

宇宙的四十二级台阶

● 《科学美国人》丛书

● [美] P·莫里森 著



YUZHOU DE SISHIERJI TAIJIE



文献出版社

0110896

GF22/14

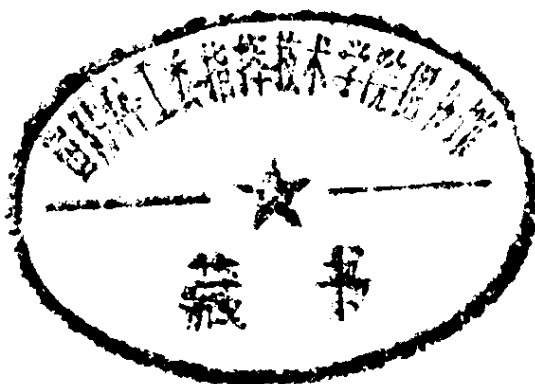


《科学美国人》丛书

宇宙的四十二级台阶

P·莫里森 著

李泽清 编译



科学技术文献出版社

1988

内 容 简 介

本书是根据“科学美国人丛书”的第一册编译的。它以宇宙中各种尺寸大小的物理实体的图片为主，融合了宇宙学、天文学、物理学、化学、生物学、历史、地理等各学科的知识，将视野从宇宙的宏观领域收敛到原子的微观领域，构成了一幅完美的宇宙图象。

该书通俗易懂，图文并茂，适合具有高中以上文化程度的读者阅读。

Powers of ten, About the Relative size of Things in the Universe

P. Morrison

Published by Scientific American

Books, Inc, 1982

《科学美国人》丛书

宇宙的四十二级台阶

[美]P·莫里森 著

李泽清 编译

科学技术文献出版社出版

北京京辉印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行 各地新华书店经售

★

787×1092毫米 32开本 5.375印张 118千字

1988年12月北京第一版第一次印刷

印数：1—2500册

科技新书目：181—094

ISBN 7-5023-0679-X/N·6

定价：1.80元

前 言

本书是根据“科学美国人丛书”的第一册编译的。这套丛书是供美国一般读者阅读的科学丛书。这套丛书的内容适合于我国大、中学生，部分中、小学老师，具有中等文化水平的广大读者阅读。

原书的书名叫做《十的方次：宇宙万物相对大小》(Powers of Ten, About the Relative Size of Things in the Universe)。原书是根据同名的一部九分半钟科普电影改编的。因此原书的主体是直接取自电影的四十二幅17厘米×17厘米的彩色大照片，相邻两张照片之间，边长相差十倍。对每幅彩色照片，再配以相应的图片和文字说明。前面附有一篇短文，后面附有注解。这是一本图文并茂，以图为主，大至星系、类星体，顺次经过恒星、彗星、行星、湖泊、公园、指印、小动物、细胞、有机分子、小至原子、夸克，按物理尺寸的大小为次序，把宇宙学、天文学、物理学、化学、生物学、历史、地理，各学科的研究对象融为一体，组成一个完整的宇宙图象，是一本独具特色的科普著作。

在我国要翻译出版一本科普书籍，首先价格不能太高，加上一些技术上的原因，对四十二幅彩色大图片，只好忍痛割爱。为了把原书主要内容包含在内，文字上就需要作较多改动，因此只得采取编译办法，并把书名改为《宇宙的四十二级台阶》，以便较为形象直观，如再加上一个副标题：从

巨大的天体到微小的粒子，这样就比较明确地说明了本书所包含的内容。

编译这样一本书，本来可以加上具有我国特色的一些照片或图片，这样读者可能会感到更加亲切。遗憾的是本书尚未做到这一点，这是一个缺陷，但读者通过自己的努力，把收集到的各种图片安排在相应的地方，可以相映成趣。读者不妨一试。

这套《科学美国人》丛书，除本书外，即将出版的还有《活细胞导游》、《从有序到混沌——介绍热力学第二定律》、《亚原子粒子的发现》等。

由于本书涉及的知识面甚广，难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编译者

一九八六年元旦

目 录

前言

用心和眼旅行的规则.....(1)

十的方次：如何书写大数和小数.....(8)

一些常用的长度单位.....(11)

到宇宙中去旅行.....(15)

观察世界——随笔(131)

年表(159)

用心和眼旅行的规则

到宇宙中去旅行，这是人人都有的美好愿望。但是真正坐上宇宙飞船到太空去旅行的人，毕竟是屈指可数的。

现在让我们到宇宙中去作一次独特的旅行——用心和眼的旅行。我们不仅要遨遊太空，还要深入到肉眼不可及的原子核内部。人们都乐于并可以参加这样一次旅行，我们愿意为你当向导。

在这样一次旅行中，你将看到绚丽多采的宇宙，看到宇宙万物如何随着尺寸大小的变化而改变其性质。人们只要参加这样一次旅行，都会获益非浅。如果你是一位中学生，通过这样一次旅行，在你眼前会展开一幅奇妙的画面，在知识宫里浏览一番，唤起你对科学的憧憬；如果你是一位大学生，通过这样一次旅行，就会知道宇宙有几多紧锁着的奥秘等待你们去探索；如果你是一位年青的科学工作者，通过这样一次旅行，将会更清楚地了解你所从事的研究工作和其他研究工作之间的关系，可以使你在科学研究的战场上纵横驰骋；如果你是一位中、小学教师，通过这样一次旅行，不但会丰富你的近代科学知识，而且在你组织学生开展课外兴趣小组活动时，可以提高学生的广泛兴趣和增强活动的效果；如果你是一位家长，和你的子女携手旅行，对于开发子女的智力也会收获不小。

按大于，我们可以把宇宙分成四十二级台阶。为了用心和眼作这样一次旅行，让我们宣布几条规则，并作一些说明。



图 1

规则1：旅行者沿着一条直线运动，决不离开这条直线。



图 2

规则2：直线的一端在最遥远的黑暗空间的深处，而另一端在地球上（在北京，在上海或者在你旅行的出发点）明亮阳光下站立不动的一个人皮肤里面的一个碳原子中。



图 3

规则3：在旅行时，宇宙的每级台阶用一个正方形图表示，我们的视野应当想象为向着碳原子的中心看去，随着旅行者离地球越来越远，视野将包含越来越广的景象。因为旅行总是沿着直线，代表宇宙每级台阶的正方形图包含了与碳原子核之间的所有正方形图。再者，不管你能否看见，这个碳原子核总是在每个正方形图形的最中心。



图 4

规则4:虽然所有景象都是向着碳原子这样一个方向去看,但是旅行者可以从宇宙的任一台阶出发,两个方向随意挑选,既可以向内朝着碳原子方向前进,也可以向外朝着星系方向前进。



图 5

规则5:观察点之间的距离尺度需要仔细选择。如果我们把前进步伐等分,就会发生两个问题。因为我们要研究大到几十亿光年以上的宇宙,如果平均分成四十二级台阶,每个台阶就不得不过分大——每个台阶差不多都是五千万光年见方的正方形图。这样一来,我们旅行时,第一步就远远跨出了地球,立即达到了星系的范围。如果我们试图用比较小的步伐,例如每步为一米,那么我们就要走很多步,如果每一步用一页书的画面来表示,这本书就必须非常厚,总共需要10,000,000,000,000,000,000,000,000页!而且看到的还只是一米以上的宇宙景象。



图 6

我们可以选择一类特殊的有规则的步伐,在旅行时步伐大小是变化的:按几何级数的步伐前进。在这种情形下,每一步乘以固定一个数就给出下一步的大小;旅行者在原子附

近时,可以采取微小的与原子大小可比拟的步伐,在穿过地球时采取巨大的步伐,而在行星、恒星、星系范围内分别采取相应的行星步伐,恒星步伐和星系步伐。

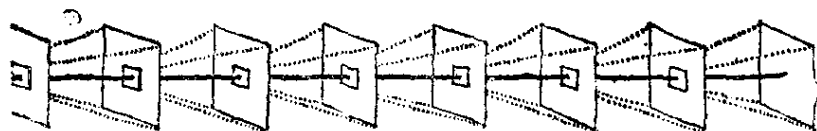


图 7

规则6: 在我们的旅行中放大倍数是十,每个台阶大小变化十倍,沿途看到的视野也变化十倍。每个台阶正方形画面的边长与其相邻台阶相比增大十倍或缩小十倍。沿两个方向,每改变一个台阶都会发现新的信息:向外,由于看到更广阔的图象而出现新鲜事物;向内,由于图象的放大,就可以分辨得更详细。它们之间的关系是这样确定的,如果在某一个台阶的正方形画面中,用十分之一边长画一个小正方形,那么向内到下一个台阶,这个小正方形就扩展成整个正方形画面。图7很清楚地说明了这一点。

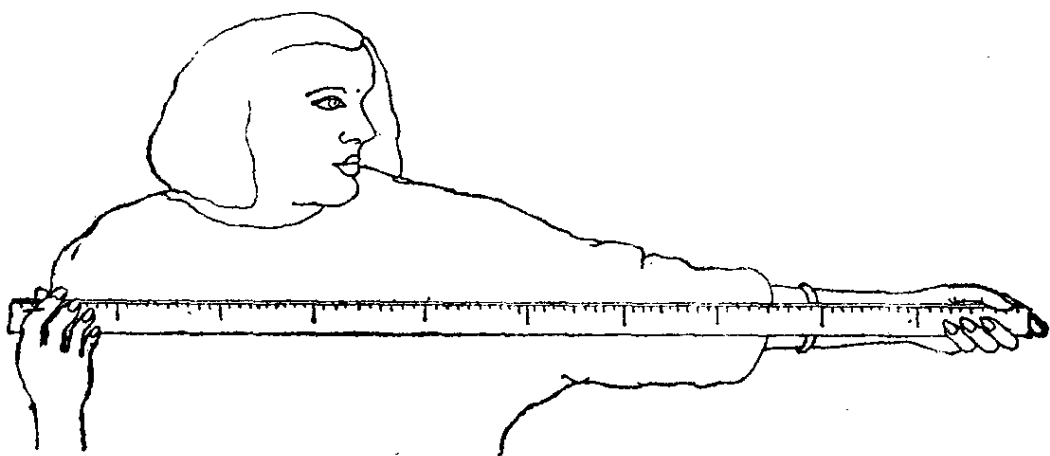


图 8

规则7: 在我们旅行中使用的基本单位是米,大约是一个手臂之长度。在我们旅行中扩大或缩小的倍数都取为十

倍，这是因为我们习惯于使用公制测量系统，习惯于十个数的十进制和小数点。对于我们的目的来说，十倍是一个很合适的倍数。每一个新图象都揭示出更多的新东西，但是中心区域仍然保留，只不过面积只有原来的百分之一。经过很多个台阶以后，每次尺寸都减少到原来尺寸的十分之一，那时，我们看到令人惊奇的结果：打开了非常小的内部世界。请注意这种图象中的一些伴生情况：一个物体大小改变十倍——人们常说一个数量级，在我们这种情况下，每差一个台阶，大小就差一个数量级。差两个台阶就差两个数量级，或者变化一百倍。差三个台阶，大小就变化三个数量级，也就是变化一千倍。不管你是从哪一个台阶开始，或者是向哪一个方向前进，都是如此。当你向内走，每走一步，画面的大小就去掉十分之九的边长，只剩下在原子中心的十分之一边长：这就非常类似于希腊的一个神话，有一个飞毛腿，名叫阿基里斯，有一次和一只龟赛跑。龟在阿基里斯前面一小段距离，问阿基里斯什么时候可以追上龟，答案是永远追不上。因为当他追上龟的出发位置时，龟已经向前爬行了一小段距离，他追上龟的第二次出发位置时，龟又向前爬行了一小段距离，因此总是追不上。在直线上的旅行者也是如此，每次画面长度缩短十分之九，画面变成原来的百分之一大小，但是决不会达到他的最终目标。

当一个数自己乘自己若干次，这样得到的结果叫做这个数的多少次方。我们旅行中前进的各台阶是10的方次，在每个台阶以10为方次所表示的米数，代表了我们旅行到这个台阶所看到的正方形画面的边长。每前进一个台阶，边长缩短成原来的十分之一，画面的这种边长对于我们用来估计所看到的任何物体的真实尺寸提供了很方便的尺度。

我们旅行的终点并不是任意的。最高一级台阶，我们是这样来确定的，如果我们再往上走，我们不能看到新的空间结构；最低一级台阶，尽可能接近目前知识所允许给出的目标。这样我们这次旅行，最多能到达四十二级台阶。随着我们知识的增多，对宇宙的日益深入了解，以后的旅行者也许会到达更多的台阶。

旅行的路线也不是任意选取的一条直线。最外端那部分必须是具有代表性的空间，在星系之间的外部没有很多选择余地，但是为了使旅途新奇有趣，内端置于何处必须小心选择。在规则 2 中我们已经把直线内端选在地球上一个人皮肤内脱氧核糖核酸（英文缩写为 DNA）内的一个碳原子中，这是因为脱氧核糖核酸是最重要的有机分子，而碳原子是生物学中最有意义的原子。我们的旅行路线从地球表面垂直向上，这样在直线上可以鸟瞰大城市的景象，以及与城市毗邻的湖岸或海岸。何年何月何日出发旅行，可以选择这样的日子，使得这条直线不仅垂直地离开地球，而且也垂直穿过我们银河系的扁平的银盘。每个图象可以看作是一个空间体积，这时具有的特殊形状是一个以正方形为底的棱锥体（更



图 9

形象地说是如图 9 所示的一个方形金字塔），金字塔形状的体积越来越小，一个套着一个。我们站在金字塔的塔尖往下

看，当构成金字塔的底还局限于地球上时，我们看到的图象不能超出地面的范围。当金字塔越来越大，一旦站在金字塔的塔尖，看到的地球变成漂浮在空间的一个球体时，我们透过地球也就可以看到遥远的星空，看到的景象正是与出发地点相对的、地球另一端观察者所看到的夜空中那些闪烁的星星。最后，我们用心和眼的旅行并不象真正旅行那样，不同时间到达不同台阶。恰恰相反，所看到的各个台阶的图象，全都是相对于同一个时刻。如果我们真的要作实际旅行，那么就会受到很大限制，因为任何物体运动的速度都不能超过光速，这样在固定时刻，我们就不可能跨越越来越大的步伐。这样大的速度甚至连时间的测量都会被扭曲，我们依靠光束观看到的东西，就会变得奇形怪状。我们旅行时作这样一种约定：所有照片中的图象都是同一个时间拍摄的，这就要和一个精明能干的观察者商量好，什么时候并且如何准备好这些照片。这就是说要同步协作，在一个物理空间，以合适的比例尺度同时准备好所有图象。

十的方次：如何书写大数和小数

为了旅行方便起见，在这里我们介绍一下十的方次：如何书写大数或小数，并熟记这些规则。我们使用的记号是用10自乘多少次来得到所要的数。例如 10×10 等于 10^2 ，或者说100；而10自乘三次，即 $10 \times 10 \times 10$ 等于 10^3 ，或者说1000。自乘的次数叫10的方次： 10^3 读做“10的3次方”，另外一种说法是一千。在这种情形下，写成10的方次并没有什么优越性。但是一个很大的数，例如写成 10^{14} 或说10的14次方，比写成100,000,000,000,000 或说一百万亿就容易得多，也清楚得多。10的右上角这个数字14，叫做指数。

10的正方次很容易理解， 10^4 、 10^7 、 10^{19} 意义都类似，容易抓住其含义。但是负方次，例如 10^{-2} 或 10^{-5} 就是另外一回事了。刚才我们说过，10的方次代表自乘的数目，那么指数为-5（10的负5次方）究竟代表什么意思呢？负方次代表被10除的次数， 10^{-1} 等于1被10除1次，或者说0.1（十分之一）； 10^{-2} 是1被10除2次，等于0.01（百分之一）。因为指数加1，等于乘以10，与此相吻合，指数减1，等价于除以10，这种运算是非常简单的，只不过适当加零就可以了。乘以10，等于在末位简单地加上一个0，即 $100 \times 10 = 1000$ ，除以10，就等于在小数点后面加上一个零， $0.01 \div 10$ 就等于0.001。利用方次这种记号，就会使这种运算更加清楚。

那么 10^0 代表什么呢？这似乎是一个很奇怪的数，不大

好理解。但是根据我们刚才讲的规则， 10^0 等于 10^1 （即10）除以10，或者是 10^{-1} （即0.1）乘以10，因此 10^0 就等于1。

我们已经知道10的任何方次扩大10倍就等于在指数上加1（例如， $10^4 \times 10 = 10^{4+1} = 10^5$ ），依此类推，马上可得出：任何方次乘以100，等于指数上加2（例如， $10^3 \times 100 = 10^{3+2} = 10^5$ ，或者 $1,000 \times 100 = 100,000$ ）。总之，10的某一方次乘以10的另一方次的数，结果就等于把它们的指数简单加起来（例如， $10^6 \times 10^3 = 10^{6+3} = 10^9$ ），而相除就等于指数相减（如 $10^7 \div 10^5 = 10^{7-5} = 10^2$ ）。

英文词头	符号	中文名称	数值
atto—	a	阿; 渺; 毫尘; 微微微	10^{-18}
femto—	f	飞; 尘; 毫沙; 毫微微	10^{-15}
pico—	p	皮; 沙; 毫纤; 微微	10^{-12}
nano—	n	纳; 纤; 毫微	10^{-9}
micro—	μ	微	10^{-6}
milli—	m	毫	10^{-3}
centi—	c	厘	10^{-2}
deci—	d	分	10^{-1}
unit		(单位)	10^0
deka— (deca—)	da	十	10^1
hecto—	h	百	10^2
kilo—	k	千	10^3
mega—	M	兆	10^6
giga—	G	吉; 京; 千兆	10^9
tera—	T	太; 垓; 千京; 兆兆	10^{12}
peta—	P	拍; 秭	10^{15}
exa—	E	艾; 穰	10^{18}

不单是10的整数方次，如100或10,000可以写成指数形式，所有的数都可以写成指数形式，数4,000写成 4×10^3 ，而186,000写成 1.86×10^5 。这种写法在日常生活中不常碰到，但在科学著作中却经常采用。

这种写法不一定限于10，而是可以扩展到任何数。例如， $2^4 = 2 \times 2 \times 2 \times 2$ （2的4次方）， $12^2 = 12 \times 12$ ，而 $8^{-1} = 1 \div 8$ ，等于八分之一。但是注意： $2^0 = 1$ ， $12^0 = 1$ ， $8^0 = 1$ 。

对数就是从这种图象扩展而来的。

另外，在我们的旅行中还会碰到记号“ $\sim$ ”，这代表“近似”，“大约”之意。

为了便于参考，下面把国际单位中用以表示十进制倍数的英文词头，符号，中文名称，对应的数值列在上表：

中文常用数位

个	10^0
十	10^1
百	10^2
千	10^3
万	10^4
亿	10^8

一些常用的长度单位

在旅行中，我们经常会碰到各种长度单位，在此作一简单介绍。

宇宙距离

秒差距

秒差距是天文学家经常使用的长度单位，它等于 3.1×10^{16} 米，这是由三角形法测量恒星距离时所使用的基本技术得来的。标准视差指的是地球上的观测者随着地球的轨道运动，在六个月期间看到遥远天体的明显的位置移动。秒差距定义为视差为 1 秒的距离，也就是说，在一秒差距的地方，看到地球轨道半径正好是一弧秒。

离太阳最近的已知恒星在一秒差距之外。为了测量更遥远的天体，常用百万秒差距这个更大的单位，它近似等于 3.1×10^{22} 米。

光年

这是星际间常用的长度单位，利用光随时间传播之间的关系来确定的宇宙距离。

在空间中光的传播速度近似为每秒 3×10^8 米；一光年就是光在一年时间所走过的距离，它等于 9.46×10^{15} 米，通常化作整数 10^{16} 米，特别是在衡量宇宙距离时，不大可能知道得非常精确，因此利用这个整数值，不会丧失任何准确性。