

爱因斯坦文集

第一卷

商务印书馆

内部发行

爱因斯坦文集

第一卷

许良英 范岱年编译

商务印书馆出版

(北京王府井大街36号)

新华书店北京发行所发行

北京第二新华印刷厂印刷

850×1168毫米 1/32 20¹/₈印张 460千字

1976年1月第1版 1976年1月北京第1次印刷

统一书号: 2017·180 定价: (精) 2.35元

目 录

| | |
|---|-----|
| 自述(1946年) | 1 |
| 自述片断(1955年3月) | 43 |
| 论我们关于辐射的本质和组成的观点 的发展(1909年9月) | 51 |
| 作为研究者的麦克斯·普朗克(1913年) | 68 |
| 相对论的引力论和马赫原理 ——1913年6月25日给E.马赫的信 | 74 |
| 理论物理学的原理(1914年) ——在普鲁士科学院的就职讲话 | 75 |
| 评H. A. 洛伦兹的《相对性原理》(1914年) | 79 |
| 关于广义相对论 ——1915年11月28日给A.索末菲的信 | 80 |
| 恩斯特·马赫(1916年3月14日) | 83 |
| 悼念卡尔·施瓦兹希耳德(1916年) | 91 |
| 《狭义与广义相对论浅说》中的一个片断(1916年) 几何学命题的物理意义 | 94 |
| 马里安·冯·斯莫卢霍夫斯基(1917年) | 97 |
| 探索的动机(1918年4月) ——在普朗克六十岁生日庆祝会上的讲话 | 100 |
| 康德的《绪论》读后感 ——1918年6-7月间给M.玻恩的信 | 104 |
| 理论同经验的关系 ——1918年8月28日给M.贝索的信 | 106 |

| | |
|------------------------------|-----|
| 应当对量子论的成功感到羞愧 | |
| ——1919年6月4日给 M. 玻恩的信 | 108 |
| 什么是相对论? (1919年11月28日) | 109 |
| 不愿意放弃完全的因果性 | |
| ——1920年1月27日给 M. 玻恩的信 | 114 |
| 理论和实验(1920年) | |
| ——《狭义与广义相对论浅说》德文第10版附录 | 115 |
| 相对论的认识论观点以及闭合空间问题 | |
| ——1920年4月24日给 M. 索洛文的信 | 117 |
| 以太和相对论(1920年5月5日) | 120 |
| 我对反相对论公司的答复(1920年8月27日) | 130 |
| 对“反相对论公司”的斗争 | |
| ——1920年9月6日给 A. 索末菲的信 | 133 |
| 附: A. 索末菲 1920年9月3日给爱因斯坦的信 | 134 |
| 几何学和经验(1921年1月27日) | 136 |
| 相对论发展简述(1921年2月) | 149 |
| 《相对论的意义》中的两个片断(1921年5月) | |
| 相对论以前物理学中的空间和时间 | 156 |
| 广义相对论 | 159 |
| 关于相对论(1921年6月13日) | 164 |
| 评 W. 泡利的《相对论》(1922年) | 167 |
| 对康德哲学和马赫哲学的看法(报道, 1922年4月6日) | 168 |
| 论理论物理学的现代危机(1922年) | 170 |
| 《爱因斯坦科学论文集》日文版序言 | |
| (1922年12月27日) | 177 |
| 尼耳斯·玻尔 | 179 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 相对论的基本思想和问题(1923年7月11日)..... | 181 |
| 评 J. 温特尼茨的《相对论和认识论》(1924年) | 191 |
| 反对电子有自由意志的想法 | |
| ——1924年4月29日给玻恩夫妇的信 | 193 |
| 附: M. 玻恩 1925年7月15日给爱因斯坦的信 | 195 |
| 卢克莱修《物性论》德译本序(1924年6月) | 200 |
| 对恩格斯《自然辩证法》手稿的意见 | |
| (1924年6月30日) | 202 |
| 非欧几里得几何和物理学(1925年1月)..... | 204 |
| 对薛定谔工作和海森伯-玻恩工作的评价 | |
| ——1926年4月26日给 E. 薛定谔的信 | 209 |
| 关于量子力学的哲学背景问题同海森伯的谈话 | |
| (报道, 1926年春) | 210 |
| 对统一场论以及对薛定谔和海森伯-狄喇克工作 | |
| 的评价——1926年8月21日给 A. 索末菲的信 | 218 |
| 对薛定谔工作和对爱丁顿工作的评论 | |
| ——1926年11月28日给 A. 索末菲的信 | 219 |
| 对量子力学的评价 | |
| ——1926年12月4日给 M. 玻恩的信 | 221 |
| 牛顿力学及其对理论物理学发展的影响 | |
| (1927年3月) | 222 |
| 对于量子理论的意见(1927年10月下旬) | |
| ——在第五次索耳未会议上的发言 | 230 |
| 量子力学的真理性同古典光学差不多 | |
| ——1927年11月9日给 A. 索末菲的信 | 233 |
| 物理学的基本概念及其最近的变化(1928年春) | 234 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 测不准关系和海森伯-玻尔的绥靖哲学 | |
| ——1928年5月31日给E. 薛定谔的信 | 241 |
| 我信仰斯宾诺莎的上帝(1929年4月24日) | 243 |
| 关于科学的真理(1929年) | 244 |
| 空间-时间(1929年) | 245 |
| 物理学中的空间、以太和场的问题(1930年) | 257 |
| 关于实在的本性问题同泰戈尔的谈话 | |
| (1930年7月14日) | 268 |
| 马赫同相对论的关系 | |
| ——1930年9月18日给A. 魏纳的信 | 273 |
| 约翰内斯·开普勒(1930年11月) | 274 |
| 宗教和科学(1930年11月) | 279 |
| 科学的宗教精神 | 283 |
| 论科学(1931年) | 284 |
| 牛顿的《光学》序(1931年) | 287 |
| 量子力学中过去和未来的知识(1931年2月26日) | |
| ——同R. C. 托耳曼和B. 波多耳斯基合写 | 289 |
| 麦克斯韦对物理实在观念发展的影响(1931年11月) | 292 |
| 关于测不准关系(报道,1931年11月4日) | 297 |
| 在哥伦比亚大学的讲话(1932年1月15日) | 298 |
| 关于因果性和自由意志问题同J. 墨菲的谈话 | |
| (1932年6月) | 300 |
| 祝贺阿诺耳德·柏林内尔七十岁生日(1932年) | 307 |
| 评理论物理学中问题的提法上的变化(1932年) | 309 |
| 关于理论物理学的方法(1933年6月10日) | 312 |
| 广义相对论的来源(1933年6月20日) | 319 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| 保耳·埃伦菲斯特的的工作及其为人(1933年) | 324 |
| 能认为量子力学对物理实在的描述是完备的吗? (1935年5月) | |
| ——同 B. 波多耳斯基和 N. 罗森合著 | 328 |
| 关于量子力学描述的完备性问题 | |
| ——1935年9月11日给 K. R. 泡培尔的信 | 336 |
| 悼念玛丽·居里(1935年11月23日) | 339 |
| 物理学和实在(1936年3月) | 341 |
| 一、关于科学方法的一般考查 | 341 |
| 二、力学以及把力学作为全部物理学基础的企图 | 346 |
| 三、场的概念 | 355 |
| 四、相对论 | 357 |
| 五、量子论和物理学的基础 | 363 |
| 六、相对论和微粒 | 370 |
| 总结 | 372 |
| 《物理学的进化》的两个片断(1938年3—9月) | |
| ——同 L. 英费耳德合著 | |
| 哲学背景 | 374 |
| 物理学和实在 | 377 |
| 引力问题使我从怀疑的经验论转向信仰唯理论 | |
| ——1938年1月24日给 C. 兰佐斯的信 | 380 |
| 关于实证论的统治及其他 | |
| ——1938年4月10日给 M. 索洛文的信 | 381 |
| 关于完备的描述和实在的问题 | |
| ——1939年8月9日给 E. 薛定谔的信 | 382 |
| 关于理论物理学基础的考查(1940年5月15日) | 384 |
| 科学的共同语言(1941年9月28日) | 395 |
| 伐耳特·能斯特的的工作及其为人(1942年2月) | 398 |

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 爱萨克·牛顿(1942年12月) | 401 |
| 论伯特兰·罗素的认识论(1944年) | 405 |
| 附: 罗素的答复 | 411 |
| 客观世界的完备定律及其他 | |
| ——1944年9月7日给 M. 玻恩的信 | 413 |
| 关于数学领域的创造心理 | |
| ——给 J. 阿达马的信(1944年) | 416 |
| 关于宇宙学问题的评注 | |
| ——《相对论的意义》第二版(1945年)的附录 | 418 |
| 以广义相对论为根据的空间结构——《狭义与广义 | |
| 相对论浅说》英译本第14版(1946年)的附录 | 423 |
| 质能相当性的初浅推导(1946年1月) | 425 |
| $E=mc^2$: 我们时代最迫切的问题(1946年4月) | 428 |
| R. 凯泽尔的《斯宾诺莎》序(1946年) | 432 |
| 悼念保耳·朗之万(1947年2月) | 434 |
| 物理学应当阐明时间和空间中的实在 | |
| ——1947年3月3日给 M. 玻恩的信 | 436 |
| 对马赫的评价 | |
| ——1948年1月8日给 M. 贝索的信 | 438 |
| 对玻恩《关于因果和机遇的自然哲学》书稿的意见 | |
| ——1948年3月18日给 M. 玻恩的信及其附件 | 440 |
| 悼念麦克斯·普朗克(1948年4月) | 445 |
| 量子力学和实在(1948年3-4月) | 447 |
| 为《量子力学和实在》一文给 M. 玻恩的信 | |
| (1948年4月5日) | 452 |

| | |
|---|-----|
| 关于托勒玫、亚里士多德、广义相对论场论及其他 | |
| ——1948年11月25日给 M. 索洛文的信 | 453 |
| 相对性: 相对论的本质(1948年) | 455 |
| 对批评的回答(1949年2月1日) | |
| ——对汇集在论文集《阿耳伯特·爱因斯坦: 哲学家-科学家》中 各篇论文的意见 | 462 |
| 七十岁生日时的心情 | |
| ——1949年3月28日给 M. 索洛文的信 | 485 |
| 《约翰内斯·开普勒的生平和书信》序(1949年) | 486 |
| 关于迈克耳孙实验、相对论起源等问题的谈话(报道) | |
| ——1950年2月4日同 R. S. 香克兰的谈话 | 489 |
| 关于广义引力论(1950年4月) | 495 |
| 关于统计论同决定论的对立问题 | |
| ——1950年6月12日给 M. 索洛文的信 | 509 |
| 关于描述完备性的争论 | |
| ——1950年9月15日给 M. 玻恩的信 | 510 |
| 关于“实在”问题的讨论 | |
| ——1950年10月13日给 V. 塞缪耳的信 | 512 |
| 实在和完备的描述 | |
| ——1950年12月22日给 E. 薛定谔的信 | 516 |
| 物理学、哲学和科学进步(1950年) | 518 |
| 对实在的理性本质的信赖及其他 | |
| ——1951年1月1日给 M. 索洛文的信 | 525 |
| D. D. 汝内斯编《斯宾诺莎词典》序(1951年) | 527 |
| 关于相对论和量子论问题的谈话(报道) | |
| ——1952年2月2日同 R. S. 香克兰的谈话 | 529 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| 客观世界的规律性和“奇迹” | |
| ——1952年3月30日给 M. 索洛文的信 | 533 |
| 关于广义引力论的实验问题 | |
| ——答《通俗科学月刊》一读者的信(1952年4月) | 534 |
| 关于一些基本概念的绪论(1952年) | |
| ——祝贺德布罗意六十岁生日的赠文 | 536 |
| 关于思维同经验的联系问题 | |
| ——1952年5月7日给 M. 索洛文的信 | 541 |
| 相对论和空间问题(1952年) | 543 |
| 《狭义与广义相对论浅说》英译本第 15 版说明 | |
| (1952年6月9日) | 560 |
| 关于迈克耳孙以及其他问题的谈话(报道) | |
| ——1952年10月24日同 R. S. 香克兰的谈话 | 561 |
| 关于迈克耳孙实验对探索相对论的影响问题 | |
| ——纪念迈克耳孙诞生一百周年的贺信(1952年12月) | 566 |
| “奥林比亚科学院”颂词 | |
| ——1953年4月3日给 C. 哈比希特和 M. 索洛文的回信 | 568 |
| 关于广义引力论及其他 | |
| ——1953年5月28日给 M. 索洛文的信 | 572 |
| 西方科学的基础和中国古代的发明 | |
| ——1953年给 J. E. 斯威策的信 | 574 |
| 创造者 H. A. 洛伦兹及其为人(1953年7月) | 575 |
| 伽利略《关于托勒玫和哥白尼的两大世界体系的对话》 | |
| 英译本序(1953年) | 579 |
| M. 雅梅的《空间概念》序(1953年) | 586 |
| 关于量子力学基础的解释的基本见解(1953年) | |
| ——纪念 M. 玻恩退休的赠文 | 591 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| “不掷骰子的上帝”及其他 | |
| ——1953年10月12日给 M. 玻恩的信 | 599 |
| 在哥白尼逝世 410 周年纪念会上的讲话 | |
| (1953年12月) | 601 |
| 给玻恩的赠文所引起的争论: | |
| 一、1953年12月3日给 M. 玻恩的信 | 602 |
| 附: M. 玻恩 1953年11月26日给爱因斯坦的信 | 605 |
| 二、1954年1月1日给 M. 玻恩的信 | 608 |
| 三、1954年1月12日给 M. 玻恩的信 | 609 |
| 附: W. 泡利给 M. 玻恩的信(1954年3月31日) | 612 |
| 迈克耳孙实验同相对论的关系 | |
| ——1954年2月9日给 F. G. 达文波特的信 | 617 |
| 关于科学史和科学家的谈话(报道) | |
| ——1955年4月3日同 I. B. 柯亨的谈话 | 619 |
| 编译后记 | 629 |

自 述^①

我已经 67 岁了，坐在这里，为的是要写点类似自己的讣告那样的东西。我做这件事，不仅因为希耳普博士已经说服了我，而且我自己也确实相信，向共同奋斗着的人们讲一讲一个人自己努力和探索过的事情在回顾中看起来是怎样的，那该是一件好事。稍作考虑以后，我就觉得，这种尝试的结果肯定不会是完美无缺的。因为，工作的一生不论怎样短暂和有限，其间经历的歧途不论怎样占优势，要把那些值得讲的东西讲清楚，毕竟是不容易的——现在 67 岁的人已完全不同于他 50 岁、30 岁或者 20 岁的时候了。任何回忆都染上了当前的色彩，因而也带有不可靠的观点。这种考虑可能使人畏难而退。然而，一个人还是可以从自己的经验里提取许多别人所意识不到的东西。

当我还是一个相当早熟的少年的时候，我就已经深切地意识到，大多数人终生无休止地追逐的那些希望和努力是毫无价值的。而且，我不久就发现了这种追逐的残酷，这在当年较之今天是更加精心地用伪善和漂亮的字句掩饰着的。每个人只是因为有个胃，就注定要参与这种追逐。而且，由于参与这种追逐，他的胃是有可能得到满足的；但是，一个有思想、有感情的人却不能由此而得到满足。这样，第一条出路就是宗教，它通过传统的教育机关灌输给每一个儿童。因此，尽管我是完全没有宗教信仰的（犹太人）双亲

^① 这篇《自述》(Autobiographisches) 写于 1946 年，发表在希耳普 (P. A. Schilpp) 编的为庆祝爱因斯坦七十岁生日的论文集《阿耳伯特·爱因斯坦：哲学家-科学家》(Albert Einstein: Philosopher-Scientist) 里，纽约 Tudcr 出版公司，1949 年。这里译自该书 1—95 页。——编者

的儿子，我还是深深地信仰宗教，但是，这种信仰在我 12 岁那年就突然中止了。由于读了通俗的科学书籍，我很快就相信，《圣经》里的故事有许多不可能是真实的。其结果就是一种真正狂热的自由思想，并且交织着这样一种印象：国家是故意用谎言来欺骗年青人的；这是一种令人目瞪口呆的印象。这种经验引起我对所有权威的怀疑，对任何社会环境里都会存在的信念完全抱一种怀疑态度，这种态度再也没有离开过我，即使在后来，由于更好地搞清楚了因果关系，它已失去了原有的尖锐性时也是如此。

我很清楚，少年时代的宗教天堂就这样失去了，这是使我自己从“仅仅作为个人”的桎梏中，从那种被愿望、希望和原始感情所支配的生活中解放出来的第一个尝试。在我们之外有一个巨大的世界，它离开我们人类而独立存在，它在我们面前就象一个伟大而永恒的谜，然而至少部分地是我们的观察和思维所能及的。对这个世界的凝视深思，就象得到解放一样吸引着我们，而且我不久就注意到，许多我所尊敬和钦佩的人，在专心从事这项事业中，找到了内心的自由和安宁。在向我们提供的一切可能范围里，从思想上掌握这个在个人以外的世界，总是作为一个最高目标而有意无意地浮现在我的心目中。有类似想法的古今人物，以及他们已经达到的真知灼见，都是我的不可失去的朋友。通向这个天堂的道路，并不象通向宗教天堂的道路那样舒坦和诱人；但是，它已证明是可以信赖的，而且我从来也没有为选择了这条道路而后悔过。

我在这里所说的，仅仅在一定意义上是正确的，正象一张不多几笔的画，只能在很有限的意义上反映出—个细节混乱的复杂对象—样。如果—个人爱好很有条理的思想，那末他的本性的这一方面很可能以牺牲其他方面为代价而显得更为突出，并且愈来愈明显地决定着他的精神面貌。在这种情况下，这样的人在回顾中

所看到的，很可能只是一种千篇一律的有系统的发展，然而，他的实际经验却是在千变万化的单个情况中发生的。外界情况是多种多样的，意识的瞬息内容是狭隘的，这就引起了每一个人生活的一种原子化。象我这种类型的人，其发展的转折点在于，自己的主要兴趣逐渐远远地摆脱了短暂的和仅仅作为个人的方面，而转向力求从思想上去掌握事物。从这个观点来看，可以象上面这样简要地说出来的纲要式的评述里，已包含着尽可能多的真理了。

准确地说，“思维”是什么呢？当接受感觉印象时出现记忆形象，这还不是“思维”。而且，当这样一些形象形成一个系列时，其中每一个形象引起另一个形象，这也还不是“思维”。可是，当某一形象在许多这样的系列中反复出现时，那末，正是由于这种再现，它就成为这种系列的一个起支配作用的元素，因为它把那些本身没有联系的系列联结了起来。这种元素便成为一种工具，一种概念。我认为，从自由联想或者“做梦”到思维的过渡，是由“概念”在其中所起的或多或少的支配作用来表征的。概念决不是一定要同通过感觉可以知觉的和可以再现的符号(词)联系起来的；但是如果有了这样的联系，那末思维因此就成为可以交流的了。

读者会问，这个人有什么权利，在这样一个有问题的领域里，如此轻率而原始地运用观念，而不作丝毫努力去作点证明呢？我的辩护是：我们的一切思维都是概念的一种自由游戏；至于这种游戏的合理性，那就要看我们借助于它来概括感觉经验所能达到的程度。“真理”这个概念还不能用于这样的结构；按照我的意见，只有在这种游戏的元素和规则已经取得了广泛的一致意见(约定)的时候，才谈得上这个“真理”概念。

对我来说，毫无疑问，我们的思维不用符号(词)绝大部分也都能进行，而且在很大程度上是无意识地进行的。否则，为什么我们

有时会完全自发地对某一经验感到“惊奇”呢？这种“惊奇”似乎只是当经验同我们的充分固定的概念世界有冲突时才会发生。每当我们尖锐而强烈地经历到这种冲突时，它就会以一种决定性的方式反过来作用于我们的思维世界。这个思维世界的发展，在某种意义上说就是对“惊奇”的不断摆脱。

当我还是一个四、五岁的小孩，在父亲给我看一个罗盘的时候，就经历过这种惊奇。这只指南针以如此确定的方式行动，根本不符合那些在无意识的概念世界中能找到位置的事物的本性的（同直接“接触”有关的作用）。我现在还记得，至少相信我还记得，这种经验给我一个深刻而持久的印象。我想一定有什么东西深深地隐藏在事情后面。凡是人从小就看到的事情，不会引起这种反应；他对于物体下落，对于风和雨，对于月亮或者对于月亮不会掉下来，对于生物和非生物之间的区别等都不感到惊奇。

在12岁时，我经历了另一种性质完全不同的惊奇：这是在一个学年开始时，当我得到一本关于欧几里得平面几何的小书时所经历的。这本书里有许多断言，比如，三角形的三个高交于一点，它们本身虽然并不是显而易见的，但是可以很可靠地加以证明，以致任何怀疑似乎都不可能。这种明晰性和可靠性给我造成了一种难以形容的印象。至于不用证明就得承认公理，这件事并没有使我不安。如果我能依据一些其有效性在我看来是无容置疑的命题来加以证明，那末我就完全心满意足了。比如，我记得，在这本神圣的几何学小书到我手中以前，有位叔叔^①曾经把毕达哥拉斯定理告诉了我。经过艰巨的努力以后，我根据三角形的相似性成功地“证明了”这条定理；在这样做的时候，我觉得，直角三角形各个

^① 指雅各布·爱因斯坦(Jakob Einstein)。而指导他自学“几何学小书”的则是麦克斯·塔耳玫(Max Talmey)，当时是慕尼黑大学的医科学生。——编者

边的关系“显然”完全决定于它的一个锐角。在我看来，只有在类似方式中不是表现得很“显然”的东西，才需要证明。而且，几何学研究的对象，同那些“能被看到和摸到的”感官知觉的对象似乎是同一类型的东西。这种原始观念的根源，自然是由于不知不觉地存在着几何概念同直接经验对象(刚性杆、截段等等)的关系，这种原始观念大概也就是康德(I. Kant)提出那个著名的关于“先验综合判断”可能性问题的根据。

如果因此好象用纯粹思维就可能得到关于经验对象的可靠知识，那末这种“惊奇”就是以错误为依据的。但是，对于第一次经验到它的人来说，在纯粹思维中竟能达到如此可靠而又纯粹的程度，就象希腊人在几何学中第一次告诉我们的那样，是足够令人惊讶的了。

既然我已经打断了刚开始的讣告而且扯远了，因此，我将毫不踌躇地在这里用几句话来说明我的认识论信条，虽然有些话在前面已经顺便谈过了。这个信条实际上是在很久以后才慢慢地发展起来的，而且同我年轻时候所持的观点并不一致。

我一方面看到感觉经验的总和，另一方面又看到书中记载的概念和命题的总和。概念和命题之间的相互关系具有逻辑的性质，而逻辑思维的任务则严格限于按照一些既定的规则(这是逻辑学研究的问题)来建立概念和命题之间的相互关系。概念和命题只有通过它们同感觉经验的联系才获得其“意义”和“内容”。后者同前者的联系纯粹是直觉的联系，并不具有逻辑的本性。科学“真理”同空洞幻想的区别就在于这种联系，即这种直觉的结合能够被保证的可靠程度，而不是别的什么。概念体系连同那些构成概念体系结构的句法规则都是人的创造物。虽然概念体系本身在逻辑上完全是任意的，可是它们受到这样一个目标的限制，就是要尽可能做到

同感觉经验的总和有可靠的(直觉的)和完备的对应 (*Zuordnung*) 关系; 其次, 它们应当使逻辑上独立的元素(基本概念和公理), 即不下定义的概念和推导不出的命题, 要尽可能的少。

命题如果是在某一逻辑体系里按照公认的逻辑规则推导出来的, 它就是正确的。体系所具有的真理内容取决于它同经验总和的对应可能性的可靠性和完备性。正确的命题是从它所属的体系的真理内容中取得其“真理性”的。

对历史发展的一点意见。休谟(David Hume)清楚地了解到, 有些概念, 比如因果性概念, 是不能用逻辑方法从经验材料中推导出来的。康德完全确信某些概念是不可缺少的, 他认为这些概念——它们正是这样挑选出来的——是任何思维的必要前提, 并且把它们同那些来自经验的概念区别开来。但是, 我相信, 这种区分是错误的, 那就是说, 它不是按自然的方式来正确对待问题的。一切概念, 甚至那些最接近经验的概念, 从逻辑观点看来, 完全象因果性概念一样, 都是一些自由选择的约定, 而这个问题首先是从因果性概念提出来的。

现在再回到₁告上来。在 12—16 岁的时候, 我熟悉了基础数学, 包括微积分原理。这时, 我幸运地接触到一些书, 它们在逻辑严密性方面并不太严格, 但是能够简单明了地突出基本思想。总的说来, 这个学习确实是令人神往的; 它给我的印象之深并不亚于初等几何, 好几次达到了顶点——解析几何的基本思想, 无穷级数, 微分和积分概念。我还幸运地从一部卓越的通俗读物中知道了整个自然科学领域里的主要成果和方法, 这部著作(伯恩斯坦(A. Bernstein)的《自然科学通俗读本》是一部有五、六卷的著作)几乎完全局限于定性的叙述, 这是一部我聚精会神地阅读了的著作。当我 17 岁那年作为学数学和物理学的学生进入苏黎世工业