

自然科学发展简史

(下 册)

东北工学院自然辩证法研究室编

一九八二年

目 录

第四编 现代自然科学的发展

第十五章 现代科学技术与社会

- § 1 科学技术发展的两种趋势····· (2)
- § 2 电力时代技术结构的变化····· (5)
- § 3 科学技术活动的社会化····· (8)

第十六章 物理学的革命

- § 1 电子、X射线和天然放射性的发现····· (11)
- § 2 爱因斯坦的相对论····· (14)
- § 3 量子论和量子力学····· (18)
- § 4 物理学革命与哲学····· (22)

第十七章 在不同层次上深入的现代科学

- § 1 粒子世界的新发现····· (26)
- § 2 从凝聚态物理到天体物理····· (29)
- § 3 结构化学与高分子化学····· (34)
- § 4 从细胞水平向分子水平深入的生物学研究····· (37)
- § 5 微观研究与宏观研究的结合及其意义····· (40)

第十八章 现代科学向技术的转化

- § 1 以科学为前导的新兴技术····· (42)
- § 2 传统生产技术的科学化····· (45)
- § 3 生态与环境科学技术····· (48)

第十九章 计算机科学技术和人类社会

- § 1 电子计算机的诞生····· (51)
- § 2 自动化与人类的智力解放····· (54)
- § 3 系统、信息与控制····· (56)
- § 4 管理技术的合理化与管理科学····· (60)

第二十章 科学的发展与发展的科学观

- § 1 科学——历史的概念····· (64)
- § 2 科学形态和体系的变化····· (65)
- § 3 科学研究方法的进展····· (66)
- § 4 科学与哲学关系的演化····· (68)
- § 5 社会对科学的历史作用····· (69)
- § 6 科学职能的发展····· (71)
- § 7 科学劳动方式的变化····· (72)

第四编 现代自然科学的发展

由十五世纪末开始建立的近代自然科学，经历了约四百年的发展，揭示了物理、化学、生物运动的基本规律，积累了大量知识。科学的火炬指明和照亮了电力革命的道路，使整个工业技术体系又一次发生重大的变革。然而，正当人们想要举行科学大厦的落成典礼的时候，从十九世纪末就已孕育并在二十世纪初爆发的物理学革命却打开了科学认识的新天地，使科学家们看到了一个陌生世界中的许多奇异事物，改变了整个自然科学的面貌，并且划分了一个崭新的时代——现代自然科学蓬勃发展的时代。

电子、X射线、放射性元素的发现，相对论、量子论的建立，揭开了物理学革命的序幕。从此以后，自然科学的研究就从只是反映宏观现象进入到同时考察微观现象，从只是了解低速过程进入到同时探索高速过程。人们用一种全新的观点沿着物质世界不同层次进军，在本世纪里发现了原子结构、各种基本粒子，开始探索基本粒子的结构，并导致宇宙演化论、分子生物学等新的基础科学理论的诞生，展示了与以往大不相同的自然图景和科学图景。

现代自然科学是在资本主义进入垄断阶段和社会主义兴起的社会背景下发展的。自由竞争的资本主义在十九世纪末变为垄断资本主义，资本主义基本矛盾特别是帝国主义阶段特有矛盾的复杂尖锐，导致了经济危机和两次世界大战。社会主义制度首先在帝国主义统治的薄弱环节取得胜利，一些国家取得了民族独立。现代社会的这些变动对科学的职能和应用方向，科学发展的规模、速度和研究方式都有重要的影响。

由于二十世纪上半叶自然科学已进入到物质的更深层次，由于第二次世界大战后的社会经济条件，科学技术在近四十年里仍然继续向前进步，创造出许多以往在神话中才能想象的奇迹，改造了工农业生产和交通运输的各个部门，大大提高了社会生产力水平。以原子能利用、空间技术、电子计算机为代表的尖端技术，首先是作为军用技术发展起来的，在战后又转化为民用。这些技术都是以科学为导引的，现代人在改造自然界时主要地已不是凭借经验的摸索，临渴掘井，而是把科学变成了强大的生产力。

现代自然科学的水平日益提高，社会功能日益增长，而且科学结构的体系、科学研究的组织和方式都发生了巨大的变化。统一的自然科学分化为由基础理论科学、技术基础科学和工程应用科学的知识系统；在技术科学化的同时，科学也技术化了；各门学科之间更加相互渗透和整体化，出现了反映若干门科学技术共同规律的信息论、控制论、系统论这样的新的科学形态；科学活动成为国家的事业或受到国家干预，乃至出现了某些国际性研究机构。

当代人类生活的各个方面都受到了科学技术的深刻影响，科学技术与经济、社会发展的协调正在成为历史的潮流。但是，在现今条件下，科学技术在资本主义国家里主要

还是垄断集团谋利和竞争的工具，是各个国家间进行军事、政治、经济实力较量的工具，因而战后各国都把发展科学技术作为国家重要战略之一。只有社会主义制度才能使科学技术与经济、社会发展充分协调起来，把理论上征服自然的成果造福于人民，并且开创出一个有计划地向自然开战的新时代。

现代自然科学在近几十年里取得了重要的进步，然而，与十六世纪的天文学革命或十九世纪末的物理学革命相比，科学前沿还有许多问题还有待于取得根本性的突破。现代科学的历史没有终结，也不会终结。

第十五章 现代科学技术与社会

§1 科学技术发展的两种趋势

资本主义自由竞争推动了生产技术和社会经济的迅速发展。在十九世纪最后三十年里，世界钢产量猛增 55 倍，石油产量增加 25 倍，整个工业的总产值增加两倍多。规模庞大的重工业利用先进技术扩大了生产的社会化程度，加快了资本的集中，加之中小企业难以经受经济危机的冲击，就使工业部门中垄断组织发展起来，并且日益控制着社会的经济生活。

垄断使生产和技术的发展出现了停滞的趋势。垄断资本家一旦控制了某个生产部门的绝大部分，就可以用规定垄断价格的办法来谋取高额利润，而拒绝采用新的技术；而且，新的技术设备的出现，还会使垄断资本主义原有的机器装备贬值或报废，拥有庞大重工业设备的资本家更害怕这种无形的损失。列宁在论述垄断必然要引起停滞和腐化的趋势时指出：“既然规定了（虽然是暂时地）垄断价格，那末技术进步、因而也是其他一切进步的动因，前进的动因，也就在相当程度上消失了；其次在经济上也就有可能人为地阻碍技术进步。（《列宁选集》第 2 卷，第 818 页）在世界各资本主义国家中最早进入垄断阶段的英帝国主义在十九世纪下半叶就出现了技术停滞的趋势。那时，英帝国主义的工业生产在全世界占第一位，它占有比本土还大一百多倍的殖民地。英国的资产阶级利用已有的工业机器和在全世界的霸主地位，不注意技术改造就可以不大费力地取得大量财富，因而在更新设备和采用新工艺发明上停滞不前。英国在工业革命之前，钢铁生产很不发达，要从瑞典、俄国和美国进口钢铁。工业革命中，由于采用了贝塞默发明的酸性炼钢新技术，钢铁生产发展很快，十九世纪七十年代，钢铁产量大约占全世界的一半。但是，英国本身的铁矿石中有 90% 是含磷矿石，不适于酸性炼钢，它的钢铁企业主要靠进口的铁矿石进行生产。1875 年，英国人托马斯发明了碱性炼钢的方法，这项新发明对处理英国本身的铁矿石具有明显的技术优越性。但是，在这项新技术出现时英国的钢铁工业资本家已经建造了许多酸性炼钢炉，他们就把碱性炼钢的发明搁置一边，宁可继续从国外进口低磷矿石来维持酸性炼钢的生产。直到第一次世界大战发生后，由于低磷矿石的原料供应不足，才不得不采用碱性炼钢法，而这时这种新的方法

在别的国家已应用多年了。蒸汽动力机械和煤气照明在英国的巨大发展，使英国资本家“耽搁”了采用电力技术的时间。英国并不缺乏电技术的发明家和试验者，英格兰的矿井在 1882 年就试验成功了电力抽水，是世界最早的，电照明的试用也并不晚。然而，煤气公司的资本家和那些已经用上了大型蒸汽机的企业主们不愿意让他们的设备贬值，便采用敌对的办法阻碍电照明（例如对铺设电线和供应尖峰负荷提出苛刻浩繁的条件）或拒不使用电力。十九世纪末，美国已迅速建立了发电厂，而英国的电力技术应用则还处于幼稚阶段。英国学者克拉潘在《现代英国经济史》一书中指出，从十九世纪八十年代起，创造发明在国外日新月异，而在英国却采用极其缓慢，其原因就是企业主在能够借助于陈旧技术获得很高利润的时候，漠视达到更大技术效能的新技术，不积极改进技术和应用新技术。阻碍新技术应用的趋势并不是垄断阶段里唯一起作用的因素。在资本主义条件下，无论生产如何集中，总是有相当数量的非垄断企业存在；在一个国家、一个生产部门中，垄断企业也不是只此一家；而各个国家之间同行业的垄断的或非垄断的企业那就更多了，在垄断企业与垄断企业之间、垄断企业和非垄断企业之间，都要为争夺国内或国际市场进行你死我活的竞争。只要竞争不可避免，资本家就要用改良技术的办法去降低成本和提高利润，就要促进新发明产生。垄断资本家或国际垄断集团长期拖延新技术的应用，也同样会被打败的。列宁在谈到垄断资本主义阶段还存在着促进技术变更的因素时指出：“资本主义不可能一分钟停止不动。它必须不断地前进。在象我国所经历的那种危机时期特别尖锐起来的竞争，促进了降低生产费用的种种新发明，而资本统治则把所有这些新发明变成进一步压榨工人的工具。”（《列宁全集》第 20 卷，第 145 页）

二十世纪的科学技术就是在既受到阻碍又得到刺激的条件发展的，表现为在某一个时期、某一些国家、某几个部门中的技术发展缓慢，在另一个时期、另一些国家、另几个部门中的技术却有较快较大的进步。技术的发展不平衡又影响到资本主义各国经济和政治的不平衡，使资本主义的各种矛盾更加深刻。二十世纪初的英国仍处于生产技术和经济停滞阶段，这时的德国却不象英国那样背着沉重的旧机器设备的包袱，便于采用新技术，工业发展速度很快超过英国，经济大增，上升到欧洲的第一位；但它的市场和原料产地、资本输出的场所却比英国小得多。英、德等国的争夺，导致了第一次世界大战。

第一次世界大战之后，美国进行了大量的设备更新，广泛采用新技术，推行“产业合理化”，使生产急剧膨胀，1928 年的生产总量已超过整个欧洲。在这期间，其他帝国主义国家因战时的严重破坏和国内外市场剧烈竞争的刺激，也采用新技术，更新设备，使生产迅速超过战前水平。就在经济技术的一片“繁荣”的喧嚣声中，1929—1932 年的世界经济危机到来了，在美国，在危机严重的年代，汽车的年产量只及原来的四分之一，炼铁高炉有九十二座被毁坏，工人实际工资退回到 1900 年的水平。资本家在面临危机的时候不再关心技术的进步，而只顾及压缩生产，竭力维护垄断价格。危机激化了帝国主义之间的矛盾，各国垄断集团互相高筑关税壁垒，倾销商品，扩军备战互相争夺，又导致了第二次世界大战。

人类征服自然的伟大成果——科学技术，被用来剥削、残害人类自身。科学和技术的发展，并没有象培根、普里斯特利所设想的那样给人们带来普遍的幸福，反而招来了不幸和灾难。两次世界大战都用了科学技术的武器，造成了千百万人死亡和人类文明的严重破坏。从二十世纪初起，关心科学技术与社会、科学技术与战争关系的人越来越多。一些正直的学者在不同程度上看到了科学技术的资本主义所造成的危害，反对把科学技术用于军事目的，甚至怀疑科学技术的必要性。居里夫妇在 1905 年接受诺贝尔奖金的演说中就说，镭的发现可以造福于人，但在罪犯手中则可以成为极危险的东西，“人类认识自然的秘密，到底有无好处？”爱因斯坦在 1938 年写给五千年后子孙的信中说：

“我们这个时代产生了许多天才人物，他们的发明可以使我们的生活舒适得多。我们早已利用机器的力量横渡海洋，并且利用机械的力量可以使人类从各种辛苦繁重的体力劳动中最后解放出来。我们学会了飞行，我们用电磁波从地球的一个角落方便地同另一个角落互通讯息。但是，商品的生产 and 分配却完全是无组织的。人人都生活在恐惧的阴影里，生怕失业，而遭受悲惨的贫困。而且，在不同国家里的人民还不时互相残杀。由于这些原因，所有的人一想到将来，都不得不提心吊胆和极端痛苦。”

但是，战争和科学技术的军事应用也还有它的另一方面。不管进行战争的双方各有何种社会目的，不管进行战争的各个社会阶级、社会集团的主观意图如何，战争需要科学技术，并且往往会不计经济成本地给某些科学技术研究以大量人力、物力、财力的投资或采用新技术，而军用技术又是可以转化为民用技术的。因此，军事需要又在客观上是刺激科学技术发展的因素。这种情况，在第一次世界大战以前就表现出来了。在英国人帕森斯 1882 年发明高速低耗的蒸汽涡轮机的时候，已经采用了往复式蒸汽机的资本家不愿意用它来取代已有的旧装备，到 1907 年英国私人企业中蒸汽涡轮机的发电能力只占不到百分之六；但是这项新技术却在军事上得到了应用，装有蒸汽涡轮机的小船在 1897 年就参加了英国的海军检阅，接着又用这种新发动机在驱逐舰上进行了实验，从 1904 年英国海军就不再为船舶订购往复式蒸汽机了。

第一次世界大战前后，与军事有关的新技术研究更为加紧。十九世纪九十年代，英、美、法的一些科学家曾做过制造飞机的试验，美国国防部还曾拨款去研制用蒸汽为动力的飞机，但都失败了。二十世纪初，以内燃机为动力的飞机试验成功。飞机首先在军事上获得应用，开始用两层机翼的飞机进行侦察和指挥，很快又研制成功了能用于空战的单翼机。在第一次世界大战之中，使用了坦克、潜水艇等多种新式武器，投掷或发射了大量的燃烧弹、深水炸弹、鱼雷和水雷。为了研制和使用这些武器特别是建造巨大的军舰，采用了当时已有的全部工业技术仍不够，还需要发明新的技术。例如，超外差变频技术的发明首先是由于探测飞机的需要；而为了探测潜艇又发明了声纳技术。第二次大战期间的空间技术（火箭）、原子能技术（原子弹）、电子技术（雷达、防空控制用的计算机）、激光技术（莱塞武器）等，都是首先为军事目的而研制或应用的。

§2 电力时代技术结构的变化

十八世纪下半叶蒸汽机的发明揭开了蒸汽时代的序幕，蒸汽机是整个十九世纪工业发展的主要动力。十九世纪下半叶电磁理论的确立和电机的发明揭开了电力时代的序幕，但是，第一座发电厂的建立并不是这个时代的高潮，电机作为工业发展的主要动力是二十世纪的事情。

由主要使用蒸汽力过渡到使用电力，是技术史上划时代的变化。发电机的效率和功率比蒸汽机高，它发出的强大电力不仅易于远距离传输，而且能够准确地分配到各个动力机械或供应照明，在各种动力中电力是最便于控制、最容易集中或分散和最少污染的。电力的利用克服了蒸汽力和水力的局限性，同时又使蒸汽力和水力在新的水平上发挥作用。蒸汽涡轮机（它易于调整到与发电机同步运转）是电力技术发展的前提，而只是在电力革命的时代蒸汽涡轮机才得到广泛的应用和改进。电力还使曾经过时的水力重新抬头，瀑布或受地方限制而不能利用的水力都成为宝贵的自然资源，并推动了兴建大型水库来发电。

在十九世纪末发明了交流三相发电机、电动机、输配电变压器之后，在二十世纪初又有了大功率电机、电力卷扬机、电力起重机、电力机车和许多电机拖动的机床，在1923年交流输电电压已达22万伏。美国在1930年时工厂的动力设备已将一半实现了电力化，这年的美国《商务年鉴》中提到，“自从1914年以后，几乎所有工厂动力设备的增加，都是使用从中央发电厂送来电流的电动机的增加。”电力工业在整个生产体系中占有重要地位。制造涡轮机、水轮机、发电机、电动机、变压器、电缆、电工仪表迅速专门化。电力在日常生活中的应用也日益多样化，荧光灯、电影、电扇、电力吸尘器、电动洗衣机和电冰箱的生产也发展起来了。在二十世纪上半叶，不仅工业生产技术是建立在由蒸汽动力转向电动力的基础上，与电技术有关的发明之广、种类之多，也超出了蒸汽力或其他方面的技术创造。

在十九世纪末研制成功电磁波接收器和初步试验了无线电传播以后，二十世纪里就有了弱电技术的广泛应用。美国人费森登（1866—1932）在1906年调制无线电波收发音乐和讲演。1920年美国匹兹堡KDKA电台开始无线电广播。本世纪二十年代以后又有了光电显象管的发明，开始了黑白电视和彩色电视的试验，1935年在柏林建立了电视台。无线电报、广播和电视机的发明和运用大大加强了人们的社会联系，使人们在瞬息之间即可知道世界上各地发生的任何的政治的、经济的、军事的事件。收音机、电视机还是有力的宣传教育工具，它们使人类文明广泛传播，知识迅速普及，其意义相当于历史上印刷术的发明。电子技术的出现更使信息传递成为需要专门研究的课题。电子技术一出现，就作为最早的“知识工业”以很快的速度发展起来。

十八世纪下半叶到十九世纪工业革命的突出特点，是手工业发展为由蒸汽机推动的机器大工业，并以火车、轮船武装了交通运输业。但在社会经济中的农业，除了得到了大工业在工作机改革、化学肥料、农产品加工和日用消费品的支持，农业生产动力与十八

世纪以前没有多大区别，用蒸汽机作农用拖拉机因过于笨重未能成功。十九世纪下半叶的农用工作机（播种机、中耕机、收割机等）或者只能用马牵引，或者由于动力不足难以应用（例如美国在这时已发明了小麦联合收割机，但要用 20 匹马才能拖动）。在铁路所不及的农村，在既不沿海又无内河航运的广大偏僻地区，乃至在大城市内马车仍是主要的运的工具，蒸汽力对于城乡联系、城市交通所起的作用也很有限。

电力时代的技术革命则不仅变改变了工业生产的动力，还使电灯、电动机得以在农村和农业生产中广泛应用，并且用电车、地下铁道（地铁必须用电力机车）改变了城市交通的状况。但是，电力仍然首先是对城市工业有利的。在二十世纪上半叶，对于农业生产、城乡联系、城市交通造成重大改变的，是内燃机技术的完善，是拖拉机、汽车、飞机的发明和广泛应用。在十八世纪下半叶发明和运用了煤气机、汽油机、重油机的基础上，1897 年，德国工程师狄塞尔研制成功的可用低级燃油、能自动点火、效率又高的内燃机，使内燃机很快地成为更加实用的动力。由于内燃机小巧灵活，便于移动，它一出现就很快成为农业生产的动力而取代了畜力。拖拉机的使用，使人类经济生活中长期处于落后状态又极为重要的部门——农业的面貌大为改观，它促进了农用工作机的大量制造和应用，完成了农业机械化的进程。美国从 1890 年到 1930 年，农业机械的价值增长了六倍多，农业劳动生产率增加了四倍，农村人口由约占人口的 60% 降低到 36%。

内燃机的发明导致汽车制造业的诞生和发展。1887 年戴姆勒用汽油机驱动木制轻便游览车。开始的汽车把发动机装在车身的下部，这种“无马马车”经过多次改进，并采用了充气轮胎的发明，在本世纪第一个十年开始成批生产。汽车的普遍应用，公路网的兴建，也使城市和乡村、生产和社会的联系大为增强。农村闭塞情况的消除和城市交通，没有汽车几乎是不可设想的。在第一次世界大战期间，汽车已是作战运输的重要工具，制造了各种军用卡车、火炮牵引车、履带车（坦克）。内燃机的发明也改变了铁路运输的状况，内燃机车和电力机车一道把蒸汽机逐渐从铁路上排挤出去。内燃机的发明还使人类腾空驾雾的神话变为现实。1903 年，美国莱特兄弟驾驶内燃机发动的飞机首次飞上天空（历时 59 秒，高度 3 米，距离 260 米）。1909 年法国人布列利奥驾驶飞机飞渡英吉利海峡。本世纪三十年代，横渡大西洋和环球飞行成功。继军用飞机应用之后，民用航空也迅速发展起来。巨大的内燃机还在不少场合代替了蒸汽机成为发电的能源，并在快艇和巨轮上发出强大的推进力。

电机和内燃机的发明和应用，改变了原有工业技术体系，使包括工业和农业在内的新技术体系迅速发展。电机和各种电器的大量制造，拖拉机、汽车和飞机的普遍应用，使钢铁生产，铜、铝和其他有色金属的制取，塑料和橡胶生产以及石油开采等方面的技术和一批新的工业更加引人注目。冶金技术突破了十九世纪逐渐确立的高炉、平炉、转炉的生产技术系统，发展了电炉炼钢和吹氧炼钢这两种新技术。世界钢产量从 1870 年的五十万吨增加到 1955 年的二亿六千万吨。与此同时，由于发明了含锰的钨工具钢、含有钨、铬、钒成份的高速工具钢使机械加工效率大为提高。1926 年，德国的克鲁普公司制出了超强度工具合金，发明了粉末冶金法。各种工具钢的发明和应用，使工作母机自二十世纪以来有了飞跃的发展，向切削速度增高、机床大型化、专业化和高精度

的方向猛进。飞机制造使铝的需要量大增，原有的用钠还原法制铝成本太高，不能大规模生产，1887年瑞士人海洛尔德发明了电解法制铝，1906年德国人维尔姆发明制成铝合金的方法。世界铝产量从1899年到1943年增加了近二十倍。内燃机的广泛应用使石油需求量大大增加。自1900年发明了旋转式钻井法之后，钻井深度从几百米提高到1949年的4700多米。燃料化学工业也大大发展起来，燃料化学又为高分子化学合成技术的发展创造了条件。1909年俄国人列别捷夫首次人工合成橡胶。1907年美国入贝克兰德发明了最初的合成树脂——酚醛塑料，本世纪二十年代高分子化学工业作为一个独立部门已经建立了。德国的卡罗扎斯在杜邦公司研究所系统地进行了低分子连结成高分子的研究。1938年发明的尼龙便是高分子合成技术的最初的重大成果。有机合成化学工业最初的目标是把有用的自然物用人工方法进行合成，而它的第二个目标便是创造自然界中并不存在的有用的新物质，本世纪三十年代人们为实现这一目标已用人工合成了人造纤维、塑料，还合成了维生素、青霉素以及磺胺剂等药物，进入了高分子化学工业时期。高分子化工技术的发展引起了材料技术上的根本变革。这在第二次世界大战之后表现得更为突出了。

以电力、内燃力和合成材料技术为代表的新的技术发明，解决了原有技术体系中的矛盾，并使整个工农业的生产技术体系发生了根本变化。新的技术体系从十九世纪下半叶到第一次世界大战时已经形成，而在这之后便进入了这一技术体系的改良和完善时期。直到现在人们还在享用着这一技术体系中所创造出来的丰富的物质成果。

十九世纪末以来在经济技术领域的变革，是包括工业电力化、农业和交通运输机械化在内的整个产业的改造，是电力、无线电、内燃技术和化工、冶金等多方面的新技术所造成的。我们与其把它叫做电力时代的第二次工业革命，莫如称为二十世纪上半叶的产业革命或许更合适些。

十九世纪中叶以前技术体系中的发明基本上是经验的结果。在新技术体系中，科学对技术原理的确立、技术设计和研制，技术的完善和实用化日益起着重要作用。电子技术、高分子合成技术是科学理论直接指导的产物，冶金技术、机械加工技术尽管原来是来自经验，但它们在本世纪的许多改进仍然是借助于科学理论的。

电力技术、内燃技术、化工合成技术还改变了原有机器系统的结构，引起了工艺过程性质的变化。二十世纪的机器体系中虽然还包括着动力机、传动机构和工具机，但是，在电力或内燃机推动的机器中，天轴、皮带等已随蒸汽动力被取代而消失，传动机构大为简化乃至成为次要的、附属的部分；动力机、传动机和工具机还由三个独立的环节形成一个统一整体，动力机和传动装置常常要装在工作机中；在使用电力的地方，传动装置的意义减小了，但控制装置的必要性和重要性却不可忽视，早期的控制装置是由继电器组成的，以后发展为使用电子元器件。由于机器结构的这些改变，就为生产过程的专业化、流水作业和自动化创造了条件。化工技术的重要特点是它所使用的设备和工具（管路、反应罐等）并不直接作用于劳动对象，而是保证工艺过程持续进行，化工过程的检测和控制在现代生产中日益重要。

二十世纪的技术发展为科学实验提供了新的仪器和手段，并造成了实验方式的重要

变化。随着电力技术和无线电技术的应用，出现了用途广泛、计量精确的电动仪表和电子仪器。本世纪初，英国的阿斯顿(1877—1945)发明了质谱仪，之后，又有了同位素测定、红外光谱、原子光谱等仪器，成为鉴别物质成分和结构的有力武器。三十年代，根据德国人卡·布朗(1850—1918)创制的荧光屏和阴极射线管造成了阴极射线示波器，示波器成为现代科学实验室中应用最广泛的仪器，几乎所有的实验研究都离不开它。1932年，柏林工科大学高压实验室制成了加速电压为七万伏的电子显微镜，最初的放大率只有十二倍。到了1939年，西门子公司就制成了分辨本领达到30埃的电子显微镜。电子显微镜突破了光学显微镜的界限，使人们能观察到分子和原子的世界。1929—1932年发明了高频直线加速器、回旋加速器、静电加速器和高电压倍加器，又把人们视野引向原子内部。

二十世纪的科学实验大大超出了“封蜡悬丝”的水平，它不仅可以采取更有效的措施去隔离某些外界条件，在纯化或简化的条件下研究自然过程，更可以用强有力的条件去造成实验对象和实验条件的变革，乃至人为地造成某种极限条件去进行“破坏性实验”，揭示出在天然过程中难以发现的新事物新现象。1905年，美国人布里奇曼发明了两万大气压的高压装置，后来又获得了一百万大气压力的超高压。1908年，荷兰人翁纳斯人工液化氦，达到接近绝对零度的超低温。1929年，英国人伯奇等发明油扩散真空泵，可以得到相当于几十亿分之一大气压的高真空。这些超高压、超高温、超低压、超低温、超纯度的实验条件，使科学实验比生产实践更有效地去揭示自然规律，作出在直接生产中不可能获得的重大发现。在这个意义上说，不仅二十世纪的技术更依赖于科学（技术科学化），二十世纪的科学又更加依赖于技术（科学技术化）。

§3 科学技术活动的社会化

经济竞争以及归根到底由帝国主义经济竞争所决定的战争，要求有新的发现，垄断企业和帝国主义政府更需要把科学技术控制在自己的手中。而且在十九世纪中叶以后，科学技术本身的状况已同过去大不一样了：科学技术所要解决的已不仅是个别元素的性质或特定材料的机械力学性质的问题，需要探讨的是诸如石油精炼、大型电站、合金材料、无线电通讯这类内容复杂的项目，研究规模日益庞大，需要使用的仪器设备越来越多，学科之间的协作要求也越来越密切。在这种情况下，不仅伽里略、法拉第式的个人自由研究不能适应需要，只靠大学的科学实验室也不能满足要求了。十九世纪末和二十世纪上半叶，先是出现了以进行发明创造为专门任务的集体实验机构，在许多垄断企业中建立了直属的工业实验室，各国政府对科学技术研究的管理也加强了。在资本主义的垄断阶段，科学活动的方式也有了改变，正如列宁所指出的：“竞争变为垄断。结果，生产的社会化有了巨大的进展。特别是技术发明和改良的过程也社会化了。”（《列宁选集》第2卷，第748页）

第一个大型的专业实验室是由爱迪生建立的。他先是改进了证卷报价机，并用交易所收买这种设备的钱做基金开设了制造这种报价机的工厂。接着，一个证卷电报公司的

资本家又给爱迪生四万元，扩大了工厂的生产。他又用赚来的钱在 1876 年建立了实验所，尽管这是一个以技术发明为目的的实验所，但却雇用了包括科学家、工程师、技师、木匠、会计、秘书、绘图等近百名人员，分工搞研究、设计和加工。所内有专门的图书馆和器材部。他们以精密的科学知识代替了原先工业上光凭经验的老方法，同时又把科学研究引入有用的渠道。爱迪生同他们一起研制成功了白灯、电影和留声机，这个实验所逐步扩大，到 1910 年共获得了 1328 项发明专利，平均每十天一项。爱迪生实验所后来成为美国通用电气公司的研究所。1889 年，电话发明人贝尔曾建立了一个专业实验室。1925 年，美国电报电话公司和西方电气公司把它改组为贝尔研究所，由原来的几十人逐步扩充到万余人，成为世界上最大的工业实验研究所，从事雷达、晶体管、激光、信息论和阿波罗登月通信系统等多方面的研究。美国的私人公司的工业实验室在 1920 年有 300 个，到 1930 年就增加到 1600 个，到第二次世界大战前夕达到 2200 个。德国、英国和其他资本主义国家里，也有一批研究所和工业实验室建立起来。1886 年西门子创办的德国物理工程学研究所，把科学研究与技术发明结合起来，在十九世纪末就是欧洲颇负盛名的科技机构。

科学技术社会化的又一表现，是高等学校中专门从事研究工作的实验室或研究所普遍建立。在早期的大学里就有了实验室，但其主要内容是进行教学实验，兼及科学研究，且数量不多，规模不大。从十九世纪下半叶起，出现了以进行科学发现为主要任务的实验室和研究所。1871 年英国凯恩布利吉大学用校长基金建立了物理实验室，这个实验室在 1873 年改名为卡文迪什研究所，二十世纪里中子的发现、原子模型的建立都发源于这个研究所。美国大学里设置的研究所得到了企业、政府的直接投资或资助，成为美国科学研究的主要力量。

科学技术的发现和发明在十九世纪里主要是资本家关心的事情，一些资产阶级的国家和政府机构不大重视。在二十世纪里，特别是由于战争的需要，这种情况有了较大的变化。在第一次世界大战期间，首先是与军事有关的科学技术实现了国家控制，在美国成立了领导航空科学研究的委员会，英国政府成立了主要为国防服务的科学和工业研究部。1917 年，美国总统威尔逊确定成立国家研究委员会，并指出这个机构的目的是为国家的强大和福利进行科学研究，应用和普及科学知识。1940 年美国总统罗斯福批准组成了国家国防研究委员会，专门从事军事技术研究。政府的科学机构用签订合同、提供帐款等方式使美国的研究所或大学把科学研究集中在某些关键性的课题上，特别是解决那些直接或间接与军事有关的任务。

专门从事发现和发明的研究所和实验室的建立，国家对科学技术活动的干预，特别是由于科学技术研究的规模日益扩大，地位日益重要，使人们更加重视科学的价值和它的发展方向问题。早期的资产阶级企业家更加关心的是能直接带来利益的新技术，对于科学探索和理论研究不甚关心。十九世纪里科学通过技术转化为生产力的巨大进步的事实，使某些有远见的企业家和政府人士改变了对自然科学的基础研究的态度。在生产技术和经济发展已达到较高水平的国家里，基础自然科学得到了更多的重视和投资。

在美国，科学技术的研究的狭隘实用色彩是很浓厚的，对工业实验室的投资很多，

用于基础理论研究的经费很少，技术发明受到重视，理论家被认为没有出息。例如在十九世纪后期，耶鲁大学发生过要撤掉热力学和统计力学专家吉布斯的事件，理由是他的理论好象没有什么实际用处。因此，在二十世纪三十年代，尽管美国的工业比较发达，而自然科学的基础理论研究则落后于欧洲。这时，美国一些有见识的科学家和政治家看到了科学研究的长远价值，呼吁要纠正片面的功利主义。1938年，美国资源科学委员会在罗斯福总统的赞助下，提出了名为《研究是国家资源》的报告。之后，美国国防研究委员会主席、物理学家布什在一份官方报告中写道：“我们国家在实用科学研究和工艺技术方面的卓越性，不应使我们看不见这一事实，即美国在纯科学的新的基础知识和基本科学原理的发现方面，是居第二位的……在下一代，技术进步和基本科学发现将是分不开的；而一个借助别的国家供应基本科学知识的国家，在革新的竞赛中将处于极端不利的地位。”此后，美国国会增加了对基础科学研究的拨款，美国的研究所大学中基础科学理论研究也加强了，这对美国以后的生产技术的发展起了重要作用。

相反，德国在本世纪三、四十年代，在第三帝国的统治下越来越不重视科学，则是其经济实力和军事实力衰退的重要原因之一。本来，德国是有重视基础研究的传统的，基础科学的成就在1930以前一直是领先的，在二十世纪前十年中的诺贝尔奖金获得者中，德国超过了美、英、法等国而居第一位。但是，由于希特勒的国社党在政治上实行种族主义政策，把政治上、人种上认为不合要求的科学家革职，迫害坚持正义的科学家，在科学技术上提倡经验主义，片面强调发展有近期军事效益的技术，忽视科学研究，致使基础研究的水平大为降低。在三十年代里德国的诺贝尔奖金获得者就与美国相等、与英国接近，到四十年代则比美、英要少得多。德国原有的科学潜力也未能发挥出来，仅仅从军事技术上讲，德国在第二次世界大战中不仅有制造火箭的能力，而且还拥有制造原子弹的知识准备和人力，但却由于忽视基础研究而没有实现。当然，希特勒的科技政策并不是孤立的因素或偶然的失足，而是有深刻的社会经济根源的。

科学技术的社会地位日益重要，科学技术活动日益社会化，这就要求对科学事业实行管理，并对科学的功能、科学工作的特点、科研管理的原则进行专门的研究，这就导致了“科学学”这门学科的诞生。1935年，波兰科学家奥索夫斯基等论述了科学学的对象，认为它是把科学当作整体进行综合研究的学问，其目的是指导科学事业的发展。1939年，英国科学家贝尔纳系统地论述了科学学的基本理论和科学政策，成为这一学科的主要创始人。在第二次世界大战以后科学学研究在世界各主要国家广泛开展，乃至成立了国际科学政策委员会。

第十六章 物理学的革命

§1 电子、X射线和天然放射性的发现

十九世纪的力学、光学、热学、电磁学取得了光辉的成果，物理学家们怀着无比自豪的心情进入到二十世纪。当时的绝大部分物理学家认为，物质世界的运动已经构成了一幅清晰的画面，基本问题都研究清楚了，留给下一代人所做的工作，将不过是把已有的实验做得更精密一些，使测量数据的小数点后面增加几位有效数字而已。十九世纪末，德国著名物理学家约里（1809—1884）曾对向他求教的普朗克说，物理学的整个体系已足够牢固、可靠、完善，很快就会具备自己的终极稳定形式，因此，对于物理学的研究实际上是不会有有多大成果的。1900年，当时英国物理学界最有地位的凯尔文在送别旧世纪和瞻望二十世纪的文章中说，物理学的理论框架已经基本建成，后辈要做的只是一些零碎的修补工作，但是，他毕竟还有一些远见，还承认在物理学晴朗天空的远处，尚有两朵小小的令人不安的乌云，这就是当时的物理学无法解释的热辐射实验和迈克耳逊—莫雷实验。然而，凯尔文和当时的许多科学家都没有料到，正是这两朵小小的乌云和十九世纪末一系列新的实验，却降下了二十世纪物理学革命的暴风骤雨，并使整个自然科学进入了一个崭新的阶段。

物理学上的革命首先是由电子、X射线和天然放射性的发现引起的。在十九世纪上半叶道尔顿提出了原子学说和法拉第提出了电解定律以后，有的科学家就把这两者联系起来思索。英国的斯托内（1826—1911）没想，既然电量与电解生成的物质有当量关系，物质由原子构成，那末电是否也由最小的电颗粒组成，每个颗粒带有最小不可分的电荷单位呢？他在1874年提出了“电的原子说”，计算了元电荷的值，并在1861年使用了“电子”一词。赫尔姆霍茨在1881年论述法拉第电解定律时也写道，“法拉第定律的最可惊异的结果也许是这样：如果我们接受元素物质由原子组成的假说，我们就不可避免地要作出结论说，电，不论是阳电或阴电，也分为元素部分，其行为就象电原子一样，”但是，这时的电原子或电子的概念还只是一种思辩的推断，电子的发现，是在低压气体放电管的实验研究中得到的。

人们在十七世纪末和十八世纪初就观察到低压气体中的电现象，然而，直到电照明有了较普遍的应用，为了寻找新光源和解决高压输电中向空气中漏电的问题，才有了低压放电的实验研究。1858年，德国玻璃工盖斯勒（1814—1879）制成了低压气体放电管（霓虹灯就是由盖斯勒管发展而来的）。1859年，法拉第的学生普留卡（1801—1868）利用盖斯勒管进行放电实验时看到了正对着阴极的玻璃管壁上产生出绿色的辉光。1869年，德国的希托夫（1824—1914）发现这种辉光也具有光的性质，如在阴极与玻璃管壁中设置障碍物则会在管壁上投射阴影。1876年，德国物理学家戈德斯坦

(1850—1931) 提出，玻璃壁上的辉光是由阴极产生的某种射线所引起的，他把这种射线命名为阴极射线。

阴极射线引起了物理学家们的极大兴趣，他们有的着重于研究这种射线本身的组成和性质，有的更关心这种射线所引起的荧光现象，分别导致了电子和X射线的发现。1879年，英国物理学家克鲁克斯（1832—1919）利用一种较高真空的放电管进行实验，观察到阴极射线可以在磁场中发生偏转，他认为这种射线是一种“超气态物质”或“物质的第四态”。1895年，法国科学家佩兰（1870—1942）发现，在磁场方向倒转之后，射线也反向偏转，证实了阴极射线带负电荷。英国著名物理学家汤姆生（1856—1940）认为阴极射线是带负电的微粒，这些微粒冲击管壁会引起玻璃发光，他利用阴极射线既可被磁场偏转又能为电场所偏转的联合作用，在1897年实验测定了阴极射线微粒的速度、电荷（ e ）、质量（ m ）和荷质比（ e/m ），证明了不论管中电极用什么材料制成或充以何种气体，生成的带负电的微粒的荷质比都一样，说明这种微粒是各种原子的共同组成部分，汤姆生后来采纳了斯托内的提法，把这种微粒叫做电子。二十世纪的热电子发射、光电效应的实验，进一步证明了任何原子都包含着电子的结论。

在汤姆生等考察阴极射线的本质时，德国人伦琴（1845—1923）致力研究阴极射线所引起的荧光现象。1895年，他在研究高真空放电管时，意外地发现放在距离放电管两米远的涂有铂氰化钡的屏也发出荧光。当放电管停止放电时荧光也停止，说明屏上的荧光是由放电管来的，但是，已知阴极射线又只能穿过几厘米的空气，又不能用已知射线去解释。伦琴把屏幕移得更加远离放电管，或用黑纸把放电管包起来，屏上仍有荧光发生。他把引起这种奇异现象的未知射线称为X射线。伦琴通过一系列实验证明，这种特殊的射线具有不同于阴极射线的许多新的性质，例如X射线不能被磁场所偏转，它不仅可以使密封的底片感光，还可以穿过薄金属片，甚至在照片上显示出衣服的钱币或手掌骨骼。X射线的发现轰动了世界，立即有许多科学家重复了伦琴的实验，并把这种射线应用于医疗诊断和物质结构的研究。

X射线的研究要求查明这种射线产生的原因。法国的贝克勒尔（1852—1908）和其他一些物理学家开始设想，荧光是X射线的来源，因而力图从研究能发出荧光或磷光的物质去找寻X射线的来源。1896年，贝克勒尔选择了一种铀盐（荧光物质）做实验，结果表明，铀盐在受到阳光照射后能产生X射线使照片感光，但他在实验过程又意外地发现，未经阳光照射又包于黑纸中的铀盐也能使照片感光。经过进一步的实验证实，荧光现象与X射线之间没有因果关系，铀盐中会自动地放出具有穿透力很强的新的放射性，即铀元素的天然放射性。

贝克勒尔的新发现更激起了世界各国科学家的研究兴趣。1897年，著名女科学家居里夫人（1864—1934）和她的丈夫居里（1859—1906）定量地测定了铀的放射性强度，证明铀的放射性强度只与铀的数量成正比，而与其他因素（如化学状态、温度等）无关。他们系统地研究了各种元素及其化合物的放射性效应，观测到某些物质的放射性强度比铀还大，不能只用这种物质含铀充分解释，经过实验发现了钷、钋和镭。居里夫妇在十分艰苦的条件下，历时四十五个月，才从三十多吨沥青矿中提炼出了十分之

一克镭。镭的放射性比铀要强百万倍，从而更便于研究放射性现象的本质。居里的工作表明，镭、铀等元素放出的射线与X射线不同，X射线不能被磁场偏转，而放射性元素的射线在磁场作用下则分为两部分。1903年，居里还用热量计测出一克镭在一小时里能发出一百卡的热量。居里夫妇为科学献出了毕生的精力，居里夫人的健康由于长期从事放射性研究又缺乏防护而受到损害，但他们为人类作出了伟大贡献，在科学史上写下了宝贵的一页。在为数甚少的两次获得诺贝尔奖金的科学家中，就有居里夫人的名字。

放射性现象引起了科学家们的关注。1899—1900年，英籍新西兰科学家卢瑟福（1871—1937）等用更强的磁场作用于镭发出的射线，把射线分为三部分并作了命名，偏转小的带正电的部分是 α 射线，偏转大带负电的部分是 β 射线，不被偏转且穿透力最强的部分是 γ 射线。1901年，德国物理学家考夫曼（1871—1947）发现 β 射线的质量随其速度增加而加大。1903年，英国人索迪（1877—1956）和卢瑟福等用实验证明 α 射线是氦的正离子流， β 射线是电子流，以后，人们又证明原子核内发出的 γ 射线是波长比X射线更短的电磁波，而X射线则是由原子核外电子能量变化所发出的电磁波。1903年，卢瑟福、索迪等还发现，放射性元素在发出 α 、 β 、 γ 射线后会衰变为原子量更小的另一种元素。

电子、X射线和放射性现象的三大发现是十九世纪末物理学的重要成就。在这些实验研究的基础上，二十世纪初产生了原子物理学，首先是原子模型的学说的提出。汤姆生在证实了电子存在并测得电子的质量只有氢原子质量的 $1/1840$ 以后，在1904年提出了被叫做“面包夹葡萄干”的原子模型。他认为原子是一个半径约为 10^{-8} 厘米的小球，球内平均分布着质量很大、带正电荷的物质，其中嵌着质量很小、带负电的电子，原子对外呈电中性。卢瑟福开始也相信汤姆生的模型，但是，他在1910年指导其助手研究 α 粒子的性质时却发现了意想不到的新事实。他们用 α 粒子作炮弹去轰击金属铂片，按卢瑟福的预料，由于 α 粒子的质量比电子质量大七千多倍， α 粒子在轰击铂原子时会轻易地一冲而过，就象用15英寸的炮弹去射击一张薄纸那样。实验结果表明，在上万个 α 粒子中确有99.99%是可以无阻碍地穿过铂原子的，这同时证明原子中绝大部分空间是空荡荡的。然而，在射向铂原子的八千到一万个 α 粒子中，却会有一个 α 粒子被原子反弹回去（形成散射），就好象射向薄纸的15英寸炮弹被薄纸反弹回去。卢瑟福认为，带正电的 α 粒子碰到原子时的散射只能用原子中有一个虽然微小而质量却很大的带正电的核的斥力来解释，他经过计算在1911年得出结论：在原子中有一个直径约为 10^{-12} 厘米的核，这个核的体积只有整个原子的一百万亿分之一，但它却集中了整个原子质量的99.99%；电子在原子核外的空间里绕原子核旋转，就好象地球绕太阳运行。这就是卢瑟福建立的原子有核模型，或叫做原子结构的行星模型。发现原子核以后，人们用各种金属作 α 散射实验，又发现不同金属的原子使 α 粒子散射的能力不同，即它们的核电荷数量是不一样的，而原子核的正电荷越多，该元素原子中的电子也越多。

十九世纪末和二十世纪初的这些发现打开了经典物理学的缺口，使人们认识到以往的物理学的基础决不是已经充分牢固和完善，物理学家们决不只是为了在小数点后面做文章，而是要研究原子世界内部的奥秘，从根本上改变原来的自然观。原来认为原子是不

可分割的最小质点；现在，原子里面蹦出了电子，还发射出来 X 射线和 γ 射线，铁板一块的原子解体了，微妙复杂的原子内部结构摆在人们的面前。原来认为元素是固定不变的；现在，一种元素可以蜕变为另一种元素，同一种元素也可以有不同的原子量。原来认为物质的质量与运动无关；现在，电子的质量随运动速度的变化而改变，质量似乎“不守恒”了。原来认为能量守恒只存在于机械能、热能的相互转化之中；现在，一块静止的放射物质本身就是热源，即使没有外力的作用能量也源源不断，能量好象也“不守恒”了。原来质量和能量互不搭界；现在，放射性物质由于能量不断释放，质量也不断减少，质量与能量联系在一起了。电子、 α 射线和天然放射性这三大发现猛烈地冲击着牛顿力学的物质、质量、能量、运动等基本概念，古典物理学中的质量守恒、能量守恒、运动定律等基本定律面临严峻考验，物理学的革命风暴来临了。

§2 爱因斯坦的相对论

牛顿力学和麦克斯韦电磁理论，是经典物理学的最重要内容和基础。但是，这两个学说却在以太问题上遇到了根本性的困难。第一，按照麦克斯韦的理论，电磁作用（包括光）是靠以太为介质来传递的，以太无所不在，例如，太阳光之所以能传到地球，就是因为在太阳到地球的空间充满着以太；第二，按照牛顿力学，任何机械运动都是相对于一个参考系进行的，如果以太弥漫于整个宇宙空间，它就是一个理想的参考系，各种物体的运动都可以看作是相对于以太进行的；第三，从上面两个理论逻辑地得出结论，处于以太海洋中的地球要绕太阳运行（这是哥白尼学说早已证实了的），如果以太是静止的而不能被地球带动，那末，地球就会在以太中以每秒 30 公里的度速运动，即地球上的人会感到有每秒 30 公里的“以太风”迎面吹来。

人们在日常生活中没有感受到以太风，这是否由于以太风极难觉察，还是根本不存在以太风呢？十九世纪的物理学家们为了探索以太问题进行了大量的实验和观测，主要的是对双星现象和光行差现象的观测、斐索实验和迈克尔逊—莫雷实验。然而，所有这些实验和观测都不能证实以太和以太风的存在，或者说，采用以太作为传播光的介质的假定，不能圆满地对这些实验和观测作出完满的解释。

1876 至 1887 年间，美国物理学家迈克尔逊（1857—1931）和莫雷（1838—1923）进行了搜索以太风的实验。他们设想，如果地球有相对于以太的运动而以太又是传播光的介质，那末，光沿着以太的方向运动到一定距离再沿逆着以太方向运动到原点的时间，必然会大于光垂直于以

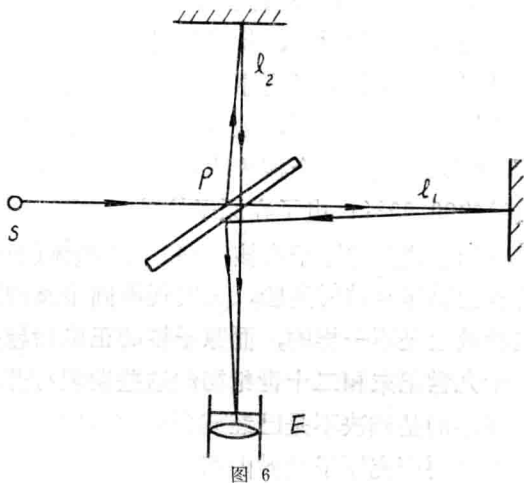


图 6

太运动方向往返同样距离的时间，就好象游泳时顺流逆流各游相等距离的时间必然大于等距离往返对岸的时间。根据这样的设想，迈克尔逊首先用他发明的干涉仪，做了多次精度很高的实验。他使用的装置如图所示，从光源 S 发出的单色光经半镀银片 P 分为两束，一束透过 P 经 l_1 射到反射镜 M_1 ，反回 P 再由 P 反射到望远镜 E ；另一束被 P 反射经 l_2 到达反射镜 M_2 ，再反回 P 并透过 P 到 E 。 l_1 与 l_2 互相垂直，距离相等。整个装置浮在一个水银槽上，可以在水平面上平稳转动，即可以分别使 l_1 或 l_2 与地球运动方向一致。如果确实有以太风存在，同一光源射的两束光分别经过 SPM_1E 和 SPM_2E 所需的时间就不相等，因而会在 E 看到这两束光的干涉条纹移动。但是，在实验过程中，尽管不断提高了观测精度，都没有发现这种干涉，也就是没有找到以太风或地球与以太的相对运动。

迈克尔逊和莫雷以寻找以太风为目的的实验得到了否定以太风存在的“负结果”，或者说他们从以太说出发实验得到了无法证实以太存在的“零结果”。但是，他们的工作决不是徒劳无益的，由于前人的和他们的实验和观测，使经典物理学在理论上遇到的困难变得更突出：放弃以太说就难以说明电磁波的传播，承认以太说又找不到地球相对于以太的运动。

在新的实验事实面前，人们不可能立即放弃以太说的传统观念，还力图用新的说法来维护它。迈克尔逊和其他一些物理学家提出，地球与以太之间没有相对运动，虽然否定了地球在静止的以太海中运动且不扰动以太的看法，却可以用地球曳引以太一起运动来解释。但是，地球带动以太运动的观点又说明不了恒星的光行差现象；而且，英国物理学家洛奇（1851—1940）还在 1893 年用实验证明，光在通过两块快速转动的钢盘时速度并不改变，说明钢盘并不能带动周围的以太。为了既保持静止以太说又能解释迈克尔逊—莫雷实验，爱尔兰物理学家斐兹杰惹（1851—1901）在 1889 年又提出了长度收缩的假说。他认为，如果一个在以太中静止的物体长度为 L_0 ，当它以速度 V 相对于以太运动时，其长度将缩短到 $L_0\sqrt{1-V^2/C^2}$ ，这就正好使人们在实验中无法测出物体相对于以太的运动。荷兰物理学家洛伦兹（1853—1928）在 1892 年独立地提出了收缩假说，他取消了以太的力学性质，但却坚持连续的以太是绝对静止的最优参考系。在他看来，物体内部各分子之间有一种力会使物体在运动方向上以 $\sqrt{1-V^2/C^2}$ 的比例收缩，因而，从以太绝对参考系时空坐标转到匀速运动参考系时空坐标时，物理方程要作相应的变换，并提出了一种变换式（洛伦兹变换）。洛伦兹还提到，在运动参考系中有它的“局部时间”。

斐兹杰惹和洛伦兹的假说实际上已论及时空的可变性，走到新时空观的边缘，只是他们没有根本突破以太说的框架，主张有一个处于优越地位的绝对的参考系，这个参考系对于以太是静止的，因而相对于这个参考系运动的物体有绝对的长度收缩。法国科学家彭加勒（1854—1912）走得比洛伦兹更远，他引进了四维时空观念发展了洛伦兹变换式；他怀疑以太的真实性，认为物理学定律的方程在进行洛伦兹变换时其形式保持不变，这实际上否定了最优参考系的概念；他还提出，物体的惯性要随其速度增长，光速是不可逾越的界限；并推测电磁场能量可能具有质量。彭加勒的这些观点已是相对论