

物理

自习与辅导

ZIXI YU FUDAO

(第三册)

施 纯 编

上海科学技术出版社

物理自习与辅导

(第三册)

施 纯 编

上海科学技术出版社

封面设计 蒋文立

物 理 自 习 与 辅 导

(第三册)

施 纯 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

总发行所上海发行所发行 上海新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5.375 字数 114,000

1983年4月第1版 1983年4月第1次印刷

印数 1—390,000

统一书号: 13119·1052 定价: (科二) 0.39 元

55/122/20

前 言

为了帮助正在进行文化学习的读者加深对物理概念、原理的理解，增强分析解决问题的能力，以提高学习物理的质量，我们编写了这套《物理自习与辅导》，共五册，本书是第三册，适合高中文化程度的读者使用。

本书对于一般的物理定律、定义、公式推导等在一般教科书中已有叙述的部分尽量不再重复，只是对定律、原理、公式中的要点，容易弄错而需要特别注意的地方作较为详细的论述，指出错在那里，如何正确理解，并对典型的例题进行分析。在每一章后附有练习题和答案，可供学生检验自己掌握物理基本概念的程度和灵活应用知识的能力。

限于我们的水平，内容难免有不妥之处，我们诚恳地请教师们和同学们提出宝贵的意见。

编 者

目 录

第一章 力 物体的平衡

一、力

- (一) 哪个是施力物体? 哪个是受力物体?.....1
- (二) 力的分类2
- (三) 力对物体作用时产生什么效果?.....2
- (四) 怎样表示“力”?.....3
- (五) 重力等于地球对物体的吸引力吗?.....4
- (六) 什么是张力?.....5
- (七) 手握瓶子越紧,摩擦力越大,对吗?.....6
- (八) 摩擦力能不能是动力?.....7

二、物体受力情况分析

- (一) 要注意摩擦力的方向8
- (二) 隔离体的联系9
- (三) 怎样正确分析物体受力情况?10

三、力的合成和分解

- (一) 共点力的合成和分解.....12
- (二) 平行力的合成和分解.....16

四、物体的平衡

- (一) 物体平衡的一般条件.....19
- (二) 不倒翁算什么平衡?24

练习一.....25

答 案.....29

第二章 变速运动

一、直线运动

(一) 几个容易混淆的概念	30
(二) 匀速直线运动	33
(三) 匀变速直线运动	41
二、曲线运动	
(一) 抛体运动可以看成两个运动的合成	48
(二) 抛物体的位移不是轨迹的长度	50
(三) 在斜抛运动中一个射程与两个仰角 θ 的问题	50
三、运动的图象	
练习二	56
答 案	61
第三章 运动定律	
一、牛顿运动定律	
(一) 怎样才算动?	62
(二) “力是物体运动的原因”这句话为什么不对?	63
(三) 要正确理解牛顿第二定律	64
(四) 力的侧移对物体运动和受力情况的影响	66
(五) 内力与外力对物体运动的影响	69
(六) 马拉车, 还是车拉马?	70
二、力学单位制、量纲	
三、重量和质量	
四、牛顿运动定律的应用	
(一) 解题的一般步骤	79
(二) 例题分析	80
练习三	86
答 案	90
第四章 圆周运动 万有引力	
一、圆周运动	
(一) 再谈加速度与速度的关系	91
(二) 一个容易产生误解的名称——匀速圆周运动	93

(三) 向心加速度的推导	93
(四) 在水平面上和在竖直平面内的圆周运动	95
(五) 两个似乎矛盾的公式	97
(六) 用离心力把物体甩出去,这句话对不对?	98
二、万有引力	
(一) 对开普勒三定律的认识	99
(二) 万有引力定律	101
(三) 物体的重量	102
(四) 为什么同步卫星只能在赤道上空?	103
练习四	104
答 案	107
第五章 机械能	
一、功和功率	
(一) 怎样才算做功?	108
(二) 几个功率的物理意义	111
(三) 汽车上坡,速度为什么要放慢?	112
二、能	
(一) 功和能的关系	113
(二) 动能是相对的,势能是共有的	114
(三) 重力算内力还是算外力?	116
(四) 功能原理——动能定理和机械能守恒定律的 统一	116
(五) 水平放置的弹簧和竖直放置的弹簧	118
三、例题分析	
练习五	126
答 案	129
第六章 动量	
一、动量和冲量	
(一) 几个基本观点	131

(二) 动量定理	133
(三) 打夯问题	135
二、动量守恒定律	
(一) 大炮问题	138
(二) 人船问题	141
(三) 弹簧问题	145
三、碰撞	
(一) 几种碰撞	147
(二) 碰撞规律的分析	147
(三) 动量守恒定律和机械能守恒定律的比较	150
练习六	157
答 案	161

第一章 力 物体的平衡

一、力

(一) 哪个是施力物体？哪个是受力物体？

按力的定义：力是两个物体间的相互作用。所以一个物体不可能产生力。那么，这相互作用的两个物体，哪个是施力物体，哪个是受力物体呢？

两个物体相互作用时，对于这两个物体来说完全是平等的，其中一个叫受力物体，另一个就叫施力物体。作用在受力物体上的力叫作用力，作用在施力物体上的力叫反作用力。至于哪个物体是施力物体，哪个物体是受力物体是无所谓的。平时为了研究问题方便起见，一般我们把要研究的物体当做受力物体，则另一个物体就叫施力物体了。如图 1-1 中，人拉物体 A 向前运动，如果我们研究物体的运动，则 A 是受力物体， F 是作用力。如果我们研究人怎样运动，则人是受力物体， F' 就是作用力了。

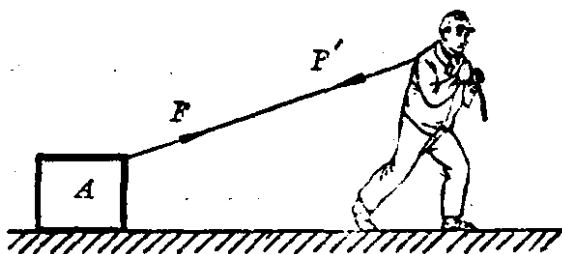


图 1-1

牛顿把两个物体间的相互作用规律归纳如下：

两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等、方向相反的。

这就是牛顿第三运动定律，写成数学式为 $F = -F'$ 。正

确理解牛顿第三运动定律要注意以下几点：

1. 一个物体是不能产生力的；有受力物体，一定有施力物体。

2. 作用力与反作用力同时产生、同时增大、同时减小、同时消失。作用与反作用并非指原因与效果，而仅指同时的相互作用。

3. 作用力与反作用力大小相等，方向相反，而且在同一根直线上。

4. 作用力与反作用力是作用在两个物体上的力，不是一对平衡力，所以不存在求它们的合力问题。

5. 作用力与反作用力总是类型相同的力。

(二) 力的分类

在自然界中的力按照性质不同可以分为四类，它们具有不同的相对强度：

1. 万有引力，相对说来是很弱的。

2. 电磁力，它具有中等强度。

3. 核力，是原子核内中子和质子的结合力，是所有力中最强的。

4. 弱相互作用力，包含在核中 β 衰变和许多基本粒子的相互作用中。

平时我们在力学中遇到的重力、弹力、拉力、张力、摩擦力等是属于哪一种力呢？这些力是根据力的作用来分的。力学中经常用到的重力是万有引力；弹力和摩擦力是电磁力，都是由于原子间的(电磁的)吸引和排斥而引起的宏观表现。

(三) 力对物体作用时产生什么效果？

力对物体作用时产生的效果有两种：第一，受力物体的运动状态发生变化；第二，受力物体产生形变。

要注意的是：这里所说的力是单一的力，作用在物体上后，这两种效果同时产生。如果是几个力作用在一个物体上，则分为两种情况：第一，合力为零时，物体只产生形变，而运动状态不发生改变；第二，合力不为零时，则和受到单一的力一样，这两种效果同时会产生。

但是，在力学中，在很多情况下，我们只研究力与物体运动状态改变的关系，因而不考虑物体的形变。我们把这种物体叫做刚体。

（四）怎样表示“力”？

力是矢量。矢量的书写法：用大写的黑体字表示，或在字母上画一个矢号(箭头)表示。如力是矢量，则写成 $\mathbf{F}$ 或者 $\vec{F}$ 。

矢量的图示法：用一段带箭头的有向线段表示，箭头指向是这个矢量的方向，线段长度表示其大小。一个力作用在物体上，有向线段的长度可以任意取；几个力作用在物体上，在画力图时有向线段的长度一定要和所代表的力的大小成比例，不能任意画。

力是矢量，在研究力的时候，必须要注意力的大小、方向和作用点，这叫做力的三要素。在画力图时用带有箭头的线段表示力，线段长度表示力的大小，箭头指向即力的方向，一般用线段尾端作为力的作用点，当然也可以将箭头的端点作为力的作用点。

关于力还要注意下面两点：

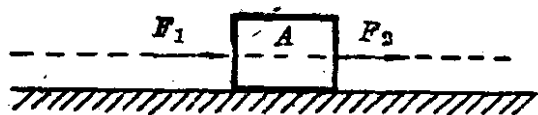


图 1-2

第一，作用在物体上的力，其作用点可以在力的方向上任意移动，而对物体的运动状态的改变不起任何影响。如图 1-2 中，如 $F_1 = F_2$ 时，则 F_1

对A的作用与 F_2 对A的作用完全一样。这是把A当作一个刚体来看待的。所谓的“完全一样”是指A物体的运动状态而言的。显然,如果A是一个弹簧,则 F_1 起压缩弹簧的作用,而 F_2 则起拉长弹簧的作用,其作用就不一样了。

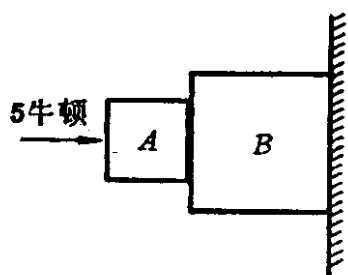


图 1-3

第二,关于力的传递问题。力是可以通过刚体传递到另一个物体上而不改变其大小和方向的。如图1-3中,5牛顿的力可以通过A传递给B。但是,要注意这是一个静力学原则。如果A和B受力后在做变速运动,那么这个

原则就不再适用了。关于这个问题,在牛顿第二运动定律中再研究。

(五) 重力等于地球对物体的吸引力吗?

重力就是重量,是由于地球的吸引而使物体受到的力。这句话很容易误会成:物体的重量等于地球对物体的吸引力。其实,在地球上的物体随地球旋转而作圆周运动(除了在两极),做圆周运动的物体是需要向心力的。在地面上的物体,作圆周运动所需的向心力是从地球对物体的吸引力中分出来的。所以,物体的重力是小于地球对物体的吸引力。重力的方向也不完全竖直向下垂直于地面。不过,物体因地球旋转而需要的向心力比较小。在粗略的情形下,我们就认为物体的重力等于地球对它的引力,方向也就看作竖直向下垂直于地面了。

一个物体的各部分都要受到地球对它的作用力,我们可以认为重力的作用集中于一点,这一点叫物体的重心。物体的重心可以在物体内,也可以在物体外。一个物体放置的位置改变了,它的重心在物体内的相对位置并不改变。但是,如果

物体形状改变了,则重心与物体的相对位置就发生了改变。

(六) 什么是张力?

张力是弹力的一种,那么什么是弹力呢?

任何物体受到力后都会产生形变。去掉外力后,物体能恢复到原状的,这种形变叫弹性形变;去掉外力后,物体不能恢复原状的,这种形变叫范性形变(非弹性形变)。任何物体都有弹性和范性两个方面。物体受到的外力小的时候,形变也比较小,显出弹性性质;当物体受到的外力大到一定限度,就显出范性性质。这个限度叫做弹性限度。通常把弹性限度大的物体叫弹性体,如钢铁、橡皮等;把弹性限度小的物体叫范性体,如湿泥团、湿面粉团等。

当物体受到外力发生弹性形变时,同时它就对施力物体产生力的作用,这种力叫做弹力。要注意:弹力是作用在施力物体上的力,它与弹性体上受到的外力是一对作用力与反作用力,所以总是大小相等,方向相反,在一根直线上。弹性体的伸长或缩短 Δx 与弹力 F 成正比 $F = -k\Delta x$, 其中 k 叫倔强系数,这就是胡克定律。显然,胡克定律只适用于弹性限度之内的弹性体。

一根拉紧的绳子,因为受到外力而形变产生弹力,弹力作用在施力物体上(即手上),如图 1-4(a)。这时我们假想在 P

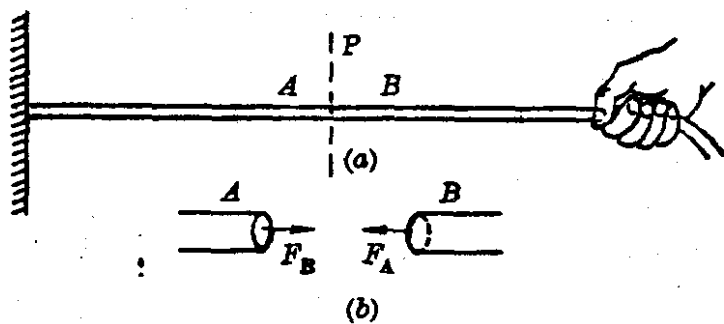


图 1-4

点将绳子切断成 A、B 两部份。如图 1-4(b)，将 B 看作 A 的施力物体，因而在 B 的切面上受到 A 的弹力 F_A ；同样，将 A 看作 B 的施力物体，因而在 A 的切面上受到 B 的弹力 F_B 。在这绳子内部各处切面上都受到力 F_A 或 F_B ，每一个都叫做绳子的张力。显然张力的量值就是其中任意一个力的量值，决不能把它们相加或者相减。

〔例题〕 在下面三种情况下(图 1-5)，绳子所受到的张力各是多少？(F_1 、 F_2 、 G_1 、 G_2 都是 5 牛顿)

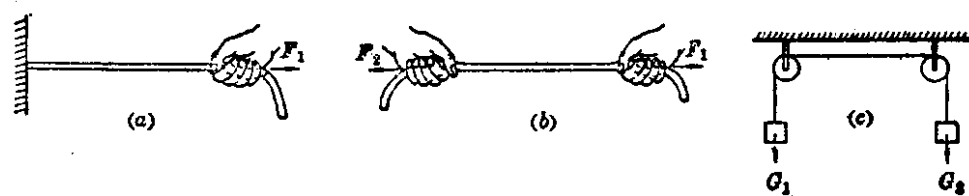


图 1-5

答：三种情况绳子的张力都是 5 牛顿。但是要注意，如果在上面图中， $F_2 \neq F_1$ 或者 $G_1 \neq G_2$ ，则绳子受到的张力就比较复杂，在后面牛顿第二运动定律中才能讨论。

(七) 手握瓶子越紧，摩擦力越大，对吗？

这句话不对，因为手握瓶子的松紧跟摩擦力的大小无关。那么，我们又何必费那么大的劲把瓶子握紧呢？

要弄清这个问题必须搞清静摩擦力 f 与最大静摩擦力 f_m 两个不同的概念。

静摩擦力是两个接触的物体间有相对运动的趋势时，在接触面间所产生的摩擦力，它阻碍物体间的相对运动。但是，它的大小却与正压力无关，而总是等于外力，且与外力平衡。图 1-6 中，用手握住瓶子，如果瓶重 5 牛顿，那末向上摩擦力 f 也是 5 牛顿；瓶重 10 牛顿，那末向上摩擦力 f 也是 10 牛

顿。决不会由于手握得紧而静摩擦力增加。如果可能，则当 $f > G$ 时，瓶子就会向上运动；但是，我们从来没有见过，用劲握瓶子，瓶子会向上飞去的。这样说来，握紧瓶子就不起什么作用了？这也不尽然，握紧瓶子后最大静摩擦力 f_m 增加了，因为最大静摩擦力与正压力成正比 $f_m = \mu_0 N$ ，其中 μ_0 是静摩擦系数。最大静摩擦力是一个很有趣的量，这个量虽然存在，但不一定出

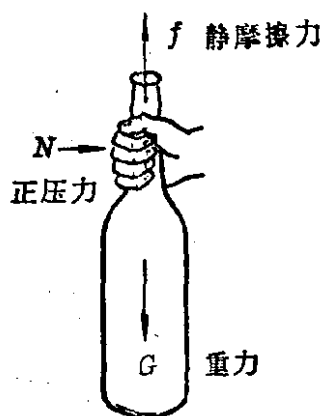


图 1-6

现。例如，手与瓶之间的最大静摩擦力为 15 牛顿，实际上瓶重 5 牛顿，静摩擦力仍是 5 牛顿；瓶重 10 牛顿，静摩擦力也是 10 牛顿；只有当瓶子为 15 牛顿时，这时的静摩擦力就等于最大静摩擦力 15 牛顿。最大静摩擦力好比银行中的存款，用多少取多少，但有个最大值，就是你存入银行的数目，超过这个数目就不行了。所以，手把瓶子握得紧，最大静摩擦力增加了，可以更保险些。但是，握得过紧也就没有这个必要了。

(八) 摩擦力能不能是动力？

摩擦力总是阻碍物体的运动，是阻力是无疑的了。它能不能是动力呢？在图 1-7 中，放在小车上的物体 A，在小车开

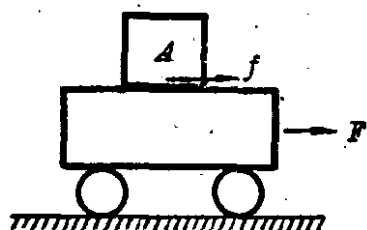


图 1-7

始运动时，也随小车向前运动，是什么力使它随小车开始运动的呢？显然是小车对 A 的摩擦力 f 。那么，是否可以说 f 是 A 的动力呢？这种看法在原则上是错误的，因为两个物体接触面

之间产生的摩擦力只能根据这两个物体的相对运动来判断，而不能站在第三个物体上来判断。在图 1-7 中，当小车开始运动时，A 由于惯性要保持原来的静止状态，所以，A 相对小

车是有向后运动的趋势,产生一个向前的摩擦力 f ,阻碍 A 与 B 的相对运动。所以, f 的性质仍是阻力。站在地面上的人看 A 是由于受到 f 的作用而开始运动。平时,我们总是站在地面上来观察物体的运动,所以在有些情况下,可把摩擦力看成动力。

二、物体受力情况分析

(一) 要注意摩擦力的方向

物体受力分析是力学中最重要的一环,一个物体只有将它受力的情况弄清楚了,才谈得上研究它的运动状态。否则,不是得不出结果来,就是结果是错误的。在物体受力分析时,要特别注意摩擦力的方向。从下面例题来说明这个问题。

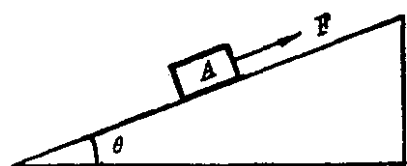


图 1-8

[例题] 图 1-8 放在斜面上的物体 A , 受到一个沿斜面向上的力 F 作用, 试画出 A 的受力图来。

解: 这个题是无法画出 A 的受力图的, 因为物体 A 受到的摩擦力的大小和方向是和 A 在斜面上的运动状况有密切的联系。所以, 只能作如下分析:

1. 如果 A 物体在斜面上向上运动, 摩擦力 f 则向下, 如

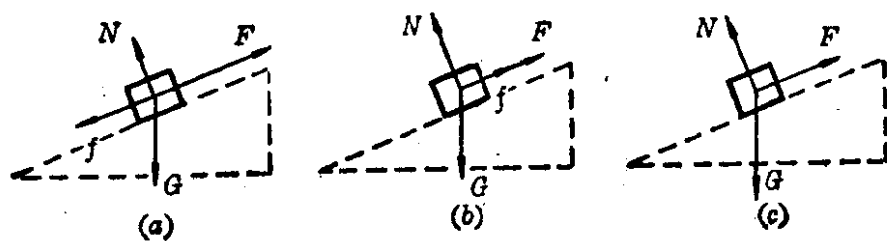


图 1-9

图 1-9(a); 如果 A 物体向下运动, 则摩擦力 f 向上, 如图 1-9(b)。

2. 如果 A 物体静止在斜面上, 则有三种情况: (1) 当拉力 F 大于 N 和 G 的合力时, 物体有向上运动的趋势, 静摩擦力向下, 并且四个力的合力为零, 如图 1-9(a) (f 是静摩擦力)。(2) 当拉力 F 小于 N 和 G 的合力时, 物体有向下运动的趋势, 静摩擦力向上, 四个力的合力仍为零, 如图 1-9(b)。(3) 当拉力 F 等于 N 和 G 的合力时, 物体没有运动的趋势, 所以没有摩擦力, 物体 A 只受到三个力的作用, 这三个力的合力为零, 如图 1-9(c)。

(二) 隔离体的联系

几个连接在一起的物体叫连接体, 如图 1-10 中的物体 A、B、C。我们要分析其中某一个物体的受力图时, 先要把被研究的这个物体假想地从整体中隔离出来, 这个被隔离出来的物体叫做隔离体。如将图

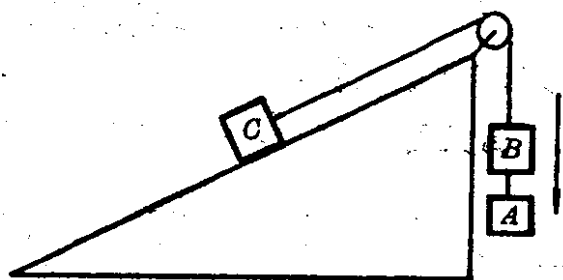


图 1-10

1-10 中的 A、B、C 三个物体隔离开, 分别画出它们各自的受力图, 如图 1-11(a)、(b)、(c) 所示。这样本来三个连在一起

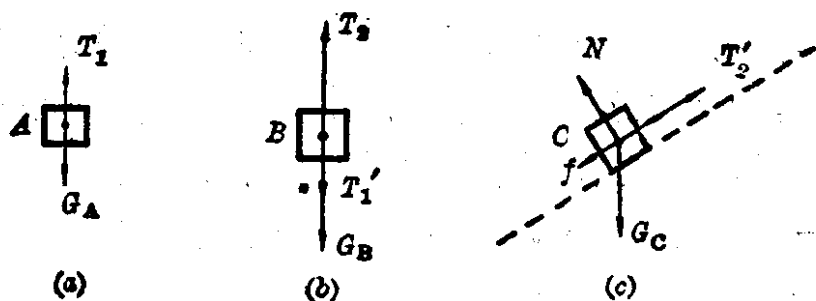


图 1-11