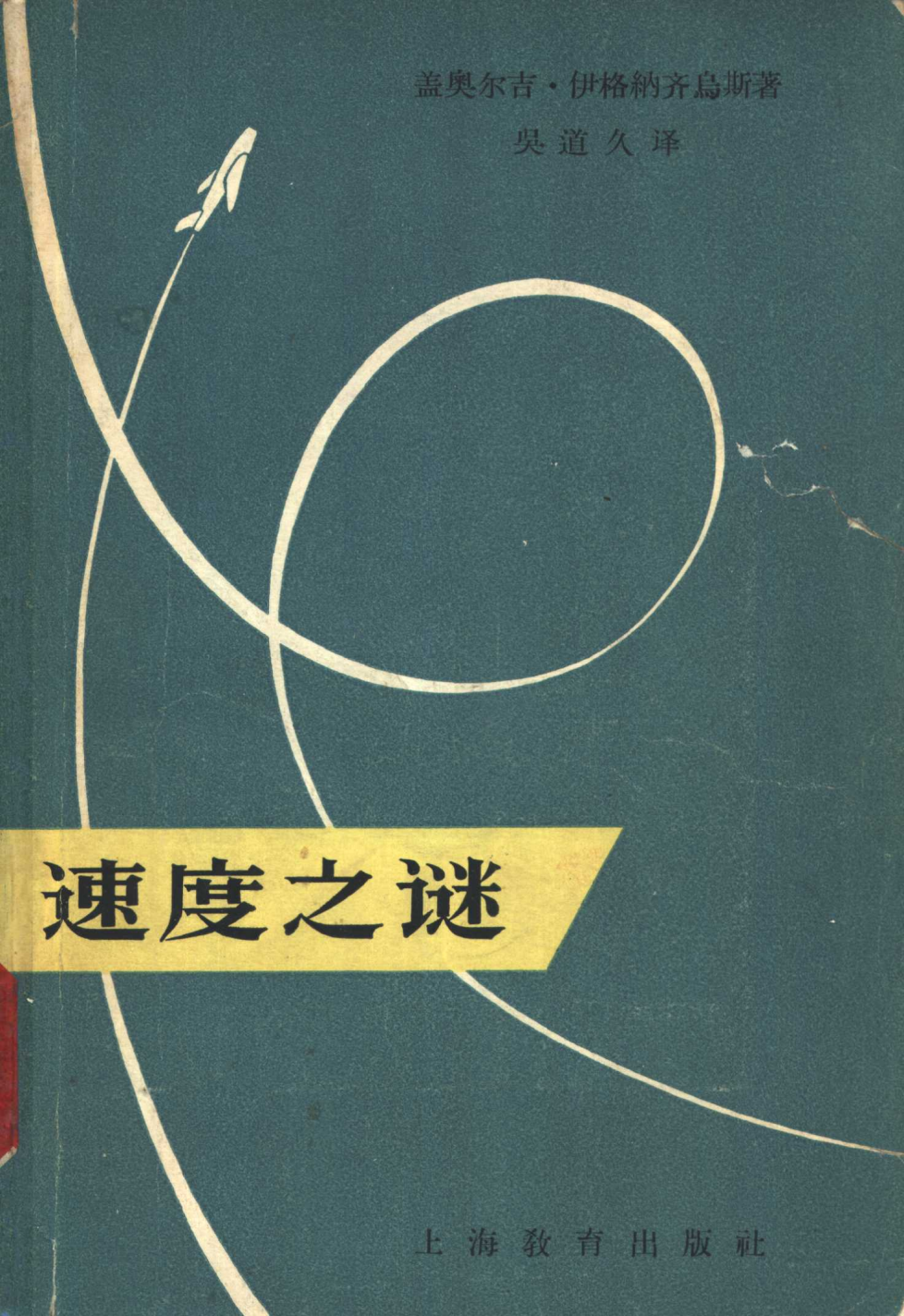


盖奥尔吉·伊格纳齐乌斯著

吴道久译



速度之谜

上海教育出版社

中國青年出版社出版

（北京）

速度之謎

中國青年出版社

速 度 之 謎

盖奥尔吉·伊格纳齐乌斯著

吳 道 久 译

上海教育出版社

一九六一年·上海

Георгий Игнатиус
О ЗАГАДКАХ СКОРОСТИ
Детства
Москва—1959

速 度 之 謎
(苏)盖奥尔吉·伊格纳齐烏斯著
吳 道 久 譯

*

上海教育出版社出版
(上海永福路123号)
上海市书刊出版业营业许可證出 090 号
上海市印刷三厂印刷

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

*

开本: 737×1092 1/32 印張: 1 1/2 字數: 35,000
1961年11月第1版 1961年11月第1次印刷
印数: 1—25,000本

統一書号: 7150 · 1253
定 价: (九) 0.15 元

目 录

这本书里讲些什么·····	1
怎样来领会运动·····	2
伽利略首先发现运动的相对性原理·····	4
地球的运动·····	11
在驶向南方的火车上·····	15
运动的转换·····	19
在南方·····	24
矢量是怎样相加的·····	25
升旗的习题·····	36
雨点的习题·····	36
雨伞的习题·····	38
渡船的习题·····	39
飞机飞行的习题·····	40
桥式吊车的习题·····	41
速度造成的奇景·····	42

这本书里講些什么

在自然界里或者在技术领域里，我们经常遇到各种各样的运动。这些运动，往往会引起人们苦苦思索。

譬如说，你们总看到过小雨点落在住屋窗子上的吧！它们是象细线一样地豎直挂下来的。但是，同样豎直向下落的雨点，落在行驶着的火车窗子上，却变成傾斜的了。

你们觉得脚底下的地球怎样？总沒有比地球更稳定、更坚固了吧？然而，你们要知道，地球正帶着我们一起在旋转呢！

而且，地球还以惊人的速度绕着太阳运转（一年大约要走十亿公里），它每秒钟要走 30 公里。奇怪的是，尽管它运转得这样快，我们却絲毫沒有觉察到这个运动，大家若无其事地在它上面过活。

这一切是值得我们来想一想的。这不只是一些值得我们去猜的有趣的謎，这里面还隐藏着力学原理，而力学是现代一门非常重要的科学。

现代科学技术上的一切奇迹，象原子能、自动化装置、宇宙火箭、人造地球卫星等等，都是在数学、力学和现代物理学的其他分科发展以后，才可能发明的。

物理学的第一部分就是力学。它是研究物体运动的科学。开始学习力学的时候，必須记住：如果不指明一个物体相对于另外一个物体运动，物体的运动就沒有意义。

离开了物体周围的物质世界来谈物体的运动，也是很难想象的。

本书的目的是要解释上面谈到的问题，就是要解释三百多年以前意大利学者伽利略发现的运动相对性原理，用这个原理来说明一些物理现象。为了使大家更容易理解起见，我们有时还去远地旅行，有时就在近处蹒跚，有时谈谈古代，有时谈到将来。

你们看了这本书，如果能对于力学中还没有学过的那部分知识有所了解，我们的目的算达到了。

怎样来领会运动

电车快到站了。一个五岁的小弟弟跟着爸爸走到车厢的平台上，他眼睛一眨也不眨地盯着车轮边的地上看。忽然，他快活地喊叫起来：“看呀！快看，爸爸，你看地在奔呀，奔得真快！”

小弟弟相信他的眼睛不会看错，真的认为地在他的脚下飞奔。

这个并不奇怪。要知道，我们常常会把自己的运动当作周围物体在运动，有时候相反，会把周围物体的运动当作自己在运动。

你经常乘火车吧！现在火车靠站停着，如果你坐在车里，向窗外凝视，迎面开来了一列火车，这时候，你会感觉到脚下的车身突然平稳地开动起来了，起初很慢，后来愈开愈快。一忽儿，那一列车开过了，这种运动的感觉没有了，你仍在原地，车站仍旧横在面前。原来，你的运动感觉，是旁边驶过的火车所造成的。另外一列火车驶过以后，你马上意识到自己仍旧呆在未开动过的火车车厢里。

现在，你是一个高速飞机的乘客了，今天这架飞机还要作些特技表演呢，你一定想体验一下这种惊险的生活吧！

望望机外，大地在很远很远的下面飞驰奔跑。朵朵白云，平

时是在天空中悠然飘荡，今天却在机身下面迅速地飞过。

你有些紧张吗？就要有不平常的动作啦！大概你还没有来得及想这些，忽然在你飞行帽旁的耳机里传来了飞行员镇静的报告声：“准备！飞机要连续翻四个筋斗啦！”

这时候，你要检查一下缚在身上的皮带。说时迟，那时快，本来在你上面的天空，忽然滑到飞机的下面去了，你会觉得机身下面只有天空，头顶上地面在旋转。一刹那间，在你头顶上飞奔的大地又换成了万里晴空。你不禁会松一口气，因为一切都好好儿的，一切都照常，天在上面，地在下面。

但是，一忽儿又是蓝色的天空在底下，绿色的大地在头上，一忽儿又倒了过来，蓝的在上，绿的在下。这样转呀转的，好象永远没有个完。说实在话，头脑子有些受不了，但是，必须坚持下去，如果向话筒喊出“够了”，是怪不好意思的。

终于，飞行员回过头来了，向你笑了笑，还点了一下头。听筒里在说：“现在是平向飞行啦！”

天气真好呀！地面上的森林和道路是多么可爱和亲切。

现在，我们到比较平静的地方去吧！

看，白色的轮船多么大啊！上船去吧！今天的天气真好。看见吗？远处山脚下有牛群在吃草。轮船驶过放着一堆堆稻草垛的河岸。船继续向前驶去，把你带离了有草垛的河岸。

你且到甲板上走走看。先是从船头走到船尾，现在轮船的速度不变，你却觉得好象在以比较慢的速度离开草垛，如果加快脚步，跑到船尾，奇怪得很，你跑得愈快，好象离开草垛愈慢。

这说明有这样的事：方向不对的时候，跑得愈快，结果却愈慢。

如果你居住在北方大城市里，在严冬的夜晚，室外是刺骨的冷，你坐到公共汽车里去试试看，而且要背向车子行驶的方向

坐。你出神了一会儿以后，会有怎样的感觉呢？

你知道现在车子在行驶吗？窗外什么都看不清楚，因为玻璃冻上了一层冰。你只觉得车身在摇晃，可能车子是停着，车身有些晃动。

要是那时候你在马路上看这辆公共汽车，你就知道，它明明是在行驶，跟许多小汽车一齐在前进。

现在，我们来研究一下刚才讲到的一些现象。首先要注意，研究物体运动的时候，必须先假定另外一个物体不动，说得更确切些，就是要先选定一个参照物。

站在车厢平台上的小弟弟，看到他脚下的地面在飞奔，因为他认为自己是静止不动的。这时候，小弟弟本身是参照物。

飞机在天空中翻筋斗的时候，你不觉得飞机在动，只觉得天旋地转。

轮船沿河岸行驶，河岸根本没有动。但是，我们感觉到的却相反，好象轮船没有动，而草垛和河岸在向后退去。这时候，轮船就是参照物。

最后，再谈谈公共汽车。你坐在车厢里，不觉得它在行驶，这也并不奇怪。你怎么能觉得它在运动呢？因为窗外什么都看不清楚，而汽车又是在作匀速直线运动。这时候，公共汽车是参照物。

说到这里，我们再来谈谈是谁最先发现这个简单的真理的。

伽利略首先发现运动的相对性原理

历史告诉我们，文艺复兴时代是一个奇妙的时代。

十五、十六、十七世纪，真是人类历史的春季。人类在地球上不知道住了几万年，直到那时候，才开始真正了解“地”和

“天”。

1492年10月，哥伦布到达了现在美洲的海岸。1519年9月，葡萄牙海员麦哲伦带领了五只大帆船第一次作遨游世界的航行。经过了三年，在1522年9月6日那天，其中的一只“维多利亚”号的帆船绕过地球一周，回到了欧洲。

1543年，波兰学者哥白尼（图1）发表了“天体运行论”一书，创立了新的宇宙观。他指出：太阳才是行星体系的中心，而所有的行星，其中包括我们居住的地球，都在绕太阳运转。

在哥白尼的学说还没有普及以前，占统治地位的是古时候流传下来的宇宙构造观念。

当时认为：人们居住的地球是静止不动的，它是宇宙的中心，太阳、月亮和许多星星都在绕地球运转。



图1 哥白尼(1473—1543)

它们中间有许多会在东方升起，起初愈升愈高，然后再在西方落下。还有一些天体，它们在天空中变换着位置，在许多其他星星中间不断地移动着，这些叫做行星。

这种以地球为太阳系中心的说法，叫做“地球中心说”（Геоцентрическое 由希腊文“ $\gamma\eta$ ”而来，意思是地）。

公元二世纪，古希腊学者托勒玫经过详细的研究，建立了地球中心说，他为了解释行星的复杂运动，曾经假定：各个行星都绕着自己的一个小圆轨道作圆周运动，这个小圆轨道叫做“本

轮”。本轮的中心又绕着一个以地球为中心的大圆轨道(叫做“均轮”)旋转。

古时候，每一颗行星的位置就是用托勒玫的宇宙体系学说计算出来的。

在公元十四世纪以前，这个宇宙观是世界公认的。

但是到后来，人们慢慢地发觉，根据这个学说来计算，在好些情况下行星不是精确地按照本轮旋转的。也有人竭力设法，想在托勒玫学说上加一些新的内容，以弥补这种说法的缺陷，但是结果徒劳无益，只不过使这学说更加复杂，更加混乱。

勇敢的哥白尼第一个起来反对这种以地球为中心的学说，并且宣布地球跟水星、金星、火星、木星和土星(当时已经知道的五大行星)一起绕着太阳在运转。同时，哥白尼还说，地球是一个巨大的球体，它绕自己的轴转动，自转一周，需要二十四小时，而绕地球转动的只有一个天体，那便是月亮，它是地球的卫星。

用哥白尼的学说，很容易解释清楚行星在星空之间的视运动，那些我们在地球上看到的行星的视运动^①，都是相对运动。

哥白尼发现的日心宇宙体系，我们称它为太阳中心说(Гелиоцентрическое由希腊文“ήλιος”而来，意思是太阳)。

哥白尼的学说改变了人类对宇宙的看法。从此，人们知道地球只不过是一个普普通通的天体，它是行星中的一个。

这个新学说，受到了教会的残酷迫害。教会只承认地球中心说，因为这种宇宙系统的说法，跟他们宗教教义里的宇宙观是一致的。

在哥白尼逝世的那天，出版了那本著名的书。教会无法来

① 是眼睛所看到的物体的运动状况，而不是物体真正的运动状况。例如，地球上的观察者看到日月星辰在自东向西运动着，这种运动就是视运动。

——译注

迫害他。

然而，那时候许多赞成哥白尼学说的学者都遭到了残酷的迫害，伽利略（图2）就是其中的一个。他是光辉的文艺复兴时代里许许多多杰出的人才之一。

伽利略的父亲是一个著名的音乐家兼作曲家，同时他还努力研究乐理和数学。

伽利略小的时候就对数学非常感到兴趣，在他十二岁的那年，就开始阅读古代数学家欧几里得和阿基米德的著作。1589年，那时候他二十五岁，已经是大学里的数学教授。



图2 伽利略(1564—1642)

他还研究力学。大家从科学史里了解到：他第一个确立了速度和加速度这些力学的基本概念。

可以说，伽利略是力学的创始人。

伽利略认为：科学是建筑在实践上，建筑在实验上的；决不是建筑在抽象的、毫无根据的议论上，也不是建筑在逐字逐句背诵过去权威作者的著作上。

伽利略说，真正的哲学“写在最伟大的书里，这本书永远在我们面前翻开着”。他指的这本书，就是自然界本身。他认为，仔细研究自然，自然就会把世界上的一切宝藏献给人类。

伽利略对天文学的贡献是人人知道的。

在他的作品“星球公报”（1610—1611）里，他向全世界发表

了他对天体观察的结果。

过去人们一向认为，星星是密密麻麻地排列在天空里的。他发现这些星星原来互相离开得很远。伽利略是第一个用望远镜向天空窥察的人，他把观察结果告诉了人们。在望远镜里，银河已经不是一片白茫茫的光，而是分散的无数星星。他看到月亮上的山和火山口，光亮的太阳面上的黑子，木星周围的四个“月亮”（四个卫星）。

伽利略不但支持了哥白尼的学说，还捍卫了这个学说。

1616年，天主教会疯狂地迫害他，宣布这个学说是一种荒谬的邪说。

这位年近七十的老翁，在1633年接到罗马教皇的命令，他在宗教裁判所的威胁下，被迫口是心非地说：“哥白尼的学说是一些错误的邪说。”

后来，伽利略受到了官方的审判，他的著作不但禁止出版，连他在私人谈话的时候，都禁止谈到地球运动的事。尽管这样，伽利略还是继续自己的研究工作。

他这样被剥夺了自由，一直到死去，那时候他78岁。

伽利略的一生，对于以后发展力学和天文学，影响很大。他开辟了科学界实验和精密观测的新纪元。

伽利略是一位天才学者，他是伟大的力学家、天文学家，又是卓越的文学家。

我们且不谈这位天才学者的多方面的才能，只谈谈其中跟我们所谈的题目有关的一项贡献。

1632年，伽利略发表了“关于两个世界体系的对话”一书，他在书里提出了对运动的看法，这就是现在所说的运动的相对性原理，也就是我们在前面两节里谈到过的一些内容。

伽利略说：“假定你和一个朋友处在一只古时大船的甲板下

面的大艙里，只要船的运动是匀速的，没有一个现象能帮助你判断船是在运动或者是停在原地。”他又说：“艙顶天花板上挂着水杯，杯里滴出来的水，是豎直向下落到地板上的，没有一滴斜向船尾，虽然水滴在空中下落的时候，船正在前进。”

伽利略还说：“大艙里的蒼蝇向各个方向乱飞，跟平常没有什么两样，你无论怎样观察，总是看不到，它们象是由于追赶船的运动显出倦怠而需要停留在近船尾的板壁前面。”

这样，便得出一个结论：匀速直线运动无法跟静止区别开来。

伽利略去世后一年，在英国诞生了另一位伟大的物理学家牛顿，他也是力学家和数学家。

如果说，伽利略在科学史上写下了不少研究自然的成果，那末可以说，牛顿写下了更光辉的成绩。

牛顿奠定了高等数学的新基础，发现了力学的三大基本定律。后人为了纪念他，称它们为牛顿三定律。他还正确地、全面地解释了天体运动定律。可以说，在他之后，还没有人能推翻哥白尼的学说。

牛顿证实了伽利略运动的相对性原理，并且指出：“无论大船在静止的时候，或者以匀速作直线航行的时候，船里一切物体的各种运动都是完全一样的。”他补充说：“这是根据许多次实验得出来的结论。”

可以说，在任何系统里，无论系统作匀速直线运动，或者系统是静止的，所发生的一切现象完全一样。

静止情况和匀速直线运动的情况，实质上没有任何区别，如果在运动系统里做各种各样的实验，想来证明这个系统是处在静止状态，还是在作匀速直线运动，那是徒然的。

这个重要的结论就叫做“运动的相对性原理”，或者叫做“伽

利略运动的相对性原理。”

如果上面伽利略和牛顿提到的大船运动的方向是沿直线进行的,但是有时加快,有时减慢,或者是匀速的,而方向一忽儿向这边,一忽儿改向那边,那末在这两种情况下运动的相对性原理就不适用了。

这里要注意,决不可把运动的相对性原理和运动的相对性混淆起来。

运动的相对性原理实质上是说:在一个匀速直线运动系统里,不论这整个系统的运动速度是非常非常的大,或者等于零,系统里的各个运动都是没有区别的。

运动的相对性指的是另外一回事,它是说运动的性质由所选择的参照物决定。由于参照物不同,同一物体运动的性质可以是各种各样的。

举例来说,你在火车上看书的时候,把书放在窗边的桌子上,书对窗子来说是静止的,但是对地面来说,却跟着火车在运动。

静止是运动中的特殊情况,所以它也是相对的。

我们不是常常乘电车吗?有时候会遇到这样的情况:当你乘的那辆电车开动的时候,如果旁边也有电车用同样的速度作同方向的运动,毫无疑问,那时候你对旁边那辆电车来说,是静止的,而对周围事物来说,你是在运动。

你坐在屋子里桌子边看书,对地面来说,你是静止的,但是对太阳来说,你是在运动。

或许太阳是不动的吧?

不,天文学告诉我们,太阳和太阳系的行星以每秒 20 公里的速度向天琴座和武仙座运动。

而且这些星座的星星也在运动。我们想在整个宇宙中找出一个不在运动的星星,是绝对不可能的,这样的静止点是沒有

的。然而，我们为计算方便起见，可以选定一点当作是静止的。

我们得到了力学上的一个非常重要的结论，就是说，一切运动包括静止在内，是相对的。

地球的运动

我们现在来谈谈地球的运动。地球的运动是复杂的，但研究它却是非常引人入胜的。在力学和天文学里都要研究这个运动。

地球绕地轴在自转，自转一周是一个昼夜。

地球在近似于圆的椭圆轨道上围绕太阳公转，公转一周是一年。

地球跟太阳系的行星一起，在其他天体中间运动着。

事实上，一切都在运动。然而说实在话，这点我们丝毫都没有觉察到，平时我们总以为地球很稳定，总认为它是静止不动的。

在四百多年以前，可以说，谁也没有怀疑过地球是静止的。

为什么古时候没有人想到地球是运动的呢？对于这一点，我们可以列举许多简单的理由。

首先，从物理学角度来看，对于人们来说，是不容易觉察到地球的自转的。这因为地球旋转的时候，地球表面上任何一点的运动，近乎匀速直线运动。可以说，地球的转动，是自然界里我们所知道的最理想的匀速转动；另外，地球的半径是这样的大，所以地球表面上任何一点的运动，可以近似地当作直线运动。

地球自转的时候，赤道上任何一点的运动速度是463米/秒，因为赤道半径是6371公里，而北纬 $55^{\circ}45'$ 纬圈上任何一点的运动速度是265米/秒，因为那里的纬圈半径是3654公里。虽

然这样，人们的感受却一样。

这是很自然的事，在运动半径长达几千公里的匀速圆周运动里，如果所取的时间间隔很短，这时候的运动跟匀速直线运动便没有什么区别。

地球绕太阳运动的轨道近乎圆形，而这个圆又非常大，轨道的弯曲度就不很显著。所以，即使我们取一段相当长的时间，譬如说，取一小时，还是可以把地球在这段时间内的运动当作匀速直线运动。就拿这样长的一段时间内的运动来说，到现在为止，我们用最精密的方法，还无法辨别出地球实际的运动跟我们假定的以 30 公里/秒的速度所作的匀速直线运动有些什么差别。

我们也没有觉察到，太阳系以每秒 20 公里的速度所作的运动跟同样速度的匀速直线运动之间有什么不同。

所以可以说，地球上的人们和人们周围事物的运动，都可以当作匀速直线运动。

按照伽利略运动的相对性原理来说，我们知道静止和匀速直线运动没有区别。

由于上面这些原因，难怪过去人们错误地认为地球是静止不动的，天穹、太阳和无数的星星在它周围转动。

现在，人们爱研究好探索的思想打破了这个错觉。人们已经找到了许许多多不可推翻的证据来证明地球在转动，这些证明是在研究了地球转动所产生的各种现象得到的。

我们在晴天无云的晚上，向天空望去，当那时

“神秘的苍穹呀！

以它的灿烂的星光

从无穷远处窥视着。”

我们会发现这星光灿烂的天穹，在慢慢地转动着。如果我们在晚上选定地面上任意一个参照物，例如一棵树或者一所房屋，