

ZHONGXUEWULIJIAOXUEFABUCHONGJIAOCAI

中学物理 教学法补充教材 ——中学物理问题论析

张德启 等编

石油大学出版社

中学物理教学法补充教材

——中学物理问题论析

主编 张德启 郭建中
康彩芬 杜乃珍

石油大学出版社

鲁新登字 10 号

副主编 王兆民 张喜荣 张春华 洪炜宁
编 委 胡 波 唐琪珊 胡庆云 张鸿栋

中学物理教学法补充教材

中学物理问题论析

张德启 等编

石油大学出版社出版

(山东省 东营市)

全国各地新华书店发行

山东济宁师专印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 10 印张 21.63 千字

1994 年 6 月第 1 版 1994 年 6 月第 1 次印刷

印数 1—3000 册

ISBN 7—5636—0526—6/O_i · 16

定价: 5 元

前 言

本书以专题分析的形式,对初中物理的部分重要概念和规律、物理现象和实验、疑难和佯谬等,力求从普通物理的角度进行了较高层次的分析 and 解答;同时,还对某些知识进行了加深和拓宽,并介绍了一些对教学具有参考价值的资料史实。全书分力学、光学、热学、电学和粒子、能源、超导、环境五章,共 113 个专题。

本书可作为中学物理教学法补充教材,供师专、教育学院及其他师范院校物理专业师生作教材分析之用。也可作为中学物理教师和中学物理教研人员研究中学物理教材的参考读物。我们相信,通过对本书问题的探讨,对提高读者认识中学物理问题的水平,促进中学物理教研活动的开展,将会起到积极的作用。

本书编写者是从事中学物理教学法教学的教师及中学物理教研人员。编写过程中,参考了大量中学物理教学刊物上的文章,在此向有关作者表示深切的谢意。

由于我们水平所限,本书一定会存在不少错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

1994 年 6 月

目 录

第一章 力 学

1 米是怎样定义的	1
2 秒是怎样定义的	4
3 千克是怎样定义的	5
4 何谓精密、准确度、精确度	6
5 怎样测量地球的半径	9
6 怎样测量月球的距离和半径	10
7 惯性质量和引力质量	12
8 怎样测量天体的质量	15
9 砝码的组合规律	18
10 天平横梁为何必须水平	19
11 游码问题释疑	21
12 谈四种基本相互作用力	23
13 第五种力存在吗?	27
14 重力随纬度的变化	29
15 为什么取消“重量”概念	30
16 视重、超重和失重	32
17 怎样画力的作用点	35
18 如何理解运动的绝对性、相对性和运动的相对性原理	37

19	谈牛顿第一定律	39
20	惯性和速度有关吗?	41
21	滑动摩擦力的大小为什么与接触面大小无关	43
22	浅谈滚动摩擦	44
23	密度测定法大全	47
24	压强是矢量吗?	54
25	什么是密闭液体	56
26	液压机公式成立的条件	59
27	侧孔射流的规律	62
28	运动容器中液体的压强	65
29	称空气质量演示实验的分析	67
30	覆杯实验的分析与改进	70
31	大气压成因的两种说法矛盾吗?	73
32	怎样估测大气的质量	77
33	大气对马德堡半球的压力有多大	79
34	大气压随高度变化规律的证明	81
35	阴、晴、冬、夏话气压	83
36	浮力的作用点在哪里	87
37	阿基米德定律的数理证明	89
38	排开液体,一定受到浮力吗?	92
39	运动容器中液体的浮力	94
40	一个有趣的浮球问题	96
41	冰熔水升降	98
42	卸石与池水涨落	99
43	阿基米德鉴王冠	101
44	密度计刻度的特点	103

45	杠杆的两种施力方式·····	105
46	怎样使用不等臂天平·····	108
47	天平还能平衡吗? ·····	112
48	水坝为何下宽上窄·····	116
49	动滑轮一定省力吗? ·····	118
50	设计滑轮组的简单方法·····	121
51	差动滑轮和差动轮轴·····	123
52	功的概念和定义·····	125
53	解答机械效率问题的规律·····	129
54	功的原理的两种表述·····	132
55	麦克斯韦滚摆分析·····	135
56	功是能的转化和传递的量度·····	138

第二章 光 学

57	小孔成像的若干问题·····	142
58	平面镜成像的两个问题·····	145
59	光直角反射器的证明·····	149
60	二面角平面镜的成像规律·····	150
61	水中物像的位置·····	153
62	海市蜃景的奥秘·····	157
63	物体的颜色·····	159
64	三原色和三色板实验·····	160
65	绚丽多彩的大气光学现象·····	163
66	光导纤维·····	168
67	物速和影迷·····	170

第三章 热 学

68	令人不解的铁环热膨胀·····	172
----	-----------------	-----

69	水为什么反常膨胀·····	173
70	沸腾现象的分析·····	175
71	试管中的水为何不沸腾·····	179
72	热水为何先结冰·····	180
73	什么是临界温度·····	181
74	气和汽有何区别·····	182
75	冰水混合终态的确定方法·····	183
76	比热与过程、温度的关系·····	187
77	温度、热量、热能和内能·····	190
78	怎样理解 $1 \text{ 卡} = 4.2 \text{ 焦耳}$ ·····	194
79	热机的效率和热机的机械效率是一回事吗?·····	195

第四章 电 学

80	丝绸摩擦过的玻璃棒一定带正电荷吗?·····	197
81	怎样辨别正负电荷·····	199
82	地球的电状况·····	202
83	趣谈闪电·····	205
84	电流的速度·····	209
85	电解液电流强度佯谬·····	212
86	梯形电阻电路等效电阻的通式·····	216
87	伏—安法测电阻·····	219
88	伏打电池·····	223
89	干电池·····	229
90	铅蓄电池·····	234
91	电池组的电动势·····	238
92	地磁场简介·····	243
93	安培力的成因究竟是什么·····	247

94	高压直流输电简介	252
95	日光灯是怎样发光的	256
96	日光灯启辉器中小电容的作用是什么	259
97	试电笔的几个问题	260
98	触电的几个问题	263
99	跨步电压	266
100	零线不接保险丝和接地安全性的讨论	269
101	家电外壳为何经常带电	275
102	怎样安装楼梯灯	277
103	电热器的电阻丝为什么用电阻率大的合金丝	279

第五章 粒子 能源 超导 环境

104	基本粒子简介	281
105	揭开太阳能之谜	285
106	原子弹、氢弹和中子弹	288
107	超导体的特性	292
108	能源危急和新能源展望	295
109	响度、音调和音品	297
110	噪声污染	300
111	热污染	302
112	电磁污染	304
113	核电站	306

第一章 力 学

1 米是怎样定义的

国际单位制的长度单位“米”起源于法国。1790年,法国科学家鲍尔德等人组成的特别委员会建议,以通过巴黎的地球子午线全长的四千万分之一作为长度的单位,叫做米。为了制造出表征米的量值的基准器,1792年到1799年,在法国天文学家捷梁布尔等的领导下,对法国敦克尔克至西班牙巴塞罗那之间的子午线进行了实际测量。之后,用纯铂制造了米的样品,并交法国档案局保存,故称“档案米”。

1872年,法国政府决定以档案米作为法国长度的法定单位。

1875年,巴黎召开的世界米外交会议决定,以米作为长度的国际基本单位。这是米作为国际单位制长度单位的开始。

1889年第一届国际计量大会上,通过了米的基准器——国际米原器。国际米原器是依据档案米的长度由瑞士的SIP工厂制造的。它的断面呈X型,凹槽的两端分别刻有三条平行的细线;材料是铂(90%)、铱(10%)合金。当时一共制造了三十一根,其中第六号在 0°C 时的长度最接近档案米的长度,于是被选作国际米原器,并且规定:在 0°C 时,国际米原器凹槽两端的中间一条细线之间的距离为1米。国际米原器保存

在巴黎国际计量局。其他国家做了仿制品，存放在各自的国家里，作为本国测量长度的标准。

国际米原器有很多缺点，如容易变形，不够稳定；一旦毁坏，不易复制；测量精度不高（只能达 0.1 微米）等。于是，人们产生了用不毁灭的自然量值定义长度标准的想法。这个设想是法国人巴俾涅在 1829 年首先提出的（早于国际米原器）。巴俾涅认为，光波是原子的振动产生的，波长只跟原子的性质有关，不受周围环境因素的影响，性能稳定，因此可以用某种特殊光线的波长作为长度的基准。这个想法非常新颖，但由于当时无法精确测定光波的波长等原因，因此一直搁置下来，直到迈克尔逊干涉仪诞生以后，这个想法才成为现实。

1892 年，美国科学家迈克尔逊用他的干涉仪测出了红镉线的波长。

1907 年，在巴黎举行的国际太阳协会上决定，在 15°C ，760 毫米汞柱高的大气压下，红镉线波长的 $1/6438.4696$ 为 1 埃，它的 10^{10} 倍为 1 米。也就是说，在原来标准米的长度内，含红镉线波长的数目是 1553164.12 个。

1960 年，第十一届国际计量大会决定，用氦的橙色（或桔红色）谱线作为测量的标准波长。具体规定是：氦—86 原子的 $2p_{10}$ 和 $5d_5$ 两能级之间的跃迁辐射，在真空中的 1650763.73 个波长为 1 米。之所以把红镉线改成氦—86 的橙色线，是由于后者更稳定的缘故。大会同时废除 1889 年第一届国际计量大会关于用国际米原器定义的米的规定。至此，用光波波长定义米的设想正式确定下来。

米的这一自然基准，性能稳定，没有形变问题；测量精度高（可达 0.001 微米）；不怕毁坏，只要有氦—86 同位素，随时

可以复现,在各国都可以复制。这一定义在世界范围内使用了二十三年。

但随着科学技术的飞速发展,对长度测量的精确度和稳定性提出了更高的要求,特别是高速运动的物体,长度的相对论效应十分显著,这就要求有一个更加可靠的长度基准。由于光速在不同的运动系统中是不变的,因此,人们又考虑用光在一段时间内通过的距离来定义米。这样就需要精确地测定光速和严格地定义时间。测定光速又要测定光的波长和频率。但由于当时对光的频率的测量精度没有波长的测量精度高,所以这种想法也一直没有能实施。但60年代激光技术诞生并迅速发展,人们能制成谱线强度高,相干性能好,稳定性高的激光器,在对激光频率的测量上也达到了很高的准确度,这样,对光速的测量也就达到了很高的准确度。用光速定义米便很快得以实现。

1973年,国际计量大会委员会建议,以甲烷或碘的饱和吸收线伺服的氦—氖激光器产生的两条单色辐射作为波长基准。在真空中这两条线的波长分别是 $3392231.40 \times 10^{-12}$ 和 $632991.399 \times 10^{-12}$ 米。将上列波长分别乘上它们的频率,就得到1975年第十五届国际计量大会所确定的光在真空中的速度 $C = 299792458$ 米/秒。频率是以定义秒的铯—133原子的跃迁频率为基准而测得的。由此可知,光在真空中的传播速度是一个确定的精确的常数。

1983年10月,在巴黎召开的第十七届国际计量大会正式通过了米的新定义:米是光在真空中在 299792458 分之一秒的时间内所通过的路程的长度。至此,使用了二十多年的用氪—86原子的波长定义的米被废止。

米的定义的演变,反映了不同时期科学技术发展的水平,随着科技进步和测量水平的提高,更新更优越的米的定义还会产生。

2 秒是怎样定义的

1886 年以前,秒是根据真太阳日定义的。所谓真太阳日,就是指太阳连续两次通过地球表面某一点的经线所需的时间为一天(一个真太阳日),而真太阳日的 $\frac{86400}{86400}$ 分之一定义为秒。但由于地球公转速度的不均匀等原因,一年当中真太阳日的长短并不完全一样,最长的是 12 月 23 日,最短的是 9 月 16 日,长短差值最大是 51 秒。因此,时间就不标准了。于是,美国天文学家纽康在 1886 年提出用平太阳日定义秒。所谓平太阳日,是假想有一个天体在黄道上匀速移动,速度大小等于太阳视运动的平均速度,这个假想天体称为平太阳;平太阳连续两次经过地球同一子午线所需的时间叫做一个平太阳日。我们平时讲的中午十二时,就是这个平太阳在我们头上经过子午线的时刻。一个平太阳日的 $\frac{86400}{86400}$ 分之一叫做一个平太阳时秒。显然,用平太阳日定义的秒比用真太阳日定义的秒要精确。

后来,人们观察到平太阳日也并不十分精确。地球两极位置的变化,季节的变换,地球自转的不均匀性,以及地球自转速度变慢(如近 2000 年来,每 100 年日长增加 1.6 毫秒)等,使秒的误差仍可达 10^{-7} 数量级,相当于每三个半月差 ± 1 秒。

1952 年第八届国际天文学会决议,在天文年历中采用以地球绕太阳的公转周期为基准的计时系统——历书时。历书

时秒为 1900 年 1 月 0 日历书时 12 时起算的回归年的 $\frac{12960276813}{408986496} \times 10^{-9}$ 。1956 年国际计量委员会根据上述决议, 决定: “秒为 1900 年 1 月 0 日历书时 12 时起算的回归年的 $1/31556925.9747$ ”。1960 年第十一届国际计量大会批准了秒的这一定义。从此, 秒的精确度提高到 10^{-9} 数量级, 相当于每 30 年差 ± 1 秒(以上内容可参考高中地理课本上册第一章, 人民教育出版社, 90 年 10 月第 1 版)。

随着科学技术的高速发展, 历书时秒的精确度仍不能满足实际需要, 同时历书时要长时间的天文观测, 使用起来不方便, 所以不久又被原子时所代替。原子时建立于 1958 年, 它是利用原子从某种能态转变为另一种能态时所辐射或吸收的电磁波的频率作为标准来计量时间的。原子秒的定义为: 铯-133 原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的 9192631770 个周期的持续时间为 1 秒。这一定义得到 1967 年第十二届国际计量大会批准, 并成为国际单位制中七个基本单位之一。原子时的秒容易测定和应用, 而且精确度一般可达 $\pm 1 \times 10^{-12}$ 数量级, 相当于三万年差 ± 1 秒。

3 千克是怎样定义的

质量的单位千克起源于法国。

早期, 只有重量的概念, 没有质量的概念; 或者说, 对重量和质量两个概念的区别是不明确的。最初规定的是重量的单位。1791 年法国政府规定: 4°C 时, 1 升纯水的重量为 1 千克。并在 1799 年制造出表征重量的千克原器, 保存在法国档案局, 称“档案千克”。

1872 年法国正式决定了以“档案千克”作为法国的法定重量单位。

1889 年,经第一届国际计量大会批准,以法国“档案千克”为标准,用铂、铱合金制成了一个高和直径都是 39 毫米的圆柱体,作为重量的标准,称“国际千克原器”,保存在法国巴黎的国际计量局里。

1901 年,第三届国际计量大会澄清了重量和质量在概念和计算方法上的不同,并宣布“千克是质量的单位”,“它等于国际千克原器的质量”。而重量和力的性质相同,物体的重量等于其质量和重力加速度的乘积,单位为牛顿。

所以质量的单位实际上是沿用的最初规定的重量的单位,并一直使用到今天。

由于“国际千克原器”容易变化,毁坏后不易复现,精度不高缺点,所以人们正努力探索采用自然量值作为质量基准的办法。

4 何谓精密度、准确度、精确度

精密度、准确度、精确度在日常生活中是很难严格区分的,几乎是同意词。在各类书籍和学术领域中使用也很不一致。目前,就是在国际上,关于这些概念也未完全统一。由于这些名词的含义不清,运用紊乱,给读者、实验和数据处理带来一定困难。下面就这一问题从两方面作一比较。

一、仪器的精密度、准确度、精确度

1. 仪器的精密度

仪器的精密度一般是指仪器所能正确达到的最小分度

值。例如,游标卡尺最小分度值为 0.1mm,其精密度为 0.1mm;米尺的最小刻度为 1mm,其精密度为 1mm。同类仪器所能达到的最小量度单位越小,其精密度就越高。如螺旋测微器的最小分刻度为 0.01mm。

2. 仪器的准确度

仪器的准确度是指仪器在规定的使用条件下工作的基本误差(也叫结构误差,是系统误差的范畴)。仪器的准确度习惯上常用准确度级别来表示:即当仪器量程为 X_m 时,其最大绝对误差为 $\Delta X_{\max}$,最大相对误差(基本误差%)为:

$$\sigma_{\max} = \frac{\Delta X_{\max}}{X_m} \times 100\% = \kappa\%$$

(κ 为仪器的级别数)。可见仪器的准确度是反映系统误差的大小的。准确度的级别常用一系列数字表示,以电表为例,根据我国国家标准 GB766—75《电气测量指示仪表通用技术条例》规定,准确度分为七级,即

0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 级,随着仪表制造业的不断发展,已出现准确度为 0.05 级的高准确度的指示仪表。

仪器准确度一系列级别数字,反映了仪器的基本误差的大小,如表 1-1 所示。

表 1-1

仪表的准确度	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差 %	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0	±1.5	±2.5	±5.0

3. 仪器的精确度

仪器的精确度,简称精度,它是一个泛指名词,它包含着精密度和准确度。当仪器的系统误差起主导作用,而偶然误差

很小可略去不计时,精度就代表准确度。如电表之类。同理,当仪器的偶然误差起主导作用,而系统误差可略去不计时,精度代表精密度,如游标卡尺等。也有一些仪器,其精度既与准确度、精密度有联系,但又不同于这个概念。天平的精度就是一例。天平的精度是以其感量和称量之比来定义的,即

$$\text{精度值} = \frac{\text{感量}}{\text{称量}}$$

天平的精度等级分为 10 级,如表 1-2。

表 1-2

精度级别	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
分度值与最大称量之比	1×10^{-7}	2×10^{-7}	5×10^{-7}	1×10^{-6}	2×10^{-6}	5×10^{-6}	1×10^{-5}	2×10^{-5}	5×10^{-5}	1×10^{-4}

可见天平的精度反映的是天平最大相对误差。天平的精度越高,它的最大相对误差越小。

二、测量的精密度、准确度、精确度

1. 测量的精密度

在测量中精密度是反映各次测量的数据的集中程度的,也是反映测量中偶然误差大小程度的,测量的精密度高,是指各次测出的数据彼此接近,但系统误差的情况反映不出,所以,测量的精密度高,不一定测量就很准确。

2. 测量的准确度

测量中的准确度是反映测量结果中的系统误差大小程度的,是仪器精密程度的评定标准。测量的准确度高,是指测量数据的平均值偏离真值较小。如用螺旋测微器测某圆柱体的外径时,测出的结果比游标卡尺测同一外径时准确度高。

3. 测量的精确度