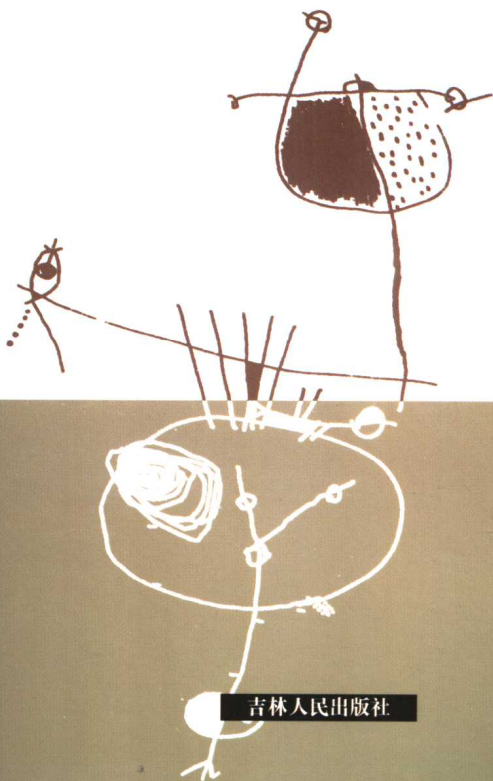


哈佛科普译丛

HAFOKEPUYICONG

时间与机遇

[美]戴维·Z·阿尔伯特 著
王 岩 译



吉林人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

时间与机遇/(美)阿尔伯特著;王岩译. —长春:吉林人民出版社,2004.5

书名原文:Time And Chance

ISBN 7-206-04434-4

I. 时… II. ①阿… ②王… III. 基本粒子—时间—向量分析

IV. 0572.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 036554 号

时间与机遇

著 者:(美)戴维·Z·阿尔伯特

译 者:王 岩

责任编辑:崔剑昆

封面设计:翁立涛

责任校对:郑 冰

吉林人民出版社出版 发行(长春市人民大街 4646 号 邮政编码:130021)

制 版:吉林人民出版社激光照排中心 0431-5637018

印 刷:长春市永恒印务有限公司

开 本:850mm×1168mm 1/32

印 张:6.875 字 数:145 千字

标准书号:ISBN 7-206-04434-4/G·1470

版 次:2004 年 5 月第 1 版

印 次:2004 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1-5 000 册

定 价:14.00 元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与印刷厂联系调换。

本书试图深入探讨对世界基本物理结构的最科学的描述，和我们对于世界日常实验式的经验之间的尖锐而持久的张力。让我们深感困扰的是时间的方向问题。这种状况（简略说）表明，它几乎是这些基本的科学描述中的每一个的推论——同时，它与我们的常识极为不符——并且，能够发生的一切也可以自然地逆向发生。

“阿尔伯特在完善一种风格的基本分析，这是他所独有的……这种分析具有外科手术般的精确……它对自命不凡毫不留情。热力学的基础是一个已堆积了大量枯木的话题，这是一场会不断烧下去的大火。

SIMON W. SAUNDERS

牛津大学

“阿尔伯特的作品一向的特点是，解说敏锐、中肯，而且特别清晰……这本书将对关于热力学和统计力学中的哲学问题的课题的文献做出非常有价值的贡献，这一文献一直基础薄弱，但正以应有的状态在发展。

LAWRENCE SKLAR

密歇根大学

戴维·阿尔伯特是哥伦比亚大学的哲学教授，《量子力学和经验》（哈佛出版）一书的作者。



前言

本书致力于初步介绍过去和未来之间的差异，并对发展该差异的科学阐述做出特殊贡献。

第一章比较清晰地回顾了物理文献中被长久称做是“时间的方向的问题”这一话题——但是是以我所希望的关于物理状态的空前绝后的精确语言，以空前绝后的认真讨论，即讨论区别或未能区别过去和未来，对于一系列动力学定律来说到底意味着什么。第二章与热力机的思维实验的比较详细的附录一起，报告了热力学的第二定律——即在何点上过去与未来间的差异在物理定律中表现得最明了，具有最广泛的预见性，具有最强的计划性——在很大程度上是延续了 Enrico Fermi 的著名著作中关于这一课题的漂亮处理的思路的。第三章是一篇概要，或多或少地体现着 Ludwig Boltzmann 的精神，谈及统计力学的方案——包括了我希望将证明关于可能性分布在初始条件下的数学结构和形而上学的地位的相对新颖的讨论，这些讨论也将涉及熵和信息之间的联系，存在个性主义的疑问，以及许多其他事物。第四章涉及 J. Loschmidt、Ernest Zermello 和 Henri Poincare 对该项方案的很多著名异议，并且涉及了在我看来正适于上述异议的补救方法——它是一种新的基本的非动力学的自然定律，叫做“过去的假设”。第五章批评了长期以来有人



试图表明作为基本原则，没有像操作的麦克斯韦魔鬼这样的事物存在。我主张（正相反——并利用明确的构成）无论是物理学的经典或者量子力学的定律中，都不存在这类碍手碍脚的魔鬼。第六章（也许是最雄心勃勃的）是关于我们的能力的时间-定向性的，我们有能力获得有关世界的信息，根据我们的意愿操纵世界，或者（更确切地说）这一章的范畴涉及了把不同种类的定向性并入到目前所展示的世界的普遍描述中，也就是说，涉及了把这些种类的定向性理解为自然的力学现象——（即）与第三、四章中描述的对热力学第二定律的时间-定向性的理解一致。第七章（这也许是最重要的章节）讲述了时间的方向问题和测量的基本量子-力学问题之间有可能存在非常具有启发性的关联。

我要感谢的人很多。首先，我要向我的妻子 Orna 致谢，是她日复一日，年复一年的辛勤工作使得我有时间进行写作，感谢她的耐心和鼓励，她坚定不移超乎寻常的爱，感谢她断定这种书籍所需要的是意大利的未来主义。我还要感谢 Tim Maudlin、Fulank Artzenius、Ned Hall、Simon Saunders 和 Gordon Belot，尤其是 Barry Loewer，感谢他们极为认真地阅读了我的手稿——在此过程中（大大小小的）错误得到了纠正。还要感谢 Bas van Fraassen 和 David Lewis 和我在哥伦比亚大学、普林斯顿大学和哈佛大学的许多学生，他们一直耐心地听我在研究会和讲座中讲述这些问题，并帮助我整理这些问题。感谢 Yakir Aharonov、Hilary Putnam、Marc Albert 和 Arthur Kantrowitz 和刚刚故去的 Gary Feinberg，从他们思考问题的普遍技巧中我获益良多。感谢 Sidney Morgenbesser 和 Irad Kimhi，我的作品以及我自



身的不可胜数的大量延展都是力图模仿他们。我要感谢我的朋友 Lloyd Miller 为我准备了图表，感谢哈佛大学出版社的 Lindsay Waters、Kim Steere、Christine Thorsteinsson、Elizabeth Gilbert 和 Jill Breitbarth，感谢他们编辑、设计和出版我的手稿时，对我的这本书和书中的语气给予了如此深刻和富有想象力的尊重。

目 录

前言	/1
第一章	时间 - 反演的恒定性/1
第二章	热力学/29
第三章	统计力学/47
第四章	可逆性异议和过去 - 假说/87
第五章	热力学的范围/119
第六章	认识和干扰的不对称/139
第七章	量子力学/161
附录	: 热力发动机的想象试验/199
索引	/207

第一章

时间 - 反演的恒定性



1. 牛顿对世界的描述

这里我想谈的是微观物理学基本理论和宏观人类日常生活之间的某种张力，这种张力的出现（尤其）关联到过去与未来到底如何不同这一问题。

能够最佳地启动这一谈话的基本理论，就是牛顿的力学，在这一理论中，这种张力变得最纯粹、最直接。不必介意（目前）牛顿的力学变得不再是现实世界的力学了。¹我们以后将谈到这个问题。

根据牛顿力学，或者至少根据我想在此以之开始的特别简洁的说法，宇宙的物理器具完全由点粒子组成。这些粒子的唯一动力学变量——即可以和时间共同变化的这些粒子的唯一物理特性——正是（依据此理论）他们的位置；并且（因此）如果列举出存在什么粒子，其属何种种类，²及它们的任何时间的状态，就意味着列举出了关于世界物理历史的所有一切。³

牛顿力学是确定性的。如果可以列举出世界上所有粒子在任何特定时间的位置，此时它们的位置，随着时间向前流动，



正在如何变化，及这些粒子属何种种类，那么原则上，从那时起，宇宙的整个历史，就能够被详详细细地确切计算。

所有这些都值得比较详细地说明。

我们现在开始吧。

随着时间向前流动，某个特定粒子的位置在某一特定时间的变化速度就叫做它在此时的速度。并且随着时间向前流动，该粒子的速度在某一特定时间变化速度叫做它在此时的加速度。

牛顿力学关于粒子运动的学说及其整体讲述了一个极为简单的数学关系—— $F = ma$ ——恒久保持在任何特定瞬间作用于任何粒子的外力，和它在此时的加速度，和它的质量之间。

我们谈谈外力从何处来。

在最为人熟知的例证（例如，想一下重力吸引，静电排斥）中发生的情况是，外力只出现在成对粒子之间，并且任意两个粒子在任何特定瞬间互相施加的外力只取决于它们属何种粒子和它们的相对位置。

牛顿描述世界的第三即终极的基本原则（第一原则认为世界完全由粒子组成，第二原则讲述了 F 、 m 、 a 三者间的关系）指出事实上世界上的所有的外力都是如此。

于是（据此描述）对世界上所有粒子在某一特定时间的位置及属于何种粒子的详细说明相当于（至少就这些我们熟悉的类型的外力来说）也详述了该时间施加于那些粒子的外力。

好的。我们看看所有这些是如何刚好造成我上面提到的那种决定论的。

设定“初始”的时间，即我们想要从它开始计算的时间，



$t = 0$ 。

并假定我们从一开始就被给定了世界上（或者世界的某些孤立的亚系统中）所有粒子在 $t = 0$ 时的位置（叫做 x_0^i ）， $t = 0$ 时，速度（叫做 v_0^i ），质量（ m^i ），电荷（ e^i ），并给定粒子其他所有的内在特性。

譬如我们要计算的所有这些粒子在 $t = T$ 时的位置。

我想，做这样的计算最明了的方式将是利用一连串的日益精确的近似值。

首先如下进行：计算所有粒子在 $t = T$ 时的位置，假设它们的速度恒定——并且等于上面所提及的 $t = T$ 时的数值（ v_0^i ）——间隔期间数值处于 $t = 0$ 和 $t = T$ 之间。

该计算在 $t = T$ 时将粒子 i 放置 $x_0^i + v_0^i T$ 的位置上，但是几乎自不待言这一计算并非特别准确，因为（除非进行该计算时无任何外力作用于此时的任何粒子）这些粒子的速度实际上在该间隔期间将不保持恒定。

现有一个更好的计算：

将所讨论的时间间隔分为两部分：一部分从 $t = 0$ 延伸至 $t = T/2$ ，另一部分从 $t = T/2$ 延伸至 $t = T$ 。然后计算所有粒子在 $T/2$ 时的位置，同时假设它们的速度恒定——并且等于它们在 $t = 0$ 时的数值——间隔期间数值处于 $t = 0$ 和 $t = T/2$ 之间（这样在 $T/2$ 时将粒子 i 放置在 $x_0^i + v_0^i (T/2)$ 的位置）。

之后计算 $t = 0$ 时作用于每一个粒子的外力（记住，这些外力的状况取决于这些粒子在 $t = 0$ 时的位置，它们的质量、电荷和其他的内部特性——所有这些我们在最初时已被给定）。

然后计算每个粒子在 $T/2$ 时的速度，即通过把所有这些外



力都纳入上述的运动定律（即将它们纳入 $F = ma$ 公式），假定这些粒子的加速度在 $t = 0$ 至 $t = T/2$ 的期间保持恒定——并等于它们在 $t = 0$ 时的数值（这样粒子 i 的速度将被设置为 $v_0 + a_0^i (T/2)$ ），此时 a_0^i 等于 $t = 0$ 时施加于粒子上的外力除以粒子 i 的质量）。

最后，计算粒子 i 在 $t = T$ 时的位置（这正是我们在此寻求的），假设该粒子在 $t = T/2$ 至 $t = T$ 的期间保持这一新速度。

这种计算也并不完美，但是（既然此处粒子被错误设定为恒定的期间短于之前的计算）它有了明显的改进。

当然通过将间隔期间进而分为四个期间，这一改进自身还可以再次得到改进。计算可依照以下方法进行：

首先，所有粒子在 $t = T/4$ 时的近似位置的计算（如以上我们所做）可参考 $t = 0$ 时的位置和速度。而且，通过 $t = 0$ 时所有粒子的内在特性和它们的位置，可以得出施加于所有粒子的外力的数值（如以上我们所做），于是（利用 $F = ma$ ）所有粒子在 $t = T/4$ 时的近似速度也可以推断出了。所以我们目前掌握的列表中有在 $T/4$ 时的近似位置、近似速度和粒子类型，当然，这些近似位置和粒子类型现在也可以被利用来确定此时施加于所有粒子的近似外力，从而我们也得以确定 $T/2$ 时的位置、速度和外力，等等。

之后我们可以继续 8 个间隔期间的研究、16 个间隔期间的研究。当间隔期间的数量接近无限时，粒子在 $t = T$ 时的位置的计算显然近于完美。并且，刚好有一个技巧（该技巧的名字为微积分学），凭借它——假如对这些粒子所承受的外力对它们的相对位置上的从属关系给以简单充分的详述——完美的



计算就可以直接而实际地进行了。

当然可以选择 T 具有我们想要的任何正值。因此，处于所谈及的系统中的所有粒子的位置，无论在 $t=0$ 和 $t=\infty$ 区间的何时（还有所有这些粒子在这些时间之间的速度、它们的能量和它们的角动量以及与之相关的其他所有），通过参照所有粒子在 $t=0$ 时的位置、速度和内在特性，原则上都可以进行准确而确实地计算。⁴

2. 牛顿描述中的时间 - 反演的恒定性

牛顿力学中具有许多文学中称做“基本对称”的东西；这意味着牛顿力学中有某些关于世界的事实——作为绝对普遍原则的事物——该事实并不造成动力学的差异。

例如，假设给定我们世界上所有粒子现在的位置和速度，并已知它们属于何种粒子，我们想要计算从现在起（比如）的两小时中的这些粒子的位置和速度。从我上面所讲述的牛顿对世界的描述可以直接得出推论，进行该计算可全然忽略“现在”为何时。如果运动的经典定律限定说，在 4:02 时某组的位置和速度在 6:02 时会发展为另一组的位置和速度，然后这些定律将必定限定得出，在 4:07 时的第一组在 6:07 时将发展为第二组，在 12:23 的第一组在 2:23 将发展为第二组，等等。符合经典力学并在时间 t 开始的孤立的集合中，每个粒子的任何一连串的位置和速度数值将必定（表达稍有区别）符合经典力学，条件是它的开始时间为 t ，这些结论与假定开始时间为 t' 的经典力学是一致的。借助所有这些，就可以说牛顿力学具备了时间 - 转换 - 对称，即可以说它在此类的转换时保持恒定不变。



它也具有许多其他重要的恒定性：在牛顿力学中绝对位置并不起到任何作用（虽然粒子相互间相对的位置一定起作用），而且空间中的绝对方向也不起作用，绝对速度也如此。⁵

并且时间的方向也不起作用。

我们暂停一下讨论这个吧！

首先，想象正在看一部关于棒球的电影，棒球被直接向上抛，它承受着地球引力的影响。然后想象着倒过来看这部电影。向前播放的影片将描述出棒球越来越慢地向上运动；反过来，播放的影片将描述出棒球越来越快地向下运动。然而两部影片描述的都是每秒以 32 英尺/秒的速度均匀加速的棒球（无论它的速度多少）。

这（当然）是个绝对概括的现象：任何特定物质粒子的表面速度，无论处于关于任何经典物理过程的向前播放的任何影片的任何特定框架中，都等于在逆向播放的该影片的该框架中的那个粒子的表面速度，并与之方向相反；但是，在向前播放的影片的任何特定框架中，任何特定粒子的表面加速度，在量级和方向方面，都将与逆向播放的影片的框架中的那个粒子的表面速度完全相同。⁶

现在，牛顿的运动定律（记住，牛顿对世界的描述的整体讲的是关于粒子运动的）说，一定的数学关系，在每一时刻，都存在于质量、外力和加速度之间。当然，在我们一直谈论的这种电影的任何特定框架中，任何粒子的质量只取决于它是什么样的特定粒子；在我们一直谈论的这种电影的任何特定框架中，施加于任何特定粒子的外力只取决于何种特定组的粒子刚好存在，以及在该框架中粒子之间的空间距离刚好是多少；我



们刚刚看到，任何特定粒子的加速度，在此类电影中的任何特定框架中，将完全独立于影片播放的方向。所以，如果某部影片向前播放时，描述了与牛顿力学相符合的过程，那么，逆向播放的同部影片必然同样描述出与牛顿力学相符合的过程。⁷

所以，牛顿力学的结论是：自然定律对于确定影片播放的方式根本不会起到作用。同时，牛顿力学的结论还指出，无论发生了什么，这一切都能自然地，并且容易地，逆向发生。⁸

牛顿 - 力学的关于从世界的目前物理状况来计算它的未来物理状况的说明，证明正是完全符合牛顿 - 力学的关于从世界的目前物理状况来计算它的过去物理状况的说明。（比方说）计算从现在起 10 分钟世界上的所有粒子的位置的说明，就是把所有这些粒子的现在位置和这些位置随时间向前流动而不断变化的速度都放置在一定的运算法则中（上面我们清楚地进行过的那种运算法则）；计算这些粒子 10 分钟前的位置就是把它们的现在位置和这些位置随时间逆向流动而不断变化的速度都放置在同一个运算法则中。

如果我们已知世界上所有粒子的现在位置，已知在时间朝向另一个时刻 M 流动时这些位置不断变化的速度，并且我们已知 M 和现在之间的时间间隔的大小，那么我们原则上可以确定无疑地计算在 M 点时世界上所有粒子的位置，并且不必已知（也不必随着计算的推导而求知） M 点是否恰巧位于现在之前或之后。

因此（如果牛顿力学的定律成立的话，则所有基本的自然定律都成立），过去和未来之间并不存在定律般的不对称。

问题是所有这些都与我们的日常经验不一致。



首先，世界的每一角落都确实充满了普通的物理过程，这些过程或者并不规则地，或者并不自然地，或者并不熟悉地，逆向发生着（比如：雪的融化、汤的冷却、玻璃的破碎、青春的消逝，等等）。⁹

另外，还有认识渠道的不对称性：我们了解昨天发生了什么的能力，我们发现昨天发生了什么的方法，都是普遍的事情，不同于我们的了解和发现明天将发生什么的能力和办法。并且还有你可以称为介入的不对称性：似乎在我们看来，我们可以实现让某些事情发生——或是不发生——在未来，但是，我们感到绝对没有能力就过去做任何事情。¹⁰

这就是我之前提及的张力。这或多或少是我在本书中想要讨论的问题。或者至少是牛顿观点所关注的。

下一步要做的就是对它概括说明。

3. 总体上的时间 - 反演的恒定性

首先，让我们仔细想想，对某一瞬间的世界物理状况给出一个完整的描述意味着什么。

你想从描述中得到的似乎有如下的两件事情：

a. 它应该是真正瞬间发生的（也就是说，对在不同时间世界的描述相互之间具有一种合适的逻辑或概念或形而上学上的独立性，一个全然明确而明了的意义可以附加在此时我们心中想到的任何时间的序列的那种描述上——无论该序列是否恰巧符合动力学定律，任何此类序列都是可以解读的——对照背景，或处于上下文中，或相对于关于正被讨论的世界的完整理论的最好的、或最后的、或经典的形而上学的解说的框架而言——作为物理世界的假说）；