

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中外科学家发明家丛书

赫兹



一、聪明的少年

1857年2月22日，对很多人来说是极普通的一天，但德国汉堡市的赫兹律师一家却会永远记住这个日子。这一天赫兹先生的长子来到了人间。这个给全家带来极大欢乐的小天使，后来成为名扬世界的著名物理学家，他的名字叫亨利希·鲁道夫·赫兹。

赫兹家属于富裕的市民阶层，家庭条件优越。赫兹律师是一位进取心很强的人，他后来当上了汉堡市的参议员，并成为—个地区司法局的长官。他对儿子寄予了很大希望，在培养和教育上倾注了大量心血。

令父母感到欣慰的是，亨利希·赫兹很早就显示出是一个可造之材。

在学校中，亨利希·赫兹是班里的优秀生之一。他天资聪颖、悟性出众，具有很强的逻辑思维能力和记忆力；尤其难能可贵的是，他出色的天赋和强烈的求知欲望紧密地结合在了一起，几乎—切课程都引起了他强烈的学习兴趣。数学和自然科学强烈地吸引着他，他对此兴致勃勃并取得了很好的成绩。除了学习课本上的知识外，他还养成了动手操作的好习惯，进行了简单的自然科学实验。他特别爱好做力学和光学方面的实验。这种把动手与动脑结合起来的习惯，对他—生的科学实践有积极的影响。

亨利希·赫兹还非常喜爱绘画，并且具有素描画家的才能和功底，他曾在一所美术学校中学习过。他对语言文字的兴趣也非常浓厚，无论古代的现代的都广泛涉猎，对文学名著则尽可能地背诵下来。荷马史诗、柏拉图对话及但丁的原文诗伴随了他整个—生。他学习外语的能力也让人叹服不已。除了意大利语、法语和英语外，他还学习了一些并非必修的语言，并取得了极好的成绩。如“他学习阿拉伯语的成绩就极为惊人，以致于任课教师非常严肃认真地去找他父亲谈话，建议他一定要让儿子去学习东方学，因为亨利希是他所遇到的对学习阿拉伯语言最具才能的学生。

并非只有阿拉伯语老师—人对亨利希·赫兹的前途出谋划策，他的木工师傅也为他设计出了—个发展方向。赫兹很早就表现出对技能和技术的爱好，在课余时间，自愿向—位细木工学习技艺，还按照职业水平的要求学习车工技术。父母没有限制他的这—兴趣，而且还应他的要求买了—台车床。小赫兹在明师的指点下，苦练功夫，车工技术提高很快。木工师傅对徒弟的进步非常惊讶和高兴，曾对赫兹的父母说，亨利希—定会成为—个优秀的车工的。

当然，赫兹并不是具有各方面的聪明才智，也不是所有的人都喜欢他。他在音乐上就毫无天赋可言。音乐老师为了挖掘他的潜力曾下了很大功夫，但最后终于明白了他在音乐方面毫无潜力可挖。因此，赫兹不但无法加入学校的合唱队，即使是音乐课上练合唱时他也往往被老师“请”到教室外旁唱，因为—旦有他参加，本该优美动听的童声合唱便“哎哑啁啾”难为听了。

但全面衡量亨利希·赫兹的表现，老师们还是一致认为他是一位优秀的学生。1875年，赫兹在约翰奈斯中学获得了毕业证书，学校对他总的评语是具有敏锐的逻辑、可靠的记忆和灵巧的叙述能力；数学成绩是优，自然科学是良，其他课程也是优或良。

二、弃工学理

比起阿拉伯语老师和木工师傅来，赫兹的父母当然更关心他的前途。从

约翰奈斯中学毕业时，赫兹已经 18 岁了，到了规划前程的时候了。父母认为儿子的种种表现和才能，显示了他更适于成为一个建筑工程师或建筑学家——在这一点上，赫兹父子的想法是相同的。赫兹也希望自己能成为一名工程师，因为他喜欢这个行业；虽然他也同样喜欢数学和自然科学，但他不相信自己有研究理论自然科学的能力。为了更好地进行理论学习，赫兹先进入了法兰克福市设计局从事实际工作，以便为他所选择的职业做准备。

在法兰克福市设计局，赫兹确实受到了锻炼，学到了很多新的工程学知识。1876 年春，他离开了法兰克福，前往德累斯顿市，进入了高等技术学校工程部，学习工程科学。虽然如愿以偿，但赫兹很快发现自己选择的职业并没有如想象的那样吸引他。测量、绘图、结构，……这些大量的日常课程让他感到枯燥无味，兴趣索然。难道自己将要从事的职业会是这个样子吗？

1876 年秋天，正赶上帝国征兵，刚入学一个学期的赫兹作为工程部的大学生应征入伍，在柏林的铁道兵团服一年的兵役，从校院到兵营，环境有了很大改变，但赫兹仍未感到轻松和愉快。兵营就像一台高速运转的机器，每天重复着几乎相同的内容，操练、行军，行军、操练。机械的训练使赫兹感到很压抑，心情非常沉闷。好在他有很强的适应环境的能力，不久就习惯了这种单调的生活节奏。他以一种积极向上的态度重新审视这种兵营生活，发现自己已经得到了锻炼，并从中获得了益处。几个月后，他在给父母的一封信中以达观的心情阐述了自己的这一发现，他说：“毕竟服役也给人某种肯定无疑的，个性从一个人身上真正被取缔了；现在显而易见，塞翁失马，安知非福？”

有了这种心情和态度，余下来的兵营生活的时光也就不显得漫长和枯燥了。1877 年秋天，赫兹结束了服役生活，前往慕尼黑，进入那里的高等技术学校继续学习工程科学。

赫兹本来就是一个兴趣广泛、求知欲旺盛的青年，再加上他已对工程科学的爱好有所下降，因此在慕尼黑高等技术学校里他并没有对自己选择的职业情有独钟，仍然对一切新知识一视同仁，广泛学习。他选修了菲利浦·冯·约里的物理课和数学课。约里是著名的物理学家和数学家，他对物理学有一种在当时颇有代表性的认识。他向学生们说，物理学是一门高度发展的、几乎是尽善尽美的科学；作为一个科学体系，它建立得非常牢固，已经没有什么本质上的新东西有待发现了。但他对数学领域的发展前景作了一番辉煌的描绘。约里的课，使赫兹对原来的选择渐渐失去了热情，他在内心里产生了一个坚定的信念：只有科学工作和学术活动才能使他真正的心满意足。

经过认真地思考，赫兹决定弃工学理。他把自己的想法和决定写信告诉了父母。“我非常乐意成为一名工程师”。他写道，“但我同样乐意成为一名装订工人或者车工，总而言之，我乐意成为文明者的行列中的任何人。但是，在‘乐意’和‘乐意’之间毕竟还是有程度之别的”。赫兹告诉父母，经过慎重的权衡比较，自己更乐意成为一名科学工作者。正如赫兹所预料的那样，开明的父亲很快复信，对他新的选择表示赞同。就这样，赫兹中断了工程学的学习，专心致志地在大学中攻读物理学和数学。

菲里浦·冯·约里教授对赫兹给予了极大的帮助，他从基础抓起，向这位求知欲极强的大学生介绍了一些数学方面的基本著作，如拉格朗日、拉普拉斯及精密科学其他经典作家的著作，让他潜心学习、认真研究，约里还建议赫兹注意自然科学史，因为这有助于理解和研究自然的迫切问题。

对约里的指导和建议，赫兹认真对待并严格执行。他在很短的时间内细致地研究了大量的科学史著作。他特别顽强地研究了数学和数学问题史。这些准备工作，为他以后的研究与开拓打下了坚实的基础。另外，赫兹还深入钻研了一些老的科学杂志，对过去的很多科学发现有了系统的了解。在了解前人的发明创造后，常会产生一种复杂的想法：一方面对前人的聪明才智和艰辛劳动深表敬佩；另一方面又感到前人生活的时代充满了很多的未知领域和新鲜事物，他们的创造领域很宽，由于他们的努力，世界被人类更多地了解和征服了，这同时也使我们后来人失去了英雄用武之地，因此已不可能再像前人一样创造辉煌的业绩。这种想法显然是幼稚的单纯的，但却具有普遍性，年轻的赫兹就有过这样的想法。他曾在的一封信中写道：“有时我真感到遗憾，我未能生活在那充满许许多多新鲜事物的时代。其实，就是现在也有足够多的未知事物，但我不认为现在可以轻而易举地找到可能改变整个世界观体系的任何东西，就像在望远镜和显微镜还是新奇之物的那个时代一样。”

对于未知世界的认识，古希腊哲学家芝诺有一个很形象的比喻。他说，人的知识好比是一个圆，未知世界就是圆所接触的外部面积；人的知识越丰富，圆的面积越大，圆所接触的外部面积也随之增大，即感觉到未知的东西也就越多。随着学习的深入，赫兹感到有更多的知识需要学习和掌握。能满足他这种求知欲望的最好学府，无疑是位于帝国首都的柏林大学，那里有世界著名的数学和实验物理学专家赫尔姆霍茨和基尔霍夫，在他们的指导下他可以更好地完成学业。

1878年10月，赫兹离开了慕尼黑和菲里浦·冯·约里教授，进入柏林大学，成为赫尔姆霍茨的学生。

三、前人的成就

进入柏林大学并成为赫尔姆霍茨的学生，对赫兹的一生来说意义重大，他从此走上了成为世界著名物理学家的道路。在叙述赫兹的成长和成就之前，我们来对前人的科学成就作一个回顾。

18世纪后期，法国物理学家库仑曾对电学和磁学做过深入细致的研究，发表了大量科学著作，产生了深刻的影响。库仑曾提出一个论断，即电和磁是完全不相同的物理实体。这一论断在科学家的思想中根深蒂固，以致于在意大利科学家伏打于1800年发明了伏打电池后很长时间，各国的科学家都没有想到利用这种恒稳持续的电源去寻找一下电和磁的关系，因为人们从未对库仑的论断产生过疑问。

当然也有例外，丹麦科学家奥斯特就对库仑的论断心存疑窦。他根据德国古典哲学家康德的自然力都有一个共同的根源的哲学原理，始终坚信电和磁不是相互独立的，两者之间必定存在着一种关系，只是这种关系人类尚未发现。为此，他借助伏打电池长期进行研究与探索，终于在1820年发现电流可以将磁针推向与电流垂直的位置。对于这种电流磁效应，奥斯特用“电碰撞”来解释，即在电流周围存在着一种环形运动的力，它可以穿透非磁性物质，但不能穿过磁体，一旦碰上磁体就会发生撞击，致使磁体的轴体的轴转到与电流相垂直的方向。奥斯特的发现在当时引起了极大轰动，法国物理学家接受了他的发现，但拒绝了他对此的解释。

在奥斯特宣布了他的发现后不几天，法国物理学家安培也做了相同的实验，但他认为这种电流磁效应并不是电碰撞的结果。当时法国物理学界正流

行超距论理论，即认为一切物理现象都是粒子间的吸引或排斥的力学现象。安培通过实验证明，两根载流导体可以相互吸引或排斥。他将电流的这种力称为“电动力”，意即由电流产生的动力。他还用实验证明，两个螺线管如通有电流，它们将像两根磁棒那样产生相互作用。由此安培认为，磁体之所以会相互作用，即相互吸引或排斥，并不是因为它们具有什么磁性粒子，而是因为它们当中存在电流，一根磁棒中的电流作用于另一根磁棒中的电流，于是便产生了磁棒之间的吸引力或排斥力。安培认为，磁就是电流或运动中的电。在这个基础上，安培创立了他的超距电动力学。由于这个学说具有数学上的美及其内含的实体高度统一的优点，因此被很多物理学家接受，在欧洲大陆极为流行。然而不久，安培的学说也遇到了难题。1822年，安培的同事阿拉戈在用磁针振荡法测量大地磁场强度时，发现金属可以阻尼磁针的振荡，用现有的电磁学理论他无法解释这种现象。阿拉戈认为这是一个新的发现，于是就根据这个现象做了一个铜圆盘实验，以期引起人们的兴趣。他装置了一个可以旋转的铜圆盘，盘的正上方悬吊着一根磁针，当圆盘旋转时，磁针跟着旋转。对此，安培用他的超距论电动力学作了解释：当圆盘开始旋转后，它就分离出正、负两种电粒子，电粒子运动形成电流，这种电流与磁针中的分子电流相互作用便形成了磁针转动的动力。安培的理论好像能够说明圆盘旋转带动磁针转动的现象，但都无法解释为什么磁针先行转动而圆盘也能随之旋转的原因。

1831年，英国物理学家法拉第对安培的超距论电动力学提出了第一次批判。法拉第没有受各种特设的电和磁的实体的局限，大胆想象，探索电和磁的各种可能的关系。当时，许多人认为奥斯特发现的电流磁效应是所有电磁关系中的唯一的基本内容，但法拉第却不这样认为。他根据对称性这个普遍的自然法则断定，既然奥斯特发现的电流磁效应是客观存在的规律，那必须会存在与此相对应的逆效应，即磁感生电流的效应。法拉第认为，阿拉戈的实验正是体现了磁感生电流的效应。通过大量实验，法拉第认识到，在电流或磁体周围的空间存在着一种力的状态，这种力态一经改变或受到扰动，便能处于这个空间的金属感生出电流。他据此圆满地解释了阿拉戈的实验：由于铜圆盘的运动扰动了磁针建立的空间稳定的力态，使它自身感生出电流，这种电流与磁针的相互作用便形成了带动磁针运动的力；如果磁针先运动，它产生的空间力态不断地变化，也使圆盘产生电流，从而带动圆盘旋转。在研究的基础上，法拉第总结出了电磁感应定律，达到了前人未有的认识。法拉第在处理电磁感应现象时已初步用到了场的概念；而缺乏对电流周围的空间——场的考虑，恰恰是安培理论的一个弱点。1837至1838年，法拉第在研究静电感应现象时，初步提出了场的概念。在以后的研究中，他又提出了电磁场理论。

法拉第电磁感应定律的发现，在信奉安培超距电动力学的欧洲大陆引起了极大震动，超距论者不得不对安培的理论作些修改，以便能够解释他们原来无法解释的现象。1845年，德国物理学家纽曼将安培分子电流假说推广到宏观电流的情况，并在此基础上总结出法拉第电磁感应定律，试图将超距论电动力学与法拉第的电磁学统一起来。第二年，德国的另一位物理学家韦伯提出一种假说，即认为导线中的电流是由正、负电粒子在两个方向上的运动构成的，并在牛顿引力公式基础上建立了韦伯电作用公式。韦伯认为，他的电动力学可以推导出安培电动力学推导不出来的电磁感应现象，因此比安培的

理论具有更广泛的代表性。纽曼和韦伯的理论，被称为德国电动力学体系，是对安培理论的发展，因此在欧洲大陆风靡一时。但德国电动力学体系和安培的电动力学具有相同的弱点，仍然缺乏场的概念，没有考虑电磁场空间的作用。

在远离欧洲大陆的法拉第的祖国——英国，超距论电动力学在电磁学中渐趋势微，出现了电磁场论的电磁学派，做出这一巨大贡献的是英国伟大的数学家和物理学家麦克斯韦。法拉第的重大发现和电磁学理论，深深地吸引着麦克斯韦。尤其使他感到惊奇的是，法拉第虽然不是数学家，但他提出的电磁学概念含有丰富的数学思想。麦克斯韦决心用数学符号和公式将法拉第的场论思想总结出来，得到一种处理电磁场的动力学方法。法拉第的工作，成了麦克斯韦研究的出发点。麦克斯韦应用高度完善的数学方法把法拉第的电磁学理论“转换”成数学形式，同时使之更加准确和扩大，成为臻于完善的电动力学理论。1861年，麦克斯韦提出电位移和位移电流的概念，对超距论电动力学提出了第二次批判。在随后的研究中，他从理论上预言电磁波的存在，用纯数学的方法得出结论：在虚无的空间内存在着电磁波，电磁波的传播速度与真空中的光速相同。麦克斯韦用他那些著名的微分方程以最高超的独创性概括了许多电磁现象，开创了电的世纪；他的公式以简便和完善的特点，受到大多数数学家和物理学家的赞叹。

但是，麦克斯韦的理论最初也只是作为一种新颖大胆的假说而被人们接受。这种假说看来是十分可能的，并且有许多现象都有利于证明这种假说；然而麦克斯韦却没有能用实验的途径检验其电磁理论和光理论的正确性，并且这种理论的基本原理与人们已经接受的传统观点太矛盾了，因此多数物理学家对这种理论是否反映事物的本质表示怀疑。但是，在德国电动力学颇为流行时，德国物理学家赫尔姆霍茨却倾向于相信麦克斯韦的理论。

四、名师与高徒

海尔曼·冯·赫尔姆霍茨是德国著名的生理学家、物理学家和数学家。他是医生出身，曾经研究过色视觉的规律，在研究动物生理和动物热的过程中独自发现了能量守恒和转化定律。他首先用数学概括机械守恒定律，然后证明自然界的各种能量都服从这一定律，充分地阐述了能量守恒和转化定律的普遍意义。能量守恒和转化定律的建立在科学和哲学上都有划时代的意义，它不仅是辩证自然观的自然科学基础，而且是物理学乃至全部自然科学的基石，是自然界少数几条最基本、最重要的自然规律之一。虽然为发现这一自然规律做出了贡献的科学家有许多，但赫尔姆霍茨无疑是其中的佼佼者，因此赫兹曾称他是“德国的第一个自然科学家”。从1870年开始，赫尔姆霍茨运用能量守恒和转化定律研究电磁学，并着手统一纽曼、韦伯与麦克斯韦的理论，但他很快就发现，韦伯的理论 with 能量守恒定律相矛盾。随后，赫尔姆霍茨与韦伯之间展开了论战，欧洲大陆的电学家们也由此逐步熟悉了麦克斯韦的理论。

就在这种情况下，亨利希·赫兹进入了柏林大学，成为了赫尔姆霍茨的弟子。

柏林是当时德国的政治、文化和科学研究的中心，是求知者的圣地。赫兹怀着激动和崇敬的心情来到这座科学的圣殿里，像一个虔诚的信徒，深深地为这里的学术气息所折服。他在给父母的一封信中说：“人们怀着敬畏的

心情看待本地的博士们，我也总觉得他们不同于其他任何地方的博士。”他还在一封信中向父母生动地描述了柏林大学浓厚的学习气氛：“教授们在过于窄小的课堂中讲课（想必是没有大的课堂），这样，经常是课堂拥挤，座无虚席，还有许多人站着听课。大家见过铁路售票处常常排成三列纵队，而在我们这里人们不得不排成十列纵队通过大学的前厅挤进课堂。”

在这种环境里，赫兹的学习热情更加高涨起来，他如饥似渴地汲取着赫尔姆霍茨和其他老师传授的知识。

赫尔姆霍茨不仅善于发现科学规律，而且善于发现科学研究人才。他很快以科学家的敏锐眼光发现了赫兹身上具有的非凡天赋和卓越才能，决心尽自己的努力帮助他、培养他。当时，赫尔姆霍茨正好接受了一项为哲学系的大学生出物理竞赛题目的任务（那时哲学和自然科学紧密相联，科学家的许多重大发现都是在哲学的指导下完成的，哲学的许多原则也是在物理学发现的基础上确立的），他选择了电动力学的问题。在当时德国的电动力学领域内，韦伯的观点占据着统治地位。韦伯认为，电的流动是一种特殊形式的惯性，这种惯性和固体所固有的惯性相类似。赫尔姆霍茨对此持怀疑态度。他针对韦伯的观点提出了竞赛题目：用实验证明，沿导线运动的电荷，作为电流来说，到底是否具有韦伯所说的惯性。赫尔姆霍茨对这次竞赛的实验还是很重视的，因为一旦证明韦伯的理论有误，将对确立法拉第—麦克斯韦的电理论具有积极意义。令他高兴的是，新入学的赫兹对这项工作表现出了极大的兴趣。于是，在赫尔姆霍茨的支持下，赫兹参加了这项竞赛实验。

赫兹的工作地点，是位于国会大厦附近的物理研究所，该所是按照赫尔姆霍茨的计划兴建的，拥有良好的实验设备。在这里，赫兹初步感受到了科学研究的神圣和乐趣。为进行研究工作所必需的全部仪器设备都由他支配；研究所的领导亲自照顾他，向他提出建议；赫尔姆霍茨每天都到这里待几分钟，了解一下工作的进展，做一点简单的指导，但又从不把自己的思维方式强加于他。真是名师出高徒，赫兹顺利地完成了哲学系的竞赛任务，但实验并没有发现根据韦伯理论本应发现的那种形式的惯性质量，这种结果是当时占统治地位的电动力学相矛盾的。

赫兹的实验结果让赫尔姆霍茨感到高兴，尤其令他高兴的是，赫兹在研究中并没有局限于竞赛题目，而超越了竞赛的范围。赫尔姆霍茨认为，这些实验向赫兹显示了前所未闻的电的流动性，并帮助他找到了一条即将引导他通向重大发现的道路。以后的事实确实证明了这一点。

1879年夏季学期期末，在柏林大学的大礼堂内举行了一次隆重的授奖仪式。为了表彰赫兹在物理学竞赛中取得的成就，柏林大学校长、唯心主义哲学家爱德华·策勒尔教授将一枚金质奖章授予了他。这是赫兹得到的第一个科学奖赏，也是他成为世界著名物理学家迈出的成功的第一步。

不久，根据赫尔姆霍茨的倡议，柏林科学院以“用实验建立电磁力和绝缘体介质极化的关系”为题，展开竞赛。这次竞赛的目的是为了证明麦克斯韦的位移电流的存在。要完成这一命题，必须证明如下三个假设的成立，即：如果位移电流存在，必定会产生磁效应；变化的磁力必定会使绝缘体介质产生位移电流；在空气或真空中，上述两个假设同样成立。赫尔姆霍茨后来考虑到第三条证明太难，就把它删掉了，只要能证明前两项便算成功。赫尔姆霍茨仍寄希望赫兹能顺利获此奖项，但赫兹通过近似的计算确信，目前要解决这一问题困难太多，便没有接受这一攻关任务；况且赫兹当时手头上也有

一项重要的工作要做：准备博士论文。

1879 年后期，赫兹把主要精力用在了自己的博士论文《旋转球体中的感应》上。他用了三个月的时间做完了完验，并写出了总结实验结果的书面论文，然后呈送给了论文鉴定人赫尔姆霍茨和基尔霍夫二人。很快，论文获得了肯定。赫尔姆霍茨认为：“它表明，作者善于满怀信心地和机智灵活地进行艰难的数学物理研究。”他将论文评定为“优”。基尔霍夫对赫尔姆霍茨的评定表示赞同：“我同意给这篇论文以肯定的评价，并提请让这位博士候选人进行考试。”所谓考试，即进行答辩。

1880 年 2 月 5 日，柏林大学考试大厅里灯火通明，气氛严肃，亨利希·赫兹的博士考试就要在这里举行了。主考人席上除了赫尔姆霍茨和基尔霍夫外，还有哲学家策勒尔教授和数学家库莫尔教授等。

获得柏林大学的博士学位，对任何人来说都是一生中的大事，因此参加博士考试也就难免会紧张。当考试开始后，赫兹心中也是忐忑不安，生怕考试不及格。但很快他的紧张情绪便消失了。主考人都是爱惜人才的学者，他们也都了解赫兹的才华，因此都无意难为他。当赫兹表现出紧张和信心不足时，他们就急忙用一些简单的问题来鼓起他的勇气和信心。赫尔姆霍茨从基础课开始提问，问到通过实验观察所发现的事实。赫兹对他的提问作了清清楚楚的准确的回答。策勒尔教授询问了有关苏格拉底以前的及柏拉图、亚里士多德的哲学，赫兹侃侃而谈，使策勒尔教授深表满意——不过赫兹内心里倒有些不满意。他系统学习和研究过哲学问题，策勒尔的问题对他来说过于简单了，使他在哲学方面的许多知识都没能显示出来。基尔霍夫提了一些课程方面的问题，赫兹自然对答如流。库莫尔教授提出了力学及其应用方面的和曲面理论方面的一些问题，赫兹也给了他满意的回答。就这样，经过两个小时，考试圆满结束，主考人认为赫兹“几乎在这些课程的所有方面都是知识非常丰富的”，对这次考试总的评分是“良”——这在当时的柏林大学中是少有的好成绩。

赫兹对考试的评语也深感自豪，马上写信把这一喜讯告诉了父母：“本地大学只有屈指可数的博士获得了我这样的评语，特别是在赫尔姆霍茨和基尔霍夫的主考下，得到这样评语的人更是寥寥无几！”1880 年 3 月 15 日，赫兹获得了柏林大学的博士证书，这时，他刚刚 23 岁。

五、从柏林到基尔

赫尔姆霍茨以欣喜的心情注视着赫兹的成长与进步，并以科学家的良知尽力扶持与帮助他。在赫兹获得博士学位后不久，赫尔姆霍茨把他招到自己领导的物理研究所里，使他成了自己的助手。

在研究所的时光是非常愉快的，赫兹可以更多地接近他所尊敬与崇拜的导师，这不仅仅是一种荣誉——那时，赫尔姆霍茨被人们敬称为“帝国的科学首相”，青年科学家对他的崇拜就像当世对“铁血首相”俾斯麦的崇拜一样虔诚；更重要的是，赫兹得到了一个绝好的学习机会，他通过赫尔姆霍茨的指导，对法拉第—麦克斯韦的电磁学理论有了更深刻、更全面的领悟。赫尔姆霍茨也非常喜欢这位知识丰富、创造力旺盛的年轻弟子，经常邀请他到自己的豪华住宅中喝茶聊天。当然，这种聊天多是探讨一些学术问题，因此对赫兹来说是很有意义的事；但有意义却不等于是享受，有趣的是，这种有

意义的聊天有时甚至是对赫兹的“折磨”。赫尔姆霍茨是一个古板的人，即使平时的交谈也保持着科学家的严谨缜密，而绝少有艺术家的激情，讲起话来慢条斯理，从容不迫，再激动人心的话题，从他嘴里出来也会变得平淡和缓。赫兹曾在一封信中表示了对这位他平素所景仰的前辈的“不敬”：“假若谈话所涉及的不是在讨论时我确实想衡量其份量的内容，那么我可能真没有耐心听他讲完。”

赫兹在研究所的主要工作是指导实习生，除此之外他便挤出时间从事自己的研究。柏林大学是赫尔姆霍茨和基尔霍夫领导下的物理研究和教学的主要中心，研究所内有先进完备的设施，可以为他的实验提供优越的条件，这是别的地方的科学家很难享用的；还有柏林的学术气氛，也是推动科学发展的一种动力，柏林物理学会的定期聚会不但使他结识了很多科学家，及时了解科学研究的新动向，而且也激励着他的工作。赫兹没有虚掷大好时光，也没有辜负柏林优厚的科研条件和环境，他做了大量的实验和研究，涉及热力学、弹性理论、固体和蒸发等问题，并发表了一些实验结果，也在物理学会的聚会上作过几次报告。

从这时起，年轻的赫兹已经开始显示出成熟的科学家和实验大师所应具有的某些素质。他对实验结果有一种客观的和冷静的评价精神，从不满足于领会任何原理，总是准确地指出这一原理行之有效的范围。这种评价精神既与赫尔姆霍茨的指导与影响有关，更与赫兹本人谦虚的品格和渊博的知识有关；但不管成因如何，这种精神的意义和作用，在于它使赫兹终身受益，成为他科学研究的重要力量源泉。像所有实验大师一样，赫兹在创造发明实验仪器方面也具有非凡的聪明才智。赫兹在少年时期就在动手操作方面显示出了才能，在做赫尔姆霍茨的助手期间，他使这种才能有了进一步的发展。任何实验都要借助于仪器来完成，而从事探索创造性的实验，已有的仪器往往难于满足要求，需要制造更有利于完成实验的器具的时候，科学家们还不能像现在一样用电脑设计出符合自己要求的器材，然后经过精密机器加工生产出来，大量的工作者是手工操作，为了获得满意的器材，往往自己动手。当时，许多大物理学家和化学家都具有某些熟练工人的技艺，赫兹也是这方面的佼佼者，他像一个优秀的吹玻璃工人一样，可以制造出实验需要的很多器皿。他还创造了许多科学测量仪器仪表。今天看来，科学家的这种手工制造工作无疑是浪费了他们的许多宝贵时光，但在过去这种工作却是从事科学创造的基本功之一。赫兹设计和亲自制做的电功率计，就为他的辉光放电实验的成功起了一定的作用。

赫兹是在 1882 年夏天起开始研究稀薄气体中光的现象的，其实在这之前就已有许多科学家研究这一物理现象了。在用阴极射线管进行试验时，赫兹被那色彩奇特的现象深深吸引，同时他敏锐地感觉到，在这个当时还非常模糊不清的领域里进行的研究，将具有重要的理论意义，因此他以极大的毅力坚持实验研究，即使是机械单调的手工操作也不厌其烦。他在一封信中曾描述了自己艰苦劳动的情景：“无论从时间上，还是从性质上，我都像一个工人在工厂里那样地工作，我上千次地重复一个单调的动作，一个挨一个地钻孔，弄弯白铁皮，然后再花几小时把它们涂上油漆……”赫兹对阴极射线研究前景和意义的预见，被物理学家伦琴后来的科学实践所证明是正确的。伦琴的研究导致了 X 射线的发现，从而可以使人们揭开物质结构的神秘外衣，伦琴也因此获得了第一届诺贝尔物理学奖——不过这是后话，赫兹没能活到

那一天。赫兹对此的研究成果是在 1883 年 5 月发表了关于辉光放电的论文，并由此获得了任教的资格。

赫兹感觉到，在柏林的物理研究所工作，短时间内无法取得事业上的提高和研究上的突破，这时，基尔霍夫先生建议他到基尔大学任数学物理学讲师，这引起了他的兴趣。基尔大学对他表示了欢迎，并答应尽快授予他教授的职位；教育部对他的去向也表示了同意，并规定在从任讲师职务到被任命为副教授职务的这段时间里，发给他固定的薪金津贴。经过一番思考，赫兹终于下定决心，离开了柏林。

基尔是德国北部的一座海港城市，环境很美。基尔大学是这座城市的最高学府，但规模并不大，甚至可以说是很小，全校各系的大学生加在一起也只有几百人，因此对精力充沛的赫兹来说，这里并不是理想的工作场所。尤其让他沮丧的是，这里的学习气氛和学术气氛远远不能和柏林相比。他的课堂上往往只有六七个学生，这使他无法产生工作热情；更糟的是，在天气晴朗的时候或是炎热的夏季，听课的学生更少。

1883 年 7 月，赫兹刚到基尔不久，正赶上连续高温天气，结果有几次上课只有两个学生，有时甚至空无一人。面对一排排的课桌椅，年轻的赫兹只有寒心与哀叹。也许是自己的授课方式与内容有问题，以致影响了同学们的学习热情？为此他常常陷入深深的自责中。赫兹是一个责任心很强的人，他为自己的猜测而深感不安，因此在以后的课堂上尽量把枯燥的内容讲得生动有趣些，以期把流失的学生再吸引回课堂。但这种努力并未见效，只是在气温降低以后，听课的人数才有所增加，但也只有 4 个人。虽然如此，赫兹却可以摆脱自责了，他明白，听课人数的多少与他讲课的质量无关，他的辛勤劳动在课堂上是无法得到回应的。

既然讲课是一副“闲差”，他的大量的业余时间完全可以用在他钟爱的实验上；但基尔大学却不具备这样的条件。在这所大学里，甚至连简单的实验室也没有，这对在柏林习惯于在设施齐全的实验室工作的赫兹来说，实在是一件十分痛苦的事。总不能虚度大好时光吧，赫兹把住宅中的一间房子腾出来，用自制的仪器仪表装备起一个小小的私人实验室，这样，一些简单的实验便可进行了。然而对于赫兹来说，这简陋的实验室，只能是一个聊胜于无的权宜之计。

在这种情况下，赫兹只好把大量的时间用在读书和思考上。他广泛地阅读了一些社会科学方面的著作，如歌德和席勒的作品，以及哲学家大卫·黑格尔、施特劳斯批判宗教的著作等，但他主要的精力还是放在了对科学问题的思考和研究上。他在日记上简略记载了这些内容，由此我们可以了解到，从 1884 年起，他系统考虑了电动力学的实验及有关电磁辐射的问题，还有光的电磁理论，麦克斯韦的电动力学等等。如果用“塞翁失马”的观点辩证地看待赫兹在基尔大学的活动，可以肯定地说。这种无奈之下的学习与思考对他以后的辉煌成就产生了积极的影响。

但是这种“空对空”的学习与思考并不能让赫兹感到满足。正如后人评论的那样，赫兹是一个天赋的实验家，虽然他有明显的数学才能和浓厚的理论嗜好，但当他从事于数学物理学的理论研究的时候，他并不感到自己是幸运的。心爱的实验无法进行，教学工作有名无实，学校也没有给予他足够的重视，答应授予教授职务一再拖延——基尔大学对赫兹还有什么吸引力呢？所以，当拥有良好的实验设备的卡尔斯鲁厄高等工业学校聘任他为实验物理

学教授时，赫兹愉快地应允下来。

六、卡尔斯鲁厄的实验

赫兹确实是愉快地应聘，并于 1885 年 3 月愉快地迁居到了卡尔斯鲁厄市。到了学校，赫兹以急切的心情参观了研究所，这里的设备虽然不能和赫尔姆霍茨的物理研究所相比，但已足以让赫兹感到满意了。今后，这个研究所将供年轻的赫兹教授使用。

28 岁的儿子成为了物理学教授，使赫兹的母亲比儿子还要高兴。她自豪地把这一喜讯告诉一切亲朋故旧，人们都向她表示祝贺与羡慕之情，只有赫兹少年时的车工师傅除外。当这位师傅听说赫兹已成为物理学教授时，不无惋惜地感叹道：“哎，真可惜！他本来会成为一个非常出色的车工的！”

春风得意的赫兹在卡尔斯鲁厄学校的最初时光并没有感到万事遂顺。在基尔大学的清闲已永远不再有了，备课、讲课、考试及系里的各种职务妨碍了他从事自己的科研工作；另外，他还要处理研究所的一些日常杂事。他真怕自己会陷入事务堆里而一无所成，在给父母的信中他曾表露了这种担忧：我平时看不起那些成为教授后便毫无建树的人，“难道我也将成为在获得教授职位后即停止任何创造的那些人中的一员吗？”

赫兹决不是那种躺在荣誉簿上不思进取的人，他这种忧患意识正是他强烈进取心的表现。正是这种不甘平庸的进取心，使他走上了通往成功之路。

1886 年对赫兹来说是幸福的一年，这年夏天，他与一位同事的女儿结了婚，建立了一个美满的小家庭。好像上帝要在这位西方人身上验证“好事成双”的东方谚语似的，在不久后的一次实验中，赫兹在偶然中找到了他事业上的一个至关重要的突破点。

1886 年 10 月的一天，赫兹在准备一次放电实验，使用了一种名叫黎斯线管的振荡线圈，这种线圈具有初级和次级。赫兹偶然发现，如果给初级线圈输入一脉动电流，在次级线圈两端的狭缝中间便会产生电火花。他当即断定这种现象的起因是感应过程，是初级线圈中电流振荡感应的结果，应该把它当作电磁共振来解释。他还发现，如果调整初级线圈与次级线圈的相对位置，火花会有明显的变化，而且当次级线圈在某些位置上时就根本不会产生电火花。赫兹犹如醍醐灌顶，心头一亮：既然初级线圈中的振荡电流能激起次级线圈的电火花，那么它应当具有使介质产生位移电流的能力；根据麦克斯韦的理论，这种位移电流也应是迅变的或振荡的，它反过来又会影响次级线圈，使它产生的电火花发生明显的强弱变化。

赫兹敏锐地感觉到，解决柏林科学院竞赛题的时机到来了。7 年前，他认为借助于当时的设备和条件不可能解决这个问题，因而放弃了深入研究；现在，无心插柳柳成荫，他开始信心百倍地去攻克它了。

用文字把这个创造性的实验过程表述出来是很困难的，也是很枯燥的；但为了说明赫兹的伟大成就，舍此之外，又别无良策。我们只好尽量简单地回顾一下这一创举。

偶然的发现激起了赫兹作进一步研究的欲望，但现有的仪器无法满足需要，他只能自己亲自动手设计制造实验工具。他巧妙地设计了一种直线型开放振荡器来代替黎斯线圈中的初级线圈，具体做法是：将一根短而直的导线截为两段，截面处形成火花隙，两段导线的外端分别都焊上一个金属球和一

块金属板，以增加振子的电容。当时还无法对这种振子的频率做出精确的计算，但赫兹根据英国物理学家开耳芬的振荡周期公式对这种振子作了粗略的估算，发现该振荡器的频率极高，足以使次级线圈产生电火花和使附近的介质极化。直线振荡器使赫兹的实验很快有了结果。1886年12月2日，他惊喜地发现，在两个电振荡器之间成功地引起了共振，这一现象与传统的远距作用论是矛盾的。3天后，赫兹把自己的一份实验观察报告寄给了恩师赫尔姆霍茨，并说：“我已成功地、毫无差错地显示了直线电流的感应作用，我冒昧地希望用这种方法能够解决与这个现象有关的一两个问题。”

为了进行下一步实验，赫兹于1887年又在直线型振荡器的基础上设计了一台“感应平衡器”。感应平衡器除包括直线振荡器外，还有一个电磁谐振器，它起检验器的作用，相当于黎线管中的次级丝圈。电磁谐振器是一个有断口（火花隙）的导体圈，断口的两个端点上各安置了一个小圆珠，可以用螺丝调整它们之间的距离。实验时，给直线振荡器输入脉动电流，使之起振，同时调整谐振器的位置，直到它的火花隙不产生火花时为止。如果这时将一块金属靠近感应平衡器，谐振器会重新发射出电火花。这是由于金属块感应出变化的电流，从而产生了一个附加电磁场作用于谐振器的结果。也就是说，直线振荡器产生的电磁波激起金属块中的感生电流，这种感生电流又发射出一种附加电磁波，致使谐振器的“平衡”状态被破坏，因而产生出电火花。

接下来，赫兹便要用实验证明，感应平衡器中的直线振荡器的振荡不仅能使金属产生迅变的感生电流，也应当能使附近的介质块产生极速的交替极化，从而产生迅变的位移电流。如果麦克斯韦的理论预言正确的话，这种位移电流非但能够产生，而且必定要反过来影响感应平衡器的平衡。因为有了感应平衡器，赫兹的实验便很容易地得出结果了。他先后用沥青块、纸、干木、砂石、硫黄、石蜡以及盛着45升汽油的橡皮槽等绝缘体介质做实验，都产生了位移电流，并对感应平衡器的平衡状态造成了一定的破坏。

此时，已是1887年的10月了。长期实验的劳累被成功的喜悦一扫而光，赫兹清楚，自己已成功地解答了柏林科学院的竞赛题；不仅如此，实验的成功，将有助于确立真正科学的电磁学理论：即法拉第—麦克斯韦理论。赫兹怀着激动的心情，把他的实验成果写入《论绝缘体中电扰动产生的电磁效应》一文中，并于11月5日将此文寄给了赫尔姆霍茨，请他提交柏林科学院。

11月8日，赫兹收到了来自柏林的一张明信片：“手稿已收到。好！！星期四我将手稿交付排印。海尔曼·冯·赫尔姆霍茨。”

这年年底，赫兹在柏林科学院的院会上向人们宣布：他成功地解决了1879年设立的竞赛题，并证明了麦克斯韦位移电流预言的正确性。此外，他还发现，传播在磁源以外空间的电磁场，实际上就是麦克斯韦早就预言的电磁波。

七、电磁理论的确立

攻克了柏林科学院的竞赛题，赫兹自然十分高兴，因为这对于法拉第—麦克斯韦电理论的确立非常重要。但深刻领会麦克斯韦电磁场理论的赫兹同时也意识到，只是证明位移电流的存在对这一理论的确立来说远远不够，还必须证明空气中或真空中同样存在极化和位移电流，因为这才是麦克斯韦理论的宗旨和特殊意义之所在，是这一理论不可缺少的前提。前文已述，柏林

科学院 1879 年的竞赛题原本包括三个假设，其中第三个假设便是空气中或真空中同样存在着极化和位移电流，但由于赫尔姆霍茨认为这个假设证明起来太难，因而删掉了；即便如此，前两个假设也是在 7 年之后才被攻克。现在，赫兹决定向第三个假设发起“冲锋”，这种知难而进的精神，正是赫兹作为一个科学家取得成功的重要品质。

诚如马克思所说：在科学的道路上，从来没有平坦的大道可走，只有不畏艰险，沿着崎岖的山路奋勇攀登的人，才有希望到达光辉的顶点。赫兹选择这一难题作为攻关目标，自然不会企望能一蹴而就，他为遭受挫折和失败作好了精神准备；同时，他不是有勇无谋的赳赳武夫，凭着科学家的缜密思维，他审慎地思考着实验的最佳途径，以尽量少走弯路。

早在 1845 年，法拉第就提出了光、电同一的假设，麦克斯韦于 1862 年从理论上论证了光与电的同一性，并得出了“电磁波在真空中的速度等于光速”的划时代的理论，但验证这一理论的实验却一直没有取得突破性的进展。赫兹认为，柏林科学院竞赛题的第三个假设，即空气中或真空中存在极化和位移电流，是麦克斯韦电磁场理论不可缺少的前提，电磁波与光波的同一性是这一理论的必然结果，既然证明前提或原因（即第三个假设）从而推导出结果很困难，那何不先证明结果从而来推导出前提或原因呢？我们且用一个也许不太恰当的例子来说明赫兹的这一思路。好比麦克斯韦的理论讲的是下雨的过程，下雨是这一理论的结果，而其前提是空中有带雨的云层；要盲人证明空中有带雨的云层很困难，但如果证明现在正在下雨，那空中有带雨的云层这一难题不就迎刃而解了吗？因此，赫兹决定从证明电磁波与光波的同一性入手，确立麦克斯韦的电磁场理论，从而证明第三条假设。要证明电磁波就是光波，首先得确定电磁波的速度是否像麦克斯韦所预言的那样等于光速。

此时，人们已经得知光的速度每秒钟约为 30 万公里，但测量电磁波速的工作还没有正确的结果，甚至还没有找到正确的方法。随着有线电报在 19 世纪 30 年代的兴起，科学家们就开始考虑电流的速度问题。1834 年，惠斯通曾用旋转镜面法来测量电流的速度。他在一根几公里长的导线上每隔半公里截出一个火花隙，在导线的两端加上高压电源，结果各火花隙相继产生电火花；然后他用旋转镜测出相邻的两个火花隙产生火花的时间差，以此算出电流的速度是每秒 46 万多公里，比光速还要大。十几年后，菲索按照同样的原理，利用旋转齿轮的方法测得电流的速度为每秒钟 18 万公里，比光速又小得多。后来又有许多人作过这方面的努力，但从未得到过统一的结果，因此开耳芬断定，导线中的电流不可能有确定的速度。

但科学家们并未就此停止努力。法拉第在 1857 年至 1858 年间曾进行过一次测量电磁力在电磁场中传播速度的实验，实际上是测量电磁波的速度，只是那时还没有这个概念。他在一间很大的房子里平行放置了三个线圈，中间是施感线圈。两边的是感应线圈与一个电流计相连，连接方式要保证从两个线圈中流出来的感应电流以相反的方向流过电流计。法拉第认为，如果两个感应线圈尺寸相同，并与施感线圈的距离相等，那么它们产生的感生电流的大小就会相等，这两股大小相等、方向相反的感生电流在流过电流计时，就不会使其指针偏离；但如果两个感应线圈与施感线圈的距离不相等，那么电磁波到达两个感应线圈的时间就会有先后之分，电流计的指针就应当先偏向近的一边后偏向远的一边。他认为可以根据线圈的距离差和电流计偏转的

时间差算出电磁波的速度。法拉第的这一实验原理是正确的，但他显然对电磁波速度的数量级尚未有正确的概念，结果在实验时他并未看到期望的结果，不管怎么挪动线圈，电流计的指针始终未动，后来他又在一块较大的场地中进行这个实验，仍没取得成功。赫尔姆霍茨在这方面也有一次失败的尝试，他得到的电磁波的速度是每秒钟 60 多公里，比光速低得太多了。

前人失败的教训，可以让赫兹少走一些弯路，也可以给他一些启发。对赫兹的思路产生有益启迪的是前人的驻波理论与实验。美国物理学家亨利是最早认识到电流是一种波动形式的科学家，他在 1837 年就提出载流导线的表面存在着一种电流波，并预言，如果在一根导线的正中部输入电流，电流波将从导线的两个端面反射回来，在导线中形成驻波。1870 年，物理学家贝佐尔德根据亨利的预言做了一个电流驻波实验，并测出电流波长为 15 厘米。赫兹决定不去直接测量电磁波的速度，而是用驻波的方法先测出一个驻波波节的间距即半个波长，然后再根据开耳芬的振荡频率公式计算出电磁驻波的频率，由此算出电磁波速。

有了正确的思路，赫兹开始为实验准备器材，同时还要寻找适合的实验场所。研究所的房子太小，唯一合适的房间是一间大教室，为此，他只好利用几个小时的课间休息时间来实验。先和机械师一起把教室改装成实验室，然后进行几个小时的实验，实验结束后再把教室恢复原样。为了减少干扰，他们必须清除一切可以搬走的金属物品，包括煤气管和枝型灯架。他在教室的一面墙上钉上一块高 4 米宽 2 米的锌皮，用来反射电磁波，以形成驻波。为了测量和检查这条驻波，他使用了一个检验器，实际上相当于感应线圈，形状与感应平衡器中的谐振器大体相同。他用直线型振荡器作为波源，放在离锌皮 13 米远的地方；把检验器装在小车上，使它能随小车沿驻波方向前后移动。检验器在各种位置上对电磁驻波有不同的反应，处于波节处不会产生火花，然后由弱渐强，处于波腹处产生最强的火花。赫兹根据这个反应测量出了两个波节之间的长度为 4.8 米，此为半个波长。然后他根据麦克斯韦的电磁波速等于光速的假说，算出该电磁波振动周期为 1.55×10^{-8} 秒；他又根据开耳芬的振荡周期公式算出直线型振荡器的谐振周期为 1.4×10^{-8} 秒，这两个周期的差仅为 0.15×10^{-8} 秒，非常之微小。赫兹把这个误差归结于测量的精度，这样就把电磁波的速度和光波的速度统一了起来。

1888 年 1 月，赫兹将自己的这一实验成果写进了《论电动效应的传播速度》一文中，也将这篇文章寄给了赫尔姆霍茨。赫兹的实验具有划时代的意义，文章在柏林科学院会议记录中发表后，引起了科学界的高度关注。许多科学家都向他表示祝贺，这其中自然有他的恩师赫尔姆霍茨，还有伦琴。伦琴当时还没有发现 X 射线，但已经成为著名的实验物理学家，受到人们的尊敬。伦琴对赫兹的实验工作给予了高度评价，认为这些实验工作是最近几年物理学领域内最好的。

困难不能让赫兹止步，成功同样不会使他停止前进。赫兹清楚，证明电磁波速等于光速并不等于证明了电磁波就是光波，因为光波具有的反射、折射聚焦和偏振等性质还没有在电磁波身上得到印证；只有证明了电磁波具有光波的一切特性，才能肯定二者的同一性。为此，赫兹又开始了下一步的实验。

实验还是在改装后的教室进行，但最初的实验并不成功。也许是空间太小？但这已是他能利用的最大房间。为了得到预期的结果，赫兹陷入了沉思。

“既然山不能向穆罕默德走来，那么，穆罕默德就应该向山走去。”一句熟悉的阿拉伯谚语给了他灵感，“既然没有更大的房间，那么就on改变波长。”于是，一切都豁然开朗。他用一根直径为3厘米、长为26厘米的偶极振荡器发射电磁波，经过金属面反射形成了波长只有66厘米的短波；他用金属面成功地使电磁波作了45度的反射，用高2米、孔径1.2米的抛物面使电磁波聚焦，用固体树脂做成的绝缘棱镜使电磁波折射，用金属丝网使电磁波偏振，……总之，赫兹用实验证明，光波所具有的一切物理特性电磁波都有，从而完成了电磁波和光波的同一性的实验证明。

1889年，赫兹的科学专著《论电力射线》出版，这是他最重要的著作之一。在这部著作中，赫兹报道了他的实验，用事实向人们证明，光从其本质上说也是一种电磁波。从此以后，光学便可包括到电学领域中去了。这一发现无疑具有极大的价值，正如赫尔姆霍茨所说：“光——这种如此重要的和神秘的自然力，与另一种同样神秘的或许应用更为广泛的自然力——电，有着最近的亲缘关系，令人信服地证实这种现象无疑是一项重要成就。现在，人们开始懂得，那些曾设想是远距直接作用的力是如何通过一层中间介质作用于最近一层介质的途径而传播的，这一点对理论科学来说可能更重要。”赫兹实验的意义不仅证明了柏林科学院竞赛题的第三条假设，更重要的是证明了麦克斯韦的电磁理论是实际的反映，从而使这一理论得以确立，使传统的远距论电动力学理论被抛弃。赫兹在谈到他的实验的意义时曾说道：“在电学领域中，为科学所尊崇的，但为理智所不愿接受的远距直接作用力的统治，看来已被简单的和有说服力的实验永远地否定了。”

赫兹以其天才的、创造性的工作，把麦克斯韦开创的电的世纪带到了人间。

八、波恩的最后岁月

电磁波的发现与证明，引起了科学界的极大震动，也给赫兹带来了极大的荣誉。柏林科学院将他选为通讯院士，莫斯科科学协会聘请他为名誉会员，古老的利奥波尔迪纳自然科学院吸收他为成员；另外，维也纳科学院、法国科学院、伦敦皇家学会及都灵科学院等授予他奖章和奖金。同时，许多大学都向这位年轻的教授发出了邀请，其中最殷切的是柏林大学的赫尔姆霍茨。

作为导师，赫尔姆霍茨时刻关注着赫兹的每一个科研成果，他对赫兹卓有成效的工作深为高兴，并对他的每一个进步都给予及时的鼓励和支持，赫兹的科学著作，大都是先由他审定然后发表。现在，由于基尔霍夫的逝世，柏林大学正好空出一个职位，他希望赫兹能成为继任者，到基尔霍夫教研室去任职。为此，赫尔姆霍茨亲自向柏林大学提出由赫兹作基尔霍夫教研室的继任者，并认为他是所有候选人中最适当的。与此同时，赫尔姆霍茨又向教育部陈述意见，称颂赫兹是一位将深远的科学洞察力和实际技能结合在一起的极其少有的科学家，指出，赫兹以其实验解决了“电磁效应是否建立在远距作用的基础之上，或者电磁效应是否在充满空间的介质中通过变化的途径而传递以及为了传播电磁效应而类似光那样需要时间”，这是科学上特别重要的成就。教育部建议赫兹在柏林大学和波恩大学进行选择，赫兹为有更多的时间从事研究工作选择了波恩大学，赫尔姆霍茨对他的意愿表示了支持。他在给赫兹的信中说：“您不想到柏林来，这使我个人感到伤心；但就像我

以前对您说过的那样，我想，您从自身的利益考虑最终选择波恩的决定当然是正确的。谁给自己提出科学课题，并致力于解决它们，谁就应当留在远离大城市的地方。”在回答波恩大学的询问时，赫尔姆霍茨极力称赞赫兹“既能掌握最抽象的数学理论，又能以极灵活机敏的方法解决从这些理论中产生的实验性问题”，是“青年物理学家中最有能力和最富独创思想的佼佼者”。由此我们不难看出，赫兹的成功，最主要的原因自然是他天赋的才能和勤奋工作的结果，但与外部的环境，尤其是与赫尔姆霍茨的支持也是分不开的。

1889年春天，赫兹离开了卡尔斯鲁厄高等工业学校，作为正式教授来到了波恩大学，成为物理学家克劳修斯的继任者。

当时，波恩还是一座小城市，并没有今天国际大都市的规模，波恩大学的规模也较小，但这里的条件不错。克劳修斯曾经拥有的一座带花园的住宅，现在归赫兹一家使用。房间宽敞明亮，花园里鲜花飘香，赫兹对此深感满意。然而研究所的情况却不尽如人意，房间狭小，现有的仪器大部分都没有装配起来，因为克劳修斯在其教学生涯的最后几年中为了爱惜仪器而不准使用它们——这种因噎废食的逻辑，给赫兹最初的工作造成了一定的困难，但他并没有止步。从1890年起，除了教学工作和继续实验研究外，他又重新开始了理论问题的研究。

赫兹在波恩大学主要的实验研究是有关阴极射线穿透薄金属片的问题；十年前，他曾在柏林大学进行过阴极射线的研究工作。他把阴极射线从真空中通过薄铝片释放出来，并借助于光屏蔽层和感光板在仪表之外更清楚地观察研究这一现象。在这一研究中，赫兹得到了一个重要发现：原子不可能是不能渗透的小球，但原子的质量应集中在原子所占据的空间微小粒子之中。他的这一发现，为英国物理学家卢瑟福的原子模型奠定了基础。在这些研究中，赫兹的助手列纳德曾积极参与。在赫兹逝世后，列纳德继续进行实验，并以其出色的研究成果获得了1905年的诺贝尔物理学奖。

在波恩期间，赫兹还发表了许多科学著作，显示了他作为理论科学家的天赋和才能。

《静止物体的电动力学基本方程》是赫兹对电磁理论深入研究的成果，它使麦克斯韦的学说在结构上臻于完善。在论述运动物体的电动力学基本方程时，赫兹在理论上超越了麦克斯韦。在论述麦克斯韦理论的实质时，他提出了一个著名的论点，即“麦克斯韦理论就是麦克斯韦方程系”。另外，他还创立了振荡器理论，试图解释运动共轭系统的电磁现象，这个理论是建立在麦克斯韦电磁场方程式的基础上的。统观赫兹在电磁场理论上的贡献，我们可以看出，他不只是证明了麦克斯韦学说的正确性，更重要的是重新论证了这一理论，并且从模糊的、难以理解的麦克斯韦理论雏形中剔去了一切次要成分，使其简单明了和易于计算，并使其具有了完整的数学形式。

赫兹在波恩大学的另一个理论研究重点是力学问题。

综观赫兹一生的科学历程，他是严格地坚持将力学作为物理科学的基础，如他在一篇文章中所说：“所有物理学家都同意这样的观点，即物理学的任务在于把自然现象归结为简单的力学定律。”但与牛顿的古典力学不同，赫兹是被称为“无力力学”运动学流派的拥护者，这一流派认为，一切物理现象都是运动着重物在接触时的相互作用，而不是用力的概念作为解释的依据。赫兹对力学的研究成果，主要体现在他的学术著作《无力的力学》及《力学原理》等书中。

赫兹是一位富有批评精神的科学家，反对把已有的科学见解看成是不可动摇的金科玉律。这种精神是他科学创造活动的力量源泉之一。他有一句名言：“来源于实验者，亦可用实验去之。”在对力学的研究过程中，他就是本着这种精神，力图从自然科学中消除一切不合理的问题和臆想的证明。他认为，“力”的概念是蒙昧时代观念的遗迹，“力的实质”是含糊不清的。赫兹指出：“在很多情况下，我们的力学用以解释物理问题的力，在现实以外，在事情涉及到叙述实际事实的任何地方，都是徒有其名地起作用。”他深信，物理是借助于自己特殊的手段反映事物和事物之间的相互关系的，反映的正确性取决于“事物的力”，而不受“我们支配”。而传统力学的“力”是“数学的、辅助的结构，这种结构的性能完全受我们支配，因此，它就不可能隐藏着什么神秘的东西。”他提出把物理的力看作是各种紧密联系的质量的作用，这种质量有可见的，还有隐藏的——这种隐藏的质量正是传统力学所无能为力，而又“在现实之外，在事情涉及到叙述实际事实的任何地方”存在着的“神秘的东西”。因此，赫兹提出，在自然力学新程序中不用力的概念来建立力学纲领，主张用简单、合理、经济的观念来反映自然现象，并认为在描述自然过程时，时间、空间和质量的概念足以表达被观察的对象。

赫兹的力学理论并不完善，但无疑是新颖大胆的。也许这一理论的价值并不仅在其本身，而在于它对古典力学所面临危机的敏锐洞察力和预见性。到了20世纪，尤其是普朗克和爱因斯坦的重要发现，才指出了牛顿古典力学定律的局限性，但赫兹的工作已经为量子论和相对论的创建做出了一定的贡献。但赫兹并未在他同时代的物理学家中找到知音，无力力学流派也没有能在物理学领域内得到发展。人们一方面赞扬赫兹的成就，一方面审慎的评价他的力学理论。赫尔姆霍茨在后来为《力学原理》作的序言中指出：“试图根据赫兹发表的基本原理来对物理学个别部门加以阐明会遇到巨大的困难，但就整体而言，赫兹论力学基本定律一书应在很大程度上引起每个读者的兴趣，以完善和巧妙的数学形式阐述的合乎逻辑的动力学体系，可使每个读者感到喜悦。很可能，将来这本书作为教科书会具有更高的启发价值，启发人们去发现新的普遍性的自然力。”普朗克和其他许多科学家也称赫兹的理论是“未来的物理学”或“遥远未来的纲领。”

进入19世纪90年代后，赫兹常常被病痛折磨着。他得了一种被称为脓肿的牙疾，一度心情郁闷。这种病在今天不算什么，但当时却没有好办法，只得一次次地作手术以缓解病情，以便使他能够进行自己的教学和科研工作。

1892年，赫兹出版了题为《关于电力传播的研究》的实验文集。这是一本回顾过去的实验的书，赫兹在书中详细地叙述了他取得重大科技成果的一系列实验的过程，其中甚至包括他在实验中所经历的挫折、失败和曾经犯过的错误。赫兹这种坦荡无私的胸怀在他的同行中是少有的。无论是先于他的或晚于他的许多科学家都常常对自己的实验结果大肆宣扬，而对实验过程讳莫如深、秘不外传。如著名科学家高斯，他在数学、天文学及物理学方面都取得了卓越的成就，有许多重大发现，但就像狡猾的狐狸用尾巴消灭沙上的足迹一样，他故意把取得成就的方法弄得扑朔迷离，让人难辨真假。还有伦琴，也对他发现X射线的经过闭口不谈。普朗克也从没有介绍过他发现量子公式的方法。从这一点来说，赫兹的品质显得尤其难能可贵。赫尔姆霍茨总能及时地发现学生的优点并给予赞扬。他称赫兹的这部书是“为数不多的内

在心理科学史”，并说：“我们应当满怀对作者的深深的感激之情，感谢他使我们能如此深入地看一看思维的实验室，甚至看一看他那些错误的经历。”赫兹这部书的出版，也使他的实验成果更加深入人心，任何怀疑论者都可“按图索骥”，亲自动手加以证实，因为这些实验本来就不是靠复杂的设备取得成功的。

勤奋的工作有时使赫兹忘掉了病痛，但病痛却一刻也未消失。一开始，他还勉强支撑病体去为学生上课，但到 1893 年 10 月，他已无力与病魔抗争，只得放弃了教学工作。他的牙疾已经引发了血液中毒。

敏锐的赫兹已感到自己来日不多，他在 12 月 4 日给父母写了一封达观的信，传达了自己不祥的预感。信中写道：“假若我将真发生什么事情的话，你们不要悲伤。你们应当感到几分自豪并想到，生命属于我虽然那么短促，但我仍算有充分成就的优秀人物。我不想遭遇、也没有选择这样的命运，但是，既然这种命运降临到了我头上，我也应感到满意。”

身卧病榻，赫兹也没有停止工作。他强忍巨痛对《力学原理》的书稿进行文字加工，直到生命的最后一天。这本书是由他的助手列纳德在他去世后帮助出版的，赫尔姆霍茨称这本书是赫兹“在地球上活动的最后一座纪念碑”。

1894 年 1 月 1 日，亨利希·鲁道夫·赫兹与世长辞，享年不足 37 岁。

九、深远的影响

赫兹的英年早逝，引起了德国科学界和世人的巨大震惊和悲哀，人们以各种方式纪念这位年轻的科学巨子。在纪念赫兹的一次会议上，比赫兹小一岁的物理学家普朗克称他“是我们科学的领袖之一，是我们民族的骄傲和希望。”年迈的赫尔姆霍茨对爱徒的逝世极为悲痛，他满怀敬佩之情向人们描述了赫兹的优秀品德，并认为赫兹本人渴望的只是真理，并以严肃认真的态度和全力以赴的精神追求真理。他胸怀坦荡，谦虚好学，在他的心目中永远没有虚荣心或个人利益。赫尔姆霍茨认为：“亨利希·赫兹以他的发现保证了自己在科学中享有永恒的声誉。”赫尔姆霍茨的纪念演说，成了他与赫兹师生情谊的总结，几个月后，他也离开了人世。

诚如赫尔姆霍茨所说，赫兹因过早地去世而不能再做更多的工作，但他在短暂的一生中已经创造了使他足以不朽的辉煌成就。今天，当我们检视高度发展的现代物质文明给我们带来的极大便利时，往往会发现赫兹的“身影”。让我们由远及近地寻找一下身边的赫兹吧。

射电天文学是本世纪科学发展的产物，人们通过巨型射电望远镜可以观测到远在数十亿光年以外的宇宙世界，从而揭开了天文学研究的新世纪。但射电天文学却是在借鉴赫兹电磁波光学实验方法的基础上发展起来的，那些巨型的射电望远镜其实是根据赫兹在卡尔斯鲁厄使用的抛物镜的原理建造的。

在我们身边的事物中，赫兹的影响更是随处可见。

无线电报、无线电广播、电视、雷达等这些现代科学技术成就，是与赫兹的实验结果和理论分不开的；就是最近出现的大哥大、BP 机，又何尝不是受益于赫兹的科学实践呢？

充分享受着现代物质文明的我们，也许没有探究是什么人为我们创造或

设计了这一切；但人类文明的发展总是薪尽火传、前后相继的，作为后人，我们有必要把那些为人类进步作出重大贡献的伟人铭记心间。赫兹自然是属于这些伟人行列之中的。其实，科学界牢牢地铭记着亨利希·赫兹的贡献，并以“科学的方式”纪念着他。1896年，俄国无线电发明家波波夫在他的第一次无线电发报中拍发了“亨利希·赫兹”这一名字，把这位电波验证者的名字变成了电波。现在，“赫兹”作为频率单位存在于物理学之中，简称为“赫”。周期性过程每秒振动一次为1赫，每秒振动1000次为千赫。这一单位在你家中的收录机或音响上都有标注，你可以毫不费力地找到，其外文简写为 Hz 。

