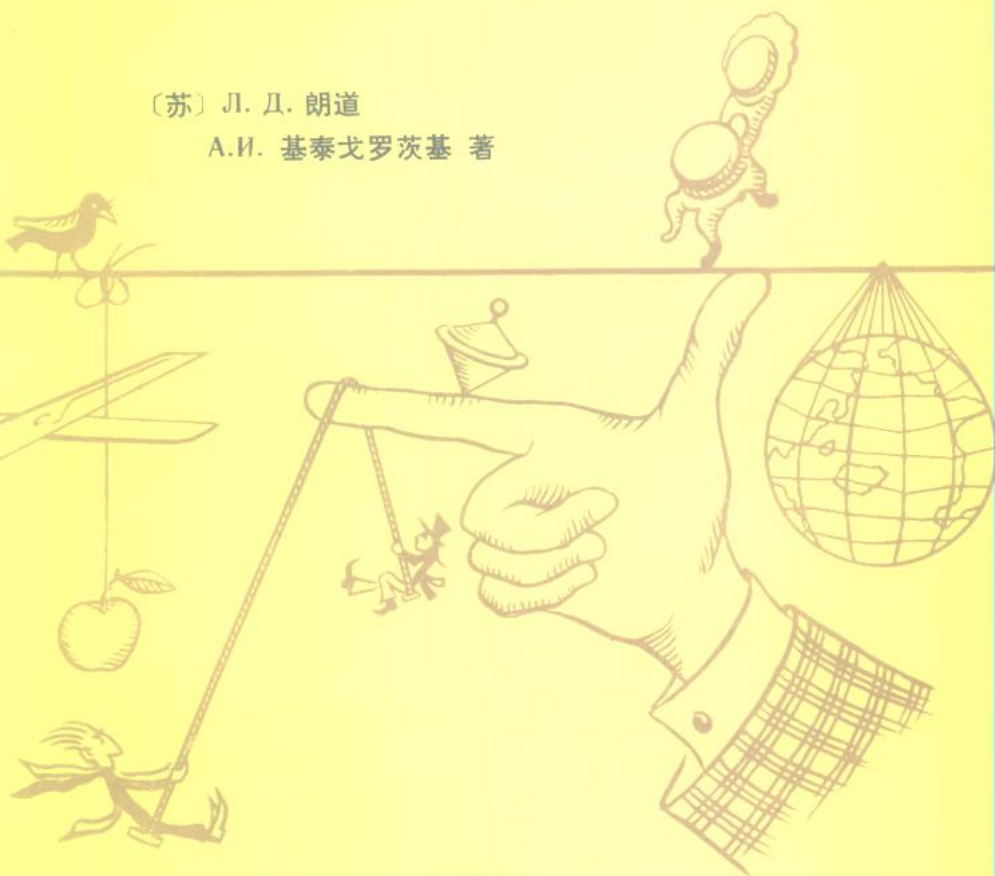


〔苏〕Л. Д. 朗道

А. И. 基泰戈罗茨基 著



大众物理学 1

宏观物体

科学出版社

大众物理学 1

宏观物体

(苏) Л. Д. 朗道 А. И. 基泰戈罗茨基 著

黄高年 李 焯 汪泰临 姚光生 译

科学出版社

1981

DT77/16

内 容 简 介

《大众物理学》由苏联著名物理学家、诺贝尔奖金获得者朗道和基泰戈罗茨基教授所著。它以通俗的形式向读者介绍了现代物理学的基本概念和最新成就。《宏观物体》是《大众物理学》的第一册，书中详细地叙述了两种不同的坐标系，物体运动的基本规律，万有引力定律等力学定律。

《大众物理学》全套书共四册，一、二两册已是第四次再版，由于朗道早逝，第三册和第四册由基泰戈罗茨基完成。该书内容丰富，写法通俗生动，由浅入深，并配有幽默形象的插图，可供具有中等文化程度的学生、干部、科技人员、中学教师阅读，也可供从事物理学工作的教师、科研人员参考。

本书其余三册将向读者介绍有关分子、电子、光子及原子核的知识和理论，不久也将由我社陆续出版。

Л. Д. Ландау А. И. Китайгородский

Физика для Всех 1

Физические Тела

«Наука», Москва 1978

大众物理学 1

宏 观 物 体

[苏] Л. Д. 朗道 А. И. 基泰戈罗茨基 著

黄高年 李 焯 汪泰临 姚兆生 译

责任编辑 姜淑华

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1981 年 11 月 第 一 版 开本：787×1092 1/32

1981 年 11 月 第一次印刷 印张：7 5/8

印数：0001—15,600 字数：146,000

统一书号：13031·1738

本社书号：2374·13—3

定价：0.80 元

第四版序言

经过许多年以后，我决定把道（朋友们都这样称呼卓越的、可敬爱的科学院院士朗道）和我合著的但没有写完的《大众物理学》接着写完。

这部书是朗道和我“密切合著”的。朗道逝世以后很长时间以来，我一直很难继续进行这项未完成的工作。为此，我受到了许多读者来信的责难。

现在的这部新版（第四版）《大众物理学》就是在读者的要求下问世的，它分四册出版。我给它们分别题名为《宏观物体》，《分子》，《电子》以及《光子和原子核》。这是按物质结构的深度划分的。这四本书叙述了物理学的全部主要规律。也许可以把《大众物理学》继续写下去，分别介绍自然科学和技术领域各方面的基础知识。

前两册只作了不多的修改，但是在某些地方作了重要的补充。后两册是由我一个人写的。

我心里很明白，仔细的读者会觉察出前两册和后两册之间的区别。但是，朗道与我共同商定的关于内容叙述的一般原则仍然维持不变。叙述方法是先介绍一般原理，然后讲解实例；是遵循物理对象的逻辑，而不是沿袭它的发展历史。我们认为用简单的、日常生活的语言来与读者交谈比较合适，语言幽默会更引人入胜。还有一点：我们并不怜悯读者。如果

要弄懂这部书，书中的许多地方只读一遍或两遍是不够的，需要认真地思考。

本书第四版与第三版的差别如下：在编写第三版的时候，著者试图把它写成物理学的“入门”书，甚至设想它能与中学课本相竞争。但是读者的评论和物理教师们的经验表明，事实并非如此。读者中包括那些希望把物理学作为职业的教师、工程师和中学生。但是，他们之中任何人都没有把这部《大众物理学》当作教科书。而一般都把它看作扩大知识面的科普读物，读者往往把注意力放在由于各种原因没有包含在教学大纲中的那些内容上。

我很自然地假定本书的读者多少懂得一点物理学，这使我在题材选择方面较为自由一些，从而可以采用更口语化的写法。

对本书第一册作了最低限度的修改。它基本上是朗道和我合写的《大众物理学》前半部分。

在谈论物理学的时候，往往都从不涉及物质结构的物理现象谈起。所以很自然地本书第一册题名为《宏观物体》。当然也可以像通常那样用《力学》，即关于运动的科学作标题。但是，在本书第二册中介绍的《热学》也是关于运动的学说呀！——当然这是眼睛看不见的物体，即分子和原子运动的学说。所以我认为把第一册题名为《宏观物体》更为合适。

第一册主要介绍有关运动规律和万有引力定律方面的知识，这些知识永远是物理学、也是整个自然科学的基础。

基泰戈罗茨基

1977年9月

目 录

第四版序言	v
第一章 基本概念	1
厘米和秒	1
重量和质量	6
国际单位制 (SI) 和标准	10
密度	13
质量守恒定律	15
作用与反作用	17
速度如何相加	19
力——矢量	24
斜面	28
第二章 运动规律	31
对运动的不同观点	31
惯性定律	33
运动的相对性	36
星球观察者的观点	38
加速度和力	41
匀加速直线运动	49
子弹的运动轨迹	52
圆周运动	56
失重状态下的生活	59
从“不合理”的观点所看到的运动	64
离心力	69

科里奥利力	76
第三章 守恒定律	84
反冲	84
动量守恒定律	86
反冲运动	89
重力作用下的运动	93
机械能守恒定律	97
功	101
用什么单位测量功和能?	103
机器的功率和效率	104
能量的减少	107
永动机	108
碰撞	111
第四章 振动	114
平衡	114
简单振动	116
振动的展开图	120
振动时的力和势能	124
弹簧的振动	127
更复杂的振动	130
共振	131
第五章 固体的运动	134
力矩	134
杠杆	138
路程的损失	140
其他最简单的机器	143
作用在固体上的平行力是怎样合成的	145
重心	149

质心	153
动量矩	155
动量矩守恒定律	157
动量矩是矢量	159
陀螺	161
挠性轴	164
第六章 引力	168
地球支持在什么东西上?	168
万有引力定律	170
量一下地球!	173
用测量 g 值来进行勘探	175
地球内部的重力	180
引力能	183
行星是怎样运动的	189
星际航行	196
如果没有月亮	199
第七章 压强	207
液压机	207
流体静压强	209
大气压强	212
大气压强是怎样发现的	217
大气压强与天气	218
压强随高度而变化	221
阿基米德定律	224
极低的压强——真空	230
比大气压高百万倍的压强	232

第一章 基本概念

厘米和秒

人们需要测量长度、计算时间和称量各种物体。因此，他们都很熟悉厘米、秒和克。但是，对于物理学家来说，这些计量单位尤其重要——在讨论大多数物理现象时都必须用到它们。距离、时间间隔和质量都是物理学中的基本概念，人们总是尽可能地对它们测量得精确些。

现代的物理仪器可以测量出两根米尺长度的微小差别，即使这两根米尺的长度差小于十亿分之一米也能测量出来。可以分辨出百万分之一秒的时间间隔。精度非常高的天平能够测定一粒罂粟籽的质量。

计量技术只是在几百年之前才开始发展起来的，人们规定什么样的长度和什么样的物体质量作为计量单位更是不久以前的事。

为什么厘米和秒正好选成现在这个样子？我们知道，若把厘米或秒选得稍长一点或稍短一点，这是没有多大关系的。

计量单位应当便于使用——我们对计量单位没有更多的要求。如果计量单位随手可取，那是再好不过了。最简单的办法是用人的手本身作计量单位。古时候人们用的就是这种

方法,某些计量单位的名称本身就证明了这一点。例如,“肘”表示伸开五指时,从肘部到中指尖的长度。“英寸”表示大拇指根部的宽度。脚也被用作计量单位,长度单位英尺就是用脚(foot)定名的。一英尺长就是一脚长(英文 foot 的意思就是脚)。

虽然这些计量单位随时可得,使用方便,但它们的缺点是显而易见的: 各个人的手和脚差别太大,若用它们作计量单位,难免不引起纠纷。

随着贸易的发展,产生了商定计量单位的必要性。首先是在个别市场内部,继而在整个城市内部,再后在全国,最后在全世界范围内确定了长度和质量的标准。标准——这是用作比对的计量单位,例如直尺和砝码。国家妥善地保存着标准。其它的直尺和砝码都应当准确地根据标准而制作。

在沙俄时代,重量和长度的主要计量单位(它们分别称为俄磅和俄尺)最初是在 1747 年制成的。到十九世纪,对于测量精度的要求提高了,因而这些标准就显得不完善了。在门捷列夫领导下,制作精确“标准”的复杂而责任重大的工作于 1893—1898 年完成。这位伟大的化学家认为建立精确的计量单位具有重大意义。在他的首创下,十九世纪末建立了计量总局。在计量总局里保存着“标准”,并制作了它们的复制品。

有些距离要用较大的单位表示,而另一些距离则要用较小的单位表示。的确,我们不会用厘米来表示从莫斯科到列宁格勒的距离;也不会用克来表示一段铁路路轨的质量。因

此，人们在大的计量单位和小的计量单位之间规定了一定的关系。众所周知，在我们经常使用的单位制里，大的计量单位与小的计量单位之间的差别往往呈 10 倍、100 倍、1000 倍的关系，总之，往往为 10 的乘方倍。这种形式非常方便，易于计算。但是，并非在所有国家都采用这种方便的单位制。虽然米制具有明显的优越性，但是，迄今为止，在英国和美国仍很少使用米、厘米、千米，也很少使用克和千克*。

在十七世纪出现了一种想法，即希望选择一种自然界原来就有的、千百年都不会变化的标准。1664 年惠更斯建议选取这样的摆长作长度单位，这个摆摆动一次的时间正好是一秒钟。大约经过一百年以后，1771 年又有人建议，把自由落体在第一秒钟内下落的距离作为长度单位。但是这两个方案都很不方便，都没有被采纳。为了能提出现代的计量单位——千克和米，需要有一次革命。千克和米正是在伟大的法国革命中产生的。

1790 年，立宪会议为制定统一的计量单位而成立了一个有著名物理学家和数学家参加的专门委员会。从所提出来作为长度单位的所有方案中，该委员会选择了地球子午线的四千万分之一作为长度单位，并给它命名为“米”。1799 年制成

* 英国正式采用的长度单位如下：海里(等于 1852 米)，英里(1609 米)，英尺(30.5 厘米)；1 英尺等于 12 英寸，1 英寸等于 2.54 厘米；码(0.91 米)是裁缝使用的长度单位，用来表示做衣服时所需布匹的数量。

在盎格鲁撒克逊民族的国家里，质量用磅表示(1 磅等于 454 克)。1/16 磅等于 1 盎斯，1/7000 磅等于 1 格令，这些是药房称药时使用的质量单位。

米的标准，并交法兰西共和国归档保管。

但是，很快就明白了：抽象地以为最合适的办法是从自然界中选择某种实物作为计量单位，这种想法并不全面。在十九世纪所作的更精密的测量表明，上述 1799 年制备的米尺标准比地球子午线的四千万分之一要短大约 0.08 毫米。显然，随着测量技术的发展，对于子午线长度的数值还将有新的修正。如果继续根据地球子午线的长度来定义米，则在每次重新测量地球子午线以后都不得不制作新的米标准，并重新换算所有的长度。因此，在经过 1870 年、1872 年和 1875 年的多次国际会议讨论以后决定，放弃把地球子午线的四千万分之一作为长度单位，而用 1799 年制成的米尺标准作为长度单位，现在它保存在法国塞弗尔的国际计量局。

米的标准确定以后，接着也确定了它的部分量：米的千分之一称为毫米；米的百万分之一称为微米；还有一个最经常使用的单位是厘米——米的百分之一。

现在来介绍一点关于秒的历史。秒比厘米诞生得早得多。在确定时间的计量单位时，未曾发生过任何分歧意见。这是很清楚的：昼夜的交替、太阳的永恒周转都向人们提示一种选择时间单位的天然的方法。每个人都知道有这样一句话：“看日计时”。太阳当空照——这是中午。在阳光下立一根标杆，测量它的影子长度，就不难确定太阳位于天空最高点的瞬时。第二天，用同样的方法确定太阳位于天空最高点的瞬时。这两个瞬时之间的时间间隔就是一昼夜。接下去就可以把一昼夜分成时、分和秒。

大的时间单位（年和昼夜）大自然本身就给我们规定好了。但是，时、分和秒却是人类自己规定的。

现在的昼夜划分起源于远古时代。在巴比伦，记数时通用的不是十进制，而是六十进制。六十被十二除正好能除尽，所以巴比伦人把一昼夜等分为十二段相等的时间间隔。

古埃及人规定把一昼夜分成 24 小时。后来又细分为分和秒。1 小时有 60 分，1 分钟有 60 秒，这都是巴比伦人的六十进制的文化遗产。

在古代和中世纪，计量时间使用的是太阳钟和水钟（根据水从大容器中的滴漏来计时）以及其它许多巧妙的装置，但它们都很不精确。

利用现代钟表不难使人相信，在一年的不同季节里，一昼夜的时间并不完全相同。所以又规定了把一年当中的平均太阳日作为计时单位，把年平均太阳日的二十四分之一称为一小时。

当我们用等分昼夜的方法来确定时间单位——时、分、秒的时候，我们假定了地球自转是匀速的。但是，由月球和太阳引起的海潮一直在减慢地球自转的速度（虽然这个影响非常非常之小）。这意味着，我们的时间单位——一个昼夜——在不断地延长。

地球自转速度的这种减慢是非常非常不显眼的，直到最近才能测出这种减速——这是在发明了精度高达百万分之一秒的原子钟以后才测出的。每经过 100 年，一个昼夜将延长 1—2 毫秒。

但是作为时间标准，即使是如此微小的误差也应当尽可能消除。在本章第三小节我们将介绍现在是如何处理这个问题的。

重量和质量

重量就是地球对物体的引力。这个力可以用弹簧秤来测量。把物体挂在弹簧秤上，物体越重，则弹簧拉得越长。利用作为重量单位的砝码，可以给弹簧秤标上刻度——标明当砝码分别为1千克、2千克、3千克、……时，弹簧秤相应地拉长到什么程度。在这以后，若在这些弹簧秤下挂上物体，就可以根据弹簧拉长的程度来判断地球对该物体的引力（图 1.1a）。为了测量重量，不仅可以使使用拉长型的弹簧秤，也可以使用压缩型的弹簧秤（图 1.1 b）。利用不同粗细的弹簧，可以制作用来测量很重物体和测量很轻物体的弹簧秤。基于这个原理，不仅制成了粗略的商用秤，也制成了在物理学测量中使用的

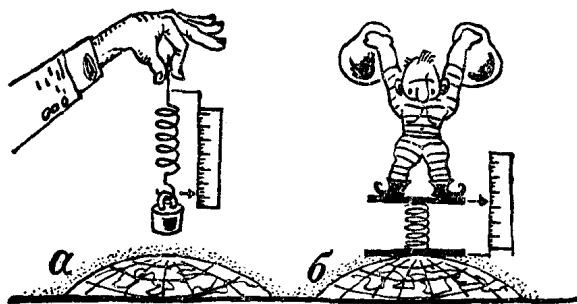


图 1.1

非常精密的仪器。

标有刻度的弹簧秤不仅用来测量地球对物体的引力，即物体的重量，也用来测量其它种类的力。这种仪器称为测力器。许多人都看见过测量人臂力的测力器。利用拉力弹簧也可以方便地测量出马达的牵引力（图 1.2）。

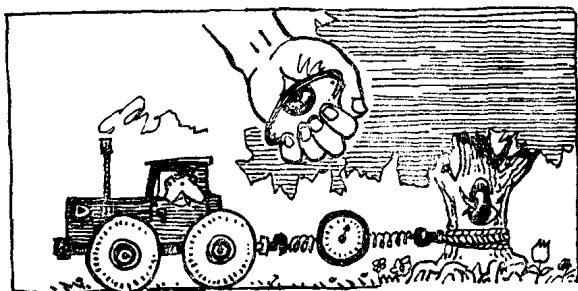


图 1.2

重量是物体非常重要的特性。但是，重量不完全取决于物体本身，因为物体是被地球吸引的。如果我们是在月球上，那又会怎么样呢？显然，这时的重量将不相同——计算表明，在月球上的重量大约只有在地球上的六分之一。即使在地球上，在地面的不同纬度上，重量也不一样。例如，物体在地极（北极或南极）的重量要比在赤道上的重量重 0.5%。

重量虽然具有可变性，但是，它还具有一个非常好的特点——经验表明，两个物体在地球上同一地点的重量比，在任何条件下总是保持不变的。如果两个不同的物体在两极拉长弹簧秤的长度相同，则它们在赤道上拉长弹簧秤的长度仍然相同。

在采用与标准的重量相比较的方法来测量重量时，我们发现了物体的一种新特性，这就是质量。

质量这个新概念的物理意义与我们刚才所说的，两个物体在同一地点的重量比到处相同的特点有非常紧密的联系。

质量与重量不同，它是物体的一种固有特性，这种特性与该物体以外的任何事物都无关。

对重量进行比较，即测量质量，最方便的方法是使用普通的杠杆式天平(图 1.3)。在天平两端的秤盘里各放一个物体，如果这时天平严格地保持平衡，我们就说这两个物体的质量相等。如果先在赤道附近用天平测量某物体，然后把该物体连同天平的砝码都搬到两极附近，则该物体与砝码将同样地改变自己的重量。因此，在两极附近的测量结果将保持不变：天平仍将保持平衡。

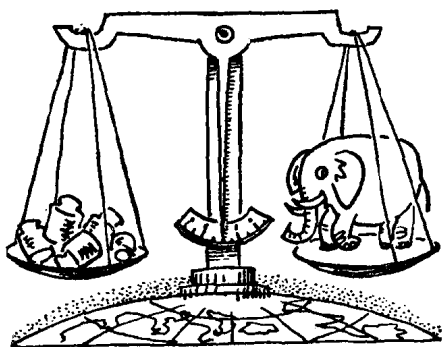


图 1.3

我们还可以到月球上去检验这种情况。因为物体在月球上的重量比也不改变，所以放在天平上的物体和砝码仍然使

天平保持平衡。无论物体位于什么地方，它的质量总是一样的。

质量的单位和重量的单位都与标准砝码的选择有关。与米和秒所经历过的历史一样，人们曾试图寻找质量的天然标准。还是那个委员会用特殊的合金制作了砝码，这个砝码在 4°C 时* 与一立方分米的水在天平两端保持平衡。这个标准称为千克。

但是后来明白了，要“取出”一立方分米的水并不是很简单的事。首先，这是因为“分米”作为米的一部分，是随米标准的修正而变化的。其次，应当用什么样的水呢？用化学纯的水？用二次蒸馏水？或是应当用不含空气的水？如果水中含有“重水”杂质又怎么办？此外，测量体积的精度比测量重量的精度要差得多。

因此，人们不得不又放弃天然的质量单位，而把特制的砝码的质量作为质量的单位。这个砝码也与米的标准一起保存在巴黎。

人们常使用千克的千分之一或百万分之一来作为质量的计量单位。第十届和第十一届国际计量会议制订了新的国际单位制(SI)，这种单位制已被大多数国家确认为国家标准单位制。在新的单位制中，千克(kg)仍然是质量单位，而各种

* 4°C 这个温度不是随便定的。水的体积随温度而变化的情况很特殊，与大多数物体不一样。通常，物体受热时体积膨胀；而水在 0°C 到 4°C 的范围内体积随温度升高而缩小。在 4°C 以上，水的体积才开始随温度升高而增大。因此， 4°C 是水的体积从随着温度升高而缩小变成随着温度升高而增大的转折点。