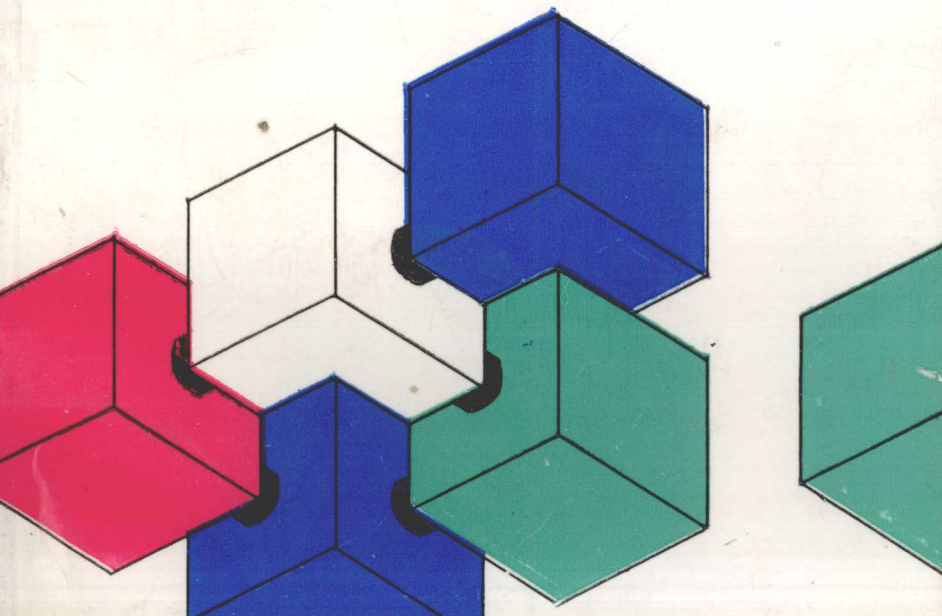


机遇·路径·发现

—— 物理学家创造性

思维的启示

张旺 / 著



机遇·路径·发现

旺 著

——物理学家创造性
思维的启示

机遇·路径·发现

——物理学家创造性思维的启示

张旺 著

责任编辑：邵迪新

封面设计：谭静利

出版：吉林教育出版社 787×1092毫米32开本6.625印张 2插页147,000字
1992年6月第1版 1992年6月第1次印刷
发行：吉林省新华书店 印数：1-1471册 定价：3.05元
印刷：长春市第十一印刷厂 ISBN 7-5383-1685-X/G·1479

一本对中学生确有益处的好书

——也算作序

给这本书写个序是我提出来后经作者同意的。我之所以产生这样一个“创造性”的想法与举动，完全是出于初读之后，对这本书的浓厚兴趣与喜爱。

开发智力、培养创造能力，是近年来中小学教育的一个时髦话题。但是，在一片呼声与看来重视的现象下面，却掩盖着两个实际问题。

一个问题是，相当一部分人对“培养学生创造能力”并不买账，或者说不予理会。他们的教学与教育依然故我，仍然把学生当作书橱，仍然在引导学生死读书，读死书。当然，更有的人从片面追求升学率出发，目光短视，把学生当成了训练机器。这样的教学，泯灭了孩子的灵性，哪里还谈得上创造力的培养？

第二个问题是，即使是常说“培养创造能力”的人，是否又都真正明白怎样去做到这一点呢？试看形形色色的“智力竞赛”中，真正属于智力竞赛的题目屈指可数，少得可怜，绝大多数竞赛题说到底还是知识竞赛、记忆力竞赛，甚至是撞大运竞赛。当然，知识是重要的，记忆力也在智力范围之内，但知识与智力毕竟是范畴不同的两个概念，记忆力也只是属于智力中低级的、较小的一部分。而这些竞赛主办者的

“举办宗旨”、“竞赛章程”等等之类的堂而皇之的说法，实在是名不符实。

让我们看一看报刊上充斥的各种广告，浏览一下书店琳琅满目的柜台，映入眼帘的几乎全是各种名目的练习题、自测题、中高考试题集锦、作文大全、考试指南等等之类的东西，用这些书塞满学生书包，填平学生头脑，智力哪里还有位置，创造力从哪里产生？

正是基于此，我觉得张旺这本书才是中学生所需要的，像《机遇·路径·发现——物理学家创造性思维的启示》这样的读物，才会真正对学生培养创造能力有所启迪。

张旺是个年轻的编辑，但他是个有心人，有眼光有见地的人。在这本书里，他用流畅的语言，生动地向中学生介绍了丰富的物理学家创造发明的知识；尤其可贵的是，他没有停留于此，而是力图用深邃的思想，引导学生从这些知识出发，去思考、去总结、去探索。也就是说，学生读这本书，不仅可以得到知识，而且能够诱发思维、引起想象、培养灵性，能够激发兴趣、树立志向。创造力是不是就可以从这里产生了呢？

因此，我郑重地向老师们、同学们推荐这本书。

张翼健

1991年2月于长春

前 言

在灿烂浩博的人类思想宝库中，物理学所统摄的关于物质运动变化的本源，其精辟的论述和阐释——囊括大至宇宙天体小至微观基本粒子的原理和规律，是最璀璨夺目的瑰宝之一。以伽利略、牛顿、法拉第、麦克斯韦等物理学家为代表的经典物理学在其适用范围内，以自身的和谐、融洽、完美和成熟曾令世人赏心悦目、叹为观止。上个世纪末和本世纪初普朗克、爱因斯坦、玻尔、德布罗意等一大批杰出的物理学家，又以其非凡的胆略、深邃的思想和伟大的变革精神创立了量子力学和相对论，开创了现代物理学的新格局。这些不同国度、不同时期的伟大物理学家和思想家创建了人类有史以来科学上的最辉煌业绩，给整个人类带来了文明和幸福。

然而，令人振奋和惊叹的物理学的丰功伟业是如何营造起来的呢？这固然与物理学家步履维艰、殚精竭虑的探求密切相关，也与他们知识广博、学力宏赡、天资聪颖密不可分，但最根本的因由还是他们在探索的征程中寻找到了正确的思维路径，迸发了创造性思维。正确、合理、简洁的思维方向和途径是他们取得重大发现、揭示物理本质的根本和唯一的保证。物理学宏伟大厦的建筑无一不是物理学家创造性思维的杰作和结晶。

创造性思维是人类最高级的思维活动，它以其新颖的发现、发明和创造为基本特征。由于物理学本身是要揭示自然界最深层的底蕴，因而探索物理学家创造性思维的形成机制

是一个相当繁杂的工程。作者从六个颇具代表性的方面探寻近代物理发展中，重大物理发现的获得和物理理论的建立过程，挖掘在此期间发挥了重要作用的杰出物理学家的思维途径，追踪他们的思维轨迹。力图从他们的创造性思维形成或产生的关键点出发，介绍物理学家探赜索隐的艰难历程。旨在给读者的思维以聪明、睿智和灵性的启迪。当然，创造性思维的形成远不止六个方面，况且某一物理发现也绝不能由单一的某个方面的因素而获得，这样阐述只是为了突出某方面的显著特点。

广大读者，如若能在汲取物理学重大发现中有关物理和历史的知识的同时，使自己的心智受到物理学家超越的思维的撞击和感应，从而增强产生创造性思维的能力，那么，作者将感到最大的欣慰。

在本书写作过程中，吉林省教委梁植文副主任对本书的初稿提出了有益的修改意见，吉林省教育学院副院长张翼健老师对本书的写作给予了极大的帮助，并欣然为本书作序，作者在此表示深深的谢意！

作者

1991年1月

目 录

一、想象

——智慧的翅膀…………… (1)

●巧妙组合的奇异效果

——伽利略对亚里士多德的反驳…………… (3)

●从常规的反面去思考

——建立惯性定律的理想性实验…………… (6)

●进行超越空间的设想

——重力与月球的运动…………… (9)

●添加条件探虚实

——关于行星的引力为向心力的推导…………… (12)

●把问题放在特殊的环境中

——关于碰撞的船上实验…………… (15)

●从似乎不可能中寻求

——麦克斯韦小妖…………… (18)

●迸发深邃思想于平凡之中

——对同时性的相对性的证明…………… (21)

●巧合是探测深层底蕴的窗口

——广义相对论等效原理的提出…………… (25)

二、自然美感

——发现的源泉…………… (29)

●寻求普遍与统一的联系

——和谐定律的诞生…………… (30)

- 简单性的直觉
 - 伽利略的匀加速运动…………… (33)
- 永恒的启示
 - 焦耳与能量守恒…………… (36)
- 转换思考方向
 - 电流对磁作用的重大发现…………… (39)
- 由对称美想到的
 - 电流间相互作用规律的揭示…………… (43)
- 逆向思维的杰作
 - 法拉第对磁生电的探寻…………… (46)
- 直觉的猜测
 - 巴耳末公式的发现…………… (50)

三、相似

- 探索未知的桥梁…………… (53)
- 方法的迁移
 - 平方反比关系的“月地检验”…………… (54)
- 从另外的事物中受到启示
 - 卡诺循环的设想…………… (56)
- 类比性的推断
 - 平方反比电力的猜测…………… (61)
- 比较生发灵感
 - 欧姆定律的建立…………… (66)
- 借助中介物的想象
 - 电磁以太模型的提出…………… (69)
- 从具有共同特征的现象中打开突破口
 - 托马斯·杨的干涉原理…………… (72)
- 强制关联的猜测

(211) ——物质波动性的提出…………… (76)

●探寻与已知规律的联系

(811) ——狄拉克的发现…………… (80)

四、见微知著与偶然发现

(119) ——不可忽视的创造因素…………… (83)

●不同寻常引起的思考

(811) ——迈尔的思辨…………… (85)

●从偶然事件中获得信息

(1081) ——莱顿瓶的发明…………… (88)

●意外现象触发联想

(100) ——富兰克林向宙斯的挑战…………… (91)

●新现象是探索新领域的窗口

(1041) ——伽伐尼意外的发现…………… (94)

●从新条件中寻找意外原因

(111) ——偏振现象的发现…………… (96)

●特殊结合的意外收获

(811) ——光谱分析的开创…………… (100)

●诞生于难得境况中的全新效应

(871) ——X射线的意外发现…………… (103)

●建立必要联系于非直接方式之中

(821) ——柏克勒尔“命中注定”的发现…………… (107)

●试一试自认为不可能发生的事情

(831) ——卢瑟福原子核模型的建立…………… (110)

五、陷入困境和产生怀疑

(081) ——突破和创新的始因…………… (114)

●失败是产生新思维的起点

(81) ——八分之差与天体运行规律的正确

(87)	揭示.....	(115)
●	新现象与旧理论的撞击	
(08)	——伦福德对热质说的严重挑战.....	(118)
●	改变审视问题的视角	
(88)	——气体压强公式的推导.....	(121)
●	全面考虑各种因素	
(68)	——伏打对伽伐尼“动物电”的疑义.....	(126)
●	发现权威说法的破绽	
(88)	——光的波动说的提出.....	(130)
●	绝境逼出的反常规思路	
(46)	——量子假说的诞生.....	(135)
●	以旧理论的瑕疵为契机	
(46)	——狭义相对论基本假设的提出.....	(140)
●	从对立面去思考	
(09)	——光子理论的提出.....	(144)
●	于困境中产生的不落窠臼的假想	
(001)	——原子结构的量子假设.....	(148)
●	由怀疑到另辟蹊径	
(201)	——矩阵力学的诞生.....	(152)
六、提出问题和发现矛盾		
(701)	——科学探索的开端.....	(156)
●	寻找相关联的外部作用	
(011)	——托里拆利的实验.....	(156)
●	以批谬为契机	
(81)	——质力学解释导致的波意耳气体定律.....	(160)
●	回追逆溯探本源	
	——热力学第二定律的建立.....	(164)

●受激于两种理论产生的相悖诠释	
——可逆性佯谬暨热力学第二定律的统计解释·····	(166)
●从新对象的新特点着眼	
——多原子气体比热与气体模型的修正·····	(169)
●分解思考法	
——白光组成的发现·····	(176)
●从相互作用的角度去思考	
——光的衍射现象的精辟阐释·····	(179)
●迂回思考法	
——近距作用与场的概念·····	(184)
●由归靠已有模型的企望产生设想	
——位移电流的引进·····	(188)
●绕开难点择奇径	
——电磁波存在的实验检验·····	(191)
●棘手难题引致精湛方法	
——迈克尔逊—莫雷实验·····	(194)
主要参考书目 ·····	(199)

一、想象

——智慧的翅膀

自然界浩瀚纷杂的一切物体都以其独特的方式或形态暴露在人们面前，然而，支配它们运动、变化的规律却是内在的和隐蔽的。能够被人们直接感知的，只能是一鳞半爪的粗糙和肤浅的表观现象。要想洞悉物质运动的内部机理，就必须透过表面的东西进行探索和寻求。但是，暗含的事物底蕴如何在这零散的表面数据中去获得呢？物理学家们的实践表明，想象力在攀登科学高峰的道路上起到了探赜索隐的巨大作用，丰富而非凡的想象使他们得以对纷繁复杂的自然界内部洞若观火。

想象被人们形象地喻为智慧的翅膀，她可以不受约束地在广阔的空间自由飞翔，按照心理学的定义，想象是人脑对已有的表象进行加工改造形成事物新形象的心理过程。因此，科学、合理的想象必须建筑在人脑所储备的丰富的事实材料的基础上。巴甫洛夫指出：“无论鸟翼是多么完美，但如果不能凭借空气，它是永远不会飞翔高空的。事实就是科学家的空气，你们如果不凭借事实，就永远不能飞腾起来。”物理学家在科学发现中就是根据已知的事实和已建立的物理理论和规律，去设想、构思物理过程内部相互联系、相互作用的图景，而获得支配自然界运动规律的真谛的。

在探索大自然深层奥秘的过程中，许多杰出的物理学家都充分发挥自己的想象力，构思出生动的画面，得到了惊人的发现。爱因斯坦就是一位具有丰富的想象力的科学家，他创立的举世闻名的相对论，就是通过独创的想象，运用一系列著名的理想性实验的结果。

理想性实验，即思想性实验。这个完全在想象中进行实验的思想方法为意大利物理学家伽利略所首创。理想性实验是难度较大的想象，实验进行的器材、方法、观察、操作都是想象中的。因而也决定了它优于真实实验的特点，即解决了真实实验中某些无法进行的难题。理想性实验是物理学家想象之冠上的一颗璀璨夺目的明珠。

物理学家的想象并非一开始就具有十分清晰的图景，他们的物理图景也是经过不断地设想、更换逐渐清晰起来的。

列宁说：“有人认为，只有诗人才需要幻想，这是没有理由的，这是愚蠢的偏见！甚至在数学上也需要幻想，甚至没有它就不可能发明微积分。”大胆而合理的想象是物理学家获得重大发现的前提。

纵观物理学家出色的想象力作，它们的一个显著特点就是颇具深刻性。如果不具深邃的想象，像“场”这样揭示物理本质带有极普遍性和深刻内涵的概念是无法建立的。

我们经常谈到创造性思维，想象是创造性思维的羽翼。没有想象，发现和创造只能是空中楼阁。读了物理学家杰出的想象力作，不仅令我们顶礼膜拜，而且可以从中汲取丰富的思想方法。

● 巧妙组合的奇异效果

——伽利略对亚里士多德的反驳

一个新的问题的出现，有时会使人茫然不知所措，但是如若能将事物的各个信息以某种观点组合起来，则常常能出现“柳暗花明”之功效，解决问题的方法也就随之而来了。正像孩子们玩的积木，没有什么意义的七零八落的圆的、四角的、三角的积木，垒积起来可能建造一座房子，但是将其推倒改换一下堆积方法，重新的组合又可能造出船来。把问题的诸要素进行不同的组合，会得到各种意想不到的奇妙结果，或许探索者要寻找的答案由此跃然而出。

“物体落到地球上的速率同物体的组成存在着必然的联系”，这种说法，来自于古希腊的著名的大学者亚里士多德(Aristotle, 公元前384—322年)。亚里士多德对于物体运动的看法是同他的全部哲学体系紧密结合的。他的研究领域涉猎到方方面面，包括诗歌、伦理、教育、政治、物理、神学等等，他试图对世界上的一切问题都做出回答，但他又把他所研究的一切统摄在一个总体概念体系之内。因此他的讲课，言论成了古希腊的百科全书，不幸的是文艺复兴时代以前的欧洲科学思想完全处在亚里士多德思想的影响之下。

亚里士多德认为，每一种物质都是由土、水、气、火四种元素构成的混合物，这四种元素，每种都有达到它原来静止的“天然位置”的趋势或意向。土的天然位置即为宇宙的中心——地球。物体复归“天然位置”的运动速率完全取决于它含该元素的多少。所以在下落过程中，重物体含的土元素

多，必然较轻的物体速率大，大石块要比小石块快得多。这里反映出亚里士多德的哲学思想。

对亚里士多德的上述没有任何实验基础的错误论断进行最有力批判的人是意大利物理学家伽利略(Galileo Galilei, 公元1564—1642年)。伽利略是一位才智超人的，被誉为近代物理学之父的杰出物理学家。他认为必须抛弃天然处所含含糊概念，而应研究物体运动的数量关系。但是，如何来驳斥亚里士多德的说法呢？在他的《关于力学和局部运动的两门新科学的谈话和数学证明》(1638年)一书中，采取三个人的对话形式，运用一个想象中的实验即理想性实验，由亚里士多德的理论出发，最后推出了与其相矛盾的结果，使亚里士多德的错误说法在理论上彻底崩溃。

书中代表伽利略观点的萨尔维阿蒂问代表亚里士多德观点的辛普利邱：“你是否承认每个落体具有一种由自然界给定的一定速率，亦即除非使用外力或阻力便不会增加或减小的一种速度。”辛普利邱回答：“毫无疑问，在同一种介质中运动的同样物体具有自然界给定的速度，这一速度是不能增减的，除非动量增加，它才会增大，或由于某种使它缓慢下来的阻力的存在而使它减小。”

伽利略由亚里士多德这一前提论证道：假如我们取天然速率不同的两个物体，比如一块大石头和一块小石头，并假设大石头的速率为8，小石头的速率为4，如果我们把它们联结在一起，由于下落中两者速率不同，速率大的石头就要受到速率小的石头的影响，而速率减慢一些；速率小的石头要受到速率大的石头的影响而速率增大一些，因此，联结在一起的两石头的速率将要小于8大于4。然而，从另一方面看，联结在一起的两块石头是一整体，即一块大石头，其重

量是原来两块石头重量之和，根据亚里士多德的观点，这块联结后的大石头应该大于其中任一石块的速率，最低应该大于8。与上面的结果相比较，显然，由亚里士多德同一理论得到自相矛盾的两个结果，由此证明亚里士多德的理论是错误的。

最后，萨尔维阿蒂说：“你可以看出，我是如何从你认为较重物体比较轻物体运动得快的假设推出了较重物体比较轻物体运动得慢的结论来。”辛普利邱一筹莫展，他说道：“我简直不知如何是好了，……这就是说，这简直超出了我的理解力。”

我们不禁被伽利略的想象力所折服。

诚然，在实际中一个沉重的物体至少在某种程度上比较轻物体下落得快一点，但这是由于空气摩擦阻力所致。我们不能因为这点毫发之差而模糊了我们的视线，伽利略以清澈透明的目光看到了事物的本质。今天我们已经知道：所有物体无论其重量、大小或组成如何，在真空中下落一定距离的时间都是相等的。

显然，伽利略对亚里士多德的驳斥是极有说服力的。首先，他确信亚里士多德的所谓天然处所是荒谬的，但是如何来驳倒这种说法，却要找到根据。于是，他分析了亚里士多德理论的两个关键要素：重物（下落快）、轻物（下落慢）。对于这两个要素他创造性地想到，如果把它们加在一起会怎样呢？这个关键性的组合思路，导致了亚里士多德理论的自相矛盾。简要地把伽利略的思维过程归结如下：