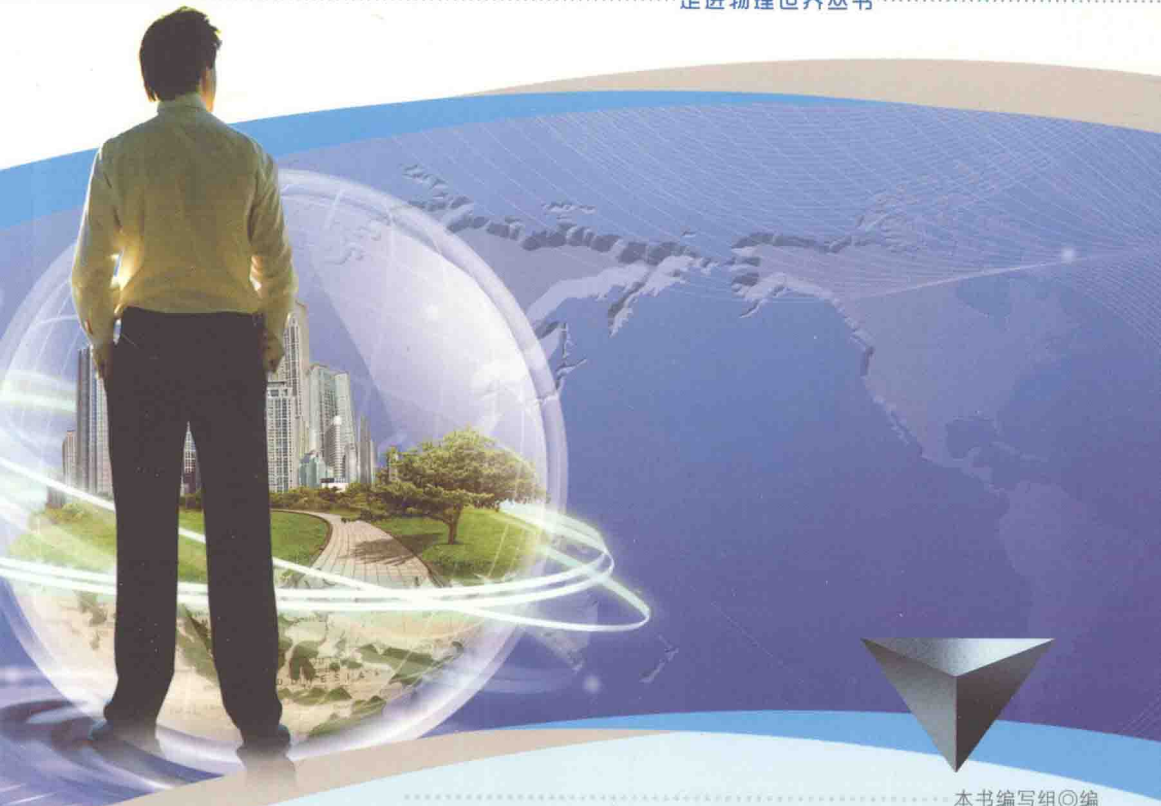


PHYSICS



走进物理世界丛书



本书编写组◎编

ZOUJIN WULI SHIJIE CONGSHU

# 看不见的电波

KANBUJIAN DE DIANBO



这是一本以物理知识为题材的科普读物，内容新颖独特、描述精彩，以图文并茂的形式展现给读者，以激发他们学习物理的兴趣和愿望。

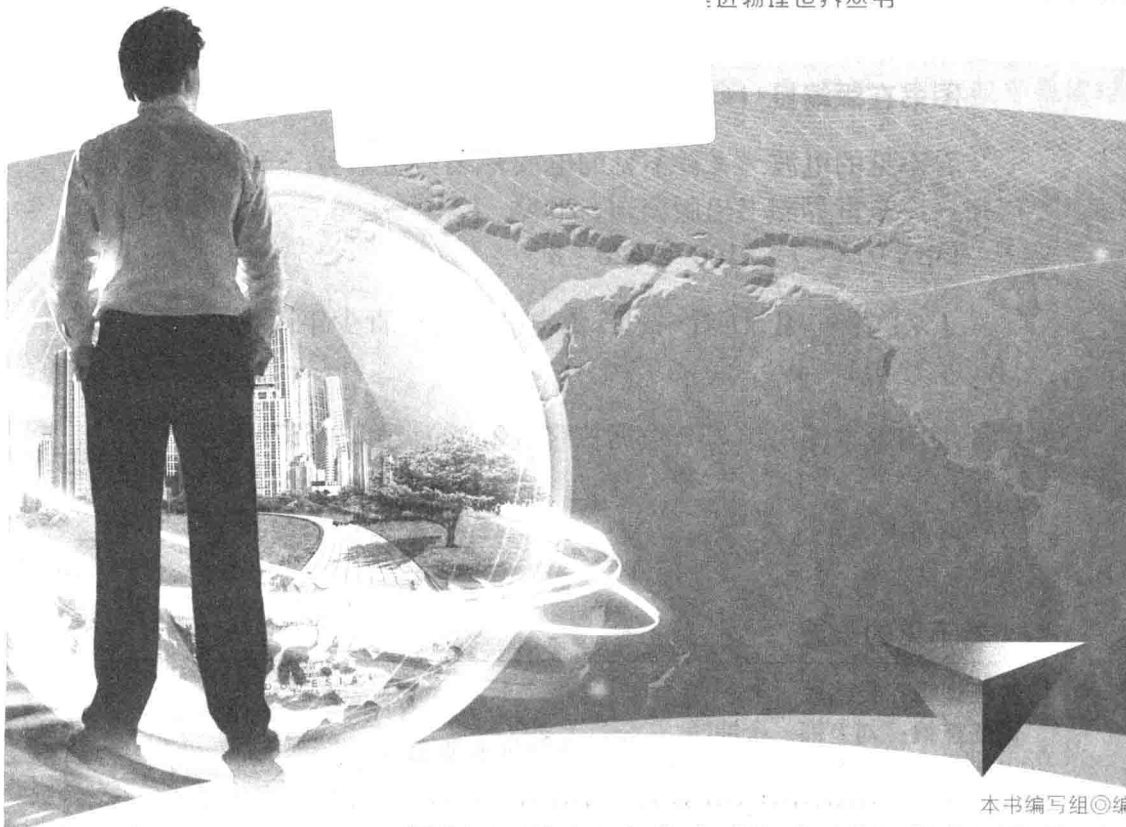


中国出版集团  
世界图书出版公司

PHYSICS



走进物理世界丛书



本书编写组◎编

ZOUJIN WULI SHIJIE CONGSHU

# 看不见的电波

KANBUJIAN DE DIANBO



这是一本以物理知识为题材的科普读物，内容新颖独特，  
描述精彩，以图文并茂的形式展现给读者，以激发他们学  
习物理的兴趣和愿望。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

看不见的电波 / 《看不见的电波》编写组编著. —  
广州: 广东世界图书出版公司, 2009. 12

ISBN 978 - 7 - 5100 - 1628 - 8

I. ①看… II. ①看… III. ①电波传播 - 青少年读物  
IV. ①TN011 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 237637 号

## 看不见的电波

---

责任编辑: 吴怡颖

责任技编: 刘上锦 余坤泽

出版发行: 广东世界图书出版公司

(广州市新港西路大江冲 25 号 邮编: 510300)

电 话: (020) 84451969 84453623

http: //www. gdst. com. cn

E - mail: pub@ gdst. com. cn, edksy@ sina. com

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京燕旭开拓印务有限公司

(北京市昌平马池口镇 邮编: 102200)

版 次: 2010 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 13

书 号: ISBN 978 - 7 - 5100 - 1628 - 8/O · 0019

定 价: 25.80 元

---

若因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系退换。



# 前 言

不知不觉,我们已经步入了一个全新的高科技时代。多功能电话、手机、电脑等高科技的电子产品,跳动着时代的脉搏,这些不仅是现代科技的产物,更是一个时代发展和社会进步历程的生动见证。可以说它们的出现,不仅使我们的生产、生活变得更加的便利,也使得医学、军事科技有着突飞猛进的发展!

可是,青少年朋友们对于这些高科技的电子产品内心一定充满了许多的疑惑,为什么两个相聚千里之遥的人就能通过电话、手机或者电脑就能完成通话呢?现在医学的X光透视机怎么就能透过我们的身体呢?它们到底和什么有着密切的关系呢?

其实,这些都和一种我们看不见、摸不着的“神奇力量”有关——电波!

这就更奇怪了,既然是看不见、摸不着,它到底是怎样的?它怎么会就有这么大的力量呢?那就让我们一起踏上追寻电波足迹的旅程吧!

首先第一章,我们会走进“隐秘的电波世界”来认识一下无线电波的概念,到底是谁发现了电波?波的类别和波的特征都是什么样?什么是波长、频率和周期有什么关系,什么是射电?在这一章中我们就能大概了解到相关的基本知识。

在第二章中,从莫尔斯发明电报的历程,到贝尔发明电话、法拉第的“电生磁和磁生电”的理论形成,再到“无线电之父”马可尼发现无线电、伦琴发现X射线、李赫曼为电的世界作出的伟大贡献,我们了解到了电波探索的历程,



也从历史的角度认识了电波。还有一些有趣的小实验,让我们更深刻地了解电波形成的原因。

既然了解了电波的形成,那么电波都是由哪些组成的呢?在第三章我们就为大家介绍一下电波的“家族成员”。从无线电波到微波、红外线、可见光、紫外线,再讲到紫外线、X射线和伽马射线以及宇宙射线。

在第四章中我们会了解到自然中的电波,地球本身的自然电磁波、海洋深处的电波以及惊人的雷电和神秘的地球电离层。

第五章讲的是生活中的电波。生活中的电波是无处不在的,我们用无线电通信传话、传真,收听无线电广播,家庭中我们利用无线电去收看电视、利用微波炉做饭等等都存在着电波。

我们身体里面有电波吗?有!那就是脑电波!我们第六章就介绍脑电波。脑电波是怎么回事?神奇的“场”——意识现象更是让我们神秘莫测,潜意识到底和什么有关系?在脑电波时代的到来,我们也揭开脑电波的秘密!

在第七章中了解到电波运用到现代的科技,更是起到无可替代的作用。电子计算机、红外线眼镜、人造通信卫星等等都是最有力的证明。军事和医疗中更是少不了电波的帮助。二战英德间电波之争开创“导航战”先河,GPS在军事上大显身手,X光透视机和高频电波刀在医学上大放光彩。

最后,让我们来讲讲关于电波的危害以及预防了。电波是个“双刃剑”,在给我们带来便利的同时也会带来危害。电磁波污染存在于我们的生活、生产中,对于人体的影响以及危害也不可小觑。该如何防护电磁波辐射?怎样预防手机和电脑的辐射?在这一章中我们都会为大家详细讲解。

感谢青少年朋友们能够与电波结缘,希望你们为本书提出宝贵的意见与鼓励,也希望这本书能够为大家带来无穷的乐趣!



# 目录

## Contents

隐秘的电波世界		无线电之父——马可尼	39
生活在电波的海洋里	1	伦琴的奇遇	43
浅谈波的概念	3	柏克勒尔的贡献	45
物理大发现：赫兹发现电		捕捉闪电	48
磁波	4	总结——从赫兹振子到无	
波的类别是什么	10	线电	50
什么决定了波的速度	11	奇异的“秋千”	53
频率和周期有什么关系	12	电传视觉的尝试	55
揭开电波的神秘面纱	13	寻根究底	58
天波和地波的旅行	16	光线怎样产生电流	59
短距离的空间波和散射波	17	电波的家族成员	
什么是电波的“身长”	18	趣谈无线电波	62
奇妙的合作	21	无线电波的家族成员	63
什么是射电	22	微波的接力赛	66
电波星系的那些事	23	解密红外线	68
电波的实验与发现		显而易见的可见光	71
玉工们的发现	25	与我们息息相关的紫外线	73
莫尔斯：弃画从文的发明家	28	神奇的 X 射线	83
在“萨利”号邮轮上	28	与 $\gamma$ 射线的接触	85
“我听到了”——贝尔发明电话		“宇宙炸弹”——宇宙射线	87
的故事	30	自然中的电波	
电生磁和磁生电	34	地球——自然电磁波	90
谁预言了电磁波的存在	36	探索海洋深处	91



惊人的雷电 .....	93	电波天文学与射电天文学 .....	142
地球电离层的种种 .....	95	天文学家收到神秘无线电波 .....	152
<b>生活中的电波</b>		“嫦娥奔月”与电磁波技术 .....	152
用电波传话 .....	97	电磁波与空间望远镜 .....	153
声音被截住了 .....	98	二战英德间电波之争开创	
声音的嫁妆——无线电通信 .....	99	“导航战”先河 .....	155
传真的奥秘 .....	100	GPS 在军事上大显身手 .....	162
无线电发射机 .....	101	现代战争与电波 .....	167
文化生活的“信使”——无线		现代战争中的电磁环境 .....	169
电广播 .....	102	未来战争的激光武器 .....	174
电视机是怎么成像的 .....	107	什么是电波计时 .....	176
家庭的好帮手——微波炉 .....	108	校对时间的表——电波表 .....	177
<b>人体中的神秘电波</b>		X 光透视机在医学上的丰功	
“微小的发电站” .....	112	伟绩 .....	178
话说脑电图 .....	113	医疗史上的高峰——高频电	
特殊的“场”——意识现象 .....	115	波刀 .....	179
奇特的意识“功能态” .....	117	<b>“幽灵电波”的危害与预防</b>	
“灵魂”——脑电波的寄体 .....	120	电磁波污染来源是什么 .....	181
人体疾病与脑电波有什么		无形的杀手——电磁波辐射 .....	182
关系 .....	121	电磁波对人体的影响及伤害 .....	183
“潜意识”的神秘之所在 .....	123	什么是电磁波过敏症 .....	185
脑电波时代的宣言 .....	127	电磁辐射对儿童的影响 .....	186
<b>电波与现代科技</b>		值得重视的电磁污染 .....	187
和电子计算机对口 .....	129	如何防控电磁波辐射 .....	192
奇妙的红外线眼镜 .....	132	谨防家中的“黑色幽灵” .....	194
高空中继站——人造通信		让手机离身体远一点 .....	197
卫星 .....	134	揭开电脑“辐射”的 X 档案 .....	199
最前卫的电子雷达科技 .....	140	怎样预防电脑辐射 .....	200



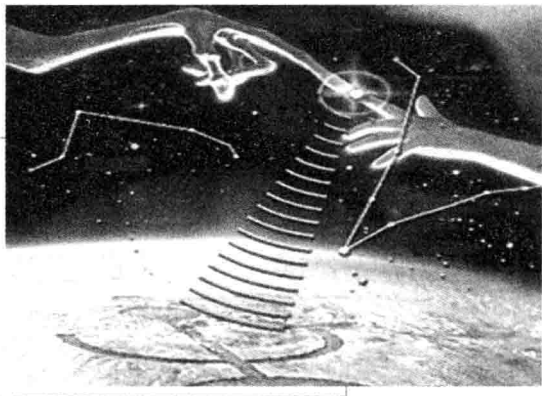
# 隐秘的电波世界

## 生活在电波的海洋里

1

正好像人们生活在空气之中，眼睛却看不到空气一样，电波围绕在我们的四周，我们也并不觉察电波的存在。

不是吗？不论你走到哪里，一拧开半导体收音机，准能听到广播。可是，这些优美的乐曲和动听的声音是怎样传递过来的呢？为什么不用收音机就听不到它们，一开收音机就立刻播放出声音来了呢？要说是无线电波替你带来了电台里的乐曲和歌声吧，那么，为什么你的身体却并不感到电波的穿刺？



电波形象图

再譬如说，舞台上精湛的表演，运动场上紧张的比赛，甚至课堂里的教学活动，只要一拧开电视接收机，你都能在荧光屏前看得清清楚楚。这





些图像是怎样传递过来的？为什么它们不怕门、窗、四壁的阻拦，而且还能同时出现在许多不同的地方？

让我们再来看一看港口和机场吧。在那里，万吨轮昼夜不停地进进出出，矫健的银燕时时刻刻起飞和降落。不论是大雾弥漫，还是黑夜沉沉，海上、地面、天空，始终是一个协调的整体。这就不免使人发问：陆地上的值勤人员，为什么能知道船舶和飞机的所在？船舶和飞机靠什么把准自己的航向？要说是无线电在紧紧跟踪和引导嘛，那么，它又是怎样出色地完成“侦察兵”和“向导员”的任务的？

随着科学技术的发展，今天，人类的活动范围，已经不再满足于地表、海洋和天空，而深入到了漫无边际的星际空间。不久前，人们用强大的火箭，把两只探测器送到了8000万千米外的火星上，去探测火星的奥秘。几年前，两只轨道飞行器被送到金星云层的上空，去调查金星大气层的情况；还放出了“汽车”穿过金星的大气，在那里拍照、取样，进行科学考察，最后降落到了金星的表面上。最近，一艘宇宙飞船经历了30亿千米的路程，连续飞行六年半，第一次完成了人类对土星的探测。可是你知道吗？这么远距离的操纵是怎样实现的？为什么无线电能帮助我们感知几百、几千以至几亿千米外的事物？

一系列的问题，数不清的疑团，都要求我们去回答、去揭开。

在今天，无线电和我们的关系实在太密切了，无论是日常生活或者生产领域，哪儿能不用到无线电呢？

现在人们已经知道，一切生命现象都是跟电现象分不开的。凡是有生命的细胞，都会产生很微弱的电流。大脑指挥四肢、器官的命令，也是通过神经系统以电的形式下达的。生物电在人体内部的流动，会发射出微弱的无线电波。人们在仔细地比较了人体的各个部位发出的电波的强弱以后，发现呼吸时胸肌的“广播”是断断续续的最强烈的电波，不是发生在别的地方，而是在尖尖细细的小指上。

不仅是人，就是植物也会产生这种奇妙的电波。蚕豆根部附近的电波，已经被精确地收集到了，即或像含羞草、向日葵这类并不罕见的东西，也



都有类似的现象。甚至，浸在培养液里的一根小豆苗，竟也在永不停歇地发射着电信号哩！看来等完全搞清楚了生命与电的关系之后，我们不但可能找到最有效的防治疾病的方法，而且还可能进一步听懂植物生长、发育、再生、愈伤的“语言”，要稻子生产出更多的谷粒，使棉株结出更多的棉铃来。

当然，生物体发出来的电信号，只不过是广阔的电波世界里的一角。在自然界里，各式各样的电波来源实在太多了。像天空中的太阳和星星，它们一刻不停地向地面发射着电波，埋在地底里的许多矿藏，也长年累月地用无线电在向我们呼喊，甚至在波涛汹涌的大海里，也不时地在向我们传来无线电的信号！

更不用说一拧开收音机，就能听到声音，一打开电视机，就能看到图像，就是在跨越田野的高压电线附近，在呼呼旋转的大型电动机旁边，也都能找到电波的踪影。我们就这样地生活在电波的海洋里。

## 浅谈波的概念

在丰富多彩的自然界中，除了电波以外，还有水波、光波、声波、地震波……这些波有的看不到，有的听不见，有的摸不着，但是有许多共同的特点。因此，我们在认识电波之前，首先来了解波。

波是一种很平常的物理现象。有些波是可以看见的，我们都看见过。在随便哪一个湖泊水塘里，你都可以看到波的现象：一阵风吹过水面，水面上立刻会掀起一层一层波浪，顺着风向前进。仔细研究起来，这种常见的水波，包含着非常丰富的学问。

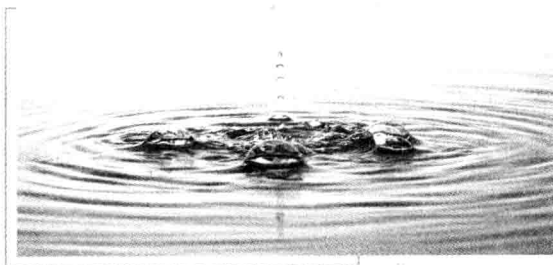
从很古的时候起，人类就注意观察水波了。15世纪，意大利的著名画家、雕刻家、建筑师达·芬奇，在观察了水波以后，作过这样的描写：“波动的传播要比水快得多，因为常常有这样的情况：波已经离开它产生的地方，水却没有动。这很像风在田野里掀起的麦浪。我们看到，麦浪滚滚地



在田野里奔逐，但是麦子仍旧留在原来的地方。”

水波滚滚向前，水却原地不动，这个结论似乎太奇怪了，但是这是正确的。你要是不相信，可以做一个简单的实验：把一个软木塞扔到水塘里，等水面平静了，再扔一块小石子。你会看到水面上掀起一圈套一圈的波纹，一凸一凹，向外扩散，越传越远。可是，水面上的软木塞仍旧在原来的地方，随着水波上下起伏，并没有跟着水波漂到远处去。这就是说，传播开去的是波，不是水。水里起波，而波又不是水，那么，波究竟是什么？

用物理学的术语来说：  
波是物质运动的一种形式，是振动和能量的传播。小石子落在水里，水面上掀起了水波，软木塞为什么会随着水上下振动呢？这是因为，小石子落下的能量，由水波传到了软木塞上。软木塞为什么只是在原地振动，而不向水波运动的方向移动呢？



水 波

这是因为小石子的能量是由水的微粒一个挨一个地传递的，微粒本身只作振动。这种传递能量的方式就叫波动，简称波。

## 物理大发现：赫兹发现电磁波

1893年12月7日，波恩大学教授，著名的德国物理学家赫兹抱病坚持上完一生中的最后一堂课。第二年的元旦这天，便英年早逝了，年仅37岁！

赫兹的一生虽然短暂，但他发现电磁波的杰出贡献，却一直为后世传诵。

1887年，赫兹首先发现并验证了电磁波的存在。当时，年仅29岁。赫



兹的重大发现，不但为无线电通信创造了条件，并且从电磁波的传播规律，确定电磁波和光波一样，具有反射、折射和偏振等性质，验证了麦克斯韦关于光是一种电磁波的理论推测。19世纪60年代，麦克斯韦提出电磁场的理论，并从理论上推测到电磁波的存在，可惜他也是英年早逝，只活了48岁，未能用实验来证明自己推测的正确性。当时，没有人能理解麦克斯韦的学说，因此，他的功绩生前并未得到重视，直到他死后近10年，赫兹发现并证明了电磁波存在后，人们才意识到麦克斯韦理论的重要性。



赫兹

如果把电磁理论的建立比做一座宏伟的大厦，那么，为这座大厦奠定了坚实地基的是法拉第；在坚实的地基上建成这座大厦的是麦克斯韦；为这座雄伟的大厦进行内部装修，使它能够最后被人们广泛使用的是赫兹。人们为了纪念这位年轻的科学家为人类做出的不朽功勋，用他的名字来命名物理学和数学的一些概念，如“赫兹波”、“赫兹矢量”、“赫兹函数”等，并采用“赫兹”作为频率的单位。

1857年2月22日，亨利希·赫兹生于德国汉堡一个富裕的市民家庭里。他的父亲是个律师，后来当选为参议员。赫兹小时候先在私立学校读书，后来才转进市立学校学习。1875年毕业于约翰奈斯中学。赫兹在少年时代就显示了自己非凡的聪明才智，以及出众的实验才能。由于他超群的天资和刻苦钻研，在校时各门功课均名列前茅，不仅数学、自然科学、英语、法语等必修课，就连阿拉伯语等选修课成绩也很突出，以致他的老师建议他去学东方学。老师给他的毕业评语是：“这位中学毕业生具有敏锐的



逻辑，可靠的记忆和叙述问题的灵巧。缺点是讲话有些单调。”

赫兹少年时期就非常喜爱动手做实验，开始进行一些简单的自然科学实验，特别喜欢做力学和光学实验。为了提高自己的动手能力，他便利用课余时间去向一位细木工学习手艺，还去向车工师傅学习车工技术，练就了一双灵巧的手。星期天，赫兹从来不休息，他在学校里学习制图。有趣的是，后来当他的车工师傅得知赫兹当了物理学教授的消息时，曾带着惋惜的口吻赞叹道：“唉！真可惜！赫兹本该是一个多么出色的车工啊！”

6 中学毕业后，赫兹认为自己将来适合当一名建筑工程师。于是，1876年春，赫兹考入了德累斯顿高等技术学校，学习工程学。这年秋天，赫兹应征入伍，在柏林铁道兵团服兵役一年。第二年秋天服役结束后，赫兹进入慕尼黑大学，继续学习工程学。在这里，他有机会聆听了著名物理学家菲利浦·冯·约里的物理课和数学课。菲利浦·冯·约里曾是诺贝尔物理学奖获得者普朗克的老师，他深入浅出的讲授，深深吸引着他的学生们，也挑动了赫兹的好奇心，使赫兹对物理学和自然科学产生了极大的兴趣。

赫兹征得父亲同意后，弃工从理，专门攻读物理学和数学，拜约里为师。在导师的指导下，赫兹认真刻苦地钻研法国著名数学家、物理学家、天文学家拉格朗日、拉普拉斯、泊松等人的经典著作和科学史，特别仔细地阅读了拉格朗日的《分析力学》、《解析函数论》，拉普拉斯的《概率论的解析理论》以及泊松的《热的数学理论》等数学专著，为自己今后的科学发现奠定了坚实的理论基础。

当时，著名的数学家和物理学家亥姆霍兹和基尔霍夫都在柏林大学授课，为了能够听到这两位著名教授的课，赫兹申请转入柏林大学学习。从此，成为亥姆霍兹和基尔霍夫的得意门生。亥姆霍兹是能量守恒和转换定律的奠基人之一，他以科学家特有的敏锐眼光很快就发现了这位年轻好学的大学生的卓绝才能，并决定从各方面培养赫兹。亥姆霍兹说：“还在他进行基本的实际操作时，我就感到自己有责任培养这位天赋非凡的学生。”在导师的指引和帮助下，加上赫兹本身的顽强拼搏，努力探索，终于也成长为一名著名的物理学家，最早发现了电磁波。因此，赫兹终生都对自己的



导师怀着深切的感激之情。

1879年暑假前，亥姆霍兹为柏林大学哲学系学生出了一道物理竞赛题，这个题目要求用实验来证明：沿导线运动的电荷是否具有惯性。赫兹兴致勃勃地参加了比赛，取得了最好的成绩。柏林大学校长爱德华·策勒尔亲自授予赫兹一枚金质奖章，这是赫兹一生中获得的第一枚奖章。

1880年3月15日，赫兹在亥姆霍兹指导下，以《旋转球体中的感应》的论文，取得了优异成绩，获得了博士学位，留在亥姆霍兹研究所，给亥姆霍兹当了两年半助手。在这期间，赫兹潜心钻研了有关热力学、弹性理论、固体和蒸发等理论问题，并进行了大量实验，发表了近20篇论文。同时，他还帮助亥姆霍兹指导实习生。

1882年，赫兹开始研究稀薄气体中的光现象。为了使实验更加精确，赫兹亲手制作了许多实验仪器，如电功计、湿度表等，花费了大量时间，他后来写道：“我几小

时几小时地做的工作是：一个接一个地钻孔，弄弯白铁皮，然后再花几个小时油漆白铁皮，如此等等。”

1883年5月，赫兹发表了辉光放电的论文。赫兹的研究实际上是关于阴极射线的研究，为后来伦琴射线的发现开辟了道路，并由此揭开了物质结构之谜。然而，遗憾的是赫兹生前未能看到那些由他的研究而引起的令人兴奋的重大发现。后来，赫兹接受基尔霍夫教授的建议，转到基尔大学，担任数学物理讲师。在基尔大学任教期间，赫兹除了认真讲课外，还用了很长时间专心致志地钻研电动力学。1884年秋，赫兹被聘为卡尔斯鲁厄高



亥姆霍兹

等技术学校物理学教授。他开始攻克几年前亥姆霍兹提出的柏林科学院悬赏的问题。

1879年，亥姆霍兹在综合了当时电磁学的研究成果，特别是麦克斯韦电磁场理论的基础上，以“用实验建立电磁力和绝缘体介质极化的关系”为题，设置了柏林科学院悬赏。这个问题的关键是要用实验来证明麦克斯韦的位移电流存在的重要理论。赫兹认为麦克斯韦的理论是正确的，但是如何用实验来证实电磁波的存在呢？

他对这个难题进行了无数次实验，均未取得什么成效。然而，赫兹并没有灰心，一直思索着解决这道难题的办法。为了解决这个悬而未解的问题，赫兹除教书以外，全部时间都耗在学校实验室里。在卡尔斯鲁厄高等技术学校的物理实验室中，有一种叫黎斯螺线管的感应线圈，这种仪器有初级和次级两个线圈，它们是相互绝缘的。在实验中，赫兹发现：若给初级线圈输入脉冲电流，次级线圈的火花隙中便有电火花发生。这种现象立即引起了赫兹的注意，他敏锐地感到，这是一种与声共振现象相似的快速电磁共振过程。他想，电火花的往返跳跃表明在电极间建立了一个迅速变化的电场和磁场，因为根据尚未被实验证明的麦克斯韦的电磁理论，变化的场将以电磁波的形式向周围空间辐射。赫兹断定：次级线圈中火花隙中的电火花，是因为初级线圈电磁振荡，次级线圈受到感应的结果。

为了用实验来证实麦克斯韦高深莫测的电磁场理论，验证电磁波的存在，赫兹精心设计了一个电磁波发生器，对“电火花实验”进行了一系列深入的研究。赫兹用两块边长16英寸的正方形锌板，每块锌板接上一个12英寸长的铜棒，铜棒的一端焊上一个金属球，将铜棒与感应圈的电极相连。通电时，如果使两根铜棒上的金属球靠近，便会看到有火花从一个球跳到另一个球。这些火花表明电流在循环不息，在金属球之间产生的这种高频电火花，即电磁波，麦克斯韦的理论认为由此电磁波便会被送到空间去。赫兹为了捕捉这些电磁波，证明它确实被送到了空间，他用一根两端带有铜球的铜丝弯成环状，当作检波器。他把这个检波器放到离电



磁波发生器十米远的地方，当电磁波发生器通电后，检波器铜丝圈两端的铜球上产生了电火花。这些火花是怎样产生的呢？赫兹认为：这便是电磁波从发射器发出后，被检波器捉住了；电磁波不仅产生了，而且传播了10米远。

1887年11月5日，赫兹将他发现电磁波的研究成果总结在《论在绝缘体中电过程引起的感应现象》一文中，寄给了亥姆霍兹，论文中用实验证明了麦克斯韦的电磁场理论。亥姆霍兹一口气读完了论文，非常高兴地立即写信给他的得意门生：“手稿收到。好！星期四手稿交付排印。”仅过三天，赫兹就收到了老师的这封复信。谁也没有料想到，赫兹竟用如此简单的自制仪器验证了麦克斯韦如此深奥的电磁场理论，赫兹的论文出色地解答了1879年亥姆霍兹提出的悬赏难题，由此荣获柏林学院的科学奖。从此，电磁波的存在得到了确认，再也没有人怀疑了。

从此以后，赫兹便专门从事电磁波的研究，他发现，电磁波可以毫无阻碍地穿过墙壁，不过遇到大而薄的金属片便被阻挡住了。他还测定了电磁波的波长，并计算了电磁波的传播速度，发现它在真空中的传播速度和光一样快。赫兹测量电磁波传播速度的实验，选择了一个长、宽、高分别为15米、14米、6米的教室。在离波源13米处的墙面上安装了一块4（米）×2（米）的锌板。当从波源发射出的电磁波经锌板反射后，在空间便形成了驻波。赫兹先用检波器测出电磁波的波长，再根据直线振荡器的尺寸算出电磁波的频率，最后，用驻波法精确地测量了电磁波的传播速度。1888年1月，他完成了《论电动效应的传播速度》论文，并把论文寄给了老师亥姆霍兹，赫兹在论文中肯定了电磁波的传播速度等于光速，赫兹的这篇论文发表后，受到全世界科学界的瞩目。后来发现X射线的伦琴教授写信向赫兹祝贺，赞扬他的这些实验是近几年物理学中最优异的成果。

接着，赫兹又进行了电磁波的反射、折射、偏振等一系列实验，证明了电磁波与光波一样，具有反射、折射和偏振等物理性质，他撰写了《论电力射线》一文，论证了电磁波与光波的同—性。现在我们常说的无线电





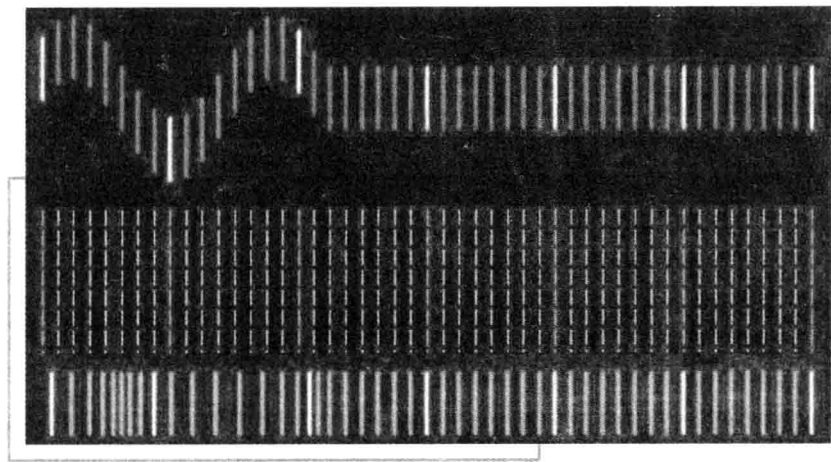
波、红外线、可见光、紫外线、X射线、 $\gamma$ 射线都是电磁波。

赫兹的这些突出的成就获得了当时科学界的高度评价。他的恩师亥姆霍兹赞扬说：“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更多地应用的力——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大的成就。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介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加重要。”

从1888~1892年，年仅三十几岁的赫兹，相继被聘为柏林科学院、剑桥哲学学会、曼彻斯特哲学学会等重要学术团体或组织的成员，并先后受到维也纳科学院、法国科学院、英国皇家学会、都灵科学院等的嘉奖，表彰赫兹对人类做出的杰出贡献。

## 波的类别是什么

你如果再观察得仔细一点，还可以发现：水波是沿着水平面的方向前进的，它的起伏却垂直于水平面。人们把这种起伏方向和传播方向互相垂



波的横波与纵波