

S HAONIAN
BAIKE CONGSHU

万有引力的故事

陈福生

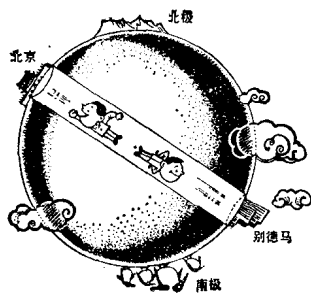


万有引力的故事

陈福生

封面设计：勤卓

插图：杨超



中國少年兒童出版社

内 容 提 要

本书收集了丰富的资料，通俗地介绍了万有引力的发现，引力的大小，人们运用万有引力定律，解释了行星、月球为什么能沿轨道运转，重量是怎么产生的，潮汐的形成等等自然现象，人们利用这条定律，设计了人造天体的轨道，寻找地下矿藏，发现了新行星，预报彗星来到太阳近旁的日期等科学知识和许多有趣的故事。

通过这本书，可以使少年读者开阔眼界，引起学科学、用科学的兴趣。

万有引力的故事

陈福生

*

中国青年儿童出版社出版

中国青年出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092 1/32 3印张 32千字

1983年1月北京第1版 1983年4月北京第1次印刷

印数1—30,000册 定价0.24元

目 次

什么是万有引力.....	1
什么是万有引力?	1
万有引力定律.....	4
引力的 大小.....	10
太阳和地球间的引力有多大?	10
在月球上发生的一些现象.....	14
一座大山的引力.....	19
两个人之间的引力.....	20
地球上物体重量的变化.....	22
从赤道到北极.....	22
穿越地心的旅行.....	24
重量随高度的变化.....	28
重量还和地质构造有关系.....	29

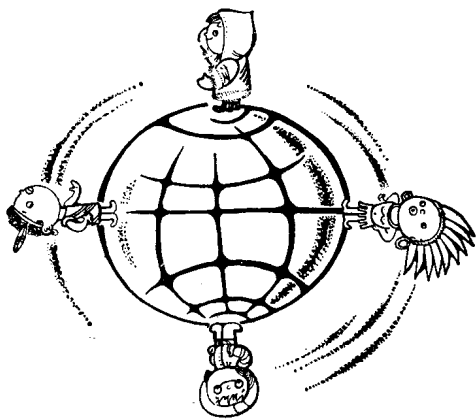
重力加速度	31
比萨斜塔上的实验	31
不同物体在同一地点的重力加速度相等	33
怎样测定重力加速度	36
重力探矿	38
哈雷彗星果然回来了	40
彗星的轨道	40
哈雷的预言	42
迎接远方的来客	45
发现了新行星	47
万有引力定律不灵了吗?	47
一场有趣的科学竞赛	49
又发现了冥王星	51
寻找“冥外”行星	52
引力与潮汐	54
有趣的自然现象	54
潮汐的起因	55
大潮与小潮	57
潮汐使地球自转变慢	59

引力和人造天体的轨道.....	62
不消耗燃料的飞行.....	62
冲出地球的引力范围.....	65
飞向遥远的恒星世界.....	67
引力之“王”.....	72
天狼星行迹可疑.....	72
强中自有强中手.....	74
看不见的发光天体.....	78
牛顿引力理论也不是绝对真理.....	82
万有引力定律遇难记.....	82
牛顿引力定律和爱因斯坦相对论.....	85

什么是万有引力

什么是万有引力？

古时候的人们，以为我们居住的地球是扁的，如果你走到地球的尽头，就会掉下去。那时，绝大多数人根本不相信大地会是个球体，因为在人的想象中不可能有“对蹠〔zhí〕人”。蹠就是脚掌。对蹠人，就是指脚掌对



“对蹠人”——住在地球反面的人

着脚掌站立的两个人。也就是说，不可能有住在地球反面的人。一千六百多年前，有一个叫拉克丹西的神甫，就曾经说过这样的话：“难道真有这样的疯子，竟会认为有头朝下脚朝上走路的人，竟会认为花草和树木从上向下生长，而雨和雹从下向上降落。”

1519年，葡萄牙人麦哲伦率领一支船队作环球旅行。他们从西班牙出发，越过大西洋，沿巴西海岸南下，绕过美洲大陆的南端，横渡太平洋，1521年3月到达菲律宾。因为和岛上的居民发生冲突，麦哲伦被杀死了。余下的水手们逃到马鲁古群岛后，又继续向西航行，终于在1522年9月回到了西班牙，在人类历史上完成了第一次环绕地球的航行，证实了地球是个大球体。

地球是圆的，航海家绕着地球走了一圈，并没有掉下去。人们还知道，地球在转动，它一边绕着太阳公转，一边绕着通过南北极的轴线自转，而我们在地球上的人也没被甩到茫茫的宇宙中去，大海里的水也没有被晃出地球去。这是为什么呢？

原来，地球的中心有一种奇异的引力，也叫做重力。它总是把物体往地心方向拉，你往上跳，重力会把你拉回到地面上；你把球往空中扔，球最终也要落到地面上来。地球吸引着每一个人；也吸引着地面上

的一切物体，包括空气和尘埃。所以，地球不停地转动，对地面上的一切并没有什么大的影响；人们生活在地球上，也并不觉得地球在动。这就好比人在船上，船缓缓地向前航行，而船里的人却不觉得，只看到岸上的树木、房子渐渐地向后退一样。



牛顿

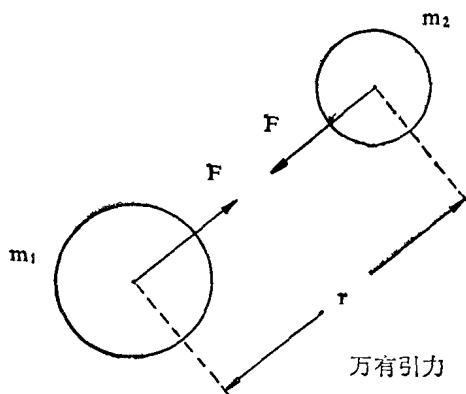
在宇宙空间，没有绝对的“上”和“下”。我们地球上的人所说的“下”，实际上是指的重力的方向。一架飞机在南极上空飞行，而对北极的人来说，这架飞机不是在他的上方飞行，却是在下方，而且飞机还是倒着飞行。如果站在太阳的北半球上看地球，澳洲人和阿根廷人好象是脚跟倒吊在地球的南半球上。拉克丹西神甫的错误，就在于他不懂得地球有引力。

地球的引力，是人们最早注意到的一种作用力。三百多年前，英国大科学家牛顿又进一步想：地球引力的作用究竟能达到多远呢？它能到达月球那么远的地方吗？地球引力是不是就是使月球保持在轨道上运动的那个力？行星绕太阳运动、月亮绕地球运动和地面

落体的运动是不是受同一种自然规律的支配呢？

他精心地研究了伽利略和开普勒等人的重要发现，继承了历史上重要的科学遗产，通过自己的实践，得出了这样一个结论：宇宙间，大到两个天体，小到两粒灰尘，所有物体都互相吸引。不仅是地球吸引每一个物体，每一个物体也吸引地球。也正是这种引力使行星在它们的轨道上运动，不会离开太阳远去，这就叫万有引力。“万有”二字是说宇宙间普遍适用的规律。牛顿的贡献不仅是发现了万有引力，而且用新的数学方法，严格地论证了万有引力定律，指出了它在理论上和实际上的许多应用。

万有引力定律



任何两个物体都是互相吸引的，引力的大小和两个物体的质量的乘积成正比，和它们之间的距离的平方成反比，这就是牛顿的万有引力定律。

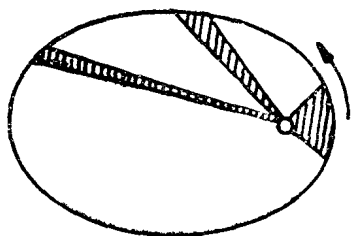
用数学方法这样表示：

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

F 是引力的大小，r 是两个物体间的距离， m_1 和 m_2 代表两个物体的质量，G 是万有引力常数。

牛顿二十岁的时候，就开始了対天体的研究，他首先注意到离我们最近的月球。

牛顿根据伽利略的惯性理论，总结出牛顿力学第一定律：所有物体，都保持着它们的静止或等速直线运动状态，直到外力作用使这种状态改变为止。这也叫惯性定律。所有的物体都具有这种惯性。比如，汽车急刹车时，车上的人向前倒，这就是因为下身虽然随车停下来了，而上身由于惯性还保持向前运动。要想使物体改变运动状态（速度加快、减慢、或是改变运动方向），就需要外力。牛顿想，月球按圆形轨道运动，也一定是有一种外力，不断地把它拉向地球。这个力是什么力呢？他假定拉住月球的力就是地球的引力。可是，计算出来月球在轨道上向着地球下落的加速度，比地面附近物体向下落的加速度要小很多。如果都是受地球引力作用的结果，那么，这种引力就和两个物体之间的距离有关系。同样的，行星绕太阳运动，也应该是太阳吸引的结果。



图中小圆圈表示太阳，阴影部分是太阳和行星的连线扫过的面积，三块一样大

丹麦杰出的天文学家开普勒，继承他的老师第谷的观测资料，总结出行星运动三定律，也叫开普勒三定律。

第一定律说：行星绕太阳运动的轨道是椭圆形的，太阳在椭圆的一个焦点上。

行星在椭圆轨道上运转，有时离太阳近些，有时离太阳远些。最接近太阳的地方，叫“近日点”；离太阳最远的地方，叫“远日点”。

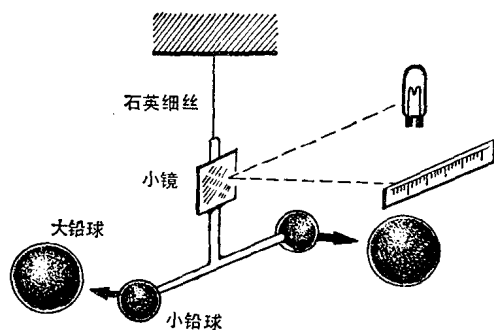
第二定律说：在同样的时间里，太阳和行星的连线扫过的面积相等。这就是说，行星在它的轨道上各点的速度不一样，离太阳近时，运动得快；离太阳远时就慢些。

第三定律说：行星绕太阳运转周期的平方，与行星到太阳的距离的立方成正比。

开普勒三定律解决了行星是怎样运动的问题，人们用它来计算行星的位置也很准确。可是，行星为什么这样运动呢？这个问题开普勒当时没有解决。于是，牛顿就运用开普勒三定律来推求太阳对行星的吸

引力，结果证明了太阳对行星的引力和它们之间的距离的平方成反比。

如果按照这个规律，地球上面的物体所受的地心引力，也应该随着物体所在高度的平方成反比地减小。比如：物体离开地心的距离为地球半径的两倍，那么，引力将减小到四分之一；距离增大到三倍，引力将减少到九分之一；以此类推。月球距离地球约等于六十个地球半径，这就是说，月球受到的地球引力，只有地面附近的重力的三千六百分之一。月球从它的轨道上向地球坠落的加速度，应当比地面附近物体自由下落的加速度慢到三千六百分之一。牛顿通过计算，证实了月球确实是因为地球引力的作用，使它沿着自己的轨道运动。牛顿还算出月球运行的轨道是个椭圆，地球在椭圆的一个焦点上。开普勒第一定律也是说行星的轨道是个椭圆，太阳在椭圆的一个焦点上。牛顿终于成功地推导出：地球对月亮的吸引力、太阳对行星的吸引力以及地球吸引地面上物体的力，都是同一种力。打破了“天上”和“地上”的界限，地上物体的运动规律，在天上也同样适用。牛顿把他二十多年研究的结果——一套完整的力学理论写成书，叫《自然哲学和数学原理》，于1687年出版。在这本书中，公开发表了万有引力定律。

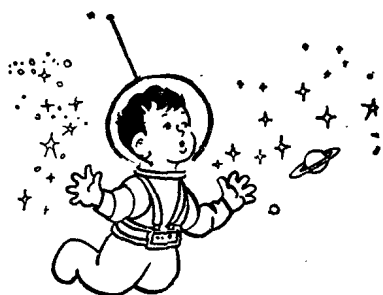


卡文迪许实验

牛顿正确地论证了万有引力定律。但是，在公式中有一个万有引力常数 G ，这个数值等于质量各为 1 克的两个物体，在相

距 1 厘米时彼此相互吸引的力。这个常数是多少呢？牛顿当时还不知道。牛顿万有引力定律是研究天体运动得出来的，他认为地面上两个物体之间的相互引力很弱很弱，当时还无法测量出来。在万有引力定律发表一百年后，于 1798 年，英国物理学家卡文迪许用极精巧的方法，在实验室中测出了两个小铅球之间的吸引力的大小。证明了引力的确是和两个球的质量成正比，和两个球心之间的距离的平方成反比；并且求得了万有引力常数 G 的值。以后经过人们一次又一次的测算，得到的结果一次比一次准确，现在公认的 G 值为 6.67×10^{-8} 厘米³·秒⁻²·克⁻¹。有了 G 值，就可以计算出地球的质量，卡文迪许就是用这种方法第一个给地球“过秤”的。

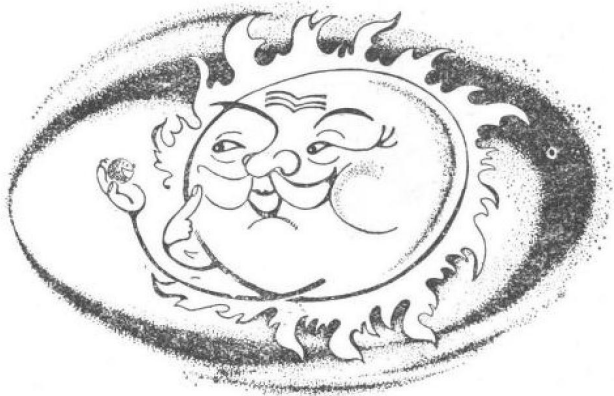
牛顿的引力理论是一个非常成功的理论，它解决了当时人们在物体运动的研究上所遇到的许多难题。把引力定律应用于行星运动和木星的卫星运动，都获得了理论与观测完全符合的结果。牛顿还把它的引力定律应用于彗星的运动上，给出了计算彗星轨道的方法。直到今天，仍然要靠它来计算人造卫星、宇宙飞船和各种天体的运行轨道。



引力的大小

太阳和地球间的引力有多大？

在三百多年以前，牛顿为了想知道地球和月球之间的引力有多大，不知费了多少心血！现在，根据万有引力定律，要计算出太阳对地球的引力，是一件轻而易举的事情。已经知道地球的质量为六亿亿公斤，太阳



太阳的质量是地球质量的三十三万倍

的质量是地球质量的三十三万倍，太阳离地球的距离是一亿四千九百六十万公里，用万有引力公式，可以计算出太阳对地球的引力是三百六十四亿亿吨力。这个力有多大呢？设想我们在地球和太阳之间用钢丝绳连结起来，代替它们之间的引力，把地球牵制在自己的轨道上，使它绕着太阳转圈，那么，这钢丝绳的直径应该有九千公里，大约等于地球直径的四分之三；底面积有六千三百多万平方公里，比我国面积还要大五倍多！

这么强大的引力，为什么不会把地球吸到太阳上去呢？

让我们先来做一个小实验吧：用一根绳子，把一块小石子拴在绳子的一端，一只手捏着绳子的另一端，然后，把绳子抡起来，使石子以手为中心作圆周运动。这时，你会发现绳子总是要拉着石子的，拉力的方向也总是沿着半径指向圆心，这个拉力就叫做向心力。石子作圆周运动时速度越快，

需要的向心力越大，我们就需要用更大的力拉绳。如果把小石子换成大石块，仍要使它以同样的速度作圆周运动，也需要较大的向心力，拉绳也要用较大

