

科学并不神秘

围绕伽利略落体运动法则的对话

〔日〕板仓圣宣 著



科学出版社

科学并不神秘

围绕伽利略落体运动法则的对话

(日) 板仓圣宣 著

何 益 汉 译

科学出版社

1980

内 容 简 介

本书通过四个中学生和老师的对话,介绍了伽利略落体运动法则的推导,讨论了与之有关的浮力原理、斜面运动和单摆等物理问题,并简单概述了伽利略为科学而战斗的一生。本书可供具有中等文化水平的读者阅读。

板 倉 聖 宣
ぼくらはガリレオ
岩波書店, 1972

科 学 并 不 神 秘

围绕伽利略落体运动法则的对话

〔日〕板仓圣宣 著
何 益 汉 译

*

科 学 出 版 社 出 版
北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经营

*

1978 年 2 月 第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1980 年 2 月 第 二 次 印 刷 印 张: 4 1/2

印 数: 152,501—233,250 字 数: 100,000

统一书号: 13031·696

本社书号: 1004·13—3

定 价: 0.34 元

前 言

科学研究工作究竟是怎样进行的？科学家们在发现谁都不知道的新事物以前，会遇到哪些失败并尝到哪些乐趣？这本书打算通过对“落体运动法则”的探讨，尽可能详细地如实描述这方面的一些事情。

本书的目的既不在于阐述现代科学的研究成果，也不是为了让读者获得各种各样的新知识。它是供那些喜欢对自己不太懂的事提出“也许是这样”、“大概是那样”之类的疑问，并且喜欢“一点一滴地把问题弄清，使之逐步达到科学化”的人阅读的。书里写了许多“虽然是错误、但却很有意思的想法”。

说实话，这本书的读者最好是不知道落体运动的法则，因为知道结果的人，往往懒得动脑筋去考虑这些结果是怎样得来的。不过，本书所举的许多事例，即使是知道落体运动法则的人，也不一定都曾想到过。读者看这本书的时候，最好不要借助于你学过的有关落体运动法则的知识，而要凭自己的脑子去思考。

科学研究和艺术活动一样，也是一种创造性的劳动。我认为，所谓真正的创造性劳动，它的乐趣和艰巨性就在于“对以往没有多少人认为有价值而予以注目的事物，要认出它的价值，并使得所有的人都承认它”。从古到今，大多数人对于“物体是如何落下来”之类的问题，恐怕连想也没有想过要认真地进行研究。我想，在读者当中，认为“研究物体是如何落下来这样一个问题既没有什么用处、又没有什么趣味”的人，大概也不会少的。

可是,远在 380 年以前,有一位科学家却对这个问题发生了兴趣,而对这个问题乍看起来似乎是无所谓的问题,开始进行了认真的研究。而且,他还竭力想把自己发现的事情让大家都知道,都承认。在他死后,人们终于确认他的想法是正确的。

本书的主人公就是这位科学家伽利略,此外还有各位读者自己。伽利略为了从事这一研究,花了十几年以至于几十年的时间。我想在这本书里谈一谈“伽利略为什么会对这样的问题发生那样浓厚的兴趣”,同时还想努力把这种兴趣“传染”给各位读者。如果读者们能因此象伽利略那样热衷于这样的问题并进行思索和讨论,我将感到非常高兴。

我想,每一位读者都是能够象伽利略那样进行思索的。那种认为杰出的科学家都是天才,以及认为他们的头脑构造跟我们不同的看法,显然是完全错误的。

伽利略的两部名著《天文对话》和《新科学对话》,都是以三个人对话的形式写成的。本书仿照了这样一种形式,书中大部分篇幅由四个中学生的对话构成。这四个人的性格各有特点,你最喜欢他们中的哪一个?如果你在读本书时能想想这个问题,那我也是非常高兴的。……

开场白就说到这里。下面言归正传吧。

目 录

前言	iii
第一章 被偷换的黄金有多少?	1
一、“侦探家”阿基米德和“历史学家”伽利略	1
二、浮力原理	6
三、伽利略的“小秤”	21
第二章 关于真空和物体下落速度的争论	30
一、世界上有真空吗?	30
二、谈谈原子论	40
三、大石子和小石子的下落速度	51
四、乒乓球和橡皮下落速度的比较	61
第三章 物体在空气中的下落速度	67
一、伽利略的理论与实验结果不一致	67
二、物体的下落速度起初为什么是慢的?	70
三、雨点的下落速度	77
第四章 摆的运动之谜是否就是落体运动之谜?	83
一、对落体实验的重新探讨	83
二、研究摆的运动	95
三、从摆的法则到落体运动的法则	105
第五章 最后的一步	119
一、伽利略所做斜面实验的再现	119
二、落体运动法则的数学	127
三、伽利略的结局	130
后记	133

第 一 章

被偷换的黄金有多少？

——阿基米德和伽利略——

一、“侦探家”阿基米德和“历史学家”伽利略

有一天，当伽利略又一次重读了阿基米德的《浮力论》之后，他深有感触地想：“阿基米德真是一个出色的学者啊！”

“杠杆原理，各种不同形状物体重心的求法，球体和圆柱体体积的计算法，圆周率的精密求法，抛物线和螺线性质的研究，各种新兵器的发明，还有浮力原理……。”伽利略想着阿基米德的一件件研究工作：“这一切是多么出色啊！”

伽利略对阿基米德的工作真是钦佩得五体投地了。

“我是不是也能成为象阿基米德那样出色的学者呢？”伽利略叹了一口气，想着：“那些重要的东西是不是已被阿基米德发现完了呢？”他两手叉在桌上，不知不觉地想起了阿基米德很久很久以前进行研究时的情形……

青年时代的伽利略

伽利略（1564—1642 年）是大约 400 年前意大利的一个大学生。他好不容易才进了比萨大学的医学系，可是中途退学了。后来，他拜一位有名的数学家为师，向他学习数学和自然科学。在那个时代，大学里有医学系和法学系，可是没有物理系和工程系，因此，想学习数学和机械技术的人，就只能靠

自己刻苦用功了。

青年时代的伽利略最敬仰的学者是古希腊的阿基米德。阿基米德出生于公元前 287 年前后，死于公元前 212 年，是 2200 年前的一个非常活跃的学者。阿基米德有许多重大的发现，其中最著名的是“浮力原理”的发现。在阿基米德所写的书当中，伽利略认为最好的一本就是阐述浮力原理的《浮力论》。

王冠之谜的故事

伽利略想起了 1800 年前阿基米德解决“王冠之谜”的故事。

事情发生在阿基米德所居住的叙拉古国(一个城市国家，位于现在意大利南部的西西里岛上)的宫殿里。有一次，国王让一名匠师用纯金做一个王冠。这个王冠做好以后，有人传说它不象是用纯金做的。国王周围的人把王冠拿在手中时，总觉得它不象是用纯金做的，心想：“如果是纯金，按理应该更重一些，可是现在却感觉不到那个分量。”

“肯定只有表面是金子，而里面是用银做的。”

“对，对，一定是匠师耍了花招。”

这样的议论悄悄地传开了。

读者们也许没有拿过大的金块和银块，但肯定拿过用铁和铝等做的东西吧。单凭手的感觉，我想，大多数人都能立即辨别出哪个是铁的，哪个是铝的。即使表面涂上油漆，也能分辨出来。同样是 1 立方厘米体积，铝的重量是 2.7 克，铁是 7.9 克，铅是 11.3 克，银是 10.5 克，金是 19.3 克。相比之下，金和银的重量几乎差一倍。因此，拿惯金子、银子的人，只要把王冠拿在手里，也就大体上能知道它是否全部用金子做的。可是不管怎么说，由于拿不出什么明显的证据，谁也没有向国

王提过这件事,而只是偷偷地议论着。

但是,不久以后,这些背后的议论被国王知道了。这下子可不得了,国王大发雷霆。如果象人们传说的那样,王冠不是用纯金做的,那就是匠师欺骗了国王;如果王冠确实是用纯金做的,那么,那个散布“王冠是假货”的人就会成为故意破坏国王尊严的罪人。

于是,国王马上就把那个匠师叫来,问道:

“你还记得吗,我曾给你××克的纯金,命令你用它来做王冠?……”

“是的,是的,我已经把那些黄金全部用来做王冠了。请把王冠称一称,就可以知道了。……”匠师回答道。

于是,王冠被放在秤上称了一下。果然,正如匠师所说的,它的重量恰好是国王所给纯金的重量。

这样一来,那些说“王冠不是纯金做的,肯定是掺了银”的人就要成为坏人了。因此,国王身边的人都着了慌。

“不过,陛下,匠师也许会把一部分纯金换成银,而又做到一样重。”

“哦,也有可能。但是,你怎么知道呢?你是不是把王冠掰开看过里面呢?”

国王这么一讲,谁也不敢再吱声了。其实,国王自己大概也感到“这个王冠要说是纯金的,似乎有点不够那沉甸甸的分量”,不过,要把为了祭神而特地费了很大工夫做出的这个王冠随随便便地毁掉,也是不行的。

阿基米德出场

“诸位,没有什么好主意了吗?”当苦于想不出办法的大臣这样问的时候,有个人说:“是不是可以找阿基米德商量一下,看看他有什么主意?”这样,阿基米德就被牵扯到这个故事中

来了。

跟阿基米德商量的是这样一个问题：“能不能不损坏王冠，而确定它究竟是纯金做的，还是掺了银的？”

阿基米德当时没有立即想出好主意。据传说，他边想着这个问题，边走到公共澡堂去了。

那时，在澡堂里，热水满满地装满了澡盆。

“我一进澡盆，热水就要流到外面。真可惜啊，要流掉象我的身体那么多的水呢！”阿基米德边想边跨进了澡盆。“我知道了！”突然，他喊了一声。接着，他便光着身子走出澡堂，一边高声喊着“我知道了！我知道了！”一边飞也似地跑回家里。

阿基米德的解答

阿基米德的这个故事，记载在古代一位名叫维特鲁维的优秀工程师所写的名著《论建筑》一书中。伽利略也读过这本书，书中写道：

据传说，阿基米德从这个发现（即把物体放进水里以后，会排出和它的体积同样多的水）得到启发，就试着按下面的办法去做。首先，拿一块纯金，称一下它的重量；其次，取重量与它相等的银，做成一个银块。然后，把银块放进一个盛满水的容器中，看看有多少水排出来。接着，对金块也做了同样的试验。他发现，虽然金块和银块一样重，可是银块排出的水却多得多。

于是，阿基米德拿了与王冠重量相等的纯金块，放进盛满水的容器里，查一下有多少水排出；再把王冠放进盛满水的容器里，看一看怎么样。结果发现，王冠排出的水比纯金块排出的水多得多。这样，他就清楚地知道那个王冠不是用纯金做的。（引自维特鲁维的《论建筑》第9册序）

不用说,那个匠师当然受到了非常严厉的惩罚。

伽利略的问题

伽利略非常喜欢这个故事。这大概是因为它说明了,科学能发挥多么大的作用。伽利略只要一想起阿基米德兴高采烈地跑回家时的喜悦心情,就总是感到非常高兴。可是他对这个故事的后一部分却不太满意。为什么呢?因为按照这个方法,需要把金块、银块和王冠放进水里,然后测量所排出的水的体积。可是实际上,要精确测量所排出的水的体积是非常困难的。换句话说,从实验的角度看,这个方法是不够严密的。伽利略想:“如果真的是阿基米德,他在数学上一定会做得严密得多的。”他知道,阿基米德写的书,不管哪一本,在数学上都是非常周密严谨的。因此他想,如果是阿基米德的话,他一定会做一个更加精确的实验,并且清楚地查出,做王冠用的金子有百分之几的重量被偷换成了银子。

伽利略独自在思量:“如果是阿基米德的话,肯定会这样做的!”于是,他想自己动手做做看。他开始考虑到了用阿基米德发现的“杠杆原理”和“浮力原理”来正确地揭开王冠之谜的方法。

各位读者,你们是怎样想的呢?要既不损坏王冠,又不把王冠、金块、银块等放进水里来测量排出的水的体积,而查出有百分之几的金子被换成银子,这是不是可能呢?认为能找到这样一种方法的人,最好在阅读下文之前,自己先好好地思考一番。

年轻的伽利略最后总算想出了这种方法,并把他的这个想法写成一篇短文,题目叫“小秤”。这是伽利略有生以来第一次写的论文。

伽利略的“小秤”虽然很简单,但它是以阿基米德所发现

的“杠杆原理”和“浮力原理”为基础的。因此,要想正确地理解“小秤”的内容,除了需要知道“杠杆原理”以外,还必须懂得“浮力原理”。伽利略在写那篇论文时,为了让那些不知道“浮力原理”的人能看懂,就先对“浮力原理”作了解释说明。因此,我们在这里也得把话题暂时中断一下,先谈一谈有关“浮力原理”的问题。读者在学了“浮力原理”之后,就能清楚地知道年轻的伽利略为什么会那样迷上了阿基米德,所以,我想在这里较为详细地谈谈这个问题。

在读者当中,一定会有人说:“要说浮力原理,我老早就知道了。”但是,即使在这些人中,恐怕也没有多少人象伽利略那样,曾经为“浮力原理”的出色程度而深受感动。因此,知道单靠秤就能根据“浮力原理”测出物体体积的人,大概也不会多。我打算在下面就阿基米德所研究的“浮力原理”,尽可能易懂地解释说明。可是,这里的讲法跟一般教科书或参考书的叙述方法是很不相同的。所以,我希望那些自认为略懂“浮力原理”的读者,也把它作为复习而边阅读、边思考。这样做,就能清楚地体会到“浮力原理”是多么地出色,以及伽利略对“浮力原理”为什么会那样入迷。以下的叙述方法跟阿基米德对“浮力原理”的证明有很大不同,而跟伽利略在他的论文中所写的解释说明大致相仿。伽利略写道:“阿基米德的证明方法太麻烦了,我用比较易懂的方法来加以说明。”的确,他的解释说明方法易懂得多了。不过,在这本书里,我打算比伽利略的说明写得详细一些。

二、浮 力 原 理

——问题和讨论——

我们把一件东西放进水里,就会感到这个东西变轻了。如

果把木片按进水里，一放开手，木片就会浮上来。这是因为东西放进水里以后，水会托着这个物体。水中物体被它周围的水托着的力就叫做浮力。那么，水以多大的力把东西托着呢？用一根细线吊起一块石子，在空气中把它的重量称一下，然后让石子浸在水里，看一看情况究竟怎么样。

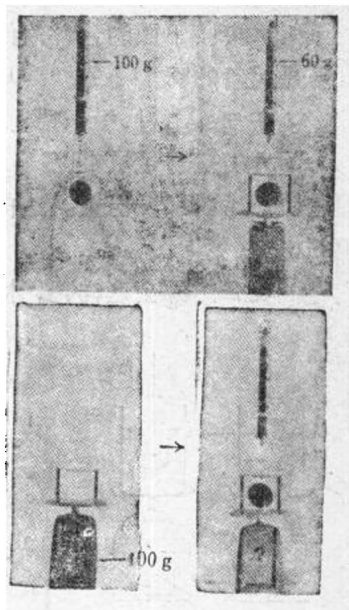
现在我出一道题，请大家来想一想。

[问题 1-1] 用细线吊起一块石子，称出它的重量是 100 克。

然后，把这块石子放进水里，这时弹簧秤上所指的刻度是 60 克。

做这个试验时，如果盛水的容器是放在台秤上，那么在石子放进水里前后，台秤指针的读数会怎样？估计：

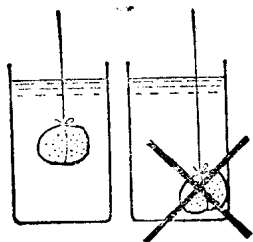
- (1) 按原样不动。
- (2) 增加 40 克。
- (3) 增加 60 克
- (4) 增加 100 克。
- (5) 其他。



到底会怎样呢？这里有一个座谈记录，记下了名叫求实、晓强、惠美、务理的四个中学生就这个问题讨论的情况，希望读者参考它进行思考。

讨论

惠美：我认为是(1)，即“按原样不动”。既然石子没有碰



到容器的底部和侧壁，下面的台秤便不会受到力。

晓强：我赞成惠美的意见。

求实：我也同意。

务理：我倒觉得，下面的台秤好象也会受到重量。……我说是(5)，即“其他”。

求实：下面的台秤为什么也会受到重量呢？你要知道，石子是吊着的呀！

务理：不过，……嗯，我也搞不太清楚了。

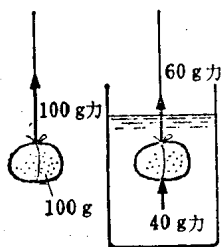
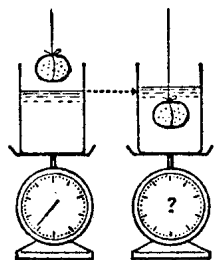
惠美：对了。把石子放进水里以后，水的体积就会增加这块石子的那一份量。这样，重量也许就会随着增加那样的一份。（见下图）

晓强：哪会这样呢，水的体积怎么会增加？！……水只不过是石子放进来了，看起来好象有点增加罢了。

惠美：可也是。

求实：对了！我知道了！石子的重量是100克，可是，当把它放进水里以后，它就减少40克，变成60克了。不过实际上，石子的重量是不可能减少的。因此，它之所以减少40克，是因为下面的水托着它。（见左图）我要把我的答案改成(2)：“增加40克”。

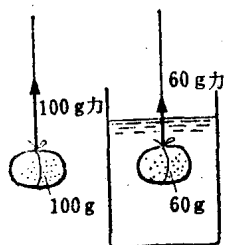
晓强：是那样吗？……说水托着石子，这恐怕是似是而非的歪理吧。求实，你说东西放进水里以后，重量不会改变，我可不这样看。我认为，东西放



进水里以后，是真的变轻了的。（见右图）

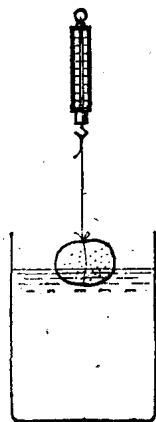
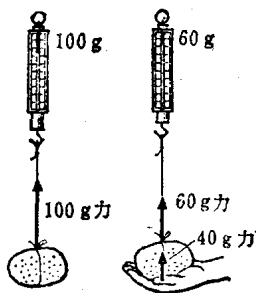
惠美：对了，我也认为是晓强所说的那样。东西放进水里以后，是有变轻的性质的呀。

求实：是吗？没有任何东西托着它，它会变轻吗？



务理：对了，有一种情况也许跟我们现在所说的相同。譬如说，用细线吊起一块石子，有人用手把石子轻轻地托一下。如果是用 40 克的力来托的话，那么，本来重 100 克的石子就会变成好象是 60 克了。假如这个情况和我们刚才所说的情况相同，那么，岂不是可以说，水用 40 克的力托着石子吗？（见左下图）

惠美：务理真是爱追根究底啊。不过，这一次恐怕不对吧，因为用手托的时候，既可以用 10 克力来托，也可以用 30 克力来托，但如果是水，那就一定是减少 40 克。不是吗？



务理：不见得吧。如果象上页右下图那样，让石子只有一部分浸在水里，那么，浮力不也就小一些了吗？

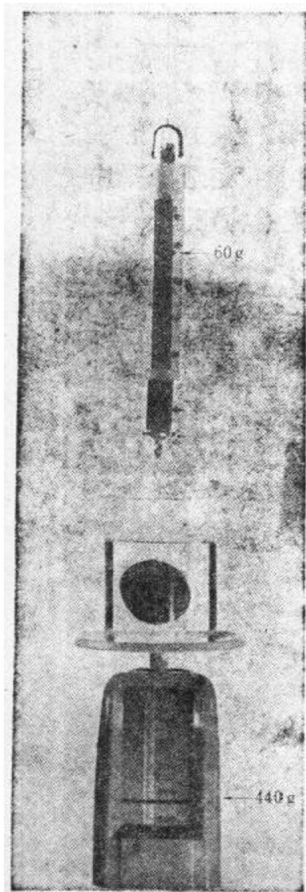
晓强：嗯——，我搞不清了。水托着石头，原来还可以有那样的托法啊！……

求实：现在没有别的办法，只好做实验看看了。

好，实验吧！

实验结果怎么样呢？左边的照片就是实验结果——台秤上的读数增加了 40 克。求实和务理两人所说的理由是对的。正如务理所想的，象用手托石子一样，水承担了石子的一部分重量。这就是所谓水的浮力。

那么，这个浮力是怎样产生的呢？正如惠美所说，当人用手托石子时，弹簧秤所承受的力会随着人的用力情况和承托方式而改变。既然如此，为什么水承托某一石子的力如果是 40 克的话，会一成不变地老是等于 40 克呢？说不定水的浮力也会随着物体的形状和浸入水中的深度而有所不同吧。那就做一做下面的实验，看看情况到底怎么样。



【问题 1-2】 用细线绑住一块石

子,把它象照片所示那样悬挂在弹簧上,这时弹簧就象右上角的照片那样伸长了(我们假定,石子拿开后,弹簧就会回复原来的长度)。

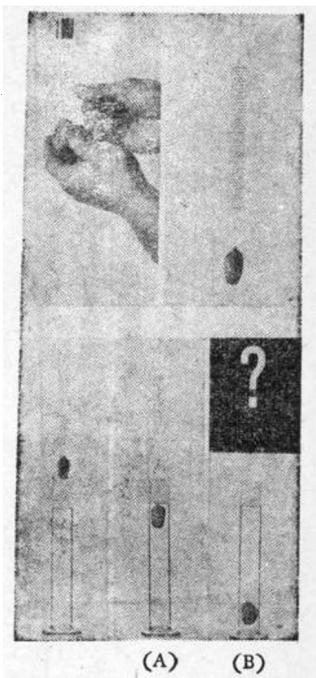
按照下面的照片 A,把吊在弹簧上的石子浸没到高容器的水中,这时,吊着石子的弹簧的伸长程度就变得比在空气中短得多。

然后按照片 B,把这块石子没入容器深处(但不要碰到底)。这时,弹簧的伸长程度会怎么样?

估计,在 B 的情况下,弹簧的伸长程度:

- (1) 比 A 的情况下短。
- (2) 比 A 的情况下长。
- (3) 同 A 的情况下相比,几乎没有变化。

那么,到底怎样呢?



讨论

务理: 我想是 (2), 在 B 的情况下, 弹簧的伸长程度恐怕要比 A 的情况下大得多。

晓强: 我想是 (1), 在 B 的情况下, 弹簧的伸长程度会减小。因为石子从空气浸到水里以后, 由于浮力的作用, 弹簧的伸长程度减小了, 所以象 B 那样, 石子浸得愈深, 浮力就愈加大, 这样, 弹簧的伸长程度岂不是要比以前减小吗? (见右图)

