

INCREDIBLE PHYSICS

物理的玄机



为你解释生活中的奇妙现象。让你从不起眼的小事中，发现物理的神奇力量！

[俄] 贝列里门 著

吴超宇 吴真贞 编译



物理先驱贝列里门经典之作



天津科学技术出版社



INCREDIBLE PHYSICS

物理的玄机

【俄】贝列里门 著
吴超宇 吴真贞 编译

图书在版编目(CIP)数据

物理的玄机 / (俄罗斯) 贝列里门著; 吴超宇, 吴真贞编译. —天津: 天津科学技术出版社, 2009.8

ISBN 978-7-5308-2186-2

I. 物… II. ①贝…②吴…③吴… III. 物理学—通俗读物 IV. 04-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 152343 号

责任编辑: 刘丽燕 张婧

责任印制: 白彦生

天津科学技术出版社出版

出版人: 胡振泰

天津市西康路 35 号 邮编 300051

电话(022)23332398(事业部) 23332697(发行)

网址: www.tjkjcs.com.cn

新华书店经销

北京盛兰兄弟印刷装订有限公司

开本 710×1000 1/16 印张 17.25 字数 170 千字

2009 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

定价: 26.80 元

一·速度与运动	1
二·重力、重量、杠杆、压力	12
三·旋转、永动机	31
四·液体和气体的特性	43
五·热量	67
六·热能	76
七·光	86
八·光的反射与折射	91
九·单眼看与双眼看	114
十·声音和听觉	134
十一·热气	144
十二·水	149
十三·空气	157
十四·旋转	164
十五·相对运动	170

CONTENTS 目录

十六·电气	174
十七·游戏实例	179
十八·空气的阻力	199
十九·视觉	207
二十·光与色	221
二十一·巧用报纸	229
二十二·实验的休息时间	246
二十三·冰	252
二十四·重量和力	257
二十五·声音	268

CONTENTS 目录

INCREDIBLE PHYSICS

—— [一] ——

速度与运动

追逐时间

早上 8 点,飞机从远东的海参崴起飞,那么在同一天早上 8 点,飞机能抵达莫斯科吗?或许有人会说:“开玩笑吧!”其实,这是可以做到的。为什么呢?因为海参崴和莫斯科之间有 9 小时的时差。所以,只要飞机能在 9 个小时之内从海参崴飞到莫斯科,就会发生这种有趣的现象。这两个城市之间的距离大约是 9000 公里,除以 9 就是 1000 公里。所以,只要这架飞机的速度能达到 1000 公里/小时,就完全可以做到这一点。现在的喷气式飞机就已经具备了这种飞行能力。

要是在北极圈内,飞机甚至不用 1000 公里的时速就能赶上太阳西行(地球自转)的速度。比如,在新地岛(Nouaya Zemlya,北纬 77°)上,飞机的时速只要能够达到 450 公里,就能赶得上太阳。这时,飞机上的乘客就会感觉太阳是静止不动的,一直都在一个位置(当然,前提是飞机的飞行方向必须和太阳西行的方向一致)。

千分之一秒

对人类来说,千分之一秒是非常短暂的,几乎是无法感觉到的瞬间。在我们的日常生活中,只有在最近几年,千分之一秒才对人们的生活产生影响。古代人一般是根据太阳的高度或影子的长度来测算时间的

(图1),当初他们肯定没想到,今天的科学技术已经进步到能准确地测量出“分”了。在古代,“分”是非常小的时间单位,对人类悠闲的生活来说,根本就不起什么作用,所以人们认为“分的测定”是没有意义和价值的。当时的计时器(日晷、水钟、沙漏等)(图2)上也没有分的刻度。一直到了18世纪,分针才出现在钟表的刻度盘上。至于秒针的出现,那是19世纪以后的事了。

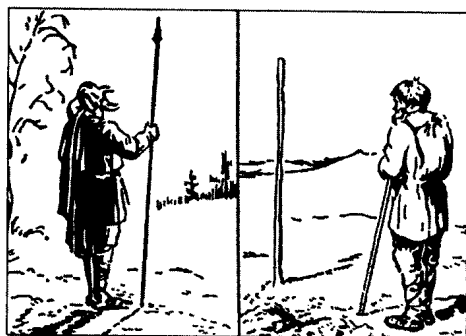


图1:太阳的位置(左)和影子的长度(右)是古代测定时间的方法

千分之一秒,这么短暂的时间里究竟会发生一些什么事呢?或许你觉得千分之一秒只是一刹那,根本就不可能发生什么事。其实不然,就在这一刹那,能发生的事太多了:火车可前进3厘米,声音可传播34厘米,飞机则可飞行50厘米;此外,在千分之一秒中,地球在公转轨道上可移动30米,而光束则能前进300公里。

对人类周围的小动物而言,千分之一秒就不是很短的时间了。尤其是昆虫,它们更能体会到千分之一秒。就拿蚊子来说吧,在一秒钟内,它的翅膀可上下摆动500~600次,也就是说,千分之一秒内,蚊子可以摆动一下(半次)翅膀。

人类是无法跟昆虫相比的,我们不能使身体的局部做如此快速的运动。在人类身上,最快的动作就是眨眼睛了,因此,用“瞬间”或“一瞬”形容非常短暂的时间。因为眨眼睛的速度极快,所以在眨眼睛时不会影响人类看外界的东西。眨眼虽然是人类最快的运动,但是若以千分之一

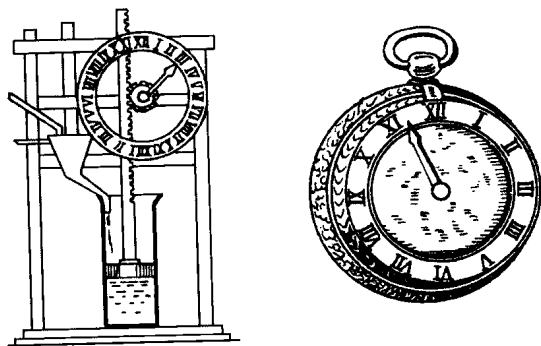


图2:古代的水钟(左)和怀表(右)都没有设置分针

秒为单位来衡量,眨眼这运动也显得很慢了。据可靠实验数据得知,眨一次眼睛平均需要 $2/5$ 秒,也就是千分之四百秒。如果按眨眼睛的顺序,对眨眼的动作进行分解如下:首先,开始闭上眼睛($0.075 \sim 0.09$ 秒);其次,眼睛完全闭上($0.13 \sim 0.17$ 秒);最后,眼睛睁开(约 0.17 秒)。由此可见,尽管这些动作都是在“一瞬”间完成的,但是,眼皮却还是有相当充裕时间休息的。如果我们想对千分之一秒有更明确的体会,不妨以眼皮下垂终止的时间为依据,就可明白眼皮上抬、下垂这两种运动的速度,从而更准确地体会到“瞬间”的意义。

如果人类神经构造的精确度能达到千分之一秒,我们就可以看到大千世界里很多原来被忽略的奇妙景象。英国作家 H. G. 威尔斯在他的短篇著作《最初的加速剂》中,有着非常详细生动的描述。小说的主人公喝下一种神奇的药,这种药能对神经系统产生作用,使主人公的感觉器官变得非常的灵敏,甚至能感觉到高速运动中的物体的每一个细节。其中有一段是这么描写的。

“你觉得这个窗帘跟你以前看到的有什么不一样?”

我看着窗帘,发现窗帘像被冻住了似的,一动也不动,只有下摆保持着弯曲的形状,可能是由于风吹的关系吧。

“我从来没见过这样的窗帘,太神奇了!”我回答。

“那么,这个呢?”吉贝恩先生说完随手拿起桌上的茶杯,然后把手

4 物理的玄机·[一]速度与运动

放开。

我原本以为茶杯会掉到地上,然后摔成碎片,但是奇怪的现象发生了,茶杯就像静止的一样,没有落到地上。吉贝恩先生问我,你是不是觉得茶杯是浮在空中的。

“你是不是想说,物体落向地面时,第一秒不是就会下落5米吗?没错,现在,茶杯也正是以这个速度往下掉的。但是,从刚才到现在所经过的时间还不到百分之一秒呢。因此,你现在应该明白我所谓的‘加速剂’,究竟能产生什么作用了吧!”

吉贝恩先生慢慢伸出手,我看见茶杯缓缓下落的过程中,他的手指也可以随着茶杯慢慢移动。

我把视线转到了窗外。街上骑自行车的人,居然一动都不动,就好像被冻结一般,就连自行车扬起的灰尘也是静止了一样,尾随后面。这时,我看到了一辆似乎一动也不动的马车……我发现无论是车轮上端、马蹄、马鞭前端还是骑马者打哈欠的动作,都十分缓慢。除了这些交通工具外,其他一切景象也都静止了,车里的乘客就像雕塑一样……街上还有一个逆风而行的男人,他正试图把手中的报纸折起来,可是,他的动作看来相当的吃力,而且出奇的迟缓,可是周围好像一点风都没有。

我明白了,原来当“加速剂”渗透到我体内的时候,我所看见的事物,对其他人或整个宇宙而言,只是在瞬间所发生的事,但是我却可以很清楚地看清这瞬间所发生的事情。

如果用现在的科学方法,究竟能测量出多短的时间呢?相信读者都很想知道。在20世纪初期,以当时的科技水平只能测出万分之一秒;现在,物理学家们在实验室中,已成功地将时间分解至千亿分之一秒。更直观地说,千亿分之一秒的意思就是“如果将1秒放大到3000年,那么,千亿分之一秒就相当于我们现在所说的“1秒”。

时间放大镜

威尔斯在写《最初的加速剂》的时候,他肯定也没想到书中所描述的一些奇妙的情况,在现实生活中居然能实现!不过,在那个时代,威尔斯凭空想出那些子虚乌有的现象,也是需要非常敏锐的观察力的。下面我们就来介绍一下他书中所提到的“时间放大镜”。

威尔斯所说的“时间放大镜”指的是一种特殊的摄像机,这种摄像机加快了拍摄速度,是一般摄像机的4倍,因此,如果一般的摄像机每秒钟拍摄的底片是24格的话,“时间放大镜”就可以拍摄出96格,当这些底片在投影机上放映时,画面上景物的动作,可比普通摄像机的速度慢 $\frac{3}{4}$ 。

利用同样的原理,它还可拍摄另一种镜头——Slow-motion video——这种镜头所拍摄的动作,也是属于慢动作的一种,它的原理是这样的:反复拍摄2~5格的画面,让这些画面看起来像是被固定了一样,这和威尔斯所描述的景象非常接近。

地球在什么时候公转的速度最快

巴黎某报纸登过一则广告,内容是这样的:“你想进行星际旅行吗?只要你付25生丁(Centime,法国及瑞士的钱币单位,相当于1%法郎)。”

有一个很老实的人看到了这则广告后,立马寄出了25生丁,后来他收到这样的一封回信:“现在,请你静静地躺在床上,脑中想着地球自转的情形,按照巴黎所处的纬度(北纬 49°)来算,你一昼夜可走上2.5万公里以上,所以请好好地享受这个神奇的旅行吧!如果你还想欣赏沿途的风景,那就请拉开窗帘,你将看到物转星移的奇妙景观。”

很显然,这是一则骗人的广告。最后,登广告的人被控犯欺诈罪,被判处罚款。在他被判刑的时候,他还以自以为幽默的口吻引用伽利略的名言说道:“可是,地球确实是在转动啊!”

但是,从另一个角度来看,广告上说得也是有道理的!我们生活在地球上,不正是随着地球的公转而随时都在做“星际旅行”吗?

众所周知,地球绕着太阳公转的同时,也在以每秒 30 公里的速度自转。

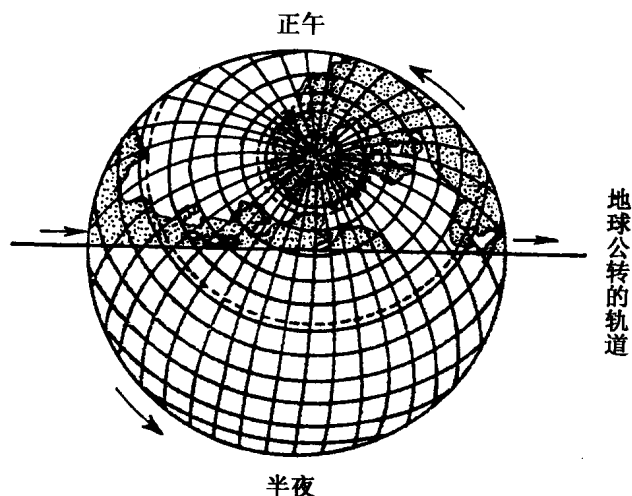


图 3:地球上处于夜晚那一侧的人绕着太阳转的速度,比在白天一侧的人快

不知大家有没有想过这个问题:地球是白天转得快,还是晚上转得快呢?地球在太阳系进行了两种运动,一个是绕着太阳公转,另一个是以地轴为中心自转。由于这两种运动是同时进行的,因此地球的光明面和黑暗面的转动速度是不一样的。从图 3 可以看出,黑暗面的运动速度等于自转速度加公转速度,而光明面是等于公转速度减去自转速度。也就是说,人类在太阳系中的相对运动速度,半夜要比中午快。

在赤道上的每一个点都是以每秒 0.5 公里的速度在自转的,因此,赤道上中午和半夜的速度差约为 $0.5 \times 2 = 1$ 公里。在圣彼得堡(北纬 60°),白天和黑夜的速度差为 0.5 公里,也就是说,住在圣彼得堡的人,在太阳系中运动半夜比中午每秒快 0.5 公里。只要是学过几何学的人都可以很容易计算出。

车轮上的谜底

把一张五颜六色的色纸贴在货车的车轮(或自行车的轮胎)上,然后转动车轮,你可以看到一个奇妙的现象:色纸转到车轮下方时,可以很清楚地分辨出色纸上的颜色,当色纸转到车轮上方时,颜色就模糊不清了(这样看来,车轮上方似乎转动得比下方快)。此外,仔细观察行驶中车辆的轮胎,上下辐条转动时也可以看到相同的现象,上方的辐条好像紧贴在一起分辨不清,而下面的辐条,则一根一根看得很清楚,就好像上面转得比下面快。

怎么会有这种奇怪的现象呢?事实就是,旋转中的车轮,上面确实转得比下方快。乍看之下,或许你会说:“这怎么可能!”但只要仔细想一想,便可明白这个道理。因为滚动中的车轮上接触地面的各点,同时进行着两种运动:一方面绕着车轮中心旋转,另一方面,随着车轮的前进而向前运动。这个运动现象与上面所讲的地球的运动是一样的,都是由两种运动的合成,结果造成了车轮上、下运动速度不同。在车轮上方,旋转运动和前进运动的方向相同,所以车轮转动的速度等于旋转速度加上前进速度;而在车轮下方,旋转运动和前进运动的方向相反,所以车轮转动的速度等于旋转速度减去前进速度。所以,我们就观察到了上述的现象:当一个人在静止的时候观察车轮,会发现车轮上方转得比下方快。

我们可以来做个简单的实验,从实验中可以更加深刻地理解这个现

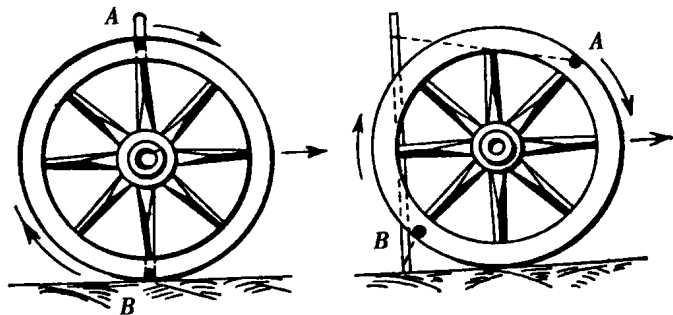


图4:车轮在转动时,比较车轮上A点和B点与木棒的距离,很容易得出车轮上方旋转比下方快

象。把一根木棒竖立在静止的货车旁,木棒与车轮辐条的方向一致,然后在车轮的最上方和最下方,用粉笔在与木棒相对的上、下轮缘处做记号,分别记为 A 和 B 。然后,开始转动车轮,让车轮向右滚动。当车轴距离木棒 20~30 厘米时,我们观察两个记号移动的情况,可以发现, A 点距木棒的距离大于 B 点距木棒的距离(图 4)。

车轮上转得最慢的地方

通过上面的实验,我们可以得出一个结论:滚动中的车轮,它上面的每一点的转动速度都是不一样的。

那究竟车轮转动最慢的点是哪一点呢?想一想就知道,与地面接触那一点的速度是最慢的。甚至可说车轮与地面接触的这个点是静止的。

到目前为止,我们上面所做的实验都只是针对在地面上前进的车辆。如果是在空中飞行的飞轮(轴是固定的),因为飞轮只有旋转运动,所以轮子上各个点都是以相同的速度运动,也就不存在速度不一样的现象了。

难 题

在这里,我们还要提出一个同样很有趣的问题:一辆火车从圣彼得堡开往莫斯科,如果火车由莫斯科返回圣彼得堡时,在铁轨上是否也存在一个动点呢?

通过上述实验,我们可以得出一个结论:每个车轮都存在这样的动点。但是这个点究竟是在车轮上的哪个地方呢?

众所周知,在火车的车轮上都会有一个凸缘(flange),当火车前进时,凸缘下方的点相对于轴或车是往相反的方向运动的,也就是后退的(图 5)。

通过下面这个实验,我们将会很容易明白这个原理。这个实验需要

用到的工具有小圆板、硬币或纽扣、火柴棒、黏胶等。如图 6 所示,我们要先做一些准备工作,首先把火柴棒用黏胶固定在小圆板上,一端固定于圆板的中心,另一端则伸到圆板外(在火柴棒上分别做 F 、 E 、 D 三个记号);然后,将圆板放在定木上,圆板与定木接触的点记为 C 点。做完这些工作后就可以开始做实验。向左滚动圆板,仔细观察火柴棒上露出圆板的 F 、 E 、 D 三个点,我们会发现这些点的运动方向跟圆板的方向是相反的,也就是向右移动。而且,比较一下这三个点的运动情况,我们会发现火柴棒上距离圆板边缘越远的点后退的距离就越大。例如 D 点移动到 D' 点。

所以,火车车轮就相当于圆板,凸缘部分就相当于火柴棒,火车前进的情况跟上述实验的现象是一样的。现在,如果有人问你:火车车轮上有没有“只后退的地方”时,你还会觉得奇怪吗?但是需要特别说明的是,这种运动现象只会在极短的时间里发生。即使这样我们还是要承认一个事实,那就是前进的火车上存在后退的部位,从图 5 和图 7 中我们可以很清楚地观察到这个现象。

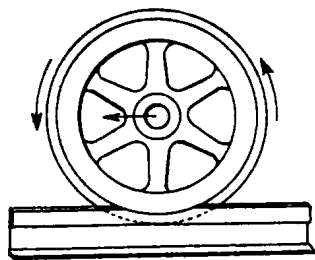


图 5:当火车车轮向左滚动时,凸缘部分就朝相反方向也就是向右移动

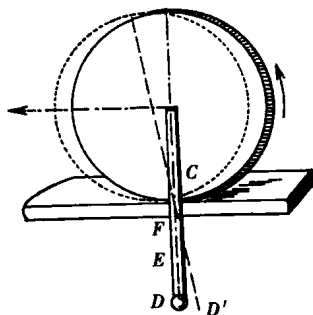


图 6:圆板向左滚时,火柴棒露出圆板部分的 F 、 E 、 D 各点就朝反方向的右边移动

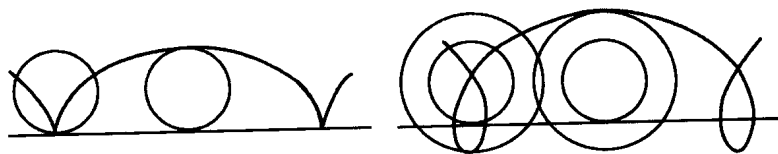


图 7 左:车轮上各点的运动曲线(摆线、螺旋线)

右:车轮凸缘部分各点的运动曲线(余摆线、轨迹线)

游艇是从哪里来的

如图8所示,有一艘小船在湖面上划行,箭头 a 的方向指的是小船前进的速度与方向。现在,湖面上有一艘游艇将横穿湖面,游艇的划行路线将会穿越小船的划行路线,箭头 b 指的就是游艇的划行方向与速度。这时如果有人问你:“游艇是从哪个方向驶来的?”相信大多数的读者都会回答:游艇来自对岸的 M 点。但是对于坐在小船上的人来说,游艇又是来自另一个方向。为什么呢?

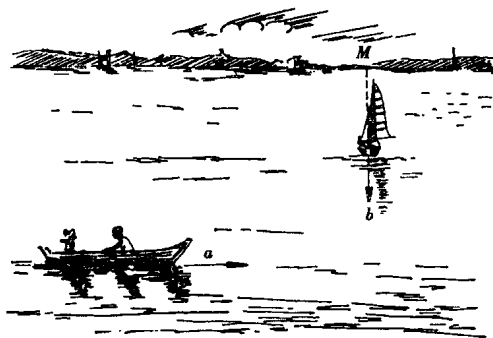


图8:游艇从 M 点出发,航行路线跟小船的航行路线是垂直的。箭头 a 和 b 表示航行速度与方向。那么,对于小船上的人来说,游艇是朝哪个方向划行的呢?

小船上的人看游艇的划行方向跟自己的航线是不会成垂直关系的,这与岸上的人看到的结果是不一样的。其实这个原因很容易想明白的。小船上的人相对小船来说是不动的,那么不妨设小船是静止的,那么岸上及小船周围的景物等都会以跟小船相同的速度,往箭头 a 反方向移动。因此,游艇不仅朝箭头 b 的方向前进,同时也朝着虚线箭头 a 的方向前进(图9),根据平行四边形法则,相对小船的方向就是对角线的方向。所以小船上的人看到的游艇不是从对岸的 M 点驶来的,而是从斜方向的 N 点驶来。

小船上的人会看错游艇出发的地点。由于地球的公转,所以人类在定位星星的时候也会产生同样的错觉,从而导致无法正确地判断出星星

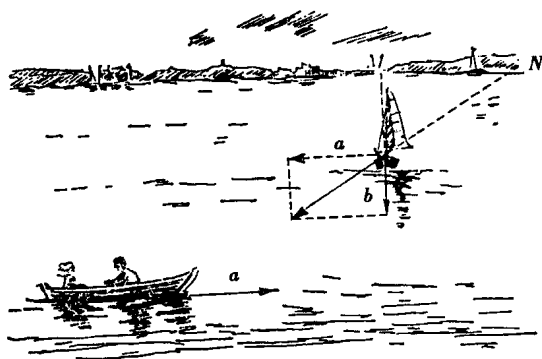


图9:在小船上人的眼中,游艇的航行路线不是与小船的航行路线垂直,而是从 N 点做斜方向的前进

的位置。也就是说,我们平时所看到的星星的准确位置是地球运动方向的稍前方。当然,地球公转的速度远小于光速(大概是光速的万分之一),因此,人类所看到的星星与实际的位置也只是差一点点,这个误差是可以忽略不计的。这种微小的误差,通过天体望远镜可以观察到。这种现象一般称为光行差。

倘若读者对这一类的问题有更深兴趣,可以来做一下下面几个题(小船、游艇的运动跟上面的一样)。

(1) 对于游艇上的游客来说,小船是朝哪个方向行驶?

(2) 对于游艇上的游客来说,小船将向什么地点前进?

为了更好地解释这两个问题,在做题之前,先以箭头 a 和箭头 b 为边,画一个平行四边形和对角线来表示分速度和合速度的方向。平行四边形的对角线就是小船的行驶方向,所以游艇上的游客眼中的小船是以斜方向驶向对岸。

重力、重量、杠杆、压力

怎么站起来

如果有人说：“不需要任何固定方法，有一种坐姿将使人坐下去后就站起不来了。”相信肯定会有人说：“这怎么可能，开玩笑吧！”但是图 10 所画的这种坐姿就使你无法从椅子上站起来。



图 10：这种坐姿能使你无法从椅子上站起来

如果不相信，你可以照着做个实验验证一下。如图 10 所示，找一把和膝盖等高的椅子坐下来并同时保持上半身和双脚与地面垂直，坐好以后，保持身体静止。这时，你试着站起来看看，身体和脚都不能向前后移动哦！怎么样？站不起来吧，无论你使再大的劲也没用。但是，只要你将双脚缩入椅下或上半身向前倾斜，就可以很轻松地站起来了。

在解释这个现象之前，我先来说明一下物体特别是人身体的平衡问