

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

跨世纪知识城——

世界科技



世界科技

快速发展的近代科技

近代科学的最大特点是用实验方法和数学手段研究自然界，这是人类与自然界对话的特殊方式。这一时期，科学技术的发展开始打破了国家和地域的界限，天文学、力学、数学、生物学、化学、物理学等学科都得到了系统的发展；技术也得到了全面的发展，并且促进了工业的发展。

近代科学技术是以前所未有的速度发展的，这个时期的一系列科学技术成就，直接构成了当代科学技术体系的基础。

认识天体和运动

比米开朗基罗年长两岁的波兰青年哥白尼，在意大利游学 10 年之后，返回了波兰。开始构思和撰写一部不朽的天文学著作——《天体运行论》。1543 年，当作者老卧病榻时，这本写作、修改和保存了 36 年的书终于出版了。哥白尼在见到自己的著作后与世长辞，但这本书却引起了一场巨大的、持久的、深刻的学术思想革命。

哥白尼第一次正确地描述了水星、金星、地球和月亮、火星、土星、木星轨道实际相对太阳的顺序位置，指出它们的轨道大致在一个平面上，公转方向也是一致的，月球是地球的卫星，和地球一起绕日旋转。因而这个学说就成了近现代天文学和天体力学的真正出发点。

德国人开普勒在大学读书时，成了哥白尼学说的信奉者。

经过几次尝试和计算后，开普勒终于发现火星轨道是一个椭圆。开普勒在欣喜之余把这一发现推广到所有行星，继而发现了三条定律：（1）行星运行的轨道是椭圆，太阳在椭圆的一个焦点上。（2）单位时间内行星中心同太阳中心的连线扫过的面积相等。（3）行星在轨道上运行一周的时间的平方和它至太阳的平均距离的立方成正比。这就是著名的开普勒行星三定律：轨道定律、面积定律和周期定律。开普勒的发现使哥白尼的学说的几何简单性和完善性真正体现出来了，因而为这个学说奠定了不可动摇的基础。

伽利略（1564～1642）最初的科学生涯主要是对力学的研究。1600 年，他的名声在意大利以外传开的时候，他的一位多年离乡背井的同胞、哲学家布鲁诺（1548～1600），因为用哲学反对教廷而被烧死在罗马鲜花广场。布鲁诺宣传了哥白尼的学说，甚至比哥白尼更激进，他认为太阳也不是宇宙的中心，无垠的宇宙没有中心。当布鲁诺为自己的思想殉道的时候，伽利略已开始沿着自己的科学生涯向哥白尼学说接近了。

伽利略自己动手制造了一架望远镜，把它指向了天空。伽利略的这一举动标志着天文学研究从古代的肉眼观测进入了望远镜观测的时代。他的发现在 1610～1613 年公布时轰动了学术界，人们说：哥伦布发现了新大陆，伽利略发现了新宇宙。最后他在双目失明中孤独地死去。意大利的科学在伽利略之后便再没有突出的光彩了。

伽利略对现代科学最大的贡献在力学方面。奠定了现代力学的基础。

伽利略在比萨大学读书时，发明了利用摆的等时性测量病人脉搏的仪器。在对杠杆、斜面、平衡等问题，磨坊的粉碎机、扬水机、钟等机械研究的基础上，伽利略在帕多瓦大学讲授了机械学课程。

他的另一个伟大发现是落体定律。他用实验推翻了亚里士多德的权威性意见。

伽利略的第三个重要发现是运动迭加原理。这是在研究抛体运动时发现的。

牛 顿

牛顿（1642~1727）出生于英国林肯郡一个中等农户家庭，在中学时喜欢做机械玩具和模型。舅父便把他推荐到剑桥大学三一学院。1665~1666年，牛顿为避伦敦的瘟疫回到家乡爱尔索普。这期间地发现了二项式定理和流数法，开始了颜色的试验，并开始思考万有引力问题。1667年回到剑桥被选为三一学院的研究员。

1687年，哈雷用自己的钱资助牛顿，出版了牛顿的伟大著作《自然哲学的数学原理》。这本书被公认为科学史上最伟大的著作。在对当代和后代思想的影响上，没有任何作品可与之相比。它成了理论力学、天文学和宇宙学的可以补充但不可超越的理论基石。这本书包括了牛顿在力学、数学和天文学方面最重要的成就。全书的核心是牛顿的力学三定律——惯性定律、加速度定律、作用与反作用定律，以及万有引力定律。实际上这是对所有地上物体和天上物体机械运动基本规律的发现。它的历史意义是伟大的：哥白尼提出了一个正确的太阳系结构假说；伽利略发现了地上物体运动的一些基本规律，以观察事实支持了哥白尼；开普勒发现了天空中行星运动的真实状况，但他是用磁石那样的磁力来维持运动的；而牛顿则把他们的所有伟大成就统一起来了，他不仅回答了物质如何运动的问题，而且回答了物体为什么按规律运动的问题。牛顿明确定义的质量、动量和他的定律中的时间和空间概念，后来对近代欧洲的哲学思想产生了深刻的影响。他的书中阐明的基本定律成了所有力学的基本出发点。他用万有引力（日、月、地之间的引力）解释了潮汐现象，预言地球是个赤道部分略为突出的椭球。万有引力理论还导致了后来一系列天文学上的新发现。

认识生命

血液循环的发现

塞尔维特（1511～1553）是西班牙人，也是唯一的一个神教派的狂热拥护者，受到了天主教和改革派的新教两方面的仇恨。在被烤了两个小时后才活活烧死，同时他的《基督教的复兴》一书也被焚烧。这本书里记载了作者对血液循环的天才发现。

真正发现了人体血液大循环的是一个英国人哈维。

哈维（1578～1657）通过绑扎上臂血管和计算心脏血流量两个实验，发现了血液循环并且预言了毛细血管的存在。他的发现为科学的生理学奠定了基础。

细胞学说

1665年，英国人胡克在用显微镜观察软木切片时，发现了细胞。

自从胡克发现细胞以来，经过100多年的研究，一种完整的细胞学说在19世纪30年代终于形成了。1824年，法国人杜特罗歇（1776～1847）提出，动、植物的器官和组织都是由细胞组成的。

1838年，德国人施莱登（1804～1881）发表了《论植物的发生》一文，提出了细胞是一切植物体的基本单位，植物发育的过程就是新细胞形成的过程。德国人施旺把施莱登的学说扩大到了动物界。这样便形成了适用于生物界的细胞学说，动植物的结构组织和发育过程，便在细胞的层次上得到了一种统一的解释。

生物进化论

1859年，英国人达尔文（1809～1882）的《物种起源》一书的出版，标志着生物进化论的诞生。

根据达尔文的理论，生存斗争和自然选择是生物界的普遍规律。达尔文的著作作用大量的事实和严密的论证说明生物物种不是被造物主分别创造出来的，而是由简单的物种发展演化而来的，给生命世界引入了发展变化的思想。这种思想在当时的欧洲自然引起了一场风波。达尔文学说不仅引起了生物学、人类学思想的巨大革命，还影响了社会科学中的伦理学、历史学说。

认识化学

化学的独立

16 世纪时，尽管化学已经从炼金术中解放出来，变成了与冶金和制药工艺密切相关的东西，但它仍然没有成为一门独立的学科。英国人波义耳（1627~1691）的工作为化学确立了独立的目标：从炼金术、制药和冶金工艺中寻找一般的原理，使化学开始成为一门近代意义上的科学。

他的成就汇集在 1661 年出版的一本化学名著《怀疑派化学家》之中。在这本书中，波义耳提出了元素的概念。

燃烧的本质

普鲁士国王的御医施塔尔用燃素说来解释燃烧现象：任何可燃物中都含有燃素，植物中的燃素是从空气中吸收来的，动物中的燃素是从植物中吸收来的，空气助燃是带走可燃物中燃素的结果，甚至金属与酸的作用和金属的置换反应也可以看成物质间的交换燃素的结果。在几十年时间里，它甚至比波义耳、胡克等解释燃烧的学说更为流行。但燃素说有一个致命的弱点：有机物燃烧后灰渣变轻了，无机物金属在燃烧后灰渣却变重了。当氧气及其性质被发现之后，一切就真相大白了。

1777 年，拉瓦锡给科学院提交了《燃烧概论》的文章，他称这部分空气为氧气（成酸元素），从而把燃素从燃烧中驱逐了出去，用真实的原因解释了燃烧的本质。16 年后，这位化学家却因替政府承包收税而在法国大革命中被处死。但这都是“莫须有”的罪名。

原子—分子说

道尔顿（1766~1844）是个英国乡村的小学教师。1803 年，提出了原子论，认为物质由原子组成，并且根据一些化学实验计算出了一张最早的原子量表（以氢原子量为 1，求得其他原子的重量）。原子论的中心思想是：元素（波义耳的概念）由不可再分的原子组成，原子在化合和分解中保持原性质不变。

道尔顿的理论是在拉瓦锡用实验方法发现和正确阐明了燃烧现象后提出来的。近代化学进步的阶梯是：医药化学和冶金化学、元素说、燃烧理论、原子理论，直到元素周期表的发现。

道尔顿提出原子论后，法国人盖吕萨克提出了一个假说：在同温同压条件下，相同体积的不同气体含有同样多的原子数。当时盖吕萨克还没有分子的概念，他把化合物称为复杂原子。

1811 年，阿伏伽德罗正确地指出：原子是参与化学反应的最小质点，分子则是在游离状态下单质或化合物能独立存在的基本单位，单质分子是由相同的原子组成，化合物分子是由不同原子组成，当压力一定时，一切气体在相同体积中含有相同数目的分子。

元素周期率

19 世纪以来，人们对新元素的发现节奏越来越快，到 1869 年，化学家们已认识了 63 种元素。

对元素的系统分类是俄国人门捷列夫（1834~1907）首先作出来的。

门捷列夫诞生在西伯利亚博尔斯科，父亲是中学校长，在彼得堡师范学院毕业后，通过考取硕士研究生进入了彼得堡大学，并在那里很快地成了副教授。1869 年，他通过长期的教学和研究，排出了第一张元素周期表，两年

后又完善和修改了这张周期表，并以《化学元素的周期性依赖关系》为题发表了第二张元素周期表。他明确地指出：元素及其化合物的性质与元素的原子量有周期性的依赖关系，门捷列夫大胆地纠正了一些元素的原子量，把它们放在表中更合适的位置上（但他也弄错了几个），并且在表中留下了空格，预言了 6 个未知元素和它们的性质。不久这些元素就被一一发现了。于是，门捷列夫的周期表便成了化学的“圣经”。

认识热现象

热是一种运动

近代人们对热的研究是从测热开始的，当时人们不能把热和温度区别开来，认为二者是一回事。

培根、笛卡尔、波义耳、阿蒙顿、胡克、牛顿等人都曾认为热是一种运动，但他们没能用有力的实验来说明这个认识。拉瓦锡、拉普拉斯以及对比热研究做出最大贡献的布莱克都坚持把热看成一种特殊的物质。1798年，由于倾向于保守党人而在革命战争中被迫逃往欧洲的美国人本杰明·汤普森（1753~1814）在德国监制大炮时发现：钻炮膛时，炮身上和铁屑中产生的大量热，不可能是由于空气和金属中的热质所供给的，而可能是来自钻头的运动。为证实自己的想法，他用钝钻头连续工作了两个半小时，所产生的热使大量的冷水沸腾了。1799年，英国化学家戴维在真空中摩擦冰块，使其溶化，同样对热质说提出了质疑；真空中没有介质，两块冰的比热一样，溶冰的热量只能产生于摩擦运动。但在当时，热是一种运动的概念还未立即取代热质说。

能量守恒与转化定律

1840年，焦耳已发现了著名的表示电流热效应的焦耳定律： $Q = 0.24 I^2 R t$ 。焦耳的发现在遭到一段冷遇后得到了科学界应有的评价，从而确立了热是一种能量的概念，而支持焦耳的开尔文则把一个热力学系统的热力转化过程同气体分子内能的变化联系起来，在1853年给出了热力学第一定律的数学公式： $u = A + Q$ 。这一定律表明，如果系统在不吸收外部热量的情况下对外做功，就必须消耗自身的内能。这一定律指出，历史上企图创造的既不需要外界传递能量，又不消耗系统内能的第一类永动机是不可能制造出来的。热力学第一定律所表示的关系也可以推广到如电磁、化学等形式的能量转化过程中去，从而被理解为广义的能量守恒与转化定律。它是自然界基本的定律之一。

分子运动说

当阿伏伽德罗的分子概念在19世纪后半叶被人们普遍接受后，克劳修斯对宏观的热力学现象作了微观的动力学研究 and 解释：气体是由大量运动着的弹性质点——分子组成的，气体分子运动时，通过各个方向上的不规则的相互碰撞，交换动量和动能。气体的压力便是气体分子对器壁碰撞的总效应。运动的速率（不考虑方向的速度，作为标量的速度值）随气体的温度升高而增加，气体的热能就是分子运动的平均动能。这样，他就对气体的压力和温度作出了微观解释。克劳修斯还从若干参数出发，导出了气体温度、压力与分子平均动能之间的关系的数学表达式。

1860年，英国人麦克斯韦（1831~1879）用概率统计的方法发现气体处于热平衡时，尽管个别分子运动的速率大小是偶然的，但从整体来说，大量气体分子的速率分布却是遵从一定规律的，在一定速率区间运动的分子数目是相对确定的。这一规律便是气体分子速率分布规律，它是气体分子论的基本规律之一。

认识电磁现象

对静电的研究

古代人们已经知道，琥珀和皮毛、玻璃和丝绸摩擦后会吸起轻小物体，这实际上是静电引力。吉尔伯特也研究过物体之间的摩擦起电现象。

在此之后，德国人盖里克（1602~1686）创造了第一台静电起电机——用手与转动的硫磺球摩擦，使球体和人体都带电。利用这种方法，他发现是可以通过金属杆传导给另一个物体，并发现了感应起电现象。

荷兰莱顿大学的穆欣布罗克（1692~1761）正在用起电机使瓶内的水带电，他的一个朋友的手接触到插在瓶中的铁丝后，被突然一击，这便是电震现象。后来，穆欣布罗克根据这个实验，发明了莱顿瓶。这种静电存贮设备的发明，使电学实验更为普遍和方便，在当时被视为一大发明。

本杰明·富兰克林（1706~1790）。这位年轻时的印刷徒工、热心于新闻事业的企业家、用勤勉和艰苦奋斗精神教导别人的说教者、以自己的名望和杰出才能在法国宫廷为危难中的新国家取得支持的外交家，也是电学研究的一个先驱。

富兰克林最著名的实验是1752年所做的风筝实验。根据这一实验，富兰克林发明了避雷针，这一伟大发明为工业社会的高层建筑增加了安全系数。当然，经验证明，这不是绝对的安全，因为如果放电是振荡性质的，避雷针可能失效。

电流的发现

意大利人伏特用舌头含着一块金币和银币，当用一根导线把它们连接起来时，就感到了苦味。最后认识到：金属的接触是产生电流的真正原因（当两块相同的金属接触时，只有在它们的温度不同时才会产生电流，称为温差电效应；但当不同的金属接触时，在相同温度下亦会产生电流，这是由于接触电势差造成的）。伏特根据他的发现制成了用锌板和铜板作为两极的伏特电池，这是最早的能提供稳定直流电的电池。这一发明为19世纪电学的实验和发展提供了最重要的工具。由于这一发现和发明，伏特的名字成为电势（电压）的基本单位。伏特因而被法国皇帝拿破仑邀请到法国讲学。

电动力学的诞生

对静电的研究和电流的发现，导致了电学方面的一场科学革命。

法国人安培发现：通电导体不但会对磁针发生作用，而且两根通电导体也会相互作用。当它们有同向电流时相互吸引（与静电荷不同，相同静电荷相互排斥）；当它们有反向电流时则相互排斥。在3年后，安培完整地发现了电流使磁体偏斜的方向法则——安培法则（右手螺旋法则），并且给出了这一法则的完美数学形式（安培定律和安培环路定律）。由于他在电动力学上的开创性贡献，使安培的名字成为电流的单位（然而，安培生前的生活并不如意，他的父亲在革命中被斩首，这使年轻的安培精神上受到了刺激。他的晚年是在荣誉后面的忧虑和苦恼中度过的）。

更重大的发现接踵而来。英国大化学家戴维的助手法拉第（1791~1867）自1822年以来一直思考和尝试着把磁转化成电的设想。他试图用磁产生电。1831年，他终于成功了。他在实验中发现：当原线圈中的电流接通或断开时的瞬间，连接的次级线圈中会产生电流。他在反复实验中认识到：当闭合电路的磁通量发生变化（磁场强度发生变化）时，线路里就会产生感生电流，

感生电动势的大小与闭合线路中磁通量的变化率成正比。同一时期，美国人亨利（1799~1878）甚至比法拉第更早独立地发现了电磁感应现象，但法拉第在1825年便担任了英国皇家研究院院长，由于他的地位和他对电磁世界的理论解释，使他的影响大大超过了亨利。电磁感应定律的发现，为发电机和电动机的制造奠定了理论基础，而法拉第也是这方面的先驱。

电磁学理论的大厦是由英国人麦克斯韦（1831~1879）最后完成的。在领略到法拉第成就的意义之后，麦克斯韦试图用完善的数学形式来表达它。1862年，他论证了位移电流的存在，并预言：变化着的电场和变化着的磁场会相互连续地产生，以波的形式向空间传播。这便是电磁波。10年后，麦克斯韦便把包括库仑、高斯、欧姆、安培、毕奥和萨伐尔、法拉第等人发现的定律以及他本人的位移电流理论概括为一组积分形式的方程式（共4条），并因此导出了电磁场的波动方程。由于式中电磁波的传播速度就等于当时测出的光速，麦克斯韦便预言：光也是一种电磁波。他的理论成了反映电磁运动基本规律的普遍理论。麦克斯韦1873年出版的《电磁学通论》与牛顿的《自然哲学的数学原理》和达尔文的《物种起源》同样被视为科学巨著。

认识光现象

光的本质和特点

光是光子的运动。它是光源中原子或分子中的电子运动状态发生变化时辐射出来的光子的运动。

他还最早开始全面地研究光。他发现，点光源发出光的强度随着被照物体与光源距离的平方成反比减弱。他还发现，光从玻璃中折射到它与空气的界面上时，如果入射角大于 42 度，就会发生全反射。

1621 年，荷兰人斯涅尔（1591 ~ 1626）发现了光的折射定律。

荷兰人惠更斯在波动光学上贡献最大。他发现了惠更斯原理——介质中波动传播到的各点都可以看做是发射子波的波源，任意时刻这些子波的包络就是新的波前。

牛顿在光学研究方面也是成果累累。他几乎总结了当时人们在光学方面的所有成果——反射、折射、干涉和颜色。他用棱镜分解了太阳光，说明了白光中包含了 7 种颜色光，发现了牛顿环，并定量解释了牛顿环和薄膜干涉，还提出了对以后光学和物理学发生了重大影响的问题。牛顿这方面的成就集中体现在他的《光学》一书中。根据他的大多数观点来看，他似乎把光看做光源向各个方面阵阵簇射出来的粒子流。

红外线和紫外线

1800 年，天文学家赫歇耳发现在太阳光谱线的红外端以下所放的温度计明显地受到了热辐射，从而发现了红外线。紫外线不会产生显著的热效应，但却会产生一些化学效应。通过这个途径，英国人沃拉斯顿和德国人缪勒（1809 ~ 1875）先后发现了紫外线。

1814 年，德国人夫琅合费（1787 ~ 1826）用他制成的分光镜发现了太阳光谱中的暗线——夫琅合费暗线。他改进仪器后仔细观察，暗线竟达几百条！当他把分光镜对准月球、金星和火星时，在这些星的光谱里也发现了那些暗线，这一研究开创了天体分光光学。后来，基尔霍夫（1824 ~ 1887）和本生（1811 ~ 1899）对这些暗线的研究和解释表明，它们同太阳上的元素成分有关。这一点，开始从化学上证明，天体和地球都是由同类化学元素构成的。

近代技术的发展

纺织机器的革命

牛顿时代科学的发达又给英国人增加了精神上的优越感。一次悄悄的但却是影响深远的技术革命随之发生了。这场革命是从英国最发达的、为海外贸易而生产产品的纺织部门开始的。

1733年，凯伊发明了飞梭，从此人可以不再用手抛梭织布了，织布效率大大提高，使手工纺纱供不应求。5年后，惠特制出了滚轮式纺纱机，这样又不用手指纺纱了。

1764年，哈格里沃斯（1720~1778）把单锭纺车改造成了多锭纺车，引纱和捻纱都实现了机械操作，纺纱效率提高了十几倍。他以自己女儿珍妮的名字称呼这个能纺出细纱的杰作。1768年，理发师阿克莱特可能是剽窃了木匠海斯的设计，制成水力带动的滚筒纺纱机，它能纺出不够均匀但却坚实的纱。1774~1779年间，当过童工的工厂主克伦普敦（1753~1827）综合了哈格里沃斯和阿克莱特机器的优点，制出了骡机——它效率很高，纺出了既结实又均匀的纱。这样又改变了纺织业的局面：在纺纱机面前，飞梭已嫌太慢。1785年，牧师卡特赖特（1743~1823）发明了自动织布机。这些机器的应用使工厂的生产能力和利润直线上升，机器成了摇钱树。尽管它因造成工人的失业而遭到了反对，但仍然逐渐在整个纺织业中迅速推广开了。到1800年时，英国的纺织业已基本实现了机械化。

蒸汽机的完善

1784年，曾在格拉斯哥大学当过仪器制造工人的瓦特（1736~1819）把纽可门的汽压机变成了能在各个工业部门应用的动力机，完成了在工业中将热能转化成机械能的伟大勋业，使他的名字成为工业革命的象征。

瓦特出生在苏格兰杰克镇，他祖父教授数学。瓦特小时候，家里墙上挂着耐普尔和牛顿的画像，培养了他对科学的好奇心。他13岁时就在父亲的作坊里制造出一些机械模型，这使他后来选择了实验室工具制造者的职业。瓦特懂法语、意大利语和德语，他是一个博学和智力敏锐的人，对哲学、诗和音乐也有兴趣。

蒸汽机这样一个巨大的发明是不能在实验室中进行的，建造和实验都需要齐全的设备 and 人员。因此，布莱克教授把瓦特介绍给了他的朋友——工厂主罗巴克。他们合伙研究和应用，后来罗巴克破产，他们的合同被转让给博尔顿。瓦特的蒸汽机终于在同后者的合伙中成功，成为工业中的动力机：具有曲轴连杆、飞轮和离心调速器的双向蒸汽机。蒸汽的膨胀力在这里被转化成了均匀的机械的圆周运动，成了所有工业的普遍动力。蒸汽使工业发展起飞了。

印刷术的革命

欧洲最早的印刷机是古腾堡于1450年制成的，和古代一样，古腾堡的印刷是靠手工排字进行的，造纸、印刷、装订也都是专门的手工作业。这种方法在欧洲持续了约350年。

1798年，法国人尼古拉·路易·罗贝尔发明了长网造纸机，并随后将他的专利带到英国，作了进一步改进，于1803年展出了第一台造纸机。机器造纸的时代开始了。到1843年时，英国纸张的价格已降低了一半。

继造纸机之后，德国人柯尼斯（1774~1833）在机械师弗里德里希·鲍

尔的帮助下于 1812 年发明了高速印刷机。1814 年 11 月 24 日用高速印刷机印刷的《泰晤士报》首次发行，这一年，柯尼斯发明了双面印刷机。高速印刷机的出现标志着印刷的机械化，是印刷术发明以来一次重要的技术革新。

交通工具的飞跃

1814 年，矿工出身的英国人史蒂文逊（1781～1848）制成了第一台实用的蒸汽机车。1822 年他建立了机床车辆厂，3 年后他建造的铁路正式通车。从此，铁路首先在英国，紧接着在欧美大陆乃至全世界延伸，成为工业的大动脉。

1803 年，得到拿破仑（1769～1821）资助的美国人富尔顿设计的蒸汽船在塞纳河上试航时断裂下沉。又过了 3 年，富尔顿的蒸汽船“克利蒙梭”号在北美的哈得逊河上试航成功了。在瓦特去世的 1819 年，美国人制造的装有蒸汽动力的帆船“萨凡那”号满载棉花，用 29 天走完了哥伦布 72 天的航程。燃料动力船满载着工业原料和产品在各大洲之间穿梭，它把世界各大洲迅速地联结起来了。这样，古老的帆船就永远退出了远航的行列。

与化学有关的工业

1735 年，亚伯拉罕·达比发明了焦炭（在抽去空气的炭窑中烘烤煤，产物为焦炭、煤气、煤焦油）。从此，煤成了炼铁的燃料。瓦特的蒸汽机出现后，煤成为工业动力机的燃料。炼焦产生的煤气和天然煤气也被用作煤气灯和煤汽机的燃料。世界采煤量自工业革命以来迅速上升，煤不但一直是城市和农村的家用燃料，并且由于化学的进步，使它成了化学工业的重要原料。

纺织工业需要有稀酸来加工纺织纤维。1746 年，英国医生罗巴克发明了用铅室法生产硫酸的方法，后来在伯明翰建立了首批硫酸工厂。纯碱是制造玻璃和肥皂不可缺少的东西，在织物的漂、染、印过程中，它和硫酸一样重要。而且，生产纯碱的初级产物中还有硫酸。因而，纯碱制造成了 18～19 世纪相当重要的化学工业。

当硫酸厂、制碱厂在法国、英国和德国纷纷建立起来的时候，德国人李比希把他的化学研究成果应用到化学工业中，通过宣传和实验指导，首先使 19 世纪 40 年代的德国，紧接着是英、法两国，出现了第一批生产磷肥和钾肥的化肥工厂。

19 世纪化学家的发现使新的化学工业出现了。1856 年，年轻的英国化学家珀金（1837～1907）首次合成苯胺紫。这是第一个人工合成的染料。以前各种染料只有从植物和动物中才能提炼出来。英国人由于能从广阔的殖民地便宜地获得这种天然染料，起初对它并没有强烈的兴趣。但不占有殖民地却急于发展的德国人对它产生了极大的兴趣。

由于很多化学工厂是从药铺或大药房发展起来的，医生和药物学家们常常是化学家。19 世纪后半叶，在化学工业中诞生了制药工业。19 世纪 80 年代，成批生产的合成药剂进入了市场。进入 20 世纪以来，这些药物的种类迅速增长，日益繁多。在最初的合成药剂中，只要举出阿司匹林、佛罗那和德国病理学家保罗·艾利希所发明的“606”，就足以说明这类新产品对人类生活的影响了（到 20 世纪，西医主要是用合成药剂和新发明的抗菌素类药物做药物治疗的）。

19 世纪化学工业的另一项伟大发明是瑞典化学家和工业家阿尔弗雷德·诺贝尔（1833～1896）于 1863 年发明的安全炸药。他的发明为采矿、工业及筑路提供了爆破物。几乎所有工业国家都根据他的专利兴建了诺贝尔炸

药厂。这一专利和经营俄国巴库油田的利润给他带来了万贯家产。19 世纪后半叶，无论是军用火药，还是民用的炸药，都已经由化学工艺生产，而不再用人工方法配制了。

19 世纪的机器制造业、枪炮制造、火车机车、铁轨和轮船的制造，使对钢铁的数量和质量的要求以空前速度增长。矿山的规模在日益扩大，矿山设备在日益更新，18 世纪的土法炼铁炼钢法已大大不能满足要求了。

1855 ~ 1865 年间，英国工程师贝塞麦(1813 ~ 1898) 发明了转炉炼钢法。这种方法在熔化了了的生铁中吹入空气并加入高锰铁水，去除了杂质，并控制了含碳量，炼钢的新纪元开始了。当转炉同传统的高炉在欧洲冶炼厂同时矗立起来之时，1861 ~ 1865 年间，德国的威廉·西门子(1823 ~ 1883) 和法国的马丁(1824 ~ 1915) 又发明了平炉炼钢法。这一方法提高了炉内的温度。至此，高炭钨锰钢、钨铬钢和高速工具钢等，都先后被炼制出来。1878 年，英国人托马斯发明了具有良好脱磷效果的碱性转炉炼钢法。这样，就为机械加工中的刀具和机械制造提供了更多可供选择的材料。即使是在 20 世纪，钢铁工业也依然盘踞在最庞大的重工业前列。

通讯

美国人贝尔(1847 ~ 1922) 在实验中实现了用电传递声波，于 1867 年发明了电话。这是比电报更方便、更直接的信息传递技术。10 年后，贝尔创办了电话公司，并在 3 年内安装了 5 万多部电话机，使美国相距 80 公里的城市之间有了长途电话。由于爱迪生和英国人休斯发明了新的话筒，以及交换机和自动拨号机的问世，电话得到了改进。1969 年，由贝尔集团发展而来的美国电话电报公司已拥有 1 亿部电话分机。今天，美国人每 2 人平均一台电话机，而全球每个主要地区的人都可以通过电话直接对话。电话缩小了人类的语言空间，加快了社会信息流的传递和反馈速度。

爱迪生于 1877 年所发明的留声机是用在锡箔或锡管上刻声迹(沟纹) 的方法来保存和重显声音的装置。这一发明首先把音乐带进了家庭。后来，由于丹麦人波森在 1898 ~ 1900 年间发明了磁录音带，留声机便逐渐改进和发展成为现代录音机。它和无线电广播一起，成为人们文化生活的一部分。由于录音设备能把声音保存下来，并在需要的时候重放，实际上它也和现代摄像设备一起，成了保存人类历史片断的魔箱。

照相术

1871 年，英国医生麦道克斯发明了干板。接着，美国人乔治·伊士曼(1854 ~ 1932) 改进了干板，并发明了卷式底片。在他的努力下，照相底片开始工业化生产。1888 年，伊士曼将装卷式底片的柯达相机推上市场，从而打开了轻便摄影之门。用伊士曼做广告时的话说：“你只要按下快门，其余由我们来处理。”从此，摄影技术开始普及。

随着摄影器材、底片材料和洗印技术的改进，黑白照相能由光线把自然景物和人的形象一丝不差地在平面上复印出来，开始把陌生遥远地方的自然景象逼真地呈现到人的面前，并使那些请不起肖像画家的普通人能通过摄影把本人的肖像留存于世间。摄影术的诞生也深刻地影响了艺术的发展。19 世纪后期，肖像画家的生意已不如往昔兴隆。画家的作品从此只有艺术的意义了。当然，摄相机不但利用阳光体现了真实的影像，而且也可以进行艺术摄影。

突飞猛进的现代科技

20 世纪的物理学革命

一系列的新发现

英国人克鲁克斯(1832~1919)在1879年,发现阴极射线是一种高速带电粒子流。后来,汤姆生将这种微粒称为电子。1906~1914年间,美国人密立根,测出了精确的电子电量值。

电子是人类发现的第一个基本粒子,它是古代原子论者和道尔顿都不曾想到过的东西,预示着原子还存在着不同的成分。继电子之后,物理学家们至今已发现了400多种基本粒子。

1895年,德国人伦琴(1845~1923)研究阴极射线激发玻璃壁发生荧光时,偶然发现放电管附近用黑纸密封的照相底片感光了,这说明管内发出了一种能穿透底片封层的射线。他称这种新的射线为X射线。

X射线很快被应用于医学上的体内异物诊断,并进而用于透视诊病和工业方面的检验分析。

法国人柏克勒尔通过反复实验,发现铀盐本身具有放射性质。

法国人皮埃尔·居里(1859~1906)和他的波兰妻子玛丽·居里(1867~1834)在了解了柏克勒尔的工作后,发现了新的放射性元素钷,接着又从沥青铀矿中分离出了放射性比铀强400倍的钷(取此名以纪念居里夫人的祖国波兰)。经过45个月的艰苦努力,1902年,居里夫妇从几吨青铀矿渣中分离出0.12克的氯化镭,它的放射线是铀的200万倍!它几乎能穿透一切东西。

德国犹太人爱因斯坦(1879~1955)于1905年在瑞士发表了《关于光的产生与转化的一个启发性观点》一文,提出辐射在传播过程中的能量也是不连续的,并称传播中的能量子为“光量子”(后来又称为光子)。爱因斯坦的光量子理论把光的粒子性和波动性统一起来了,这种统一表现在光子的能量与光波的频率不可分割地联系在一起。至此,人们认识到光具有波粒二象性,在传播过程中,光表现为波动,在同物质相互作用的过程中,光则表现为光量子。

量子力学的建立

1925年,德国人海森堡(1901~1976)建立了量子力学的一种数学表达式——矩阵力学。在他看来,玻尔所描述的电子在原子核外轨道上的运动模型是不可观测的,量子力学方程中只应包括可观测的原子光谱线的频率和强度。矩阵力学就是用矩阵计算方法处理这类可观测量的数学方程。在完善这种矩阵力学的过程中,海森堡得到了玻恩(1882~1972)和约尔丹的帮助。生于奥地利的瑞士人泡利(1900~1958)从海森堡的理论推导出了巴尔末关于氢原子光谱的公式。英国人狄拉克在研究过海森堡的理论与经典理论之间的本质区别后于1927年发表了《量子代数学》一文,使矩阵力学理论体系更加严密。

1926年,奥地利人薛定谔(1887~1961)沿着另一条途径建立了量子力学的又一种数学形式——波动力学。

薛定谔的物质波运动方程提供了系统和定量处理原子结构问题的理论,除了物质的磁性及其相对论效应之外,它在原则上能解释所有原子现象,是原子物理学中应用最广泛的公式,它在量子力学中的地位与牛顿运动方程在

经典力学中的地位相似。

在此前后，泡利于 1925 年提出了电子自旋的概念，狄拉克得出了电子具有磁矩的结论，并提出了符合狭义相对论要求的电子量子论，开创了相对论波动力学的研究。自第一个反粒子发现之后，物理学家们逐渐认识到，一切粒子都有反粒子，它与粒子具有相同的质量、寿命和自旋，具有相反的电荷和磁矩。

1927 年，玻尔通过对微观粒子波粒二象性及测不准关系的研究，提出了著名的互补原理（并协原理）。玻尔认为，量子力学在描述微观粒子的运动规律时仍然运用着经典力学中的概念——动量、质量、能量、频率、波长、几率等，这是自然科学的基础语言，不可能抛弃它们，但与宏观领域不同的是：在描述微观粒子运动规律时运用一类经典概念时，就会排斥另一类经典概念；但在换一种条件的情况下，则又要运用那些在原来的条件下被排斥的概念来描述微观现象。这两种描述中的任何一种都是不充分的，而且是彼此不相容的，但为了说明所有可能的实验又都是必要的。这两类彼此排斥的概念在描述微观粒子性质所具有的二重性时是互补的。

原子核物理学

1939 年 1 月 6 日，玻尔到美国出席一次物理学家会议，把原子核分裂的消息告诉了与会的科学家们，这些人兴奋无比，很多人立即着手研究，在数周内，一再证实了铀裂变的存在，并发现了铀裂变时原子核放出的巨大能量。毫无疑问，链式反应的实现，会在极短的时间内放出巨大的能量，从而为制造原子武器提供可能。

由于德国的科学家曾参与了核裂变研究，还由于当时美国的情报证实纳粹分子正在组织人力研究链式反应，在美国的物理学家中有人感到，有必要抢在德国之前尽快制造出原子弹。1939 年 8 月，一封由西拉德谋划、由最有声望的科学家爱因斯坦签名的信，经一位与白宫关系密切的经济学家萨克斯交到了美国前总统罗斯福（1882~1945）手中。1940 年，美国的物理学家们采取了共同保守有关核裂变和链式反应研究全部秘密的紧急措施。1941 年 12 月，美国制造原子弹的“曼哈顿工程”正式上马。奥本海默（1904~1967）被任命为洛斯—阿拉莫斯实验室主任，领导原子弹的设计和研制。1945 年 7 月，世界上第一颗原子弹在美国西部沙漠上试验成功。同年 8 月，美国在日本的广岛和长崎共投下了两颗原子弹，它们的爆炸是人类历史上最惨烈的第二次世界大战的巨大尾声。

第二次世界大战后，前苏联于 1949 年 2 月、英国于 1952 年 1 月，都成功地爆炸了原子弹。1964 年 10 月，中国加入了拥有核武器国家的行列。继中国之后，印度也于 80 年代拥有了原子弹。

1952 年 11 月，美国试验成功了第一颗核聚变武器——氢弹，9 个月后，前苏联的氢弹也爆炸成功。1967 年，中国成功地爆炸了第一颗氢弹。

核能技术不仅被应用在武器方面。1954 年 1 月，美国人制成了世界第一艘核动力潜艇“鹦鹉螺”号，1954 年 6 月，前苏联在奥布宁斯克建成了世界第一座核电站，1957 年 12 月，美国人建成了希平港核电站，英、法、德等国也都相继发展了核电站。中国自行设计的第一座核电站——浙江秦山核电站已经于 1992 年正式运行发电。

相对论

爱因斯坦对物理学的最大贡献是相对论。相对论提出了对宇宙的一种新

观点，爱因斯坦也因此被公认为 20 世纪最伟大的科学家。

根据狭义相对论，爱因斯坦指出：物体相对于观察者运动时，沿相对运动的方向上，它的长度会缩短，速度越大，缩短越多，即运动的尺子要缩短；时钟相对于观察者运动时会走得慢些；光速是物质运动的极限速度；如果两个事件在一个惯性系中是同时但不是在同地发生的，那么它在相对于该惯性系匀速运动的另一个惯性系中则不会是同时发生的，即同时性也是相对的；在物体运动速度远小于光速的情况下，相对论力学就变成了牛顿力学。

在建立了狭义相对论之后，爱因斯坦又研究了引力问题。在牛顿力学中，物体有两种质量：牛顿第二定律中的惯性质量和万有引力定律中的引力质量。尽管牛顿推算出这两种质量是相等的，但却没有作出理论上的解释。匈牙利人厄缶（1848~1919）曾用实验证明这两种质量是相等的。以两种质量相等为基础，爱因斯坦在 1913~1916 年间提出了著名的等效原理和广义协变原理，建立了新的引力理论——广义相对论。

现代天文学的发展

观测手段的进步

伽利略最先把望远镜指向太空，使天文学研究进入了望远镜观测的时代。近代以来，望远镜的口径不断增大，观测的距离和清晰度不断增加。自19世纪照相术发明以来，照相方法逐步被应用到天文研究方面。由于光学的进步，分光方法在天文研究中得到了进一步的应用。分光方法是指让星光通过棱镜或光栅，使之按波长大小排列，形成光谱进而研究的方法。牛顿用棱镜分解日光是分光方法的开始。50年代以来，随着航天技术的发展，人们已经不再局限于在大气层以内进行天文观测了，而开始了大气层外的天文观测活动。在这方面最著名的例子是1990年4月由美国人通过航天飞机送入太空的哈勃望远镜。

20世纪天文研究方面具有革命性意义的是射电天文学的出现。射电天文学使天文观测的范围从可见光频率扩展到了所有电磁波谱的频率范畴，开辟了对不可见天体的研究，在某种意义上导致了20世纪天文学的革命性进展。

宇宙有多大

现代天文学的进展最后趋向于可观测的宇宙有限的结论，而这一宇宙有限的观点正是随着天文学家所能观测到的宇宙范围越来越广而提出来的。1923~1924年间，美国人埃德温·哈勃(1889~1953)用当时世界上最大的反射式光学望远镜(口径为2.5米)确认仙女座大星云不是银河系的弥漫星云，而是银河系以外的恒星系统。目前，用最大的反射式光学望远镜，可以看到30亿光年远的宇宙，但是，由于射电天文学的出现，光学望远镜所能达到的极限已不能作为人类认识宇宙广度的界限了。

目前用光学望远镜看到的30亿光年远的星系，已达到了可观测宇宙1/3的深度，而用射电望远镜所看到的100亿光年远的星系，已经达到可观测宇宙的边际了。

宇宙演化理论

爱因斯坦、德西特的宇宙与弗里德曼和勒梅特的膨胀宇宙开始引起天文学家们的广泛注意和研究。

弗里德曼和勒梅特的宇宙是一个膨胀着的宇宙，而膨胀总是从物质密度无穷大时开始的。1932年，勒梅特从他的模型出发，提出了一个宇宙演化学说，认为整个宇宙的物质最初集中在一个超原子宇宙蛋里，后来发生猛烈爆炸，碎片向四面八方散开，形成了今天的宇宙。但他当时还没有完全足够的核物理学知识来描述宇宙蛋爆炸后宇宙演化的具体过程和细节。另外，勒梅特还低估了宇宙的年龄，这是因为当时哈勃所给出的宇宙尺度只有20亿光年。后来巴德研究河外星系时得到了新的结论，宇宙的尺度增加了20倍，宇宙的年龄也由勒梅特的20亿年增至50~60亿年。

尽管如此，大爆炸宇宙论还不是一个完善的理论，它还不能从物理学的观点说明宇宙初始点的条件，也不能有把握地预言宇宙的终结。

现代地学的发展

大陆漂移说和地幔对流说

近代欧洲人研究了岩石的成因。在这方面产生了两种主要的观点：水成论和火成论。

1893年，美国人威廉斯（1847~1918）提出了地质年代学的概念，企图按地质构造来确定地壳岩层的年龄。但这方面的认真研究是20世纪才开始的。由于放射性元素有一个固定的半衰期，在半衰期内，核数目会减少到原有数目的一半。所以，研究地壳岩石中元素的各种稳定和不稳定同位素的丰度和它们之间比值的变化，便可以确定矿物、岩石的地质年龄。

但一般来说，人们普遍认为地球表面的大陆是静止的，没有运动。近代的地质科学还没有关于大陆运动的思想。

1912年1月，德国人魏格纳（1880~1930）在马尔堡科学协进会作了题为《大陆的水平位移》的演讲，提出了关于大陆漂移的假说。1915年，魏格纳利用服兵役的病假期写成了《海陆的起源》一书，从地球物理学、地质学、古生物学和生物学、古气候学、大地测量学等5个方面详细论述了他的大陆漂移说。这是第一个关于大陆运动的系统学说。魏格纳认为，全世界的所有大陆原来是一个被整海（泛大洋）包围着的整陆（泛大陆），由于潮汐和地球自转的作用，巨大的大陆岩体分裂成几块，慢慢分开，漂浮在玄武岩底的海洋上，向各个方向移动，经过几亿年的时间，这些移动形成了世界各大洋大洲今日的面貌。

1928年，英国人霍尔姆斯提出了著名的地幔对流说。霍尔姆斯认为，地壳下的地幔物质可以发生热对流，上升的地幔流遇到大陆屏障后，会向两边流去，产生的引张力将陆块扯裂，然后使之漂移，在陆面上形成裂谷；两股相向流动的地幔汇合起来向下流动时，挤压力和拉力造成了地槽和海渊。霍尔姆斯把地幔作为大陆漂移的传送带，从而较好地解决了大陆漂移的驱动力问题。当然，霍尔姆斯的说法也仍然是一种假说，当时的大陆地质学和海洋地质学都还不能提供地幔对流的足够证据。

海底扩张说和板块构造论

1960年是海洋地质学上有纪念意义的一年。这一年，瑞士人J.皮卡德和一位美国人乘坐奥古斯特·皮卡德（1884~1962）发明的“的里雅斯特”号深潜器，下潜到1万多米深的马里亚那海沟底部，使人类探测到了海洋的最深处。另外，美国普林斯顿大学的赫斯（1906~1969）在这一年提出了海底扩张说。赫斯认为，洋中脊是洋壳生成的地方，地幔对流环将地幔物质从这里挤出，形成新的洋底；对流环分离时携带新洋底背离洋脊运动，在海沟处重新返回地幔深部；陆块边界与下降的对流环为邻，便会发生强烈的变形；另外，海底平顶山原是洋脊处的火山岛，后来被侵蚀作用削平，由于随洋底运动，逐渐离开洋脊，淹没在海洋中。1962年，赫斯以《海洋盆地的历史》为题正式发表了上述观点。

在大陆漂移、地幔对流、海底扩张等学说及古地磁学、地震学研究资料的基础上，英国剑桥大学的麦肯齐、R.L.帕克尔，美国普林斯顿大学的摩根、哈得逊河畔拉蒙特地质研究所的法国人勒比雄等人在1967~1968年间提出了板块构造理论。勒比雄在他的文章中将地球的岩石圈划分为欧亚、非洲、澳洲、南极洲、美洲、太平洋六大板块，详细讨论了它们的运动。摩根的论

文还讨论了地幔物质在洋脊热点处涌出的情况。板块构造理论认为地壳板块是地幔软流圈上的刚性块体，板块的边界处是构造运动最活跃的地方，在这里存在着3种边界应力：由于两个板块相对运动而产生的挤压力（如造山带的隆起、海沟处一个板块俯冲到另一个下面时）；两个板块背离运动时的引张力（如东非裂谷和海底全球大裂谷的形成）；两个板块相互滑过时的剪切力（如转换断层的形成）。总之，板块之间的相对运动被视为全球地壳构造运动的基本原因。这样一个全新的地壳运动理论的诞生，表明了人类对脚下的大地和海底的构造运动规律有了超越日常经验的理论认识。在某种意义上，这是人类地球观的一次革命，它可以同哥白尼革命相媲美。

20 世纪的生命科学

基因的发现

近代生物学是从维萨留斯研究人体结构开始的。其后，哈维发现了动物的血液循环。胡克发现了细胞之后，随着对生物生殖细胞的研究，在生物个体发生方面产生了预成论和渐成论，最后施莱登和施旺用细胞学说对个体生物学作了总结。从人体结构到动物的血液循环、再到细胞学说，显示了近代个体生物学进步的道路。从 20 世纪的观点看，这些成果都仅仅是最基本的生物学和生理学常识，生命的奥秘还隐藏在细胞之中。与达尔文同时代的奥地利人孟德尔（1822~1884）已开始了遗传学研究，并发表了《植物杂交的试验》一文。

孟德尔的发现并没有被他的同时代人接受，而是在 1900 年被生物学界重新发现的。1909 年，丹麦人约翰逊将孟德尔文章中的遗传因子称为基因，于是，基因的概念便成了遗传学中的一个基本概念。

1908 年，美国人摩尔根（1866~1945）开始做果蝇实验。果蝇有 4 对染色体，雌体和雄体有 3 对完全相同，1 对则不同，雌的由两条 X 染色体组成，雄的由一条 X 染色体和一条 Y 染色体组成。他在实验中特别注意了这对不同的染色体（其中包含了性染色体），并发表了关于果蝇性连锁遗传的论文，将一个基因和一个具体的染色体的行为联系起来。

摩尔根的工作使孟德尔的遗传学进入了细胞学，染色体从此被认为是遗传基因的载体。

分子生物学和生命起源

生物大分子的基础是蛋白质和核酸。蛋白的名称是瑞典人柏采里乌斯于 1836 年提出的。1902 年，德国人费舍尔（1852~1919）提出了蛋白质的多肽结构学说。其后，生物化学家们又发现生物催化剂——酶、内分泌激素等都是蛋白质。

核酸是瑞士人米歇尔（1844~1927）于 1868 年在德国做研究时从脓细胞中最先提取出来的。1929 年还确定地认识到核酸有两种：DNA（脱氧核糖核酸）和 RNA（核糖核酸）。

由于染色体是由蛋白质和核酸构成的，究竟是蛋白质还是核酸在遗传过程中起着主导作用呢？最初，由于人们认为蛋白质比核酸活跃，结构和种类比较多，核酸比较稳定，结构简单，故多把注意力放在蛋白质方面。然而，核酸中的 DNA 才是遗传的真正物质基础。

生命的物质基础是蛋白质和核酸，人工合成它们是生物化学家们多年的梦想。1955 年，英国人桑格在费舍尔工作的基础上，弄清了分子量小、结构简单的蛋白质——胰岛素的 51 个氨基酸序列。1958 年，由王应睐领导的一个中国生物化学家小组开始试探合成结晶牛胰岛素，并在 1965 年 9 月首次取得成功。目前合成含有大量氨基酸的蛋白质仍然是困难的。

1924 年，前苏联科学家奥巴林（1894~1980）在《生命起源》一书中认为地球上在有生命前存在着有机小分子物质，它们能在原始地球条件下形成复杂的有机化合物。生物化学家在这方面还做过一些新的模拟实验，提出过一些新的猜想，其中主要有生命起源于水溶液介质的海相起源派和与之相对的陆相起源派。

神经和脑科学

神经元理论。1838年捷克人普金叶观察到了神经胞体，并认为细胞相当于能量发生器，神经纤维相当于能量传输器。德国人盖拉赫（1820~1896）于1871年提出神经系统像一个复杂的网状结构。瑞士人希斯认为神经系统是由许多独立的细胞组成的。1891年，德国人哈茨（1836~1921）赞成神经细胞的假设，并建议称神经细胞为神经元。然而，这两种理论的争论一直持续着。直到1934年，西班牙组织解剖学家卡哈尔（1852~1934）在他的一本专著中提出了令人信服的论据，使神经元理论被人们普遍接受了。

反射学说。19世纪30年代，英国人霍尔（1790~1857）研究了一类如手碰到火立即缩回的不随意活动，将这类活动称为反射。1893年，英国人谢灵顿（1857~1952）在研究膝跳反射后得出结论：神经干不仅有传出运动的纤维，也有传入感觉的纤维。第一次世界大战以后，谢灵顿开始研究中枢神经抑制的本质，他的成果使生理学家认识到，兴奋和抑制之间的平衡是引起反射活动的决定性因素。

1902年前，巴甫洛夫是一个消化生理学专家，1902年后开始研究神经系统，建立了条件反射概念。

大脑功能区的定位。法国人弗卢伦斯（1794~1867）最先在他的著作中提出，高等动物的大脑主司感觉和思考，小脑协调运动，延髓为生命中枢。美国人斯佩雷和加扎尼加（M.S.Gazzaniga）在60年代对癫痫病人作脑两半球割裂治疗时观察到：两半球有不同的分工，但各自又为一个独立的脑；每一个脑都有高级智慧机能；但语言机能主要在左侧，动作机能主要在右侧。这个研究成果改变了以往认为脑两半球对称的概念。左脑长于数学、逻辑和语言功能等抽象思维；右脑长于综合、直觉、想象等形象思维。斯佩雷的研究成果不但使其获得了1981年的诺贝尔生理学及医学奖金，而且正在引起人类对脑科学和文明发展关系的重视。当前，重新认识和发挥右脑的功能和作用，正在引起人类教育方式的变化和思维方式的再一次革命——右脑革命。

现代数学的发展

第二次世界大战以来，由于技术和工业的迅速发展，带动了数学向应用方向的发展。运筹学的诞生是这方面最突出的例子，它包括以下 4 个主要分支：

对策论。1944 年冯·诺依曼和摩根斯特恩 (Oskar.Morgenstern) 合著的《对策论与经济行为》奠定了现代对策论的基础，把对策研究从古代的军事政治领域扩大到了社会经济生活领域。

规划论。它主要研究计划和管理工作中的安排与估值问题，用数学语言描述便是：研究某一目标函数在一定约束条件下的最大值和最小值问题。通俗的例子是：要去某地时，考虑有几条路可走，走哪一条最快最省力。它的内容包括线性规划、非线性规划、动态规划等。前苏联科学家康特洛维奇 1939 年出版的《生产组织与计划中的数学方法》是这方面的早期著作。50 年代以来西方出版了许多规划论著作。

排队论。它的目的是解决“怎样才能使服务系统的效率最高”的问题。1908 年出版的丹麦人爱尔朗 (A.K. Erlang) 的《排队论在丹麦电话系统中的使用》是这方面最早的著作。随着本世纪服务性行业的发展，排队论的研究和应用都有了新的进步。

最优化方法。F. 约翰于 1948 年发表的《以不等式作附加条件的极值问题》一文是这方面最早的文献。最优化方法也就是寻找最好的方式，以达到最优的选择或目标。1953 年，美国人 J. 基弗提出了优选法中的 0.618 法。中国数学家华罗庚 (1911 ~ 1985) 推动了优选法在工业生产方面的应用。

突变论是法国人托姆于 1968 ~ 1972 年间创立的一种新的数学学科。英国人齐曼、前苏联科学家阿诺尔德等人先后发表了一些突变论内容的文章。这些最早从事突变论研究的人原先都从事拓扑学研究(拓扑学是 19 世纪以来发展起来的一门数学学科。最初的拓扑学研究图形弯曲、变形、拉大、缩小后仍然保留的性质，现代拓扑学是研究微分流形的拓扑学)。传统的数学分析主要着眼于连续函数，对发散和间断的函数曲线无能为力，突变论试图对系统的不连续过程和状态跳迁进行数学分析。

模糊数学方面最早的文献是美国加州大学札德 (L.A. Zadeh) 于 1965 年发表的《模糊集合》一文。这是一个崭新的概念。传统的数学是精确的科学，所处理的是概率等于 1 的值或事件。模糊数学处理的值是一个连续的量，概率在 1 和 0 之间(最浅显的例子是仅仅根据人的声音来判断这个人是谁)。从某种意义上，模糊数学衬托出了传统数学的局限性，界定了传统数学的范围，提出了全新的数学概念，突破了原有的数学领域。目前模糊数学在模式识别中已有了成功的应用。

概率论是研究大量偶然现象的数学学科。卡当、塔塔利亚、帕斯卡、费尔玛、惠更斯等人最早研究了赌博中的概率。雅各·伯努利的《猜度术》、英国人德莫瓦佛的《机会的学说》和辛普生的《论机会的性质与规律》法国人布丰的《或然算术试验》和拉普拉斯的《分析概率论》等，都是概率论的早期著作。20 世纪 30 年代，前苏联科学家柯尔莫果洛夫给出了影响很大的概率公理体系。

数理统计是概率在具体领域中的推广。它的中心任务是研究怎样合理地搜集资料，并利用这些资料对随机变量的数学特征、分布函数进行估计、分

析和推断。英国人费歇尔（1890 ~ 1962）是数理统计学科的奠基人。

20 世纪出现的综合科学

信息论

1948 年，美国的应用数学家申农与韦弗合作所写的《通信的数学理论》一书出版，标志着信息论的产生。在书中，申农给出了测量每个消息平均信息量的数学公式（概率和对数形式）。申农避开了具体的通讯系统，认为一般的通讯系统包括信息源、发送机、信道（传输信号的渠道）、接收机、消息接受者等 5 个部分，从而避开了复杂的语义问题，而仅仅从技术和数学关系的方面来研究消息的传递，使问题显得简单化了。

申农指出，可以通过改变信源编码来降低多余度，使信源与信道匹配，使信源上的平均信息量等于信道容量。这便是申农的所谓信源编码原理。这个结论具有重要的理论意义。在这个原理的指导下，50 年代出现了信息率较高的编码和纠错码。信源编码原理对提高信息的传递效率有理论指导意义。

60 年代以来，为适应图像识别和视觉研究的需要，在模糊数学的基础上产生了与申农的概率信息论完全不同的模糊信息论。70 年代以来，又有人提出了有效信息、语义信息、无概率信息（主观信息）、广义信息等新的信息概念。显然，信息已不再仅仅是通信领域中的概念，而和人类社会生活的各个方面联系起来。70~80 年代的未来科学家认为人类正在走向信息社会，信息和材料、能源一起被视为人类文明的三大支柱。信息论的方法正在被应用到生物学（含神经生理学）、物理学、化学、心理学、经济管理、电子学、人工智能、控制论、系统论等一系列学科。一个内容广泛的信息论正在成长。

控制论

控制论是用数学工具研究控制机构或控制系统运行一般规律的科学。汉代的记里鼓车，北宋苏颂等人发明的水运仪像台和钟等，以及瓦特发明的蒸汽机中，都有控制机构。

一般来说，控制论产生时所涉及的系统主要是单输入单输出的线性系统。50 年代的控制论主要处理单输入单输出的自动调节系统，采用建立在传递函数和频率特性基础上的动态分析和综合方法，称之为经典控制理论。

60 年代以来，大量的工程实践，特别是空间技术的发展，提出了全新的控制问题。以火箭运载的卫星、飞船、导弹等的飞行为例：火箭的质量特性要用变质量力学来描述；控制是在远距离上实现的；火箭的距离、速度、加速度、飞行姿态、多级工作程序等参数都需要控制，因而是一种多输入多输出的多路控制；控制要求高度精确；地面系统复杂而庞大，控制问题复杂。在这种情况下，产生了现代控制理论。

一般认为，现代控制理论的奠基者是匈牙利出生的美国人卡尔曼。

70 年代以来，控制论的发展日益同电子计算机的发展联系在一起，同时又包括战略防御系统、经济管理系统、生态系统、社会系统等大系统理论问题联系在一起，受到了人们的日益重视。

系统论

现代系统论的发展有两个主要线索，一个是从研究生物有机体角度产生的一般系统论，另一个是从研究技术工程及劳动管理角度产生的系统工程学。

一般系统论的知识基础是近代生物学。1924~1947 年间，奥地利出生的美国生物学家贝塔朗菲（1901~1971）在他先后发表的一系列论文和著作中

提出了有机体系统和一般系统论的思想。1948年，贝塔朗菲又出版了《生命问题》一书，书中描述了系统思想在哲学史上的发展，认为不论系统的种类、组成部分的性质及其关系有何区别，存在着适用于一般化系统及其子系统的模式，可以用逻辑和数学方法来确定适用于一般系统的原则。贝塔朗菲的工作标志着一般系统论的诞生。

系统工程本质上是一种以运筹学为工具和方法的工程管理学。古代埃及人修建金字塔、大禹治水、李冰对都江堰工程的设计和实施等，都体现了将工程视为一个整体来统筹安排和实施的系统思想。

40年代初，系统工程一词开始被使用。第二次世界大战期间，英、美两国先后组织了由各学科专家组成的运筹学小组，为某些作战和后勤问题的决策提供依据。战后，美国于1948年成立了研究和发展公司——兰德公司，这个公司的鲍里斯小组创造了大系统分析的数学方法。几十年来，公司的专家们运用系统分析的方法，考察决策者面临的全部问题，提出可能的解决方案，比较它们的结果，为美国政府和军事部门提供咨询和出谋划策，产生了很大的影响。1957年，美国密执安大学的古德(H. Goode)和麦考尔(R. E. Machol)合著的《系统工程学》一书出版。为系统工程初步奠定了理论基础。

1961~1969年间美国阿波罗登月计划的成功可以看成系统工程方法应用的杰出范例。

耗散结构论

达尔文提出的生物进化论所揭示的生物进化过程以及细胞学说所阐明的生物个体产生和发育的过程，已经揭示出了自然界同时存在着能量和物质由低级到高级、由简单到复杂、由无序到有序的演化方向。显然，自然界演化的过程也绝对不只是具有单一的方向。

正是科学发展过程中所表现出来的这种矛盾所显示的自然规律的互补性，推动了20世纪的科学家在物理学、化学和生物学的层次上寻找与热力学第二定律相对应的新的自然规律。比利时人普利高津(Ilya Prigogine)及其研究集体于1969年在“理论物理与生物学”国际会议上提出的耗散结构理论，是这一探索的一项杰出成果。

耗散结构理论自提出以来，逐步发展成为一个理论体系，有了一定的数学工具，为研究非线性系统远离平衡态时所表现出的有序现象提供了方法，使人们有可能统一考察物理、化学和生物学等学科中的系统演化问题。

该理论的基本概念是通过若干典型实验的研究建立起来的。其中主要的有贝那德(Benard)流体实验、激光和B—Z反应。

这几种现象被视为力学、物理学和化学中的进化，它是一种系统从无序到有序、从简单结构演变为复杂结构的过程。由于这种有序结构的出现和维持需要从外部不断供应物质和能量，所以是一种耗费或耗散能量的结构，因此称之为耗散结构(dissipative structure)。实际上，所有生物体都是一种高级的耗散结构。

附：尚未找到答案的十大科学问题

1. 宇宙有多大？
2. 混沌主宰着宇宙吗？
3. 什么力量驱动气候？
4. 生命是如何起源的？
5. 单细胞（受精卵）是怎样发育成人体的？
6. 机器人能有人的意识吗？
7. 地球人类的祖籍在何方？
8. 地球能容纳多少人？
9. 我们能消灭疾病吗？

