

中学物理的概念、公式和例题

科学技术出版社

中学物理的概念、 公式和例题

江 勇

出
版

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书是在上海科学技术出版社编辑出版的《数理化自学丛书》的基础上,为中学生、自学青年、中等业余学校学生和其它中等程度的广大读者,复习中学物理知识而编写的一本提纲挈领的书。它对于中学物理中的所有概念和公式作了系统的阐述,重点突出,条理清楚;便于复习,便于查阅;并附有许多典型性的例题,给读者以正确运用概念公式,掌握解题方法的启发和示范。

全书分五章:力学、分子物理学和热学、电磁学、光学、原子物理,内容均以中学物理教学大纲为依据,适当参考历年高考复习大纲。

中学物理的概念、公式和例题

江 勇

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷四厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 8.25 字数 180,000

1981年5月第1版 1982年8月第2次印刷

印数 250,001—500,500

统一书号: 13119·950 定价: (科三)0.67 元

目 录

第一章 力学	1
一、力 物体的平衡	1
力的概念(1) 几种常见的力(1) 力的合成和分解(3)	
在共点力作用下物体平衡的条件(5) 有固定转动轴的物	
体的平衡(6) 同向平行力的合成法则(6) 平行力平衡的	
条件(7) 物体的一般平衡条件(7) 例题(7)	
二、运动学	14
几个物理概念(14) 描述变速直线运动的几个基本物理	
量(15) 匀变速直线运动(15) 运动的合成(18) 例题(18)	
三、运动定律	25
牛顿三定律(25) 质量和重量(27) 密度和比重(27) 受力	
分析和隔离法(27) 动力学解题的步骤(28) 牛顿运动定律	
的局限性(29) 例题(29)	
四、曲线运动 万有引力	45
抛体运动(45) 匀速圆周运动(47) 万有引力(48) 人造地	
球卫星(49) 例题(51)	
五、机械能	58
功(58) 功率(58) 动能和动能定理(59) 重力势能(59)	
弹性势能(60) 机械能守恒定律(60) 功能原理(60) 能的	
转变和守恒定律(61) 例题(61)	
六、冲量、动量、动量守恒定律	66
冲量(66) 动量(67) 动量定理(67) 动量守恒定律(68)	
碰撞(68) 例题(70)	
七、流体	80

流体内部的压强(80) 帕斯卡定律(81) 阿基米德定律(81)
物体的沉浮原理(81) 大气压强(82) 例题(82)

八、机械振动和机械波.....88

机械振动(88) 简谐振动(88) 同一直线上简谐振动的合成(90) 阻尼、阻尼振动和无阻尼振动(91) 受迫振动和共振(91) 机械波(92) 波的迭加原理(93) 衍射(94) 惠更斯原理(95) 例题(95)

第二章 分子物理学和热学101

一、分子运动论101

分子运动的要点(101) 气体、液体和固体中分子运动的特征(101) 气体分子速率分布规律(102) 物体的内能及其变化(102) 温度和温标(103)

二、物体的热膨胀103

物体的热胀冷缩(103) 物体的热膨胀(103) 水的膨胀特点(104) 例题(104)

三、热和功107

热的概念(107) 热量(107) 燃烧值(107) 燃烧效率(107) 热容量(107) 比热(108) 热平衡方程(108) 热功当量(109) 热力学第一定律(109) 例题(109)

四、气态方程116

气体的状态参量(116) 气体的压强(116) 气体的实验定律(116) 理想气体(117) 气态方程(117) 普适气体恒量(117) 克拉珀龙方程(118) 绝热变化(118) 例题(118)

五、物态变化125

溶解和凝固(125) 汽化和液化(126) 未饱和气与饱和气(127) 例题(127)

六、热机131

燃烧效率(131) 热效率(131) 机械效率(132) 总效率(132) 例题(132)

第三章 电磁学	135
一、静电学	135
电荷间的相互作用(135) 电场和电场强度(136) 电势和电势差(138) 电容和电容器(139) 例题(140)	
二、直流电	151
电流、电源和电路(151) 欧姆定律(152) 电流的功和功率(154) 焦耳-楞次定律(155) 例题(155)	
三、磁场	166
磁现象和磁场(166) 磁场对电流的作用(168) 磁场对运动荷电粒子的作用(168) 电流的磁场(169) 磁的电本质(170) 例题(170)	
四、电磁感应	177
产生感生电动势和感生电流的条件(177) 感生电流的方向(177) 感生电流的大小(178) 例题(179)	
五、交流电	190
交流电的产生(190) 交流电的变化规律(190) 交流电的基本参量(191) 几种简单的交流电路(192) 交流电的功率和功率因数(193) 发电机(194) 三相交流电(195) 变压器(196) 例题(197)	
六、电磁振荡和电磁波	203
电磁振荡(204) 电磁场和电磁波(204) 电磁波的发送(205) 无线电波的接收(205) 例题(206)	
七、电子技术基础	208
半导体的特性(208) N型半导体和P型半导体(208) PN结(208) 晶体二极管(209) 整流电路(210) 晶体三极管(211) 晶体管放大器(211) 例题(212)	
第四章 光 学	214
一、光的传播	214
光的反射定律(214) 漫反射(214) 光的折射定律(214)	

光的折射率(215) 光发生全反射的条件(215) 例题(216)	
二、光学器件	218
平面镜成象(218) 球面镜成象(218) 平行透明板(220)	
透镜成象(220) 眼睛(222) 例题(224)	
三、光的本性	236
光的色散(236) 光谱(237) 光的干涉(238) 光的衍射(238)	
自然光和偏振光(238) 麦克斯韦电磁学说(238)	
可见光(239) 不可见光(239) 光电效应(239) 光子说(240)	
光子说对于光电效应的解释(240) 光的本性(240)	
物质波(241) 例题(241)	
第五章 原子物理	246
一、原子结构	246
原子的核式结构(246) 原子光谱(246) 氢原子光谱(246)	
玻尔理论(247) 能量量子化(248) 基态和激发态(248)	
量子力学(249)	
二、原子核	249
天然放射现象(249) α 衰变(249) β 衰变(250) 半衰期(250)	
探测器(250) 原子核的人工转变(250) 原子核的组成(250)	
放射性同位素(251) 核力(251) 原子核的结合能(251)	
爱因斯坦质能方程(251) 核的质量亏损(251)	
裂变(251) 链式反应(251) 反应堆(252) 热核反应(252)	
例题(252)	

常用数据表

力 学

一、力 物体的平衡

● 力的概念 力是一个物体对另一个物体的作用。脱离了物体，力是不存在的。一个物体受到力的作用一定有另一物体对它施加这种作用；力能使物体的形状或体积发生变化（产生形变），或使它的运动状态发生变化（产生加速度）。力是矢量，因此可用有向线段来表示力的三要素（大小、方向、作用点）。

在国际单位制中，力的单位是牛顿。常用的另一个单位是千克（力），它们的关系是：

$$1 \text{ 千克(力)} = 9.8 \text{ 牛顿.}$$

在厘米·克·秒制中，力的单位是达因。牛顿和达因的关系是：

$$1 \text{ 牛顿} = 10^5 \text{ 达因.}$$

● 几种常见的力 力学中有重力、弹力（包括浮力）和摩擦力。

重力 就是物体的重量，它是由于地球的吸引而使物体受到的力。它的方向就是物体自由落向地面的方向，总是竖直向下。

物体各部分受到的重力的合力的作用点叫做重心。有规则均匀物体的重心就是它的几何中心。

弹力 当物体发生形变的同时，它就对使它发生形变的物体产生力的作用，这个力叫做弹力。有形变就同时有弹力，在弹性限度内，形变越大，弹力也越大；形变消失，弹力也同时消失。弹力的方向总是和使物体发生形变的外力方向相反。

在弹性限度内，弹簧的弹力 f 和弹簧伸长(或缩短)的长度 x 成正比，弹力的方向和弹簧伸长(或缩短)的方向相反。即

$$f = -kx.$$

这个关系称为胡克定律，式中 k 为弹簧的倔强系数，单位：牛顿/米。

浮力 浸在液体中的物体，由于液体对它的上、下两个表面的压力不同，合力向上，因此总要受到液体对它的向上的浮力作用。

摩擦力 如果一个物体在另一个物体上滑动，这时存在于两个物体之间的摩擦力叫做滑动摩擦力；如果两个相互接触的物体并不滑动，但因在外力作用下有了滑动趋势，这时存在于两物体之间的摩擦力叫做静摩擦力。

最大静摩擦力的大小 f_m 与两物体间的正压力的大小 N 成正比。即

$$f_m = \mu_0 N.$$

μ_0 称为静摩擦系数。静摩擦力与物体滑动趋势的方向相反。

滑动摩擦力的大小 f 也跟正压力的大小 N 成正比。即

$$f = \mu N.$$

μ 称为滑动摩擦系数。 f 的方向与物体运动方向相反。对两个同样的物体来说， μ_0 略大于 μ 。在一般计算中，常认为

$$\mu = \mu_0.$$

在电学中，我们还学到电场力和洛仑兹力。现把常见的几种力，归结如下表：

种类		力的产生	决定力大小的定律	力的作用方向
场力	重力	由于地球对物体的吸引作用而产生	$F = G \frac{Mm}{R^2}$ $W = mg$	竖直向下
	电场力	由于电荷与电荷的相互作用产生(同种电荷相斥、异种电荷相吸)	$F = K \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}$	在两个电荷的连线上
	洛仑兹力	由于磁场对运动电荷的作用而产生	$f = qvB \sin \alpha$	左手定则
直接接触力	弹力	由于物体形变而产生	在弹性限度内, 拉伸(压缩)形变产生的力 $F = -Kx$ (K 是弹簧的倔强系数)	与使物体产生形变的外力的方向相反
	浮力	由于流体对浸在其中的物体的上、下两个表面的压力不同而产生(本质上说来, 浮力也是一种弹力)	$F_{浮} = V \cdot \gamma$, γ 为液体的比重	跟物体所受重力的方向相反
	摩擦力	互相接触的物体由于相对运动或有相对运动的趋势而在接触面间产生的阻碍作用	滑动摩擦力 $f = \mu N$, 最大静摩擦力 $f_m = \mu_0 N$	阻碍物体间的相对运动

● 力的合成和分解

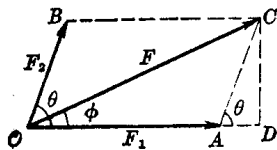
合力 一个力, 如果它单作用在物体上产生的效果与几个力共同作用在该物体上所产生的效果相同, 这个力就叫做那几个力的合力. 求几个力的合力叫做力的合成.

分力 几个力, 如果它们作用在物体上产生的效果跟原

来一个力作用在该物体上所产生的效果相同，这几个力叫做原来那个力的分力。求一个力的分力叫做力的分解。

共点力的合成法则 如果几个力都作用在物体的同一点，或者它们的作用线相交于同一点，这几个力就叫做共点力。

1° 力的平行四边形法则 两个互成角度的共点力的合力 F ，可用这两个力 F_1 、 F_2 为邻边所作出的平行四边形的对角线来表示，对角线的长度表示合力的大小，对角线方向表示合力的方向（两邻边所表示的力叫分力）。



F 是 F_1 和 F_2 的合矢量，可用矢量式

$$F = F_1 + F_2$$

来表示。

力的平行四边形法则的计算 根据余弦定理可求出合力的大小 F ：

$$F^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta \quad (1)$$

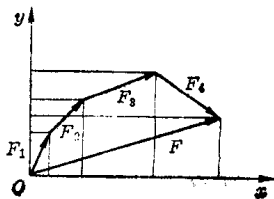
(当 $\theta = 90^\circ$ 时， $F^2 = F_1^2 + F_2^2$)。

合力的方向可以用合力 F 跟任一分力(如 F_1)的夹角 ϕ 来表示：

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{F_2 \sin \theta}{F_1 + F_2 \cos \theta} \quad (2)$$

根据(1)、(2)两式，可算出两个共点力的合力的大小和方向。

2° 多边形法则 几个共点力的合力，可用表示这几个力的矢量首尾相接所构成的折线的封闭边来表示。合力的方向就是从第一个力的起点，指向最后一个



力的终点。如图所示。

力的正交分解法 把力沿两个互相垂直的方向分解，叫做力的正交分解法。

求几个共点力的合力：把不同方向的几个力，先向两个正交轴上投影（正交分解），然后分别求每个坐标轴上的所有投影的代数和（ F_x 和 F_y ）。当 F_x 和 F_y 求得后，则合力的大小和方向可由下列式子决定：

$$\begin{aligned} \text{合力的大小:} \quad F &= \sqrt{F_x^2 + F_y^2}; \\ \begin{cases} F_x = x_1 + x_2 + \cdots + x_n = \sum x, \\ F_y = y_1 + y_2 + \cdots + y_n = \sum y. \end{cases} \end{aligned}$$

合力的方向：

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{F_y}{F_x} = \frac{\sum y}{\sum x},$$

ϕ 为合力 F 与 x 轴正向间的夹角。

● 在共点力作用下物体平衡的条件 在共点力作用下的物体，当合力为零时，则物体处于平衡状态。

两个力平衡的条件 两个力的大小相等、方向相反且位于同一直线上。

三个力平衡的条件 三个力在同一平面上，其中任何两个力的合力与第三个力的大小相等，方向相反且位于同一直线上。

三个或三个以上力的平衡条件 合力为零可用两种形式表示。

1° 图解形式 几个共点力所组成的力多边形是自行闭合的，则表示这几个力的合力为零，即这几个力平衡。

2° 分析形式 几个共点力平衡的条件是合力为零，即

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 0.$$

由此可得平衡方程式为:

$$\begin{cases} F_x = \sum x = 0, \\ F_y = \sum y = 0. \end{cases}$$

即几个力在任一轴上的射影之和分别为零,则这几个力平衡.

● 有固定转动轴的物体的平衡

力矩 转动轴到力的作用线的距离叫做这个力的力臂,力的大小与力臂的乘积叫做这个力对于该转轴的力矩.在平面问题中,力矩是代数量,

$$M = FL,$$

力矩决定了力使物体绕轴转动的效果.各个力矩的不同不仅在于它们的大小,还在于它们使物体转动的方向.一般规定:使物体向顺时针方向转动的力矩为负力矩,使物体向逆时针方向转动的力矩为正力矩(在实际计算中,可以按不同的转动方向,自行决定正、负号,其结果是一样的).

绕固定轴转动的物体平衡的条件 如果作用在该物体上的逆时针转向的力矩之和等于顺时针转向的力矩之和, $M_{\text{逆}} = M_{\text{顺}}$, 则此物体处于平衡状态.即,这时作用在该物体上所有力的力矩之代数和为零,

$$\sum M_0 = 0.$$

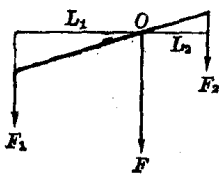
这个式子叫做力矩平衡方程式.

● **同向平行力的合成法则** 两个同向平行力的合力,大小等于这两个分力之和;方向跟这两个分力的方向相同;合力的作用点到这两个分力作用线的距离跟这两个分力的大小成反比:

$$F = F_1 + F_2,$$

$$F_1 L_1 = F_2 L_2.$$

即合力的作用点是:当以这一点为转动



的中心,各分力所产生的力矩的代数和刚好为零。

● 平行力平衡的条件 物体在平行力作用下,它的平衡条件就是所受各个力的合力等于零,同时这些力对任何转轴的力矩代数和都等于零。即

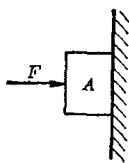
$$\begin{cases} \sum F=0, \\ \sum M_0=0. \end{cases}$$

● 物体的一般平衡条件 作用在物体上所有力的合力等于零;所有力对任意一根轴的力矩的代数和等于零。合力为零的平衡条件也可用正交分解法表示:

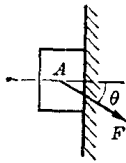
$$F_x=0, \quad F_y=0.$$

例 题

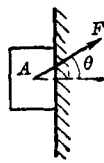
例 1 如图 a、b、c 所示,已知物体 A 的重量为 G , A 与竖直面的静摩擦系数为 μ_0 ,外力 F 与水平方向的夹角为 θ 。要使物体 A 不致掉下,外力 F 的数值应分别取什么范围?



(a)



(b)

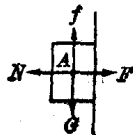


(c)

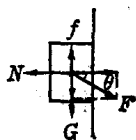
解 (1) 分析(a)的情况。物体 A 受到四个力的作用:重力 G 、外力 F 、竖直面支持力 N 和静摩擦力 f 。当 $G \leq f_m$ 时,物体 A 才不致掉下来。

$$\text{又} \quad f_m = \mu_0 N = \mu_0 F,$$

$$\therefore \quad G \leq \mu_0 F, \quad F \geq \frac{G}{\mu_0}.$$



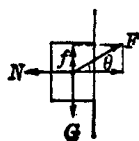
(2) 分析(b)的情况。物体A也受到四个力的作用： G 、 F 、 f 、 N (见图)。将外力 F 正交分解为： $F \cdot \cos \theta$ 和 $F \cdot \sin \theta$ ，则 $N = F \cdot \cos \theta$ 。当重力 G 和 $F \sin \theta$ 的合力 $(G + F \sin \theta) \leq f_m$ 时，A才不致掉下。



$$\text{又} \quad f_m = \mu_0 N = \mu_0 F \cdot \cos \theta,$$

$$\therefore G + F \cdot \sin \theta \leq \mu_0 F \cdot \cos \theta, \quad F \geq \frac{G}{\mu_0 \cos \theta - \sin \theta}.$$

(3) 物体A也受四个力的作用： G 、 F 、 f 、 N 。将外力 F 正交分解为 $F \cdot \cos \theta$ 和 $F \cdot \sin \theta$ ，则 $N = F \cdot \cos \theta$ 。



F 在竖直方向上的分力 $F \cdot \sin \theta$ 的大小随着 F 的改变而变化，因此静摩擦力的方向有两种可能：

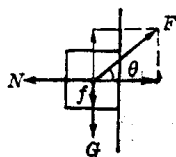
(a) 当 $G > F \cdot \sin \theta$ 时，A有向下运动的趋势，因此静摩擦力 f 的方向向上(图a')，且只有当 G 与 $F \cdot \sin \theta$ 的合力 $G - F \cdot \sin \theta \leq f_m$ 时，物体A才不致掉下。

$$\text{又} \quad f_m = \mu_0 N = \mu_0 F \cdot \cos \theta,$$

得

$$G - F \cdot \sin \theta \leq \mu_0 F \cdot \cos \theta, \quad F \geq \frac{G}{\mu_0 \cos \theta + \sin \theta}. \quad (1)$$

(b) 当 $G < F \cdot \sin \theta$ 时，物体A有向上运动的趋势。因此静摩擦力的方向为向下(图b')，且只有当 G 与 $F \cdot \sin \theta$ 的合力 $F \cdot \sin \theta - G \leq f_m$ 时，A才不致掉下。



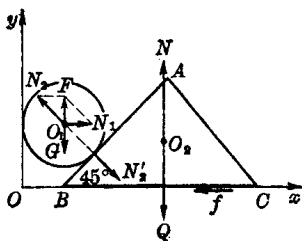
得

$$F \cdot \sin \theta - G \leq \mu_0 F \cdot \cos \theta, \quad F \leq \frac{G}{\sin \theta - \mu_0 \cos \theta}. \quad (2)$$

由(1)、(2)两式可知外力 F 为下列范围时, 物体 A 才不致掉下.

$$\frac{G}{\sin \theta + \mu_0 \cdot \cos \theta} \leq F \leq \frac{G}{\sin \theta - \mu_0 \cdot \cos \theta}.$$

例 2 图中, OX 、 OY 是相互垂直的平面, 三角形滑块置于水平面 OX 上, 滑块重量是 Q , $\angle ABC = 45^\circ$, 滑块与 OX 平面间的静摩擦系数是 μ_0 , 如果在滑块与 OY 平面间放一光滑小球, 求滑块保持静止时, 小球的最大重量 G 等于多少?



解 分析滑块 A 的受力情况: 滑块 A 受四个力的作用, 重力 Q , 摩擦力 f , 球的压力 N'_2 , 弹力 N . 小球的受力情况: 小球受三个力作用, 即重力 G 、滑块的弹力 N_2 , 竖直平面的压力 N_1 (见图). 要使滑块静止, 则 $\sum \mathbf{F} = 0$. 由 $\sum F_y = 0$, 对滑块 A 列方程:

$$N = Q + N'_2 \cos 45^\circ = Q + N_2 \cos 45^\circ$$

($\because N'_2$ 与 N_2 是一对作用力和反作用力, N'_2 的大小等于 N_2)

$$N = Q + F = Q + G. \quad (\because N_2 \cos 45^\circ = F, \text{ 而 } F = G)$$

由 $\sum F_x = 0$, 得:

$$N_1 = N'_2 \sin 45^\circ = f = \mu_0 N = \mu_0 (Q + G).$$

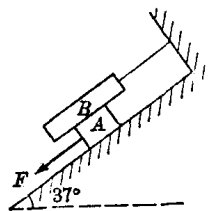
而由图可知:

$$N_1 = F = G, \quad (\because \angle O_1 N_1 F = \angle O_1 F N_1 = 45^\circ)$$

即
$$G = N_1 = \mu_0 (Q + G), \quad \therefore G = \frac{\mu_0 Q}{1 - \mu_0}.$$

例 3 在倾角为 37° 的斜面上迭放着木块 A 和 B , A 重 40 牛顿, B 重 20 牛顿, 且用细绳系住 (如题图). 若 A 与斜

面间, 以及 A 、 B 之间的静摩擦系数为 $\mu_0=0.4$, 那么要用多大的力 F 才能将 A 沿斜面向下拉出? 这时细绳的张力为多大?



解 物体 B 受四个力的作用(图 a):

重力 $G_B=20$ 牛顿;

物体 A 对物体 B 的支持力

$$N_B = G_B \cdot \cos \theta = 20 \times 0.8 = 16 \text{ 牛顿};$$

A 对 B 的摩擦力

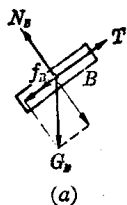
$$f_B = \mu_0 N_B = 0.4 \times 16 = 6.4 \text{ 牛顿};$$

绳对 B 的拉力

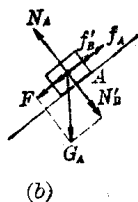
$$T = G_B \cdot \sin \theta + f_B = 20 \times 0.64 + 6.4 = 18.4 \text{ 牛顿};$$

\therefore 绳的张力 $T = 18.4$ 牛顿.

物体 A 受六个力的作用(图 b):



(a)



(b)

重力

$$G_A = 40 \text{ 牛顿};$$

B 对 A 的弹力

$$N'_B = 16 \text{ 牛顿} \quad (N'_B \text{ 与 } N_B \text{ 为作用力和反作用力});$$

斜面对 A 的支持力

$$N_A = G_A \cdot \cos \theta + N'_B = 40 \times 0.8 + 16 = 48 \text{ 牛顿};$$

B 对 A 的摩擦力

$$f'_B = 6.4 \text{ 牛顿} \quad (f'_B \text{ 与 } f_B \text{ 为作用力和反作用力});$$

斜面对 A 的摩擦力

$$f_A = \mu_0 N_A = 0.4 \times 48 = 19.2 \text{ 牛顿};$$