

《连线》科学版流行网站物理学博主、  
路易斯安那州立大学物理学教授 瑞特·阿莱恩 口碑之作！

# 极客物理学 Geek Physics

*Surprising Answers to the Planet's  
Most Interesting Questions*

地球上最有趣的问题和最出人意料的答案




雷神的锤子真能带他飞吗？

超人可以一拳把人  
打飞到太空里去吗？

绿巨人浩克跳起来  
会砸坏路面吗？



[美] 瑞特·阿莱恩◎著  
杜磊 肖维青 刘中飞◎译

 时代出版传媒股份有限公司  
北京时代华文书局

---

## 有关此电子书的说明

本人可以帮助你找到你要的PDF电子书，计算机类，文学，艺术，设计，医学，理学，经济，金融等等。质量都很清晰，为方便读者阅读观看，每本100%都带可跳转的书签索引和目录，只要您提供给我书的相关信息，一般我都能找到，如果您有需求，请联系我 QQ1779903665。

PDF代找说明：

本人已经帮助了上万人找到了他们需要的PDF，其实网上有很多PDF，大家如果在网上不到的话，可以联系我QQ，大部分我都可以找到，而且每本100%带书签索引目录。因PDF电子书都有版权，请不要随意传播，如果您有经济购买能力，请尽量购买正版。

提供各种书籍的pd电子版代找服务，如果你找不到自己想要的书的pdf电子版，我们可以帮您找到，如有需要，请联系 QQ 1779903665.

**备用:QQ 461573687**

若以上联系方式失效，您可通过以下电子邮件获取有效联系方式。

E-mail : ebooksprite@163.com

E-mail : ebooksprite@foxmail.com

若您没有QQ通讯工具，请发送您的请求到 ebooksprite@gmail.com 与客服取得联系。

**声明：**本人只提供代找服务，每本100%索引书签和目录，因寻找和后期制作pdf电子书有一定难度，仅收取代找费用。如因PDF产生的版权纠纷，与本人无关，我们仅仅只是帮助你寻找到你要的pdf而已。

# Geek Physics

*Surprising Answers to the Planet's  
Most Interesting Questions*

## 极客物理学

地球上最有趣的问题和最出人意料的答案

[美] 瑞特·阿莱恩◎著

杜磊 肖维青 刘中飞◎译



时代出版传媒股份有限公司  
北京时代华文书局

图书在版编目 (CIP) 数据

极客物理学：地球上最有趣的问题和最出人意料的答案 / (美) 瑞特·阿莱恩著；杜磊，肖维青，刘中飞译. -- 北京：北京时代华文书局，2016.8

书名原文：Geek Physics: Surprising Answers to the Planet's Most Interesting Questions

ISBN 978-7-5699-1046-9

I . ①极… II . ①瑞… ②杜… ③肖… ④刘… III . ①物理学—普及读物 IV . ①O4-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 160333 号  
北京版权保护中心外国图书合同登记号：01-2015-7196

Copyright © 2015 by Rhett Allain. Licensed by Turner Publishing Company. All rights reserved.  
The simplified Chinese translation rights arranged through Rightol Media

(本书中文简体版权经由锐拓传媒取得 Email:copyright@rightol.com)

## 极客物理学：地球上最有趣的问题和最出人意料的答案

著 者 | (美) 瑞特·阿莱恩 著  
译 者 | 杜 磊 肖维青 刘中飞

出 版 人 | 杨红卫  
选题策划 | 阳光博客  
责任编辑 | 陈丽杰 袁思远  
装帧设计 | 阳光博客  
责任印制 | 刘社涛

出版发行 | 时代出版传媒股份有限公司 <http://www.press-mart.com>  
北京时代华文书局 <http://www.bjsdsj.com.cn>  
北京市东城区安定门外大街 136 号皇城国际大厦 A 座 8 楼  
邮编：100011 电话：010-64267120 64267397

印 刷 | 三河市华成印务有限公司 电话：0316-3521288  
(如发现印装质量问题，请与印厂联系调换)

开 本 | 710×1000mm 1/16  
印 张 | 17.5  
字 数 | 300 千字  
版 次 | 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷  
书 号 | ISBN 978-7-5699-1046-9

定 价 | 42.00 元

版权所有，侵权必究

## 第一章 真实的物理

失重到底是什么？ / 002

两车相撞和开车撞墙，谁的破坏力更大？ / 011

为什么冰雹那么可怕？ / 016

浮在水中的小球怎么称重？ / 020

$\pi$  会出现在与圆无关的场合吗？ / 025

世界人口增长，会把月球拉近地球吗？ / 029

为什么镜子成像是左右颠倒，而非上下？ / 032

## 第二章 超级英雄

绿巨人浩克跳起来会砸坏路面吗？ / 036

雷神的锤子真能带他飞吗？ / 043

如何计算美国队长的盾有多重？ / 050

超人可以一拳把人打飞到太空里去吗？ / 054

## 第三章 真实世界的物理

你需要用多少冰来冷却你的啤酒？ / 064

一栋房子能产生死亡射线吗？ / 068

一把扫帚如何做到直立不倒? / 071

车坠入湖，亚当的自救方式会不会反倒断送了自己的性命? / 075

造一架人力直升机难吗? / 079

移动一辆车要多少水? / 087

## 第四章 星球大战

光剑的能量源自何处? / 092

飞船越大，推进器就越大吗? / 098

如果 R2-D2 能飞翔，他的重量是多少? / 102

爆能枪的速度有多快? / 107

汉先发制人了吗？他能否后开枪? / 116

## 第五章 技术

光按键可以为手机充电吗? / 120

推特波能赶上地震波的速度吗? / 125

愤怒的小鸟 TM 里的物理有多真实? / 130

iPad 代替纸质飞行手册，能替航空公司节约多少成本? / 143

## 第六章 体育运动与物理

跳水究竟有多难? / 150

人能拉动卡车吗? / 153

8.9m 的跳远世界纪录受重力和空气影响有多大? / 158

能用线性回归来解释跳远世界纪录吗? / 163

十项全能如何统一计分标准? / 167

为什么游得越快越难? / 172

对于公路自行车赛而言，最陡的斜坡是多少度? / 175

## 第七章 真实的空间

宇宙飞船和潜水艇之间的区别在哪里？ / 180

把额外的糖果送入太空，需要多少能量？ / 184

用自动转移飞行器来建造死星并提供补给，可行吗？ / 189

## 第八章 疯狂的推算

冰激凌可以冷到一点食物热量都没有吗？ / 194

多少张纸币叠在一起能从地球叠到月球上去？ / 197

把火鸡从空中丢下去，能把火鸡烧熟吗？ / 201

你能按比例造出一个死星的乐高模型吗？ / 205

裹多少气泡垫从六楼跳下去才不会摔死？ / 209

香蕉真的可以发电吗？ / 214

你愿意和一只像马那么大的鸭子打架吗？ / 218

## 第九章 科幻巨制

你能开车撞开多少个僵尸？ / 222

为什么我们不能获得真正的飞行滑板？ / 228

如何给一个穿越时空的德劳瑞恩充电？ / 232

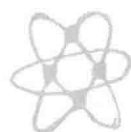
咕噜如何在黑暗中看见东西？它吃什么？ / 235

## 第十章 这会是真的吗？

人类能够像鸟儿一样用翅膀飞行吗？ / 248

阿诺·施瓦辛格到底是什么做的？ / 251

人下落的速度能比音速快吗？ / 257



# GEEK

## PHYSICS

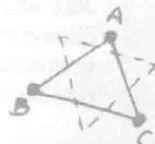
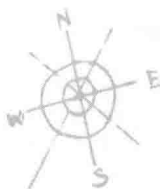


### 第一章

## 真实的物理



$$x_2 + 1x_3y_2$$





## 失重到底是什么？

当我还是一名大学生的时候，学习真实的物理内容之前，我都要阅读一本正儿八经教科书里的相关材料。然后，教授会就讲授专题，也许会讲解一些例子来加以辅助。最后，我们会去物理实验室和仪器打成一片，更深层地探索这些物理概念。这个学习方法本身固然无可厚非，但难道就没有更好的方法了吗？如果我们倒过来，从实验而非阅读开始我们的物理学习，又会如何？我们现在就以这样的方式开始吧。

如果你用身边智能手机上的应用程序 Google search 开始的话，这个实验做起来是最有趣的。打开这个程序，在里面搜索框里输入：为什么宇航员在太空里面会处于漂浮状态的？输入完毕后开始搜索，我的手机上会得到这样的一个官方答案，也许你和我得到的搜索结果雷同：

**Astronauts float around in space because there is no gravity in space. Everyone knows that the farther you get from Earth, the less the gravitational force is. Well, astronauts are so far from the Earth that gravity is so small. This is why NASA calls it microgravity.**

**Why Do Astronauts Float Around in Space? | WIRED**  
[www.wired.com/2011/07/why-do-astronauts-float-around-in-space/](http://www.wired.com/2011/07/why-do-astronauts-float-around-in-space/) Wired ▾

宇航员在太空里面漂浮的原因是太空里面没有引力。我们都知道，离开地球越远，地心引力就越小。宇航员离开地球的距离已经非常远了，以至于引力变得非常小。这就是美国国家航天航空局把这种情况称之为微重力的原因。网址：[www.wired.com/2011/07/why-do-astronauts-float-around-in-space/](http://www.wired.com/2011/07/why-do-astronauts-float-around-in-space/) Wired

点击这个链接，你会直接看到我写的博客。没错，是我就这个问题写了一番完全错误的解释。先别急，我这样是有目的的。解释失重问题时，很多人用的就是这个 google 引擎通过了的说法，可以说这是一个解释失重问题颇为流行的答案版本。而我就以这样一个错误的答案来开始对“失重”问题的探讨。上述这个 google 引擎给出的答案是站不住脚的，除此之外，我还有另外一个一样广泛为人所接受但也一样错误的答案“宇航员在太空里面失重，是因为太空里面没有空气”。

这两个为大众普遍接受的关于引力问题的概念到底哪里有问题？我们就从真空开始谈起吧。

月球就是一个存在引力但处于真空状态的绝佳例子。看一下阿波罗登月的录像你就会明白了。如果还不明白，需要稍微给点提示，那么你搜索一下约翰·杨<sup>(1)</sup>有名的“跳跃式致敬”即可。月球上根本没有空气，但宇航员却不因真空而漂浮移动。月球自身的引力仍然能给宇航员以一个向下的拉力而不至于任其到处漂浮。但考虑到月球本身质量较小，引力也相对较小，所以总让人误以为宇航员在月球上是漂浮着的，这直接导致我们认

---

(1) 约翰·杨 (John Young)，美国航天员，于 1969 年 7 月 20 日首次登陆月球。在登月过程中，他插好美国国旗，并跳跃式地向国旗敬礼。

为“宇航员在太空里面失重是因为太空里面没有空气”。

也许，宇航员在太空里漂浮不定，是因为他们离开地球太过遥远，地心引力在大小上不足以对宇航员产生显著的作用。为了回答这个问题，我们来了解一下引力。引力的经典模型是由牛顿提出的，它表明引力是存在于两个有质量的物体间相互吸引的一种作用力。这种力和两个物体质量的乘积成正比，和物体间距离的平方成反比，写成公式是这样的：

$$F_G = G \frac{M_1 m_2}{r^2}$$

万有引力常数  $G$  是适合于任意两个物体之间的普适量，其值为  $6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ 。那么那个著名的  $g=9.8\text{N/kg}$ （经常记作  $9.8\text{m/s}^2$ ）又是怎么回事？后者是单位质量地心引力的值，其适用范围仅限于地球表面，并不是一个“普适”的计算重力的值。

假如地面上有个物体与地球发生相互作用，地球的质量为： $5.97 \times 10^{24}\text{kg}$ ，地心到地表的距离为  $6.38 \times 10^6\text{m}$ （即地球半径）。把这些量代入上述公式，读者自己也可以算一下。得出结果了吗？计算结果  $6.67 \times 10^{-11} \times 5.97 \times 10^{24} \div (6.38 \times 10^6)^2$  正是单位  $\text{kg}$  质量上引力大小为  $9.8\text{N}$ 。

那么，万有引力公式不是说距离地球越远地心引力越弱吗？没错，但事实上并不如你想象的那样会减少那么多。普通绕地球做匀速圆周运行的航天飞船距离地球约  $360\text{km}$ 。假如一名航天员的体重为  $75\text{kg}$ ，他在地球表面和在环绕地球的轨道上分别受到的重力（或引力）分别为多少？两个答案在数值上的唯一差距，在于宇航员与地心之间距离不同造成的差异。

如果加以确切比较，他受到的重力在地球表面为  $734\text{N}$ ，在轨道上运行的时候为  $657\text{N}$ 。引力作用在轨道运行时变小了吗？变小是没错，但小到可以称之为“失重”吗？显而易见不是，轨道上的引力居然也达到了地面上引力值的  $89\%$ 。所以，“距离变大、引力变小导致宇航员失重”这一

说法是没有根据的，不能正确解释这种所谓的“失重”现象。

请你想一下我们平时是如何感受重力的。我可以直接告诉你，你现在感受到的并不是完整意义上的重力（假设你现在处于地球表面）。这里以两个电梯情景为例，进一步说明人在不同情景下对重力<sup>(1)</sup>的感知。

例 1: 在电梯里面站立，不要去按键，让电梯处于静止状态。你会有什么感受？尴尬别扭吗？请看以下图示：

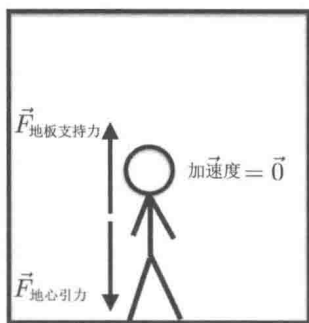


图1

因为你在静止状态下并且保持了这个状态，所以你处于平衡状态，加速度为 0，则合外力也为 0（技术上，矢量为 0）。做受力分析，竖直方向上一共存在两个力：一个是作用在人身上的电梯地板向上的支持力，另一个是地球施加给人向下的引力，两个力大小一致、方向相反，结果互相抵消，合外力为 0。

例 2: 现在按下电梯的“向上”按钮。在电梯加速向上运动的短暂瞬间，你感觉如何？焦虑？也许你会感到身体变得比原来更重了一点。如果你坐的电梯也和我家那部令人讨厌的电梯一样运行缓慢，也许你还会感到不舒服。那么到底有趣特别的地方在哪里？以下是你在电梯里面向上加速的图示：

(1) 重力是指近地表的物体受到的竖直向下、垂直地表的引力，实质上是地心引力的一个分力。

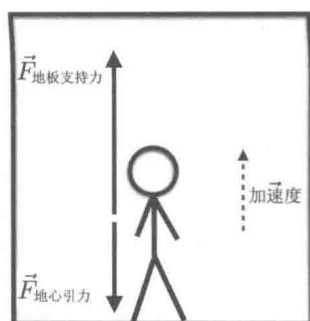


图2

就力而言，它和例 1 的区别在哪里？如果人加速向上，那么合外力方向也一定向上。用上述图示中的两种力，合外力可以分别用两种方式表述：地板对你的支持力更大，或者地球对你向下的引力更小。由于地心引力的大小取决于你的质量、地球的质量、人和地球的距离。地心引力在大小上没有发生变化。这意味着地板一定对你施加了比例 1 里更大的且方向向上的作用力，你因此感到体重变大，有趣的是，虽然如此但地心引力的大小仍没有发生变化。

例 3: 现在你已经乘电梯到达顶楼，电梯必须停下。由于电梯正在向上运动，但必须减速，因此加速度方向必须向下。

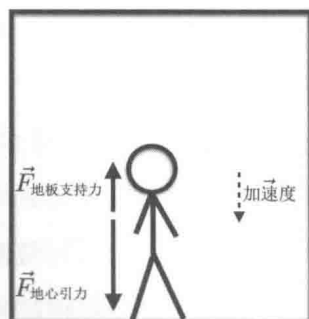


图3

合外力方向此时向下。地心引力的大小还是没有变化，唯一变化的是

地板的支撑力减小，让你感到体重更轻了。

例 4: 假设电梯缆绳断裂，电梯加速下坠。在这种情况下，电梯的加速度必然是  $-9.8\text{m/s}^2$  (和任何自由落体的物体一样)。这样，地板要施加在人身上多少大小的力才能保证加速度为  $-9.8\text{m/s}^2$ ？这时地板根本无需对你进行任何支撑。你感受如何？你一定会感到十分恐惧，毕竟你现在坐的电梯缆绳已经断裂。你还会有什么样的感受？如果你还没来得及吃早餐的话，恐惧之外你也会觉得有点儿饿。哦，还有你会感受到失重。这种情况真的能发生吗？绝对可能！事实上，有人会花钱来做这样的事情。在游乐场，有多少人故意坐“摔下去”的车，比如“恐怖之塔”这样的过山车。

我们来总结下目前得出的结论：

- 所有这些情况里面，引力大小始终不变；
- 对于不同的情况，加速度大小不同；
- 地板对你的支持力越小，你感到体重越轻；
- 如果地板对你的支持力为 0，你感到失重；

我们暂且把电梯的情景搁置一边，转而来看看本文探讨的最后一个关于地球上失重的例子：呕吐彗星机<sup>(1)</sup>。没错，确实存在这样的仪器。呕吐彗星机的原理是一架向下加速飞行的飞行器，跟下坠失控的电梯一样。但是，呕吐彗星并不像电梯那样直接坠落到地面上。为了防止坠机，飞行器在完成失重之后会立即提升飞行高度再交替失重操作，反复进行。这些操

---

(1) 为使宇航员能顺利度过在太空中“难熬”的日日夜夜，美国宇航局的医学专家研制出了一个名叫“呕吐彗星机”的治疗仪，这是一种专门负责帮助宇航员防止失重呕吐的训练设备，宇航员只要在这里面待上 100 多小时，并不断地旋转，那么进入太空后他便会如在地面上的感觉一样了。

作的效果让不少受试者会感到运动眩晕，故此飞行器得名“呕吐彗星”。

在电影《阿波罗 13 号》中，失重的情况正是在呕吐彗星机里拍摄的。那些失重镜头不只是电影拍摄效果而是真实的失重状态。当然，根据呕吐彗星机的设计原理，每次拍摄只能维持 30 秒左右。

回到我们对太空的探讨。我们知道宇航员乘坐着航天飞机绕地球运行。但是它加速了吗？没错，它处于加速状态中。航天飞机绕地球做匀速圆周运动时所需要的向心力正是由地球通过万有引力提供的。虽然它做的是匀速圆周运动，但是它仍然在加速。你也可以说航天飞机确实在下坠因为它的运行是由指向地球球心的引力决定的，是引力将它向地球拉。然而，因为它的运动不一定会使得它更靠近地球，所以更加切合实际的说法是说它“绕轨道”运行。

你也可以这样考察这个问题：让一根绳子的一端系着一桶水，你抡起绳子以垂直圆周的方式让水桶做圆周运动，你得用多大的力气才足以使得水不洒落？让我们来分析一下。水桶在最高点位置上水非但不会洒落，圆周运动指向绳端的加速度还使得水向水桶底部挤压，获得一个来自于桶底部方向向内的压力。现在，想象一下如果你的自身引力足够大，以至于将水吸引出来，会是怎么的画面呢——这便是宇航员在太空里的情况。宇航员正如同桶里的水，圆周运动时，并没有一个桶底部施加了一个指向地球的力，而是地球对宇航员的引力承担了这个向心力。

如果你真的处于一个万有引力为零的地方（譬如说一个远离其他大质量物体的地方）情况又会如何？在这种情形下，你能让自己如同大多数科幻电影片里展示的那样还保持一定的体重不飘浮不定吗？答案是：可以！在例 2 里，电梯加速向上就可以产生这样的效果。假设在没有地心引力的条件下，你身在一部向上加速运动着的电梯里面，你就会感到加速度的存

在。此时电梯地板的支持力增加，即使没有引力你也不会感到失重。这种情况实质上和轨道上航天飞机运行的那个例子恰恰相反。如果你能让航天飞机以大小为  $9.8 \text{ m/s}^2$  的加速度上行，即使离开地球的引力，你的感受在效果上和在地球表面依旧完全等同。

运载着火箭的航天飞机不断加速，这时在航天飞机上人的感受和地心引力的效果是相似的，这段时间里航天员一直会感受到重力，但也许宇航员只想绕地球轨道运转即可而不希望一直加速到另外一颗行星之上<sup>(1)</sup>。在绕地球运行的航天飞机上，由于有向心加速度的缘故，宇航员处于失重的状态。那么宇航员在航天器里有没有其他方式可以获得加速度并显著产生重量吗？要做到这点，你可以制造一架会自转的航天飞机。由于航天飞机时刻处于自转（非绕地球转），其圆周运动<sup>(2)</sup>也需要向心加速度，人就在航天器的内表面上获得一个方向指向自转圆心的合外力。拿现实中自转的水桶实验做类比，假设在没有地心引力的条件下（效果等同于航天飞机绕地运行失重的情况），水桶里的水仍停留在桶中不会移动<sup>(3)</sup>。人这时如果在这样一只自转着的水桶里，一样也会感到重力的存在<sup>(4)</sup>。同理，宇航员在这样自转的飞船里一样能感受到重力——地板对他的压力和他站在电梯里面得到的重力感受完全一样。对两种情况的感受在本质上是毫无区别的，但又不是绝对相同，因为这时候宇航员由于脚贴在宇航器的内面

---

(1) 如果宇宙飞船要突破地心引力的束缚到达其他行星，需要达到第二宇宙速度  $1.12 \times 10^4 \text{ m/s}$ 。

(2) 航天器在这种情况下，既绕地球做圆周运动，自转也在做圆周运动。

(3) 在没有地心重力的环境下，这时由于匀速圆周运动需要向心力维持的关系，承担向心力的是桶壁对水，方向指向自转圆心的压力，根据牛顿第三定理，水也会给桶壁一个压力，因此水不会移动。

(4) 合外力指向圆心，桶壁给人以一个指向圆心的力，人也会给桶壁一个反作用力。



做自转，头部旋转头盔的运动轨迹和脚部的运动轨迹就完全不一致了。

事实上，如果你能回忆得起《2001 太空漫游》这部电影，如果你观察细致，里面有一幕正是我文章上一段里提到的：电影里的两个人物正在一个自转着的航天飞机里面走动的。

总结一下：在太空里面有引力吗？答案是有的，除非你距离任何行星般大小的物体足够遥远。航天员之所以看上去失重，是因为他们和航天飞机在做匀速圆周运动，其所需的向心力正好由地心引力提供。要想在宇宙飞船里制造出和地球表面一样的重力效果，需要借助外力让它获得额外的加速度。

## 两车相撞和开车撞墙，谁的破坏力更大？

在《流言终结者》的某一集里模拟了这样一个场景：两辆以相反方向运行的车，同时夹击处于它们中间第三辆较小的车。从实验角度来看，这个情景要想设置成功难度颇大（特别是如果你只有两辆车可供报废）。第一次试验里，两位流言终结者亚当和杰米发动两辆十八轮大卡车，以 50mph<sup>(1)</sup> 同时冲向一辆静止不动的汽车。试验的结果让人印象深刻，但静止的车辆并没有受到完全撞击。当车辆对撞的时候，中间遭到夹击的第三辆车被突如其来的冲击力撞偏了方位，因而没有遭到彻底的破坏。

由于车容易被撞偏，预计的实验效果不能完全体现，他们于是就设计了第二个试验，他们改变了方案，改用火箭滑车<sup>(2)</sup>去撞静止的汽车，这次他们在汽车后面固定了一面墙。其中一位声称：如果一辆车以 100mph 速度撞击墙体，其破坏效果就等价于第一次试验里两个 50mph 车相撞。他这样说有没有问题？从直觉上来判断，好像说的通。但是，开车以 50mph 的速度撞墙和开车以 50mph 的速度对撞 50mph 迎面开来的车，在这两者要你选一个破坏程度相对较轻的，难道你的选择不会是前者吗？这位终结

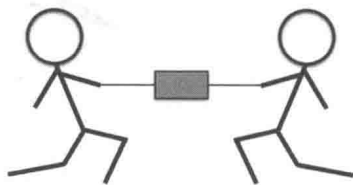
---

(1) 速度计量单位，表示英里/小时，俗称“迈”，1 迈  $\approx 0.447$  m/s

(2) 火箭滑车：一般由车体、滑块、动力系统和制动系统组成。滑车的前后滑块包住轨道的钢轨凸缘，用以支撑滑车和在滑轨上滑行。

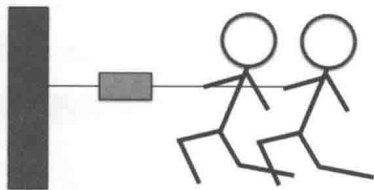
者的说法果不其然在网上一击石起千层浪，很多人有不同的看法，这档节目最终决定再专门开辟一集对这个问题加以处理。

为了得到这个问题的答案,我们先看看另外一集里处理的一个物理现象。那集节目里有待验证的一个说法是这样的：如果把两本电话薄的页面一张张交叉叠在一起，那么要把这两个本子分开是不可能办到的。为了验证，两人按要求把书叠了起来，然后拔河，试图分开这两本书。图示是这样的：



这个实验看似十分到位，但拉的方式是否存在问题？如果像这样拉，两位试验者对书的作用力只有 320 磅<sup>(1)</sup>，他们的力原本可达到两倍之多。

如果两人以相反方向拉书，根据受力分析，书的速度没有变化，受到的合外力必然为 0。本质上，吉米施加了 320 磅大小的力，而亚当的作用只相当于让书本保持在原地不动而已（反之亦然）。如果把吉米对面的亚当换作一面墙，并由绳子牵住，情况又会如何？结果跟刚才完全一样。墙和亚当一样可以施加拉力。更近一步来看，除了拉以外，墙可以推吗？当然也可以。你有推墙的经验吗？你推墙，墙也会把你施加给它的推力向你推回来。如果亚当和吉米这样拉呢？



(1) 这里的“磅”指磅力，工程单位制中表示一磅的物体在北纬 45° 海平面上所受的重力，1 磅力=4.448 牛顿。

在这种情况下，亚当和吉米各自的拉力到达 320 磅，墙就以 640 磅的力反方向拉。在节目里，终结者用两辆相反方向运行的卡车来试着把电话本拉开，记录下来的拉力值为 4800 磅。最终，他们用两辆军用车把拉力提高到 8000 磅，才把书分开。如果一开始他们用两辆民用车往一个方向拉书，而把书的另一端和一棵大树绑定，那么他们能获得的力可以达到 9600 磅，这样一来，力的大小已经完全能够把书分开。看来终结者们在这件事情上还不够明智，只好动用军用车来完成实验。如果没有经过这样一番思考，我也会跟他们一样。

回到我们一开始讨论的这个话题：两辆车以相同的速度对撞和一辆车以两倍的速度开车撞一面固定的墙，到底两者的破坏程度哪个更厉害？让我们来看一下：假设在一个外太空里运行着两辆车，速度相同迎面驶向同一物体。为什么假设在一个外太空里？因为这个理想化的设定使得车在行驶过程中没有受到其他任何的额外力，速度恒定。同时这样也假设车远离任何大质量的物体，引力就可以忽略不计；空气阻力与地表摩擦力也忽略不计，因为车并不是在推动空气或者地面，这样建立模型相对容易。



在这样的情景下，两点必然是成立的：第一，动量的矢量和在撞击前后必然相等。为什么要说“矢量”，因为矢量非常重要，它带有方向性，两辆车以相反方向开来矢量和必然为 0。撞车停止以后，矢量和仍然为 0；第二，撞击前后能量守恒。如果没有撞击目标以外的物体对整个系统做功，那么系统将能量守恒。必须将撞击目标也算进去，这样相互作用的所有物体都被考虑到了。显然，在太空里这些条件都能成立。在撞击前，所有的能量是动能，撞击后能量一部分为车的动能，另一部分我把它叫做结构性

能量，它体现在车辆的变形中。

好了，现在来看一个特殊极端的例子。假设两辆橡皮车以同样的初始速度相向而行，相撞之后以不变的速度弹开。显而易见，在这种情况下，动量和动能两者都守恒了，初始的动能和最终的动能大小一样。这就说明，能量没有发生形式上的变化—车没有发生结构上的改变或者损坏。这种情况让人觉得很单调乏味。



那么两辆车以同样的速度发动，同时相向而行然后停下来，情况又是怎么样？这种情况下，动量仍然守恒，因为相向而行的车初始状态动量为0，停下来时的最终动量也为0。

搞清楚了动量之后，对于能量呢我们现在清楚吗？显然，动能在撞车前后发生了变化，因为车在撞击后静止了。车的动能<sup>(1)</sup>和动量之间有关键性的区别：动能是一个标量，没有方向，永远是正的，它不因为车相向而抵消。那么这些动能又跑到哪里去了呢？动能转化成了车辆碰撞时的“损伤”。就这么简单，对吧？

现在我们回到《流言终结者》里用到的实验手法，一辆车用两倍的速度去撞一辆静止的车。



在这种情况下，最初的动量不为0，如果两车充分相撞之后必然是不会静止的。如果碰撞之后两车“黏着”在一起，它们会一起向右边运动，

(1) 动能的大小等于  $\frac{1}{2}mv^2$  其中  $m$  为物体的质量， $v$  为物体的速度。

因为那就是初始动量的方向。

那么开始的能量又会发生什么改变？如果一车的速度达到原来的两倍，另外一车静止，那么能量不会是原来的两倍。为什么？因为动能的大小取决于速度值的平方。这样即便一车是静止的，另一辆以两倍的速度运行所具有的能量仍然大于两车都以原速度运行时的能量。问题的关键是这些能量不会全部转化为“损伤”，因为当初始动量不为 0，最终相撞后车仍然不会处于静止状态。

以上所谈论的碰撞都是在一个没有外力作用的绝对空间里发生的，这种情况是很特殊的例子（为了讨论简便而设定的）。那么假如静止的车后固定了一面墙，结果又会如何？

加上墙体之后产生的外力会极大的改变原来的情况。在新的情景里，和墙连为一体的地面对静止车辆所施加的力非常重要——因为这个力的存在使两车构成的系统的初始动量和最终动量不同了。

这种新的情况下能量又发生了什么变化？即便系统有外力，但却没有增加任何能量。因为这个外力没有移动（来自于墙体的力并不做功）。功是力与沿着力的方向移动的距离的乘积。如果没有外力做功，相撞后的总能量和初始状态的动能大小一致，仍然不变的是一辆车以原速度两倍运行其总能量的大小两倍于两车以原速相向而行而具有的能量。

因此，只将一辆车的车速提高为原速的两倍并保持另外一辆车静止，不同于两辆车均以一样的速度运动起来。终结者的第二次火箭滑车的想法听起来好像很不错，实验也会很容易做到。为了观察车辆的破坏状态，第二个实验和第一个实验是完全不一样的。

不必担心，《流言终结者》依旧是一档很棒的节目。出现了这样的错误说明亚当和吉米两人在尝试着完成壮举，但他们也不过是普通人。

## 为什么冰雹那么可怕？

每年春季，国外的 YouTube<sup>(1)</sup> 网站上都会上传一波雹灾的视频，其中有一段视频是 2012 年 4 月发生在圣路易斯的那场雹灾。现在随处可见人们使用手机相机拍摄视频，并上传到 YouTube 上和别人共享，这使得大家更加方便地看到像这样的极端气候所带来的灾难效应。雹灾最为可怕的一面是冰雹之大足以砸破车窗玻璃。

为什么大冰雹构成了这样一个严重的问题？显然，冰雹的体积越大，质量就越大。但还有一个关键因素更可能被忽视：冰雹越大，其下落的速度就越大，而我们要在本文里研究的就是冰雹下落的速度和它体积之间的关系。

首先，我们先假设所有冰雹的密度大小一致。如所有物理假设一样，这个假设在严格意义上来讲并不成立，但如果要得出一个可靠的计算结果，这样的假设是完全容许的。冰雹只是冰，它的密度大小在  $917\text{kg/m}^3$  左右。其密度小于水，水的密度为  $1000\text{kg/m}^3$ 。拿水的密度来衡量冰的密度是很好的办法，因为我们很清楚：冰的密度小于水，它和任何密度低于水的物体一样，是浮在水面上的。

---

(1) YouTube 是世界上最大的视频网站，为全球成千上万的用户提供视频上传、分发、展示、浏览的服务。

当冰雹在空气里面下落，有两个力对它起到作用。首先是地心引力，它使冰雹下坠，大小等于冰雹的质量和重力加速度的乘积。前面已经讲过：冰雹的体积越大，质量就越大。质量取决于体积与密度，对于球形的冰雹而言，如果半径增加一倍，质量则变为原来的 8 倍，因为体积与半径的三次方成正比。

除了引力以外，还有一个力施加在冰雹上——空气阻力。空气阻力的经典模型认为空气阻力的大小取决于物体的形状、空气的密度、物体迎风面的大小与运动时速度的平方<sup>(1)</sup>。如果将冰雹的半径增大一倍，那么横截面就是原来的 4 倍，因为物体的横截面与半径的平方成正比。可能你已经可以看出点问题的端倪了：重力将冰雹向下拉而空气阻力则把冰雹向上托。如果冰雹更大，空气阻力和地心引力两者都会增加。然而两者的增加量却不同。

如果冰雹一直下落，那么它的速度将不断增加。当然，与此同时空气阻力也会不断变大。最终，冰雹的速率会达到一个平衡的极限速度。在到达极限速度时，空气阻力与地心引力在大小上相同，冰雹的合外力为 0，加速度为 0，速度也不再变化。假如已知冰雹的体积（通过密度可以得出质量），可以算出极限速度为多少。

让我们来观察一下两种体积大小的冰雹：豌豆与棒球体积大小的冰雹，并比较它们最终的速度。如果豌豆大小的冰雹的半径为 0.2 厘米，那么它最终达到的速度差不多是 10m/s（约 22mph）。把半径提高到 3.5 厘米的棒球大小，那么速度会达到 40m/s（约 90mph）。两者速度大小上区别很大。

---

(1) 空气阻力的公式： $F = (1/2)C \rho S V^2$  计算。式中： $C$  为空气阻力系数； $\rho$  为空气密度； $S$  物体迎风面积； $V$  为物体与空气的相对运动速度。



当然，冰雹的破坏力不只在于它的速度。当它撞击物体的时候，我们要考察一下两个方面：动量和动能。考虑哪个更合适？这个问题就不简单了，首先我们来看一下动能。

因为我已经得出了两种体积大小的冰雹的极限速度，我所要做的就是把这些速度、质量代入到动能的公式里（ $1/2$  质量与速度平方的乘积）就可以得出动能的大小了。豌豆大小的冰雹的动能是  $0.001\text{J}$ ，棒球大小的冰雹速度更快，质量更大，因而动能达到  $122\text{J}$ 。

对于这些能量该如何加以认识？我们把它们与子弹的动能相比较怎么样？一把  $0.22$  英寸<sup>(1)</sup> 口径的手枪射出的子弹的动能达到  $100\text{J}$ ，而  $0.45$  英寸的射出的子弹动能可以达到  $500\sim 800\text{J}$ 。这样的比较可否就认为如果被棒球大小的冰雹击中和被  $0.22$  英寸口径的手枪射出的子弹击中一样？并非如此，我们还要看一下冰雹的动量，然后再对这个比较下一个结论。

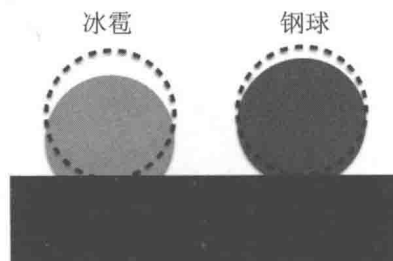
棒球大小的冰雹的动量在  $6\text{kg}\cdot\text{m/s}$  左右，而  $0.45$  英寸口径的手枪射出的子弹的动量为  $4.5\text{kg}\cdot\text{m/s}$ ， $0.22$  英寸口径的则为  $1\text{kg}\cdot\text{m/s}$ 。事实上，这样大小的冰雹从动量角度来看，更像一个从联盟主投手手里掷出的一个棒球。

如果一个圆形铁制，重量、体积相同的钢球和一个棒球大小的冰雹相比呢？当然，这样制作出来的钢球必须是空心的。如果我让这样的钢球和冰雹一起坠落，它们最终会达到一样的极限速度，一样的动量与动能。然而，如果两者击中你车前的挡风玻璃，结果会怎么样？它们造成的结果会大不一样。为什么？最主要的原因是冰雹比钢球更容易在撞击中变形。下面这张图展示了最初碰撞之后未停止时两个圆形物体各自的形状：

冰雹在撞击过程中比钢球更容易受到挤压，这就说明两点：首先，更多的

---

(1) 长度单位。1 英寸 = 2.54 厘米。



挤压意味着作用时间需要更长——如果冰雹和车窗表面撞击发生的作用时间越长，那么作用力相对就越小。本质上，合外力的大小等于动量改变量与时间之比<sup>(1)</sup>。钢质小球和冰雹都需要把动量减少为0，如果钢球完成这个过程的时间较短，那么所需要的力就更大。因此，两者具有相同的动能与动量并不表示它们的撞击力也一样。

这个冰雹的例子是一个和物体大小有关的问题。我们经常误以为大的物体和小的物体一样，但是现实中这种情况很少发生。在冰雹这一例中，空气的阻力和重力都和物体半径的次方有关系，物体大小具有很大的影响。大冰雹的极限速度较大，撞击时具有更大的动能。这就是为什么大冰雹会造成人身伤害。遇到这样的天气，最好还是待在室内，并为你的车加盖好，以防受损。

---

(1) 动量定理是动力学的普遍定理之一，其内容为物体动量的增量等于它所受合外力的冲量， $Ft = m \Delta v$ ，即所有外力的冲量的矢量和。

## 浮在水中的小球怎么称重？

我的一位博客读者向我提出这样一个问题：

“一个奥林匹克场馆大小的泳池里注满了 660000 美制加仑<sup>(1)</sup>的水。假设有一架秤位于整个泳池底部，称得的数据显示为 5511556 磅——水的重量。现用起重机一端吊住一颗质量为 12000 磅、宽 5 英尺<sup>(2)</sup>的圆形钢球缓缓放入水中，球体的一半位于水面之上，一半浸没在水中，问这时秤的读数为多少？”

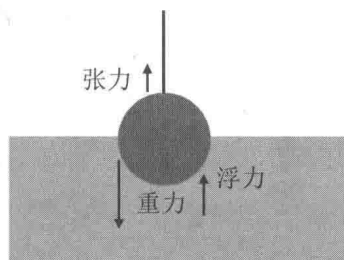
首先，让我来告诉你一个错误的答案：5511556 磅。得出这个答案的思维过程并不复杂：如果起重机仍然支撑着球体的重量，那么球就不会施加任何重量给秤。这是错误的。另一个错误的答案认为是 6000 磅。毕竟铁球一半露出水面，这一半并不是整体质量中的一部分。对吗？也不对。还有一个答案听上去似乎高明些：5511556 磅，得出这个答案的依据是牛顿定律：如果球对水有向下的压力，那么这个力会被水的浮力抵消掉，所以秤的读数没有发生变化，是这样吗？这个答案有点接近了，但还是不正确。

---

(1) 1 美制加仑  $\approx 3.785 \times 10^{-3}$  立方米

(2) 1 英尺  $\approx 30.48$  厘米  $= 0.3048$  米

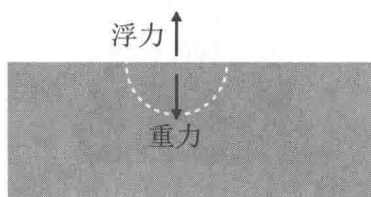
当钢球一半置入水中时，对钢球做受力分析，以下为受力示意图：



作用在球体上一共有 3 个力：

1. 水的表面张力，它对球体作用力向上（一颗实心的钢球不会浮起来）；
2. 重力  $G_{\text{重}}$  ( $mg$ ,  $g$  为重力场强度) ；
3. 浮力  $F_{\text{浮}}$ ，本质上，这是一个水对球向上的推力；

浮力的值如何计算？假设球的部分像这样由水替换掉：



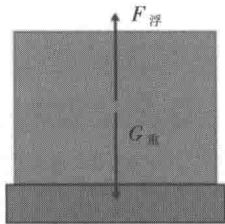
这张图显示，如果不是球让这部分水偏离原来的空间，水就会留在原处。对于这部分水而言，没有绳索拉扯的它受到一个向下的地心引力和一个向上的浮力。假设这部分水是静止的，那这两个力在大小上是相同的。

那么浮力是如何产生的？要想通浮力存在的原因，可以想像物体排开的那部分水有回到原空间的趋势因而对物体形成一个撞击力。进一步，这里有一个很酷的知识点：由于排开水而造成的撞击力是不因物体材质变化而变化的。只要物体体积相同，不论钢球还是其他材质，这种撞击力不

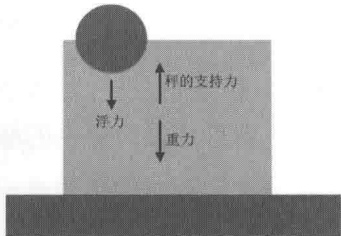
变<sup>(1)</sup>。这个想法妙在我会很清楚这部分水提供的浮力是多少。结合上面的叙述，浮力的大小等于这块被排开的水的重力。因为这一部分的水的体积和球体的体积完全一样，两者的浮力也是相同的。这样一来，浮力的大小自然就是水的密度、物体的体积和重力常数  $g$  的乘积。

上述这些和泳池底部的秤能建立什么关系呢？首先让我说明，我个人倾向于把牛顿第三定律称为“对于力的定义”。基本上，它表达了力是物体间相互作用的这样一种思考。如果说水以浮力  $F_{\text{浮}}$  将球撑起，根据牛顿第三定律就可以反推，球对水也存在一个大小一样的向下压力，即为重力。

前面我讲的内容聚焦于对球体上力的分析，现在转向假设所有的水都放在一架秤上称重，在钢球放入水中之前，图式如下：



此时没有什么容器把水盛起来，水只是为了分析的简便起见简单“坐”在秤上。现把球放入水中，由于水以浮力向上推球，球就向下压水，其力的大小等于浮力，图式如下：



(1) 浸入静止流体中的物体受到一个浮力，其大小等于该物体所排开的流体重量，方向垂直向上并通过所排开流体的形心。这结论是阿基米德首先提出的，浮力 = 液体的密度  $\times$  在液体中的体积。

随着这个作用在水上，大小等于浮力的力，情况又发生了什么变化？水还是保持静止，这意味着合外力依旧是0（矢量为0）。既然增加了一个力，为什么合外力仍然为0？水的质量也没有变化，因为水并没有减少或者增加。唯一发生变化的是秤对于水的支持力。秤的支持力的增加就使得秤的读数必然也随之上升。上升了多少？上升的量就等于物体排开的那部分水的重量。

这里有两点是很耐人寻味的：首先，秤的读数变化和放置于水中的物体的材质无关，不管材料是钢还是轻木。物体排开的相等体积的水的重量就是秤读数的变化量。当然要轻木球沉得像钢球那样，必须施力向下摁住它。

另外一点是，从秤的读数角度而言，本质上到底是什么使得看起来似乎秤上的水增加了？我们知道，用秤的时候我们是不需要关注这些问题的。在正常情况下，称的使用是十分简单的，用的时候只要注意事先读数清零，要插上电，不用的时候锁好即可。但有时候你也需要关注此类表象性的问题。如果我把一颗体积为  $1\text{m}^3$  的球放入水中，排开的水会导致整个泳池的水位上升  $1\text{cm}$ ，从池底开始算，似乎水增加了（水位变深了），读数也增加了，而事实上水的总量没有变化。

很多人会觉得这样一个答案难以置信，为了帮助他们理解，我做了一个小实验。我把烧杯中注上适量的水后放在秤上，烧杯的重量加上水的重量一共是  $254\text{g}$ ，我把一个球一半没入水中，下一步为了测量到保持这个球的位置所需要的拉力，我改用弹簧秤来拉球。

实验结果：随着一半球放入水中，大秤的读数从  $254\text{g}$  增加到了  $268\text{g}$ ；在弹簧秤上球的质量从没入水之前的  $206\text{g}$  变化为  $192\text{g}$ 。弹簧秤上读数的减少正好是大秤读数的增加。假如把这个球用同等体积的木球替换

情况由会如何？依上述原理，秤的读数变化还会是那么多。

二次试验结果：大秤读数果然上升了约 14g（实际是 13g）。现在你明白了其中的道理了吗？当然这个问题你也可以动手自行解答，找到一台秤和一瓶水并不困难，只要把球放进水中，记录好称的读数就可以验证了。

这个问题不失为一个好问题，而我们的回答则更为出彩。

## $\pi$ 会出现在与圆无关的场合吗？

我个人十分偏爱  $\pi$  这个数学符号，对于这点，我丝毫不隐瞒。连一个数学符号也喜欢？有什么特殊原因吗？我们来做一件有趣的事情，请你拿出计算器，把  $\pi$  这个值做平方，可以用计算器本身自带的  $\pi$  或者也可以取 3.1415，或者任意一个计算器位数容得下的值。

计算完成了吗？有没有觉得这个值看起来很眼熟—— $\pi$  的平方是 9.869，看起来正好和牛顿力学里讲的地球表面重力场内每千克物体所受到的地心引力值  $g$  很接近，这下你发现什么了吗？

且慢，到底你说的重力场是什么意思？由地心引力引起的 9.8，难道单位不是  $\text{m/s}^2$  吗？说的没错。很多人是以这样一种方式来认识它的，但它所谓的这个“名字”其实并不那么合适。我们来观察一本简简单单放在圆桌面上的书，书放在桌面上是静止的，对吗？这说明它的动量改变为 0，而动量定理认为物体所受的合外力等于动量的改变值与时间之比。所以书所受到的合外力为 0，只有两个大小相同、方向相反的力作用在这本书上：向下的地心引力与桌子向上的支持力。

因此，用这个单位  $\text{m/s}^2$  地心引力的大小是多少？一般认为地心引力就等于书的质量与  $g$  的乘积。在地球表面，这样计算是成立的。但何谓  $g$ ？假如你的回答是： $g$  是重力引起的加速度的值，就会产生一个问题，书在



这个时候并没有加速运动，对吧？

现在，如果你让书自由落体，那么作用在书上唯一的力就是地心引力。在这种情况下，它以  $9.8\text{m/s}^2$  的加速度向下加速。但做自由落体运动只是物体发生的一种非常特殊的状态，这种情况并不能涵盖物体的其他状态，故不宜把  $g$  称为是重力引起的加速度，而应该称之为引力场的强度。

那么  $g$  的单位也应该随之变化吧？如果  $g$  是引力场强度，那么它的单位应该是单位质量上所受到力的大小，可以把它类比为电场里单位库伦所受的力的大小。把  $g$  称为重力场并不只是物理叫法上的正本清源，它还能帮助初学物理的学生理解“场”的概念，当有这个重力场的概念作为铺垫，以后学习到电场，理解起来就不会很费力。

言归正传，回到  $\pi$  的平方。也许你会认为  $\pi^2$  的值和  $g$  相近只不过是世界上万千巧合里的一桩而已。然而，两者数值上的接近实际并非凑巧。但如果这件事不是巧合，那又为什么  $\pi$  的平方并不是完全和  $g$  相等？这是因为  $g$  本身也不是一个确值，它在地球表面的值是由很多因素决定的。首先， $g$  是个近似值，是我们在地球表面测得的，由于受到地球自转的影响，它把参考系的加速度也考虑在内了，离赤道越近， $g$  的值就越小。

另外一个影响  $g$  的因素来源于地球表面并不统一的地理条件。在一个由密度较大的岩石构成的区域， $g$  的值会增加，其值随着地理区域的不同而发生变化，并没有一个统一的定值。

关于  $g$ ，比前面还要有趣的来了：为什么两个看似毫不相关的  $\pi$  和  $g$  是有联系的？这个和长度单位“米”也有关系<sup>(1)</sup>。具体阐述这个问题前，

---

(1) 1790 年法国国民议会将会将“米”定义为：“纬度 45 度的海平面上半周期为 1 秒的单摆的摆长”。

我们先来认识一下秒摆。秒摆是一种钟摆，重物从一头运动到另外一头耗时正好是 1s（或周期为 2s）。

你肯定见过秒摆，家里祖父的钟摆就是一个秒摆（周期为 2s）。但从技术上来讲，祖父的钟摆并不是严格意义上的一个秒摆。秒摆<sup>(1)</sup>一端用一根质量极轻的细线拴上一个质点（线可以在你家附近的五金店购买到）。而祖父的秒摆则完全不同，它有一根硬棒作为来回摆动的工具，棒有质心，它和秒摆的质心不一样。测量一下后者钟摆的长度，你会发现它的长度大致为 1m。而真正意义上的一个秒摆的长度实际就是 1m。当然如果你和你的朋友在地球上不同的区域各自制作一个秒摆，用到线长度可能稍有不同。

去试一下，找来一颗质量较小的物体比如坚果，或者一颗金属球。金属球的效果会非常好，因为它的重力远远大于空气的阻力以致于后者可以被忽略。现在，令金属球质心与支点的一端之间的距离为一米，并让它以小角度摆动（大约  $10^\circ$ ）。你可以用视频记录下来或者用秒表来测时间。不管怎么测，小球从一边摆到另一边，两种方式测得的时间都应为 1s。

在此，我不加以推导直接给出小角度摆动的秒摆周期公式，但要从实验角度得出这个结果并不是特别困难<sup>(2)</sup>：

$$T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

如果你希望周期达到 2s，你可以通过公式自己调整线的长度。此时线的长度  $L$  正好可以由  $g$  和  $\pi^2$  来表示。更近一步，如果长度如秒摆一样取 1m，那么得出的结果  $g$  的值为  $\pi^2$ ，约等于  $9.8\text{m/s}^2$ 。等一下，刚才不是说

---

(1) 秒摆是一种单摆，在细线的一端拴上一个小球，另外一端固定在一个悬点上，如果线的伸缩和质量可以忽略，球的摆幅之间比线长短的多，这样的装置就叫单摆，单摆做“简谐振动”。

(2) 荷兰物理学家惠更斯（1629-1695）研究了单摆的振动，最终提出这个公式。

---

## 有关此电子书的说明

本人可以帮助你找到你要的PDF电子书，计算机类，文学，艺术，设计，医学，理学，经济，金融等等。质量都很清晰，为方便读者阅读观看，每本100%都带可跳转的书签索引和目录，只要您提供给我书的相关信息，一般我都能找到，如果您有需求，请联系我 QQ1779903665。

PDF代找说明：

本人已经帮助了上万人找到了他们需要的PDF，其实网上有很多PDF，大家如果在网上不到的话，可以联系我QQ，大部分我都可以找到，而且每本100%带书签索引目录。因PDF电子书都有版权，请不要随意传播，如果您有经济购买能力，请尽量购买正版。

提供各种书籍的pd电子版代找服务，如果你找不到自己想要的书的pdf电子版，我们可以帮您找到，如有需要，请联系 QQ 1779903665.

**备用:QQ 461573687**

若以上联系方式失效，您可通过以下电子邮件获取有效联系方式。

E-mail：ebooksprite@163.com

E-mail：ebooksprite@foxmail.com

若您没有QQ通讯工具，请发送您的请求到 ebooksprite@gmail.com 与客服取得联系。

**声明：**本人只提供代找服务，每本100%索引书签和目录，因寻找和后期制作pdf电子书有一定难度，仅收取代找费用。如因PDF产生的版权纠纷，与本人无关，我们仅仅只是帮助你寻找到你要的pdf而已。