

魔鬼物理学

1

隐藏在日常生活背后的
物理学知识

[美] 詹姆斯·卡卡里奥斯◎著
(James Kakalios)

鲁冬旭◎译

THE PHYSICS
OF EVERYDAY
THINGS

The Extraordinary Science Behind an Ordinary Day

在电动牙刷、导航仪、冰箱和
飞机里找到隐藏的物理学奥秘

中信出版集团



鬼魔物理学

1

隐藏在日常生活背后的
物理学知识

[美] 詹姆斯·卡卡里奥斯◎著
(James Kakalios)

鲁冬旭◎译

图书在版编目 (CIP) 数据

魔鬼物理学 . 1, 隐藏在日常生活背后的物理学知识 /

(美) 詹姆斯·卡卡里奥斯著; 鲁冬旭译. -- 北京: 中信出版社, 2018.2

书名原文: The Physics of Everyday Things: The

Extraordinary Science Behind an Ordinary Day

ISBN 978-7-5086-8413-0

I. ①魔… II. ①詹… ②鲁… III. ①物理学 - 普及
读物 IV. ① O4-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 292248 号

The Physics of Everyday Things: The Extraordinary Science Behind an Ordinary Day by James Kakalios

Copyright © 2017 by James Kakalios

Simplified Chinese translation copyright © 2018 by CITIC Press Corporation

ALL RIGHTS RESERVED

本书仅限中国大陆地区发行销售

魔鬼物理学 1: 隐藏在日常生活背后的物理学知识

著 者: [美] 詹姆斯·卡卡里奥斯

译 者: 鲁冬旭

出版发行: 中信出版集团股份有限公司

(北京市朝阳区惠新东街甲 4 号富盛大厦 2 座 邮编 100029)

承 印 者: 北京画中画印刷有限公司

开 本: 880mm×1230mm 1/32

印 张: 7.75 字 数: 165 千字

版 次: 2018 年 2 月第 1 版

印 次: 2018 年 2 月第 1 次印刷

京权图字: 01-2018-0168

广告经营许可证: 京朝工商广字第 8087 号

书 号: ISBN 978-7-5086-8413-0

定 价: 49.00 元

版权所有·侵权必究

如有印刷、装订问题, 本公司负责调换。

服务热线: 400-600-8099

投稿邮箱: author@citicpub.com

献给杰夫·纳什和卡米尔·纳什，以及奥古斯塔·彼得森；
感谢你们让我看到，平凡的每一天也可以过得不平凡。

第 1 章 起床啦！ 〰—— 001

清晨，你前一晚设定的闹钟准时把你叫醒；而 10 分钟之前，你的咖啡机已经开始工作了；你一边收听节目，一边吃早餐；这时你突然意识到自己还没有刷牙，于是赶紧冲进浴室，从充电基座上拿起电动牙刷……

第 2 章 开车进城去！ 〰—— 029

你乘坐电梯来到地下车库，按下无钥匙遥控器打开车门，启动那辆油电混合动力汽车；你在汽车内置的导航系统中输入医生办公室的地址，按照提示向那儿开去……

第 3 章 看医生 〰 055

你乘坐**电梯**来到医生办公室，将平板电脑连上这座大楼的无线网络，护士用**温度计**给你测量体温，一位技术人员给你做 X 射线扫描，医生告诉你，你还得做**超声波扫描**并注射可的松……

第 4 章 去机场 〰 085

你进入机场的停车场，在**电子停车票读取器**前刷了一下信用卡；你突然发现自己忘了带现金，于是就近找到一台自动取款机，点击**触摸屏**取出 100 美元。你在安检处停下来，和人流一起经过一个**金属探测仪**……

第 5 章 坐飞机 〰 113

飞机在跑道上加速，机身朝天空上方抬升，很快，飞机就在空中平稳地飞行了。窗外的景色美极了，你拿出手机，拍下云朵的照片。你戴上**耳机**，打算观看视频打发剩下的时间……

第 6 章 做商业报告 〰 139

你用 **USB 闪存盘** 将文件传输至会议室的计算机，为了和听众更好地互动，你用**复印机**将材料复印了多份；你将计算机与 **LCD 投影仪**相连，很快，报告就要开始了……

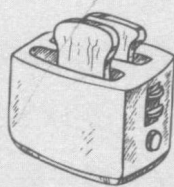
第 7 章 留宿酒店 173

你用酒店前台交给你的**近傍型卡**打开房门，接着用**遥控器**打开墙上的**平板电视**，你选择了科幻电影《回到未来》，里面会飞的汽车令人惊叹……

致 谢 203

注 释 207

图片说明 235



第1章 起床啦!



清晨，你在床上睡觉。你的呼吸均匀有规律，你的脉搏平稳，这两种节奏标志着时间正悄然流逝。很快，你就要起床开始新的一天了。今天将是忙碌的一天，你先要去医生那里就诊，然后还要乘飞机去另一个城市做商业报告。你的墙上挂着一个旧时钟，那是祖母送给你的礼物。钟摆有节律地来回摆动，同时发出令人安心的嘀嗒声。虽然墙上的这面时钟已经有很好的计时功能了，但你还是需要智能手机上的闹钟来叫你起床。然而，在这新的一天中，你的第一种感觉并不是来自听觉，而是来自嗅觉。昨天晚上，你提前把咖啡机的**数字计时器**设定好，因此，在智能手机的闹钟铃响之前10分钟，这台咖啡机已经自动开始为你制作咖啡了。你的房间里充满了新鲜咖啡的香味，你慢慢醒来，准备起床。

不管是墙上的时钟，还是咖啡机中的数字计时器，都依赖于一种十分优雅的机械运动——摆锤振荡。在你准备开始新的一天

的过程中，你会用到许多电器和设备，而如果没有摆锤振荡，这些电器和设备都将无法工作。

摆锤是一种非常简单的机械装置¹，它的主要部件是一根弹簧，弹簧的一端是固定的，另一端则悬着一个重物，我们称这个重物为“摆球”。当摆球振荡的时候，我们就能够直观地看到物理学中最重要的原理之一——能量守恒定律。随着摆球的振荡，动能（物体做机械运动产生的能量）会被转化为势能（取决于作用于物体上的力，以及这个力能够使物体移动的距离），然后势能又被转化为动能，如此不断循环。要想让摆球振荡起来，你首先要将摆球拉高，以此来增加摆球的势能，在这个过程中，你克服重力做功，然后重力会将摆球拉回较低的位置。随着摆球因重力下落，摆球将沿着半圆弧的轨迹运动，摆球的势能被转化为动能。而当摆球到达最高点时，这种动能又再次被转化为势能。如果你释放摆球且不再推动它，那么摆球将永远也回不到起始点的高度。

摆球可以被用来计时。在摆球振荡的过程中，它完成一个完整周期所用的时间与摆球的质量无关，也与摆球开始下落那一点的高度无关。摆球开始下落的点越高，它运动时划过的圆弧轨迹就会越长，它在最低点处所具有的动能越大，速度也会越快。摆球运动距离的增加和速度的增加正好相互抵消，因此不管你把摆球拉到多高，它完成一个振荡周期所用的时间都是不变的。影响摆球运动周期的唯一因素是弹簧的长度。如果一个摆锤的弹簧长

度恰好比 10 英寸^①短一点儿,那么这个摆锤完成一个完整的运动周期所需要的时间就约为 1 秒钟。随着摆球发生振荡,摆球上的部分动能转移到了周围的空气中,因为在振荡的过程中,摆球必须推开“挡路”的空气分子。如果进行仔细分析,我们就会发现,空气获得的动能正好等于摆球损失的能量。因为这种空气阻力的存在,所以所有的机械钟(不管是老式机械钟还是其他机械钟)都必须定期上发条才能继续运转。

咖啡机中的数字计时器与机械摆锤一样,要想度量时间的流逝,不仅要有能量来源(因为做任何事情都需要能量,包括读秒这样简单的活动也不例外),还需要把能量转化成周期性变化的方式。要想让咖啡机中的计时器工作,你必须先把咖啡机的插头插入电源插座,这样咖啡机就与一个外部电网连接在一起了。发电厂发出的电可以自动为摆锤振荡提供电流,因此我们才可以十分方便地使用咖啡机中的数字计时器。

电力公司让线圈在巨大的磁极之间转动,就产生了交流电。抛开复杂的发电过程不谈,我们还是回到简单的机械摆锤上来。现在,我们让弹簧一端的摆球带上一点儿电荷,比如,我们让这个摆球带几个电子。在这种情况下,即使这个摆锤的支点没有任何摩擦,且它在真空环境中振荡(也就是说没有任何空气阻力),它的振荡速度仍然会逐渐变慢,并且最终会完全停止运动。那么,

① 1 英寸 $\approx$ 2.54 厘米。——编者注

摆球的能量去哪里了呢？答案是：摆球的能量变成了电磁波。这种现象说明，电场和磁场之间具有一种十分广泛的对称性，在你每天的生活中，你会不停地用到这种对称性。

电荷的运动形成电流。随着带电摆球左右摇摆，电流也在不断地变化。当摆球运动至圆弧轨道的最低点时，摆球的速度最快，电流也最强；而当摆球运动至圆弧轨道的最高点时，摆球的速度为零，电流也为零（见图 1）。电荷的运动不但会产生电流，还会产生磁场（安培定律）。电荷的运动速度越快，所产生的磁场强度也越大。于是，摆球在左右摇摆的过程中创造出不断变化的电流，也产生了一个随电流一起变化的磁场（法拉第定律），这个变化的磁场又产生了一个变化的电场。电场和磁场的有规律振荡被称为电磁波，其频率和摆球的振荡频率相同。电磁波携带着能量，所以产生电磁波需要消耗能量。因此，上文谈到的带电摆球最后会逐渐停止运动，因为摆球的动能转化成了电磁波的能量。如果这个摆球左右摇摆的速度足够快（比如频率达到每秒 10^{15} 次），我们就可以用肉眼观察到它发出的电磁波。在这种情况下，电磁波会以可见光的形式出现。

事实上，电力公司在发电的时候就用到了这种通过周期性振荡来产生电磁波的物理学原理。电力公司把线圈放入磁极之间并使之转动²，从而产生交流电，再把电输送到千家万户墙上的电源插座之中。电力公司输送到千家万户的电具有这样的属性：电压随着时间平滑地变化，从正电压变成负电压，再从负电压变回正电压，

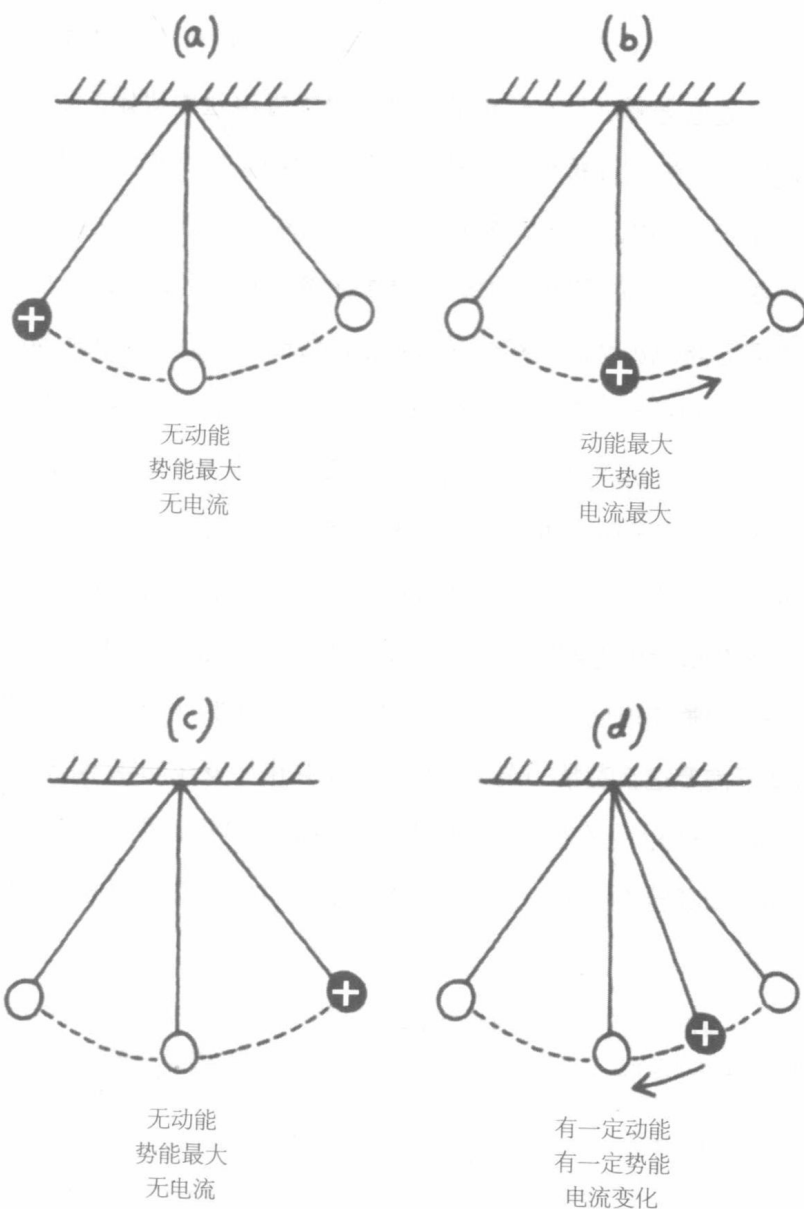


图 1

如此不断循环。从数学上看，这种波的形式与摆球振荡所形成的波是一样的。（因此，我们使用的电被称为交流电。）电力公司输出的交流电之所以具有这样的特征，是由发电过程决定的。发电厂运用的物理定律被称为法拉第定律，法拉第定律描述了变化的磁场如何产生电流。随着线圈的旋转，线圈内的圆形磁场也在不断发生变化，于是就产生了电流^①。把线圈想象成直径较大的一轴线，当线圈面向磁极时，大部分磁感线穿过线圈，而当线圈旋转 90 度后，则几乎没有任何磁感线能够穿过线圈。因此，当线圈匀速旋转的时候，就会产生一个随时间均匀变化的电流，这个电流与摆球左右振荡所产生的电流是一样的。在美国，发电厂的线圈每秒旋转 60 次，因此，我们所使用的交流电的频率也是每秒 60 次。

来自墙上的电源插座中的电压每秒变化 60 次，也就是说，完成一个完整的周期只需要 0.016 7 秒。然而，咖啡机中的数字计时器却不需要这么高频的电压变化。为了让电压变化的频率慢下来，计时器会使用一种专门设计的芯片，这种芯片的功能相当于收音机中的调频器^②。³ 第一块芯片将输入信号的频率变成原来的 1/10，

① 发电厂利用高压蒸汽来转动线圈。为了产生这种高压蒸汽，必须把水加热到沸腾状态，这个过程可以通过燃烧煤炭或天然气、利用生物能源或核反应能来完成。但是，不管发电厂使用什么燃料，发电的基本原理都是一样的。

② 具体来说，这类芯片的工作原理是在原有的信号上加上另一种频率的信号（这种方法叫作“外差法”）。这样就产生了两种振荡波，其中一种振荡波的频率较高，为两种信号的频率加总，而另一种振荡波频率较低，为两种信号频率的差值。然后，通过一个滤波器，就可以过滤出频率较低的那组振荡波。

当电压通过这块芯片时，频率就从原来的每秒 60 次降至每秒 6 次。然后，第二块芯片又将电压的振荡频率变成原来的 $1/6$ ，于是刚才产生的每秒振荡 6 次的频率又被进一步降低，变为每秒振荡 1 次。接着，信号被送到第三块芯片处，这块芯片的功能是计算达到最大正电压值的次数（这相当于计算摆球再次回到起始点的次数）。事实上，这第三块芯片起到了读秒的作用。然后，再通过一些简单的电路系统，我们就可以把这个信息显示在一个数字时钟上。当你设置咖啡机中的数字计时器时，事实上你是在命令一块芯片开始读秒，当芯片记录的秒数达到一个事先设定好的数值时，计时器就会向咖啡机电路的其他部分发出一个电压信号。这个电压信号与你将咖啡机的开关拨到“开”时产生的电压信号完全一样。因此，收到这个电压信号的咖啡机就会开始工作，为你煮制咖啡。

我们将咖啡机连接上电源，并设定好时间，上述计时系统就开始工作。如果咖啡机没有与电源连接，这些设置信息就会丢失。那么，如果数字计时器未与墙上的交流电电源相连，它又是怎样工作的呢？



当咖啡的气味飘入你的卧室时，你虽然尚未完全苏醒，却也感知到了这种怡人的香味。在前一天晚上，你不仅设定了咖啡机的计时器，还设定了智能手机上的**闹钟**功能，以确保自己可以按时起床。到了你设定的起床时间，你的智能手

机便会播放一段旋律，这段音乐存储于手机的记忆芯片上。听到闹铃声以后，你一边拿起手机看时间，一边发出抱怨的声音，因为今天你起床的时间比平时要早。你很想点击手机屏幕上的“贪睡”键再睡一会儿，但是，今天不行了。你一边闻着咖啡的香气，一边看着卧室角落里的行李箱，这是你昨晚收拾好的。你告诉自己今天将会是漫长的一天，并不情愿地离开了舒适的床铺。你把双脚放到地上，然后站了起来，当你的体重压在左脚上时，你因为疼痛而微微地缩了一下脚。你想，今天该去医生那里检查一下左脚了。

怎样才能让一个未连接电源的设备保持计时功能呢⁴？这是一个古老的问题。事实上，早在人类发明电这种能源之前⁵，这个问题就已经存在了。老式闹钟使用弹簧来解决这个问题，当钟面上的指针运动到一个特定的位置时，一根杠杆就会被弹起，释放此前处于压缩状态的弹簧，一根敲击棒会在两个金属壳之间来回振动，发出刺耳的声响。和老式闹钟相比，你的智能手机中的闹钟体积更小，铃声也不那么刺耳，但从工作原理上来说，智能手机的闹钟和老式闹钟是一样的。

智能手机用压电晶体⁶取代了老式闹钟中的机械弹簧。但是，我们是先有了简单的弹簧系统，然后才发明了压电晶体的技术。

弹簧是一种非常好的计时工具。如果你把弹簧的一端固定在天花板上，然后在弹簧的另一端挂上一个重物，重物就会将这个