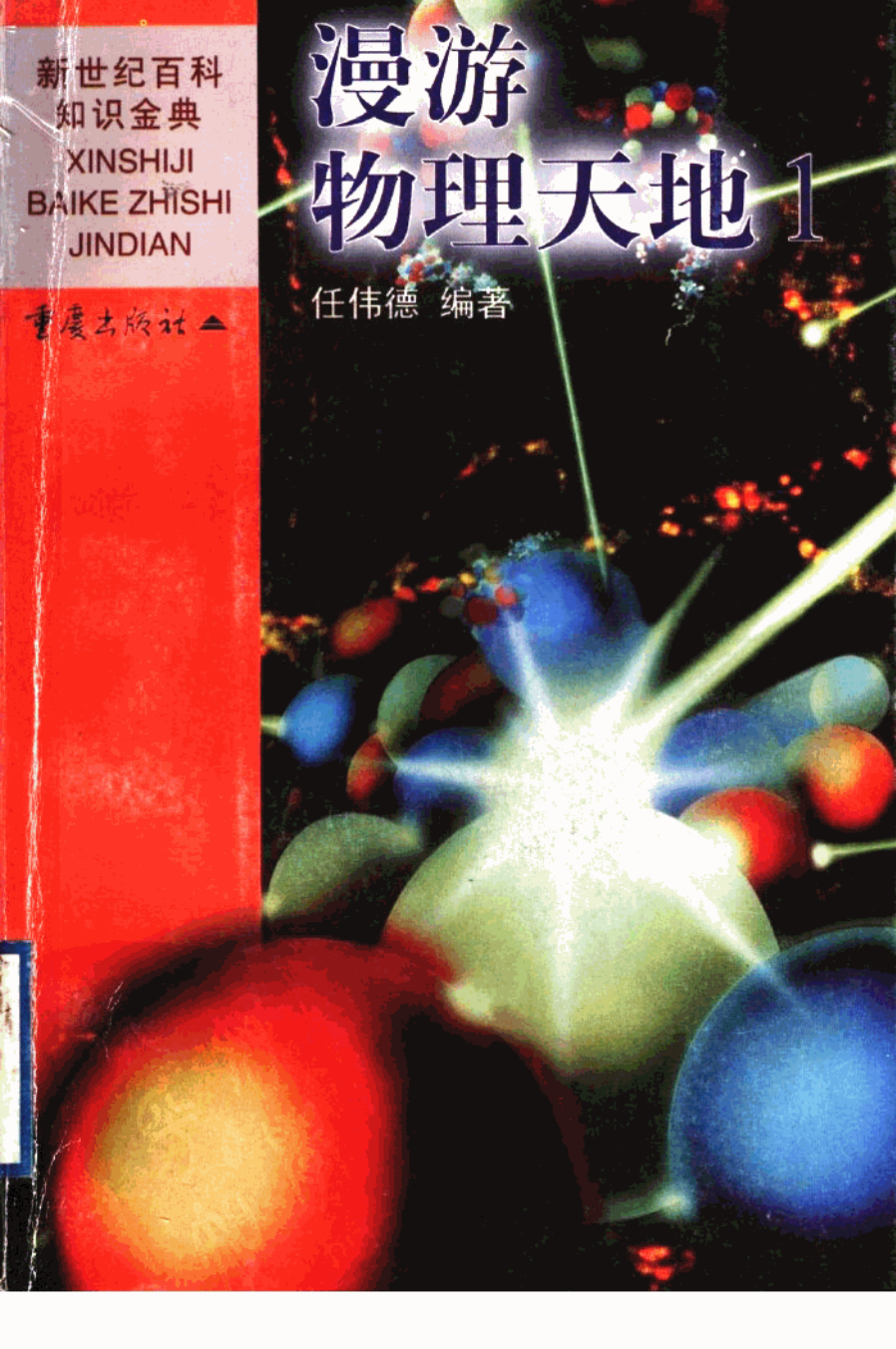


新世纪百科
知识金典
XINSHIJI
BAIKE ZHISHI
JINDIAN

重庆出版社

漫游 物理天地 1

任伟德 编著



新世纪百科
知识金典
XINSHIJI
BAIKE ZHISHI
JINDIAN

漫游 物理天地 1

任伟德 编著

重庆出版社

责任编辑 黄 坚
封面设计 金乔楠
技术设计 刘黎东

新世纪百科知识金典

漫游物理天地 1

任伟德 编著

重庆出版社出版、发行 (重庆长江二路205号)
新华书店经销 重庆新华印刷厂印刷

*

开本850×1168 1/32 印张7.375 插页4 字数188千
1999年4月第一版 1999年4月第一版第一次印刷

印数:1—5,000

*

ISBN 7-5366-4210-5/O·25

定价:10.50元

新世纪百科知识金典

◆ 顾问(以姓氏笔画为序):

马少波 王伯敏 刘厚生 乔羽
冰心 全山石 江平 杨子敏
李家顺 张岱年 张振华 柯灵
柳斌 铁木尔·达瓦买提
桑弧 桑桐 秦怡 蒋孔阳
翟泰丰 蔡子民 滕藤 滕久明
戴爱莲 魏巍

◆ 总主编:

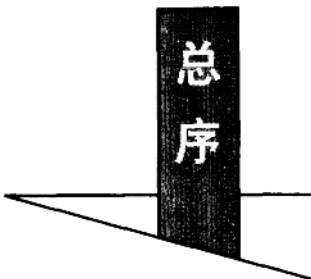
张虞 李书敏

◆ 副总主编:

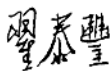
许友梅 陈金才 熊静敏 黑淑琴
蒲华清 薛振安 柏家栋 傅之悦

◆ 总编委(以姓氏笔画为序):

文晓村 王中玉 叶延滨 曲炜
许友梅 陈金才 吴申耀 李书敏
李荣昌 沈寂 张虞 张文槐
杨巍 郑达东 郑可仲 单树瑶
柏家栋 钟代福 徐卓平 夏树人
梁子高 曾如信 傅之悦 黑淑琴
蒲华清 缪新亚 熊静敏 薛振安



总序



21 世纪就在眼前。我们既要把握中华民族全面振兴的极好机遇,同时又要迎接世界各国综合国力主要是经济力的激烈竞争。科技是第一生产力,发展高科技是在综合国力竞争中立于不败之地的关键所在。培养一代有理想、有道德、有文化、有纪律的公民,在综合国力激烈竞争中赢得胜利,是决定中华民族命运的大事。

党的十五大为建设有中国特色社会主义的伟大事业绘制了宏伟的蓝图,赋予了教育文化战线的同志为建设有中国特色社会主义文化而奋斗的光荣任务。青少年是中华民族全面振兴的希望,因此,加强对青少年的教育就提到了全社会的面前。除了课堂的“传道授业”外,更要重视教育与改革开放的伟大实践相结合,面向现代化,面向世界,面向未来,教育青少年树立为中华民族全面振兴而奋发努力的使命感和责任感,托起明天的太阳。

“书籍是人类进步的阶梯”。好的书籍,是精神文明的营养素,是青少年的精神粮食,它在思想道德建设和文化建设中有着不可替代的作用,也是进行科学普及、社会教育和信息传播的重要工具。

改革开放以来,出版了一系列高品位的青少年读物,取得了

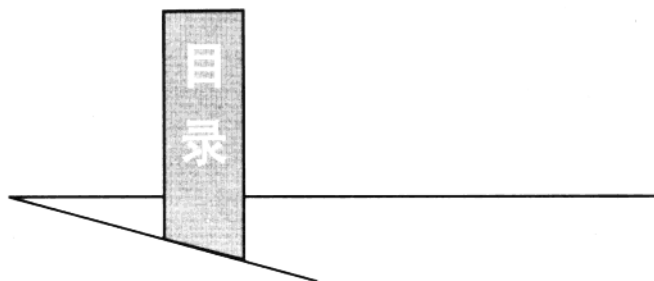
很大成绩,但和时代要求相比,同亿万青少年的需要相比,还是远远不够的。一些见利忘义之徒,千方百计制造不堪入目的黄、灰、黑出版物,通过种种非法渠道,流入一些学生的书包课桌,毒害他们的心灵,令人扼腕。形势要求新闻出版界、教育科技界、文化艺术界的同志不断努力,创作编写出更多、更好的内容丰富、情趣高尚的青少年读物。

《新世纪百科知识金典》是一批在教育、文化战线上工作了多年的同志策划组织的。他们辛勤劳作,团结协作,历时三年编写出来。该书包容了许多学科的知识,有别于辞条式的编写方式,把知识的介绍与赏析融为一体,既是传统美德的传播、新知识的普及,又是对前人积累下的知识财富的学习鉴赏,也是迎接21世纪,普及文化科学知识的展示。这是一套兼具思想性、新鲜性、知识性、趣味性特点的读物,其中有许多知识,对青少年来说可能还是陌生的、新鲜的,在日常生活中经常“会面”,而又不知其所以然,本书正可以扫除一些盲点,弥补知识的不足。

这么多同志默默无闻地耕耘着这方土地,可谓功德无量。无怪乎许多专家学者、前辈名家对这套书给予热情指导与支持,并乐意为每个分册命笔题词。

我希望《新世纪百科知识金典》编写出版会受到广大青少年读者的欢迎,成为青少年喜爱的良师益友,我也希望有更多的同志为广大的青少年创造更多更好的精神粮食。

1998年2月



总序	翟泰丰 1
物理学的定性和定量	1
物理学常用的基本方法	9
学习物理学的非智力因素	22
重力、重量和质量	26
不同质量物体下落速度的快慢	28
找尺子的质心	30
橡皮轮子为什么会转起来	34
惯性定律的确立	35
万有引力能否无穷大	37
摆的等时性是怎样发现的	38
不等距离跳跃的石头	41
反转的陀螺和不会浮起的沙漏	42
铁甲巡洋舰“豪克”号和远洋货轮“奥林匹克”号怎么会相撞	45
潜水艇怎么能从封锁线溜过	47
白兰地酒与玻璃酒杯之谜	48
连通的大小肥皂泡	51

台风旋转与浴室排水时的漩涡	52
马尔纳斯(福克兰)群岛附近的海战	56
孔脱管和克拉德尼声振图形	57
三音石和北京天坛的回音壁	60
爆炸时的寂静区	63
关于热本质的争论	64
导热能力比金属强几千倍	66
放到冰箱里的热水和冷水	68
会喝水的小鸟	
——这是永动机吗	69
浮在液面的液滴	72
玻璃和丝绸相摩擦后,玻璃不一定带正电	75
用水做的起电机	76
电场强度能否趋于无穷大	79
库仑定律为什么也遵循平方反比律	81
欧姆定律的失效之处	83
细菌的趋磁性	85
“海狮玩球”玩具的彩球能否反转	87
热带丛林中的神秘大火	89
阿基米德的死光	91
激光束进入糖水时为什么弯曲	92
彩虹为什么不能布满整个天空	94
颜色是确实存在的吗	96
颜色能改变吗	100
蓝天、晚霞和紫光	102
天空为什么不是黑的	103
能确定方位的太阳石	105
窗上的霜是有色的还是无色的	106

光的微粒说与波动说之争	108
尺缩、钟慢与惯性质量	110
双生子佯谬	116
$E = mc^2$ 意味着什么	117
探索物质的态	119
永动机	121
熵和秩序、时间	128
物理学中的极限	130
宇宙是否无限、星星数目是否无穷	135
多普勒效应和大爆炸宇宙论	137
宇宙的起源、演化和归宿	142
类星体的超光速	148
宇宙中的力	150
太阳系的起源	152
地球的年龄	158
地球水的来源	160
地球上水的循环	161
月球起源	163
空气的阻力使卫星的速度增加	165
小行星为什么不是球形的	168
原子和原子核结构的探索	169
米格伦疑案的真相	173
探索恐龙灭绝的原因	175
探索气体的液化	179
超导及其应用	180
“浸润”和“不浸润”现象的放大	
——毛细现象的应用	184
温差电现象可以变得很明显吗	187



电子管和晶体管	191
真正的“死光”	195
探索新能源	199
物理电源和化学电源	203
物理量的转换与特种器件	208
现代工业的基础——新材料	217
科学技术对社会发展的影响	221

物理学的定性和定量

物理学是一门古老而又年轻的学科,是一门高度量化的学科。在历史上作为一门量化的严密学科而赢得声誉,而在近代,又涉及许多科学技术的前沿,如微观领域、天体物理及高能物理。牛顿力学在工程技术范围内取得了相当高的准确性,众所周知其最辉煌的成就要算对发现海王星的预言,理论推算误差只有 1° 。而在近代物理领域,1987年 H. Dehmelt 小组测得电子反常磁矩值, $\mu/\mu_B = 1\,001\,159\,652\,187.9(4.3) \times 10^{-12}$ ^①,达到了13位有效数字,为此,H. Dehmelt 小组各成员分享了1989年的诺贝尔物理奖。

近代物理学的发展用于计量后,也取得了相当高的精确度。例如一些计量基准从实物基准改为自然基准方面。“米”的定义,1889年是以铂铱合金米尺作为国际“米”的基准;1960年的定义改为“米等于氪-86原子的 $2p^{10}$ 和 $5d^5$ 能级之间跃迁对应的辐射,在真空中 $1\,650\,763.73$ 个波长的长度”;1983年又改为“光在真空中 $1/299\,792\,458$ 秒的时间间隔内所经过的距离”。用约瑟夫森效应建立的电压基准,复现性已达到了 10^{-8} 数量级的一致性,量子化霍尔效应建立的电阻基准,复现性也已达到 $10^{-7} \sim 10^{-8}$ 数量级。

由于定量的方法在物理学中获得了巨大的成功,似乎“定性”一词往往被看成是带有贬意的词。卢瑟福有句名言,“定性就是量化不够”。在一些人的心目中,作定性分析是出于不得

① 赵凯华:《定性与半定量物理学》,高等教育出版社,1991年10月第1版。

已、是低水平,只有高度定量分析才是最重要的。君可见现在某些用于基本概念理解的本来做“定性”分析是恰当的教具,也似乎一定要做成“定量”,至少“半定量”才显得其“精密”。其实这种认识是片面的。事情并不尽然。以下举些例子说明。

在以下方面,往往进行“定性分析”比“定量测试”及计算更能解决问题,因而也更重要。

一、对称性

在此不涉及“什么是对称性”的概念

最常用的对称操作(或叫做对称变换)是时空转动、平移、镜像反射、标度变换、时间平移、时间反演,以及置换、规范变换、电荷共轭变换和某些动力学变换。

中学物理中的右手定则和左手定则是典型的“镜像对称”。众所周知,如果以一个正常的三维直角坐标 $x-y-z$ 定义一个“右手定则”(x 坐标指向手心,四指为 y 坐标正向,则拇指为 z 坐标正向),那么其镜像对称(或称空间反射)的 $x'-y'-z'$ 直角坐标就定义了“左手定则”。其电-磁方面的转换关系读者可以自己考虑。

正电子的发现是电荷共轭变换的典型例子。对称性是自然界对应的一种科学美。在正电子发现之前,人们有这样的疑问:为什么电子带负电而不是带正电? 1928 年英国物理学家狄拉克提出了一个描述单个电子运动的量子力学方程,利用这个方程,对氢原子能级的精细结构和高速运动电子的许多性质的解释,能与实验很好地符合,成了量子力学权威性的理论。但狄拉克方程存在一个严重的困难:方程有正、负两个解,指出一个解的粒子总能量是正的,另一个解的总能量是负的。当时,这个负能态的粒子应表现为带正电荷的电子并没有被观察到,即没有实验结果的支持,而只是一种预言。它存在吗? 直到 1932 年在

观察宇宙射线的记录中才发现,1933年通过改进实验方法,进一步得到了证实。

二、数量级估计

在常温下,气体分子间的相互作用力极其微弱。现在以此为基础,估算分子间能发生相互作用的作用距离的数量级。

在常温下,气体运动可看作和理想气体相似。1mol 气体有 6.023×10^{23} 个气体分子,共占有 $22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 的空间。设想每个气体分子所占据的空间就是以分子间相互距离 r_0 为边长的

正方体,则 $N \cdot r_0^3 = V$, 于是 $r_0 = \sqrt[3]{\frac{V}{N}} = \sqrt[3]{\frac{22.4 \times 10^{-3}}{6.023 \times 10^{23}}} \approx 3.4 \times 10^{-9} (\text{m})$ 。这一数据的数量级恰等于分子“直径”的 10 倍左右,因而估算是正确的。

我们再把目光转向生物和环境。

飞翔的必要条件是空气的上举力至少与体重平衡,即 $f \geq W$ 。已知 $f = CS\rho v^2$, 式中 f 为空气上举力, W 为体重, C 为比例系数, S 为翅膀面积, ρ 为空气密度, v 为起飞速度。因此有:

$v > \sqrt{\frac{mg}{CS\rho}}$ 。我们作一简单的几何近似假设:设鸟的几何线度为 L ; 质量 m 正比于体积,也正比于线度 L 的三次方 (L^3), 于是起飞的临界速度 v_0 正比于 $\sqrt{L}$ 。那么在恐龙时代的翼龙,其翅膀全长约 16m。燕子的最小飞行速度约为 20km/h, 而翼龙的线度大约是燕子的 100 倍, $\sqrt{100} = 10$, 那翼龙起飞需 200km/h 的速度,看来是不可能达到这个起飞速度的,因而翼龙看来是不能起飞的。

擅长跳跃的跳蚤身长几毫米,能跳几十厘米高。而人身高约不到 2m, 假如跳蚤有人那么大,是否按比例能跳几百米高?

合乎实际的假设是:对所有动物,每单位质量的肌肉所提供的能量大体是同数量级的。这样,跳到 h 高度需要的能量 mgh 正比于质量 m ,而肌肉能提供的能量也正比于质量 m ,从而 h 与 m 无关。各种动物无论大小,能跳的高度在数量级上大体是一致的,所以像人那样大的跳蚤最多也只能跳几米高。

已知地球表面每分钟、每平方厘米面积上平均接受到的太阳能量为 3.8 J ,太阳光从太阳传播到地球约需 500 s 。估算太阳还能存在多少年?

在此,我们不采用恒星晚年的各个阶段变化的模型,而只是简化为太阳因向外辐射能量,并且质量也不断减少来估算,并把地球绕太阳运行轨道近似为圆形。

太阳与地球间距离:

$$l = ct = 3 \times 10^8 \times 500 = 1.5 \times 10^{11} (\text{m}) (= R)$$

因为 $G = \frac{Mm}{R^2} = mR\omega^2 = mR \frac{4\pi^2}{T^2}$, 所以太阳质量 M 为: $M = \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2} = \frac{4 \times 9.86 \times (1.5 \times 10^{11})^3}{6.67 \times 10^{-11} \times (365 \times 86400)^2} \approx 2 \times 10^{30} (\text{kg})$ 。太阳每分钟向外界辐射的总能量以球面形式辐射,所以 $E = 4\pi R^2 \cdot q = 4\pi \times (1.5 \times 10^{11})^2 \times 3.8 \times 10^4 = 1.07 \times 10^{28} (\text{J/min})$ 。 q 为每分钟每平方米的太阳能。根据质能关系式 $E = mc^2$ 可得太阳每分钟损耗的质量为: $m = \frac{E}{c^2} = \frac{1.07 \times 10^{28}}{(3 \times 10^8)^2} \approx 1.2 \times 10^{11} (\text{kg/min})$ 。太阳还能存在的时间为: $t = \frac{M}{m} = \frac{2 \times 10^{30}}{1.2 \times 10^{12}} \approx 1.7 \times 10^{19} (\text{min}) \approx 3 \times 10^{13} (\text{a})$

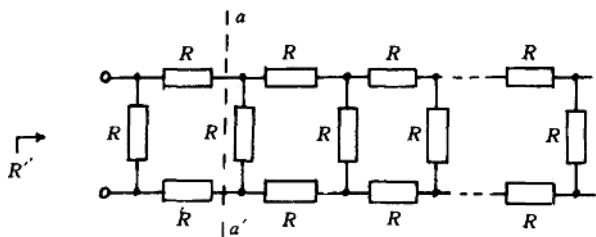
三、极端情况

极端情况指“极大”、“极小”或临界状态。

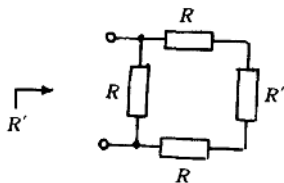
有一个无限长的梯形电路,其中每个电阻阻值均为 R ,如

图 1(a) 所示。求它的总电阻(即从左端看进去的电阻)为多大?

如果用一般串并联电路的计算方法是无法求解的。那么,它有没有一个确定值呢?



(a)



(b)

图 1

观察图 1(a),既然是无限长的梯形电路,那么如果将它拆去一节(图 1 中 aa' 线左端),端点的总电阻不变。设 aa' 右端的总电阻为 R' ,则从整个电路端点看进去总电阻也为 R' 。于是,图 1(a)就等效变换为图 1(b)。在图 1(b)中,容易写出关系式,

$$R' = \frac{R \cdot (2R + R')}{R + 2R + R'} = \frac{2R^2 + 2RR'}{3R + R'}$$

整理得关于 R' 的一元二次方程: $R'^2 + 2RR' - 2R^2 = 0$

解为: $R' = \sqrt{3}R - 1$

这类问题有时成为一个求极限的数学问题。希腊诡辩学派哲学家芝诺提出的“追龟”说(悖论):阿基里斯(希腊神话中善跑如飞的英雄)追乌龟,永远追不上。如果阿基里斯的速度是龟的10倍,龟在前面100m。当阿基里斯跑了100m,龟已向前爬了10m;阿基里斯再追10m,龟又爬了1m;再追1m,龟又爬了 $\frac{1}{10}$ m,所以永远相差一小段距离,因此永远追不上爬行的龟!这当然违背人们的常识,但这个悖论错在什么地方呢?实际上龟爬行的路程为 $s = 100 + 10 + 1 + \frac{1}{10} + \frac{1}{100} + \dots$,这是一个无穷递缩等比数列,利用数学知识不难知道其和 $s = \frac{a_1}{1-q} = \frac{100}{1-\frac{1}{10}} = 111\frac{1}{9}$,

即在龟爬行了 $111\frac{1}{9}$ 米处就追上了。

四、自然界的物理学

1766年,德国天文学家 J. Titius 发现一个数列: $\frac{n+4}{10}$, 将 $n = 0, 3, 6, 12, \dots$ 代入,可相当准确地给出当时已知行星的轨道半径。那时天王星尚未发现。这个定则对土星以内的所有行星位置描述很成功,只是在2.8倍地球运行轨道外有个空档。1781年天王星被发现,进一步证实这公式有效,由此更激发了人们在火星和木星之间寻找这颗缺失行星的热情。1801年以后,陆续发现那里有三百余颗小行星,现在能用望远镜拍摄下来的小行星就有五十多万颗,到太阳的平均距离为地球到太阳距离的2.8倍。

当一位成熟的物理学家进行探索性的科学研究时,常常从

定性或半定量的方法入手。通过定性的思考或半定量的试验,力求先对问题的性质、解的概貌取得一个总体的估计和理解。否则,一下子陷入细枝末节的探讨,往往会一叶障目,只见树木,不见森林^①。

在学习物理学时,也应首先注重对基本物理现象、基本概念及基本研究方法的了解。如果对这些基本知识不掌握而陷入具体计算或解题的“题海”中,同样会造成缺乏“物理思想”,也缺乏独立解决物理问题的能力训练。经常听到一些学生讲物理“难学”,或许与这有一定关系。

以下举个例子,看一下定性分析的作用。

一环形导体,半径为 a , 所带总电荷为 Q , 且均匀分布在圆环上。试求在此圆环的轴线上,距环心 O 为 x 的 P 点处电场大小变化,如图 2。

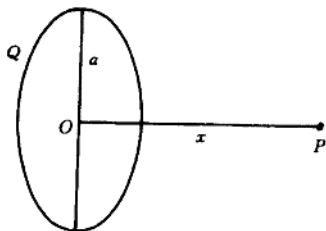


图 2

这个问题不能简单地把圆环上的电量集中于 O 点,用点电荷周围场强公式计算。由于圆环上电量分布均匀,圆环又均匀对称,应该用微元法求解。

设在圆环上截取一小段弧长 Δl , 且 $\Delta l \ll a$ 。 Δl 弧所带电量为: $\Delta q = \frac{Q}{2\pi a} \cdot \Delta l$ 。于是, Δl 弧在 P 点的场强 E_i 如图 3(见下页), 大小为

^① 参见赵凯华:《定性与半定量物理学》,高等教育出版社,1991年10月第1版。