

中学各科基础知识与能力训练丛书

高中物理

华耀义 主编



开明出版社

中学各科基础知识与能力训练丛书

高中物理

主 编：华耀义
编 者：张令元 谷明杰
 张世云 刘加林
 张洪潭

开 明 出 版 社

(京)新登字 104 号

中学各科基础知识与能力训练丛书

高 中 物 理

*

开 明 出 版 社 出 版

(北京海淀区车公庄西路 19 号)

外 文 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行

开本 787×1092 1/32 印张 14 字数 300 千

1992 年 2 月北京第 1 版 1992 年 2 月北京第 1 次印刷

印数: 00,001— 10,000

ISBN 7-80077-290 X/G · 214 定价: 4.90 元

目 录

第一章	力 物体的平衡	1
第二章	直线运动	30
第三章	力和运动	52
第四章	物体的相互作用	73
第五章	曲线运动 万有引力	91
第六章	机械能	111
第七章	机械振动和机械波	142
第八章	热学	163
第九章	电场	194
第十章	稳恒电流	220
第十一章	磁场	255
第十二章	电磁感应	277
第十三章	交流电、电磁振荡和电磁波电子技术	
	初步知识	301
第十四章	光学	329
第十五章	原子和原子核	361
第十六章	物理实验	376
综合训练题一		396
综合训练题二		412
答案		427

第一章 力 物体的平衡

一、知 识

本章知识可概括为力和物体的平衡两部分。

第一部分“力”包括力的概念、力学中常见的三种力的性质、受力分析与力的合成和分解。掌握了三种力的性质，才可以根据力的性质对物体进行受力分析，而对物体进行受力分析往往是解决物理学(特别是力学部分)问题的必经之路。力的合成和分解部分应熟练地掌握力的平行四边形法则。

第二部分“物体的平衡”包括共点力作用下的物体的平衡条件和有固定转动轴的物体的平衡条件，应熟练掌握物体的平衡条件和用平衡条件解题的方法。

(一) 力、重力、弹力、摩擦力

1. 力的概念和图示

力是物体对物体的作用。应理解力的物质性和力的相互作用原理。即力不能脱离物体而存在，并且有力的作用一定有两个物体存在，其中的一个物体既是受力物体也是施力物体。

力是矢量，用有向线段表示力的大小、方向和作用点，叫力的图示。用线段的起点或终点表示力的作用点，线段的长短表示力的大小，箭头的方向表示力的方向。在分析力学问题时只需画力的示意图。

2. 重力、弹力、摩擦力的性质

(1) 产生条件：在地球表面附近(重力场中)的物体，都受到重力的作用(分析物体受力时最好先画重力)。

弹力只能存在于直接接触且发生弹性形变的物体之间。

处于相对静止状态的物体，在除了静摩擦力之外，所受各力不能互相平衡时，就会有运动趋势，此时在与它直接接触、相互挤压的物体的不光滑面上会存在静摩擦力作用。

滑动摩擦力也必须在物体间直接接触、相互挤压且有相对运动时，发生在不光滑的接触面上。

(2) 三种力的大小和方向

物体在某地所受的重力的大小取决于物体的质量，且与物体的质量成正比。重力的大小等于物体静止时作用在水平支持物上的力或拉紧悬绳的力。重力的方向总是竖直向下的，与支持物的形状及物体的运动状态无关。

弹力的大小取决于施力物体形变的程度。例如桌子上叠放的重物越多，桌面形变越大，对物体的弹力作用越大。由胡克定律可知，弹簧形变时的弹力，与它的伸长或压缩量(x)成正比。弹力的方向总是与作用在物体上使物体发生形变的外力方向相反。例如压力总是垂直于支持面指向被支持物体，拉力总是沿着绳(或杆)指向绳(或杆)的收缩方向。

静摩擦力的大小始终与平行于接触面的外力相等。静摩擦力的最大值叫最大静摩擦力。当外力大于最大静摩擦力时，物体开始运动，静摩擦力消失。静摩擦力的方向总是与接触面相切，并与相对运动趋势的方向相反。

滑动摩擦力的大小与两个物体的材料的性质、接触面的粗糙程度及两个物体表面间的压力的大小有关，即 $f = \mu N$ 。

式中 μ 为滑动摩擦系数，滑动摩擦力的方向总是与物体间相对滑动的方向相反。

(二) 物体受力分析

研究力学问题时，必须先确定研究对象，分析研究对象受到的力的作用，这叫做对物体进行受力分析。对于几个相互作用着的物体组成的系统，应该用隔离法，逐个对每个物体进行受力分析。

(三) 力的合成和分解

1. 力的合成 求几个已知力的合力叫力的合成。已知的几个力叫分力。分力与合力的作用是等效的，可以互相代替，但不是共同作用在物体上。力的合成遵循平行四边形法则，即以表示两个分力的线段为邻接边作平行四边形，这两个边所夹的对角线则表示合力的大小和方向。根据平行四边形法则作出力的平行四边形后，可以用作图法或计算法求合力的大小、方向。

2. 力的分解 求一个已知力的分力叫力的分解。力的分解是这一章知识的难点之一。因为已知合力求分力时，在合力、两分力的大小、方向六个条件中，往往只是较明确地给出合力的大小和方向这两个条件，另外两个作为已知的条件（例如两分力的方向等），要根据题意由力的作用效果判断。应多观察、分析一些实验和实例，以提高分析和判断能力。

把一个力分解成互相垂直的两个分力，往往有助于分析力学问题，这种分析方法叫力的正交分解法。例如按力的作用效果可以把作用在水平面上的车所受的拉力 F 进行正交分解，其中 $F_{\text{水平}} = F \cdot \cos\alpha$ 、 $F_{\text{竖直}} = F \cdot \sin\alpha$ ，如图1-1；斜面上物体所受重力，可以分解为与斜面垂直的分力 G_2 和沿斜面向

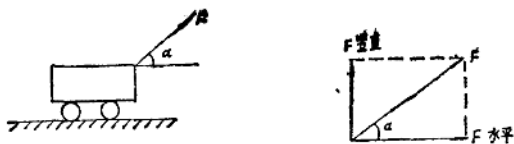


图 1-1

下的分力 $G_1, G_1 = G \cdot \sin \alpha, G_2 = G \cdot \cos \alpha$, 如图 1-2; 为了



图 1-2

研究问题的方便, 可以把由绳系着在竖直面内摆动的小球所受的重力分解为沿绳方向的分力 G_1 和与绳垂直方向的分力 $G_2, G_1 = G \cdot \cos \theta, G_2 = G \cdot \sin \theta$, 如图 1-3; 还可以把竖直挡板施予斜面上小球的弹力 N 分解为沿斜面向上和与斜面垂直的两个分力, 如图 1-4 等等。

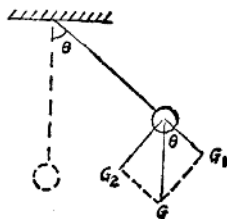


图 1-3

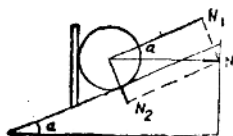


图 1-4

(四) 物体的平衡

物体处于静止、匀速直线运动或匀速转动状态叫平衡状态。

1. 共点力作用下物体的平衡条件

(1) 共点力：作用在物体上的几个力，作用在物体的同一点上，或它们的作用线交于一点，这样的几个力叫共点力。

(2) 共点力作用下物体的平衡条件：合力等于零，即 $\Sigma F = 0$ 。

2. 有固定转动轴的物体的平衡条件

(1) 除了确有转动轴(如铰链等)外，那些绕某直线转动的物体也可以把这条线视作转动轴。

(2) 力臂：从转动轴到力的作用线的垂直距离叫力臂(L)。

(3) 力矩：力和力臂的乘积叫力矩(M)。 $M = F \times L$ 。国际单位制中，力矩的单位是牛顿·米(不是焦耳)。

(4) 有固定转动轴的物体的平衡条件：使物体顺时针转动力矩之和等于使物体逆时针转动力矩之和，即 $\Sigma M_{\text{顺}} = \Sigma M_{\text{逆}}$ 。往往规定使物体沿逆时针方向转动力矩为正力矩，使物体沿顺时针方向转动力矩为负力矩，则物体平衡的条件可以写为 $\Sigma M = 0$ 。

二、能 力

(一) 对弹力和摩擦力的剖析

深入理解并牢固掌握三种力的性质，是学好力学的基础。因此对三种力的性质需做进一步的剖析。重力是万有引力的

一部分,学习了“万有引力”一章,可以对重力的性质有进一步的认识。下面主要分析摩擦力和弹力。

1. 滑动摩擦力

(1) 滑动摩擦力的大小

① 滑动摩擦系数“ μ ”的意义 由公式 $f = \mu \cdot N$ 得出 $\mu = \frac{f}{N}$ 。可见 μ 在数值上等于每单位压力时的摩擦力。 μ 没有单位。实验表明,对同一对接触面,摩擦力 f 与压力 N 成正比,其比值 μ 恒定。可见 μ 值的大小与压力和摩擦力的大小无关; μ 的值由相接触物体的材料的性质和表面的粗糙程度决定。

② 由关系式 $f = \mu \cdot N$ 可知,滑动摩擦力的大小仅与滑动摩擦系数 μ 和物体间压力 N 有关。与接触面积的大小、所受外力(沿接触面切向分力)的大小和运动速度无关。

(2) 滑动摩擦力的方向 “滑动摩擦力的方向总是与相对滑动的方向相反”,这里是指相对于施予它摩擦力的物体。

如图 1-5,将小物块 m 轻轻地放到以速度 v 水平向右运动的小车上。在开始一段时间内 m 的速度从 0 逐渐增大到 v ,而后才随车一起运动。在这段时间内由于 m 比车的速度小, m 相对于车向左滑动,所以车施予 m 的滑动摩擦力向右,如



图 1-5

图 1-5(A); 到 m 与车速相等时 m 与车间没有了相对滑动, 摩擦力就消失了(如图 1-5(B))。

在图 1-6 中, 拉动物块 m 水平向右的一段时间内, 也带动了物块 M , 但 M 的速度较小, M 相对于 m 向左运动, 因此 m 施予 M 的滑动摩擦力 f_m 向右, M 相对于地向右运动, 地面施于 M 的摩擦力 f 向左。

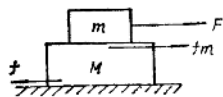


图 1-6

2. 关于静摩擦力

(1) 判断静摩擦力的存在 物体受到不平衡的外力(不包括静摩擦力)作用而还保持静止时, 具有运动趋势, 此时一定有静摩擦力与其他外力的合力平衡, 所以判断接触面间是否有静摩擦力存在应先对物体进行受力分析。

(2) 判断静摩擦力的大小和方向 由于处在静止状态的物体往往是静摩擦力与其他各力的合力平衡(保持相对静止而几个物体以共同的加速度运动的情况除外), 所以判断静摩擦力的大小和方向, 也需先对物体进行受力分析, 计算出除静摩擦力外其他各力合力的大小和方向, 静摩擦力与合外力大小相等、方向相反。

例如: 叠放时接触面在水平方向的三个物块 A 、 B 、 C 保持静止, 它们的重量都是 10 牛, 作用在 A 和 B 上的水平拉力 $F_A = F_B = 1$ 牛, 如图 1-7(A), 求 A 、 B 、 C 各接触面间及 A 与支持物间的静摩擦力。物块 C 仅受竖直方向的力——重力、弹力, 二力互相平衡, 无水平方向其他力的作用, 所以 C 与 B 接触面上静摩擦力为零, 如图 1-7(B); B 受水平向右的外力 F 而处于静止状态, 可见 B 与 A 接触面处存在静摩擦力, A 施予 B 的静摩擦力 f_{AB} 水平向左, 且 $|f_{AB}| = |F|$, 如图 1-7

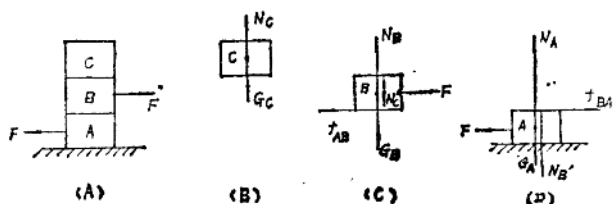


图 1-7

(C); B 施于 A 的静摩擦力 f_{BA} 水平向右, $|f_{BA}| = |f_{AB}| = |F| = 1$ 牛, A 受力平衡, 所以 A 与支持物间无静摩擦力, 如图 1-7 (D)。

把三个小球 A、B、C 自然地放入容器 M 中, 如图 1-8。

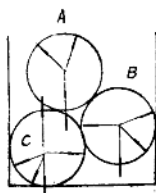


图 1-8

A、B、C 各球所受的重力与弹力可以互相平衡, 即合力为零。此时 A、B、C 间不存在静摩擦力。

3. 关于弹力

(1) 分类: 按弹力的作用效果, 可以把弹力分为压力和拉力两大类。

(2) 压力的大小和方向

① 方向 两物体之间无论是点点接触(图 1-9(A))、点面接触(图 1-9(B))或是面面接触(图 1-9(C)), 两物体之间相互作用的压力的方向总是与接触面或过接触点的切面垂直。

接触面上除压力外还有摩擦力的作用时, 接触面的相互作用力是压力与摩擦力的合力, 合力的方向不再与接触面垂直。例如当三角劈的斜面光滑、与地面间有摩擦时, 沿斜面下滑的物块与斜面间的作用力为压力 N , N' 与斜面垂直, 物体

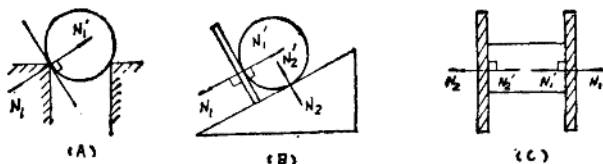


图 1-9

地面间的相互作用力 F 为压力与静摩擦力的合力,如图1-10。人行走时,地对人的斜向上的力也是压力与静摩擦力的合力。

② 压力的大小 压力的大小不一定等于被支持物的重量。如图1-11(A)中,压力 $N = G \cdot \cos \alpha$;图1-11(B)中,小球 G 与斜面之间的压力 $N = \frac{G}{\cos \alpha}$;用夹板 MN 、 PQ 夹

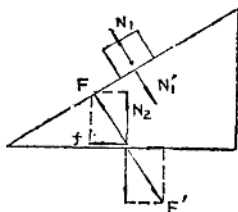


图 1-10

住重物 G 时,板对物块的压力 F 一般不等于物体的重量,如图1-12。

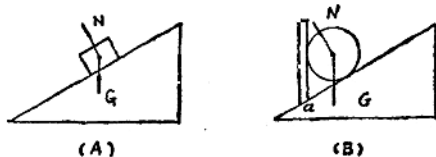


图 1-11

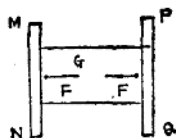


图 1-12

(3) 绳的拉力

① 方向: 绳只可能发生拉伸形变(对比于不可能发生压缩形变),拉伸形变时拉力的方向总是指向绳收缩的方向。

② 大小：无结的轻绳中拉力处处相等。当轻绳的两端受到相等的力 F 而有拉伸形变时，绳中各段之间的拉力 T 、 T' 等大小相等，如图 1-13 且 $T = F$ ，绳内部各部分之间的相互作用力也叫张力。

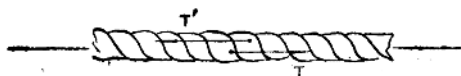


图 1-13

有结绳中各段上的拉力应根据物体的运动状态和题设条件，用物体的平衡条件或力的分解等知识求出。

例如在图 1-14 中，人沿与竖直方向成 α 角将重 1000 牛的货物匀速拉起时，绳各段拉力处处相等，等于人拉绳的力 F ，即 $T = T' = \frac{G}{2}$ ， $F = T = \frac{G}{2} = 500$ 牛。又如在图 1-15 中绳 OA 的 A 端固定， O 点系一重物 G ， AO 与竖直方向夹角为 θ ，水平绳 OB 系着 OA ， B 端固定。根据力的平行四边形法则可以求出 OA 绳的拉力 $F_A = \frac{G}{\cos\theta}$ ， OB 绳中的

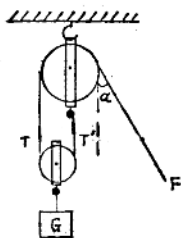


图 1-14

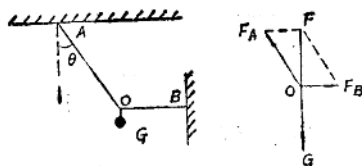


图 1-15

拉力 $F_B = G \cdot \lg \theta$ 。若将 OB 绳剪断, OB 绳松弛, 绳的拉力为零, 物体开始摆动, 绳 OA 中的张力将随物体的速度变化。

(4) 杆两端的压力或拉力 中学阶段所研究的问题多数是仅杆的两端受力的情况。由二力平衡条件可知, 这两个力在杆平衡时, 一定在同一条直线上, 且沿杆的方向, 是拉力或压力。如图

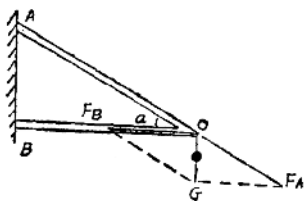


图 1-16

1-16, 钉在墙壁上的三角架挂着重物 G 。轻杆 OA 受拉力

$F_A = \frac{G}{\sin \alpha}$, 方向沿杆由 A 指向 O , 轻杆 OB 受压力 $F_B =$

$G \cdot \operatorname{ctg} \alpha$, F_B 沿杆由 O 指向 B 。

(二) 掌握对物体进行受力分析的方法

熟练地掌握对物体进行受力分析的方法, 是解答力学问题的关键。要掌握受力分析的方法、受力分析的依据和对几个物体组成的物体体系中各物体进行受力分析的方法。

1. 受力分析方法

(1) 根据题意选定研究对象后, 只考虑研究对象所受的力, 暂不涉及它施予其他物体的力。

(2) 分析力的顺序不一定很死, 但由于地球表面附近的物体都受到重力的作用, 还是应该先画出重力。由于弹力、摩擦力发生在直接接触的物体之间, 可以在画出重力后, 视线绕重力作用线巡视一周, 按弹力、摩擦力产生的条件, 依次确定与研究对象接触的那些物体是否施予研究对象以弹力和摩擦力的作用。按照这个顺序画出的每一个力一定有施力者, 不

会是凭空想象的,又不容易漏画。

2. 受力分析的依据

(1) 依据三种力的性质分析力。

(2) 依据力的相互作用原理(牛顿第三定律)分析力。

(3) 依据物体的运动状态分析受力。例如前面所讲分析三个叠放着的物体 A 、 B 、 C 之间接触面的静摩擦力时,就是依据静止状态时物体所受各力的平衡条件和力的相互作用原理分析的。

3. 分析几个相互作用着的物体组成的系统中各物体的受力情况时,必须用隔离法。确定一个研究对象后,第一暂不要分析其他物体。第二只分析研究对象所受的力,而不要考虑研究对象施予其他物体的力。要从受力情况比较简单的物体开始,再按连接顺序逐个分析。往往根据物体之间的连接方式和已知条件,恰当地选择和转换研究对象,是对较复杂问题正确进行受力分析的关键。

例1 有人问按照力的相互作用原理,马拉犁耕地时,马与犁之间的相互作用力大小相等、方向相反,为什么马与犁还可以运动起来呢?

弄清这个问题必须对马与犁组成的系统进行受力分析。按隔离法分别分析马与犁的受力情况。马受的力有重力 G_1 、地面的支持力 N_1 (压力与摩擦力的合力)及犁对马的拉力 F ,如图 1-17(A) N_1 沿水平方向分力为 N_{1x} , $N_{1x} = N_1 \cdot \cos \phi$ 。 F 沿水平方向分力 $F_x = F \cdot \cos \theta$ 。马蹬地的力越大,地对马的支持力 N_1 越大,当 $N_{1x} = F_x$ 时,马向前匀速运动,当 $N_{1x} > F_x$ 时马可以加速向前。如图 1-17(B) 分析犁受力有重力 G_2 、泥土的作用力 N_2 (包括压力与阻力),马的拉力 F' ,

F' 的水平分力为 F'_x , $F'_x = F' \cdot \cos\theta$, N_2 的水平分力 $N_{2x} = N \cdot \cos\alpha$, 实际上就是泥土对犁的阻力. 当 $F'_x = N_{2x}$ 时, 犁可匀速运动, 当 $F'_x > N_{2x}$ 时, 犁可加速运动. 通过上述分析可知, 只要马蹬地的力足够大, 使 $N_{1x} \geq N_{2x}$ (泥土的阻力) 马就可拉动耕犁(马受其他阻力忽略不计).

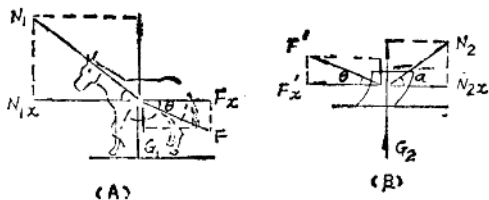


图 1-17

例 2 如图 1-18 (A)所示, 用两个定滑轮和绳子把物块 m 与木板 M 连接在一起, 当 m 与 M 的重量 G_0 与 G 的比值为多少时, 系统保持平衡?

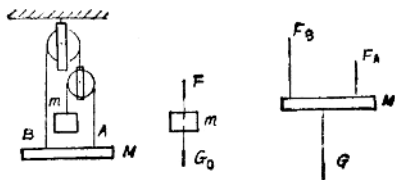


图 1-18

物块 m 受力较简单, 先以 m 为研究对象. m 受力为重力 G_0 和绳的拉力 F , m 平衡时 $F = G_0$. 图 1-18(B). 再以木板为研究对象, 木板受重力 G , A 、 B 处绳的拉力 F_A 、 F_B , 图