

100000 why



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLISHING FUND PROJECT

十万个为什么

第六版



总主编 韩启德

物理

主编 沈文庆
副主编 封东来



少年儿童出版社



100000 why
6th Edition

十万个为什么

第六版

物 理

总 主 编 韩启德
主 编 沈文庆
副 主 编 封东来

少年儿童出版社

图书在版编目(CIP)数据

十万个为什么(第六版)/韩启德总主编. —上海:少年儿童出版社, 2013. 10

ISBN 978-7-5324-9328-9

I. ①十… II. ①韩… III. ①科学知识—青年读物②科学知识—少年读物 IV. ①Z228.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第142809号



少年儿童出版社

十万个为什么(第六版)

总主编 韩启德

出版 上海世纪出版股份有限公司少年儿童出版社

地址 200052 上海延安西路1538号

发行 上海世纪出版股份有限公司发行中心

地址 200001 上海福建中路193号

易文网 www.ewen.cc

少儿网 www.jcph.com

电子邮箱 postmaster@jcph.com

排版 上海袁银昌平面设计有限公司

南京展望文化发展有限公司

印刷 上海中华印刷有限公司

上海中华商务联合印刷有限公司

常熟市华通印刷有限公司

开本 889×1194 1/16

印张 221.5

出版日期 2013年10月第1版第3次印刷

书号 ISBN 978-7-5324-9328-9/N·963

定价 980.00元(全18册)

十万个为什么 第六版 编辑委员会

总主编

韩启德

编辑委员

(以姓氏笔画为序)

干福熹	马宗晋	王 越	王占国	王阳元	王威琪	王振义	王恩多	王梓坤	王绥琯
王鼎盛	韦 钰	方 成	尹文英	邓子新	邓中翰	卢耀如	叶叔华	叶铭汉	叶朝辉
付小兵	匡廷云	戎嘉余	朱能鸿	刘嘉麒	池志强	汤钊猷	许健民	许智宏	孙 钧
孙宝国	孙晋良	孙鸿烈	严东生	严加安	李三立	李大潜	李幼平	李载平	李家春
杨 樵	杨芙清	杨宝峰	杨雄里	杨福家	吴启迪	吴征镒	吴孟超	吴新智	何积丰
谷超豪	汪品先	沈文庆	沈允钢	沈自尹	沈学础	沈寅初	张弥曼	张家铝	张景中
陆汝钤	陈 颢	陈 霖	陈凯先	陈佳洱	陈宜瑜	陈晓亚	陈润生	陈赛娟	林 群
林元培	欧阳自远		周又元	周良辅	周忠和	周福霖	冼鼎昌	郑时龄	郑树森
郑哲敏	孟执中	项坤三	项海帆	赵东元	赵忠贤	俞大光	洪国藩	洪家兴	费维扬
贺 林	秦大河	倪光南	倪维斗	郭景坤	唐孝炎	黄荣辉	黄培康	戚发轫	崔向群
葛均波	韩启德	韩济生	程 京	傅家谟	焦念志	童坦君	曾溢滔	雷啸霖	褚君浩
滕吉文	潘云鹤	潘建伟	潘家铮	潘德炉	戴汝为	戴尅戎			

十万个为什么 第六版

物 理

主 编

沈文庆

副主编

封东来

板块
负责人

朱克勤 高云峰 林博颖 曾和平 侯晓远 潘建伟 王 一 万维钢 王鼎盛 封东来 黄吉平

撰稿
人员

(以姓氏笔画为序)

于浩淼 万维钢 王 一 王 田 王文浩 王纬芳 王振东 王敏中 韦 林 云无心 戈 蕾 方 妍
方 弦 方鸿辉 厉光烈 田丽亭 匡志强 吕存景 朱克勤 朱晨歌 乔灵芝 刘延柱 刘建秀 刘联胜
安克难 祁丽萍 许谢慧娜 李 力 李 淼 李文彬 李玉国 李尧臣 李剑龙 李晓辉 杨 光
杨 桦 肖能超 吴 光 吴卫东 何 龙 何 鋈 何泽尚 闵春华 沈文庆 宋志怀 张 权 张 亮
张天蓉 张少峰 张文卓 张河桥 张荣君 张家玮 张惠澍 陈 洁 陈桂芬 武 愕 武际可 林志方
林博颖 罗二仓 罗会仟 罗雷生 金文力 金哲岩 郑百林 郎君轶 孟卫东 封东来 赵 敏 赵洪英
赵艳波 赵章琰 俞家新 聂国熹 莫振伟 夏国强 殷立峰 殷雅俊 高云峰 资 剑 黄吉平 崔傅成
章德海 彭 杰 韩文钦 曾 琪 蔚安然 雒 婧 潘天俊

审稿
专家

张天蓉 罗会仟 方鸿辉

责任编辑：孙正凡

美术编辑：张 怡

整体设计：袁银昌 李 静

版面设计：王 晖 王永容 董 鑫

科技插图：张 怡

美编助理：邓 晓 林劲帆 周妍玥 王传林 叶丹丹 汤思佳 孙 靖 赵 清 谭晓棠 王安丝 李宇辰 李虹庆

特别鸣谢：缪 瑾

序言

韩启德

经过数百位编委、作者和编辑历时三年的辛勤努力，第六版《十万个为什么》终于与广大读者见面了。对于中国的科技界、教育界和出版界，以及千千万万的少年儿童来说，这都是值得高兴的一件事。


《十万个为什么》是由少年儿童出版社于1961年出版的一套科普图书。在半个世纪的岁月里，这套书先后出版了五个版本，累计发行量超过1亿册，是新中国几代青少年的启蒙读物，在弘扬科学精神、传播科学知识、提高全民科学素质方面发挥了巨大作用。在我国，至今还没有一套科普读物能像《十万个为什么》那样经得起如此长时间的检验，并产生如此巨大的社会影响。

进入21世纪以来，科学技术的发展日新月异，尤其在网络通信、低碳环保、基因工程、航空航天、新能源、新材料等领域，研究进展更是一日千里，乃至从根本上改变着人们的生活与工作方式。为适应科技发展带来的深刻社会变革，提高国家的综合国力和竞争力，党和政府高度重视加强科学技术普及，重视提高全民科学素质，并将国家科普能力建设作为建设创新型国家的一项基础性、战略性任务，这对我国的科普出版提出了更高的目标。

2006年，国务院正式颁布实施《全民科学素质行动计划纲要》，其中特别强调要提升未成年人的科学素养，因为只有从青少年时期就开始养成科学的思维方式与行为习惯，将创新精神与实践能力并重，才能最终使得全民的科学素质得到根本性的提高。为此，编辑出版一套崭新的适应时代发展要求的《十万个为什么》，使其在繁荣我国科普创作的进程中发挥“旗帜”作用，其意义是非常深远的。

好奇心是青少年的可贵特质，是驱使他们亲近和接受科学的动力，一定要保护好。从50年来的经验看，“一问一答”是个好形式，也是《十万个为什么》被大家喜爱的重要原因，在编纂第六版《十万个为什么》时我们坚持了这一好形式，并力争在传授科学知识的同时，引导读者去思索问题，去感受科学文化和科学精神，去体会科学探索的乐趣。

出于积极参与科学普及工作，提高全民科学素质的社会责任感，中国科学院和中国工程院共有百余位院士应邀担任了第六版《十万个为什么》的编委。其中20余位院士在百忙之中担任了各分册的主编，具体负责组织相关分册的编纂工作，有40余位院士亲自撰稿。此外，还有700余位来自世界各地、各个学科的优秀科学家和科普作家参与了新版《十万个为什么》的编写。这么多高层次科学家参与到一套科普图书的编纂工作中来，这在我国科普出版史上是空前的。阵容强大的编委会和作者队伍，为新版《十万个为什么》的科学性、前沿性、权威性和可读性提供了最可



靠的保证。在此，我也谨向所有参与第六版《十万个为什么》编纂工作的编委、主编、作者和社会各界表示衷心的感谢和深深的敬意。

第六版《十万个为什么》在总结前五版成功经验，并广泛征求各方面意见的基础上，综合考虑时代的发展和青少年读者的实际需要，将全书分为三大板块共18个分册。基础板块包括数学、物理、化学、天文、地球、生命，是传统六大基础学科；专题板块包括动物、植物、古生物、医学、建筑与交通、电子与信息，是由基础学科衍生出来的重点传统学科；热点板块包括大脑与认知、海洋、能源与环境、航空与航天、武器与国防、灾难与防护，则是近些年发展特别迅速，引起社会广泛关注的热点领域。在编纂每一分册的过程中，我们根据这个学科或专题的内容，充分考虑知识体系的完整性和科学发展的前瞻性，问题的设计和分布尽量与学科或专题的内在结构相吻合，从而使每一分册都成为具有完整的内在知识体系的读物。现代科学技术发展的一大特点是学科之间的交叉融合，相信小读者们在阅读过程中也会在不同的分册中发现一些共性的问题。

第六版《十万个为什么》在形式上适应了当代青少年的阅读需求，与国际上同类图书的最新版出版潮流相接轨，首次推出彩色图文版，用大量彩色图片向读者展示当代科技前沿的无穷魅力。内容上具有鲜明的时代特色，从基础、前沿、关键、战略四个方面来组织问题和编写稿件，重点关注科技发展的前沿和当代青少年关心的热点问题。尤其值得称道的是，书中的大量“为什么”是通过各种形式向全国少年儿童征集来的，力求将当前孩子们最关心、最爱问的问题介绍给他们。同时，新版《十万个为什么》更加注重思考过程，提倡科学精神，引导创造探索，关注科学与人文、科学与社会的关系。通过“微问题”“微博士”“实验场”“科学人”“关键词”等小栏目激发青少年的好奇心和探究心理。

我们相信，第六版《十万个为什么》将以全新的问题、全新的体系、全新的内容、全新的样式，以及数字化时代全新的技术手段，再现《十万个为什么》每一版都曾有的辉煌，掀起中国科普出版和科学普及的又一个新高潮。第六版《十万个为什么》的出版，必将引领更多青少年走向科学，使共和国涌现出更多的栋梁之材。同时，这套书的出版，对于贯彻落实《全民科学素质行动计划纲要》精神，促使当代中国广大青少年科学世界观的形成和科学创新能力的提高，推进全社会在讲科学、爱科学、用科学上形成更加浓厚的氛围，使全民科学素质再上新台阶，发挥不可替代的关键作用。

目录



引言

为什么要研究物理学..... 2

力学

- 为什么风能吹垮塔科马海峡大桥..... 4
- 为什么会有“野渡无人舟自横”的现象..... 5
- 为什么消防水枪能喷出高速水流..... 6
- 为什么印第安人吹筒箭可以射杀几十米外的猎物... 7
- 为什么帆船可以逆风前进..... 8
- 为什么地铁站要设置安全线..... 9
- 为什么高尔夫球表面布满了小坑..... 10
- 为什么大雁排队飞行会节约能量..... 11
- 为什么肥皂水能吹出泡泡而普通水不行..... 12
- 为什么荷叶会出淤泥而不染..... 13
- 为什么毽子和羽毛球都要插上羽毛..... 16
- 为什么超市购物车的脚轮能够自由转动..... 17
- 为什么上了发条的钟表能准确计时..... 18
- 为什么小提琴能拉出美妙的乐曲..... 19
- 为什么竞技体育中没有10米以上高台跳水比赛..... 20
- 为什么滑水运动员在划板上不会下沉..... 21
- 为什么用手能够轻易地将图钉按进木板..... 22
- 为什么练武者可以让飞针穿过玻璃..... 22
- 为什么花样滑冰运动员快速转圈时要收缩身体..... 24
- 为什么猫在空中能自由翻身..... 25
- 为什么世界级的跳高选手都采用背越式过杆..... 26
- 为什么艺术体操运动员手中的圆圈抛出后能自动
返回..... 27
- 为什么急刹前闸自行车容易翻车..... 28
- 为什么骑轮胎气不足的自行车比较费劲..... 28

为什么重心高高在上的独轮车能直立不倒·····	29
为什么通过同样的距离跑步比骑自行车费劲·····	30
为什么北半球的马桶水流不一定是逆时针旋转的··	31
千斤顶为什么可以顶起汽车·····	32
为什么歌声能够震破玻璃·····	33
为什么走钢丝者要手持长杆·····	34
为什么壁虎能在很光滑的墙壁上爬行·····	34
为什么表演“胸口碎大石”的时候石板重些反而更 安全·····	36
为什么汽车能飞越黄河·····	36
为什么蚂蚁从高处掉下还能安然无恙·····	37
为什么火车开近时汽笛声尖锐而远离时低沉·····	38
为什么热气球能载人升空·····	39



为什么裁玻璃或瓷砖时在表面划痕就可掰开·····	40
为什么啄木鸟高速敲击树干却不会患上脑震荡·····	40
为什么旋转的陀螺能直立不倒·····	42
为什么土豆摔了之后会产生“内伤”·····	43
为什么大部分动物骨骼的横截面呈中空环状构造··	44
为什么没关紧的水龙头滴水不连续·····	44
为什么有些非洲人习惯把大罐子顶在头上·····	45

热学

为什么墨汁滴到水里会散开·····	46
为什么在夏季太阳曝晒下自行车会爆胎·····	47
为什么打开冰箱门不能使室内降温·····	48
为什么滑冰鞋上要装冰刀·····	48
为什么夏天从冰箱内取出的饮料瓶上会有水滴·····	50
为什么沸水不一定是100℃·····	51
为什么赤脚站在瓷砖上比站在棉被上感觉更凉爽··	52
为什么炒栗子的炒锅内要放很多石子·····	53
为什么暖水瓶内胆要镀银·····	54
为什么诸葛亮火烧赤壁时要“借东风”·····	55
为什么不存在永动机·····	56

为什么温度不能低于绝对零度·····	58
怎么把气体变成液体·····	59

电磁学

为什么脱毛衣时会有电火花·····	60
为什么说避雷针实际上是引雷针·····	61
为什么一打开开关电灯立刻就亮了·····	62
为什么在酷热的夏夜空气开关常常会跳闸·····	63
为什么磁铁的N极和S极总是成对出现·····	64
为什么微波炉也能加热食物·····	65
为什么磁铁能吸引铁却不能吸引木头和铝·····	66
身份证、银行卡和交通卡是怎样储存信息的·····	66
为什么生活中用220伏单相电而工厂用380伏三相电·····	68
为什么电动自行车越来越多·····	69
为什么要在三峡建设发电站·····	70
为什么旧电池还能用在小闹钟上·····	71
为什么电磁炉上不能用铝质锅·····	72
为什么安检门能检测出金属物品·····	72
为什么接收GPS信号不需要锅形天线·····	74
为什么太阳黑子会影响地球的无线电通信·····	75

光学

为什么公路标志牌和车牌在车灯的照射下很亮·····	76
为什么汽车的后视镜是凸面镜·····	76
为什么五官科医生要头戴凹面镜·····	78
为什么手术室里要用无影灯·····	78
为什么西汉青铜“透光镜”会透光·····	79



为什么天上会出现好几个“太阳”·····	82
为什么雨中路灯看上去有一圈圈光环·····	82
为什么彩虹是圆弧形的·····	83
为什么云有五颜六色·····	84
为什么月全食时还能看到暗红色的月亮·····	85
为什么看看钢水的颜色就可以知道炼钢炉的温度·····	86
为什么用红外夜视仪能看清黑暗中的景物·····	87
为什么登山运动员戴偏振型太阳镜·····	88
看3D电影为什么要戴眼镜·····	89
为什么肥皂泡上有流动的彩色斑纹·····	90
为什么照相机镜头看起来有颜色·····	91
为什么使用闪光灯拍摄照片会出现红眼·····	92
全息照相与普通照相有什么不同·····	92
激光是如何被研制出来的·····	94
为什么激光性能优越·····	95
为什么激光可以移动物体·····	96
为什么激光能使原子“冷却”下来·····	97
为什么光速可以比骑自行车还慢·····	98
为什么霓虹灯会发出五颜六色的光·····	98

量子力学

为什么从光谱就可以“看”出原子种类·····	100
为什么会存在“巨大”的原子·····	101
为什么说光既是粒子又是波·····	102
为什么“薛定谔的猫”既是活的又是死的·····	103

世界上有一模一样的粒子吗·····	104
为什么真空不空·····	104
为什么量子通信无法窃听·····	106
科幻电影中的隔空传物可行吗·····	107
为什么量子计算机可以带来计算速度的飞跃·····	108
摩尔定律有终结之日吗·····	108
为什么看到原子这么困难·····	110
怎样才能操控单个原子·····	111

核与粒子

物质是无限可分的吗·····	112
世界是由什么组成的·····	114
宇宙中有个反物质构成的你吗·····	114
物质的质量从哪里来·····	116
为什么研究小小的基本粒子要用巨大的加速器·····	116
为什么有些原子具有放射性·····	118
为什么放射性元素可用于考古研究·····	119
为什么原子弹这么厉害·····	120
为什么核电站效率非常高·····	121

为什么核聚变被称为“人造太阳”·····	122
为什么核聚变发电研究比核裂变滞后·····	123
为什么要到深深的矿井中去探测中微子·····	124
为什么还经常发现新的元素·····	125
为什么不登月也能知道月球上有没有水·····	128
为什么能用核磁共振检查身体·····	129

相对论

为什么说光速是不变的·····	130
为什么说能量是守恒的·····	131
为什么引力会导致空间弯曲·····	132
为什么我们的空间是三维的·····	134
为什么可观测宇宙是有限的·····	134
时间能分成任意小的片段吗·····	135
为什么连光也逃不出黑洞·····	136
为什么黑洞可能并不是黑的·····	136
时间旅行可能吗·····	138
为什么可能真的存在“天上一天，地上一一年”·····	138
时光能倒流吗·····	139





凝聚态

为什么水晶有规则的外形·····	140
为什么我们能“看”到晶体结构·····	140
为什么橡皮可以擦掉铅笔字·····	142
为什么润滑剂可以润滑·····	143
为什么物体会热胀冷缩·····	144
为什么雪花的外形多种多样·····	144
为什么水结冰时会膨胀·····	145
为什么铁匠在打造铁器时要淬火·····	146
为什么金属塑料既坚硬又柔软·····	146
为什么陶瓷也可以做成刀具·····	147
为什么铝合金比纯铝要硬·····	148
为什么钛合金眼镜框不容易变形·····	149
为什么弹簧和橡皮筋弹性很好·····	150
为什么有的玻璃杯容易炸裂·····	150
为什么有的门窗要用钢化玻璃或有机玻璃·····	151
为什么会有电阻·····	154
为什么计算机能够存储那么多的信息·····	154
为什么金子会泛金光·····	156
为什么玻璃是透明的·····	157
为什么用发光二极管照明能省电·····	158
液晶电视与传统显像管电视机有什么不一样·····	159

为什么夜光手表会发光·····	160
太阳能电池是怎么工作的·····	160
电影中的悬浮山在现实中会存在吗·····	162
为什么有的液体能沿着容器壁向上爬·····	164
为什么物质的密度不能无限大·····	164
为什么镜子上的手指绘图哈一口气后又出现了·····	166
为什么活性炭会用于过滤器·····	166

软物质和生物物理

为什么洗碗时加入洗洁精会起泡·····	168
为什么果冻在常温下不融化·····	168
为什么光线穿过牛奶时会有一条光亮的通路·····	170
为什么牛奶上会出现一层薄薄的皮·····	171
为什么水越搅越容易搅，而面糊却越搅越难搅·····	172
为什么世界各地的沙丘都长得差不多·····	172
为什么孔雀羽毛如此绚丽多彩·····	174
为什么心脏会产生心电图·····	174
为什么树根能把水送上树梢·····	176
为什么开啤酒瓶时会有泡沫·····	176

附录

图片及辅文版权说明·····	178
----------------	-----

十万个为什么

第六版
物 理

1000000
whys
6th Edition

为什么要研究物理学

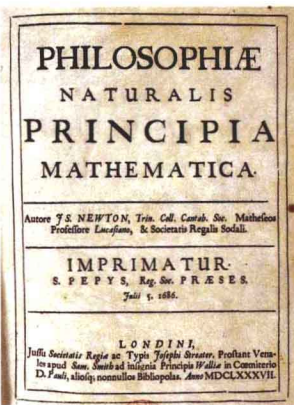
人类为什么要呼吸？因为维持生命需要吸入氧气，同时排出二氧化碳。为什么不是吸入二氧化碳，排出氧气？因为氧气与人体内的葡萄糖反应可以释放能量，为人类所利用。为什么氧化反应会释放能量？为什么地球上存在这么多氧元素？为什么宇宙中又能够形成氧元素……其实，在这么多为什么的背后，还会有无穷多为什么。

关于大自然，求知欲旺盛的人类，几乎每个人都会不断产生许多为什么。为了寻找答案，有时你要求助医学，有时你要贯通生物学，有时你要援引化学。不过，1979年诺贝尔物理学奖得主温伯格说，物理学的不同之处在于，如果你得到答案后继续追问为什么，连问几次之后，必然会将问题引入物理学的范畴，毕竟物理学是一门研究物质基本结构和运动规律的基础学科。从茹毛饮血、刀耕火种到遨游太空、探索宇宙，人类文明进程中的每一个足迹无不深深烙下物理学进展的印记。

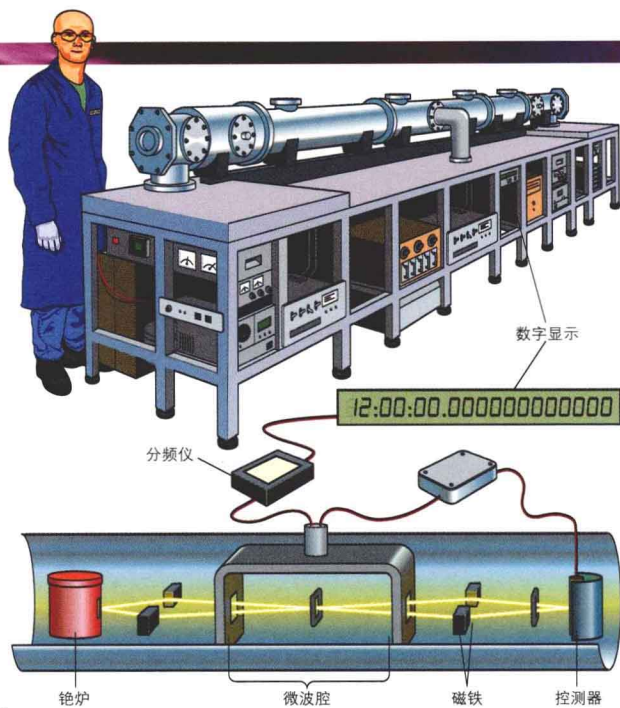
有物理学家曾自嘲，如果你让他研究鸡的特征，他会首先考虑真空中的球形鸡。这是因为物理学喜欢从令人眼花缭乱的现象中抽取最核心的部分，将复杂的问题转化成简单的模型。例如，物理学家会将物质不断分割，抽丝剥茧地分析



牛顿的《自然哲学的数学原理》标志着现代物理学的开端



©



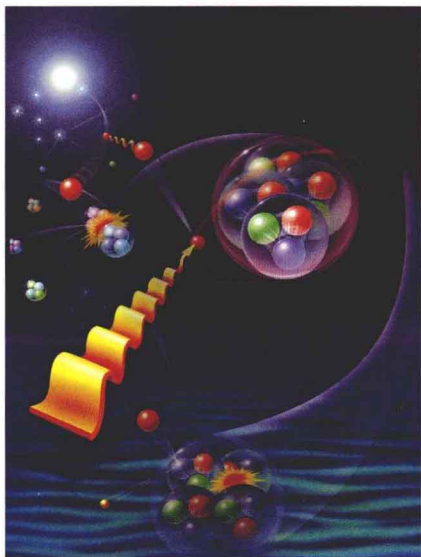
©

精确计时的铯原子钟（600万年才会误差1秒）

最微小的基本粒子；又会将所观察的世界不断外延，高屋建瓴地研究最广袤的宇宙时空。物理学就是用这种特有的研究方式，涵盖了物质的结构及其运动规律的各个层次。

在物理学家的眼中，所有已知的世界都可以还原成时间、空间、物质（场、粒子）和能量等几个基本要素。它们间所有形式的互动都可以归结为万有引力、电磁力、弱力（在放射性衰变中起作用）和强力（在核反应中起作用）的相互作用。这些基本要素和基本相互作用就像计算机中的“0”、“1”和几条基本指令一样，通过千变万化的排列与组合，使它们呈现为固态、液态、气态或等离子态，可以化作导体、绝缘体、半导体或超导体，可以发声、发光、发热或发电，甚至可以生长、繁衍、拥有思想以及问为什么。

物理学是一门高度融合数学、理论和实验的学科，可以把看似无关的现象归纳成同一类理论，用抽象的数学语言书写理论的框架，再用严格的实验和观测检验理论预言，以期为我们了解大自然的法则提供真知灼见。例如，苹果下落和月亮转动都可以用万有引力来描述；根据牛顿的引力定律，人们又预言并发现了海王星的存在。在物理学中，这三个组成部分相得益彰



物理学的探索没有止境

彰，缺一不可。没有理论和实验，数学就是空中楼阁；没有数学和实验，理论就是空口无凭；没有数学和理论，实验就是无的放矢。只有将三者结合在一起，人类才能运筹帷幄之中，预言千里之外。

基础物理学早已深入生活的每一个角落，可以说，生活中处处充满物理学原理。经典的

热学、电以及电磁波、流体力学等物理学研究使得蒸汽机、各种电器和通信工具、飞机等得以发明，成为人类现代文明的柱石。而就现代物理来说，仅看一看诺贝尔物理学奖的获奖研究，我们就会发现运用物理学原理所推动的一系列技术创新已极大地改善了人类的生活方式。诸如运用原子核的放射性和磁共振的研究成果促成了医院里CT（X线计算机断层摄影）、PET（正电子发射计算机断层成像术）和其他一系列现代检测和治疗手段；晶体管、巨磁阻和光纤的研究又促成了大规模集成电路、大容量磁盘和互联网；激光、无

线电、原子钟和相对论的研究则促成了工业控制、无线通信和卫星定位系统……可以想象，石墨烯、高温超导、量子操控、量子计算和量子通信，这些已初见端倪和仍在进行中的前沿物理学探究可望对人类的生存方式带来可喜的革命性的变化。

物理学的探究是没有止境的，因为我们每解决一个旧问题，又可以引入一系列新问题。尽管我们已经初步掌握了世界的基本组构和运动规律，却远远没有穷尽物质的所有可能形态，远远没有领会规律的基本内涵，更没有弄明白宇宙中占比很大的暗物质和暗能量。诸如基本粒子还可以进一步分割吗？时间和空间是连续的吗？宇宙的终极命运是什么？为什么我们的宇宙是这个样子？为什么不可以有另一个宇宙，拥有另外一种样子，甚至服从另外一套全新的物理学规律？更本质的问题还有：我们是谁？来自何处？欲往何方……看来，光物理学中的为什么已远不止十万个，我们可以永远追问下去。

有志于“赏天地之美而析万物之理”的青少年朋友们，任重而道远啊！（沈文庆）

物理学研究给我们的生活带来极大的便利



微问题

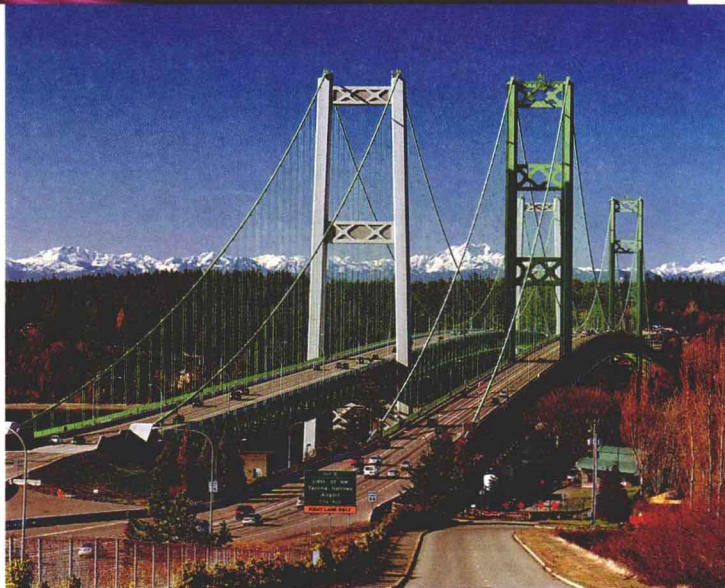
你身边哪些现象可用物理学知识来解释？

关键词

物理学 科学规律

为什么风能吹垮塔科马海峡大桥

塔科马海峡大桥位于美国西北部的华盛顿州，横跨塔科马海峡。这座全长 853 米的悬索桥于 1940 年 7 月 1 日建成通车。它建成时就出现了随风摇摆的现象，司机在桥上行驶时可以明显感觉到桥的摆动。因此，大桥被当地居民起绰号叫“舞动的格蒂”。当年 11 月 7 日大桥发生剧烈晃动而坍塌，所幸没有人在事故中丧生。当时，世界著名的空气动力学家、古根海姆航空实验室主任冯·卡门是事故调查组的成员。他在加州理工工学院的风洞实验中证明，导致钢筋铁骨的大桥发生垮塌的原因竟然是当时速度不到 20 米/秒的风！



重建的塔科马海峡大桥

空气动力学的研究表明，当风横吹过大桥时，在一定的风速范围内，越过大桥的气流会周期性地产生两串平行反向涡旋，即所谓的“卡门涡街”。当每个涡旋从被绕的物体表面分离时，物体就会受到一个作用力，连续涡旋的出现会对桥梁产生周期性的作用力，当作用力的频率与大桥振动的固有频率接近时，就会产生共振。这时大桥摆动的幅度越来越大，最终导致大桥垮塌。这次严重事故的出现使得桥梁工程在结构设计中开始认识到空气动力学的重要，此后所有的大桥以及超高层建筑的设计方案都必须经过风洞模型实验的安全验证。

类似的情况也会出现在大队人马以整齐的步伐通过一座桥梁时。如果齐步产生的同一周期性的作用力频率接近或等于桥梁振动的固有频率时，桥梁也会因共振而垮塌。1905 年，一支俄罗斯帝国的军队在齐步通过彼得堡附近的丰坦卡河大桥时，就导致了大桥垮塌的悲剧。在生活中常见的另一个例子是，



正在垮塌的塔科马海峡大桥

冯·卡门

冯·卡门 (1881—1963) 是美国力学家和空气动力学家，对现代航空和航天技术理论有杰出贡献。1929 年和 1937 年他两次访问清华大学，倡导并协助清华大学创立了中国的第一个航空工程专业。冯·卡门也是钱学森在加州理工学院的博士生导师，他们一起建立了亚声速流中适用的卡门-钱公式。

科学人

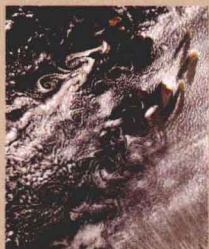


冯·卡门 (中)

找找卡门涡街

流体绕固体流动时，会在该物体尾流左右两侧产生成对的、旋转方向相反的涡旋，这是自然界中经常发生的现象。在登上一个山峰时，如果遇到一块矗立在大风中的岩石，在它的背风面，你可以用一张纸片或一根丝线试试那里的气流。由于风绕过岩石时在其背风面会形成涡旋，因此登山者并不宜在那里避风。同样，当空气不动而物体向前运动时，在物体后面也会出现涡旋。在汽车驶过时，我们可以观察到车后面被涡旋卷起的尘土。

实验场



佛得角群岛影响了云层，出现了卡门涡街

秋千摆动的频率如果与荡秋千人所施加的作用力频率一致，秋千就会越荡越高，反之秋千就很难荡得很高。（朱克勤）

为什么会有“野渡无人舟自横”的现象

“独怜幽草涧边生，上有黄鹂深树鸣。春潮带雨晚来急，野渡无人舟自横。”

这首脍炙人口的《滁州西涧》，为唐代诗人韦应物任滁州（今安徽省滁州市）刺史时所作。“春潮带雨晚来急，野渡无人舟自横”，意思是郊野渡口拴着的一条无人驾驭的小船，在晚潮加之春雨形成的小河湍急的流动中，横在河里，随波荡漾。这里形象又真实地描绘了在河中荡漾的小船，为了处于一个稳定的平衡位置，它总要横在河中。

为什么在河中荡漾的小船总是要横在河里呢？在流体力学中，可以将小船简化作椭圆柱体，小船在顺向或横向河水流来（来流）时，虽都处于平衡位置，但它们稳定与否却大不相同。

在顺向来流情况下，如果由于某种原因，使船体与来流的夹角产生任一微小的偏转角度时，小船所受力矩会使得偏角越来越大，所以这个平衡位置是不稳定的。

当横向来流时，如果由于某种原因，使船体与来流的夹角产生任一小的逆时针偏转角度或小的顺时针偏转角度时，则小船所受力矩会使得偏角越来越减小，因此这个平衡位置是稳定的。

实验证实了以上分析的结果，说明椭圆柱体的长轴与来流相垂直时，确实处于稳定平衡位置。

这种关于静止小船平衡稳定性的情况，对于航行中的小船也是适用的。当小船顺着来流向前时，其平衡是不稳定的，为保持船的航向，舵手需要不断地调整操纵。这就是为什么一个划船的生手，总难以使小船笔直航行的原因。在初学划船时，船往往在水里打转转。而拴于郊野的无人

渡船，在湍急的来流中，总欲自横，在横向来流时的位置附近摆动。这就是出现“野渡无人舟自横”现象的原因。

当然，要考虑航行中小船的稳定性，还需要考虑小船的惯性。而这些内容就是近代导向船舰、飞行器在航行中运动稳定性的深入学问了。它是近代航海、航空、航天技术的理论基础之一。

“春潮带雨晚来急，野渡无人舟自横。”距今1200多年前的唐代诗人韦应物对船体稳定性作了细致入微的观察，仅用14个字便活脱脱地予以勾画，使我们不仅获得了美的享受，还从中体味出奇妙的自然规律。（王振东）



野渡无人舟自横



小船静止岸边时要垂直水流向

微问题

你见过共振的例子吗？

关键词

卡门涡街 共振 平衡