 $\Delta x_2$  为压缩量)

加拉力  $F$  时  $\Delta x_1'=G_2/k_1$ ,  $\Delta x_2'=(G_1+G_2)/k_2$ , ( $\Delta x_1'$ 、 $\Delta x_2'$  为伸长量)

而  $\Delta h_1=\Delta x_1+\Delta x_1'$ ,  $\Delta h_2=(\Delta x_1'+\Delta x_2')+(\Delta x_1+\Delta x_2)$

系统重力势能的增量  $\Delta E_p=G_1 \cdot \Delta h_1+G_2 \cdot \Delta h_2$

整理后可得:  $\Delta E_p=(G_1+2G_2)\left(\frac{G_1+G_2}{k_1}+\frac{G_2}{k_2}\right)$

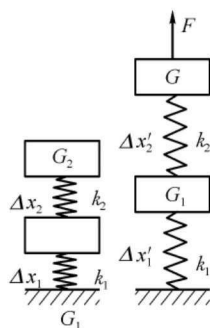


图 1-3

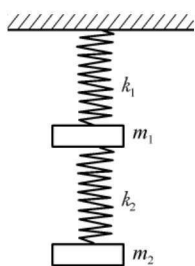


图 1-4

**例 3** 如图 1-4 所示,原长分别为  $L_1$  和  $L_2$ ,劲度系数分别为  $k_1$  和  $k_2$  的轻质弹簧竖直地悬挂在天花板上,两弹簧之间有一质量为  $m_1$  的物体,最下端挂着质量为  $m_2$  的另一物体,整个装置处于静止状态。现用一个质量为  $m$  的平板把下面的物体竖直地缓慢地向上托起,直到两个弹簧的总长度等于两弹簧原长之和,这时托起平板竖直向上的力是多少?  $m_2$  上升的高度是多少?

**解** 当两个弹簧的总长度等于两弹簧原长之和时,下面弹簧的压缩量应等于上面弹簧的伸长量,设为  $x$ 。

对  $m_1$  受力分析得:  $m_1 g=k_1 x+k_2 x$

对平板和  $m_1$  整体受力分析得:

$$F=(m_2+m)g+k_2 x$$

$$\textcircled{1}\textcircled{2} \text{联解得托起平板竖直向上的力 } F=m g+m_2 g+\frac{k_2 m_1 g}{k_1+k_2}$$

$$\text{未托 } m_2 \text{ 时,上面弹簧伸长量为 } x_1=\frac{(m_1+m_2)g}{k_1}$$

$$\text{下面弹簧伸长量为 } x_2=\frac{m_2 g}{k_2}$$

$$\text{托起 } m_2 \text{ 时: } m_1 \text{ 上升高度为: } h_1=x_1-x$$

$$m_2 \text{ 相对 } m_1 \text{ 上升高度为: } h_2=x_2+x$$

$$m_2 \text{ 上升高度为: } h=h_1+h_2$$

$$\textcircled{3}\textcircled{4}\textcircled{5}\textcircled{6}\textcircled{7} \text{联解得 } h=\frac{m_2 g}{k_2}+\frac{(m_1+m_2)g}{k_1}$$

**例 4** 如图 1-5 所示,光滑但质量分布不均的小球的球心在  $O$ ,重心在  $P$ ,静止在竖直墙和桌边之间。试画出小球所受弹力。

**解** 由于弹力的方向总是垂直于接触面,在  $A$  点,弹力  $F_1$  应该垂直于球面所以沿半径方向指向球心  $O$ ;在  $B$  点弹力  $F_2$  垂直于墙面,因此也沿半径指向球心  $O$ 。

注意弹力必须指向球心,而不一定指向重心。又由于  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $G$  为共

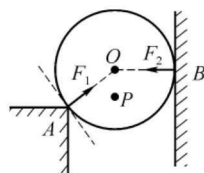


图 1-5

点力,重力的作用线必须经过  $O$  点,因此  $P$  和  $O$  必在同一竖直线上, $P$  点可能在  $O$  的正上方(不稳定平衡),也可能在  $O$  的正下方(稳定平衡)。

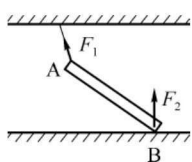


图 1-6

**例 5** 如图 1-6 所示,重力不可忽略的均匀杆被细绳拉住而静止,试画出杆所受的弹力。

**解** A 端所受绳的拉力  $F_1$  沿绳收缩的方向,因此沿绳向斜上方;B 端所受的弹力  $F_2$  垂直于水平面竖直向上。

由于此直杆的重力不可忽略,其两端受的力可能不沿杆的方向。

杆受的水平方向合力应该为零。由于杆的重力  $G$  竖直向下,因此杆的下端一定还受到向右的摩擦力  $f$  作用。

### 3. 摩擦力

#### (1) 摩擦力的定义

**滑动摩擦力:** 当一个物体在另一个物体表面上相对运动时,所受到的另一个物体对它的力,称为滑动摩擦力。

**静摩擦力:** 当一个物体在另一个物体表面上有相对运动趋势时,所受到的另一个物体对它的力,称为静摩擦力。

(2) 产生条件:①接触面是粗糙;②两物体接触面上有压力;③两物体间有相对运动或有相对运动趋势。

**例 6** 如图 1-7 所示,物体 A、B 在力  $F$  作用下一起以相同速度沿  $F$  方向匀速运动,关于物体 A 所受的摩擦力,下列说法正确的是( )。

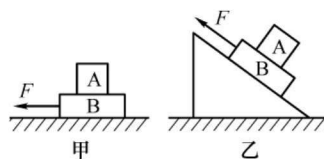


图 1-7

- A. 甲、乙两图中 A 均受摩擦力,且方向均与  $F$  相同
- B. 甲、乙两图中 A 均受摩擦力,且方向无均与  $F$  相反
- C. 甲、乙两图中 A 物体均不受摩擦力
- D. 甲图中 A 不受摩擦力,乙图中 A 受摩擦力,方向和  $F$  相同

**分析** 用假设法分析:甲图中,假设 A 受摩擦力,与 A 做匀速运动在水平方向受力为零不符,所以 A 不受摩擦力,乙图中,假设 A 不受摩擦力,A 将相对 B 沿斜面向下运动,从而 A 受沿  $F$  方向的摩擦力,正确答案应选 D。

**答案** D。

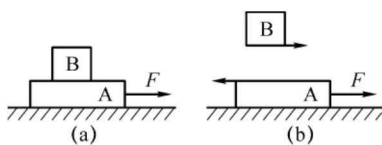


图 1-8

**例 7** 如图 1-8(a)中,物体 B 叠放在物体 A 上,水平地面光滑,外力  $F$  作用于物体 A 上,使它们一起运动,试分析两物体受到的静摩擦力的方向。

**分析** 假设没有摩擦力,当  $F$  使物体 A 向右加速时,物体 B 将保持原来的运动状态(静止),经一小段时间后它们的相对位置将发生变化,如图(b)所示,所以物体 B 相对 A 发生了向左的运动,即物体 B 相对 A 有向左运动的趋势,所以 A 对 B 的静摩擦向右(与 B 的实际运动方向相同)。

同理 A 相对于 B 有向右运动的趋势,A 受到 B 对它的摩擦力应是向左(与 A 的实际运动反向)。

摩擦力阻碍相对运动而不是阻碍运动,所以摩擦力可以充当动力也可充当阻力。

#### (3) 滑动摩擦力大小

① 在接触力中,必须先分析弹力,再分析摩擦力。

② 只有滑动摩擦力才能用公式  $F = \mu F_N$ , 其中的  $F_N$  表示正压力, 不一定等于重力  $G$ 。

**例 8** 如图 1-9 所示, 用跟水平方向成  $\alpha$  角的推力  $F$  推重量为  $G$  的木块沿天花板向右运动, 木块和天花板间的动摩擦因数为  $\mu$ , 求木块所受的摩擦力大小。

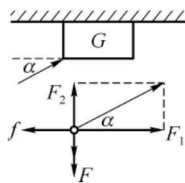


图 1-9

**解** 由竖直方向合力为零可得  $F_N = F \sin \alpha - G$ , 因此有:

$$f = \mu(F \sin \alpha - G)$$

摩擦力大小:

必须明确, 静摩擦力大小不能用滑动摩擦定律  $F = \mu F_N$  计算,

只有当静摩擦力达到最大值时, 其最大值一般可认为等于滑动摩擦力, 既  $F_m = \mu F_N$ 。

静摩擦力的大小要根据物体的受力情况和运动情况共同确定, 其可能的取值范围是:

$$0 < F_f \leq F_m$$

摩擦力方向:

摩擦力方向和物体间相对运动(或相对运动趋势)的方向相反。摩擦力的方向和物体的运动方向可能成任意角度。通常情况下摩擦力方向可能和物体运动方向相同(作为动力), 可能和物体运动方向相反(作为阻力), 可能和物体速度方向垂直(作为匀速圆周运动的向心力)。在特殊情况下, 可能成任意角度。

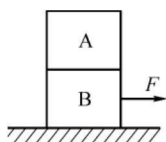


图 1-10

**例 9** 如图 1-10 所示, A、B 为两个相同木块, A、B 间最大静摩擦力  $F_m = 5 \text{ N}$ , 水平面光滑。拉力  $F$  至少多大, A、B 才会相对滑动?

**解** A、B 间刚好发生相对滑动时, A、B 间的相对运动状态处于一个

临界状态, 既可以认为发生了相对滑动, 摩擦力是滑动摩擦力, 其大小等于最大静摩擦力  $5 \text{ N}$ , 也可以认为还没有发生相对滑动, 因此 A、B 的加速度仍然相等。分别以 A 和整体为对象, 运用牛顿第二定律, 可得拉力大小至少为  $F = 10 \text{ N}$ 。

(研究物理问题经常会遇到临界状态。物体处于临界状态时, 可以认为同时具有两个状态下的所有性质)。

**例 10** 如图 1-11 所示, 小车向右做初速为零的匀加速运动, 物体恰好沿车后壁匀速下滑。试分析下滑过程中物体所受摩擦力的方向和物体速度方向的关系。

**解** 物体受的滑动摩擦力的始终和小车的后壁平行, 方向竖直向上, 而物体的运动轨迹为抛物线, 相对于地面的速度方向不断改变(竖直分速度大小保持不变, 水平分速度逐渐增大), 所以摩擦力方向和运动方向间的夹角可能取  $90^\circ$  和  $180^\circ$  间的任意值。

**例 11** 如图 1-12 所示, 已知重为  $G$  的木块放在倾角  $\theta$  的斜面上静止不动, 现用平行于斜面底边、沿水平方向的外力  $F$  拉木块时, 可使木块沿斜面匀速滑下, 求木块与斜面间动摩擦因数  $\mu$  的表达式。

**解** 物体在斜面上的受力如图 1-13 所示, 滑动摩擦力  $f = \sqrt{F^2 + (G \sin \theta)^2}$

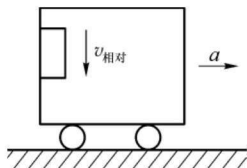


图 1-11

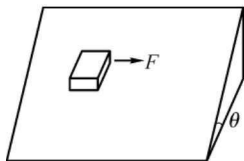


图 1-12

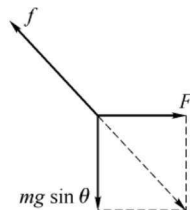


图 1-13



物体所受斜面支持力  $N = G \cos \theta$

$$\therefore \mu = \frac{f}{N} = \frac{\sqrt{F^2 + (G \sin \theta)^2}}{G \cos \theta}$$

分析可知:无明显形变的弹力和静摩擦力都是被动力。就是说:弹力、静摩擦力的大小和方向都无法由公式直接计算得出,而是由物体的受力情况和运动情况共同决定的。

## 第二节 物体的受力分析

### 学习目标

- (1) 理解受力分析的概念。
- (2) 能够正确的对物体进行受力分析。

### 问题引入

力学问题的研究离不开物体的受力分析。物体的受力影响着它的运动状态及其形状。

### 主要知识

口诀:分析对象先隔离,已知各力画上面。接触点、面要找全,推拉挤压弹力显。糙面滑动摩擦,欲动未动静摩擦。隔离体上力画全,不多不少展笑颜。

### (一) 受力分析

物体之所以处于不同的运动状态,是由于它们的受力情况不同。要研究物体的运动,必须分析物体的受力情况。正确分析物体的受力情况,是研究力学问题的关键,是必须掌握的基本功。

如何分析物体的受力情况呢? 主要依据力的概念、从物体所处的环境(有多少个物体接触)和运动状态着手,分析它与所处环境的其他物体的相互联系;一般采取以下的步骤分析:

#### 1. 确定所研究的物体,然后找出周围有哪些物体对它产生作用

采用隔离法分析其他物体对研究对象的作用力,不要找该物体施于其他物体的力,譬如所研究的物体是 A,那么就应该找出“甲对 A”和“乙对 A”及“丙对 A”的力……而“A 对甲”或“A 对乙”等的力就不是 A 所受的力。也不要吧作用在其他物体上的力错误地认为通过“力的传递”作用在研究对象上。

#### 2. 要养成按步骤分析的习惯

先画重力:作用点画在物体的重心。

次画接触力(弹力和摩擦力):绕研究对象逆时针(或顺时针)观察一周,看对象跟其他物体有几个接触点(面),对每个接触点(面)若有挤压,则画出弹力,若还有相对运动或趋势,则画出摩擦力。要熟记:弹力的方向一定与接触面或接触点的切面垂直,摩擦力的方向一定沿着接触面与物体相对运动(或趋势)方向相反。分析完一个接触点(面)后再依次分析其他的接触点(面)。

再画其他场力:看是否有电、磁场力作用,如有则画出场力。

口诀:一重,二弹,三摩擦,再其他。

### 3. 受力分析的注意事项

初学者对物体进行受力分析时,往往不是“少力”就是“多力”,因此在进行受力分析时应注意以下几点:

- (1) 只分析研究对象所受的力,不分析研究对象对其他物体所施加的力。
- (2) 每分析一个力,都应找到施力物体,若没有施力物体,则该力一定不存在。这是防止“多力”的有效措施之一。检查一下画出的每个力能否找出它的施力物体,特别是检查一下分析的结果,能否使对象与题目所给的运动状态(静止或加速)相一致,否则,必然发生了多力或漏力现象。
- (3) 合力和分力不能同时作为物体受到的力。
- (4) 只分析根据力的性质命名的力(如重力、弹力、摩擦力),不分析根据效果命名的力(如下滑力、上升力等)。

### (二) 受力分析课堂练习

(1) 画出物体 A 及细杆受到的弹力(并指出弹力的施力物):

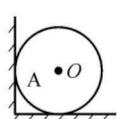


图 1-14

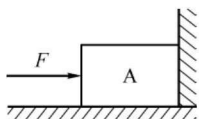


图 1-15

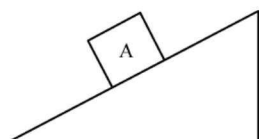


图 1-16

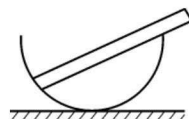


图 1-17

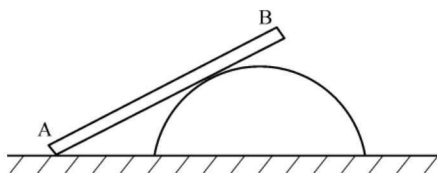


图 1-18

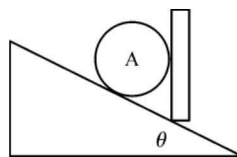


图 1-19

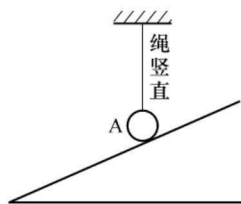


图 1-20

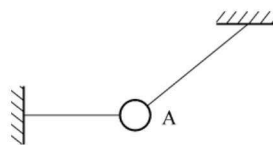


图 1-21

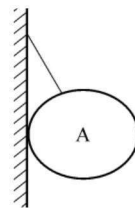


图 1-22

(2) 画出以下图中物体 A 及细杆受到的摩擦力,并写出施力物(表面不光滑):

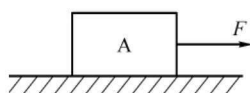


图 1-23

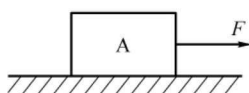


图 1-24

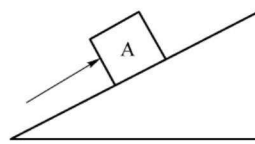


图 1-25