

基础物理 基本概念辨析

谢树棠编著

● JICHUWULIJIBENGAINIANBIANXI

基础物理

基本概念辨析

谢树棠 编著

湖南科学技术出版社

基础物理基本概念辨析

谢树棠 编著

责任编辑：周翰宗

*

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路4号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1982年12月第1版 1984年8月第2次印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：13.625 字数：318,000

印数：22,701—42,800

统一书号：13204·68 定价：1.35元

目 录

前 言	(1)
第一章 力的分析	(3)
§ 1—1 力的概念	(3)
§ 1—2 力的种类	(7)
§ 1—3 物体受力情况的分析	(25)
练习参考题(一)附答案	(28)
第二章 物体的平衡	(37)
§ 2—1 力的合成	(37)
§ 2—2 力的分解	(45)
§ 2—3 物体在共点力作用下的平衡	(52)
§ 2—4 有固定转轴物体的平衡	(59)
§ 2—5 物体的一般平衡	(61)
练习参考题(二)附答案	(62)
第三章 运动和力	(72)
§ 3—1 两个重要的基本概念	(72)
§ 3—2 牛顿运动定律	(87)
§ 3—3 几种基本运动的运动规律	(95)
§ 3—4 求解动力学问题要则	(132)
练习参考题(三)附答案	(146)
第四章 两个守恒定律	(167)
§ 4—1 功的原理	(167)
§ 4—2 机械能转换和守恒定律	(178)
§ 4—3 功能原理	(183)
§ 4—4 动量定理	(190)
§ 4—5 动量守恒定律	(193)
§ 4—6 动量守恒定律的综合例释	(201)

练习参考题(四)附答案	(209)
第五章 热学：三个方程	(223)
§ 5—1 内能、温度、热量	(223)
§ 5—2 热平衡方程	(225)
§ 5—3 理想气体的状态方程	(229)
§ 5—4 热力学第一定律	(241)
练习参考题(五)附答案	(258)
第六章 电场	(262)
§ 6—1 库仑定律	(262)
§ 6—2 电场强度(E)	(264)
§ 6—3 电势及电势差	(272)
§ 6—4 电容(C)	(279)
练习参考题(六)附答案	(285)
第七章 电路定律	(293)
§ 7—1 电流、电压和电阻	(293)
§ 7—2 部分电路欧姆定律	(296)
§ 7—3 全电路欧姆定律	(306)
§ 7—4 电路中电能的转换	(318)
§ 7—5 交流电路	(326)
练习参考题(七)附答案	(336)
第八章 电磁感应定律	(355)
§ 8—1 磁场	(355)
§ 8—2 电磁感应定律	(363)
§ 8—3 交流电特性	(378)
练习参考题(八)附答案	(381)
第九章 光学：两定律 二象性	(395)
§ 9—1 反射定律	(395)
§ 9—2 折射定律	(399)
§ 9—3 光的波粒二象性	(413)
练习参考题(九)附答案	(419)

前 言

物理概念是反映物理现象、过程和本质属性的思维形式。物理规律(包括公式、定律、原理和法则)反映了物理现象或过程在一定条件下发生、发展和变化的本质联系与必然趋势。物理概念和规律是中学物理基础知识的主要内容,也是物理学的基础。但是,概念又不同于定律。人们要借助物理概念对周围的物理现象进行思维、推理和判断,以探讨现象过程的本质和规律。所以,学好物理学的关键在于正确地理解、掌握并灵活地运用物理学中的基本概念和基本规律。这样,才能对周围复杂的物理现象进行准确的分析,才能正确地运用定律、原理、公式和法则等进行推理运算,或求诸实验以获得正确的论证。

面对任一物理现象,必须由表及里、分清主次,抓住实质,作进一步的定量处理,这样才可防止物理现象的定性实质被定量的表述所取代,这是掌握物理学基本概念的关键所在。如何才能达到这样的要求呢?读者要通过反复练习,从各个不同的侧面加深对概念的全面理解,做到心领神会,在分析各种物理现象时,能当机立断地作出直觉性的定性判断和正确的定量处理。

由于上述原因,在中学物理教学中,指导和帮助学生正确理解基本概念是十分重要的。本书作者谢树棠同志从事中学物理教学已三十年,他根据中学物理教学大纲的要求,对全部课程内容中的主要基本概念,逐一详尽剖析,对学生感到迷惑或难解的问题予以系统地总结,归纳出简易的分析和处理方法,

并精心地选辑了一系列富于启发思维和培养分析能力的题例和问题。学习此书，不仅有助于掌握有关的知识；更主要的，是有利于提高学习物理学的能力。后面这一点，正是当前中学物理教学中的一个薄弱环节。因此，石任球、盛镇华、李建华等同志和我在读完此书原稿后，一致认为这是一本值得向读者推荐的好书。我们深信本书的出版，对提高中学物理教学质量将起到有益的作用。

湖南省物理学会副理事长 陈积华
湖南省中学物理教学研究委员会理事长

一九八二年九月于长沙

第一章 力的分析

力的分析是研究力学和物理学的基础。而对物体的受力情况正确进行分析的关键在于确切地理解力的概念，那末，什么是力呢？

§ 1—1 力的概念

力就是物体与物体(或场与场)间的相互作用，是物体产生加速度和发生形变的原因，因而具有如下一些基本性质。

一、力的物质性

力既是物体对物体的作用，当一个物体受到某种作用力时，在这个物体之外一定客观地存在着另一个施加这种作用力的物体。力的这种物质性，是正确分析物体受力情况最基本的原则。

有人对小球 m 进行如图1—1(a)、(b)、(c)、(d)、(e)所示的各种运动时的受力分析如下，你认为哪一种分析正确？

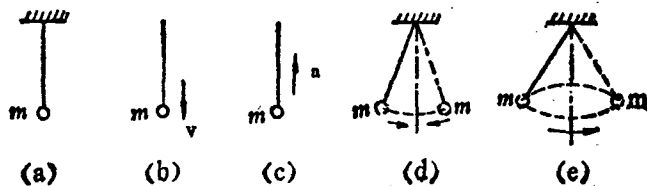


图1—1

- (1) m 处于静止状态(a)时只受重力和拉力的作用;
- (2) m 向下作匀速运动(b)时, 只受重力作用;
- (3) m 向上作加速运动(c)时, 受重力、拉力和向上加速力三个力作用;
- (4) m 处于摆动状态(d)时, 受重力、拉力和回复力三个力作用;
- (5) m 在进行圆锥摆动(e)时, 受重力、拉力和向心力三个力作用;
- (6) 不管 m 处于上述何种运动状态, 总是只受到重力和拉力的作用。

〔注〕 在本书所有的讨论(包括习题)里, 对于物体在空气中受到的浮力和阻力, 除别有说明外, 均一律不计。

讨论 (1)、(6)的分析是正确的, 不论小球处于静止或哪种运动状态, 只有地球和绳子对它发生作用。向下作匀速运动时, 绳子拉力仍然存在。而所谓向上加速力、回复力、向心力等, 都是由重力和拉力形成的合力, 并非随运动状态变化而增加的另外一种力。

二、力的相互作用原理

力既是物体间的一种相互作用, 那么有作用力同时就必有反作用力, 它们分别作用在两个相互作用的物体上, 大小总是相等, 方向总是相反, 作用线总是同在同一条直线上。这就是牛顿第三定律, 其数学表达式为: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ 。

生活中常有大人拉着小孩一起行走, 你认为下列说法何者正确?

A说: 大人拉小孩的力一定要比小孩拖大人的力大, 因为小孩是被大人拉着走的。

B说：二者作加速运动时，大人拉小孩的力一定要比小孩拖大人的力大，因为作加速运动需要增加力的作用；而作减速运动时，拉力小于拖力。

C说：只有当大人拉着小孩一起作匀速运动或站着不动时，拉和拖的力才会大小相等，方向相反，并且作用线同在一条直线上；

D说：不管大人拉着小孩处于何种运动状态，拖和拉的力总是大小相等、方向相反、作用线同在一条直线上；

讨论：只有D的说法是正确的，因为拖和拉是一对作用力和反作用力，根据力的相互作用原理，作用力和反作用力在任何情况下总是分别作用在两个相互作用的物体上，大小相等、方向相反、作用线同在一条直线上。

三、力的独立作用原理

力既然是使物体产生加速度或发生形变的一种作用，因此任何一个力作用在物体上，总会在物体上表现出一定的效果，或使被作用的物体产生加速度，或使被作用的物体发生形变。这种效果只会随作用力的存在而存在，随作用力的变化而变化，与物体原有的运动状态和受力情况无关，这就是力的独立作用原理。

跳伞员从高空飞机上跳出来。在开伞前，可以认为他只是在重力作用下作自由落体运动，具有重力加速度 g 。开伞后，跳伞员下降速度显著减慢，然后匀速下降至地，速度变为零，加速度也为零。因此有人认为开伞后，跳伞员受重力作用而具有的重力加速度 g 也逐渐减小，匀速落地的过程中 g 变为零。你同意这种说法吗？

讨论 这种分析和看法是错误的，根据力的作用原理，不

论跳伞员处于何种运动态，他受重力的大小和方向都没有变，因此由重力作用而产生的加速度 g 也始终保持不变。跳伞员之所以减速下降、匀速下降和落地后静止，是由于开伞后又受有阻力和地面支承力的缘故。

四、力的三要素

任何一个力的作用，都表现有大小、方向和作用点三个特征，这叫做力的三要素。力的图示是用一条带箭头的线段来表示，长短表示力的大小，箭头表示方向，另一端表示力的作用点。如图1—2中，哪个图示正确地表示了 $2kg$ 的重力作用于物体的重心 O 上？

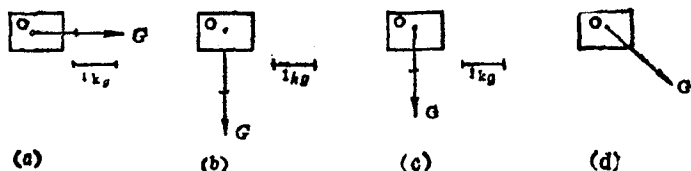


图1—2

图(c) 是重力 $\vec{G} = 2kg$ 的正确图示，其余均误。图(a)的错误，是把重力的方向画成水平方向了，应该是竖直向下；图(b)的错误，是没有把重力的作用点画在物体的重心上；图(d)的错误，是把重力的方向画斜了，又没有标出图示的比例标度，不知线段的长短代表多大的力。

说明：力的三要素，说明力是一种矢量。因此，力的合成与力的分解，都可按照矢量的平行四边形法则或三角形法则来处理。

力在国际单位制 (S.I) 中的单位是“牛顿(N)”。1牛顿

$= 1 \text{ 千克} \cdot \text{米} / \text{秒}^2$ 。它与力的实用单位“吨(T)”、“千克(kg)”和“克(g)”间的换算关系是：

$$1 \text{ 千克(力)} = 9.8 \text{ 牛顿}; \quad 1 \text{ 吨} = 1000 \text{ 千克};$$

$$1 \text{ 千克(力)} = 1000 \text{ 克(力)}; \quad 1 \text{ 克(力)} = 1000 \text{ 毫克(力)}$$

在各种单位换算中，必须掌握“毫”、“微”、“千”、“兆”所表示的代换含义：“毫(m)”是代表 10^{-3} ，“微(μ)”是代表 10^{-6} ，“千(K)”是代表 10^3 ，“兆(M)”是代表 10^6 。

$$\text{如：} \quad 1 \text{ 兆欧} = 10^6 \text{ 欧}; \quad 1 \text{ 千伏} = 10^3 \text{ 伏};$$

$$1 \text{ 毫安} = 10^{-3} \text{ 安}; \quad 1 \text{ 微法} = 10^{-6} \text{ 法}。$$

§ 1—2 力的种类

物体间相互作用的形式不同，就出现了各种不同类型的力。中学阶段要讨论的力，除在后面还要研究的电场力和磁场力外，力学中只要求掌握三种最常见的力，即重力、弹力和摩擦力的一些基本性质。

一、重力(G)

重力是由于地球对物体的吸引作用而使物体具有重力加速度 $\vec{g}$ 的一种力，是万有引力的一个特例。

重力的方向总是竖直向下，跟 $\vec{g}$ 的方向相同；重力的作用点在物体的重心上；在与地心等距离的球面上，重力的大小与物体的质量(m)成正比，其关系式为： $\vec{G} = m \vec{g}$ 。

如果不考虑物体跟随地球自转所需向心力，重力就可看成是地对物的全部引力。因而可用万有引力公式 $F_0 = J \frac{mM}{R_0^2}$ 来计算重力的大小。式中 $J = 6.67 \times 10^{-11} \text{ 牛顿} \cdot \text{米}^2 / \text{千克}^2$ ，为万有

引力恒量； M 表示地球的质量， R_0 表示物体与地心间的距离。

【注】在现行中学物理课本中用 G 表示万有引力恒量，本书为了避免与重力(G)混淆，改用 J 表示。

1. 明确重力与重量的关系与区别。 重力就是重量，这是现行中学物理课本上的一种提法。但若把物体的重量定义为物体处于静止状态时对悬线的拉力（或对水平支承面的压力），则重力和重量就有不同的涵义了。重力是地球(场)作用于物体的一种引力，属于万有引力的范畴；而重量是处于静止时对悬线的拉力（或水平支承面的压力），如图1—3的 G_0 与 N_1 ，均属弹力范畴，它们是不同于重力的力，且分别作用在两个不同的物体上。

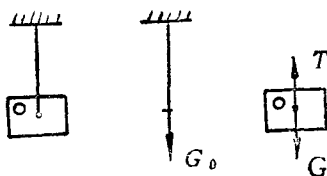


图1—3 (a)

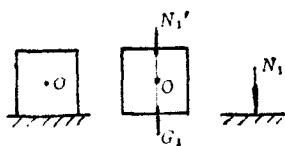


图1—3 (b)

今在弹簧秤下面挂一个质量为 m 的物体，其重力为 G ，重量为 G_0 。若把弹簧秤上的读数叫做物体的视重 W ，当物体处于不同状态时，视重与重量、重力之间量的关系，请你判断一下。用大于($>$)、等于($=$)、小于($<$)或不等于($\neq$)填空。

(1) 物体在弹簧秤下处于静止状态时：

$$W(\quad)G_0; \quad G_0(\quad)G; \quad G(\quad)mg;$$

(2) 物体跟着弹簧秤向上作加速运动时：

$$W(\quad)G_0; \quad G_0(\quad)G; \quad G(\quad)mg;$$

(3) 物体跟着弹簧秤向下作加速运动时：

$$W(\quad)G_0; \quad G_0(\quad)G; \quad G(\quad)mg;$$

(4) 物体跟着弹簧秤向下作匀速运动时:

$$W(\quad)G_0; \quad G_0(\quad)G; \quad G(\quad)mg;$$

(5) 物体跟着弹簧秤一齐作自由落体运动时:

$$W(\quad)G_0; \quad G_0(\quad)G; \quad G(\quad)mg;$$

答: (1) =、=、=; (2) >、=、=;

(3) <、=、=; (4) =、=、=;

(5) =、=、=

讨论 物体处在某一位置的重力, 不管物体的运动状态如何, 总是一个恒量, 其值是 $G=mg$, 重量的大小始终跟重力的大小相等; 而物体的视重则不然, 视重与物体的运动状态有关。在此题的各种情况里, 重力始终不变 ($G=mg$), 重量始终跟重力的大小相等 ($G_0=G$), 而视重则不然。(2)、(3)两种情况, 物体处于超重和失重状态, 第(5)种情况, 属于物体完全失重状态, 其视重为零。

2. 明确重量与质量的关系和区别。质量是物体所含物质多少, 它是一个恒量, 也是一个标量, 而重量则不然。如果考虑到地球实际上是一个椭圆体和物体在地面上随地球自转需要向心力这两个因素时, 你曾否思考: 将物体从地球的南北两极向赤道移动的过程中, 其质量(m)和重量(G)有无变化, 属于下列哪种情况, 为什么?

(1) m 增大, G 增大; (2) m 减小, G 增大;

(3) m 增大, G 减小; (4) m 不变, G 减小;

(5) m 不变, G 不变; (6) m 变化, G 不变。

分析这个问题应基于两点: (a) 质量 m 始终是一个恒量。从这一点出发, 即可否定 (1)、(2)、(3)、(6) 四种情况; (b) 物体重量跟重力始终是大小相等的, 重力变了, 重量也要

变，故在考虑到地球是一个椭圆体和物体随地球转动需要向心力，物体从两极向赤道移动的过程中，重力 (G) 和引力 (F_0) 并不相同，如图 1—4 所示。它们间的关系是：

$$\vec{F}_0 = \vec{G} + \vec{F} \quad \text{或} \quad \vec{G} = J \frac{mM}{R_0^2} - m\omega_0^2 R$$

上式说明物体的重力跟物体在地面上所处位置的不同 (R_0 与 R 不同) 而变化。由此又可否定 (5) 所述情况；

当物体从地球的南北两极向赤道移动时， R_0 与 R 都在增大，引起 F_0 减小， F 增大，故上述各种说法中，只有 (4) 正确。

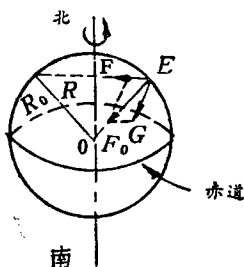


图 1—4

说明 通过上述分析不难明确重量与质量的关系和区别：

- (1) 物体的重量 G 是物体具有质量 (m) 而引起的一种引力效应，其关系式是： $G = mg$ ，就某一固定的位置来说，由于 $g = J \cdot M / R_0^2$ 是一恒量，故 G 亦为一恒量，且其大小与 m 成正比；
- (2) 重量与质量是两个完全不同的物理量：(a) 质量是物体内部所含物质的多少，是物体惯性的量度，是一个标量；而重量是指物体所受地球引力的大小，是物体具有静力效应的量度，是一个矢量。(b) 质量始终是一个恒量（物体的运动速度远小于光速时），而重量则随物体与地心距离的不同而变化，是一个变量。(c) 在国际单位制中，质量的单位是“千克”，而重量的单位是“牛顿”。

3. 重量与比重的关系和区别 由某种物质组成的物体所具有的重量 (G) 与该种物质占有的体积 (V) 之比，叫做该种物质的比重 (γ)。故其定义式是： $\gamma = G/V$ 。此式也同时说明了重量和比重间的关系是： $G = \gamma V$ 。根据关系式有人作了如下的推断，请你思考一下，哪些说法是正确的（在括号内填“+”），哪些是错

误的(在括号内填“-”;若条件不足以判定是非者,则在括号内填“?”)?

(1) 某种物质的比重,也可以说就是这种物质单位体积具有的重量();

(2) 某种物质的比重,与这种物质组成的物体的重量成正比();

(3) 物体的比重,与物体的体积成反比();

(4) 某种物质的比重,取决于该种物质材料的性质。所以说,物质的比重是物质固有的一种物理属性();

(5) 某种物质的比重,与该种物质组成的物体所具有的重量和体积的大小均无关系();

(6) 水的比重是1();

(7) 比重的常用单位是:“克/厘米³”、“千克/分米³”和“吨/米³”。其大小相等,可以通用();

(8) 钢铁的比重,在比重表上的数值是7.8克/厘米³。有人测得一铁盒的体积是200厘米³,并称得这个铁盒的重量是480克,于是根据公式 $\gamma = G/V$ 算出铁的比重不一定是7.8克/厘米³,也可能为2.4克/厘米³();

(9) 由某种物质组成的物体所具有的重量,由公式 $G = \gamma V$ 可知,与其体积的大小成正比();

(10) 由不同物质组成的物体,在各种物质占有相同的体积的情况下,物体的重量与物质的比重成正比()。

答: (1) +; (2) -; (3) -; (4) +; (5) +;

(6) -; (7) +; (8) -; (9) -; (10) +;

讨论 公式 $G = \gamma V$ 或 $\gamma = G/V$ 中的“V”,都是指组成物体的物质所占有的体积,而不是指物体具有的体积,这是必须明确的。否则就容易如上述(8)、(9)一样,错把物体的外形作为该物

体物质占有的空间。重量和比重是两个不同的物理概念：(a) 重量是物体具有的一种静力效应，其大小与组成它的物质种类和占有的体积有关，其计算式是 $G = \gamma V$ ；而物质的比重，则是物质具有的一种属性，它只与物质的种类有关，而与它组成物体所具有的体积和重量无关。因为在其定义式 $\gamma = G/V$ 中的 G 与 V 的比值不变的，所以(2)、(3)的说法是错误的。(b) 重量和比重都是有单位的物理量，如水的比重只有数值、没有单位就错了，但它们的单位不同。比重在国际单位制中的单位是“牛顿/米³”，其常用单位是，“吨/米³”、“千克/分米³”和“克/厘米³”。

$$1 \text{ 吨/米}^3 = 1 \text{ 千克/分米}^3 = 1 \text{ 克/厘米}^3 = 9.8 \times 10^3 \text{ 牛顿/米}^3.$$

4. 比重与密度的关系与区别 物质的质量(m)与物质占有的体积(V)之比，叫做该种物质的密度(ρ)。故密度的定义式是： $\rho = m/V$ 。此式同时说明质量和密度的关系是： $m = \rho V$ 。再由公式 $\gamma = G/V$ 及 $G = mg$ 可知：物质的比重和物质的密度间的关系是：

$$\gamma = \rho g. \quad \text{其中 } g = 9.8 \text{ 牛顿/千克}$$

今已知空气的密度是1.29克/升，则它的密度是() 千克/分米³，是() 克/毫升，是() 千克/米³；它的比重是() 克/升，是() 千克/分米³，是() 克/毫升，是() 千克/米³，是() 牛顿/米³。请你思索一下，在括号内分别填上正确的数值。

答： 1.29×10^{-3} ， 1.29×10^{-3} ， 1.29，

1.29， 1.29×10^{-3} ， 1.29×10^{-3} ， 1.29， 9.8×1.29 。

讨论 物质的比重与物质的密度是从两个不同的方面来描述物质固有的物理属性的：(1) 物质的比重是某种物质单位体积具有的重量，是一个矢量；而物质的密度是某种物质单位体积具有的质量，是一个标量。(2) 物质的比重在国际单位制中