

— 爱物理者的

启蒙物理学

J. S. 福恩 K. F. 库恩 著

夏树忱 赵 森 张景洲

谷磊昭 王远征 译

吕文超 校

科学技术出版社

1982

**Physics for people who think they don't
like physics**

J. S. Faughn

K. F. Kuhn

W. B. Saunders Company

Philadelphia, London, Toronto 1976

不爱物理者的启蒙物理学

J. S. 福恩 K. F. 库恩著

夏树忱等译

科学技术文献出版社出版

重庆印制第一厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经营

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 20 字数: 449 千字

1982年10月北京第一版第一次印刷

印数: 1—15,105册

科技新书目: 33—88

统一书号: 13175·152 定价: 2.45 元

什么是物理学？

阳光在水波上反射



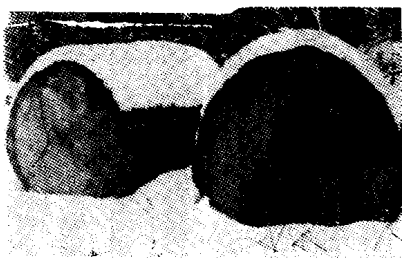
闪电时的强烈放电现象



五个鼓手演奏的声音



力和运动



时间和温度

译 者 的 话

每当人们提到“物理学”这个名词时，总会和一堆堆的公式，一条条的定义联系在一起，而本书却一扫人们对物理学的深奥感，别开生面，把物理学引入了人们的兴趣中。

书中没有讲繁琐的公式推导，咬文嚼字的定义，而是从生活中司空见惯的事例讲起，涉猎了包括空间技术在内的，现代物理学的各个领域。以通俗易懂的语言，生动形象的比喻，简单易行的小实验，讲清了深邃的科学道理。我们认为这就是本书的独到之处，也是作者匠心高超的所在。难怪这本书的原名叫《自认为不喜欢物理者的物理学》，它确实是一本启发人们学习物理学兴趣的、难得的启蒙读物，所以我们把它译为《启蒙物理学》。

本书是作者为美国青少年写的一本通俗的科学读本，所举的都是美国人习以为常的事例。这就难免有些不符合我国国情的地方。凡遇到这类地方，在翻译中我们都尽量做了删改。

由于印刷的关系，我们也遗憾地删除了原书中的彩图，并对有关内容做了相应的改动。

本书在翻译和审校过程中，曾得到刘春生、张次龙、山广芬、孙志周等同志的大力协助，并特别请了从事物理教学多年的赵明大老师从物理知识方面进行了审阅，加了许多注释，谨此致谢。

由于我们水平有限，错误不当之处在所难免，请批评指正。

目 录

译者的话

第一编 运动、力、能和生命	(1)
引 言	(1)
1. 力和运动	(6)
2. 能量和动量守恒定律	(42)
3. 重力和失重——是怎么回事?	(74)
4. 宇宙航行的理由和方法	(100)
5. 太阳系以外的生物	(115)
第二编 物质的形态与性质	(140)
6. 物质的实质	(140)
7. 固体、液体和气体	(154)
8. 热与物质的相互关系	(187)
第三编 波的传播——重点是声波	(210)
9. 声波的产生和描述	(210)
10. 声学现象	(225)
11. 声是什么?	(245)
第四编 电和磁	(256)
12. 静电荷	(256)
13. 运动电荷历险记	(282)
14. 磁学	(313)
15. 电磁感应	(341)
第五编 波的传播——重点是光波	(360)
16. 电磁波	(360)
17. 原子和光	(378)

18.	光在起作用.....	(390)
19.	光学仪器.....	(421)
20.	光产生的奇妙现象.....	(441)
21.	奇异的激光.....	(464)
22.	颜色.....	(480)
第六编	$E=MC^2$ 及其他.....	(497)
23.	相对论.....	(497)
24.	原子核和放射性.....	(525)
25.	核能.....	(561)
26.	原子能的和平利用.....	(591)
27.	宇宙射线和基本粒子.....	(606)
附录 I	十的倍率法.....	(626)
附录 II	测量.....	(629)

第一编 运动、力、能和生命

引 言

每本正规的基础物理学教科书，其引言都从给物理学下定义开始。缺点是，作者不可能只用一章就讲明它。对读者来说，其实，全书都是在给物理学下定义。当然，物理学确是有一个明确的定义。而且，事实上定义还不止一个。最为人所熟知的恐怕就是：“物理学就是物理学家干的事。”乍看起来，这似乎是不言而喻的，但其实并非如此简单。上面的话道出了物理学领域的真相：物理学研究的范围异常广泛。应用物理方法研究的物体，小到微观世界构成原子的粒子，大到宏观世界构成宇宙的星系，无不包揽其中。因此，也许可以说，物理学家所使用的方法，在一定程度上决定了某门学科是否属于物理学范畴。

物理学家所用的方法，基本上是整个科学界所用的方法。事实上，它应称之为科学方法。这种方法大致上分为五个步骤。

- (1) 选定一个课题。
- (2) 推测（用“假设”这个词更确切些）一个答案。
- (3) 根据假设预言结果。
- (4) 设计并进行实验来验证预言。
- (5) 将证实了的假设同已有的知识结合起来建立一种理论。

然而，这种科学方法并非始终是解决课题的灵丹妙药。用这种科学方法不能象俗语所说的：“走完了第一步，就迈

第二步……。”它每前进一步都是建立在科学发展的基础上的。实际上，这些步骤常常是重叠的，而且假设和验证预言的基本思路贯穿于整个科学实践的始终。

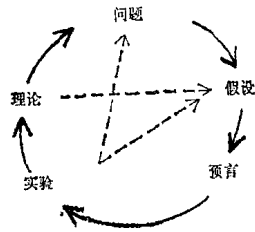


图1 科学方法的各步骤

图1说明科学方法的五个步骤。之所以把这些步骤连成一个环形，是因为在一个理论建立之后，它们并没有停滞不前。相反，一种理论常常会引出一个有待解决的问题，于是又开始了新的循环。此外，科学方法各步骤间并不是按部就班循序渐进的

(如图中虚线箭头所示)。

草 的 生 长

由于你很可能对生物学比对物理学更熟悉，所以，我们将用生物学的例子来解释科学方法的五个步骤。你会在以后各章中随时碰到应用这种方法的情形。

基础生物科学的一个典型实验是种豆子。但因为 we 可能不曾种过豆子，所以稍作变通，改作种草，实验者希望确定有哪些因素影响了草种的萌发(课题)。他认为，土壤中的含水量很可能是一个重要因素（这里实验者假设水影响了草的生长）。根据这种颇有道理的“推测”，他预言，如果把草种撒入几个花盆，分别往各盆浇不同量的水，则各盆中草的生长会是不同的。

如果实验者想使自己的假设得到证实，那么关键就是决定如何设计和进行实验。但由于有许多不可忽视的因素影响了草的生长，结果又出现了新的问题。例如，把一个盆子放

到窗台上，而把另一个放到地下室，则所得到的实验结果就不十分可靠。必须小心地控制那些影响草生长的不定因素。所有的盆子都必须一样大吗？同样颜色吗？除了要验证的那个因素之外¹⁾，实验者竭力使其他不定因素保持相同。虽然并未把控制不定因素列入科学方法的步骤之中，但在所有科学实验中这些因素却是不容忽视的。

于是，我们这位细心的科学家发现，对草的生长有着一个“最适宜”的水量。水太多或太少都会影响草的生长。他试图把这种发现同他对于草生长的以及引起种子萌发的知识联系起来，这样，他就可以提出一种水影响草生长的理论。或许，在做这个实验时会出现其他问题：上述情况下所用的水量在其他情况下，例如在盥洗室中仍然是最适宜的吗？因此，科学方法的这个循环，可能并未经过理论步骤，而又以另一个假设重新开始了。

许多科学活动——尤其是物理学的，并不能简单地以科学方法的这五个步骤加以概括。然而，这种方法对于所有的实验科学，包括物理学、化学、地质学、生物学、社会科学以及这些学科的所有分科和综合，都是共同的。

物理学的多种分科

要想把物理学同其他学科分开来是困难的。它不同于生物科学和社会科学，因为象地质学和化学等其他自然科学一样，它主要研究无生命物质。这些科学有许多地方是互相交叉的，物理学家常常谈及地质学家的岩石和化学家的化学药

1) 实际上，每次都得多粒种子。这是因为，如果每个花盆都只撒两粒种子，可能这两粒都是“坏种子”。如果每个盆中撒了多粒种子，便可以假定各盆中的坏种子大致一样多。

物，——而地质学家和化学家对物理学家所从事的工作又不无贡献。

看一下物理教科书的目录或一张大学的物理课程表，就可以了解物理学家所从事的工作。下面列出的部分物理学科本身，它的名字就足以说明其研究的对象。

电学

声学

磁学

热学

原子物理学

光学

核物理学

天体物理学

其他物理学科的名称如量子力学、相对论和固体物理学，对不研究它们的人可能颇为费解。

很难对物理学的研究对象划定一个范围。因此，即使冒着被人称为冒牌物理学家的危险，作者仍会情不自禁地说：化学家研究化学药物，地质学家研究岩石，生理学家研究人，生物学家研究生命体，而物理学家则研究其他的一切。

自然界的统一性

也很难于给每门学科的研究对象划一个范围，因为这些划分是人为的，而自然界是统一的。我们希望，你将会从对物理学的研究中得出这样一个结论，你在整个自然界中发现的一切，都是简单的，统一的，因而是和谐的。如果存在这样一个统一性，那么有诸如生物物理学、物理化学和地球物理学这样一些“综合”学科，就不足为奇了。人们是人为地把一个统一的自然界割裂开来的。

但是，如果我们要了解自然，做某些划分仍是必要的。我们把自然界看作是由亿万个千差万别的物体组合而成的。例如，乍看起来，似乎在为什么一松手物体就会落到地上和

月亮会穿过天空遨游这样的研究之间毫无联系。因此，曾有一些人专门研究下落的石块，而另一些人则只研究天体。很显然，下落的石块和天体在许多方面是有共同点的，只是通过对各自的单独研究之后，才最终看到了其间的联系。

同样，我们在研究人体时发现，为了能更好地认识这个极其复杂的生命体，生物学家必须在越来越多的方面请教化学家和物理学家。

大自然是个统一体。而且，我们对它的研究越深入，我们看到的这个统一性就越清楚。似乎是，随着岁月的流逝，不再需要分那么多的学科了。然而，事物是复杂的：我们懂得的越多，越会感到我们所知甚少。每解答一个问题，都会发现更多的问题。举例来说，在回答有关原子的一些问题时，我们发现了原子是由一些粒子构成的，而围绕着构成原子的粒子又提出了一些奇异的问题。正是这样一些有待回答的问题使物理学充满趣味。

科学家和儿童

如果我们不同一个四岁的孩子接触一段时间，就不会有孩子会提出什么样问题的切身感受。年幼的孩子具有好奇的天性，他们不仅从成年人那里得到解答，而且还通过实验来寻求答案。他们也是科学家，只不过同真正的科学家相比他们使用的方法是直觉的罢了。然而，在我们教育过程中的某些阶段，有相当多的人并不曾学会象孩子那样一再提出问题。他们的好奇心减退了，或者至少是当他们进入高等学校时被淹没在死记硬背的答案的海洋中了。如果对自然界的这种好奇心消失了，科学也就不复存在了。科学家则仍然保持着儿童的某些天性，他们用疑问的眼光看着世界。而他们正

是象孩子一样，享受着追求答案的乐趣。

如果你带着探求自然界某些问题答案的想法来研究物理学，那么，你也将会感受到这种乐趣。

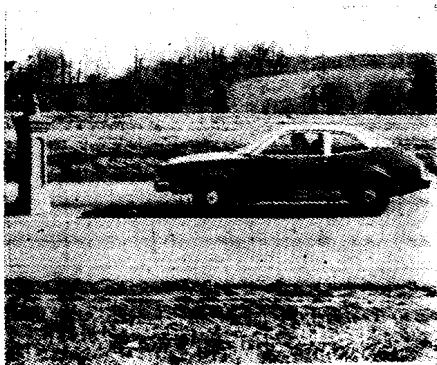
目的要求

学完引言这一章后，你应该会：

1. 说明为什么难于给物理学下一个简明的定义。
2. 列出科学方法的各个步骤并画图说明其循环特性。
3. 做一个实验来演示科学方法的各个步骤。
4. 举例说明“控制不定因素”的含义。
5. 至少列出物理学的五种分科。
6. 说明为什么学科间的分界线是模糊的。
7. 举出一个物理学中回答了一个问题反而引出更多问题的例子。

1. 力和运动

人们研究自然时，总是要想方设法解释他所看到的许许多多不同的事物，而且要把所经历的东西理出个头绪来。如何理出这个头绪，那就要看一个人的理解力和他对周围世界的认识了。本章将研究自然



界最基本的概念：力和运动。研究这些概念所用的方法，有

些是我们所熟悉的，而另一些又是陌生的。

速 度

在物理学领域通用的所有术语中，速度是最古老的概念之一。人们总是希望在旅行中用最短的时间到达目的地。不论是急切地注视着日规期待着丈夫骑着骆驼归来的古代巴比伦妇女，还是现代都市中持长期月票的乘客，速度都是他们最关心的。

我们每日每时都在使用“速度”这个字眼，例如，我们看一眼汽车上的速度表并注意到是每小时50英里。我们看到的这个每小时50英里说明，如果用这个速度行驶一小时，就会走过50英里。每小时英里数这个表示告诉我们一个量度速度的秘诀：只要确定我们走了多远并除以走过这段距离所用的时间就行。这样，每小时英里数就好懂了。速度可用每秒英尺、每秒米¹⁾、每秒厘米——甚至是用每两周1/8英里(浪)——任意表示，只要你是用走过这段距离所用的时间去去除距离来表示这个量度就行。

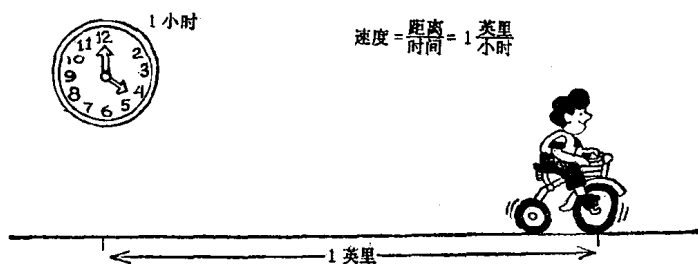


图1-1 说明速度的例子

1) 对公制度量衡的说明，可参见附录1。

课外小实验¹⁾

试着估算几个速度。让铅笔从桌子上滚过。看看它一秒能滚多远？速度用每秒钟英寸表示，（这时为什么用每秒钟英寸比用每小时英里表示更好些？）向窗外看，观察一个走过窗口的散步者，估算一下他的速度，（对这个散步人使用什么样的距离和时间单位更合适？）再估算一下驶过的汽车的速度。

加 速 度

当你乘自己的无污染经济运动车沿公路行驶时，一般你不会长时间匀速行驶。交通灯的变换、调节车内的收音机、附近出现警察的巡逻车，以及其他因素，都会使你不断改变车速。速度变化的快慢称之为加速度。但如何量度这样一种变化呢？你刚上车时，车速为零；而当你从停车场开动时，车速就增加——车加速度了。速度告诉你距离如何随着时间变化，而加速度则告诉你速度怎样随着时间变化。图 1-2 是计算加速度的一个例子。汽车从静止开始并在 2 秒钟内把速度增加到每小时 20 英里。2 秒钟内的车速变化是每小时 20 英里。这样，加速度就是每 2 秒每小时 20 英里，就是说车速变化平均每秒钟每小时 10 英里。加速度正好表示为每秒钟每小时 10 英里。另外假设你以此加速度又继续走了一秒钟，车速就会达到每小时 30 英里，而再一秒就会是每小时 40 英里的速度。

-
- 1) 课外小实验将贯穿全书。它们可用最简易的设备来做，而且也应该做做（百闻不如一见）。你会发现，如果你花几分钟动手做做，而不是一味读书，那就会更好地理解物理学。

你试试用图1-3所示的数据计算一下加速度。之所以提出这一点，是因为通过实际计算一个或两个加速度会使你更好地了解加速度¹⁾。

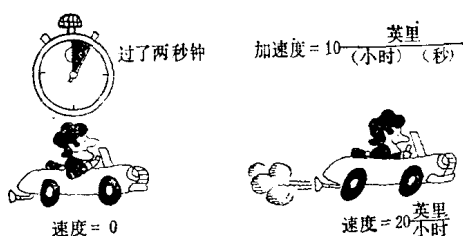


图1-2 加速度

区分加速度和速度很重要。我们说汽车有很大的加速度，并不一定它就有大的速度。如第一个例子提到的，一辆汽车可以很快地从静止达到每小时20英里的速度，因此，它具有

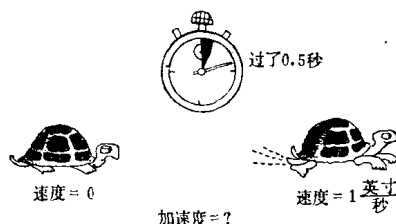


图1-3 按图计算龟的加速度

很大的加速度，但速度很低。另一辆车可从每小时60英里变到70英里，而且也许用了10秒钟。它的加速度很小（每秒每小时1英里），但速度却很高。

重力引起的加速度（重力加速度）

我们将在第三章看到，所有的物体，不管轻重，都以同样方式下落。一块砖和一个乒乓球，只要一松手，就会同时落地。显然，如果它们从静止到抵达地面所用的时间相同，那么其下落方式就完全一样。因为它们都受到加速，就必然以同样的加速度下落（这里略去了空气阻力的影响，否则一

1) 龟的加速度=每秒每秒2英寸。

张纸和一块砖下落的时间将是不同的)。

正是伽里略首次提出了一个看来是有理的论据：真空中的所有物体都以同一加速度下落。从他的著作中知道，他曾做过一系列加速物体的试验，而事实上恰恰是他首次以上节所述方式给加速度下了定义。他用的方法是：将球沿缓坡滚下，测定球在连续时间间隔中滚过的距离。用缓坡是让球滚得慢一点，以便进行精确测量¹⁾。然后增大坡度，重复试验。因为可把从大坡度上滚下的球看成是从垂直面上滚下的，所以，即使当时还不能精确测量这样的运动，他还是得出了有关自由落体的结论。

伽里略实验的重要性有两个方面：(1)他提出了物体都是以同一加速度（并在下落时保持不变）下落的；而更重要的是(2)他把实验过程作为必不可少的部分引入了科学研究。在这之前，人们认为研究自然现象主要是一种思维训练，并不认为实验是最重要的。对某些事物的来龙去脉主要是用逻辑论证来推导的，如果推导出的结论合乎逻辑，它就会被认为是真理。如果提出的论据充分，它就是“无懈可击”的；它就会作为这门学问的权威加以引证，而权威的理论就成为采纳与否定其他理论的决定性因素。今天，虽然我们已经承认了实验是科学中“检验真理的标准”，但仍然会象古人一样，残留着对权威的盲目崇拜。如果有人引用了一位权威的话，则我们在对他所作的假设提出疑问时就会犹豫不决，有时甚至会采取非科学的态度。

伽里略认为，任何地方的物体都以相同的加速度下落。

1) 伽里略时代(1564—1642)尚无摆钟。他用的是水钟。这种水钟是一种鸡蛋形的计时器，时间是通过从吊桶底部的小孔流出的水量加以确定的。