

SEVEN COLOR

科学七色光丛书

KEXUE QISEGUANG CONGSHU



编著 王肇庆 苏惠惠

绚丽 多彩的 力学世界

uanliduocai de Lixueshijie

湖北教育出版社



科学七色光丛书

探索脑的奥秘
恐龙的灭绝
漫步绿色世界
人类与自然灾害
物理学史话
物理学家的故事
绚丽多彩的力学世界
南北极探险
探索海洋的历程
生命科学群英谱
野生动物寻奇
昆虫大家族
走向新世纪的遗传学
浅谈气候变迁
微生物与人类

ISBN 7-5351-2737-1



9 787535 127372 >

ISBN 7-5351-2737-1

G·2226 定价:10.50 元

· 科学七色光丛书 ·

SEVEN COLOR

绚丽多彩的力学世界

编著 王肇庆 苏惠惠

湖北教育出版社

(鄂)新登字 02 号

图书在版编目(CIP)数据

绚丽多彩的力学世界/王肇庆,苏惠惠编著. —武汉:湖北教育出版社,2000

(科学七色光丛书)

ISBN 7-5351-2737-1

I. 绚… II. ①王… ②苏 III. 力学-基本知识-青少年读物 IV. 03-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 60071 号

出版:湖北教育出版社
发行:

武汉市青年路 277 号
邮编:430015 电话:83625580

经销:新华书店

印刷:湖北省新华印刷厂

(430034·武汉市解放大道 145 号)

开本:787mm×1092mm 1/32

1 插页 7.25 印张

版次:2000 年 9 月第 1 版

2000 年 9 月第 1 次印刷

字数:148 千字

印数:1-5 000

ISBN 7-5351-2737-1/G·2226

定价:10.50 元

如印刷、装订影响阅读,承印厂为你调换

目 录

一 力学——向我们走来	1
1. 浩淼天际 群星闪烁	2
2. 苹果树下的牛顿	5
3. 经典力学在自然科学中的地位	9
二 天体运行和万有引力	11
1. 星体的运行轨道和周期	11
2. 人造卫星和同步卫星	13
3. 地球上物体的重量 失重与超重	16
4. 三个宇宙速度 黑洞	20
5. 火箭和卫星、宇宙飞船及洲际导弹	26
6. 潮汐与万有引力	30
7. 银河系里有多少个“太阳”	32
三 地球村里的自然现象	34
1. 水的浮力·皇冠与伽利略小秤	34
2. 河流总是弯弯曲曲的	38
3. 水力采煤和水力发电	41
4. 河水能冲走多大的石头	44
5. 地球自转与信风 落体偏东	46
6. 空气的压力与浮力 热气球	49
7. 空气和水的阻力 雨滴的速度	52

8. 降落伞 流线型	55
9. 砂里淘金	58
10. 压力与流速 平行航船的灾难 飞机的飞行	59
11. 风的等级和风的压力	62
12. 好船家会使八面风	64
四 生物与力学	69
1. 人体心脏的功率及人的死亡加速度	69
2. 称量人体各部分的重量	71
3. 人的力气究竟有多大	72
4. 人和跳蚤比跳高	74
5. 蝴蝶与乌贼	75
6. 蜘蛛与蜘蛛网	77
7. 花草中的力学	78
8. 竹子的力学美	80
五 体育与力学	83
1. 投掷手榴弹与推铅球	83
2. 跳远	88
3. 朱建华在月球上能跳多高	91
4. 精彩的滑雪运动	92
5. 竞走与摇摆	94
6. 篮球准确入篮	95
7. 足球射门与守门员	98
8. 打台球与打棒球	100
9. 跳板跳水	104
10. 跳绳减肥	106

六	杂技和游戏中的力学	110
1.	杂技演员砍木块	110
2.	单排叠椅与高台定车	111
3.	不怕重锤击的人	113
4.	蹬毯绝技	115
5.	游乐转筒与飞车走壁	116
6.	旋转过山车	118
7.	秋千为什么越荡越高	120
8.	熊猫滚球 蹦床上弹跳	122
9.	旋转秋千与游乐悬挂椅	124
10.	神奇飞镖与飞盘	127
11.	揭开“人体炮弹”的神秘面纱	129
七	汽车和自行车运动中的力学	131
1.	切勿超速行驶	132
2.	拐弯时要减速	134
3.	汽车前后轮的压力	136
4.	汽车安全上坡	137
5.	汽车加速度的极限值	141
6.	自行车的速度切忌过快	143
7.	驱动自行车是靠脚蹬踏板的力吗	144
8.	自行车拐弯	147
9.	切忌急刹前闸	149
八	火车运行中的力学	151
1.	蒸汽机车的耗煤量	152
2.	车辆连续装料	153

3. 驼峰调车场	156
4. 车辆的挂接	158
5. 重车和空车同时到吗	159
6. 摩擦缓冲器	163
7. 外轨超高	164
8. 铁轨接缝对车轮的冲击	166
9. 铁轨的长度与火车的危险速率	168
九 有趣的力学小实验	170
1. 影子的速度	170
2. 下雨天快跑少淋雨吗	171
3. 离喷泉多远才不会淋湿衣服	172
4. 测火车的起动加速度	174
5. 拉船靠岸	175
6. 自测动摩擦因数和静摩擦因数	176
7. 摩擦角的应用	178
8. 玻璃盘会掉下来吗	180
9. 钻木取火	182
10. 分不开的两本书	184
11. 一只手拉不动的抽屉	185
12. 拉比推省力	187
13. 轻轻提起1吨的重物	188
14. 仅用一把尺子做的有趣实验	192
15. 上抛法测重力加速度	194
16. 水火箭	196
17. 聪明的司机	198

18. 胜负预定的爬绳比赛·····	199
19. 小球的弹弓效应·····	202
附录1 物质世界的空间尺度·····	204
附录2 物质世界的时间尺度·····	205
附录3 某些物体质量的数量级·····	206
附录4 某些典型速度大小的数量级·····	207
附录5 某些典型加速度大小的数量级·····	208
附录6 某些地方的重力加速度·····	209
附录7 某些力的数量级·····	210
附录8 一些物体间的滑动摩擦因数·····	211
附录9 某些典型功率的数量级·····	212
附录10 某些物体动能的数量级 ·····	213
附录11 某些能量的大小 ·····	214
附录12 某些物体角动量的数量级 ·····	215
附录13 太阳、地球与月球的数据·····	215
附录14 太阳系 ·····	217
参考书目 ·····	218

一 力学——向我们走来

宇宙间万物都在永恒地运动着,没有一个物体是绝对不动的。也许有人说:“不对,你看我的足球现在不是停下来了么?我家的电视机一直放在柜子上,没运动呀!”也许你还会举出别的例子说明地球上的物体是静止的。但是,不妨换个角度看问题,设想你是在月亮或者太阳上看,你就会发现那些静止在地球上的物体都在运动着,随地球一起运动,坐地日行八万里!不仅地球在运动,太阳也在银河系里运动,银河系还相对于别的星系运动……

宇宙中万物之间都在相互作用着,每个物体都受其他物体的作用,这些作用会引起物体运动状态的变化。运动状态有各种各样的,如机械运动(是指物体的位置或方位随时间变化的运动)、热运动……能引起物体机械运动状态变化的相互作用叫做力。踢一下足球,球动了;搬一下彩电,电视机运动了,这都是力产生的效果,力改变物体的运动状态。当然,如果两个人用一样大的力同时推一个桌子,一个向东推,另一个向西推,这张桌子会停在原处不动,这是因为两个人用的力相互抵消了的缘故。

力学这门学科是研究物体的机械运动和力的一门科学。力学成为一门成熟的科学,至今还不到400年,而人类的文明史近万年,可以说力学是近代物理学的发端。

我们生活的世界上,时时刻刻都看到各种各样的力学现象。我们人类作为万物之精灵,属于动物而又高于动物,其最重要的生理属性就在于人有远远超过其他动物的发达大脑,肯于并且善于思索。对于人类感知的世界,探索并发现其规律性(也就是理论),使用理论更深入地去理解世界、改造世界、保护世界。一句话,创造更美好的未来世界。你可能曾经想过,天上有多少颗星星,它们怎么运动?闪闪发光的星星有多大?是什么形状的?什么是同步卫星?为什么成熟的果实向下落而飞机却飞上天?风、雨、花、草、蝴蝶和蜘蛛中有什么力学道理?汽车、火车、自行车、帆船等都做着各自不同的运动,其中有哪些力学道理?人类面对这五彩缤纷的力学大千世界,好奇并且爱动脑筋的青少年们最想知道其中的奥秘。这本书就是要跟大家谈一些有趣的力学道理。

1. 浩瀚天际 群星闪烁

人类自远古以来就在思索着运动和力,探索着力学的科学规律性。无数科学家的研究成果代表了人类智慧的结晶,正是这些研究成果构筑了力学这座科学大厦。这些科学家在人类文明史上闪烁着耀眼的光芒。到18世纪为止,研究力学的大科学家中著名的有:亚里士多德(Aristoteles 公元前384—公元前322)、阿基米德(Archimedes 公元前287—公元前212)、托勒玫(Claudius Ptolemy 约90—168)、哥白尼(Nicolaus Copernicus 1473—1543)、第谷(Tycho Brahe 1546—1601)、开普勒(Johannes Kepler 1571—1630)、伽利略(Galileo Galilei 1564—1642)、笛卡尔(Rene Descartes 1596—1650)、惠更斯(Christiaan Huygens 1629—1695)、牛

顿(Newton 1643—1727)等。

古希腊的阿基米德就是2200多年前一位非常活跃的学者。他有许多重大的发现,其中最著名的是“浮力原理”和“杠杆原理”。浮力原理讲的是浸于液体中的物体所受的浮力(液体向上托着物体的力)等于物体所排开液体的重量。

有这样一个故事:阿基米德祖国的国王让一个工匠制作一顶纯金的皇冠。皇冠做好后,国王周围的人纷纷议论,说皇冠不像是纯金做的,像是工匠制作过程中掺了假。没过多久,这种议论传到了国王那里,国王大发雷霆:不是工匠以假充真欺骗国王,就是这些散布“皇冠是假货”的人损坏国王的尊严。于是,国王把工匠叫进了宫殿。工匠说他把国王给的全部纯金都用上了,将皇冠放到秤上称量了一下,重量也恰好是国王给的纯金重量。这时国王身边的人着了慌,随后他们争辩说:“工匠可能会把纯金换成银,而又做到一样重。”谁是谁非,国王一时为难了。可谁敢掰开皇冠看个究竟呢?

大臣们想到了找阿基米德想想办法,看能不能不损坏皇冠,又能确定皇冠是纯金做的,还是掺了银的?阿基米德没能立即想出办法来,他边想边走,进了公共浴室洗澡。浴缸里装满了水,他一跳进浴缸,水即溢出缸外,而且溢出来水的体积和他身体的体积差不多。他高兴极了,不禁大喊一声:“我知道了!”急急忙忙光着身子走出澡堂跑回家去了。回家后,他做了这样的实验:把一纯金块与一重量相等的纯银块先后分别放进盛满水的容器里,发现金块排出的水比银块排出的水少得多!后来阿基米德将皇冠和跟皇冠重量相等的纯金块分别放入盛满水的容器里,结果发现皇冠排出的水比纯金块排出的水多得多。他断定皇冠不是纯金做的!自然,以银偷换金的工

匠受到了严厉的惩罚。

这虽然只是个故事或传说。它却显示出智慧的光芒无比耀眼,阿基米德的这种科学精神激励着一代又一代的物理学家。

意大利物理学家伽利略非常喜欢这个皇冠的故事。他要进一步测出皇冠里有多少纯金被不法工匠偷换成了银。为此,他利用阿基米德发现和总结出的杠杆原理和浮力原理,制做了一个小秤,如图1-1-1所示。秤臂长1米多,中央悬挂固定,秤臂上只在右端附近

的点A与点B之间约3厘米长的一小段内才有均匀刻度。由于刻度范围小,故称为“小秤”。

用这个秤如何查出皇冠中的纯金有多少被偷偷换成白银呢?先在小秤的左端(无刻度端)挂上皇冠,在右端盘中放置砝码(左右两端秤杆等长),当砝码重为 W 时,小秤平衡,即皇冠重量

为 W ,如图1-1-1(a)所示。然后将整个皇冠浸入水中,由于水对皇冠的浮力,小秤失去了平衡(右端下倾),这时不减盘中

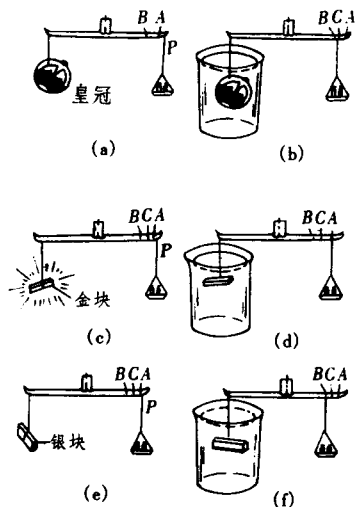


图1-1-1

的砝码,而是将砝码盘朝小秤的悬挂点(秤杆中央)移动,当砝盘移至点C时,小秤又恢复了平衡,如图1-1-1(b)所示。若将皇冠换成同样重量的纯金块,如图1-1-1(c)所示。再将纯金块全浸入水中,小秤平衡时,砝码盘移到点A,如图1-1-1(d)所示。若将皇冠换成同样重量的纯银块,如图1-1-1(e)所示。再将纯银块全浸入水中,小秤平衡时,砝码盘移到点B,如图1-1-1(f)所示。伽利略断定,皇冠中银和金的重量之比为

$$\overline{AC} : \overline{BC}$$

利用浮力原理和杠杆原理可以严格证明这一结论的正确性(详见本书中三.1.水的浮力·皇冠与伽利略小秤)。

阿基米德和伽利略都是卓越的物理学家。像他们一样,许多的物理学家为探索科学的真谛孜孜不倦,有的受到教会的迫害,甚至献出了宝贵的生命。哥白尼和布鲁诺就是这样的例子。然而,物理学家中最灿烂的明星,当属英国的牛顿,他综合众多物理学前辈(尤其是伽利略和笛卡尔)的研究成果,创立了力学的理论体系(归纳为力学三定律);他根据这个理论体系顺利地推导出开普勒三定律,发现了万物间普遍适用的万有引力定律。1687年牛顿的著作《自然哲学的数学原理》出版成书(顺便说一句,那时候把物理学叫做自然哲学),牛顿力学成为了近代物理学的发端,牛顿力学的建立是近代物理学的第一个里程碑。

2. 苹果树下的牛顿

有人说,有一次,牛顿正躺在苹果树下看书,忽然一个苹

果掉了下来。于是牛顿想到了万有引力,成了世界上最著名的物理学家。这故事未免过于简单化了。“苹果落地”的故事出自牛顿的亲友回忆牛顿晚年的谈话。

青年时期的牛顿1661年进入英国的剑桥大学,在这里他学习了亚里士多德的运动论。1664年上半年他想摆脱亚里士多德的影响走向新力学,当时他受到了伽利略和笛卡尔(尤其是后者)的重大影响,用他们研究科学的正确方法,利用伽利略的落体定律和运动的合成方法,继承了笛卡尔发现的惯性定律、碰撞的规律及动量守恒定律等开始建立新力学体系的研究。这些研究工作记录在他1665—1666年间的笔记本上。他的论点20年后归纳为三条定律出现在《自然哲学的数学原理》一书中。其中牛顿第一定律即惯性定律是继承了笛卡尔的惯性定律,而牛顿第二、三定律则是重大的突破和发展。在《自然哲学的数学原理》一书中,牛顿是这样阐述运动定律的:

(1)所有物体在受力作用而改变其状态之前,继续保持其静止或沿直线做匀速运动的状态。

(2)运动的变化和所加的力成正比,并且发生在所加力的直线方向上。

(3)每一个作用总是存在着和它相等,而且方向相反的反作用。换句话说,两个物体相互作用时,总是以相等的作用指向对方。

200多年后,物理学家将牛顿的三个定律改写成现在大家见到的表述。

1665—1666年间,由于瘟疫流行牛顿回到家乡。当时他正在思考月球绕地球运行的问题。一日他在花园中冥思苦想重力的动力学问题,突然一个苹果落下,这种人们司空见惯的现

象激发了他的科学想像力。他想：在我们能够攀登到的最远距离上，在最高建筑物的顶上和最高山巅上，都未发现重力明显地减弱，这个力必定延伸到比通常想象的远得多的地方。既然如此，这个力为什么不会延伸到月球上？那么，月球就必定受到这个力，或许月球绕地球运动正是这个力作用的结果！尽管地面各高度上重力没有明显的变化，但是因为月球离地球太远，这个力可能会在月球上有所减弱。

接下来的工作是研究指向地心的这个重力。用牛顿自己的话来说：“我开始考虑到把重力引伸到月球的轨道，而……由开普勒关于行星周期的法则……导出保持行星于轨道的力必须与它们到公转中心的距离的平方成反比；并由此将保持月球于轨道所需的力同在地表上的重力比较，发现两者相当接近”。这里谈到开普勒关于行星周期的法则，实际上是开普勒第三定律。开普勒是第谷的助手和事业的继承人，是哥白尼地动学说的忠实信徒。第谷20年如一日，仔细地观测并记录了行星的位置，绘制了上千颗恒星非常精确的星图，记录了20年来行星的位置变化，积累了大量天体运行的资料。开普勒深信第谷天文观测数据的准确性，相信哥白尼地动说的正确性，决心求得行星运行轨道的最简单的描述。开普勒用了16年的时间整理这些数据，计算行星的运行，终于发现行星（包括地球）绕太阳运行的规律，后人称之为开普勒三定律，其内容是：

(1)行星沿椭圆轨道绕太阳运行，太阳位于椭圆的一个焦点上。

(2)对于任一行星，它的径矢（指由太阳指向行星的直线）在相等的时间内扫过相等的面积。

(3)行星绕太阳运动轨道的半长轴 a 的立方与周期 T 的平方成正比,即 $a^3:T^2=\text{常量}$ 。这个常量对太阳系的所有行星均相同。

开普勒总结出了行星运动的三大定律,但他尚不知道这其中第二定律就意味着角动量守恒;第三定律就意味着引力平方反比定律,即万有引力定律,这些奥秘是牛顿破译出来的。牛顿认为太阳对行星的吸引力总是指向太阳中心,引力的大小总是与二者距离的平方成反比的。他以牛顿的三个定律为基础,推导出了开普勒的三个定律。这时人们公认,牛顿的三个定律是物体运动的规律,是本质;而开普勒的三个定律只是牛顿定律的必然结果。至于苹果落地当然是万有引力定律的结果了。牛顿对于许多力学现象进行了定量的计算,都证实了牛顿定律以及万有引力定律的正确性。这些现象包括:

(1)由于地球和木星自转,导致这二个星体成为微显扁平的球体。

(2)地球表面上不同纬度处重力加速度的值不同。

(3)由于太阳和月亮的共同作用,在地球上产生潮汐。

(4)彗星在太阳系中沿一定的轨道运行。

(5)由于太阳和月球的引力(转矩)作用,导致地球自转轴的方向发生缓慢的变化。(这一变化的全周期约为25000年,所谓“岁差”就是它的表现)

牛顿的宇宙力学图像取得更伟大的胜利是在1846年海王星的发现和1930年冥王星的发现。这两次发现都是利用牛顿的理论,预言它们的存在,并指出它们将在什么时间出现在什么方位,最终用望远镜在预计的时间和方位观测到了这两颗