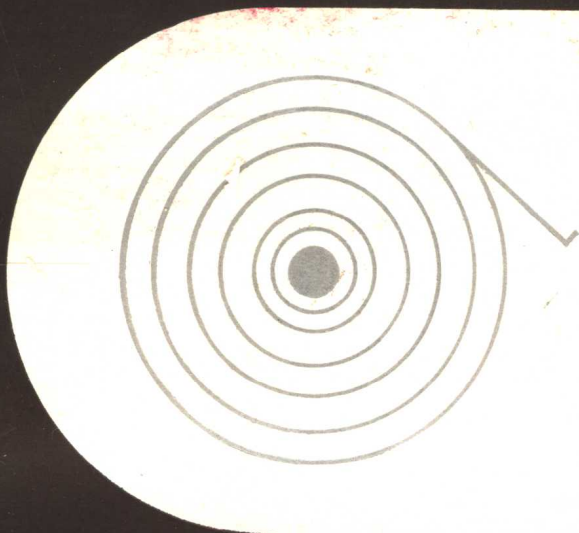


LIANGDU—YANJIU WULIXUE DE KAISHI



量度—研究物理学的开始

E DE KAISHI



上海教育出版社



中学生文库

量度——研究 物理学的开始

张 兆

上海教育出版社

中学生文库 量度——研究物理学的开始

张 兆

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

上海崇明印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/32 印张 2.5 字数 47,000

1985年2月第1版 1985年2月第1次印刷

印数 1—17,000本

统一书号: 7150·3321 定价: 0.27元

写在前面

什么是量度？是用根尺来量一量吗？用台天平来称一称吗？我们可以这样说。但这些只是量度的一方面，量度实际所包含的意义要广泛得多，可以说是一门专门的学问。

不少学生由于对量度的问题认识不足，常常不予以重视。他们走进实验室，看到桌上只放着一根尺、一台天平、几块立方体就感到没什么意思，认为量量、称称太简单了，实验时就敷衍了事。也有不少学生因为对量度的单位不熟悉，造成计算错误。这些都是由于对量度的认识不足而造成的。

量度，包括怎样正确使用量度工具，正确选用单位，正确读数等等有关的基本知识。除此之外，还包括是否正确理解物理概念，是否掌握有关物理原理等问题。

为了帮助学生学好物理，激发学习物理的兴趣，我们编写了这本小册子，就有关量度的基本知识：精确度，平均值，矢量等作了介绍。还重点介绍了三种基本单位的发展历史，介绍了几个可以自己动手做的小实验。

编写中，我们参考了国内外的一些有关的新资料、文献和物理著作；向有关方面了解了不少历史资料和数据。这些也可供教师教学中参考。

由于水平及见闻有限，选择的内容肯定是不够的，讹误之处也肯定不少，欢迎读者提出意见以便修正。



目 录

ZHONG XUE SHENG WENKU

人类与量度	1
从卓别林谈起	1
人类认识世界是从量度开始的	2
量度是物理学研究中的重要助手	3
量度的学问	6
精确到什么程度	6
毛估估行吗?	8
体重是 20 厘米! ——间接量度	10
间接量度可靠吗?	11
量度的平均值	12
量度与单位	14
10 颗栗子 $\times$ 2 只猴子 = ?	14
拼凑起来的单位——导出单位	16
是牛顿米还是米牛顿?	17
把单位装在箭上	18
尺的历史	21
尺的来源	21
国际标准米	23
远距离物体的测量	26
做一只测距计	28

月亮有多远?	29
星星在对你眨眼	31
从一个分子到一个分子有多远?	32
请光来帮我们测量	33
爱因斯坦把尺缩短了	36
从秦始皇的秤砣到电子天平	40
秦石权和古埃及的天平	40
是测力计还是弹簧秤?	42
斯勒格(Slug)	45
称地球	47
质量会不会变?	48
惯性秤	50
时间啊,时间!	52
感觉不到而确又存在的东西	52
时间的量度	53
把时间具体化	55
一分钟太长	58
让时间慢下来	60
精确报时	65
站住,不许动!	66
光速的测定	67
结束语	70

人类与量度

从卓别林谈起

这不是卓别林吗？对啦！这就是举世闻名的喜剧大师卓别林的漫画像。你看，那瘦小的上装、肥大的裤子、顶在头上的帽子以及那双硕大无比的皮鞋给人多么滑稽可笑的形象（图1）！如果要你穿上这身衣服上学，你肯定不会同意，这太可笑了！我们总希望能穿上一身大小合身的衣服，象象样样地站在别人面前，而不希望象卓别林那样。说句实话，卓别林本人平时穿着也是非常讲究的。



图1

人们都希望穿上合身的衣服，要衣服合身，先得请裁缝师傅给你量一量领口、袖长、胸围……等等；这里，量度已开始走进了你的生

活。量度不仅在制作衣服时需要它，在另外许多地方都需要它，它经常与我们打交道，可以说在任何时刻都与我们息息相关。离上课还有八分钟，该不会迟到吧？——这是时间的量度，今天最低温度是多少，要不要添一件衣服？——这是温度的量度，买两斤糖，吃四两饭……这些都是日常生活中所经常遇到的有关量度的问题。量度已在日常生活中牢牢地生根，以至于我们感觉不到它的重要性。如你去店中买油，你对售货员说：“买一斤二两油！”这句话是自然而然地脱口而出的，你不会在讲这句话时有意识地考虑到量度问题，实质上“一斤二两”四个字已经包括标量量度中两个主要关键：数量和单位。不管你脑海中是否想到过这是有关量度的问题，但是我们却如此娴熟地脱口而出，已经成了习惯。何况没有这四个字售货员也无法为你服务呢！

我们不妨认真地想一想，没有这些量度，我们的生活将变得多么糟糕：请给我多多的水、他要吃少少的饭……够了，我们大家只能象三岁小孩子似地来说话，而且谁也不会把对方的要求办得恰如其分。

人类认识世界是从量度开始的

量度具体地来说是一个比较的问题，也就是对同一种事物比较他们的大小，轻重……等，对不同的事物比较它们之间的差异。有了比较才有差异，有了差异才对各种不同事物有较深入的认识，才能使人类建立各种不同的概念。

一开始，人类是不可能马上建立量度的标准的，人们首先是以自己人体上的器官来进行比较和量度的，这些量度器官

就是眼、耳、鼻、舌和触觉。红色的火焰和白皑皑的冰雪，滚烫的开水和冰冷的冰块，久而久之通过颜色和温度，人们终于建立了热与冷的概念。

世界上有各种各样的物体，人们通过各种物体的外形、大小、颜色等来区别它们，认识它们，并通过比较来利用它们。没有比较就不知差别，如果不认识狼和狗之间的差别，让狼去放牧羊群岂不是糟糕透了！只有通过反复的比较，人类才能逐步深入认识客观世界，才能掌握客观世界的发展规律，最后充分运用这些规律为人类服务。

在广泛的意义上来说，量度是“比较学”，因此它必然是人类认识世界的开始。

量度是物理学研究中的重要助手

在生活中量度占据着重要的位置，在生产和科研中，它也占着同样重要的位置。一张没数据或单位的图纸，生产者就无法加工，建筑图纸上的数据错误可能会使房屋倾斜倒塌。我们也不能想象错误的数据会在科学研究中导致怎样谬误的结论。七十年前，有位天文学家预告在本世纪中将有一颗巨星和地球相撞，一时人心惶惶，认为世界末日已到，后来发现这位天文学家所运用的数据是错误的，闹了一个大笑话。

在物理研究中，首先依靠的是实际量度。物理学是一门实验科学，没有具体的、精确的量度是无法建立起自己的学说的。你说你发现了一个了不起的定律，那么请你拿出数据来。如果你是凭理论推出来的，那末，人们还得花很多精力来设计一些实验去证明它，否则就是空话，没有人会承认它的。不论

事先或事后都得有具体的实测数据。所以物理学是以量度为基础的科学的。

一些物理学说的建立足以说明这个问题：如果没有天平来称量皇冠的重量，没有容器来计算皇冠浸入水后所排出的水的体积，阿基米德将无法取得任何数据，更无法说服旁人相信他的浮力定律。

第谷对天体运动观察了十年，精确测定了天体的位置，开普勒在此基础上提出了天体运动三大定律。他的定律如此符合行星运动的规律，他赢得了“行星立法者”的称号。

另一个例子是自由落体和重力加速度的提出，在十六世纪以前，人们都认为如果有轻、重两个不同的物体，让它们同时从同一高度下落，必然是轻的后着地，重的先着地，谁也没有怀疑，因为这是伟大的思想家亚里士多德提出来的，何况从同一高度同时掉下来的鸡毛与石块，确实是石块首先着地的。但是伽利略却提出了不同的看法：他认为鸡毛与石块是由于空气有阻力才导致了着地有先后的现象，如果没有空气阻力或者两个物体所受空气阻力相同的情况下，尽管物体轻重不同，它们将同时着地。这里离开了轻重和体积的量度是不能证明他的理论的。

伽利略是经典力学的创始人之一，他不但提出了落体运动的理论，而且还用当时的水钟计时来证明物体在斜面上所做的运动是匀变速运动。水钟计时较原始的沙钟更为精确，斜面上的物体的运动所用的时间较短，没有水钟单依靠沙钟或人身的脉搏是无法对斜面上运动的物体来测定的。依靠了更精密的计时装置，伽利略才能建立他的新的力学理论。

近代的量度技术已大大地扩展了人类的原始量度范围，

射电望远镜、电子显微镜、电子天平……为探索新的物理现象，发现新的物理理论创造了条件。基本粒子中的 Σ 超子平均寿命只有 10^{-20} 秒，光线经过太阳会被太阳的引力所弯曲……这些近代物理的实验是离不开先进的量度技术的。没有量度，我们不仅会穿卓别林式的衣服，更主要的是不会有今天日新月异的科学技术。

量度的学问

量度从字面上来看无非是用仪器来测量一下，读出所需的数据和单位，好象很简单。然而实际并非如此，它牵涉到量度仪器的制造，正确使用和运算等问题，国家有计量局，大学有测量专业，是一门涉及范围极广的学问。在这本小册子中，我们只准备就中学物理所涉及到的量度和单位问题作一些补充性的介绍，以帮助我们更好地学好物理这门学科。

精确到什么程度

科学越进步对量度的要求越精确，精确的量度又反过来使人类观察到更新的世界，提出了更新的理论。这样说来似乎是量度越精确越好，事实并不如此，过份的精确在某些场合却成了累赘。以吃饭来说，只需要精确到大半碗或小半碗就够了，不需要精确到几个饭粒；以木工来说，只要到毫米级就可以了，而对金属加工来说却常常要精确到丝（1丝等于百分之一毫米，它是金属加工中的用语，不是我们教科书中的微米）。再进一步，在分子物理学中却要求精确到埃（十亿分之一米）。不难看出在不同的测量中对量度的精确要求是不同的。

另外，受量度仪器本身精度的限制及量度时的客观环境

的影响，量度不可能极其精确。仪器的精确度是制造仪器时决定的，你使用的直尺的最小刻度是毫米，量出来的长度就只能精确到毫米，毫米以下就是估计数。又如实验室中常用的安培计，在我们使用 6A 这一档时，它的最小刻度表示 0.2A（因为它每一大格是 2A，而每一大格又分成十小格），因此它的精确度只能是 0.2A。一台天平，它的精确度是刻印在底座的标牌上的，上写着“感量，1/100 克”，表示这台天平的精确度是 0.01 克，低于这个数值它就称不出。相对于感量的是标牌上标的“称量”，它是指这台天平所能承受的最大重量，所称物体超过这个重量，刀口便要损坏，天平随之报废。

上面所说的是精确度受仪器本身的限制，在更大的程度上，精确度是受量度时客观环境的限制。一支钢皮尺有热胀冷缩的问题，一卷长长的皮尺也有用多少力去拉的问题。对于物体在周围环境温度升高时会膨胀、降低时就收缩，我们不得不借助于金属的线胀系数来校正实际测出的数字，而且要用一只测力计来拉皮尺，过份用力会使皮尺拉长，从而产生误差。

对宇宙航行的宇航船方位的测定更需要大量的参数来校正实测数据。有人说：“我们用雷达或激光来测定，何况太空中又没有气流等干扰因素，难道还有客观环境的影响？”好吧，就让我们来看看这方面的环境因素吧！要测准确，首先要让我们的测量仪器安放在一个不动的牢固的基础上，以这个不动的基础才能测出宇航船的方位，否则宇航船在动，测量仪器同时也在运动，一定不易测准。可以选择岩石，但不幸的是，我们的地球是极不稳定的，它有自转（转动）、公转（进动）、地轴的上下跳动（摄动）和轴线的晃动（章动），是一只道地的大

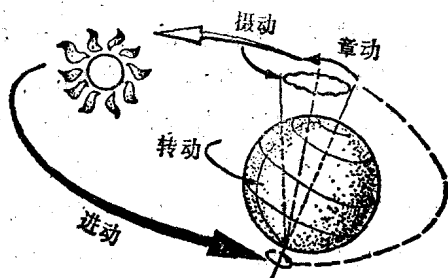


图2

陀螺(图2)。它在空间里自己打转,绕圈圈,上下跳动还要晃脑袋!你的仪器安装在这样一个淘气的陀螺上能测得准吗?我们不得不依靠大量的

校正参数来校正测得的数据。在最近一次日蚀中,为了计算太阳引力场对光线的弯曲作用,科学家们用了五百多个参数来校正所测得的数据,由此可见环境对量度精确性的影响!

综上所述,根据生产、科研的要求,量度不需要完全精确。同时由于仪器本身和量度时的环境影响又不可能完全精确。量度的精确性只是相对的。这样说来,你大概会松一口气:“原来量度不需要绝对精确,也不可能绝对精确,下次做实验时只要毛估估就行了!”如果你得出这样的结论,你将犯极大的错误。错就错在后半句。

毛估估行吗?

通常说“毛估估”是指用眼睛作为工具来进行量度,但人的眼睛不是一把尺,不能很准确,个别的人长期从事同一种劳动,可以用眼睛较精确地估算出长度、体积、重量等等。有些菜场的营业员会一刀剃下你所需要的猪肉,这种“一刀准”的营业员究竟是少数。估计只能是近似,何况人们的眼睛还常

常会欺骗我们,不信的话,请你看看图3中三根柱子那一根长一些?你会回答我:“第三根。”不对,你的眼睛这一次欺骗了你。用一支尺去量一量你会发现它们是一样长的。

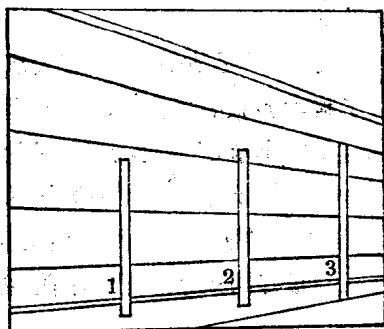


图3

造成这个错觉的原因是背景上的线条,这些线条是放射形的,这就给我们造成第三根柱子是在远处的错觉。如果远处的柱子看上去和近处的柱子一样长的话,那么根据透视的原理,远处的应该长一些。

错觉常常来源于被测物体的背景,更多的时候是来源于观察位置的错误。老师经常提醒同学看任何刻度都要正对着指针或刻度线去看,这是因为指针、被测物等都不是紧靠着刻度线的,它们之间有一小段距离,斜着看读出的数据就有误差,要是你随意瞄上一眼,图4中明明是 -0.2 ,却看成了 -0.1 ,相差50%,一个数据相差这么大,你的实验肯定是要

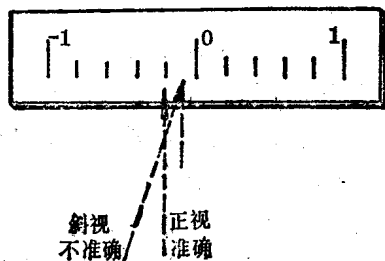


图4

失败的。

另外，“毛估估”也具有大致不差的意思。这样就完全失去了科学实验的严格性，而成了无所谓的态度了。任何实验都必须实事求是，一丝不苟。那怕是一支你经常使用的直尺，也必须根据仪器所能达到的精确度，力求精确。要做到这一点，首先要熟悉你所使用的量度仪器，怎么用，怎么读，这样才能得到最好的效果。千万不能“毛估估”。

体重是 20 厘米！——间接量度

体重只可以用牛顿表示，怎么说成是 20 厘米呢？如果说弹簧秤被某人的体重压缩了 20 厘米，这样讲你就不会感到陌生，因为你从物理课本中已经学过一个定律，这就是：“在弹性限度内，弹簧伸长（或压缩）的长度和外力成正比。”用公式表示也就是 $F = k\Delta l$ 。

只要测出弹簧的倔强系数 k ，那么根据被拉长或被压缩的长度 Δl 就可以算出外力 F 来。弹簧秤就是这样制成的，它不算出长度而直接根据长度算成了力的大小，如 500 克，400 克等等。

这种用一种不同的量度来表示另一种量度的方法就是间接量度。世界上有不少东西是无法直接量度的，如温度、大气压等等。对这些不能直接量度的物理量，我们不得不采用间接量度的方法，如温度计、气压计等。

我们日常使用的温度计是一根细玻璃管，管的下端有一个贮放水银或红色酒精的小泡。整个装置是密封的，当温度计置放在被测物体内部，物体的热量传给水银泡，水银受热膨胀

而上升,在到达与被测物体温度一致时,就停止膨胀,水银维持在一定高度。物体愈热,水银柱上升就愈高,我们就可以用水银柱高度来表示被测物体的温度。显然,水银柱的高度与物体的冷热程度是两种完全不同的东西,然而它们之间却有联系,我们可以把这种联系用下面的关系连接起来:

物体的冷热程度——→热传导——→水银泡内水银的受热膨胀——→水银柱的高度

这样,我们就可以用水银柱的高度来量度物体的温度了。对前面的“体重是 20 厘米”,也可以在弹簧秤上直接标上重量,如果在 20 厘米处标上 400 牛顿,我们就不再会大惊小怪的了。

间接量度可靠吗?

可靠,间接量度不但可靠而且有时还较直接测定更精密一些。上面所举的温度计的例子,只是绕了一个小弯子,它所能测量的精密度并不很高,象体温表只能测到 0.1 度,更精密就不行了。

有一种半导体测温计,它绕的弯子更多,可以说间接又间接了,但它的精密度可达到 0.001 度,使用又极方便,只要接触一下待测物体就可以了。如果分析一下它的原理,我们不妨再把它们的关系连接起来,看看它是怎样间接又间接的:

被测物体的温度——→热敏电阻阻值的改变——→热敏电阻回路中电流强度的改变——→输入放大器信号的改变——→放大器输出信号的改变——→电表上读数的变化

不难看出,我们还省掉了仪表读数变化的几个转换环节,