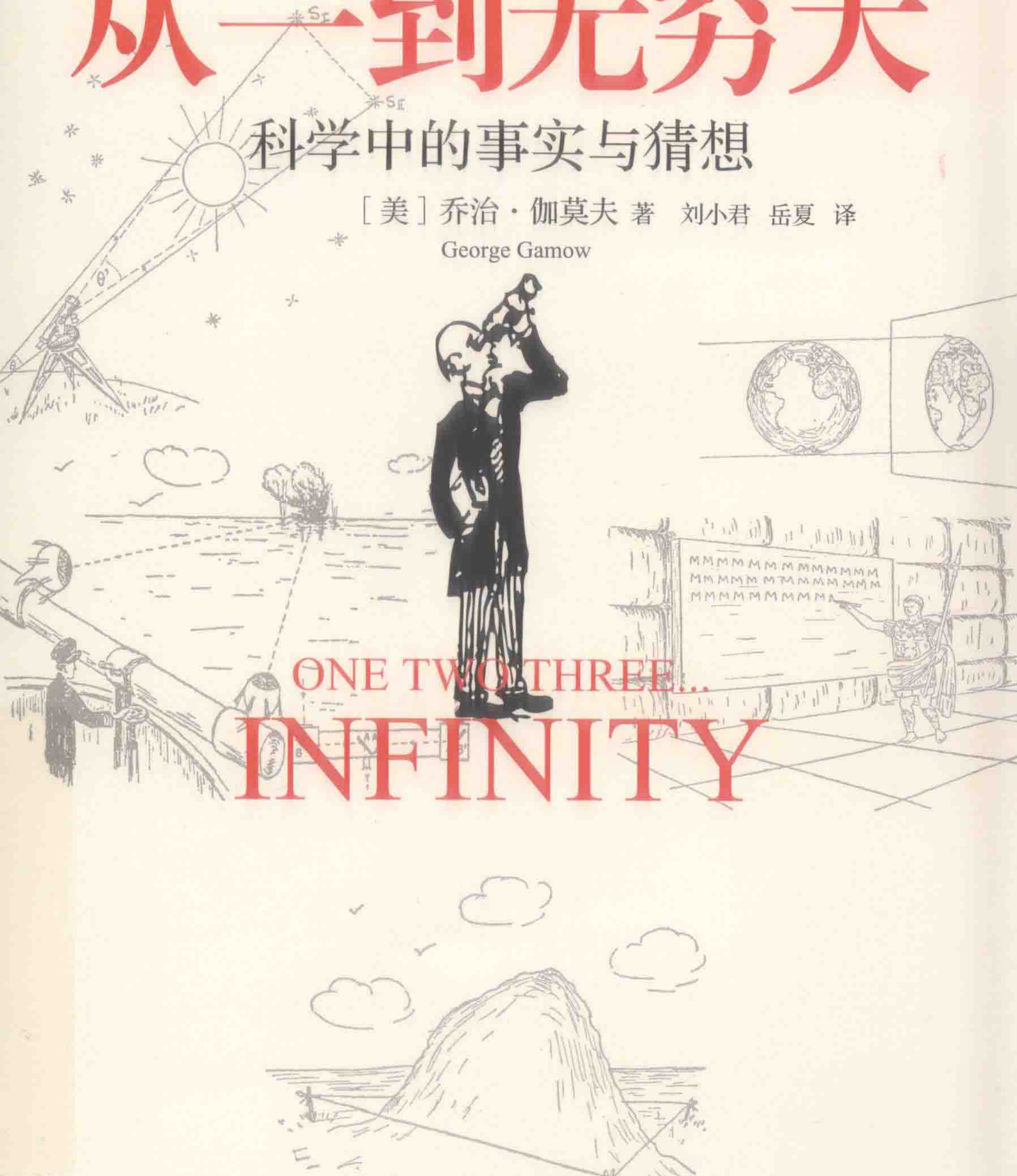
荣获联合国教科文组织卡林伽科普奖

完整精修
珍藏译本

从一到无穷大

科学中的事实与猜想

[美] 乔治·伽莫夫 著　刘小君　岳夏 译
George Gamow



ONE TWO THREE...
INFINITY

文化发展出版社
Cultural Development Press

从一到无穷大

科学中的事实与猜想

［美］乔治·伽莫夫 著　刘小君　岳夏 译
George Gamow

ONE TWO THREE...
INFINITY

文化发展出版社
Cultural Development Press

图书在版编目（CIP）数据

从一到无穷大 /（美）乔治·伽莫夫著 ； 刘小君，岳夏译．— 北京 ：文化发展出版社有限公司，2019.1

ISBN 978-7-5142-2519-8

Ⅰ．①从… Ⅱ．①乔… ②刘… ③岳… Ⅲ．①自然科学—普及读物 Ⅳ．①N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 005231 号

从一到无穷大

作　　者：乔治·伽莫夫

译　　者：刘小君　岳　夏

责任编辑：肖润征

总 策 划：白　丁

产品经理：李　雪

出版发行：文化发展出版社（北京市翠微路 2 号）

网　　址：www.wenhuafazhan.com

经　　销：各地新华书店

印　　刷：三河市冀华印务有限公司

开　　本：787mm×1092mm　1/16

字　　数：255 千字

印　　张：18

版　　次：2019 年 3 月第 1 版　2019 年 3 月第 1 次印刷

I S B N ：978-7-5142-2519-8

定　　价：39.80 元

第一版作者序言

我们要聊一聊原子、恒星和星云，聊聊熵和基因，以及人类能不能使空间弯曲；还有，为什么火箭会缩短。没错，我们将在本书中讨论所有这些话题，以及很多其他同样有趣的问题。

这本书最初是为了搜集现代科学中最有趣的事实和理论而出版的，目的是让读者对如今科学家眼中的宇宙的微观和宏观表现形式有一个大致的了解。在执行这一粗略的计划时，我不想把所有的事情从头到尾讲一遍，因为我知道，这样写出来的只会是一部分为多卷的百科全书。但同时，我所选择的讨论话题也能简要地概述基础科学知识的整个领域，没有未涉及的死角。

本书根据重要性和关注度而不是简易程度选择主题，因此在难易程度上有一定的不均匀性。有一些章节简单到连儿童也能理解，而有一些则需要集中精力，认真研究才能被完全理解。但是，我希望外行读者在阅读这本书时也不会遇到太大的困难。

值得注意的是，这本书的最后一部分讨论了“宏观世界”，比“微观世界”部分要短得多。这主要是因为我已经在《太阳的诞生和死亡》和《地球传》[1]中详细地讨论过了关于宏观世界的很多问题，此处再进行讨论也无非是乏味的

① 这两本书分别于1940年和1941年由纽约的维京出版社出版。

重复。所以，在这一部分中，我仅会对涉及行星、恒星和星云世界中的物理事实和事件以及它们的规律做一般描述，只有在讨论过去几年科学知识的进步所揭示的新问题时，才更详细地论述这些问题的内容和规律。根据这一原则，我特别关注最近的观点，一个是被称为“超新星”的巨大恒星的爆炸是由物理学中已知的最小粒子“中微子”引起的；还有一个是新行星理论，其废除了目前公认的行星起源于太阳与其他恒星碰撞的观点，并重新确立了几乎被遗忘的康德和拉普拉斯的旧观点。

我要向众多艺术家和插图画家表示感谢，他们的作品经过拓扑学转化后（参见第三章第二节）成为本书的许多插图的基础。最重要的是，我的年轻朋友玛丽娜·冯·诺依曼（Marina von Neumann），她声称她比她著名的父亲还要博学，当然，除了数学，在数学上他们一样博学。她阅读了本书的一些章节后，告诉我其中有许多无法理解的章节，我才认识到本书并不像我本来打算的那样适合儿童阅读。

乔治·伽莫夫

1946 年 12 月 1 日

1961年版作者序言

所有关于科学的书籍在出版几年后就很容易过时，尤其是那些正在迅速发展的科学分支。从这个意义上说，我这本13年前首次出版的书——《从一到无穷大》是很幸运的。这本书刚好著于一些重要的科学进展之后，并把这些进展都囊括于文中，因此只需轻微地改动和添补就可以使其切合目前的情况。

其中一项重要进展是通过氢弹爆炸的热核反应成功释放原子能，另一项缓慢但稳定的进展是通过热核过程控制能量释放。由于热核反应的原理及其在天体物理学中的应用在本书第一版的第十一章中有所描述，所以关于人类在实现同一目标方面的进展，只需在第七章末尾增添一些新资料就可以了。

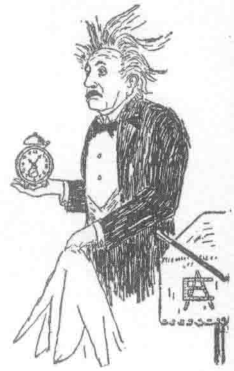
其他的变化还包括将我们宇宙的预计年龄从20亿到30亿年增加到50亿或更多年，以及利用加利福尼亚帕洛玛山上新的200英寸海尔望远镜进行探索后得出的经过修正的宇宙尺度。

生物化学方面也有最新进展，因而有必要重新绘制相关图片并修改与之相关的文本，在第九章末尾也需要添加有关简单生物合成的新资料。

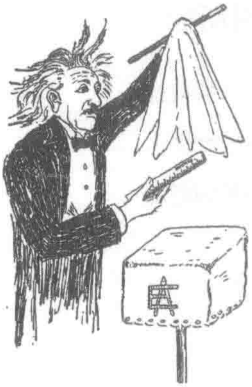
在第一版中我曾写道：“是的，在生命和非生命物质之间确实有一个过渡的阶段，也许在不远的将来，某位有才华的生物化学家能够用普通的化学元素合成病毒分子，那他大可公告天下：‘我刚刚赋予了一片无生命物质以生命！’”没错，几年前，这项工作已经在加利福尼亚被完成了，或者说快完成了，读者可以在第九章的末尾找到相关的简短介绍。

还有一个变化，本书的第一版是献给“我的儿子伊戈尔，他想成为一个牛仔”。我的许多读者写信给我，问我他是否真的成了一个牛仔。答案是否定的，他主修生物学，将于今年夏天毕业，并计划从事遗传学方面的工作。

科罗拉多大学
乔治·伽莫夫
1960 年 11 月



目　录



第一部分

数字游戏

第一章　大数字

1. 你最大能数到多少？

有这样一则故事，两个匈牙利贵族决定玩一个游戏，每人各说一个数字，说出最大数字者赢。

“来吧，”其中一个人说，“你先说你的数字。”

经过好一番的冥思苦想，另一个人终于说出了他所能想到的最大的数字。

“3。”他说。

现在轮到第一个人绞尽脑汁了，但是，他最终还是认输了。

“你赢了。”他承认道。

这两个匈牙利人的知识水平确实不高，并且这个故事也可能只是一种恶意诋毁，并不可信，但是如果将故事的主人公换成两个霍屯督人（Hottentots，非洲部落），那么以上的对话就完全会真实发生。据很多非洲探险家所说，在很多霍屯督部落中，并没有用来表示比 3 大的数字的词汇。若去问一个土著他有多少个儿子或曾手刃过多少敌人，如果该数字大于 3，那么他就会回答“很多”。因此，在数数方面，再凶猛的霍屯督战士也会被已经能够数到 10 的美国幼稚园儿童打败。

现在，大家已经习惯性地认为，我们想写多大的数字就能写多大——无论是以美分来计算军费，还是以英寸丈量星球间的距离——只要在某个数字右边

加上足够多的 0 就可以了。你可以不断地加 0，直到手都酸了，这样不知不觉中就可以写出一个比宇宙中所有原子数量[1]还大的数字，顺便一提，该数量是：

300 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000

或者你也可以写成这种简略形式：3×10^{74}。

其中，位于 10 右上角的 74 表示数字 3 后面有 74 个 0，换句话说，这个数字是用 3 乘上 74 次 10。

但是，古人们并不知道这种“简明算术”系统。实际上，这种由某不具名的印度数学家发明的表示方法存在了还不到两千年。在他的伟大发明之前——虽然通常我们并没有意识到这一点，但这的确是一项伟大的发明——人们用十进制来计数，每位数都用一个特殊符号来表示，该位数上是几，就将其代表符号重复几遍。例如，古代埃及人是这样记录 8732 的：

而恺撒政府里的书记官则会以这种形式来表示：

MMMMMMMMDCCXXXII

后面的记号对大家来说应该很熟悉，因为罗马数字至今还不时地能派上用场——或者用于表示书籍的册数或章节数，或者用在宏伟的纪念碑上以表示某一历史事件的日期。然而，由于古人对于计数的需求不会超过几千，因此也没有用来表示更高位数的符号，所以，如果一个古罗马人被要求写出“一百万”，哪怕受到过最好的算术训练，他也会感到十分为难。为了达到这个要求，他所能想到的最好方法就是一连写上 1000 个 M，这可够他忙碌几个小时的了。

对于古人来说，天上有多少星星、海里有多少条游鱼和沙滩上有多少颗沙粒这样巨大的数字都是“不可计算的”，就像对霍屯督人来说 5 也是“不可计算的”，因而只能用“很多”来表示一样。

---

① 以目前最大的望远镜所能达到的范围来计算。

公元前 3 世纪，著名的科学家阿基米德[①]曾开动脑筋，想出了记录非常大的数字的办法，他在专著《数沙者》（*The Psammites*，或叫 *Sand Reckoner*）中这样写道：

"有人认为沙粒的数量是无限的。我这里所说的沙粒可不单单指叙拉古[②]或者西西里岛（Sicily）的其他地方，而是指地球上所有的沙粒，无论是人类居住区还是无人区。也有一些人相信沙粒的数量并不是无穷的，但是他们也认为我们无法说出一个比所有的沙粒的数量还大的数字。如果让持有此观点的人想象有一个大如地球的沙堆，其中的山谷和海洋都被沙子填满，直到如最高的山峰一样高，他们就会更加确定，比以上提到的所有沙粒的数量还大的数字是不可能被表达出来的。但是我现在不仅可以说出比用上述方法在地球上所堆积出来的沙粒的数量还大的数字，还可以说出比以同样的方法将堆满整个宇宙的沙粒的数量也大的数字。"

阿基米德在这一著作中所提出来的记录大数的方法颇类似于现代科学计数方法。他从古希腊算术中最大的数字单位万（myriad）开始，引进了一个新的数字"万万"（octade），也就是"亿"作为第二级单位，然后是"亿亿"（octade octade）作为第三级单位，"亿亿亿"（octade octade octade）作为第四级单位，以此类推。

专门用几页的篇幅来介绍大数字的书写方法看起来似乎有些小题大做，但在阿基米德时代，找到书写大数字的方法不仅是一项伟大的发现，还促使数学向前迈出了重要的一步。

为了计算填满整个宇宙所需要的沙粒数量，阿基米德首先要知道宇宙的大小。在当时，人们认为宇宙封闭在一个镶嵌着群星的水晶球里，与他同时代的著名天文学家萨摩斯的阿里斯塔克斯[③]估测，从地面到水晶球边缘的距离约为

---

① 译者注：Archimedes，古希腊哲学家、数学家、物理学家。

② 译者注：Syracuse，西西里岛上的一座城市，阿基米德的出生地。

③ 译者注：Aristarchus of Samos，古希腊第一个著名天文学家，最早提出日心说的人。

10 000 000 000 希腊里（Stadia[①]），相当于 1 000 000 000 英里。

阿基米德将水晶球与沙粒的大小进行对比，完成了一系列能将高中生吓到做噩梦的计算，最终得到了以下结论：

“毫无疑问，阿里斯塔克斯所预测的水晶球大小的空间里所能容纳的沙粒的数量不会超过一千万个第八级单位。”[②]

这里大家可能注意到，阿基米德所预测的宇宙半径远远小于现代科学家的预测。10 亿英里的距离刚刚超过土星到太阳的距离。要知道，望远镜所能探测到的宇宙距离现在已达到 5 000 000 000 000 000 000 000 英里，所以要填满目前可见的宇宙，所需要的沙粒数量应当超过 10^{100}（1 后面跟 100 个 0）。

这个数字当然比前面提到的宇宙中所有原子的数目 3×10^{74} 大得多，但是别忘了，我们的宇宙并不是装满了原子的，实际上，宇宙中每立方米的空间里平均只有一个原子。

但是为了得到大数字而大动干戈，将整个宇宙填满沙子是完全没有必要的。事实上，在一些乍一看非常简单，那些你可能本来以为不会遇到超过几千的数字的问题上，却常常会遇到意想不到的大数字。

印度舍罕王（King Shirham of India）就曾吃过大数字的亏。传说，大宰相西萨·本·达依尔（Sissa Ben Dahir）发明了象棋并将其呈送给国王，因此舍罕王想要奖赏他。这位聪明的宰相的要求似乎并不过分，“陛下，”他跪拜在国王面前说，“请将一个麦粒放在棋盘的第一格，将两个麦粒放在棋盘的第二格，将四个麦粒放在第三格，八个麦粒放在第四格……按照这个方法，使得每一格的麦粒的数量都是前一格的两倍。陛下，请赏赐我能填满整个棋盘上

---

① Stadia：希腊长度单位，1 希腊里相当于 606 英尺 6 英寸，即 188 米。

② $\underbrace{(10\,000\,000)}_{\text{一千万}}\times\underbrace{(100\,000\,000)}_{\text{第二级}}\times\underbrace{(100\,000\,000)}_{\text{第三级}}\times\underbrace{(100\,000\,000)}_{\text{第四级}}\times\underbrace{(100\,000\,000)}_{\text{第五级}}\times$
$\underbrace{(100\,000\,000)}_{\text{第六级}}\times\underbrace{(100\,000\,000)}_{\text{第七级}}\times\underbrace{(100\,000\,000)}_{\text{第八级}}$
或者简单地记为 10^{63}（1 后面有 63 个 0）。

64 格的所有麦粒吧。”

“噢，我忠实的仆人，你的要求倒是不高，”国王感叹道，心里窃喜他给这项神奇的游戏的发明者的慷慨许诺不会耗费他多少财宝，“你必将如愿以偿。”然后他命人搬一袋麦子到王座前。

当计数开始，一粒麦子被放到第一格，两粒被放到第二格，四粒被放到第三格，一直这样往下放，但是还没等放到第二十格，一袋麦子已经用完了。更多的麦子被送到国王面前，但是每往下数一格，所需要的麦粒数量迅速增长，以至于大家很快就明白，哪怕倾尽印度所有的麦子，国王也无法实现他对宰相的承诺，因为那可是 18 446 744 073 709 551 615 粒麦子！①

这个数字并不像宇宙中所有原子的数量那样大，但也是一个相当大的数字了。假设 1 蒲式耳小麦大概有 5 000 000 粒，那么要满足西萨的要求就需要约 40 000 亿蒲式耳小麦。全球小麦年均产量大约为 2 000 000 000 蒲式耳，而大宰相要求的数量相当于全球 2000 年小麦的产量。

于是，国王发现自己已债台高筑，他要么以后不断地还债，实现对宰相的承诺；要么干脆砍了宰相的头。我们猜他应该是选择了后者。

另一个以大数字为主角的故事也发生在印度，讨论的是关于“世界末日”的问题。数学猜想历史学家鲍尔②讲述了这样一个故事：③

---

① 这位聪明的宰相所要求的麦粒的数量可以用以下式子表达：

$$1+2+2^2+2^3+2^4+\cdots+2^{62}+2^{63}$$

在算术中，一个数列中的每一项都等于前一项乘上一个常数（在这个例子中是 2 倍），那这就是一个等比数列。在等比数列中，所有项之和可以用该常数（本例为 2）的项数（本例为 64）次幂减去第一项（本例为 1）然后除以上述常数与 1 的差，在本例中可以这样表示：

$$\frac{2^{64}-1}{2-1}=2^{64}-1$$

直接写出来就是 18 446 744 073 709 551 615。

② 译者注：Walter William Rouse Ball，通常被称作 W. W. R. Ball，英国数学家。

③ 引自：鲍尔（W. W. R. Ball）《数学游戏与欣赏》（*Mathematical Recreations and Essays*，The Macmillan Co.，纽约，1939）。

> 在世界的中心贝拉那斯①宏伟的神殿中，安放着一块铜板，铜板上有三根金刚石针，每根有 1 肘尺长（1 肘尺约为 20 英寸），如蜂针一样细。在创世之时，主神梵天将 64 个纯金圆片放在了其中一根针上，最大的金片放在最下面紧贴着铜板，越往上金片越小。这就是婆罗门之塔。夜以继日，当班的僧侣必须将这些金片从一根针上移到另一根针上，根据梵天给出的固定法则，僧侣每次只能移动一个金片，并且金片必须被放在某个针上，以确保大的金片不会被放在小金片的上面。当 64 个金片都被从天神已穿好的针上移动到另一根上时，梵塔、寺庙及众生都将化为灰尘，伴随着一声霹雳，整个世界都会消失。

你可以自己动手做一个这样的解谜玩具，用硬纸板代替金片，用长铁钉代替印度神话中的金刚石针。要发现移动金片的总体规律并不难，你很快就可以看出，每成功转移一个金片所需要的移动步数都是前一个的两倍。第一个金片只需移动一下，但随后移动的金片所需的步数呈几何级数增长，所以到第 64 个金片时，总共所需要的移动步数与西萨要求的麦粒的数量一样多。②

将婆罗门之塔上的 64 个金片从一根针上全部转移到另一根上面需要花费多长时间呢？假设僧侣们全年无休，夜以继日地工作，每秒可以移动一步，而一年大约有 31 558 000 秒，因此大约需要超过 5800 亿年的时间才能完成这项工作。

将这个纯粹传说中的宇宙周期的预言与现代科学的预测略做对比倒是挺有趣的。根据现代宇宙进化理论，恒星、太阳和行星，也包括我们的地球，都是

---

① 译者注：Benares，印度北部城市，著名的印度教圣地。

② 如果我们只有 7 个圆盘，则需要的步数是：

$$1+21+22+23+\cdots，或者\ 2^7-1=2\times2\times2\times2\times2\times2\times2-1=127$$

如果你非常迅速且无误地移动圆盘，大概需要一个小时才能完成这项任务。如果有 64 个圆盘，那么需要移动的总步数就是：

$$2^{64}-1=18\ 446\ 744\ 073\ 709\ 551\ 615$$

这正好是西萨所要求的麦粒的数目。

由一些无定形的物质于大约30亿年前形成的。我们也知道，给恒星，尤其是太阳提供能量的“核燃料”还能再维持100亿到150亿年[①]。因此，我们的宇宙的总寿命绝对不会超过200亿年，更不要提印度神话中预测的5800亿年了。不过，传说毕竟只是传说!

文字记载中所提及的最大的数字可能就是来自著名的“印刷行问题”了。假设我们制造出一台打印机，这台机器可以打印出一行又一行的文字，并且打印每一行时都会自动选择一种不同的字母与印刷符号组合，该机器由很多单个的边缘刻有字母和数字的圆盘组合在一起，圆盘之间像汽车的里程表那样连接，这样每当一个圆盘转动完一周，就会带动下一个圆盘向前转一个符号，每转动一下，随着滚筒转动带动纸张前移，一行文字就被打印上去了。要做这样一台自动打印机并不难。

现在我们让这台机器运行，并看一看它打印出来的不计其数又各不相同的字符行，其中大部分都没有什么意义，它们看起来是这样的：

“aaaaaaaaaaa...”

或者是：

“booboobooboo...”

又或者是：

“zawkporpkossscilm...”

但是既然这台机器打印出了所有的字母与符号组合，所以在这堆毫无意义的垃圾中我们会发现一些有意义的句子，当然其中有很多都是胡言乱语。

例如：

“horse has six legs and...”（马有六条腿和……）

或者是：

“I like apples cooked in terpentin...”（我喜欢松节油做的苹果……）

但是仔细找找，其中一定也包括了莎士比亚所写的每一行文字，甚至包括

① 见本书第十一章“初创之日”。