

第 3 章 乌云背后的亮光

19 世纪后期，物理学不仅在走向辉煌的顶点，也开始形成正规化的教育体系。欧洲的大学纷纷告别教授独自经营的小作坊模式，成立起有规模的实验室。英国的剑桥大学在 1874 年也有了物理实验室。他们聘请麦克斯韦出掌第一任教授，也就是实验室主任。

麦克斯韦在任内花了很多时间整理 100 年前的英国化学、物理学家亨利·卡文迪什（Henry Cavendish）大量从未发表的笔记，对这位前辈深为叹服。他决定将实验室命名为卡文迪什实验室。当然，这个实验室的创建资金也来自卡文迪什家族一位贵族的捐赠。^[10]

1879 年，年仅 48 岁的麦克斯韦病逝。虽然他自己的工作不像卡文迪什当年那样完全不为人所知，但那时电磁波还未被证实，而且他的电磁、统计等理论的重大意义也没来得及被物理学界充分领会。

在卡文迪什实验室接替麦克斯韦的是瑞利男爵 [约翰·威廉·斯特拉特 (John William Strutt), 3rd Baron Rayleigh]。今天的人如果对这个名字有印象，多半是因为解释“天空为什么是蓝色”时不可避免会提到的“瑞利散射” (Rayleigh scattering)。当然瑞利的贡献远不止光散射理论。1904 年，他因为发现大气中的氩元素和对气体密度的研究获得诺贝尔物理学奖。

1900 年 6 月，当普朗克还在为他和维恩的黑体辐射定律得意之时，瑞利已经看出了内中的蹊跷：当黑体的温度升高时，辐射频谱的峰值会从红外光向更高频率的可见光转移，同时各个频率上的辐射强度也应该有不同程度的增高。但在普朗克 - 维恩定律中，低频段的辐射强度随温度升高却会减少。瑞利觉得这不合理，因此也对普朗克夸下的海口大不以为然，认为后者所谓基于热力学定律的推导不过只是个猜测。

瑞利自己找到一个更简单的方法。

因为理想化的黑体并不存在，19 世纪的物理学家找到了一个绝妙的近似，就是在一个封闭的腔体上开一个小洞。外界经过这个洞进入腔体的辐射很难再逃出来，因而不存在发射；而腔体内部的热辐射总会从洞中逸出。这样，在腔体保持

一定温度下测量从洞中出来的热辐射，便可以测量黑体的频谱。

在麦克斯韦揭示热辐射就是电磁波之后，瑞利觉得结合麦克斯韦和玻尔兹曼的统计理论可以直接推导出黑体辐射的规律：黑体的空腔内布满了电磁波，就像是一定体积内的气体。那正是统计物理的用武之地。

统计力学中有一个简单但强有力的“能均分定理”（equipartition theorem）：在一个处于热平衡的系统中，各个运动自由度都会具备同样的动能，与温度成正比。虽然叫作“定理”，这一法则却并不是通过严格的数学推导而来，而是基于对平衡态的理解：如果某一个自由度的动能大于另一个自由度，该系统便没有处在平衡态。动能会自动从前一自由度传送到后一个。所以，这更是一个“原理”，在19世纪末被广泛运用、接受。

瑞利认为他只要好好地数一数空腔内电磁波的自由度，就可以通过能均分定理推导出黑体的辐射频谱。这一下不打紧，他很快得出一个非常简单，同时却也异乎寻常的结论：辐射的强度与频率的平方成正比。也就是频率越高辐射越强，导致几乎所有能量都会集中在紫外光等高频段。这样，如果把所有频率的辐射强度全算上，黑体辐射的总能量是无穷大。

这显然是一个荒唐的结果。瑞利在他最初的论文中不得不无中生有地引进一个附加因子消除高频段的辐射强度，并强调他的推导只适用于低频段。但他的这个推导的确简单直接，是能均分定理的必然结果，比普朗克所打的包票更为靠谱。由此导致的结论清楚地表明热力学能均分定理出了大问题。几年后，物理学家保罗·埃伦菲斯特（Paul Ehrenfest）把它形象地称作“紫外灾难”（ultraviolet catastrophe）。^{[5]94-102}

也正因为这个问题的严重，开尔文把它列为物理学的第二朵乌云。

瑞利直到五年后的1905年才给出完整的定量公式。但他这时又犯了一个低级错误，被年轻得多的同行詹姆斯·金斯（Sir James Jeans）指出。因此修正后的公式被称为“瑞利-金斯定律”（图3.1）。这个定律虽然简单明了，却只能在低频率极限的一个小范围可以与实验数据符合，整体上却惨不忍睹，远远不如原始的维恩定律。

无论是维恩还是瑞利，他们的定律都在1900年底被普朗克发表的新黑体辐射定律取代。普朗克定律因为与实验数据完美的符合而被普遍接受，没有受到什么质疑。

直到五年后。

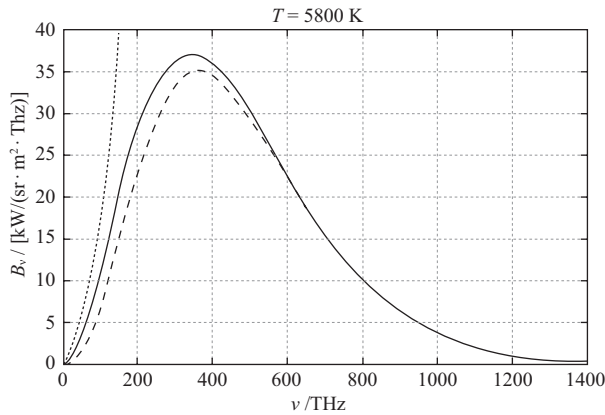


图 3.1 绝对温度 5800 开氏度的黑体辐射频谱 (横坐标为频率, 纵坐标为强度)。实线是普朗克定律 (与实验完全符合), 短画线为维恩定律, 点虚线则是瑞利 - 金斯定律的结果



爱因斯坦在 1905 年发表的第一篇论文后来被普遍称为“光电效应论文”(图 3.2)。其实, 这篇题为《关于光的产生与变换的一个启发性观点》^①的论文有 17 页的篇幅, 关于莱纳德光电效应实验的解释在第 14 页才出现。那只是爱因斯坦列举的可以为他的新观点佐证的几个实例之一。

论文的主要内容其实是对普朗克五年前提出的黑体辐射理论的分析, 并以此提出关于光的本质的“启发性观点”。爱因斯坦开篇便旗帜鲜明地指出: 光的波动理论在描述纯光学现象上已经自证完美, 也许永远不会被新的理论取代。然而, 也可以想象在光的产生、变换方面, 波动理论会导致一些矛盾。他因而指出, 对于黑体辐射、荧光、光电效应这些现象, 如果假设光的能量在空间是不连续的, 就会容易理解得多。

爱因斯坦接着阐述了他的新思想: “根据这里

182

6. Über einen
die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes
betroffenden heuristischen Gesichtspunkt;
von A. Einstein.

Zwischen den theoretischen Vorstellungen, welche sich die Physiker über die Gase und andere ponderable Körper gebildet haben, und der Maxwell'schen Theorie der elektromagnetischen Prozesse im sogenannten leeren Raume besteht ein tiefgreifender formaler Unterschied. Während wir uns nämlich den Zustand eines Körpers durch die Lagen und Geschwindigkeiten einer zwar sehr großen, jedoch endlichen Anzahl von Atomen und Elektronen für vollkommen bestimmt ansehen, bedienen wir uns zur Bestimmung des elektromagnetischen Zustandes eines Raumes kontinuierlicher räumlicher Funktionen, so daß also eine endliche Anzahl von Größen nicht als genügend ansehen ist zur vollständigen Festlegung des elektromagnetischen Zustandes eines Raumes. Nach der Maxwell'schen Theorie ist bei allen rein elektromagnetischen Erscheinungen, also auch beim Licht, die Energie als kontinuierliche Raumsfunktion aufzufassen, während die Energie eines ponderablen Körpers nach der gegenwärtigen Auffassung der Physiker als eine über die Atome und Elektronen erstreckte Summe darzustellen ist. Die Energie eines ponderablen Körpers kann nicht in beliebig viele, beliebig kleine Teile zerfallen, während sich die Energie eines von einer punktförmigen Lichtquelle ausgesandten Lichtstrahles nach der Maxwell'schen Theorie (oder allgemeiner nach jeder Undulationstheorie) des Lichtes auf ein stets wachsendes Volumen sich kontinuierlich verteilt.

Die mit kontinuierlichen Raumsfunktionen operierende Undulationstheorie des Lichtes hat sich zur Darstellung der rein optischen Phänomene vortrefflich bewährt und wird wohl nie durch eine andere Theorie ersetzt werden. Es ist jedoch im Auge zu behalten, daß sich die optischen Beobachtungen auf zeitliche Mittelwerte, nicht aber auf Momentanwerte beziehen, und es ist trotz der vollständigen Bestätigung der Theorie der Beugung, Reflexion, Brechung, Dispersion etc. durch das

图 3.2 爱因斯坦 1905 年发表的“光电效应论文”

① “On a Heuristic Point of View about the Creation and Conversion of Light”

提出的假设，当光从一个光源向外发出时，其能量不是连续地分布到越来越广泛的空间，而是由一些有限数目的能量子组成。能量子只存在于空间中局域的点上，在运动时不会再拆分，也只能作为整体被吸收或产生。”

这是一个与麦克斯韦电磁波所描述的光截然相反的看法。波动的光在空间上是连续、弥漫的，不会局域于任何点。光波传播时其能量（即光强）随着传播范围的增大会逐渐衰减（拆分），并能以任意小的分量被吸收、发射。

在光的波动说已经统治了整整一个世纪并被无数的实验证实后，爱因斯坦竟然“复活”了牛顿的微粒说。

爱因斯坦这篇论文分为九节。第一节的小标题是“关于黑体辐射理论的困难”。他并不知道瑞利在五年前的论文，但与瑞利一样意识到普朗克逻辑的不靠谱而独立地发现了瑞利的定律。^①有所不同的是，他没有像瑞利那样试图凭空找一个避免“紫外灾难”的附加因子，而是直接宣布这个结果表明经典电磁、统计理论有着重大缺陷，亟须新的思维方式。

这时的爱因斯坦当然比普朗克更具优势。他不仅拥有近似成立的维恩定律和实际的测量结果，还有普朗克已经拟合的，与数据天衣无缝的数学公式，即已知的“答案”。他所需要做的，不是寻求一个新的公式，而只是如何从理论上合理地诠释已有的普朗克定律。

瑞利和爱因斯坦根据经典的能均分定理推算黑体空腔中辐射时的主要工作是计算各个频率上所能有的模式数目，那就是自由度。想象一根提琴的弦，当两头分别被琴和演奏者的手指固定之后，它所能演奏出的曲调——频率——是有限的。琴弦的波动频率必须能恰好在那两头没有振动，形成所谓的“驻波”（standing wave）。

显然，在一定长度的琴弦上，驻波的波长会有限制，不可能超过弦长本身。^②而反过来，波长越短，就越容易在琴弦上形成驻波。

黑体辐射的空腔同样有一定大小，热辐射便是其中的驻波。因为频率是波长的倒数，空腔中辐射的频率有一个下限。但在高频部分，其驻波的数目会越来越多：自由度的数目随频率增长。这样，如果按照能均分定理给每一个自由度同样的能量，便导致辐射能随频率而增长，即紫外灾难。

认识到这一点，爱因斯坦便重新审视恰恰是在那个高频段与实验数据符合得

① 那时瑞利还没有发表定量的公式，也还没有金斯的订正。因此，“瑞利-金斯定律”应该被命名为“瑞利-爱因斯坦-金斯定律”。

② 严格来说是不能超过弦长两倍。

相当好的维恩定律。

他利用这个已知的定律倒推回去，赫然发现空腔里的辐射其实与普通的理想气体统计规律一致，唯一的区别只是空腔中的辐射不像气体会有一个确定的原子数目。取而代之的是一个奇异的组合：总能量除以一个参数。而这个参数不是别的，正是普朗克绝望之中引入的那个与频率成正比的最小值：量子。

爱因斯坦恍然大悟。他在论文中写道：单一频率的光在热力学中表现得就如同有固定数目的能量子。因此，应该考虑光在产生、转化过程中也会表现得像分立的能量子一样。

也就是说，光其实是由光量子组成。单个的光量子具有与普朗克的量子一样的能量，与光的频率成正比。它们不会再拆分，而是被整体地吸收或产生。^①

这就是他论文题目中的“启发性观点”。^{[5]70-76,[8]}



爱因斯坦深知这个观点的革命性。因此，他在论文的最后几节提供了更多的证据。其中之一便是五年前曾让他欣喜若狂的光电效应。

莱纳德实验发现的那一系列麦克斯韦理论无法解释的现象在这个新观点面前均迎刃而解：与光的电磁波理论不同，爱因斯坦的光量子所携带的能量取决于频率。因此紫外光的光量子能量比可见光的大很多。金属表面的电子不是在与电磁波的共振中获得能量，而是整体地吸收一个光量子的能量而逸出。在吸收一个紫外光量子足以逃逸的金属里，吸收一个可见光的光量子却未必能获得足够的能量。因此，光电效应与入射光的频率息息相关。

同时，入射光的光强体现的是光量子的数目^②。这样，即使把紫外光的光强降低到微乎其微，只要还存在光量子能被电子吸收，就可以观察到光电效应。相反，如果可见光的光量子能量不足以“打下”电子，那么即使把光强加得再大，用再多的光量子轰击，也打不下一粒电子——因为电子一次只能吸收一个光量子。

莱纳德这些让人们摸不着头脑的结果，在爱因斯坦这里得来全不费工夫。

除光电效应之外，爱因斯坦还顺便解决了另一个历史问题。半个世纪以前，爱尔兰贵族吉奥格雷·斯托克斯（Sir George Stokes, 1st Baronet）研究一些能发荧

① 爱因斯坦一直把他的光微粒叫作能量子或光量子。直到1926年物理学界才开始采用一个新的名字：“光子”（photon）。

② 也因此决定光的总能量。

光的矿石，得出结论荧光是矿石吸收了入射光之后二度发射的光。他发现，荧光的频率总会比入射光的频率低。有些矿石似乎不需要入射光就能发光，那是因为它们吸收了不可见的紫外光而转换发射出可见光。这个“荧光规律”（Stokes' rule）一直令人不解：矿石吸收入射光后发出不同频率的荧光不奇怪，但为什么它们就不能发出频率更高的荧光？

在爱因斯坦的新观点中，光的频率便是光量子的能量。斯托克斯的定律也就变得很显然：荧光体在吸收一个光量子再发射另一个光量子的过程中能量可能会有损失但不会增加。因此荧光的频率（能量）必然低于入射光。^{[5]76-79;[8]}



爱因斯坦在这篇论文中其实没怎么涉及普朗克和普朗克定律。他只是必要性地简单复述了一下普朗克的推导，不痛不痒地承认其结果与现有的实验完全符合。

这非常不像爱因斯坦作为施瓦本人的风格。在那些年里，他已经得罪的远远不只是自己大学的教授们，还包括物理学界的诸多名流。

就在四年前，他发现莱比锡大学的物理学家保罗·德鲁德（Paul Drude）的一个错误，立即毫不留情地去信批驳。他那时还处于失业困境，因此也没忘记同时附上一封求职信。德鲁德大度地回应，解释自己并没犯错，而且与他同系的玻尔兹曼也表示同意。当然，他也没有理睬那封求职信。爱因斯坦大为恼火，在私信里将德鲁德连带玻尔兹曼都骂了个狗血淋头，发誓要发表论文狠踹这些学术权威的屁股。^{①[5]44-45,73;[2]67-72}

作为刚刚以平庸成绩勉强大学毕业、找不到工作的社会青年，爱因斯坦的表现完美地诠释了“英勇的施瓦本人无所畏惧”的精神。

1905年的爱因斯坦在专利局工作时并不孤单。大学期间认识的好朋友米歇尔·贝索（Michele Besso）比爱因斯坦大六岁，是个工程师。他也在爱因斯坦的鼓动下到专利局谋生。两人志同道合。爱因斯坦只要有了新思想都会立即与贝索分享，认定后者是他最好的讨论对象。在那年后来发表的狭义相对论论文中，他还曾特意致谢了贝索的帮助。^{②[2]61-62}

当时不为人所知的是贝索在爱因斯坦光电效应论文中提供的帮助超过了倾听

① 爱因斯坦给德鲁德的信件失传，他的质疑是否成立不得而知。他随后的确发表过讨论玻尔兹曼统计理论的论文，后来自己也承认没有什么学术价值。

② 在那年的四篇划时代论文中，贝索是他唯一的致谢对象。这也凸显了爱因斯坦孤军奋战的处境。

和对谈。更为成熟、稳重的贝索劝说爱因斯坦删去了直接批驳普朗克的内容。20多年后，贝索曾在一封信中回顾那段青春岁月。在已经知道这篇论文的历史性地位后，贝索向爱因斯坦承认：“在帮助你编辑关于量子问题的通讯时，我剥夺了你的一部分荣耀；但另一方面，我也为你争取到一个朋友：普朗克。”

于是，如果没有贝索的“帮助”，爱因斯坦的论文中会如何评论普朗克成为一个历史之谜。因为没有明确与普朗克“划清界限”，爱因斯坦的论文被看作普朗克率先提出的“量子论”进一步延伸，失去了其革命性的锋芒。当量子力学在20年后开始异军突起时，普朗克被普遍认作其鼻祖。贝索因此颇为后悔，他认为这个桂冠应该非爱因斯坦莫属，而只是因为爱因斯坦采纳了他出于圆滑的建议而失落。^{[5]73}

当然，贝索的那个“另一方面”也同样合情合理。虽然施瓦本人无所畏惧，在专利局中蹉跎的爱因斯坦也确实得罪不起物理学界所有的泰斗。在他后来的物理生涯中，贝索帮他争取到的朋友普朗克确实提供了相当大的帮助。

第4章 爱因斯坦的比热^①

1907年夏季的一天，爱因斯坦在专利局上班时被告知有人来访。他匆匆下楼到大厅里转了一圈，既没看到熟悉的面孔，也没人来打招呼，只好回到楼上的岗位。不久，他又被告知楼下有访客在等。再度下楼后，果然有个人迎了上来，自我介绍是从柏林来的马克斯·劳厄（Max Laue）。

劳厄是普朗克的助手^②。他和普朗克都已经与爱因斯坦通信联络一两年了，但还素未谋面。劳厄这次是受普朗克之托专程来伯尔尼拜访。他先去了当地的大学，意外地发现那里并没有“爱因斯坦教授”。等打听到爱因斯坦在专利局后，他也没想到对方会是一个年轻小伙子。所以爱因斯坦第一次下楼时他没相认。

奇迹年的四篇论文已经问世一年半了。那年爱因斯坦还向苏黎世大学提交了另一篇论文，获得博士学位。他原以为这些论文会引起轰动，很快让他重返学术界，结果却相当失望。只有一个年轻没名气的副教授约翰内斯·斯塔克（Johannes Stark）曾邀请他去做实验室助理。因为提供的薪酬远不如专利局，爱因斯坦谢绝了。^{[5]135}他新得的博士头衔倒是在专利局管了点用，让他从“三级技术专家”提升为“二级技术专家”，工资上涨了15%。

劳厄的不请自来重新点燃他的希望。他立刻请了假，陪同劳厄在伯尔尼的街头漫步，兴致勃勃地谈论物理学的最新进展。他还慷慨地为劳厄敬上他几乎不离口的烟。劳厄实在无法忍受这专利局职员的廉价货，在过桥时假装失手弃之于河中。^{[11]34-37, [2]140-143}

爱因斯坦的兴奋也很短暂。劳厄走后，他的生活重归平静，没有等来预期中的学术界佳音。



作为《物理年鉴》负责理论物理的编辑，普朗克对爱因斯坦发表的一系列论文有着先睹为快的便利。他很快成为最早发现、介绍爱因斯坦的体制内物理学家。

① 比热（specific heat）即现称比热容（specific heat capacity）。本书根据历史史实使用比热一词。

② 那时的助手大体相当于今天的博士后。

不过他的热情集中于爱因斯坦奇迹年的第三篇论文。那篇论文在1905年9月问世后，普朗克立即在柏林大学举办了一个讲座。那是相对论^①第一次登上学术大雅之堂。紧接着，普朗克在1906年初发表论文，证明狭义相对论符合物理学传统的“最小作用量原理”（principle of least action）。这便是出自爱因斯坦之外的第一篇相对论学术论文。^{[5]88;[2]132,140-141}

在其后两年里，普朗克几乎所有的科研都围绕着相对论进行。作为他的爱徒，劳厄在之后四年中也连续发表了八篇关于相对论的论文。^{[2]142}

但他们都没有触及爱因斯坦的第一篇论文：量子理论。

爱因斯坦从一开始就清楚量子理论比相对论更具备革命性，也就更难以被接受。在普朗克——量子的所谓始作俑者——身上，他的预想得到证实。

在爱因斯坦提出相对论之前，以太的存在与否、迈克尔逊和莫雷的实验结果等作为开尔文的第一朵乌云已经在物理学界引起重视。当时的老牌物理学家，比如荷兰的亨德里克·洛伦兹（Hendrik Lorentz）和法国的亨利·庞加莱（Henri Poincare）都已经相当接近揭开这个谜。狭义相对论中著名的“钟慢尺缩”现象的数学方程就是由洛伦兹率先提出，因而叫作“洛伦兹变换”（Lorentz transformation）。庞加莱也已经在试图摒弃绝对的空间、时间概念。只是在爱因斯坦之前，他们都没能迈出最后的决定性跨越，从根本上颠覆经典物理的传统观念。^{[2]133}

无疑，爱因斯坦在相对论上的贡献也是革命性的，开创了现代物理的时空新理念。但他的这个突破同时也具备一种水到渠成的必然，如他自己所言是麦克斯韦、洛伦兹电动力学的自然延伸。所以，即使是保守的普朗克也早有思想准备，立刻接受了这个新理论。

而量子概念却犹如横空出世，惊世骇俗。它的革命性让所有物理学家措手不及。

劳厄拜访爱因斯坦时，光电效应论文已经问世了整整两年。经过几个小时的散步交谈，劳厄不得不对这位只比他大半年的小职员刮目相看。他觉得爱因斯坦似乎已经彻底颠覆了整个经典物理的基础。

不过，在量子问题上，劳厄还是坚持他和导师普朗克的意见。



普朗克没有在他1900年发表的论文中提及瑞利半年前根据能均分定理所做

① “相对论”这个名称便是普朗克率先使用的。爱因斯坦起初曾把它叫作“不变论”（invariance theory）。

的论证。他自己似乎也没有尝试过那个途径。当时的普朗克还信不过玻尔兹曼的统计理论。他坚信黑体空腔中的电磁波已经由麦克斯韦方程精确地描述，没有必要再动用靠不住的统计手段。^①

为了得出他从实验数据拟合而得的黑体辐射公式，普朗克不得不舍近求远地计算作为空腔内壁的“实际”物体的统计规律。他假设内壁由以各种频率做振荡的谐振子构成，通过共振吸收、发射电磁波，与空腔内的电磁波达到热平衡。正是在这一过程中，他不得不绝望地引入一个新的法则：这些谐振子在吸收、发射电磁波时的能量交换不能随意，只能以他那与频率成正比的“量子”为基本单位进行。

五年后，爱因斯坦提出光其实就是由单个、分离的光量子组成，它们的能量正好就是普朗克引入的量子。他列举光电效应、荧光现象作为佐证，但没有直接评判普朗克的逻辑。那固然是由于好友贝索的干预，也因为他自己还没来得及把握其中的奥妙。当时，他以为自己提出的只是与普朗克不同的另一个理解。

一年后，爱因斯坦在 1906 年又发表了一篇论文，才系统地理清了其中的逻辑关系：他的光量子其实是普朗克推导黑体辐射公式过程中不可或缺的关键部分，只是普朗克自己没能意识到而一笔带过。其实，黑体内壁的谐振子只能以量子为单位吸收、发射电磁波，不是因为那些谐振子有这么一个莫名其妙的怪癖，而是因为自然界只存在有这样的光量子能被吸收、发射。^{[8].[5]90-93}

显然，这在逻辑上更为自然、顺畅。同时，它也是物理学史上最具有革命性的新观点之一。

在论证了这一点之后，爱因斯坦并没忘记继续为普朗克邀功请赏：“在我看来，这些考虑并不否定普朗克的辐射理论。相反，它说明普朗克先生通过他的辐射理论在物理学中引入了一个崭新的假设性概念：光量子假说。”

可惜，普朗克却是绝对不愿意买这个账。一年多后，劳厄来访时依然强调，所谓的量子不过是电磁波被吸收、发射时的一个奇怪现象，绝对不能像爱因斯坦描述的适用于电磁波本身。普朗克也直接给爱因斯坦回信坚持：“量子只在吸收、发射地点存在。我不探讨它们在真空中的意义，而只假设真空中的过程已经由麦克斯韦方程准确地描述。”^{[2]141-142.[5]80}

普朗克和劳厄都没注意到，那时的爱因斯坦其实已经进一步扩展了量子的适

① 爱因斯坦后来评论说，普朗克这是幸运地歪打正着。如果他走了瑞利、爱因斯坦同样的路，也许会在遭遇紫外灾难后裹足不前，完全与量子无缘。

用领域。



还是 15 岁的少年时，爱因斯坦做过两个重大决定：他不但自作主张从中学退学（图 4.1），还因为不愿意服兵役干脆放弃了德国国籍。他向父母保证会靠自学考取不需要中学文凭的苏黎世联邦理工学院。一年后，他因为法语和文科科目成绩太差未能过关。但他在数学、物理科目中表现出的才华赢得了物理教授海因里希·韦伯（Heinrich Weber）的青睐。韦伯建议他干脆留在苏黎世旁听他的课程。但爱因斯坦还是选择了在朋友家寄宿，一边在当地中学补习一边与房东的女儿热火朝天地恋爱。又一年后，他如愿以偿，以优异成绩考上苏黎世联邦理工学院。但他的初恋却随着他在大学里遇上米列娃而告终。^①[2]22-31

韦伯是爱因斯坦的第一个科学偶像。大学期间，爱因斯坦总共修了 15 门韦伯教授的课程，成绩都非常好。尤其是前两年，他认为韦伯的课程最为精彩，总是满怀热情全力以赴并赞不绝口。

但在爱因斯坦逐渐成长为无所畏惧的施瓦本人时，他对韦伯后两年讲授的课程越来越不满，抱怨教学内容至少落后了 50 年。叛逆的爱因斯坦频繁翘课，甚至拒绝按规矩称呼韦伯“教授先生”，代之以不礼貌的“韦伯先生”。韦伯曾经无可奈何地感叹：“爱因斯坦，你是一个非常聪明的孩子，特别聪明的孩子。但你有一个非常大的毛病：你从来不允许别人告诉你任何事情。”^{[5]16-19,[2]33-34}

爱因斯坦当时不知道，韦伯先生也曾经有过年轻的时候。



图 4.1 爱因斯坦 1896 年在中学补习一年后的成绩单。他在代数、几何、物理、历史分别得了 6 分，化学为 5 分

① 虽然爱因斯坦与这个初恋女友的恋情无疾而终，他们两家的渊源却没有中断。经他介绍，贝索娶了那个女友的姐姐。爱因斯坦自己的妹妹后来也嫁给那个女友的弟弟。