

纪念赫兹

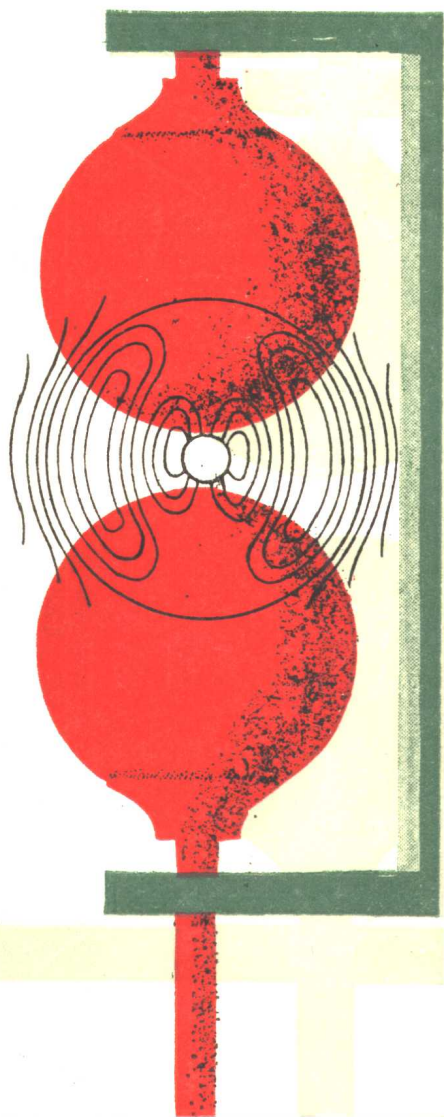
——证实电磁波存在一百年

陈涵奎



亨利希·赫兹

1857—1894



华东师范大学出版社

纪 念 赫 兹

——证实电磁波存在一百年

陈 涵 奎

华东师范大学出版社

纪 念 赫 兹

陈涵奎

华东师范大学出版社出版发行

(上海中山北路3663号)

新华书店上海发行所经销 华东师大印刷厂印刷

开本：850×1168 1/32 印张：3.5 字数：85千字

1989年3月第一版

1989年3月第一次印刷

印数：1——3,500本

ISBN7—5617—0398—8/N·014 定价：2.00 元

目 录

一、前言	(1)
二、纪念赫兹	(6)
三、赫兹的电磁波实验	(12)
四、赫兹的博士论文摘要	(21)
五、亥姆霍兹为赫兹的《力学原理》所写的序言	(26)
六、天线发展一百年	(37)
七、无线电波传播的第一个一百年	(68)
八、麦克斯韦理论浅说	(77)
九、关于波导管中的传输波型	(89)
十、后记	(97)
十一、主要参考文献	(99)
附录：卡尔斯鲁厄市市长和卡尔斯鲁厄大学校长给作者 的信和联合举行纪念活动的详细节目	(100)

Contents

1. Foreword, by the author	(1)
2. In Memory of Heinrich Hertz, by the author.....	(6)
3. Hertz's Experiment on Electromagnetic Waves, by Tian Ying, East China Normal University.....	(12)
4. A Synopsis of Hertz's Doctoral Dissertation, by the author and Professor Xu Zai-xin.....	(21)
5. Preface for Hertz's "Principles of Mechanics", by H.von Helmholtz, translated by Tian Ying.....	(26)
6. A Century of Antenna Development, by A.D.Olver, University of London, UK, translated by Meng Qing- xiang, ECNU, from Proceedings of IEE Fifth International Conference on Antennas and Propagation, 1987.....	(37)
7. Radiowave Propagation—the First 100 Years, by L. D.Barclay, Department of Trade and Industry, UK, translated by Zhu Shou-zheng, ECNU, from Proceedings of IEE Fifth International Conference on Antennas and Propagation 1987.....	(68)
8. A Brief Introduction to Maxwell's Theory, by the author.....	(77)
9. A Discussion on the Wave Modes Propagated in a Waveguide, by the author	(89)
10. Postscript, by the author.....	(97)
11. References	(99)
Appendix: Letter from Rector H. Kunle and Lord Mayor G. Seider at Karlsruhe, and Program for Heinrich-Hertz-jubilee at Karlsruhe.....	(100)

一、前 言

1987年我赴英国参加3月30日至4月2日由英国电气工程师学会(IEE)主办的第五届天线与传播国际学术会议。会议在伦敦北面二百多公里约克城的约克大学召开。国际无线电联盟、美国电气电子工程师学会的天线与传播专业学会和日本电子与通信学会为会议的协办单位。

会议专门举行了赫兹证实电磁波存在一百周年的纪念活动,由西德(德意志联邦共和国)斯图加特大学蓝斯托费教授(Prof. Dr. F. M. Landstorfer)作了“赫兹的历史实验”的报告,由英国马可尼公司欧顿(R. Orton)作了“使电磁波为人类服务——马可尼的贡献”的报告,由英国贸易和工业部巴克莱(L. W. Barclay)作了“无线电电波传播的第一个一百年”的报告,由英国伦敦大学玛丽皇后学院欧斐教授(Prof. Dr. A. D. Oliver)作了“天线发展一百年”的报告,由英国纳费尔特(Nuffield)射电天文研究所史密斯(Graham Smith)作了“综合孔径的发展”的报告,由国际无线电联盟秘书长布莱特(Prof. Dr. J. Van Bladel)作了“无线电波与国际无线电联盟”的报告。

我这次去参加会议,除去宣读两篇论文外,主要是因为会议有专门为纪念赫兹而举行的活动。参加会议后顺访了西德,我在西德的访问活动是围绕纪念赫兹而安排的。我希望凡是赫兹生前活动过的地方都能去看看。这个愿望总算大部份实现了,但没有全部实现。

4月6日我乘西德汉斯航空公司的班机由伦敦飞抵法兰克福,然后乘火车到西德的首都波恩。4月7日访问了波恩大学。由亨洛斯教授(Prof. Dr. Klaus Heinloth)和魏德迈尔教授(Prof.

Dr. Rudolf J. Wedemeyer)陪同我参观了赫兹在 1888 至 1894 年期间担任所长的物理研究所。他们陪同我去看了一个有几百个座位的很大的赫兹实验演示厅。厅里放置着如“赫兹的电磁波实验”一文中图 5 所示的由两个赫兹振子和两个抛物反射柱面构成的演示设备。赫兹振子由两个对称的半径为 2 厘米的铜球装接在半径为 1.5 厘米、长为 12 厘米的铜棒上构成。抛物反射柱面的焦距为 12.5 厘米，高 2 米。一个振子和抛物面作为发射装置，另一个作为接收装置。在接收装置前面放着一个由许多平行导线构成的、可以旋动的长方形的平面框板。发射装置的功率可以调节，接收装置所检得的信号用装在演示设备背面墙壁上的很大的数字显示器显示出来。据接待我的两位教授说，赫兹亲自制作的演示设备现在陈列在西德的慕尼黑博物馆。参观了物理研究所之后，波恩大学贝施校长 (Prof. Dr. Werner Besch, Rektor) 还接待了我，向我介绍了波恩大学的过去和现在的情况，提到过去波恩大学所培育的许多杰出人才。

4 月 7 日我到卡尔斯鲁厄大学(原称高工)，由该校的应用物理研究所的鲁普尔教授 (Prof. Dr. Wolfgang Ruppel) 接待。他陪同我去瞻仰了赫兹的塑像。在这个塑像背后的楼房的二楼就是 1886 年至 1888 年赫兹做电磁波试验的地方。在访问时了解到卡尔斯鲁厄市和卡尔斯鲁厄大学打算在 1987 年冬或 1988 年初联合举行赫兹电磁波实验一百周年纪念会，那时具体时间还没有定下来。回国以后，我接到卡尔斯鲁厄大学康尔校长 (Prof. Dr. H. Kunle, Rektor) 的来信，告知纪念会于 1987 年 12 月 5 日开幕，直至 1988 年 3 月 31 日结束。这次纪念活动是十分盛大和隆重的。

在这次纪念会上，卡尔斯鲁厄大学设立了以赫兹命名的客座教授讲席，并把第一个讲席授予诺贝尔奖金获得者穆斯堡尔教授。由他在 1987 年 10 月 21 日、29 日和 30 日作三次有关穆斯堡尔效应和中微子的专题报告。

在 1987 年 12 月 5 日举行纪念活动的开幕式，在同一天颁发

1987年度赫兹奖金。1988年1月2日至3月31日举行“无线电波一百年”展览会。

1988年1月13日起每隔一周举行一次(共计九次)“赫兹——他的工作和影响”的报告会,具体的讲题是:

- 1月13日 “亨里希·赫兹——物理学家和哲学家”
- 1月20日 “光通信——一个值得研究的课题”
- 1月27日 “光通信和未来宽带集成网络中的集成光学”
- 2月3日 “亨里希·赫兹和我们的宇宙观的发展”
- 2月10日 “信息社会和它的社会责任”
- 2月17日 “迄今为止的无线电的政治影响”
- 2月24日 “雷达波的地面探测”
- 3月2日 “核磁共振成像技术:取自物体内部的图像”
- 3月9日 “电视技术的未来”

1988年3月14日至15日举行“电磁波一百年”国际讨论会。1988年3月14日至3月19日举行德国物理学会年会。

纪念活动历时之长、规模之大,前所未有的。

我本来打算访问赫兹的母校柏林大学,但后来了解到原来的柏林大学(当时称威廉大学,以纪念其创建人普鲁士国王 Friedrich Wilhelm),现在已分为三所大学:柏林技术大学、自由大学和洪堡大学。前两所在西柏林,洪堡大学在东柏林。赫兹就读的柏林大学是现在的洪堡大学。我虽然到了东柏林,但因为时间仓促,未能去洪堡。只是去了几次在西柏林的柏林技术大学和就在该校附近的赫兹研究所。

赫兹是一位杰出的伟大的科学家。电磁波的发现对于人类的贡献的价值是无法估量的。他的为人以及他的一生为科学事业“献身、求实、创新”的精神是永远值得我们以及后人学习的。因此,我决定编写这本纪念册,以表示我对这位非凡伟人的敬意。

参加英国第五届天线与传播会议回国后,我要我的两位博士研究生朱守正同志和孟庆翔同志,分别翻译了“天线发展一百年”

和“无线电波传播的第一个一百年”，并由田英同志和我本人进行了译校。

1957年，山西大学教师田英同志（现任山西大学副教授、山西省电子学会副理事长）来我校进修，我曾要他写了一篇赫兹电磁波实验的文章在1957年《物理通报》上发表，相距1887正好70年，距今30年。现在看来，此文仍有参考价值。

我藏有英国伦敦麦克米伦出版社出版的赫兹专著《综合论文集》英译本（1896年版）和《力学原理》英译本（1899年版）。在前一专著中有赫兹的博士学位论文“关于旋转球体的感应”，我约请了徐在新同志（现任我校教授、物理系主任）协助写了一篇“论文摘要”。另外，我请田英同志翻译了亥姆霍兹为《力学原理》所写的序言。这篇序言详细叙述了赫兹的一生，赫兹证实电磁波试验的详细过程，以及亥姆霍兹本人对赫兹的评价和对《力学原理》的评价。

1988年9月17日，由中国物理学会、中国电子学会、中国通信学会、中国空间物理学会、中国宇航学会、中国地球物理学会、中国电机工程学会、中国电工技术学会、中国自动化学会、中国计算机学会、中国电工技术学会、中国自动化学会、中国计算机学会、电与信息科学技术联合会、中国科学技术史学会、国际无线电联合会中国委员会、IEEE北京分部、北京电子学会、北京通讯学会等16个学术团体在北京联合举行“赫兹电磁波试验100周年纪念会”，邀我撰写了“纪念赫兹”的纪念文章。

这些文章都有一定的参考价值，特别是亥姆霍兹为《力学原理》所写的那篇序言，是很值得一读的。

另外，在1972年我在上海科技大学工作时曾在科大和上海无线电二十六厂讲课，并且写了一些讲义。那时讲课对我有一个要求，就是要尽量少用数学或不用数学。我根据当时的讲义，整理了《麦克斯韦理论浅说》和《关于波导管中的传输波型》两文，刊于这个纪念册之末。对于对电磁理论有兴趣的初学者，也许可以

作为一个入门的介绍。用物理概念来说明波导管中的传输波型是我讲授微波技术时的一个尝试，刊印于此，以就正于国内同行专家。

在本书的出版过程中，得到张锡年、吴鼎、游铭长、吴晨等同志的帮助，在此深表谢意！

陈涵奎

1988年9月15日

二、纪念赫兹

赫兹在 100 年前，1887 年至 1888 年，用著名的赫兹实验证实了电磁波的存在，为人类科学的发展树立了一个新的里程碑。他的贡献在物理学方面是证实了麦克斯韦的预言，从而彻底否定了电磁的超距作用，在电子学方面是为无线电的发展奠定了基础。在他的工作的基础上，意大利人马可尼(1874~1937)于 1895 年至 1901 年发明了无线通讯技术，从此无线电报、无线电话、无线电广播以及电视广播等各种利用无线电波为人类服务的应用相继发展。依赖于无线电波我们今天进入了划时代的信息时代和宇宙飞行时代。人们无法估量，也无法酬谢，赫兹对于人类所作的伟大贡献。

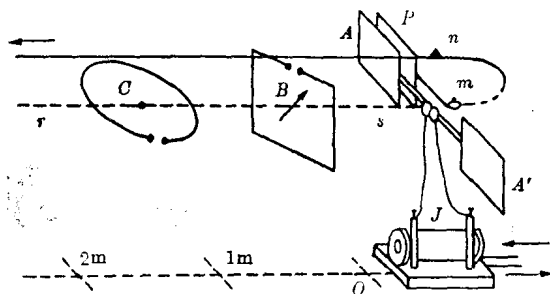
赫兹于 1857 年 2 月 22 日诞生于德国的汉堡，他的父亲是一位律师和市议员。他先在汉堡市的一所市立初中学习，后来进了当地的一所高中，一直呆到 1875 年。他的父亲对人文科学很有造诣，他跟父亲学会了多种语言。在他的孩提时代，他的一位癖爱自然科学的叔祖给了他许多仪器，使他在自己家里装备的实验室里做了不少简单的物理和化学实验，激起了他对自然科学的兴趣。1876 年赫兹进入德累斯顿工学院学习工程。曾服过一年兵役，服役后又进入慕尼黑工学院学习。赫兹最早的兴趣在工程，但因学习工程不能使他对自然界的许多现象得到满意的解释，遂改学物理，由慕尼黑工学院转到慕尼黑大学，但仍到慕尼黑工学院听课。1878 年进入柏林大学，师从亥姆霍兹和基尔霍夫，在 1880 年获得博士学位。赫兹在大学读书时期就是一位突出的优秀学生，他为亥姆霍兹用实验确定了构成导体中电流的电荷是否具有惯性质量，因而获奖，写成的论文在德国的《物理、化学年报》上发表，那时只有 22 岁。赫兹毕业后留校作助教，于 1883 年至基尔大学

任讲师。1885年至1888年在卡尔斯鲁厄高等工程学院任实验物理学教授。1889年应聘至波恩大学任物理学教授，并继承克劳修斯担任物理研究所所长。一直在那里工作到1894年逝世。他的著名的突破性的证实电磁波存在的实验是在卡尔斯鲁厄高等工程学院完成的。

亥姆霍兹是19世纪的大科学家，以提出能量守恒而闻名于世。赫兹是亥姆霍兹最喜欢的学生，他们师生之间一直保持着最密切的关系。赫兹因患牙疾引起血液中毒不幸逝世，死时才只37岁。亥姆霍兹在赫兹所著《力学原理》一书所写的序言中是这样说的：“1894年1月1日，亨里希·赫兹与世长辞了。凡是认为人类的进步取决于人类智慧最大限度的发展、取决于才智战胜情感和战胜大自然的力量的人，一定都为失去这个才智非凡的天才而深深地陷入悲痛之中。”“我对赫兹的逝世深感悲痛，因为在我所有的学生中我认为他是一个能深刻地领悟我的科学思想的学生。而正是他在我看来是最有把握继承和进一步发展我的研究工作的人。”

1820年奥斯忒发现了电流的磁效应，认识到电与磁两个现象本质上的联系。1831年法拉第又发现了电磁感应效应。这些发现使人类对于电与磁的认识进入了一个新的境地。但是在此后很长的一段时间里，由于受到牛顿力学的影响，人们总是企图从力学的观点来解释电磁现象，企图仿照力学的理论来建立电磁理论，因而造成了电磁领域的混乱。亥姆霍兹曾把当时的电磁领域称之为“无路的荒原”。对于麦克斯韦提出的电磁理论，很多人认为是不太能懂的高论，并对位移电流感到怀疑。面对这一情景，亥姆霍兹为自己布置了在电磁领域进行全面观察和研究的任务，企图来理清这个混乱。他分析了当时的各种理论，企图从而得出一个统一的理论。柏林科学院根据亥姆霍兹的研究，提出了一个悬赏难题。这个难题要求用实验方法来确定电磁力和绝缘体中介质极化之间的关系。正是为了应徵这个悬赏，赫兹在1887年在卡尔斯鲁厄高等工程学院用实验证实了麦克斯韦的位移电流的假设的正确

性。在这个实验中他曾把书本和杂志堆积起来作为试验用的介质体。接着他又用实验证实了：在空气中的确存在着一种以有限速度传播的横向电磁波，并且在 1888 年 2 月 2 日把这一结果在柏林科学院作了报告。赫兹关于电磁波的试验实际上是 1886 年开始，主要工作完成于 1887 年，但因为他的有关报告是在 1888 年初正式提出的，因而对赫兹实验的日期有不同的说法，有的说 1887 年，有的说 1888 年。



赫兹证实存在电磁波的实验装置

赫兹证实电磁波存在的实验装置如图示。装置由初级回路和次级回路构成。初级回路是中间开有火花隙的长为 60 厘米的铜棒，在两端装有边长为 40 厘米的正方形黄铜板，板与感应线圈相耦合。次级回路采用半径为 35 厘米的圆环 C 或边长为 60 厘米的方形环 B 。在 A 板背后放着大小相同的 P 板，在 P 板上连接着一根在火花隙上方 30 厘米处的如图所示的铜线。当初级回路放电时会使靠近它的次级回路产生火花。环路 B 和 C 的面放在与直导线平行的位置叫做第一主位，把环面转动 90° 的位置叫做第二主位。根据有直导线和拿去直导线，以及次级回路的面在两个主位上和其它中间位置上的观察，赫兹断定在空气中的确存在着一种以有限速度传播的横向电磁波。

关于电磁波实验，赫兹在德国《物理年报》（*Annalen der Physik*）上共发表了九篇论文，其中最重要的是下列四篇：

1. 关于非常快速的电振荡 1887年 5 月15日发表

2. 关于电扰动在绝缘体中产生的电磁效应

1888年 4 月15日发表

3. 关于电磁作用传播的有限速度 1888年 5 月15日发表

4. 关于空气中的电磁波及其反射 1888年 5 月20日发表

1887年 4 月 15 日发表的一篇是他对柏林科学院悬赏难题的答案。(悬赏难题是 1879 年提出的,要求在 1882 年 3 月 1 日前提交答案,估计赫兹未曾领取奖金。)赫兹根据电磁波为金属板产生的驻波的波长和威廉·汤姆孙(即凯尔文)提出的计算电容放电的振荡频率的公式,证明了电磁波的传播速度等于光速。

赫兹是一位伟大的实验物理学家,也是一位杰出的理论物理学家。他的博士论文“关于旋转球体的感应”就说明了这点。这是一篇长达 92 页的纯理论性的论文。他在这篇论文中计算了:放在一个具有一定强度的磁极下的旋转铜球、旋转铁球和旋转铜质圆盘上的感应电流;位于载流单线和载流平行传输线下的转动导电圆盘上的感应电流;磁极以一定速度沿直线移动时在无限大导电平板上的感应电流。他还做了很多其他理论性的研究工作。

他对力学深有研究。赫兹著有《电波》、《力学原理》和《综合论文集》三本专著。亥姆霍兹对他的《力学原理》是这样评价的:

“无论从那一方面来说,它是一本最具有创造性并以最完美的数学形式表达的合乎逻辑的力学系统的介绍,对每一个能鉴赏这本书的读者有极大的价值。将来会证明这本书具有很大的启发价值,它将是发现各种自然力的新的和普遍的各种特性的指南。”

赫兹在波恩大学担任物理研究所所长期间,表现了他的管理才能和对工作的极端的认真负责。在波恩大学物理研究所的纪念册里有许多关于赫兹的记载。例如:“为了修理和补充部分报废的旧仪器,先后批准三千和五千马克。日常经费预算是四千七百五十马克。这些经费之所以够用,是因为赫兹以他精巧的手艺自己制造和修复了许多仪器”。“关于仪器的购置,目前还保存着赫兹

当时亲手书写的一批通信。这里面附有赫兹手书的各种订货单”。

“那时的研究所领导者不仅自己要筹划全部实验仪器，而且还要亲自关心室内的一切布置和设备，诸如火炉、门窗、窗帘、书橱、地板等等”。“由赫兹苦心经营一手开设的实习课从一开始便受到了大家的欢迎，他那杰出的授课，对于初学者来说是深入浅出，对于启蒙者而言既具有吸引力又富有启发性。在他的领导下，研究所逐渐取得了世界性的声誉。来自世界各地的出类拔萃的青年学生一年比一年多地汇集到这里来，以求受到几乎是尽善尽美的学术和教育的熏陶”。

他为人谦虚，尊敬老师和真诚地承认别人的劳动。对他来说，他只知道追求真理；他以全部精力热情地工作和献身，没有丝毫个人主义的痕迹。甚至当他有权利要求把他的发明作为他自己的成果时，他把别人放在前面，宁愿把自己放在后面。

在他生命的最后几年，他的工作得到了同时代人的承认，并给予了高度的评价和赞誉。1888年他获得了意大利科学家协会的 **Matteucci** 奖章，1889年获得了巴黎科学院的 **La Caze** 奖金和维也纳帝国科学院的 **Baumgartner** 奖金，1890年获得英国皇家学会的 **Rumford** 勋章，1891年又获得都灵皇家科学院的 **Bressa** 奖金。他被选为柏林科学院、慕尼黑科学院、维也纳科学院、罗马科学院、都灵科学院和巴洛格那科学院的通信院士以及很多有名学会的会员；普鲁士政府授予他“王冠勋章”。

第一次诺贝尔奖金于1901年颁发。若他不是过早的去世，肯定会授予他诺贝尔奖金的。后人为了纪念他的伟大功勋，用“赫兹”——简称“赫”作为频率的单位。

世界上有两种人：一种人一生贡献很多，但向世界取得很少；一种人贡献很少，但向世界取得很多。赫兹是前一种人。我们从赫兹的一生可以看到他如何为人以及如何发挥一个杰出的科学家的聪明才智为人类服务。我们今天纪念他，要学习他的这些优秀品质。

(本文发表于1988年9月17日在北京举行的“赫兹电磁波实验一百周年纪念会”学术报告纪念册,在此发表时略有改动。)

**附：柏林普鲁士科学院在1879年7月的月报
上刊登的关于验证麦克斯韦假设的奖题**

普鲁士科学院要求对下列事项提供决定性的实验证明：

麦克斯韦假设的介质极化强度的形成或消失是否有
电磁效应。

或

磁的或电动力学的感应电动势在绝缘媒质中是否激
励介质极化。

答案须在1882年3月1日前提交,可用德文、拉丁
文或英文撰写。奖金100 ducats(合955马克),将在1882
年7月颁发。

三、赫兹的电磁波实验

在19世纪中叶，麦克斯韦发表了电磁波理论，预言了电磁波的存在，说明电磁波与光波具有相同的性质。麦克斯韦这一理论，在发表后的二十多年中，无人能用实验的方法予以证实，直到1888年，德国的物理学家赫兹才完成了这一伟大的工作。他用实验方法产生了电磁波，并用实验方法证实了电磁波与光波在性质上的相同，从而证实了麦克斯韦的理论。线型天线的发明和利用即是以赫兹的振动器（偶极子）为基础的。赫兹的实验在物理学和无线电工学的发展上起着重大的作用。本文的目的即是介绍赫兹在当时所做电磁波实验的内容，全文分成：电磁波的产生与检验、电磁波的反射与折射、电磁波的偏振、电磁波的干涉——驻波等四个部分依次介绍。

（一）电磁波的产生与检验

赫兹用来产生电磁波的装置如图1所示。 A ， B 是两个40平方厘米的金属板； C 、 D 是长30厘米的两个黄铜棒，棒的一端焊接在金属板上，另一端是两个黄铜球 E 、 F ，赫兹把这样一个装置叫做振动器（偶极子）。实质上，这就是一个敞开的振荡回路。我们知道，一般的振荡回路是由线圈（电感）与电容器（电

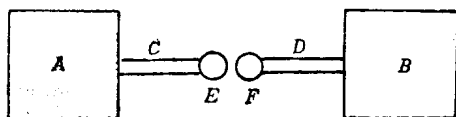


图 1

容）所组成的（图2a），如将电容器的二极板张开，即作成敞开