

数量中的科学丛书

奇妙的质量



张九庆/主编



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

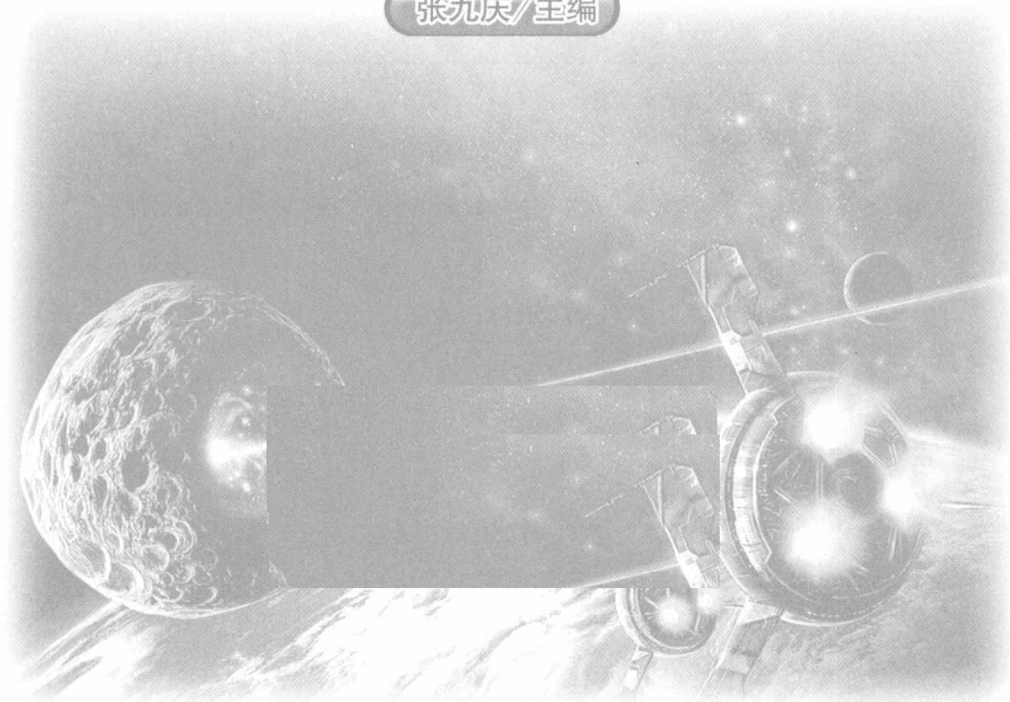
数量中的利



奇妙的质量



张九庆/主编



 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

奇妙的质量/张九庆主编. —北京:北京理工大学出版社,2009. 1
(数量中的科学)

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1676 - 0

I. 奇… II. 张… III. 质量(物理) - 普及读物 IV. O31 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 108475 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 880 毫米 × 1230 毫米 1/32

印 张 / 6.75

彩 插 / 2

字 数 / 125 千字

版 次 / 2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 6000 册

定 价 / 18.00 元

责任校对 / 申玉琴

责任印制 / 李绍英

图书出现印装质量问题,本社负责调换



奇妙的数量

(代总序)

从很小的时候，我们就习惯于通过数量来认识和比较身边的事物，如几辆玩具车的大小和它们运动的快慢；我们几岁了？热不热、冷不冷？等等。我们甚至不曾设想过离开数量的世界会是个什么样子。其实，世界就是世界，它客观地存在着，数量是自我们的祖先起始的人类为了认识、比较和描述世界、为了交流，而采用的方法。然而，数量却真的很神奇，没有数量的世界连在一起，难解难拆；一用上数量，世界便清晰起来了。好像我们学会使用的数量越多，世界便越清晰了。科学家们也通过数量来描述自然界中的各种物质的性质和状态，如宇宙的尺度、元素的半衰期、电子的质量、大气的温度……

在这里，我们先以人体为例，来粗略地游览一下科学中的各种奇妙数量。

我们的生命来自于父亲的精子与母亲的卵子结合而成的受精卵。受精卵到8周之后，胎儿性别确定；24周后，





胎儿长成成人形；280天后，胎儿成熟，我们来到这个世界。孔子曾用时间叙述自己一生的经历与感悟：“吾十有五而志于学，三十而立，四十而不惑，五十而知天命，六十而耳顺，七十而从心所欲不逾矩。”

刚出生时，我们的平均身高是 50 cm，平均体重是 3.5 kg。随着生命的成长，我们的身高和体重都会逐渐发生变化，直到长大成人。男性的平均身高大约为 175 cm，平均体重约为 75 kg；女性的相应数值要比男性的数值小一些。有些个头很高的人身高可能超过 2.3 m，个头矮的人身高可能不到 1.3 m；肥胖的人体重可能超过 300 kg，瘦削的人体重可能只有 30 kg。在科学上，人的身体过高过矮或过重过轻都可能是某种病变或基因功能紊乱所致。

一生中，我们每个人的体温都基本保持 $36 - 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 不变，因为我们是恒温动物，这既区别于两栖、爬行类动物越冬时的低体温，也区别于禽类的高体温，除非我们得了病，例如高烧时体温会达到 $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

日常生活中，我们平均每人每天身体所需要的水量为 2 500 ml 即 139 摩尔的水，平均每天大约消耗 8 000 J 的热量。如果每天摄入的热量过多，会导致肥胖。除了水分和热量，我们的身体还需要补充足够数量的维生素和微量元素。

在晚上，如果我们使用 40 W 的白炽灯照明，流过这只灯泡的电流不到 0.2 A，所产生的光通量为每平方米 2 600 cd。到了深夜，我们安然入睡，周围的声音不超过 30 分贝。令人担忧的是，过分炫目的光和嘈杂的声音已成为新的污染，干扰着我们的正常生活。

在自然科学中，量度物质的属性或描述物质的运动状态的各种数量值，叫做物理量；如长度、质量、时间、温度、速度、密度等等。在很长一段时间里，计量这些物理量的标准是区域性的，而且以我们直接接触到的事物为依据。例如，长度用人的手臂或者脚步来丈量，时间根据日月星辰的变化来计算，重量用人或动物的载重来测量。随着生产和科学技术的发展及人与人之间交流的增加，物理量及其计量标准的统一得以实现。

然而，数量的使用真的是越多越好吗？过多使用的数量真的使我们的科学更清晰了吗？不是。数量太多了也不行，会使各种计量发生混乱，而且也不利于对规律的发现。目前，国际上确定了7个基本物理量和它们的基本单位，这就是：长度（米，m）；质量（千克，Kg）；时间（秒，s）；电流（安培，A）；热力学温度（开尔文，K）；物质的量（摩尔，mol）；发光强度（坎德拉，cd）。每一个物理量都有科学上的标准定义。其他的物理量都是按照它们的定义由基本物理量组合而成的，称为导出量，例如：速度（米/秒，m/s）；体积（立方米， m^3 ）；密度（千克/立方米， kg/m^3 ）；力（牛顿， $N = kg \cdot m/s^2$ ）；压强（帕， N/m^2 ）；能量（焦耳， $J = N \cdot m$ ）；功率（ $W = J/s$ ）；电势（伏特， W/A ）……

“数量中的科学”这套丛书，以与我们普通人关系密切、在日常生活中常用到和体会到，或靠日常经验能够比较好地理解为标准，选择四个基本量——长度、质量、时间、温度为主题，通过对自然科学中大到宇宙星系、小到





亚原子粒子的各种事物所涉及到的数量及其相关知识进行描述，形成了《奇妙的长度》、《奇妙的质量》、《奇妙的时间》、《奇妙的温度》这样4本书。

大千世界，如果不加选择，我们就会淹没在数量的海洋中。本套丛书对所纳入的数量的选择，首先考虑的是这个数量的典型性或特殊性，关注这个数量所能涵盖的科学知识及所涉及的科学事件、人物和最新的科学进展。这样，对一个数量的描述便拓宽到整个科技领域；不仅关注孤立的量值，而且涉及与这个数量相关的一系列知识，一个数值有时是一个数值群。这样，我们对科学的介绍就不再只是枯燥的数据和单调的知识，而是使科学有了历史的烙印和动态的色彩，使数量具有了故事性和趣味性。不仅如此，我们在关注科学层面的量值的同时，也适当地介绍一些社会、经济等层面的相关知识，而且辅以相应的插图（照片、图画和表格），使这些科学数量变得丰富、生动和简洁。在我们这个读图的时代，恰当和精美的插图能够提供媲美文字的信息量。

英国诗人布莱克有诗云：“一沙一世界，一花一天堂；掌中握无限，瞬间成永恒。”说的是从一个具体的事物出发，我们就可以把握变化无穷的时空。但是，对事物的全面认识还是需要系统的科学知识。

这套丛书力图为读者认识自然界、认识科学提供一条路径、一种方法，或者一个视角。如果在阅读完相关数量的知识和故事之后，能激发读者进一步探索世界，甚至投身科学的兴趣，编者的目的也就达到了。



什么是质量？

让我们从几个成语说起。说一个人小心眼，可以用“斤斤计较”；说一个人认真细致，可以用“锱铢必较”；说两个人彼此相当，可以用“半斤八两”；描写形势非常危急，我们会用“一发千钧”；描写威力无法阻挡，会用“雷霆万钧”；描写点点滴滴地积累，会用“铢积寸累”。

这些成语中的“铢”、“锱”、“两”、“斤”、“钧”都是中国古代的重量单位。其中，1 锱为 1 两的 $\frac{1}{4}$ ；1 铢为 1 两的 $\frac{1}{24}$ ；1 两为 1 斤的 $\frac{1}{16}$ ；1 钧为 30 斤。要特别说明的是，古代的 1 斤并不等于现在的 1 斤，至于它究竟是多少，各个朝代也不统一。

还记得曹冲称象的故事吗？因为大象是一个无法拆卸的庞大物体，当时又没有可以称量大物体的衡器，曹冲让人把大象和石头分两次装到船上，让船的两次沉水深度相同。根据浮力原理，大象和石头排开水的体积相同，水对船的浮力也就相同。通过称量石头，就间接获得了大象的





重量。单就测量物体重量而言，曹冲也称得上是一个科学家了。这种通过测量其他力来间接测量物体重量的方法比比皆是。

重量是一种力，在某一参考系中，这种力能使一种物体获得的加速度等于当地的自由落体加速度。在地球上，重量等于质量乘上重力加速度，也就是重力，其物理单位是牛顿。由于在地面时重力加速度的值接近于1，所以在地面时，重量约等于质量。当我们说某个物体的重量是多少千克或者公斤的时候，是一种用重量表示质量的习惯，在科学上并不严谨。所以尽管在日常用语中，重量比质量更常用，但在科学上，要使用质量这一词语。

我们把物体中含有物质的多少定义为质量。质量是物体的固有属性，不随物体的形状、位置、状态和温度的改变而改变。不过，当爱因斯坦用广义相对论把质量与速度联系起来的时候，质量是随着速度的增加而增加的，只是这种增加在低速时可以忽略不计。所以，物体的质量不变只是低速状态下的结论。

质量是物体惯性大小的量度。物体具有保持原有运动状态的属性，即惯性。物体质量越大，惯性也越大。同时，质量也是物体之间引力大小的量度。质量越大，物体的引力也越大。

测量一个物体的质量的方法很多，如用天平测定物体的质量；用弹簧称测定物体的质量；用质谱仪测定带电粒子的质量；用万有引力定律计算天体的质量；用理想气体方程测量气体的质量；用油膜法测定物质分子的质量；等

等。其适用范围各不相同，准确率也相去甚远。

质量的国际单位是千克 (kg)，它的基准来源于国际千克原器（见本书内文），这是所有7个物理基本量定义中最简单的。国际千克原器是保存于国际计量局的一个铂铱合金（90%的铂和10%的铱）圆柱体，其直径和高都是39 mm。

各个国家表示质量的其他单位还有很多，如“长吨”、“短吨”、“磅”、“斤”等，它们和千克都存在着对应的换算关系。

我们周围的一切物体都有自己的质量，在“重如泰山”之外有质量更大的物体，如太阳系的各个行星；在“轻如鸿毛”之外有质量更小的物体，如亚原子世界的各种粒子。

本书将在我们所知的质量最大与最小的物体之间，依照数量级的变化，选择近百个不同物体的质量，例如地球的质量、人类见到的最大陨石的质量、美国第一台电子计算机的质量、广岛爆炸的原子弹的质量、人脑的质量、蒲公英种子的质量、巴基球分子的质量、质子的质量、中子的质量、电子的质量等等，介绍隐藏在这些质量之后的科学知识、人物、故事及其对我们人类社会的影响。





目 录

- 10^{41} 千克 人类发现的第一个完全由暗物质构成的星系
 VIRGOHI21 的质量 / 1
- 3.1×10^{31} 千克 已知的最大的恒星黑洞的质量 / 5
- 1.989×10^{30} 千克 太阳的质量 / 9
- 5.972×10^{24} 千克 地球的最新质量 / 12
- 6×10^{18} 千克 地球大气的总质量 / 15
- 3 亿吨 世界各大洋锰结核的总储藏量 / 18
- 100 亿吨 月球两极地区可能蕴藏的水量 / 21
- 100 亿吨 中国南海北部陆坡可燃冰远景资源量的石油
 当量 / 24
- 5 亿吨 月球氦 3 资源量 / 27
- 4 亿吨 每年由大气进入地球土壤中的氮量 / 30
- 2 500 万吨 加拉帕戈斯海底金属热液矿总储量 / 33
- 1 000 万吨 美国第一颗氢弹爆炸当量 / 36
- 330 万吨 林尼尔彗星所含水的量 / 39





- 56.5 万吨 世界上最大船舶的排水量 / 42
- 2 万吨 美国第一颗原子弹爆炸当量 / 45
- 7 000 吨 世界上正在建造的最大的粒子物理探测器
ATLAS 的质量 / 48
- 6 000 吨 19 世纪最大的风帆战船排水量 / 51
- 2 000 吨 航天飞机起飞时全部质量 / 54
- 1 400 吨 世界上第一座核反应堆的质量 / 57
- 600 吨 世界最大的载货卡车载质量 / 60
- 30 吨 第一台电子计算机质量 / 63
- 12.0 吨 中国杂交水稻每公顷产量 / 66
- 12 吨 美国新一代载人登月航天器的质量 / 69
- 8 吨 居里夫妇提炼镭耗费的沥青铀矿量 / 72
- 7 吨 美国 X-45C 型无人战斗机的质量 / 75
- 5.4 吨 新一代詹姆斯·韦伯望远镜的质量 / 78
- 5 吨 第一台商用超级计算机的质量 / 81
- 3.1 吨 “引力探测器 B” 飞船的质量 / 84
- 3 吨 欧洲“罗塞塔号”彗星探测飞船的质量 / 87
- 2 吨 世界上第一架私人航天飞机“太空船 1 号”的
质量 / 90
- 1 770 千克 人类见到的最大陨石质量 / 93
- 1.5 吨 一座发电量为 100 万千瓦的核电厂每年消耗的
核燃料质量 / 96
- 1 吨 1831 年制成的强电磁铁能吸起铁的质量 / 99
- 668 千克 “科洛特号”日外行星探测飞船的质量 / 102
- 381 千克 “阿波罗号”航天员带回的月球岩石

土壤样品量 / 105

214 千克 19 世纪在澳大利亚发现的最大天然金块
的质量 / 108

180 千克 美国“勇气”号火星车的质量 / 111

100 千克 俄罗斯太阳帆飞船“宇宙 1 号”的质量 / 114

83.6 千克 世界第一颗人造地球卫星的质量 / 117

48 千克 美国“神剑”155 毫米 GPS 制导炮弹的
质量 / 120

2.7 千克 克隆羊多莉所产羊羔质量 / 123

1.4 千克 人类大脑的质量 / 126

1 千克 国际质量单位 / 129

0.9 千克 每个人每昼夜呼出二氧化碳的量 / 132

11.5 克 “微蝙蝠”电动扑翼飞行器的质量 / 135

2 克 世界上最小鸟的体重 / 138

2 克 智能电子商品标签的质量 / 141

0.2 克 最小蜘蛛体重 / 144

0.1 克 世界最轻原木每立方厘米的质量 / 147

150 微克 ($1.5 \times 10^{-4} \text{g}$) 成人每天碘摄入量 / 150

5 微克 ($5 \times 10^{-6} \text{g}$) 新生儿每针乙肝疫苗的免疫
剂量 / 153

1 纳克 ($1 \times 10^{-9} \text{g}$) 对违禁药物进行尿检的
精度 / 156

1 皮克 ($1 \times 10^{-12} \text{g}$) 每人每天千克人体二恶英限制
摄入量 / 159

9.5 飞克 ($9.5 \times 10^{-15} \text{g}$) 牛痘病毒质量 / 162





1 阿克 ($1 \times 10^{-18} \text{g}$) 目前纳电子机械系统测量精度 / 165

$3 \times 10^{-22} \text{克}$ 顶夸克质量 / 168

$2 \times 10^{-22} \text{克}$ 理论上的希格斯玻色子质量 / 171

$2.99 \times 10^{-23} \text{克}$ 水分子的质量 / 174

$2.66 \times 10^{-24} \text{克}$ 氧原子平均质量 / 177

$6.70 \times 10^{-24} \text{克}$ 氮原子平均质量 / 180

$1.67 \times 10^{-24} \text{克}$ 氢原子平均质量 / 183

$1.67 \times 10^{-24} \text{克}$ 原子质量单位 / 186

$1.67 \times 10^{-24} \text{克}$ 质子质量 / 189

$3.57 \times 10^{-25} \text{克}$ 一个铀 235 原子核裂变前后的“质量亏损” / 192

$9.10 \times 10^{-28} \text{克}$ 电子质量 / 195

10^{-33}克 电子中微子的质量 / 198

10^{41} 千克 人类发现的第一个 完全由暗物质构成的星系 VIRGOHI21 的质量

茫茫宇宙中，天体之间相互作用，各自进行着各种各样的轨道运动。科学家可以根据已知的天体力学理论，通过周围天体的质量和特点来解释大部分天体运动的规律，但也有一些运动却找不到与可能产生这种运动的作用相对应的天体。难道在宇宙中有一种我们看不见的东西在暗地里影响恒星的运动吗？

20 世纪 30 年代初，荷兰天文学家奥尔特首次提出，为了说明恒星的运动，需要假定在银河系中存在与发光物质几乎同等数量的我们看不见的暗物质。美国加州理工学院科学家兹威基推测，后发座星系团内可能蕴藏着大团不

奇妙
的
质
量





发光的暗物质。虽然我们无法直接观测到暗物质，但能够根据它们对其他可见天体发出的光和引力的干扰间接证明它们的存在。不过，许多人并不相信兹威基的说法，更多的则是半信半疑。直到1978年，美国普林斯顿大学的天文学家提出了一个更令人信服的证据，即根据旋涡星系M31（也称“仙女星系”）外旋臂的转动速度揭示出暗物质的存在。

2000年，美国天文学家发现了“暗星系”VIRGO-HI21。该暗星系中不包含任何普通天体，是完全由纯暗物质构成的星系，质量约为 10^{41} kg，相当于太阳的10亿倍。它距离我们约5 000万光年，如果是普通星系的话，只需用普通望远镜就可以观测到。

2003年，一个国际联合科研小组利用哈勃太空望远镜对距离地球45亿光年的CL0024 + 1654星系团进行观测，推算出这个范围达2 000万光年的星系团中质量及暗物质的分布情况，成功绘制出第一幅详细的星系团暗物质分布图。

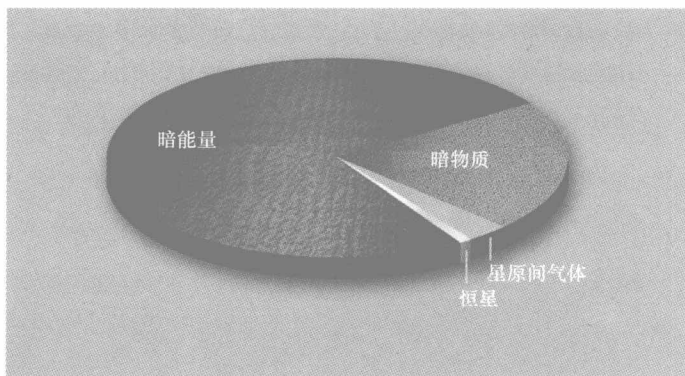
根据现代宇宙学理论，所有星系都是由宇宙早期的气体由于引力的作用凝聚而成的。科学家们在对可观测到的宇宙物质总量进行仔细计算后发现，这些物质的质量太少了，它们之间的引力远不足以形成今天如此众多的可见星系和宇宙的膨胀速度；除非将暗物质考虑在内。也就是说，由暗物质率先形成团块结构，然后在暗物质团块引力的帮助下，气体才可能形成恒星和星系。

科学家根据大爆炸的暴涨模型以及近年来对宇宙微波

背景辐射的研究，推算出整个宇宙范围内的平均物质密度大约为 $5 \times 10^{-27} \text{ kg/m}^3$ ，而目前观测到的宇宙中的恒星等物质总量只相当于这一物质密度的 0.4%，即使加上星系中的气体也只相当于这一密度的 4% 左右，其余 23% 都是暗物质。另外仍有 73% 的不明短缺物质，科学家们称之为“暗能量”，其基本特征是具有负压强，在宇宙空间中几乎均匀分布。

中微子是一种公认的热暗物质，它们来无影，去无踪，穿行于宇宙各处。虽然单个中微子的质量很小，几乎等于零，但科学家发现在每立方米的空间内约有 360 亿个中微子，因而它们的总质量要比所有已知星系质量的总和还要大，但中微子也只是暗物质中的极小部分。

暗物质与暗能量是目前宇宙学研究的重大前沿课题，科学家对这类新型物质的探索才刚刚开始。



- 目前观测到的恒星等天体物质只相当于宇宙中物质总量的 0.4%，即使加上星系中的气体也只有 4% 左右，其余 23% 是暗物质，另外 73% 是暗能量。

