

科学的历程（上）

小朱 主编

目 录

第一部分科学的源头	1
四大文明古国——科学萌芽	1
古埃及	1
古美索不达米亚	11
古印度	18
上古中国	24
古希腊：科学思想的摇篮	38
科学史上的“希腊奇迹”	38
二、古典希腊时代的科学	40
亚历山大时期的科学	68
古罗马时期的科学技术	80
第二部分中世纪的东西方科学	82
长夜漫漫——中世纪的欧洲科学	82
基督教在欧洲的兴起	83
欧洲的“焚书坑儒”	86
主宰精神的上帝	88
黑暗中的微弱光明	93
从沙漠中走出来的科学大国——中世纪的阿拉伯 ...	101
东西科学文化交流的桥梁	102
古代阿拉伯的科学	105
风景这边独好——古代中国的科学技术	110
算之术——数学	110
国计民生——农学	119
观天测地——天文学	124
自成体系的中医药学	136
影响人类历史进程的四大发明	143
一点思考：为什么近代科学没有诞生在中国 ..	151

第一部分科学的源头

四大文明古国——科学萌芽

人类有文字记载的文明史，大约起于 5000 多年前。从那时起，人类对自然界的探索也就开始了。在现在世界上公认的文明古国那里，人们都能看到早期科学思想知识的萌芽。只是那时的科学不成体系，更没有理论指导，主要是以神话和猜想的形式出现。

古埃及

人类的历史就是一部饥饿的生物觅食的记录。哪里食物丰富，人们就到哪里安家。

埃及法老拉姆西斯二世方尖碑尼罗河流域一定很早就声名远扬了。人们从非洲内陆、阿拉伯沙漠、西亚纷纷涌入埃及，宣称他们拥有那里肥沃的农田。这些入侵者共同形成了一个新的民族，自称“雷米”，意为“人们”，就像美国人有时称美国为“上帝的国度”一般。他们完全有理由感激把他们带到这一条狭长土地上来的命运之神。每年夏季，尼罗河水上涨，河谷变成一个浅湖，当河水退去，所有田野和牧场都覆盖上一层几英寸厚、最为肥沃的泥土。

在埃及，这条体恤生灵的河流完成了需要一百万人做的工作，并养活我们有史可查的最早大城市中的大量

居民。当然，并不是所有的可耕地都在河谷之中。复杂的小运河引水系统及杠杆式吊水设备能够将水从河面汲送至最高河岸的顶部，然后由一套更加错综复杂的灌溉沟渠系统能将水引到田地各处。

史前时期的人类不得不花费每天二十四小时中的十六个小时去为自己及部落成员采集食物，而埃及的农民或埃及的城市的居民却发现自己拥有一定的闲暇时间。他利用这些余暇为自己制作了许多仅供装饰而毫无实用处的物品。

古埃及贵族在水渠里幽闲垂钓

不仅如此，某一天，他发现自己的头脑能够思考各种与吃饭、睡觉和为孩子们找一个安身之所等问题完全无关的各种事情。古埃及人开始思考他所面对的许多奇怪难题：星星是从哪里来的？谁发出了那些令他惊恐万分的雷声？谁让尼罗河水有规律地定期上涨，使人们可以根据每年洪水的出现和消退来制定日历？他，他自己，以及那种四周为死亡与疾病所围绕却仍然快乐、充满欢笑的奇特小生灵又是谁？

尼罗河流域的古埃及是人类文明的发祥地之一。公元前 3000 年左右，上埃及国王美尼斯统一埃及。从此，埃及历史开始有文字可考。到公元前 332 年被马其顿国王亚历山大征服为止，埃及共经历 31 个王朝，第三王朝到第六王朝（约公元前 27 世纪至公元前 22 世纪）文化最为繁荣。闻名世界的金字塔就是在这一时期建造的。古埃及在数学、医学、农业、天文学方面曾达到非常高的水平，为自然科学发展做出过重要贡献。

埃及人教会了我们许多事情。他们是杰出的农夫，他们精通有关灌溉的一切事情。他们建造了庙宇，后来

为希腊人所仿造的这些庙宇是如今我们在里面做礼拜的教堂的雏形。他们创制了一种历法，被证明是计算度量很有效的工具，经过几次修改后一直沿用至今。然而最重要的一点是，埃及人学会了如何将语言保存下来以造福后代。他们发明了文字书写的艺术。

在早期王国以前，埃及人就发明了图形文字，经过长时期的演变形成由字母、音符和词组组成的复合象形文字体系。象形文字多刻于金字塔、方尖碑、庙宇墙壁和棺槨等一些神圣的地方。后来为了书写又发展出简略的象形文字，称为僧侣体。古埃及盛产纸草(Papyrus, 英文纸一词 Paper 来源于此)。有了文字和书写工具，就有了文化的延续。

农神俄西里斯

在古埃及，农业已非常发达，是世界上最早产生农耕文化的国家之一。一些证据证明在旧石器时期的晚期，古埃及的一些部落就知道种植作物了。

古埃及人在纸草上写作

在中国，把世界上最早的种田人叫“先农”，并且在北京先农坛里作为神明来供奉。古埃及人也一样崇拜农业之神。古埃及的农神叫“俄西里斯”。他又是植物和尼罗河之神，因为要种植物，而农作物必须依靠尼罗河的水来灌溉。

据说俄西里斯是远古时期埃及的一位仁慈的法老，他教授给老百姓种植农作物和手工业的技艺，劝诫人们抛弃野蛮的习俗，过文明的生活。后来他又出国传播文明，不想回国后被他邪恶的兄弟塞特杀害，尸体被切成碎块抛入尼罗河。俄西里斯的妻子伊西斯王后悲痛欲绝。她把丈夫的碎尸打捞上来凑到一起，在神的帮助下，俄

西里斯复活并夺回了王位。俄西里斯的儿子荷罗斯杀了塞特，为父亲报了仇。

后来，埃及的人民怀念这位法老的仁慈和教他们种植农作物的功德，就尊俄西里斯为埃及农神，世代供奉。

最早的太阳历——天文学和宇宙观

如同中国的黄河、长江被中国人称作母亲河，尼罗河是埃及人的母亲河。尼罗河对埃及的农业是至关重要的。通过对尼罗河水涨落观测找出了其与一些天象的规律关系，从而创造了世界上最早的太阳历。

在古埃及文明中，僧侣们观测日月星辰，对日食、月食进行预测。每年六月份，尼罗河发生洪水，从上游冲刷下来大量泥土。埃及人注意到尼罗河泛滥的季节，恰在大犬星座的~~天狼星~~星——天狼星与太阳同时在地平线上升起——偕日同升时期。埃及人在掌握这一规律的基础上，继续观测。以对天狼星的观测为准，他们确定一个太阳年为 36514 日。

埃及星图

埃及古棺内部的星图在公元前 5000 年的埃及历法中，一年为 360 天，等分为 12 个月。至公元前 2500 年，又加上了称为附加日的五个闰日。但是，一年等于 365 天的计时法，很快就与四季的循环不完全相符了。由于季节变迁是根据天狼星在地平线上出现的情形而识别的，因此埃及人认识到一年应为 36514 日。到公元前三世纪的后半期，每四年中有一年的附加日为 6 天。这基本上是今天闰日法的雏型。

古埃及人的天文知识与他们的观测技术有密切的关系。金字塔的底面建成准确的正方形，四面正对东南西北四个方向。例如，胡夫的金字塔建造于公元前 2123

年，高 160 米，底面为边长 260 米的正方形。它的北面有隧道，可以进入金字塔的中心部位，由那儿眺望北方的夜空，天龙座的 α 星正好映入眼帘。这颗星就是当时的北极星，处在高度约为 27 度的位置。这条隧道就是以 27 度的倾斜度设计而成的。

在古埃及关于创造宇宙的神话中，万物起源于浑沌的“原始的水”。创世的那一天，大气之神射乌从原始的水中出现，擎起上天女神奴特。奴特以双手和两脚支撑自己的身躯，身躯化为镶嵌着星辰的天盖。这是一种古埃及的宇宙形成说。此外还有几种说法，认为世界是活的有机体，它不断地新生和死亡，生长和衰老。

有一份叫做《死人书》的文稿，其中塑造了一个男神奴恩，他站立在齐腰深的水中，两侧有圣甲虫独角仙和太阳护持着。奴恩双手高举起奴恩生养的众神们所乘坐的船。因此，太阳每天东升西落，夜晚，月亮横渡无际的天空之海。这一最古老的关于宇宙的神话，认为宇宙最初存在于原始的水中。

古埃及有三种重要的宇宙形成说，均与当时的宗教中心珀塞波利斯、赫拉波利斯和孟斐斯有关。

珀塞波利斯的最高的神是创造神赫特。他创立埃及的象形文字，是立法者，是全部知识的源泉。他被人们认为是熟悉仙术的人，象征着原始的水的特性——深邃、无限、黑暗和不可知。这些特性化为男神和女神而人格化。娜乌和娜乌耐特代表深邃，福依和好耐特代表无限，库克和卡库维特代表黑暗，阿母和阿母聂特则代表不可知。希腊人命名的都市名称珀塞波利斯，其原意即“八”，以此象征原始的水具有八个特性。

埃及天牛像赫拉波利斯的创造神阿特姆(意为“完美

的神”)从原始的水中出现，其形如山丘。它又表示出不同的形状，有时被描绘为梯形，有时又被描绘成金字塔式的连绵起伏的斜面。它和太阳崇拜神结合，成为形如方锥体石碑的始祖形态。阿特姆的儿子射乌是大气之神，女儿泰福耐特则是雾的女神。这两个神生下地神杰伯和上天女神奴特。最初杰伯和奴特结合为一体，后来父神射乌将奴特举上高空，奴特变成天盖，又将杰伯仰面平放，杰伯化为大地。父神射乌在天地之间，即为空气。另一说称奴特违背了太阳神“拉”的意志，秘密和地神杰伯结婚，因此触怒太阳神拉。太阳神用手把他俩分开。孟斐斯的创世说认为创造神名叫普他，原始的锥形山丘叫做塔——特叶涅恩。

古埃及人的疆域，最早在尼罗河口三角洲地带，南起阿斯旺，北至尼罗河下游两岸。最南端的努比亚和苏丹，后来归属埃及统治。河谷地带为农耕区，外侧是沙漠区。农耕区被称为黑色土地，沙漠区叫做红色土地。再往南是多山的丘陵。在象形文字中，曲线表示山丘，尽头是外国。大地的四方屹立着四根大柱，它支撑上方的天空。覆盖尼罗河谷的天空被认为是平面的，此即巨大的天盖。夜晚的天空上有无数个点燃火焰的点，这就是星辰。

几何学的开山鼻祖

由于尼罗河定期泛滥，淹没全部谷地，水退之后需要重新丈量。正是这种需要，年复一年的积累，使古埃及人的测地知识发展成为几何学。那时，他们已经能够计算等腰三角形、八边形、梯形和圆的面积。他们算出的圆周率是 $\frac{256}{81}$ 。古埃及人被誉为几何学的鼻祖。

虽然古埃及的几何学水平很高，但他们的算术却不

是很高明。数学进位制是十进制，但在每高一位时，都用特殊的象形符号来记，这样计算起来就非常复杂。对乘法，他们使用的是“成倍”、“二等分”这样一些极为简单的算法。例如，求 5×12 的积，他们要经过 $1 \times 12 = 12$ ， $2 \times 12 = 24$ ，再成倍成 $4 \times 12 = 48$ ，最后得出 5×12 的值是 $4 \times 12 = 48$ 加上 $1 \times 12 = 12$ ，即 $48 + 12 = 60$ 。除法则被看成是一种乘法，对 $1/2$ 、 $1/3$ 、 $1/4$ 、 $1/34$ 等分数，都采取特殊的记号，运算起来十分麻烦。

木乃伊千年不腐的奥秘——古埃及的医药学

古埃及最闻名于世的，除了金字塔和狮身人面像之外，就要数听着就让人好奇又有点毛骨耸然的木乃伊了。

埃及人认为，人只考虑自己的眼前利益是没有好处的，于是把他的注意力转向未来，那时，人的灵魂将居住在西部山脉的另一边，并且必须向俄塞里斯神汇报他的行为，万能的俄塞里斯掌握着生杀予夺的大权，并将根据他们的功过来评判他们的行为。祭司们实在是太看重将来在伊希斯和俄塞里斯的冥国里的生活，以至于古埃及人开始把人生仅仅看做是来世的短暂准备阶段，并且把富饶的尼罗河河谷变成了奉献给死者的葬身之所。

古埃及人奇怪地坚信，若没有在今世作为其居所的躯体，任何灵魂都不能进入俄塞里斯的冥国。因此，一个人刚死，他的亲属便抬出他的尸体，请人用药物进行防腐处理。

所谓木乃伊就是抹了防腐油膏、保存完好的干尸。制作和保存木乃伊的习俗，在古埃及十分流行。古埃及人认为，人死后，他的灵魂离开人体而独立存在，而一旦灵魂回到肉体，人就会复活。因此，古埃及人想方设法制作木乃伊，以便有朝一日能复活。

在极端干燥的埃及气候条件下，不经过特殊的防腐处理，尸体也可能成为木乃伊。但让人们感兴趣的是古埃及人是如何人工制作和保存木乃伊的。这其中其实包含着很深的科学道理。

美国考古学家克里姆认为，古埃及人制作木乃伊的过程大致是这样的：

先用金属钩子将尸体的脑髓从鼻孔挖出来，再用石刀剖开肚子取出内脏，或者将内脏从肛门拉出来。一般将全身的毛发剃掉，然后将尸体彻底清洗干净，在盐水中浸泡一个月，再取出来弄干。为了防腐，尸体的所有孔窍都要用石灰、沙子、树脂、锯末、亚麻球等填塞起来。有时填塞物中还有香料或洋葱。女尸的乳房都用东西衬垫起来。两手交叉放在胸前或大腿上部。再用亚麻布和带子将尸体缠紧捆实，在布上大量浇洒沥青（“木乃伊”一词原意就是“沥青”）。最后将尸体以向后靠的姿势，安放在雕刻成人形的木质套棺中。套棺再放在巨型石棺里。

木乃伊虽是迷信的产物，但其制作保存过程却要用到许多高水平的医药知识。千年不腐的木乃伊正说明了古埃及的医药学已达到了相当高的水平。

据考证，古埃及的医生们已经有了一些专业分工，例如眼科、牙科、外科、胃科等都有了。医生们已经知道了心脏、脉搏的意义，能治疗骨折。出现了第一部《药物录》。考古学家们已发现了古埃及公元前 2000 年和前 1600 年的纸莎草书各一卷，都记载着医药学论文。古埃及人的解剖学知识比较丰富，这与制作木乃伊有关。

金字塔：未解的历史之谜

金字塔是埃及的象征。金字塔一词，在古埃及语中

原意是高的意思。而在英语里有角锥体的意思。实际上金字塔也的确是一个高大的角锥体，它的基座呈正方形，四面是 4 个两两相接的全等的等腰三角形。因为它的造型近似汉字“金”字，因此中文译为“金字塔”。金字塔实际上是巨大的坟墓。制作好的木乃伊被放在特制的棺材里，准备送往它最后的坟墓。不过，一座古埃及的坟墓就是一个真正的家，在那里，尸体旁有一件件家具及乐器(以消磨惨淡的等待时光)，还有厨师、面包师和理发师的小塑像(以使这黑暗的家的居住者能享美味佳肴，并不致蓬头垢面地四处游荡)所环绕。

金字塔狮身人面像

最初，这些坟墓是被凿在西部山脉的岩石中的，但随着埃及人向北迁徙，他们便不得不在沙漠中建造墓地。然而，野兽以及同样野蛮的强盗在沙漠中出没，他们闯入坟墓，侵犯木乃伊，或偷窃随尸体一同埋葬的珠宝。为了防止这种邪恶的渎神行为，埃及人习惯于在坟墓顶端筑造一个小石堆。这些小石堆越建越高，因为富人建的石堆比穷人建的要高，人们争相攀比，看谁建造出最高的石堆。于是国王的陵墓都是巨大的。

金字塔作为古埃及国王的陵墓，流行于公元前 2650—前 1550 年，即埃及古王国至中王国时期。埃及至今留存下来的金字塔约有 80 座。它们设计精密，工程浩大，反映了古代埃及发达的科学技术和高超的建筑才能，是世界著名的古迹。

古埃及最著名的金字塔是三位埃及法老胡夫、哈夫拉和门卡乌拉在开罗附近的吉萨修建的三座庞大的金字塔，其中尤以胡夫的金字塔最为著名。胡夫金字塔亦称大金字塔，原高 146 米(现高 137 米)，塔基每边原长 230

米(现长 227 米), 用大约 230 万块平均重 25 吨的石材砌成。胡夫金字塔的入口位于塔身北侧中心, 高出地面约 20 米。在金字塔中心地下 30 米处, 有一被废弃的地下墓室, 有斜坡墓道与入口相通, 可到达第 2 个被放弃的墓室, 即所谓“王后墓室”, 并向上达到最上面的国王墓室, 这里有胡夫的花岗岩石棺。国王墓室高约 6 米, 用一块 400 吨重的大石板覆盖, 其上筑有 5 层空间结构, 以减轻盖后承重, 最上层用巨石筑成三角形尖顶。大金字塔以其形体的庞大, 设计的科学, 内部构造复杂, 令人惊奇不已, 在古希腊时即被称为世界七大奇迹之一。

在吉萨另一座著名的金字塔是哈夫拉金字塔。它的著名不是因为其大(它比胡夫金字塔要小一点), 而是因为座落于它前面的那座狮身人面像。

狮身人面像通常指狮子身躯与人头结成一体的神话中的怪兽或神圣动物的雕像。又称狮身人首像, 音译为“斯芬克斯”。最早产生于埃及古王国时代(约公元前 2686 前 2181 年), 以后流传于北非、希腊、西亚等地。

神庙狮身人面像规格大小不一, 小者 1 米左右, 大者可达几十米。埃及最早、也是最大的狮身人面像就是哈夫拉金字塔前面的那一座。该像除两前爪用粗石堆砌外, 整个身躯是用一块完整的巨石雕成的, 高约 20 米, 全长 57 米。其头部塑有国王头饰, 前额雕出标志王权的蛇像, 下颌有胡须, 面部特征是哈夫拉王肖像的理想化。这一雕像同金字塔相结合, 既作为神像让人崇拜, 又象征着国王的智慧和力量, 是埃及著名的古迹之一。

后来, 狮身人面像的崇尚流行到古希腊, 却改变了模样。在古希腊神话中, 斯芬克斯是一名女怪。她守候在希腊底比斯城郊大路旁, 强迫过往的每一个行人猜一

个谜语，凡猜不着者即被处死。谜语是这样的：“猜一种东西，这东西早晨四条腿，午间两条腿，晚上三条腿。腿最多的时候也是它最弱的时候。”许多人因猜不中谜底而送了命。一位叫“俄狄浦斯”的聪明漂亮的青年男子来到这里，轻松地猜中了谜底：人。“早晨四条腿”是指人在婴儿期用四肢爬行，“午间两条腿”指人在成人期用两条腿走路，“晚上三条腿”指人到老年期拄着手杖走路。谜语被猜中后，斯芬克斯害怕反过来被俄狄浦斯处死，自己跳崖身亡。

埃及的金字塔是人类建筑史上的一大奇迹。现代以来，关于金字塔到底是谁建造的问题，一直存在着争论。因为在古埃及时代，只有各种棍棒等一些简陋工具，所能利用的机械也不过是斜面、杠杆，在这样的条件下，把 230 万块平均重约 25 吨的石块堆成一个 40 层楼那么高的角锥体，而且每块石头全部磨成正方体，几乎没有误差，每块石头四面全部分别面向东南西北四方，也几乎没有误差，这真是不可思议。因此，有人就猜测，金字塔其实不是埃及法老的墓，而是外星人在地球上的里程碑。近几十年来，考古学家在大西洋海底和美洲大陆都陆续发现了许多金字塔，特别是百慕大海底的金字塔边长达 300 米，比大金字塔还大。这许多的金字塔到底有没有存在什么内在的联系呢？这仍是个未解的历史之谜。

古美索不达米亚

世界上的另一个文明发祥地位于今伊拉克境内的幼发拉底河和底格里斯河一带，古希腊人称之为“美索不

达米亚”，意为“两河之间的地区”。这一地区，当时环境优美，据传是《圣经》中伊甸园的原型。诺亚方舟曾在亚美尼亚的山脉中找到了停泊处，而这两条河正是在这皑皑白雪的群山中开始它们的行程的，他们缓缓地流过南方平原，直至最后来到泥泞的波斯湾。它们将西亚的干燥的不毛之地变成肥沃丰饶的田园。

泥板信函和信封

尼罗河河谷因为食物充足而吸引来八方来客。在这“两河间的土地”，北方群山的山民和南方沙漠飘泊至此的部落，都试图宣称这一地区是自己的独有财产。山民和沙漠游牧民之间经常的对抗导致了无尽的战争。只有最强壮最勇敢的人才有望幸存下来，而这便是为什么美索不达米亚成为一个有能力创造一种文明的十分强大的民族的家园。从公元前 3000 年左右苏美尔城市国家形成到公元前 64 年为古罗马所灭的三千年间，虽然占统治地位的民族多次更迭，但其文明一直得到很好的发展和延续，创造了丰富多彩的物质和精神文明，有些一直应用至今。如分圆周为 360 度，分一小时为 60 分，1 分为 60 秒，以 7 天为一星期，分黄道带为 12 个星座等。

楔形文字和泥板书

约公元前 3500 年，居住在两河流域的苏美尔人创造了楔形文字，这是世界上最古老的文字之一。在两河流域周围地区居住的古代西亚各个民族，虽然彼此之间的语言不同，但也都使用楔形文字。他们将楔形文字按本民族语言的需要，略加修改后为自己的文字使用。

苏美尔人创造的楔形文字早期以图形符号为主，由于是使用硬笔在软泥片上压刻出来的文字，笔画一头粗、一头细，好像是楔子或钉子，故此叫做楔形文字或钉头

字。由于产生于两河流域平原，因此，统称为两河流域楔形文字。

用楔形文字刻写在泥板上的书叫泥板书，这是世界上最古老的图书之一。泥板书是先用粘土加工制成泥板，在上面刻写文字后再去烘晒干，便成为坚硬的书板。然后按顺序编号放在木架上，若干块泥板组成了一部书，阅读时一块块取下，阅读毕一块块放回木架。每块泥板的重量约 1 公斤。

公元前 330 年，亚历山大大帝灭亡了波斯帝国，楔形字也就此消亡。19 世纪 40 年代，考古学家在叙利亚挖掘出 15 万块泥板书，至今已发现的泥板书约 75 万块。历史上遗留下来埋藏在地下的楔形字泥板书和在石碑、石柱上刻的楔形字，后世的人们发现时已不能识读，经专家长期研究才被解读出来，也正是由于对这些文字的解读，人们才能够得知一个湮灭文明的多彩历史和科学文化。

空中花园：世界七大奇迹之一

在古美索不达米亚，巴比伦城是古巴比伦和新巴比伦两个王国的首都，巴比伦城以其气势宏伟成为当时世界上的最大城市之一。在巴比伦城的众多建筑物中，最著名的是一座花园、一座塔和一条街。其中这座花园就是被称为世界七大奇迹之一的“空中花园”。

巴别塔美索不达米亚的故事是无休止的战争与征服的故事。首先，苏美尔人从北方到来。他们是曾生活在山区的一个白人种族。他们习惯于在高山之巅祭拜他们的神。进入平原之后，筑起了许多人造的小山丘，在山顶建起他们的祭坛。他们不知道如何建筑楼梯，于是用倾斜的走廊来环绕他们的塔。我们的工程师们借用了这

一想法，你能在大型火车站中看到向上环绕的走廊从一层楼通向另一层楼。我们也许还向苏美尔人借用了其他的想法，只是我们并不知道而已。苏美尔人被那些在较晚时期进入这一肥沃河谷的民族完全同化了。但是他们的高塔依然耸立在美索不达米亚的废墟之上。犹太人在巴比伦的土地上漂泊时，曾看见过它们，并将其称为巴比利，或巴别塔。

“空中花园”又称“悬苑”。它建筑在巴比伦城南堡的东北角一系列砖石拱形结构上，上面铺设芦苇、沥青和铅板等材料以免漏水。泥土堆置在铅板上，栽种奇花异草和树丛，远看犹如花园高悬空中。有一口三眼井，用链式筒车不停地汲井水灌溉植物。据认为，“空中花园”是新巴比伦国王尼布甲尼撒二世，为取悦他的米提亚族王妃阿密斯提而建造的，因为她深切怀念故国的山川花木。“空中花园”上种的应当是米提亚人喜爱的花木。

从“空中花园”等几个著名建筑，人们能看到古代美索不达米亚的建筑水平已相当高。

占星术中的宇宙观

古代美索不达米亚的科学，以数学和天文学的成就为最大。

古美索不达米亚的巴比伦在数学上有独特之处。他们选用的是 60 进制的符号和计算系统。这种计算系统大约形成于公元前 2400 年左右。到公元前 1900 年时，巴比伦的数学就进入了全盛时期。考古发现的巴比伦“楔形数学字板”是这一时期数学有高度发达的见证。这种字板或文本把数学分为两类：一类为“表格课文”，这是古代的“应用数学”。字板中有许多表格，通过对照表格可以进行大小单位之间的换算。其中还有乘法表和乘方

表(包括平方和立方), 使用乘法表可以迅速求出两个数的积, 同时还可以利用倒数表($a \cdot \frac{1}{b}$)迅速求得两个数的商。利用乘方表可以求得平方根、立方根、平方值、立方值等。由于采用的是 60 进制, 所以计算方法和得数的表示方法类似现在对时间的表示(现代通用的时间为 60 进制)。巴比伦数学的“表格课文”, 很像现在小学低年级那些计算多少羊、多少苹果等应用题, 这说明人类的早期数学与单个人的幼年数学十分相似。另一类是楔形数学字板中的“问题课文”, 这是古老的巴比伦的“理论数学”。“问题课文”中的数学多半有纯代数性质。例如长和宽两个未知数的乘积等于面积, 还有四次甚至六次方程以及三元以上方程组的解法, 这些数学方法都被巴比伦人用于天文学的计算。所以, 巴比伦时代两河流域的天文学和数学是协同发展的。

巴比伦早期的天文知识是与占星术混杂在一起的。在古老的楔形文字记载中, 有占星术一类的内容, 也有许多关于五个行星运行和日食预测的资料。

巴比伦观天图

观测天体是僧侣的职责, 这是占星术做出预言的基本需要。公元前 3000 年迦勒底的寺院和宫殿即已准确地以正东、正西、正南、正北方向建筑。这是准确地观测恒星和太阳方位的结果。他们还建立了星座的概念。在天神安娜的轨道即赤道上, 他们建立了 17 个星座。在地神恩里尔的轨道上建立了 23 个星座——北半天的星, 在水神伊阿的轨道上建立了 12 个星座——南半天的星。在公元前十二世纪的记载中, 就有动物界名称的星座, 如金牛、狮子、天蝎、摩羯等。可见沿着黄道布置动物界星座的观念, 早已发端。金牛星座象征春天的太阳, 是

与当时的春分点运行到这一星座有关。公元前 650 年的亚述巴纳帕尔时代，已有将动物界星座 12 等分的记载。在波斯人征服迦勒底的公元前 538 年以前，迦勒底人已经使用黄道的概念。他们的天文学是以黄道为基准而发展起来的，由此描述日月星辰的运行。

巴比伦人的历法为太阴历，以新月生光的那一天为一个月开端。因为一个朔望月为 29.53 日，所以月份的日数以小月 29 日、大月 30 日交替排列。这样的太阴历，要使之和太阳的运行相对应，是十分困难的。12 个月为 354 日，一年少 11 天，三年就缺了一个月。因此必须置闰月。在公元前 537 年和前 536 年，出现了两个连续置闰月的闰年。巴比伦人因此明了一年和一个朔望月的天数，同时还掌握了公元前十世纪以来，每隔 18 年又 11 天出现一次日食的周期规律，它被称为沙罗周期。此外，从公元前七世纪的小粘土板刻写的记录表明，当时已有月食前后的新月生光时容易出现日食的知识。当然，这样做出的日月食预报完全是凭经验取得的。值得注意的是，不仅在希腊文明时期，而且在它全盛时期之前，在预报日月食、确定黄道坐标、处理行星运行等方面，天文学已经朝数学化的方向前进。在波斯帝国时代，天文学是由巴比伦人发展起来的，即使是希腊的科学，在初期也是模仿巴比伦人的。

泥板上的星图同样，关于宇宙观的看法也传入西方。在《创世记》的开端部分，可以见到希伯来人所受的影响。在苏美尔人的宇宙观中，大地是未曾被水包围的山。山的中央是积雪的山峰，众神居住在那里。大地的边界上有墙壁，墙壁上支架着金属的圆形屋顶。而巴比伦人的宇宙观则认为，水是万物之母，它支撑着天和地。大

地是浮在大洋上空心的山，山的内部是死者的阴府。天上的圆屋顶是坚固的，上面有众星之神驾着双轮马车在驰骋。天体富有生机，具有内在的精灵。天是拱形的，具有无限的厚度，形成巨大的洞穴。洞穴内充满了上天的水，众神居住在它的上方。东西两侧有门，和圆屋顶相通。太阳神驾双轮车，离东门，向南行，入西门而下。

在公元前八至五世纪编写的《旧约全书》中所描绘的宇宙图景，是很早以前传入希伯莱的。大地是圆形的，下面是水，与海相通，为河流、泉水之源。再下面是死者的阴府，最下层为地狱。天是圆形而坚实的，其上有上天的水，水变成雨降落下来。天的高处，星星在运行。希伯莱人一天的开始在日落之时。历法为太阴历。一个月的开始为新月生光之时。

公元前七世纪的希腊诗人荷马，认为大洋是万物之源。这样的宇宙形成观仍然是受了巴比伦人的影响。大地是块圆板，大洋围绕着它。天空像钟罩，覆盖着大地。天大约有奥林匹斯山两倍的高度。圆板将宇宙分成两部分，上边是天，下边是地狱深渊，其深度等于天的高度。大地和深渊之间，夹着混沌一片。这就是赫西阿德(前八世纪)传说的希腊人早期的宇宙观。

泥板上的数学式

杰出的数学成就从考古发掘的泥板文书中可以发现，美索不达米亚人有着丰富的数学知识。大约在公元前 1800 年，巴比伦人就发明了 60 进制的计数系统，他们有位制的概念，但没有表示零的记号，因此计数系统并不完善。

巴比伦人知道如何解一元二次方程，泥板文书中记载过一个基本的代数问题，即求一个数，使与其倒数

之和等于一个已知数，用现代公式表示就是：

$$x+1/x=b$$

此式可化成一元二次方程 $x^2-bx+1=0$ ，他们的解法是先求出 $(b/2)$ ，再求出 $(b/2)^2$ ，再求 $(b/2)^2-1$ ，然后得解答， $b/2+(b/2)^2-1$ 和 $b/2-(b/2)^2-1$ 。这表明他们已知道了二次方程的求根公式，不过他们没有负数概念，只求正根。在公元前 1600 年的一块泥板上，记下了许多毕达哥拉斯三元数组(即勾股数组)，取值方法是令 $a=u^2-v^2$ ， $b=2uv$ ， $c=u^2+v^2$ ，其中 u 、 v 是任取正整数，这样可得出 $a^2+b^2=c^2$ 。据考证，此取值方法与希腊代数学家刁番都的方法相同。

巴比伦人的几何略逊代数一筹，许多几何问题都被化为代数问题处理。在求圆面积时，他们用 3 代替 π ，其它地方又用 $31/32$ 作为 π 值。在大约公元前 1600 年的一块泥板上，记有 π 的近似值。此外，巴比伦人还可以求一些简单立体的体积。

古印度

古印度也是世界古老文明发祥地之一，位于南亚次大陆，在今天印度、巴基斯坦和孟加拉国境内，主要是印度河和恒河流域。

创造和生殖之神梵天雕像今日南亚次大陆素称印度次大陆，它位于亚洲的南部，北枕喜马拉雅山，南接印度洋，东临孟加拉湾，西濒阿拉伯海，北广南狭。这里三面环海，一面靠山，有着天然封闭的地理环境，境内地形复杂，地理条件极为悬殊。西北部的印度河发源于冈底斯山以西，流入阿拉伯海，中北部的恒河发源于喜

马拉雅山南坡，流入孟加拉湾。印度河和恒河所形成的冲积平原，土壤肥沃，气候湿润，是世界最古老文明的发源地之一。

印度是一个不容易直观把握的国度。直到殖民地时期，印度从未形成过高度统一的中央集权制国家，而是大小王国林立。与此相伴随，印度从来没有统一的语言，各民族和各部落所使用的语言和方言超过 150 种。而且由于印度次大陆本身就是世界三大人种（即尼格罗种、蒙古利亚种和高加索种，分别是黑种人、黄种人和白种人）的交汇处，加之累遭外族入侵、占领和殖民统治，所以印度人种繁多，血统混杂，素有“人种博物馆”之称。除了种族、民族繁多之外，印度还存在根深蒂固的种姓制度，全部印度人都被分为四个等级的种姓，等级从高到低是：婆罗门、刹帝利、吠舍和首陀罗。婆罗门即僧侣，从事文化教育和祭祀活动；刹帝利即武士，从事行政管理和打仗；吠舍即平民，经营商业贸易；首陀罗是所谓贱民，从事农业各种手工业劳动。种姓世袭，而且不同种姓之间不得通婚。这种种特征使人感到印度好像一盘散沙。

印度是一个神秘的国度。此地到处笼罩着宗教气氛，处处有神庙，村村有神池，而且与上述文化多样性相伴随。印度人信奉的宗教极多，同一宗教还有许多教派。在印度，婆罗门教即印度教最为流行，而发源于此地的佛教却不太流行。相反，墙里开花墙外香，在东亚和东南亚拥有广大信徒。印度人的历史也笼罩在云里雾里，古代印度人不注意记述自己的历史，他们喜欢讲神话故事，后世历史学家只得从神话故事中发掘考订印度的古代历史。

印度的历史大致可分为史前时代、吠陀时代与史诗时代、列国争雄时代、殖民时代和独立时期。史前时代又称哈拉巴文化时代，因为这个文明时代完全由在印度河畔的哈拉巴地区的考古发现而确定并定名，时间约在公元前 2500—前 2000 年，创造这一文化的是当地原始居民达罗毗荼人，这一文化不知由于什么原因在公元前 2000 年左右时消声匿迹。大约在公元前 1500 年，来自北方的游牧民族雅利安人征服了印度河和恒河流域，开创了吠陀文化时代。所谓“吠陀”，原意是“知识”，中国古人也译作“明”。由于有四部留传至今的以“吠陀”为名的神话诗集间接记述了那个时期的社会状况，故将那个时期称为吠陀时期，它们是：《梨俱吠陀本集》（又名《赞诵明论本集》）、《娑摩吠陀本集》（又名《歌咏明论本集》）、《夜柔吠陀本集》（又名《祭祀明论本集》，包括《白祭祀明论》和《黑祭祀明论》两本）和《阿达婆吠陀本集》（又名《禳灾明论本集》）。继吠陀之后又出现了与各吠陀本集相关的《梵书》以及与各《梵书》有关的《奥义书》。史诗时代是由于出现了两部重要的史而得名的，它们是《摩诃婆罗多》和《罗摩衍那》。吠陀和史诗时代大约于公元前 600 年结束，此后长达 2000 多年的历史是列国争雄时代，比较突出的王朝有摩揭陀王国（公元前 600 年左右）、难陀王朝（公元前 362—前 321 年）、孔雀王朝（公元前 321—前 185 年），特别突出的是阿育王时代（前 268—前 231）、贵霜王朝（约公元前 200 年—公元 3 世纪）、笈多王朝（320—约 5 世纪）、莫卧尔王朝（1526—1857 年）。莫卧尔王朝被英国的东印度公司灭亡后，印度沦为英国的殖民地，直至 1947 年独立。

印度文化主要是一种宗教文化，它推崇来世轻视今

生，强调人生的无常和空虚，主张清心寡欲反对执着追求，这种心态无疑不利于科学的发展。不过，作为古老而又持续发展的文明，它不可能不在与人类的物质生存活动最密切的知识部门有所贡献，特别是在天文学、数学和医学上面。

阿拉伯记数法——古印度人的贡献

大约在公元前 3000—前 2500 年时，印度的科学开始发展起来了，一直延续到公元前 1750 年前后，在 1000 多年的岁月里，古印度形成了自己独立的哈拉巴文化。

古印度的科学主要表现在数学、天文、医学等方面。

从哈拉巴文化时期起，古印度的数学就有了很突出的成就。他们采用的是十进制，在公元 9 世纪时知道使用“零”的符号，并把自然数系统建立了起来。古印度的记数法后来传到了阿拉伯，又经阿拉伯传到欧洲，才有了今天全世界通用的阿拉伯记数法。

印度最古老的数学著作是成书于公元前 300 至前 400 年的《准绳经》，书中已提到了勾股定理，实际使用的圆周率 $\pi = 309$ 。另外，在天文著作《太阳悉檀多》中，还有许多三角知识，还以当时的形式，给出了正弦函数表。

五大元素的世界——自然观

在印度，宗教历来就在社会文化中扮演着重要的角色。也许正是受到宗教的影响，古印度在宇宙观和自然观方面比古埃及和古美索不达米亚要系统得多。

在古印度，印度教的经典《梨俱吠陀》(公元前 1500 年)中，太阳是光之神的故事屡见不鲜。还可以见到两种宇宙形成说：其一为宇宙由天和地构成的双重形成说，另一为地、空气和天共同组成宇宙的三重形成说。关于

天体的运动，认为太阳 180 天在天的北部运转，另外 180 天在天的南部运转。月亮运行 15 天就圆满，再运行 15 天即处于朔日。编制的历法里，一年为 360 天的印度年，规定了一个月为 30 天的固定日数。《梨俱吠陀》中还有金星、彗星、天狼星和日月食等的记录。

人类居住的世界由三头大象的脊背支持。其中央有高山耸立直到天上，太阳和月亮在山的四周由东向南、西、北不停地旋转。太阳在山的南边时，是白昼，往北转，看不见时，就成了黑夜。这就是须弥山说中的宇宙说，它使人想起喜马拉雅山脉。

德里天文台(1724 年建成)

古印度的空间概念是极其宏伟的。我们居住的世界是六层高度的瞻部洲(相当于印度次大陆)，其下有相当于八层高度深陷的热地狱。在人类居住的世界的上方，有夜摩天、睹史多天、乐变化天、他化自在天，在地上还有地居天。在须弥山的水上，露出的正方形体的下半部住着四天王。顶上住着 33 天人(第一人是吠陀经《梨俱吠陀》中的主神)。这些就是公元五世纪时集大成的《俱舍论》中相传的佛教宇宙观。

在佛教思想中，时间的单位是刹那(相当于 $1/75$ 秒)、恒刹那(刹那的 120 倍)、腊缚(恒刹那的 60 倍)、须臾(腊缚的 30 倍)、昼夜(须臾的 30 倍)、月(30 个昼夜)和年(12 个月)。在印度的时间中，还有劫和大劫的概念。在边长为一由旬(约等于 74 公里)的正方形的城池中，撒满罽粟种子，每一百年取一粒，即使全部取完，尚不够一劫的时间。这种时间和空间的概念，都是用来描述须弥山构造之宏大的。

圆筒状的风轮在太空中浮动。风轮上有水轮。水轮

上有金轮。在金轮上有世界的中心须弥山耸立。风轮厚160万由旬，周长为无数(=1059)由旬。水轮与金轮的直径相等，为1203450由旬。水轮的厚度为80万由旬，金轮为32万由旬。

在公元前五世纪兴起的古典印度教、佛教和耆那教，各有不同的宇宙观。佛教的宇宙是，以须弥山为中心的七条山脉构成大地世界，周围环绕着大海。在大海之中，除前述的瞻部洲(南)外，还有胜神洲(东)、俱罗洲(北)、牛贺洲(西)共四大陆。它们一起构成圆形，存在于金轮上。

古印度的宇宙形成说，都建立在五种物质元素的基础上。

古代印度早期，有人认为世界的本原是“风”，也有人认为是“水”，后来认为是水、地、火、风四种元素组成世界。再后来又认为是水、地、火、风、空五大元素构成了世界。他们对自然的解释形成了三种学说：自然说、自性说、转变说。自然说认为：世界不是外力构成的，而是自然而然的物质存在，各种元素盲目地凑合在一起。自性说认为：自然界不是盲目地凑合在一起的，是物质的自然本性促使它进行数量增减和机械运动的。转变说认为：处于混沌状态的自然界由于内部的“三德”，即三种矛盾促使它变化和发展。这三种观念都不否认自然的客观性，只是对自然运动变化的原因、动力和规律有不同的看法。值得指出的是，印度古老的耆那教认为，自然界是地、水、火、风四大元素组成，而这四大元素又是“极微”组成的，这个“极微”有点类似中国墨家所说的“端”，这是印度最古老的原子论。

古印度的这种元素说产生的年代在希腊四元素说形

成之前，是人类朴素自然观的发端。

另外，古代印度的医药学也很发达。最早的医学著作《阿柔吠陀》大约成书于公元前 1 世纪。书中的医学理论也反映了古印度的自然哲学。它把自然界的地、水、火、风、空五种元素和人体的躯干、体液、胆汁、气、体腔对应起来，认为体液、胆汁、气三者如果失调就会生病。当时最著名的医生是妙闻，经后人整理的《妙闻集》，记录了许多解剖学的知识，对疝气、膀胱结石、剖腹产等外科手术也都有记载，还记录了 120 多种外科器械。另一位著名医生是 逦迦，著有《 逦迦本集》，现在看到的这本书也经过后人的多次增删，书中记录的药物达 500 多种，还载有许多疾病的治疗方法。同中古时代的中国一样，古印度的医学也受到炼丹术的影响，有些甚至把炼丹术、迷信和医学混在一起，这就影响了它的科学性。

上古中国

中国是世界上的四大文明古国之一，也是文明古国中唯一没有出现过严重文化断层的文明。有据可考的历史已连绵 5000 多年。神农在整个古代，中国的科学技术经过起源、发展和完善，达到了非常高的水平，形成了以实用经验知识为主的独立体系。主要成就在农学、医学、天文学、数学等方面。为了叙述方便，我们把中国古代科学技术简单地划分为两个阶段：萌芽和起源阶段（秦以前），发展和完善阶段（秦以后）。在这里只对萌芽和起源阶段进行介绍，而发展和完善阶段的部分在后面有专门一章进行讨论。

神农尝百草

关于古代中国文明的起源有许多的神话和传说，“神农尝百草”就是其中流传最广的传说之一，也是中国农作物种植和医药学的源头。

传说神农氏是中国医药的始祖，距今约有 5000 多年。那时人们还只是以狩猎为生，还不懂得种植农作物。神农氏为了开发农作物，不惜以自身做试验，尝遍了世界的各种草木和水泉，看哪些可作饮食之用。据说神农氏曾因此一天中毒 70 多次。最后终于找出了可供食用的植物，并在此过程中认识了某些药物。这就是通常所说的“神农尝百草，始有医药”和“医食同源”。中国现存最早的本草学专著《神农百草经》是西汉时代成书的，内容却主要来自先秦，是后人为了纪念神农氏开创本草学而特别取此书名。

此后，中国的农耕文明发展很快，到夏、商和西周，中国栽培的谷类已有黍、稷、谷子、粱、大麦、小麦、水稻等，豆类已有大豆，麻类已有大麻、苧麻、苘麻等。

天圆地方——上古中国的宇宙猜想

宇宙是什么？宇宙是如何来的？天与地的形状是怎样的？这是各个古老民族都要研究的问题。上古中国流传下来的许多神话传说，就生动体现了我们的祖先对宇宙的丰富想象，其中流传最广的就数盘古开天地的传说了。

传说最开始的天地原本混沌得象一个鸡蛋，盘古生在其中，过了一万八千岁，然后天地开辟，阳清者（意指蛋清部分）形成了天，阴浊者（意指蛋黄部分）形成了地。随着天的增高、地的增厚，盘古也一天天增加身体长度。他的头和四肢变成五岳，血液和眼泪变成江河，眼睛变成日月，毛发变成草木，他嘘气变为风雨，声音变为雷

霆，目光变为闪电。他睁眼是白天，闭目是晚上。开口为春夏，闭口为秋冬。高兴为晴天，生气为阴天等等。从此，天地间的山川草木，雨雪风霜等等的万物万象始形成。这就是中国古代关于宇宙起源的猜测。

盘古至商周时代，天象观测的资料有了一定的积累，开始提出一些关于天体运行规律的猜测。主要是对天地的形状问题提出了各种不同的看法。这些看法是直观的，是天象观测经验性的总结，同时又具有一定的思辨色彩。

中国古代宇宙论有盖天、浑天、宣夜三大家，后又有昕天、穹天、安天三家，即所谓“论天六家”。但最主要的是盖浑二家。

最早的盖天说起于周代，主张“天圆如张盖，地方如棋局”。这种学说完全是直观的产物。人们看到头顶上的天高，而四周的天都在远方同大地接触，很像一个圆盖。盖天说还对天的高度、地的大小作了估计。《周髀算经》说大地是一个正方形，每边八十一万里，天顶的高度是八万里。

盖天说认为大地不动，天穹旋转，日月星辰则在天穹之上，随天穹旋转。天穹绕本身的一个极点旋转，就像一个车轱辘绕一个轴旋转一样。起初，人们以为天顶就是天的中心，后来发现北斗星绕不动的北极星旋转，就认为北极星是天的中心。实际上天穹上这个极是地球自转轴正对的一点，所以成为天体周日视运动的不动的极。在我国黄河流域一带，北极约高出地面三十六度，因此盖天说认为天穹倾斜三十六度盖着大地。

天体围绕北极旋转的现象，给中国古代天文学家留下了深刻的印象，这也许就是中国古代天文学家很少明确讨论是地球围绕太阳转，还是太阳围绕地球转的问题

的原因。

盖天说的要害是只承认半个天球，这就破坏了宇宙的和谐、对称，从而也把上下、高低绝对化了。这说明中国古代天文学的美学色彩比较淡薄，不像古希腊的毕达哥拉斯、柏拉图、亚里士多德那样反复讲宇宙的形状应当是完美的等等。也正因为盖天说只讲半个天球，而不去讨论另外半个的问题，所以它又没有犯地球中心说的错误。它虽然否定了大地的运动，但这个缺点在当时并不直接影响到它的命运。

为了克服盖天说的缺点，在盖天说之后提出了浑天说。战国时的慎到(约公元前 4 世纪)一反盖天说半个天球的说法，明确提出“天体如弹丸”，为浑天说提供了一个重要的思想来源。这样，人们在总结二十八宿等观测资料的基础上，就逐步确立了“天球”的概念。随后，惠施(约公元前 370—前 310 年)提出了球形大地的最初猜测。后由东汉的张衡(78—139 年)发展成为比较系统的“浑天说”宇宙理论。

盖天和浑天二家宇宙学说，各有长短。盖天说没有地心说的错误，但却否认了大地的运动。浑天说往往承认大地的运动，却又有地心说的味道。浑盖二家又有一个共同之处，都认识天有形，或像一个盖子，或像一个鸡卵。

彻底否认天球存在，打破天有形观念的是宣夜说。它明确主张宇宙的无限。从宇宙观上说，三说之中宣夜说比较接近现代的宇宙理论。但宣夜说不如盖天说那样直观，那样符合人们的常识。

二十四节气——天文学和历法

中国是世界上天文学发展最早的国家之一，几千年

来积累了大量宝贵的天文资料，受到各国天文学家的注意。中国古代天文学萌芽于原始社会，到战国秦汉时期形成了以历法和天象观测为中心的完整的体系。

中国在传说中的帝尧(约公元前 24 世纪)的时候就已经有了专职的天文官，从事观象授时。那时一年分为 366 天，分为四季，用闰月来调整月份和季节。这些都是中国历法(阴阳历)的基本内容。

春秋时期(公元前 770——前 476 年)中国天文学已经处于从一般观察到数量化观察的过渡阶段。记录这一段历史的《春秋》和《左传》，都载有丰富的天文资料。从鲁隐公元年(公元前 722 年)到鲁哀公十四年(公元前 481 年)的 242 年中，记录了 37 次日食，现已证明其中 32 次是可靠的。这是世界上最早的天象记录。鲁庄公七年(公元前 687 年)，“夏四月辛卯，夜，恒星不见。夜中，星陨如雨”。这是天琴座流星雨的最早记载。鲁文公十四年(公元前 613 年)，“秋七月，有星孛入于北斗”，是世界上关于哈雷彗星的最早记录。

随着观测资料的积累，战国时期已有天文学的专门著作，齐国的甘公(甘德)著有《天文星占》八卷，魏国的石申著有《天文》八卷。这些书虽然都属于占星术的东西，但其中也包含着关于行星运动和恒星位置的知识，所谓《甘石星经》即来源于此。

天河全图

和春秋时期天文学相联系的是历法，到春秋后期，采用了一年为 36525 日，19 年 7 闰，这种历法叫古四分历。古四分历比真正的年长度每年多 11 分钟。欧洲古罗马人在公元前 43 年，即比中国晚 500 年的时候才知道采用四分历。由于农业生产的需要，春秋战国时期还逐步

形成了二十四节气的划分，平均 15 天设置一个节气。这实质上是不自觉地根据太阳的位置和视运动来确定的一种历法。

二十四节气是十二个中气和十二个节气的总称，起源于战国时期，是中国古代的独特创造。它告诉人们太阳移到黄道上二十四个具有季节意义的位置的日期，几千年来对中国农牧业发展起了重要作用。

节气的安排决定于太阳。西周和春秋时期以圭表测日影的方法定出冬至和夏至的时刻，后来，将一回归年的长度等分成 24 份，从冬至开始，等间隔地依次相间安排各个节气和中气。这种方法叫平气。按照平气办法，每月有一个节气，一个中气。例如，立春为正月节气，雨水为正月中气，惊蛰为二月节气，春分为二月中气，等等。因为两个节气的间隔大于一个朔望月的时间，所以可能出现一个月内只有一个节气或中气的情况。西汉《太初历》因而规定节气可以在上月的下半月或本月的上半月出现，而中气一定要在本月出现。如果遇到没有中气的月份，可以定为上月的闰月。这种置闰原则沿用了一千多年。

北齐(公元 550—577 年)张子信发现太阳视运动不均匀现象(因为地球公转轨道是椭圆的)。隋仁寿四年(公元 604 年)，刘焯在他的《皇极历》中根据这种不均匀现象对二十四节气提出改革，将周天等分成 24 份，太阳移行到每一分点时就是某一节气的时刻。这样安排的节气间隔是不均匀的，此法称为定气。定气主要在历法计算中使用。在日用历谱上一直使用平气，直到清代才开始使用定气。

阴阳、五行、八卦——《易经》中的科学思想

对世界本原的思考是自然科学的最初发端。上古中国人就曾对此问题提出过自己独特的猜测。主要是阴阳说、五行说、八卦说。

西周时有了“气”的说法，认为气是阴阳的统一，气分阴气和阳气，阳气轻上浮为天，阴气重下沉为地，阳气阴气上下对流而生成万物，阴阳不和，自然界就会出现灾异。例如，周幽王时伯阳甫就曾用这种观点去解释山川地震，他认为这是“阳失其所而镇阴也”。阴阳说产生的同时，五行说也产生了。周幽王时史伯还会以金、木、水、火、土五种基本元素来解释周朝的兴亡。在阴阳五行说产生的同时，还出现了八卦说。八卦说用八卦的阴阳变化来解释自然现象和社会现象。八卦是世界上最早的符号化的朴素哲学，是“万经之首”的《易经》中最基本的形式化方法，其中蕴含着深刻的科学思想。

《易经》是当时阴阳、八卦说思想的集中总结体现。

春秋战国时期，中国形成了百家争鸣的局面，在学术达到空前的繁荣。这一时期出现了许多著名的思想家。这些人以不同的观点，从不同的侧面探索了自然界的状况，继承了西周时期的阴阳、五行、八卦思想，形成了比较完善的阴阳五行和八卦理论。

思想比较正统的思想家是儒家的孔子和孟子，但他们对以天命论为代表的传统思想也开始闪烁其词了。孟子在《孟子·离娄下》中就曾非常正确地指出：“天之高也，星辰之远也。苟求其数，千岁之日至，可坐而致也。”荀况则认为：世界万物的变化是天地之变，阴阳之化的结果，“天地合而万物生，阴阳接而变化起”。

关于世界的本原，在《墨经》中认为是五行。《管子·水地》中认为是水，“水者何也？万物之本原，诸生之宗室

也”。战国中期的宋、尹文则认为是“气”。《老子》又认为是“道”。《庄子·天下篇》更认为世界无论从大的方面还是从小的方面都是无限的，“至大无外，谓之大一，至小无内，谓之小一”。公元前4世纪的尸佼还认为宇宙是空间与时间的统一，“四方上下曰宇，古往今来曰宙”，时间空间合起来就是宇宙。

《黄帝内经》——数千年承传的医学的源头

中医学是中华民族在长期的医疗、生活实践中，不断积累，反复总结而逐渐形成的具有独特理论风格的医学体系。今天，它不仅在中国现代医疗保健中占有重要地位，而且在世界许多国家中，也越来越受到重视。有人曾研究后认为，中国现在以人均GDP不足1000美元的经济水平，而能拥有70多岁的预期寿命应该说是一个了不起的奇迹，其主要功劳恐怕要归于数千年承传的独一无二的中医学。毫无疑问，中医学是中国对世界科学文明做出的最伟大的贡献之一。它已流传了几千年，而到了现代也没有被西医取代，本身就说明了其生命力的顽强和在世界医学上的地位。

中国在夏、商、西周时就有了初步的医学，巫和医已逐步分开。在甲骨卜辞中就有数百条有关疾病的记录，殷墟甲骨文中还记录了按人身体部位分类的十种疾病分类方法。《周礼》上记载的医有多种类型，如食医、疾医、疡医、兽医等。当时的医师似乎还懂得了记录“病历”。考古挖掘发现那时使用的药物已近百种。治疗方法除服用医生指定的药物外，还有沐浴、涂抹、针刺等，也懂得了讲究人体卫生和环境卫生。

扁鹊春秋战国时期，随着医疗保健知识的积累和医学水平的提高，中医对人体的解剖、病因病理、疾病的

诊治等方面的认识已有长足的发展，中医开始建立自己独特的基础理论体系，其标志就是成书于公元前 3 世纪战国晚期的《黄帝内经》。

《黄帝内经》全书 18 卷，包括《素问》和《针经》各 9 卷。它以论述中医基础理论为重点，同时也涉及到卫生保健、临床病症、方药、针灸等多方面的内容，是一部医学理论与临床实践相结合的医学专著。

《黄帝内经》分析病症和治疗的思想方法是以当时的阴阳学说为基础的。它认为：人体阴阳的相对平衡和协调，是维持正常生理活动的必备条件。如果失掉平衡，就会产生疾病。拿发热来说，可以由阳盛引起，也可以由阴虚引起，但病因、病理各不相同。所以，在诊治的时候，必须结合患者的特点及其他临床表现进行具体分析，辩证施治。这就是中医学根本的指导思想。

五行是日常生活中的五种物质(金、木、水、火、土)，战国时的思想家用五行来说明世界万物的起源和多样性的统一。此后五行学说又进一步发展，增添了五行相生相克、循环终始的内容。《黄帝内经》引进五行学说，将五行与脏腑、情志、季节、味、色等相配属，并以此来说明人体脏腑器官之间相互依存、互相制约的“生克”关系。《黄帝内经》中已完全系统化的经络学说，是早期的经脉知识与阴阳五行说、脏腑学说相结合的产物。经络的周而复始，运行气血，内连脏腑，外络肢节，使人体内外器官和各种生理功能形成一个完整的有机体。借用阴阳五行而建立起来的脏腑经络学说成为后世中医理论的核心。

导引图《黄帝内经》还结合医疗实际，提出了“天人相应”的整体医疗观，强调人与生存环境的密不可分

的关系，把四时气候、地球环境和人体健康紧密相连。可见，中医早期的理论体系中既把人体内外看成是一个有机联系的整体，又把人与自然看成是一个统一的整体。这种整体观正是中医理论的基本特点。

《黄帝内经》还对人体生理和病理进行了研究。其中有些结论与现代医学惊人的吻合。如《素问》中对人体体循环和肺循环做了基本正确的论述，还提到了呼吸与脉搏 1:4 的频率关系（呼吸一次，脉搏跳动四次），表达了心脏和血液的关系以及血液循环的初步概念。这是 17 世纪英国人哈维用科学实验才证实的。在《灵枢·肠胃篇》中，采用分段累计的方法，度量了从咽喉以下到直肠的整个消化道的长度，还计算出食管长度与大小肠长度之比是 1:35。这些数据都与近代医学的数据基本一致。

在诊断上，《黄帝内经》归纳总结了运用切脉和望诊相结合的诊断方法，并有所补充和发展。它记述了 44 类共 311 种病症，为后世提供了极富参考价值的临床资料。

在治疗上，《黄帝内经》介绍了多种治疗疾病的方法，如内服、外治、针灸、导引等等。其中有一则是世界上最早的腹腔穿刺术治疗腹水的记录。《黄帝内经》强调预防为主的医疗思想，称之为“治未病”，就是一指未病先防，二指病后防变。它用一个比喻来阐明这种观点：如果一个人的病乱已成，再吃药治疗，就好像是口渴了才想起去打井，那就太晚了。有经验的医生，应该在疾病的早期就给予有效的治疗。

《黄帝内经》不仅记录总结了以前的医疗实践经验，而且引进了哲学中的某些概念，用以贯穿医学多方面的

进展，构成中医学的基础理论体系。哲学思想和医疗实践的结合促进了具有中医特色的基础理论体系形成于2000多年以前，这一体系的哲学理论高度明显超越了当时的临床实践水平，因而此后它充分地在理论上指导着中医临床医学的发展。

墨家的物理学思想

墨家是中国战国时期的一个学派，其创始人是墨子。墨子名翟（约公元前478——前392年），鲁国人，本人是个木匠，相传他制造的守城器械比鲁班制造的还要巧妙。他的学生很多，组成了一个严密的政治性、学术性的团体。成员大都来自社会下层，直接从事生产劳动与科学研究活动。墨家学派著有《墨子》，共71篇，现存53篇。其中“经上”、“经下”、“经说上”、“经说下”、“大取”、“小取”六篇，一般称为《墨经》。《墨经》可能是墨家的集体创作，其中记载了丰富的力学、物理学和几何学的研究成果。

墨家成员在农业、手工业劳动中，积累了丰富的力学知识。《墨经》说：“动，域徙也。”这句话的意思是机械运动就是物体位置移动。《墨经》还讨论了机械运动的一些形式。一种是平动，一个物体的各个部分要运动就一块运动，要静止就一齐静止。另一种是转动，即物体轴线以上的各个部分都在改变位置。还有一种是滚动，即圆物外表的各部分都能同地面接触。

物体改变位置的原因是什么？《墨经》的回答是：“力，形之所以奋也。”形指的是具体的物体，“奋”就是动的意思。这句话是说力是使物体运动的原因。这同牛顿经典力学对力的看法基本一致。

墨家已经认识到重量对于物体的普遍性，并猜测到

物体的重量同物体的运动有着密切的关系。《墨经》说：“重之谓。下，举，重奋也。”这就是说无论物体下落，还是物体举起，都是同重量有关的。

《墨经》十分重视平衡问题的讨论。“均之绝，不，说在所均。”“均”就是平衡，平衡是否被破坏，取决于力是否均等。“均，发均县轻，而发绝，不均也。均，其绝也莫绝。”这句话的意思是：一根毛发可以悬挂很轻的东西，如果毛发断了，就失去了平衡。如果平衡，毛发也就不会断了。《墨经》还叙述了圆球的平衡问题，指出一个圆球放在平面上处于平衡状态，但容易滚动，因为球面上的各点同平面接触时，其直径都同平面相垂直。墨家的这个解释也是符合力学原理的。

《墨经》明确地叙述了力学的杠杆原理：“加重于其一旁，必捶。权、重相若也相衡，则本短标长。两加焉，重相若，则标必下，标得权也”。“重”与“权”是杠杆两端的物体，“标”与“本”是力臂与重臂。杠杆两边平衡时，杠杆就是水平的。如果有一边物体增加，则杠杆的那一边就下垂。如果“重”的一边增加了，杠杆就在“重”的一边下垂，若再要保持平衡，就要缩短“本”的长度，增加“标”的长度。在这种情况下，如果使两端增加相同的重量，杠杆的平衡就受到破坏，杠杆在“标”的一边下垂。这说明墨家已看到，要使杠杆平衡，不仅要考虑两端物体的重量，还要考虑两边物体同支点的距离。实际上他们已具有了如下思想：

本重=标权

只是没有给出数学关系式。他们还说：“长、重者下，短、轻者上。”这实际上是关于力与力矩概念的总结。杠杆原理是在平衡观念的基础上建立起来的，而平衡观念

又来自于墨家成员的生产经验。墨家的杠杆原理虽没有像阿基米德那样作出数学的证明，但却比阿基米德早了两个世纪。

墨家也在阿基米德之前叙述了浮力原理。《墨经》说：“荆之大，其沈浅也，说在衡。”“荆”即“形”，指具体物体。体积大的物体在水中沉下的部分浅，这是因为物体的一部分重量被水的浮力平衡了。

墨家象后来不少古希腊学者一样，对光学也作了研究，并且做了一些光学实验，对光现象的观察是比较细致的。

墨家光学研究的基本观点是“照若射”。即光作直线传播，如射箭一般，这种比喻一直沿用至今。墨家根据光的直线传播原理，解释了一些光学现象。

《墨经》的《经下》中有相互联系的8条论述了几何光学知识。首条讨论成影，说明影是光照不及所致。次条指出在两个光源之下，物体能有两个影。第三条记录了针孔成像实验，用光线的进行去说明倒像的生成，处处体现出光的直进思想，还认识到光线是从物体射出，进入人目才引起视觉。第四条记述了一个有趣的反射现象，即经反射后的日光照到人体，投在地面的人影必在日与人之间。第五条讨论了直立木杆在光源照射之下，投在地面的影子的长度大小的变化规律。第六条讨论平面镜成像的规律。第七条记载凹面镜成像的情况。第八条记载了凸面镜成像的规律。从这八条看，头五条，首论影的成因，次述光和影的关系，第三以针孔成像论证光的直进，接着又说明光的反射，最后讨论了光、物、影三者的关系。这样，光学中的影论部分已基本具备了，后三条分别论述了平面镜、凹面镜、凸面镜的成像规律，

这正是光学中像论部分的基本内容。八条合起来即为几何光学的基础。这八条的特点在于，不但全是实验的忠实记录，极少臆想成分，而且前后连贯构成整体，次序安排合理，逻辑严密，虽只 300 余字，堪称为 2000 多年前世界上最早的几何光学论述。

墨家还提出了类似原子论的思想。他们提出了“端”、“尺”、“区”、“穴”的概念，相当于后人所说的点、线、面、体。什么是“端”？“端，体之无厚而最前者也”，“端，无间也”。即“端”是一种没有体积、内部没有空隙的点，所以也就无法分割。

《墨经》中包含有朴素的物体不灭思想。其中写道：“可无也，有之而不可去，说在尝然。”“已给则当给，不可无也。”大意是：本来没有的就不会有，已经有的也不可能消灭，因为它是曾经有过的。即已经存在的应当存在下去，不会消灭。但是墨家并不否认具体事物的增减变化。“偏去，莫加少，说在故。”具体物体可以减少，但物质的总量并未增加或减少，因为加起来的总量还同过去一样多。

《墨经》的科学思想十分丰富。它的动力学的基本概念是“力”，静力学的基本概念是“衡”，光学的基本概念是“射”，而关于物体结构的基本概念则是“端”。

此外，墨家还研究了哲学、政治学、逻辑学、几何学，是中国古代科学知识的集大成者。他们兼有欧几里德式的逻辑与阿基米德式的实验，这实在是难能可贵的。他们的成就生动地体现了中国古代科学的一度领先地位。

墨家的实验方法、敏锐观察和科学思维，在中国古科技史上是非常珍贵的财富。但令人遗憾的是，像墨家

这样的学术团体在中国没有继续下去，墨家的科学传统在中国封建社会未能生根开花。其中的原因自然非常复杂，但汉武帝实行“罢黜百家，独尊儒术”的政策，使儒学成为中国封建社会的正统思想，而重视科学的墨家学说，2000 年来湮没无闻，竟成为“绝学”，这一点应该是非常重要的原因。墨家思想的遭遇是发人深省的。

古希腊——科学思想的摇篮

公元前 7 世纪至公元前 3 世纪的 500 年，是一个令后人激动和敬仰的伟大时代。正是在这一时期，东西方几乎同时诞生了一批大思想家，他们的思想至今还影响着我们的生活。那时，在东方，释迦牟尼正在印度讲佛，孔子正在中国周游春秋列国讲道，道家始祖老子著成《道德经》。在西方，与中国的诸子百家相辉映，古希腊出现了苏格拉底、柏拉图、亚里士多德等一大批伟大的思想家。现代东西方文明的古老源头几乎同时达到了高峰。

在这种文化背景下，从文明古国的传说和猜想中走过来的自然科学也开始取得了空前的成就和繁荣。这就是古希腊的科学。与中国古代以实用经验知识为主的科学技术不同，古希腊人更注重思想理论体系的建立，近代科学的各个学科几乎都能在古希腊的科学那里找到思想源头。古希腊是科学思想的摇篮。

科学史上的——希腊奇迹

在叙述古希腊的科学之前，有一个概念必须首先澄清。科学史上的古希腊，既不同于地理意义上的现代希

腊，也不仅指政治历史意义上的古希腊，而是指的科学史上的一个时代，从公元前 7 世纪到公元 2 世纪，跨越政治历史意义上的古希腊、马其顿帝国、古罗马的近 8 个世纪时间。正是这一时期，产生了近代科学意义上的科学思想。

雅典学院

科学史上一般把古希腊的科学分为两个大的时期。第一个时期从泰勒斯到亚里士多德，称为古典希腊时期，也有称之为古代希腊，或直接称古希腊时期，从公元前 7 世纪到前 4 世纪大约 300 年，学术的中心在雅典。第二个时期从欧几里德到盖伦，称为希腊化时期，由于学术中心在亚历山大城，所以也称亚历山大时期，从公元前 4 世纪到公元 2 世纪约 500 年，这期间，亚历山大城开始由马其顿人统治，后来又被罗马人占领。

虽然古希腊的版图比现在的希腊大，但从现代的眼光来看，古希腊并不能算一个很大的国家，因此人口也应不会很多，但古希腊人在科学史上却留下了如此辉煌的一页，确实令人惊讶。希腊民族也因此赢得了世界的尊敬。有的学者称之为“希腊奇迹”。

古希腊人对人类文明的贡献，不是在于给后人留下了伟大的工程或宏伟的建筑之类的物质文明，他们最伟大的贡献在人类精神方面，是他们给后人提供了一种理性的思维方式以及后来作为近代科学思想源泉的科学理论和科学思想。我们只要看一下这张古希腊大思想家和科学巨匠的名单，我们就会对古希腊人肃然起敬。泰勒斯、赫拉克利特、毕达哥拉斯、芝诺、恩培多克勒、德谟克利特、希波克拉底、苏格拉底、柏拉图、亚里士多德、欧几里德、阿里斯塔克、阿基米德、盖伦、托勒密。

这张名单上还可以列出很多名字。在近代科学的几乎所有学科，我们都能在古希腊那里寻找到思想的源头。

至于产生“希腊奇迹”的原因，许多学者都在研究这个问题，也得出了许多的结论。但以下两点相信是最重要的：处于文化交汇点上的地理位置和古希腊所实行的城邦民主制政治制度。

古希腊位于地中海沿岸，正处于欧、亚、非三大洲的交叉点上。南边是文明古国埃及、东边是古巴比伦。古希腊人很容易与这两大古文明交流并从中吸取文化营养。事实上，许多古希腊的思想家都留下了曾到古埃及游历或从古埃及人那里得到思想启发的文字记载。这正说明了古希腊人确实是在学习和利用古埃及和古巴比伦人的优秀文化的基础上，创造出自己独特文明的。另外，在古希腊的奴隶社会，实现的是城邦民主制，在某些方面有点类似于中国的春秋战国时期，学术环境相对宽松，适宜于出现百家争鸣那样的局面。

虽然“希腊奇迹”已经成为历史，但它对人类文明的影响是深远的。更重要的是，产生“希腊奇迹”的原因所引发人们的深刻思考。

二 古典希腊时代的科学

据近代考古考证，希腊大陆从旧石器时代就有人居住，克里特岛约于公元前 3000 年出现了青铜文化，公元前 2000 年左右出现国家和文字。也就是在这一时期，一些讲希腊语的部落开始在希腊半岛定居。此后，希腊人建立过迈锡尼、梯林斯、皮洛斯等小国，并创造了灿烂的迈锡尼文明。公元前 15 世纪起，希腊人逐步向爱琴海

(包括克里特岛)的诸岛扩张。传说发生于小亚细亚地区的特洛伊战争，就发生在希腊人向外扩张的时期。

迈锡尼的狮子门公元前 12 世纪以后的一二百年内，迈锡尼文明逐渐衰落。一些生活于原始社会末期的讲希腊语的部落从北方进入希腊半岛，引起了塞萨利亚及其以南的许多希腊部落和部族向不同的方向迁徙。国家、文字和宏伟的宫殿都消失了，继之而来的是原始社会末期的社会组织 and 生活方式在希腊半岛、爱琴海诸岛以及小亚细亚希腊人居住的地区占统治地位。史称“荷马时代”。

公元前 8 世纪，希腊人在改造腓尼基字母的基础上重新创造了自己的文字。由于与古代世界其他一些文明中心的联系日益密切，希腊人从埃及和西亚学到了不少有益的东西。在农业和手工业中，铁制工具已普遍使用。随着生产力的发展，人口的增加，城市的产生和发展，从公元前 8 世纪起，在希腊半岛、爱琴海诸岛以及小亚细亚沿岸的希腊人中，又开始形成国家。一二百年内，陆续出现了一批史家称为“城邦”的小国。也正是在这一时期，在这种文化背景下，古希腊的科学诞生了。

世界是什么——科学之父泰勒斯

公元前 584 年 5 月 28 日上午，在小亚细亚平原上，两个部落正在进行激烈的交战，场面异常惨烈。突然，原来明亮的大地变暗了，士兵们抬头看去，只见太阳像是被什么咬去了一大块。接着，天空越来越黑，大地上暗得如黑夜一般。

这时，双方的将士们害怕极了。因为在这次交战之前，曾有人劝他们休战，说不然神灵会在这天把太阳吃掉，以示惩罚。那时双方都不相信，现在他们终于相信

那个人的话了，认为是他们的战斗触怒了神灵，灾难即将降临。于是双方急忙各自收兵，停战和好。

这事到底是怎么回事呢？

其实，这天是发生了日蚀，由于那时人们对日蚀不了解，以为是神灵发威了。

那么，那个劝双方休战的人又是谁呢？这个人就是古希腊哲学家、科学家，被后人尊为科学之父的泰勒斯。他只不过是运用他所掌握的天文学知识预知并巧妙利用了这次日蚀罢了。

泰勒斯生于约公元前 624 年，卒于公元前 546 年，家庭是小亚细亚米利都(今土耳其境内)的名门望族，有腓力基血统。他本人是一个商人，同时也是政治家、工程师、数学家、天文学家。西方称他为古希腊的“七贤人”之一。他与另一位“七贤人”之一的古希腊著名改革家梭伦是好朋友。据说这两位贤人之间还曾发生过一件有趣的事。

爱奥尼亚的爱菲索斯遗址

泰勒斯是一位希望活得潇洒的独身主义者。有一天梭伦问他为什么不结婚，他笑而不答。第二天他让人给梭伦送去一个口信，谎称梭伦心爱的儿子突然被杀身亡。梭伦听后信以为真，悲痛欲绝。然后泰勒斯又悄悄来到梭伦的面前，拍拍他的肩膀说：“你的儿子没死，我送的是个谎信，我只不过想回答你昨天提出的问题。你现在该知道我为何不结婚了吧。”梭伦被弄得哭笑不得。

泰勒斯虽然在生活中爱开玩笑，潇洒自在，但他却是一个酷爱知识的人，是个大学问家。他曾游历过古埃及和巴比伦，认真学习东方的科学知识，并把学到的知识应用到实际中。

泰勒斯在几何学上很有建树。他曾运用几何学中相似三角形的原理，设计了一种在海上测量舰船间距离的方法。据说他还曾在埃及为埃及法老测量过胡夫金字塔的高度。

泰勒斯当时胡夫金字塔建成已有两千多年，但埃及人一直无法测量出它的真实高度。虽然古埃及人的土地测量技术非常发达，但那是在地上，而面对如此高又有坡度的大金字塔，埃及的工匠们一筹莫展，只能望塔兴叹。这一天，埃及法老听说泰勒斯到了埃及，他知道泰勒斯很有学问。于是，法老就请泰勒斯为他测量一下胡夫金字塔的高度，帮他解开这千古之谜。泰勒斯答应了。

当天阳光明媚，胡夫金字塔下来了很多人，大家都想看看大学问家泰勒斯如何来测量塔高。只见泰勒斯不慌不忙叫来一个人，先量了一下这个人的身高，然后叫这个人站在太阳底下，量一下这个人投在地上影子的长度。接着每过一会儿就叫人量一次这个人的影长。等到这个人的身高和影长一样时，他马上在胡夫金字塔塔尖投在地上的影子处做上记号。然后叫人量出塔底中心到所做记号处的距离 146 米。

法老问泰勒斯是如何测出来的。因为法老只看见泰勒斯一阵忙忙碌碌，没看明白是怎么回事。泰勒斯就一边比划着一边向法老解释说：“其实道理很简单。当人的身高和影长相等时，太阳光正好从 45° 角射过来。反过来说，金字塔的塔高和塔影长度也相等，这时量出塔影的长度，不就知道塔高了吗？”

听了泰勒斯的解释，法老点了点头，表示已明白了其中的道理。其实法老仍然没明白，但他相信泰勒斯的结果肯定是对的。于是宣布胡夫金字塔高度为 146 米。

这个困扰古埃及人 2000 多年的难题终于解开了。

其实，泰勒斯用于测量胡夫金字塔高度的方法，依据的就是我们中学所学几何学中的相似三角形和等腰直角三角形的有关原理。

泰勒斯在几何学方面的贡献是开始了命题的证明。他所得到的命题有：

- 圆被任一直径所平分；
- 等腰三角形底角相等；
- 两直线相交，对顶角相等；
- 相似三角形对应边成比例；
- 对半圆的圆周角是直角；
- 已知三角两角和夹边，三角形即已确定。

以上这些命题从现在看是很简单的。但那可是在 2500 年前，在欧几里德的《几何原本》出现将近 300 年前，这应该是非常了不起的。证明命题是希腊几何学的基本精神，而泰勒斯正是希腊几何学的先驱。

在人们的印象中，古希腊的哲人和科学巨匠们是一群不食人间烟火的怪人，整天冥思玄想的都是诸如“世界的本原”、“理性”之类的问题。事实的确也就是如此，因为“希腊奇迹”和希腊的科学精神本身就包含着这种“怪”味。不过作为科学之父的泰勒斯似乎与这种“怪”味不完全一样。他也冥思玄想哲学问题，但他本身又是一个商人。据说他很有经商头脑，是一位相当成功的商人。从现代的眼光看，泰勒斯简直就是一位“知识英雄”。

亚里士多德在《政治学》中讲了一个泰勒斯经商成功的例子。据说泰勒斯一度很贫穷，遭到人们的讥笑，说学哲学有什么用，不能当吃也不能当喝，到头来还不是穷困潦倒。听到这些话，泰勒斯就暗自下决心：我一

一定要让你们好好认识一下什么是哲学家。一年的冬天，泰勒斯用他的天文知识预测到来年的橄榄必定大丰收，于是在头年的冬天租下了米利都和开俄斯两地的榨油机，由于没有竞争对手，又还没到榨油季节，租金极低。来年收获时，橄榄果然大丰收，榨油机租金暴涨。泰勒斯把榨油机再高价转租出去，从而大赚了一笔。他以此向人们证明，哲学家发财是容易的，只是他的兴趣不在于此，而在于寻求知识而已。

作为第一个自然哲学家，在说明自然界的本原时，泰勒斯提出了“万物源于水”的思想。泰勒斯认为是“水”组成了世界。地球是漂浮在水上的圆盘，天空是由稀薄的水汽形成的盖子。泰勒斯就用这种观点解释为什么大陆周围是海洋，地上为什么有河流，井里为什么有水，天为什么会下雨。泰勒斯关于水是万物本原的思想，一方面是由于受到神话传说中关于水神、海洋神是创生万物的祖先观念的启示；另一方面，更主要的是对古代人们生活实践经验的总结。当时，人们已认识到水对于日常生活和社会生产的重要性。水是生命不可缺少的元素，没有水就没有生命，农业生产和人们的生活，都不能离开水。泰勒斯在出游埃及时，也了解到是尼罗河水养育了埃及民族，创造了埃及的文明以及地中海、爱琴海对希腊成为富强之国所起的重大作用。这些都给泰勒斯对水留下了深刻的印象，认识到水对万物生存的特殊意义。另外，泰勒斯认为水的本性是易变的，没有固定的形态，它既可以变为气体，也可以变为固体，正由于其形态的转换，从而形成万物，并渗透于其中。

泰勒斯关于水是万物本原的思想，虽是十分朴素的，却具有重大的意义。它是希腊哲学史上第一个哲学命题，

哲学是从这个命题开始的。其实，近代科学意义上的科学思想也是从这个命题开始的。也是因为这个命题，泰勒斯才被尊为科学之父。因为它体现了人们开始从感性现象的多样性中寻求统一性，从认识个别开始转向认识一般，试图从统一性和总体性上把握世界。同时，这个命题把自然界本身的东西“水”作为万物统一性的基础，从自然本身去寻找说明自然的原因，而不再用超自然的力量来说明自然界，这是人类认识史上的一次飞跃。

泰勒斯的学术研究并不是孤家寡人式的。他是古希腊科学史上著名的米利都学派的创始人，在他的周围有一群志趣相投者和崇拜者，在泰勒斯逝世后，米利都学派还存在着很长一段时间。在米利都学派中，在泰勒斯后最著名的人物是阿那克西曼德和阿那克西米尼。

阿那克西曼德是泰勒斯的學生，也有人认为是他的侄子。对世界本原的解释，阿那克西曼德比泰勒斯有所发展，他认为，万物的始祖是一种没有固定形态和确定性质的原始物质，并把这种原始物质称为“无限”。他认为，当“无限”受到冷与热的作用时，就会形成水、土、气、火四种元素。对于宇宙的起源，阿那克西曼德提出了世界从混沌中来的自然主义的解释。“无限”在某种不确定的原始的作用力下，首先形成漩涡并分化成四种元素。由于漩涡的急剧旋转，使水、土、气、火分层，土是最重的元素，所以留在宇宙的中心，形成大地；其次一层是水，水盖住了大地；再其次一层是气，气又包裹在水和大地的外边；火是最轻的元素，处于最外层，在宇宙的外部有火的自然位置。阿那克西曼德这些观点中，不仅说明了世界来自混沌，而且包含着最古老的层次论的思想。他还认为漩涡造成分层之后，又进一步运动，

使世界组织起来，形成万事万物。

阿那克西曼德另一个重要的贡献，是他对进化论的猜想。太阳光使大地变暖，地上发着泡沫，从而逐渐生出各种生物来。第一种生物是鱼，但由于后来水陆分开了，一些像鱼的生物爬上陆地来生活。后来就出现了适合在陆地生活脱去了鱼皮的但是还类似鱼的动物，这种动物就是人的先祖。但人的原初时代是非常软弱无能的，只能先藏在鱼皮里生活，后来变得强大了才自己独立生活。这就是阿那克西曼德猜测的进化论和人类起源。应该说，阿那克西曼德对进化论的猜测是天才性的，几个关键点与现代进化论也有相似之处。不过阿那克西曼德不相信进化只是按着一个方向发展，它是循环的，世界将来还会回到混沌状态。

另外，阿那克西曼德还通晓当时的天文、地理知识，据说他绘制了希腊第一张地图，制造了地球仪，发明了日晷的指针，并造了计时器。相传，他是希腊最早用散文体裁来论述哲学的人。

米利都学派的另一位重要人物是阿那克西米尼。他是阿那克西曼德的学生，他提出世界的本原是“气”。自然万物都由气演变而来。他还用气的运动构造了他的宇宙论。

米利都学派是古希腊非常重要的学术团体。泰勒斯收过不少门徒，他的门徒又带出不少门徒，人丁甚是兴旺。上面提到的阿那克西曼德和阿那克西米尼是米利都学派中除泰勒斯外最重要和最著名的人物。其实，米利都学派还有一位著名人物，其在历史上的名气甚至盖过泰勒斯。不过史学家们一般不把他归入米利都学派，因为他后来自创一派了。但他确实又是泰勒斯收的弟

子，比泰勒斯小约 50 岁，相信应该差不多是泰勒斯的关门弟子了。

他就是赫赫有名的毕达哥拉斯，出生在离泰勒斯的故乡米利都不远的萨摩斯岛。

数即万物——毕达哥拉斯学派

泰勒斯见毕达哥拉斯聪明过人，甚是高兴，但由于自己年事已高，便把毕达哥拉斯推荐给自己最得意的学生阿那克西曼德，并劝毕达哥拉斯像自己年轻时一样到埃及求学。毕达哥拉斯遵从老师的教诲，在米利都学派学了一段时间就到埃及游学去了。后来他还去了巴比伦。在这两个地方他主要是学习数学，当然还有哲学和宗教等等。这次游学使毕达哥拉斯受益非浅。成为后来创立毕达哥拉斯学派的知识来源。

毕达哥拉斯从埃及回到家乡萨摩斯岛后，发现此地已被波斯人占领，便只得离开家乡。后来移居意大利南部的克曼顿。这是一个希腊的移民城市，他就在那里开始讲学收徒。渐渐地，他的学派成为了一个集科学、宗教、政治于一体，组织严密的社团。史称毕达哥拉斯学派。这个组织里有男有女，男女成员地位平等。所有成员共同生活，穿同样的衣服，互相帮助，共同学习研究音乐、医学，特别是数学问题。他们的组织纪律非常严格，新加入者必须宣誓，严守内部秘密，并且终身只加入该学派，不得将知识传授于社团外的人。他们甚至还有一些很奇怪的规定，成员禁止吃鱼类、肉类食品，不以铁条火，不朝太阳小便，不在灯光下照镜子等等。该学派始终笼罩在一种神秘的气氛中。外界对他们知之甚少，今天史学界对他们的了解，许多也来自猜测。由于他们的一切财物都是公有的，包括科学上的发现也是公

有的，有把一切科学发现归于学派领袖的习惯。因此，该学派的许多科学成果至今不知道具体是哪一个人的发现，有的只能归在学派领袖毕达哥拉斯的名下。

泥板上的毕达哥拉斯定律毕达哥拉斯学派的最大贡献在数学方面。最著名的自然就是“毕达哥拉斯定理”（在中国称勾股定理），即直角三角形的两直角边的平方和等于斜边的平方。虽然包括中国在内的许多古老民族都很早就发现了“勾三股四弦五”这一特殊的数学关系。但一般关系的发现和证明却要归功于毕达哥拉斯学派。最早记载毕达哥拉斯定理证明的是毕达哥拉斯后 200 年的欧几里德的《几何原本》。不过有人认为《几何原本》上的证明方法不是毕达哥拉斯学派的，毕达哥拉斯学派最初用于证明该定理的方法已经失传了。

关于该定理的证明过程，还流传着一个“百牛宴”的故事。

虽然当时许多古老民族很早就知道像“勾三股四弦五”这样的直角三角形特例，但对一般直角三角形并没有给出过证明。毕达哥拉斯就在学派中提出两个问题：第一，是否所有直角三角形都满足“两直角边的平方和等于斜边的平方”这一关系；第二，如果反过来是否成立？即如果一个三角形两边的平方和等于第三边的平方，那么该三角形是否一定是直角三角形呢？

毕达哥拉斯把这两个问题提出后，学派内部就展开了激烈的辩论，各抒证明的方法。最后得出结论：直角三角形的该种关系永远成立，反之亦然。

铜币上的毕达哥拉斯（罗马帝国时期）学派上下一片欢腾。因为他们知道直角三角形的这种数值关系是非常重要的，由此可以推导出许多重要的结论来。于是，毕

达哥拉斯决定宰牛 100 头，全派上下大肆庆祝，同时也感谢上苍。所以这个定理在中世纪也称“百牛大祭”。

勾股定理只是一个纯粹的数学定理，在当时并不会给毕达哥拉斯他们带来任何现实的利益，但他们却为此大开“百牛宴”，让人似乎不好理解。可是，如果我们仔细研究会发现，在古希腊的科学家们那里，学术研究就是追求科学真理，而不会去考虑什么现实利益，他们对科学的真理的探索是纯粹的，甚至还带有一点如“百牛宴”般的狂热。在他们眼里，人生的意义在自己的心灵内，而不在外界的什么东西。他们孜孜以求的仅仅是去解开自然的一个又一个谜，以使自己得到一次又一次心灵上的快乐和精神上的满足。在后面的阿基米德等古希腊科学家和哲人那里，我们还会更多地感受到这种震撼心灵的古希腊特有的狂热和执着。毫无疑问，这也正是“希腊奇迹”的原因之一。其实，笔者在这里更想表达的是，我们今天说“科学技术是第一生产力”无疑是完全正确的。但是，在科学技术的生产力功能之外，我们是否遗忘了一些别的什么东西，譬如人文精神。也许古希腊人能给我们以很好的启示。

毕达哥拉斯在泥板上写作毕达哥拉斯定理的发现，引起了科学界的广泛兴趣。由于据传“百牛宴”时的那种证明方法已经失传，后来的科学家们纷纷开启自己的智慧来证明毕达哥拉斯定理。在 20 世纪 40 年代出版的《毕达哥拉斯定理》一书中，就收集了该定理的 370 种证明方法。看来该定理的证明方法之多完全可以申报吉尼斯记录了。读者您如果有兴趣，也不妨试一试自己的智慧，看看自己能给出多少种勾股定理的证明方法，也许其中会有所有前人都不会发现的方法呢。那您可就太

值得骄傲了。

毕达哥拉斯学派对数学还有许多贡献，比如发现并证明了三角形内角之和等于 180° ，还有无理数的发现等等。其中关于无理数的发现，其中还有一段科学史上第一次为坚持科学真理而献身的故事。

据说毕达哥拉斯曾断言：数只有两种，整数或两个整数之比（即分数）。但毕达哥拉斯的学生希伯斯在研究正方形的对角线长度时，发现了一个无论如何也无法用两个整数之比来表示的数—— $\sqrt{2}$ （当然当时肯定不是用这种形式表示的）。毕达哥拉斯的弟子们知道这事后都非常惊恐，要求希伯斯不要宣布这个发现，不然就要处死他。因为希伯斯的这个发现不但与老师毕达哥拉斯的结论抵触，更为严重的是动摇了毕达哥拉斯学派关于数的神秘主义的世界观基础。但希伯斯不同意。这样希伯斯就被同门师兄弟们抛入大海处死了。后来，毕达哥拉斯学派成员经过推理证明，发现希伯斯的结论是正确的。但希伯斯已为真理献身了。据说他们是通过反证法证明的：设 $2 = mn$ ，其中 m 、 n 是不可通约的整数，则有 $m^2 = 2n^2$ 。可见 m^2 是偶数，因此 m 也必为偶数。由于已规定 m 、 n 不可通约，因此 n 必为奇数。这样，就可令偶数的 $m = 2k$ ，则有 $m^2 = 2n^2 = 4k^2$ ，得出 $n^2 = 2k^2$ ，即 n^2 为一偶数，也就是说 n 应为一偶数，这与上面已得出的 n 为奇数的结论自相矛盾。这样，只有最先的假设是错误的，即 $2 = mn$ 不能成立，也就是说 2 不能表示为两个不可通约的整数之比。

这样，毕达哥拉斯学派在付出了一条生命的代价后发现了无理数，同时也创造了一种新的证明方法。

毕达哥拉斯学派的宇宙结构图为了一个数杀人，看

来毕达哥拉斯学派对数已非常痴迷了。其实何止痴迷。毕达哥拉斯沿着泰勒斯“世界是什么”的思路，提出了“数即万物”的名言，数成为了世界观。据说他的这种思想是在一个铁匠铺得到灵感的。这一天，毕达哥拉斯正从一个铁匠铺路过，从铁匠打铁时发出的谐音中得到启发，比较了不同重量铁锤发出的谐音之间的比例关系，从而测定了各音调的数学关系。然后这些研究又使他想到，导致万物之间差异的并不是物质的组成，而是其中包含的某种数量关系。于是他就提出了数是万物始基的观点。

毕达哥拉斯认为万物都是由数产生的，摹仿数而来的，数产生万物，一切都由数所构成。那么，“数”又是怎样产生世界万物的呢？毕达哥拉斯认为，万物的本原是一，从一产生二，二是从属于一的不定的质料，一则是原因。从完满的一和不定的二中产生出各种数目，从数目产生出点；点生线；线生面；面生体；从体产生出感觉所及的一切形体，产生出四种元素——水、火、土、气。这四种元素以各种不同的公式互相转化，于是创造出有生命的、精神的、球形的世界，以地为中心，地也是球形的，在地面上住着人。另外，毕达哥拉斯还把数分成三六九号，给各个数字以不同的象征物，这样自然现象和社会现象就可以表示为一定的数量关系。

毕达哥拉斯在以数为万物始基的基础上，提出了他的宇宙学说，其关于天体结构和“中心火”的思想是一种天才性的猜测。他把宇宙系统看成是一个大圆球，其中心是“中心火”，环绕在“中心火”周围有十大天体，它们与“中心火”的距离由近到远，其顺序是——对地、地球、月亮、太阳、水星、木星、金星、火星和恒星群，

在可见宇宙外界的边缘是火圈，最外层则是无限的嘘气。他认为，“中心火”既是宇宙的中心和支撑体，又是光和热的源泉。

毕达哥拉斯的“中心火”思想，虽然只是臆想性的猜测，它不是指太阳、也不能等同于后来哥白尼的日心说，但它为日心说的提出提供了可供吸取的思想素材。毕达哥拉斯关于地球不是宇宙的中心，而只是处在运动中的一个普通天体的观点，也是很有价值的。它是关于地球运行的第一个猜测。

约公元前 500 年，毕达哥拉斯在一场政治斗争中失势，后只身逃亡，活活饿死在一座女神缪斯的神庙中。毕达哥拉斯学派在他死后还存在于 200 年左右。

阿基里斯追不上乌龟——芝诺的运动悖论

前面说到毕达哥拉斯学派是以对数学的研究而著称于世的。然而，也是在当时意大利的南部有一个人却似乎是有意与数学家们过不去，总是拿一些看起来很简单的问题去考验数学家，而数学家们对这些问题却往往束手无策，一见到这个人就头痛。这个人就是人称诡辩鼻祖的芝诺。

芝诺是古希腊爱利亚学派的哲学家，是巴门尼德的学生。芝诺能言善辩，有人写诗形容他：“大哉芝诺，鼓舌如簧，无论你说什么，他总认为荒唐”。使芝诺著名于世的便是他用两论相反的方法提出的，借以否认运动的“四个悖论”。

两分法：运动着的物体要达到终点，首先必须经过中途的一半，为此它又必须先走完这一半的一半，依此类推，以至无穷。假如承认有运动，这运动着的物体连一个点也不能越过。

阿基里斯与乌龟 当时全希腊跑得最快的是阿基里斯。芝诺说，只要让乌龟先爬一段距离，则阿基里斯永远追不上乌龟。因为，他要追上龟，首先就要到达龟所爬行的出发点，这时龟已经向前爬行了一段；当阿基里斯跑到龟的第二个出发点时，龟又爬行了一小段，阿基里斯又得赶上这一小段，以至无穷。阿基里斯只能无限地接近，但永远不能赶上它。所以假如承认有运动，就得承认速度最快的追不上速度最慢的。

飞矢不动 飞着的箭在不同的时间处于不同的位置，甲时在 A 点，乙时在 B 点，在连续的时间中，箭相继地静止在一系列的点上。既然是某一点上，怎么能运动呢？运动实际上是一系列静止的总和。

一半等于一倍 假定有三列物体，A 列静止不动，B 列与 C 列以相等的速度按相反方向运动(见图 1)。当 B1 通过 A3，越过两个位置，到达与 A4 并列的位置时，由于 C 列是按相反方向同速运动的，所以 B1 在相同的时间里已通过 C 列的 4 个位置了(见图 2)。B 越过 C 列物体的数目，要比它越过 A 列物体的数目多一倍。但是 B 和 C 用来走到 A 的位置的时间却相等。一半的时间等于一倍的时间。因此说一半等于一倍。

A1A2A3A4
B4B3B2B1
C1C2C3C4

图 1

A1A2A3A4
B4B3B2B1
C1C2C3C4

图 2

这四个悖论的结论一看便知是错误的，然而要想驳倒芝诺可不那么容易。从亚里士多德至今多少哲学家和科学家试图指出芝诺的论证错误，可总是无法彻底驳倒。读者您如果有兴趣可以与芝诺比一比智慧，可以阿基里斯与乌龟那个悖论为例，假设让龟先跑 10 里，阿基里斯跑步的速度是乌龟的 100 倍，然后你去驳一驳芝诺看。

芝诺悖论表面上看起来一目了然，并且一听就知道他是错的，可是就是说不出他错的理由。而芝诺想要的也不是结论，恰恰就是理由。

芝诺悖论到底说明了什么问题呢？由于古代科学家们习惯于研究一个个离散的数，对连续的数感到不可理解，芝诺悖论的出现，恰恰反映了古希腊数学家想用离散的观点去解释连续现象所遇到的矛盾。芝诺悖论涉及到运动和时间、空间的关系以及极限和无限分割的问题，还接触到运动本身存在连续性和非连续性的矛盾，所以历来受到科学家和哲学家的重视，在认识史、逻辑史和科学史上都有重要的地位。

当然，芝诺悖论在古希腊哲学史上只不过是一段精彩的小插曲，哲学的主流仍然还是沿着泰勒斯提出的“世界的本原是什么”的命题在不断深入研究。经过几代人的不懈探索，古希腊最伟大的科学猜想——原子论诞生了。

原子论：古希腊最伟大的科学猜想

古希腊的原子论思想最早可以追溯到恩培多克勒的“四元素说”，经过了阿那克萨克拉的“种子说”，再到留基伯、德谟克利特和伊壁鸠鲁，最后达到高峰。原子论之所以被称为古希腊最伟大的科学猜想，首先是因为该理论已比较系统，另外更为重要的是，在沉寂将近

2000 年之后，它的思想在 19 世纪初被英国科学家道尔顿发展成为了作为现代化学理论基石的科学原子论。

恩培多克勒出生于西西里岛上的阿格里根特，是当时著名的自然哲学家和哲学家，曾发现空气是一种独立的实体，预见到月亮是由于反射而发光，日蚀是因为月亮的位置处于太阳与地球中间所引起的。

恩培多克勒继承、综合和发展了米利都学派和赫拉克利特关于世界本原的理论，提出了“四根”说，认为世界万物都是由土、水、气、火四种元素结合而成。从这四种元素中产生出过去、现在和未来一切存在的东西：树木、男人、女人、兽类、鸟类和神灵。这四种元素本身不变，在万物中存在着，它们按不同的比例互相混合而形成了各种不同性质的事物。例如：肌肉由四种元素等量混合而成，骨头是由两分水、两分土和四分火混合成，神经由火和土与双倍的水混合而成等等。但当组成这一事物的各种元素分离时事物便消失了。宇宙万物处在这种结合和分解的不断变化之中。恩培多克勒的“四根”说，比泰勒斯和赫那克利特等人单纯的“水”、“火”学说是一大进步，它较能说明世界的多样性问题。

恩培多克勒认为，构成万物的“四元素”本身是彼此独立，不能相互转化的，它们也不能自己运动。它们所以能结合和分离是由于元素之外有两种力量，那就是“爱”和“恨”。爱把四种元素结合为一体，恨把各种元素分开，使事物分解。整个宇宙万物就是由于爱和恨两种力量交互发生作用，使各元素处于不断结合和不断分解的循环往复的过程中。

恩培多克勒还用他的“四根”说，以他自己特有的方式，猜测到了生物演变和适者生存的进化论思想。

恩培多克勒是希腊原子论思想的先驱，他的思想在后来的阿那克萨克拉那里得到发展。

阿那克萨克拉是古希腊原子论的奠基人之一，出生于小亚细亚的克拉佐美尼。公元前 464 年来到雅典，居住了 30 年。他也是古希腊一位著名的自然科学家。他认为：太阳是一团炽热的物质，月亮和地球一样也有山谷和居民，陨石是从太阳上掉下来的石头，雷是由云彩的撞击而产生的，闪电是云和云之间摩擦的结果。由于这些违反传统宗教和神话的主张，被人攻击为宣传邪说，以“不敬神”的罪名将他驱逐出雅典。然而他却是第一个把哲学介绍到雅典的人。

阿那克萨克拉深受泰勒斯和恩培多克勒思想的影响，但他又不满足于用一种具体物质或元素作为万物本原的主张。他提出了自己的“种子”说。

阿那克萨克拉认为，“种子”有各种不同的性质，数目无限多，体积无限小，是构成世界万物的最初元素。种子具有各种形式、颜色和气味，它们的结合构成了世界上千差万别的事物。头发是由头发的种子、血是由血的种子、金子是由金子的种子构成的，所谓事物的产生和消灭实际上是种子的结合和分离；各种不同的种子不是孤立地存在，而是混合在一起的。由种子构成的世界中的一切事物也不是彼此孤立的，没有一件东西能绝对与其它的东西分开。热不能与冷分开，白不能与黑分开，所以热能变成冷，白雪能变成浊水，从吃的食物中能长出头发、血管、肌肉等等。事物性质的区别完全取决于该事物占优势的种子的性质。由于种子是无限的，它们的结合和分离也是无限的。因而事物性质和种类的变化也就无穷无尽。

阿那克萨克拉认为：种子本身是不动的，推动种子的结合和分离的力量在于种子之外的一种东西，他称之为“奴斯”。他认为，宇宙原是无数无穷小的种子的混合体，由于奴斯的作用，使原始的混合体发生漩涡运动，这个运动首先从一小点开始，然后逐步扩大，产生星辰、太阳、月亮、气体等等。

阿那克萨克拉的“种子”说对后来的留基伯和德谟克利特影响很大，成为了留基伯和德谟克利特提出原子论的重要思想来源。

据说留基伯是德谟克利特的老师，他是第一个提出“原子”概念的人。但系统地阐述原子论的却是德谟克利特。史学界一般承认他是古希腊原子论的创立者。

德谟克利特出生于色雷斯的阿布德拉城一个富裕家庭，年轻时到过埃及、巴比伦等地，受到了东方科学知识的影响，这和他后来成为“博学之人”有着密切关系。据说，由于他四处游历，用尽父亲分给他的全部财产后才回到家乡。按当时阿布德拉城的法律规定：将祖上财产耗尽而不事生产的人，应被驱逐出境，死后也不得葬在国内。德谟克利特因此被当地人控告。但在法庭上，他诵读了他的“世界大系统”这部重要著作，人们听后很受感动，不仅答应给他 500 堪它特报酬，而且还替他立了铜像。他一生写了许多著作，著名的有《小宇宙秩序》、《论自然》、《论人性》等等，流传下来的只有一些残篇。他的著作涉及到哲学、逻辑学、数学、天文学、物理学、生物学、心理学和社会生活等各方面问题。

德谟克利特认为：万物的本原不能是自身也发生变化的水、土、气、火等具体的物质形态，而是自身不变

的物质元素。他把这种构成事物而又自身不变的物质元素或微粒称之为“原子”，提出了万物的本原是原子和虚空的思想。

“原子”这个词，其希腊文原意是“不可分割”。德谟克利特的原子是一种最小的、不可见的、不能再分的物质微粒。虚空则是原子运动的场所，也是实在的存在。原子在虚空中急剧而零乱地依直线运动。由于原子的大小、形态、次序和位置不同，原子彼此的碰撞结合成世界万物。原子并不是被人或神创造出来的，它是永恒的，不生不灭的，原子本身是不可被破坏的。

德谟克利特用原子和虚空学说解释自然界的许多复杂现象，反对神学的解释。他认为：原始人在森严的自然现象面前感到恐惧，由于无知，于是猜想神灵是这些自然现象的原因。其实，除了永恒的原子和虚空外，从来就没有不死的神灵。

德谟克利特的原子论，后来被古希腊晚期的哲学家伊壁鸠鲁所继承和发展，使得古希腊的原子论更加丰富和系统。特别是伊壁鸠鲁的原子论提出了原子有重量的重要思想。以下几点是他对德谟克利特原子论的丰富和发展：

第一，伊壁鸠鲁认为原子不但有形状、大小的区别，还有重量的不同。

第二，原子的数量是无限的，但它们的形状、大小和重量的差别又是有限的，最大最小的原子都处于一定的界限之中，不会无限大，也不会无限小。

第三，原子因为有重量，所以会沿垂直轨道做下降运动，但由于下降运动时各种原子互相排斥，所以造成原子沿偏斜轨道运动。

古希腊的原子论，到了伊壁鸠鲁就终结了，以后的学者再也没有超过他的理论。过了将近 2000 年才被道尔顿发扬光大。

同时，原子论也成了古希腊自然哲学的理论高峰。在德谟克利特原子论之后，随着学术中心转向雅典，古希腊哲学的研究方向发生了改变，不再沿着泰勒斯和德谟克利特所倡导的在自然界中寻求万物本原的方向发展，而是转向从物质世界以外寻求世界的存在。这样以人本主义和体系哲学为主要特征的雅典学派就成为当时古希腊哲学的主流。其主要人物就是柏拉图。

“哲学王”的“理想国”——柏拉图学园

要谈论柏拉图，就必须先从苏格拉底说起，因为苏格拉底是柏拉图的老师，柏拉图的许多理论就是为了阐明苏格拉底的思想。

苏格拉底出生于雅典，父亲是个雕刻工，母亲是个助产士。他以其充满智慧的辩术著称于世。据说他经常在公共场所同人们谈话、讨论或辩论各种问题，特别是伦理道德问题。由于他有演说才能，说话富有魅力，因此每当他演说时总能吸引一大批听众。而这时，他最得意的弟子柏拉图就在旁边把老师的演讲词记录下来。苏格拉底一生无著作，他的学说主要记载在他的两个学生色诺芬的回忆录和柏拉图的对话集中。

苏格拉底非常重视知识的作用，他曾说：世界上只有一样东西是美好的，那就是知识；只有一件东西最邪恶，那就是愚昧。他还说：“美德即知识”。这句话的意思就是说，一个有智慧有知识的人才能知道什么是“善”，什么是“恶”，并且能够做一个有道德的人。

那么，苏格拉底所说的善究竟是什么呢？下面让我们

来看一段他与人的对话。在这一段对话中，我们不但能聆听到苏格拉底对“善”的阐述，还能欣赏到他精彩绝伦的辩术。（我们把对话者简称为“对”）

对：请问苏格拉底先生，什么是善行？

苏：盗窃、欺骗、卖人当奴隶，这几种行为是善行还是恶行？

对：是恶行。

苏：欺骗敌人是恶行吗？把原来占领的敌人的城市人卖作奴隶是恶行吗？

对：这是善行。不过我说的是朋友，没有说敌人。

苏：照你说，盗窃对于朋友是恶行。但如果你的朋友打算自杀，你盗窃了他准备用以自杀的工具，这是恶行吗？

对：是善行。

苏：你说对朋友欺骗是恶行，可是在战争中，军事统帅为了鼓舞士气，对士兵说：援军就要来了，但实际上并没有援军，你说这种欺骗是恶行吗？

对：这是善行。

既然一件事情、一种行为，不仅对于不同的人，而且对于同一种人（如对朋友），可以是善行也可以是恶行，于是苏格拉底便得出结论：具体的、有条件的善是不真实的，只有一般的善，才是真正的善，而这一般的善便是关于善的知识。

苏格拉底为了传播自己的哲学观点，求得普遍的道德概念，惯于采用一问一答的谈话方式。苏格拉底同人们谈话中总是从他们感兴趣的具体东西开始，然后引导他们离开特殊的事例去思索、认识那种普遍的原则：什么是真、善、美这类问题。这种“问答法”首先让谈话

的对方说出自己对某问题的看法，然后不断地揭露对方观点的矛盾，迫使对方否定自己原来已经肯定过的东西，最后承认自己无知。上面举出的苏格拉底同对话者讨论什么是善和恶就是一例，讨论结果对话者只好放弃自己原来的看法，承认自己对于什么是善和恶是无知的。

苏格拉底(右)与人交谈

在政治上，苏格拉底反对民主派的一些政策，同时还坚持他的老师阿那克萨克拉的观点：太阳不是神，而是一块灼热的岩石。在民主派掌权之后，苏格拉底被判处死刑，理由是拒绝承认国家规定的神而又造出一些新神来腐蚀青年。当民主派要抓他时，朋友们劝他逃走，但他没有逃，最后在狱中服一种叫“毒芹”的毒药自杀了。

苏格拉底死后，从 20 岁起就跟随苏格拉底已达 8 年之久的柏拉图不得不离开雅典。雅典是柏拉图的出生地。柏拉图的母亲是古希腊改革家梭伦的后裔，父亲的先祖是古雅典王卡德鲁斯。出身这样的名门望族，而今要离开家乡，可想而知柏拉图心中会是怎样一种滋味。柏拉图先是躲避到麦加拉，后来又到处游历，结识了一些自然科学家和数学家。也就是在这一时期，他写下了早期有关苏格拉底的对话。柏拉图 40 岁时，第一次访问意大利的西西里，结识了毕达哥拉斯学派的学者，并认真研究了毕达哥拉斯学派的理论，从此与毕达哥拉斯学派结下不解之缘，深受毕达哥拉斯学派思想的影响，他后来的“理念”说，似乎与毕达哥拉斯学派的“数”就存在着某种渊源。在西西里岛期间，他想在那里办一个分为等级的由“哲学王”来领导的“理想国”。但他的愿望不但没有实现，反而还险些丧命。

柏拉图

公元前 387 年，柏拉图返回雅典，在雅典城外的阿加德米创办了一个学校，免费收徒，吸引了希腊各地很多学者。这就是著名的“柏拉图学园”，这个学园在科学教育史上占有十分重要的地位，后来学园所在地阿加德米成了学院、研究院、学会的代名词。据说柏拉图学园门口立着一块牌子：“不懂数学者不得入内”。可见柏拉图对数学之重视。柏拉图在该学园从事教学和著书立说达 41 年之久。柏拉图的研究成果颇丰，著作有 40 种之多。这些著作偏重文史类，没有自然科学专著，但其中内容也涉及到许多自然科学问题。

柏拉图最核心的哲学理论是“理念”说。他的“理念”与德谟克利特的“原子”是完全对立的，据说他还因此焚烧了德谟克利特的著作。柏拉图反对对自然的直接观察，主张抽象思考。也许正是因为这样他才十分重视数学，他认为，只有抽象的思维和数学才能得到知识。他对科学的贡献是提出了物种和属的概念，这为分类学奠定了基础。另外，他对数学也做出过许多成就。

柏拉图哲学对西方哲学影响极大，后来的许多哲学流派，都可以从柏拉图哲学那里找到其思想渊源。

柏拉图死后，他所建立的学园由其弟子所继承，形成了柏拉图学园派。柏拉图学园总共存在了 900 多年。公元 529 年，柏拉图学园被东罗马皇帝查士丁尼所封，从此宣告终结。

柏拉图一生培养了很多的学生，其中最著名的是亚里士多德，他被史学家称为古希腊最博学的人。

“我爱我师，我更爱真理”——百科全书式学者亚里士多德公元前 384 年，亚里士多德出生于希腊北

方的斯塔吉拉城，早年丧父。他的父亲曾是马其顿王的御医。他 17 岁时进入柏拉图学园，在那里学习和工作达 23 年之久，深得柏拉图的赏识。在柏拉图眼里，亚里士多德是柏拉图学派当然的掌门继承人。然而，令柏拉图失望的是，在柏拉图死后，亚里士多德创立了与老师柏拉图非常不同的哲学体系。对此，亚里士多德有一句名言：“我爱我师，我更爱真理”，因为在哲学思想上，亚里士多德对老师的“理念”说极为不满，他的哲学思想介于柏拉图和德谟克利特之间。在总结前人哲学思想的基础上，他创立了内容丰富独树一帜的哲学体系。

亚里士多德公元前 343 年，亚里士多德应马其顿王腓力二世之邀，担任了王子亚历山大的老师，当时亚历山大才 13 岁。七年后，20 岁的亚历山大即位，这便是历史上赫赫有名的亚历山大大帝。公元前 336 年，亚里士多德返回雅典，创办了一所学校，名为吕克昂学园。

亚里士多德在教育中非常重视教学方法。他反对那种刻板僵化的教学方式。他经常带着他的学生在学园的林荫道上一边散步一边讨论学术，因此人们又称他们为“逍遥学派”。从下面这个小故事我们就能看到大学问家亚里士多德在教学方法上的“逍遥”。据说，有一天一个弟子向亚里士多德抱怨说三段论太难懂了，又是大前提、小前提，又是结论的，希望老师能再给讲一讲。亚里士多德略微沉思了一下说：“三段论其实一点都不难。我们希腊有个很有趣的谚语：如果你的钱包在你的口袋里，而你的钱又在你的钱包里，那么你的钱肯定在你的口袋里。这就是一个非常典型的三段论。”

公元前 323 年，亚历山大大帝在东征途中病逝。雅典人乘机起来反抗马其顿人的统治。他们把对马其顿人

的仇恨发泄到曾为亚历山大老师的亚里士多德头上，控告他犯下了“渎神罪”。这样，已经 60 多岁的亚里士多德不得不逃离雅典，回到母亲的故乡加尔西斯。

亚里士多德沉思雕像第二年夏天，一代大思想家就在凄凉中去世了。这也应了他生前的预言：哲学家的结局往往是很悲惨的，并且都会与政治有关。他的老师柏拉图曾到西西里去劝说那里的国王改革政治，结果被卖为奴隶。他的师爷苏格拉底，为了宣传无神论，被判了死刑。而他本人只不过是做过亚历山大的老师。

亚里士多德一生著作极多，保存下来的也不少。主要著作有：《范畴篇》、《解释篇》、《分析前篇》、《分析后篇》、《正位篇》、《谬误篇》、《物理学》、《论天》、《论产生与毁灭》、《气象学》、《动物志》、《论灵魂》、《形而上学》、《尼各马可伦理学》、《欧德米伦理学》、《大伦理学》、《政治学》、《雅典政制》、《修辞学》、《诗学》等等。这些著作中，包括了哲学、物理学、天文学、生物学、心理学、逻辑学、伦理学、政治学、美学等几乎所有的学术领域，他是一位名副其实的百科全书式学者，为人类创造了极为宝贵的精神财富。他在自然科学上的成就是他之前的任何人无法比拟的。

亚里士多德对自然科学的贡献首先在关于科学研究的方法上。他一反其师柏拉图的“理念”论，把自然作为科学研究的客观对象，并首先进行科学分类，促使自然科学与社会科学逐渐演变为若干门独立学科。他首先提出了自然科学中一系列基本理论问题，如物质、空间、时间、运动等，并认为他们是彼此密切相关的，主张物质、空间与时间的连续性，反对存在“真空”的观点。在科学方法论上，他首先提出归纳与演绎两类方法。强

调数学合理体系与逻辑推理的作用，主张应当严格地用数学来证明科学原理。他的这一系列基本理论观点和方法，后来对科学的发展产生了很大的促进作用。在他的影响下，不但出现了欧几里德《几何原本》这样罕见的传世名著，而且把后来西方一代又一代学者们的注意力引导到对自然界基本法则进行深入的考察上来。这些观点和方法正是亚里士多德学说中不可忽视的活的灵魂。

对于具体学科，亚里士多德取得的最大成就是在生物学方面。据说他的学生亚历山大大帝很支持老师的研究工作，曾下令通告全国，凡是渔猎到的希奇古怪的动物，都要送到他的老师那里。他还派了许多人供亚里士多德支配。这些人遍布全国，为亚里士多德渔猎和饲养动物鸟类。这样，亚里士多德和他的弟子们便拥有了别人无法比拟的研究生物的条件，在生物学研究上取得了丰硕的成果。

亚里士多德的学生在植物学著作中的插图他曾准确地描述了许多动植物的形态，甚至对鱼和软体动物的卵和胚胎都作了精确的描述。他研究了小鸡的胚胎发育和牛胃的功能，指出：动物长利牙就不长角，单蹄动物都不长角。他注意到一位埃利斯妇女嫁给一位黑人以后生了一个男孩，男孩的皮肤是白的。可是又传了一代以后，皮肤又变成了黑色。他不能解释这两代皮肤黑白变化的原因，但是却为以后遗传学的创立和发展提供了启示。他对海洋生物特别感兴趣。他观察到海豚通过叫“胎盘”的特殊组织供给胎儿营养，以使它生长。鱼类不是这样。而哺乳动物都是这样。所以，他将海豚归入哺乳类(兽类)，而未归入海洋鱼类。

在他认识到生物存在着等级以后，他便进一步知道

了，动物表现出一系列发展的变化，就是一种进化。并且他还发现了一条规律：动物进化愈是高级，它的生理机能愈是复杂。虽然生物进化的理论问题一直到亚里士多德 2000 多年以后的达尔文才予以解决，但亚里士多德能在当时提出这个问题已经相当不简单了。

亚里士多德的另一重要贡献是开创了逻辑学(形式逻辑)。他提出思维三大基本规律，即同一律、矛盾律、排中律，确定了概念、判断、推理等逻辑形式，以及提出归纳和演绎两种方法。这些都是在总结当时科学研究成果，并为科学的进一步发展而建立起来的，是对人类思维规律的总结。他所使用的某些专门词语，直到今天仍为很多逻辑学教科书所使用。

亚里士多德在力学领域也取得过很多成就。不过，后人谈论得更多的是他在力学领域的两个错误：一是关于自由落体的。他认为：体积相等的两个物体，较重的下落得较快。甚至认为物体下落的快慢精确地与它们的重量成正比。这错误后来因为传说的伽利略在比萨斜塔做的那个实验而几乎妇孺皆知，甚至在某些片面的宣传中，亚里士多德几乎成了近代科学故事中的反面人物。这决不是科学史的真实面目。事实是，亚里士多德对科学的贡献是无比巨大的，而他在一些问题上的错误也不过是历史条件所限导致的。二是关于“第一推动”问题。亚里士多德认为：“凡运动着的事物必然都有推动者在推着它运动”，但一个推一个不能无限地追溯上去，因而“必然存在第一推动者”。有人以此认定亚里士多德这里说的“第一推动者”即是指上帝，甚至说他是在宣扬宗教神学。这也是片面的。至于中世纪时宗教神学利用亚里士多德的学说来宣扬上帝的存在，那已完全是另一回事了，

不能把这种账算到亚里士多德头上。不然谈何实事求是的科学精神呢？

在古希腊的哲学和科学史上，亚里士多德其实是处在一个非常特殊的时期。从哲学上看，亚里士多德是古希腊最后一个提出一套世界体系的人，从他之后，古希腊哲学就衰落了。从科学上看，他是最早从事广泛经验考察(特别在生物学方面)的人，换句话说，古希腊真正意义上的自然科学在他这里才刚刚拉开序幕。而在他之前，古希腊的自然科学，更多的是以自然哲学面目出现。另外，从亚里士多德之后，雅典作为古希腊学术中心的地位开始衰落了，另一个学术中心亚历山大城正在兴起，而古希腊科学史上的古典希腊时代也从此结束了，开始进入第二个阶段，即所谓的希腊化时期，也称亚历山大时期。

亚历山大时期的科学

在介绍亚历山大时期的科学之前，我们必须对该时期的历史背景作一个简要的交代。因为这一时期，地中海一带战事连绵，统治者更迭频繁，历史界定比较复杂。马其顿是位于希腊北方的邻国，其居民在种族和语言方面与希腊人很接近，并且深受先进的希腊文化的影响。公元前 359 年，腓力二世(即亚历山大大帝的父亲)成为马其顿国王，马其顿在其统治之下迅速崛起，并于公元前 338 年打败了希腊各城邦的联军，从此，希腊的大部分城邦丧失了政治独立，在马其顿王国的统治之下。

亚历山大大帝公元前 336 年，亚历山大继承马其顿的王位，并于公元前 334 年开始了长达十年的东征，建

立了一个横跨亚、欧、非三大洲的马其顿大帝国。需要说明的是，希腊虽然已被马其顿统治，但希腊文化并没有消亡，由于种族和语言等方面的接近，马其顿人很容易地与先进的希腊文化融合在一起，事实上马其顿已经被希腊文化同化，前面已说到，亚历山大大帝就曾受教于亚里士多德。而亚历山大大帝的东征，其实是以马其顿人为主的马其顿和希腊联军对外的侵略扩张。这样，在战争的过程中，希腊的文化也得以广泛传播。

公元前 323 年，亚历山大大帝病死。他的部下为争夺权力发生了内战，这样原来亚历山大大帝的大帝国主要分裂成了三部分：安提柯的马其顿、塞琉古的叙利亚、托勒密的埃及。史称这些国家为“希腊化国家”，意指这些国家虽非原来的古希腊城邦，却都受到古希腊文化的影响和教化。在希腊化的各国中，以在埃及的托勒密王朝对科学最重视，取得的科学成就也最高，而托勒密王朝的学术中心是在埃及的以亚历山大大帝命名的亚历山大城，故而史学界称这一时期为“亚历山大时期”，也称“希腊化时期”。时间从公元前 3 世纪到公元 2 世纪，前后大约 500 多年。

这段时间是古希腊科学发展最富生命力的时期。它不仅是古希腊科学发展的重要阶段，而且在整个人类科学发展史上也占有极其重要的地位。这一时期的特点是自然科学摆脱了古希腊早期的天才直觉和雅典时期的思辨道路，开始从自然哲学中分化出来，沿着一条以实践为基础的专门化方向发展起来，形成了古代的理论学科。其间产生了著名的欧几里德几何学、阿波罗尼的《圆锥曲线》、阿基米德力学、托勒密的天文学以及盖伦医学。

当然，亚历山大时期能取得如此多的科学成果，是

与该时期学术中心亚历山大城的浓厚的学术氛围分不开的，其中，被称为知识宝库的亚历山大图书馆所起作用最为巨大。

曾藏书 70 万卷的亚历山大图书馆

亚历山大城位于尼罗河的出海口，是埃及的一个港口城市。当雅典被马其顿人战败后，马其顿国王亚历山大大帝建都于此，该城也由此得名。从此，希腊文化中心开始由雅典转向亚历山大城。该城人口超过 100 万。公元前 4 世纪至公元前 1 世纪，这里成了西方政治、经济、科学文化的中心。

亚历山大大帝及其部将托勒密，都曾亚里士多德的学生，他们都懂得科学的重要。在亚历山大大帝死后，托勒密在亚历山大城称王。出于政治的需要，他把亚历山大大帝的尸体从巴比伦运到亚历山大城，放在神龛中。托勒密还建立了亚历山大图书馆，并把当时知道的一切有价值的科学成果和研究人员都集中到亚历山大城。

亚历山大图书馆是亚历山大时期科学文化高度发达的象征，也是一个科学知识的大宝库。托勒密王朝还聘请了埃拉托色尼担任亚历山大图书馆馆长。

据说埃拉托色尼青年时曾在柏拉图学园学习过，是西方古代仅次于亚里士多德的百科全书式学者，由于其著作已全部失传，后人才对他不了解。埃拉托色尼最重大的贡献是第一次测定了地球的大小，用的就是几何学的方法。他测得的地球周长为 4 万公里，与现在测得的距离误差不过 100 公里，真是太神奇了。

在埃拉托色尼等人的努力下，也靠了托勒密王朝统治者的支持，亚历山大图书馆越办越大，据说当时藏书 50 万卷。馆里收集了许多著名专家的珍贵手稿，还把亚

里士多德的大部分手稿和图书都从吕克昂学园搬到了这里。在托勒密王朝的支持下，图书馆用购买的方式或者用暴力的手段搜集图书，对外地的一些珍贵资料，甚至用盗窃的办法弄到手，这样一来这个图书馆的馆藏就越来越多。

亚历山大图书馆到托勒密王朝最后一代国王——克娄巴特拉女王当政时，藏书已超过 70 万卷。遗憾的是这样一个知识宝库，后来在多次的战火和宗教冲突中被毁掉了。

科学演绎法的丰碑——欧几里德和《几何原本》

在科学史上，没有哪一本学术著作会像欧几里德的《几何原本》那样人人皆知了。而它诞生 2000 多年来对人类的思维所产生的影响，那是无论如何估计都不会过分的。因为它不仅仅是一本引导人进入数学殿堂的教科书，更重要的是，它是人类历史上第一个公理化的数学体系，它为后人提供了一个完整的演绎系统和公理化方法。

《几何原本》的拉丁文本(1482 年)

关于欧几里德的生平，现在知道的很少。他早年大概就学于雅典，深知柏拉图的学说。公元前 300 年左右，在托勒密王的邀请下，来到亚历山大，长期在那里工作。他是一位温良敦厚的教育家，对有志数学之士，总是循循善诱。但反对不肯刻苦钻研、投机取巧的学风，也反对狭隘实用观点。据普罗克洛斯记载，托勒密一世曾经问欧几里德，除了他的《几何原本》之外，还有没有其他学习几何的捷径。欧几里德回答说：“几何无王者之道。”这句话的意思是，在几何学的学习和研究中，没有专门为国王铺设的大道。后来这句话的意思被加以引申，

发展成为“求知无坦途”的至理名言。斯托贝乌斯记述了另一则故事，说一个学生才开始学第一个命题，就问欧几里德学了几何之后将得到什么好处。欧几里德对身边的人说：“快给他三个钱币吧，因为他想在学习中获取实利。”接着，便把这句学生打发回家了。

欧几里德将公元前 7 世纪以来希腊几何积累起来的丰富成果整理在严密的逻辑系统之中，使几何学成为一门独立的、演绎的科学。除了《几何原本》之外，他还有不少著作，可惜大都失传了。

后世的许多科学家都受到欧几里德几何学的深刻影响，并对《几何原本》推崇备至。例如：阿基米德到亚历山大城学习时，就进了欧几里德创办的学校，跟随欧几里德的学生埃拉托色尼学习数学。阿基米德写《论球与圆标》一书时，认真参考了欧几里德的《几何原本》。荷兰唯物主义哲学家斯宾诺莎，就试图模仿欧几里德，从定义和公理出发建立他的哲学体系。斯宾诺莎的代表著作，书名就叫做《用几何学方法作论证的伦理学》。牛顿的名著《自然哲学的数学原理》一书，无论从结构或者从写作方式上，都可以看到《几何原本》的影子。科学巨人爱因斯坦对《几何原本》评价极高。他在少年时看到了《几何原本》，就被它那逻辑体系所深深震撼，一直到老都难以忘怀。他多次赞叹过这本书，他说过这样一段话：“世界第一次目睹了一个逻辑体系的奇迹，这个逻辑体系如此精密地一步一步推进，以致它的每一个命题都是绝对不容置疑的——我这里说的是欧几里德几何。推理的这种可赞叹的胜利，使人类理智获得了为取得以后的成就所必需的信心。”

因此，科学史家称欧几里德的《几何原本》是古代

科学的最高峰，是科学演绎法的一座丰碑，是有一定道理的。

撬动地球的支点——阿基米德和静力学的确立

在欧几里德几何学的直接影响和推动下，亚历山大时期的科学迎来了黄金时代，诞生了一大批对后世产生深远影响的科学成果和科学家，其中代表人物是阿基米德。

希腊文版阿基米德著作(1554 年出版)

公元前 287 年，阿基米德出生在西西里岛的叙拉古，他的父亲费迪亚斯是一位天文学家和数学家，在这两个领域都有很深的造诣。阿基米德早年曾在亚历山大城跟随欧几里德的学生学习几何学，以后与亚历山大的学者们关系密切。阿基米德对科学的贡献主要集中在数学和力学两个领域，另外对天文也有研究。后人对阿基米德评价极高，科学史上把他、欧几里德和阿波罗尼(发现圆锥曲线)并称古希腊三大数学家；也有人称他、牛顿和高斯为人类有史以来三个贡献最大的数学家；他还被人称为“力学之父”。著名的英国科学史家丹皮尔赞誉阿基米德是“古代世界第一位也是最伟大的近代型物理学家”，因为他是科学史上最早把观察、实验同数学方法融为一体的科学家。这种结合体现了“真正的时代精神”。阿基米德的著作很多，其中主要有：《论抛物线问题》、《球体和柱体》、《论螺线》、《论浮力》、《致埃拉斯托芬关于某些机械原理的书信》等等。

“给我支点，我可以撬动地球”

阿基米德发现浮力定律的故事

关于阿基米德的生平没有详细的记载，但关于他的故事却流传很广，许多故事颇具传奇色彩，非常引人入

胜。

据说他确立了力学的杠杆原理之后，曾发出豪言壮语：“给我一个支点，我就可以撬动地球。”人们当然知道阿基米德说撬动地球是夸大之词，但对阿基米德把杠杆原理说得那样力大无比、那么神奇，也大都颇不以为然。

阿基米德撼船机的简略复原图

这一天，叙拉古的国王亥厄洛给埃及的托勒密王造了一艘大船，由于船太大，怎么也无法把它推下水。这时，国王就把阿基米德请来，要阿基米德把船推下水，其实是有意想试一试阿基米德的本领。阿基米德设计了一套杠杆滑轮系统。然后，把绳子的一头交给国王。结果，奇迹出现了。国王只轻轻地一拉绳子，大船就开始移动了，最后滑到水里。国王高兴极了，说这简直就是在变魔术，然后他特别发出公告：“从今以后，凡是阿基米德所说的话，务必一律听从。”

投石机复原图阿基米德在设计抗击罗马人进攻的方法

阿基米德对力学的另一大贡献是发现浮力定律。该定律在初中物理学中我们都学过，为了纪念阿基米德，该定律又称阿基米德原理。该定律是这样表述的：浸在液体中的物体所受到的浮力，等于物体所排开的液体的重量。关于浮力定律的发现还流传着一个非常有趣的故事。

利用太阳光烧毁敌船

有一次，叙拉古国王叫金匠给做了一顶纯金的皇冠。国王拿到皇冠后怀疑金匠在其中掺了银子，可是皇冠的重量与国王给金匠的金子重量一样，国王拿不出证据证

明皇冠被掺进了银子。于是国王就请阿基米德来鉴定一下皇冠。可是，这问题也一下子把阿基米德难住了。他冥思苦想了好几天，仍然无法解开这皇冠之谜。

这一天，他正进入浴盆洗澡，由于浴盆的水放得满了，他一坐下去，水就从浴盆里溢了出来，而且他感到自己的身体一下子变轻了。这个现象一下子启发了他，他马上想到，不同的东西，虽然重量相同，但因其体积不同，排去的水也必不相等。根据这一道理，就可以判断皇冠是否掺假。阿基米德高兴得一下子跳了起来，赤身裸体奔回家中，口中大呼：“尤里卡！尤里卡！”（希腊语意即“我找到了”）然后，他取来与皇冠相同重量的纯金和纯银，把这三样东西浸入水中，看排出水的量。结果他发现，纯金排出水最少，皇冠次之，纯银排出水量很多，从而阿基米德证明了皇冠被掺假了。后来，人们为了纪念阿基米德的这种探索精神，就把现代世界最著名的发明博览会，以阿基米德高喊的那个词“尤里卡”命名。

阿基米德对科学的贡献是巨大的，他在古代竖起了一座丰碑，而他的死却又是那么悲壮，那么富有传奇色彩。他临死前的那一声冷峻的断喝：“不要踩坏了我的圆”，已被定格为一幅历史的永恒画面，让人们去追忆2000多年前的“希腊精神”。

公元前214年，罗马人发动了对叙拉古的侵略战争。为了保卫家乡，阿基米德用自己的全部智慧来抗击罗马人。据说他发明了起重机抓起敌人的船只，摔得粉碎；他还利用杠杆原理发明了一种“投石机”，威力无比；有一些书还记载说阿基米德曾发明过一种“聚光镜”，利用日光烧毁远距离的敌船，打得罗马人胆战心惊，阿基米

德也被罗马人称为“几何妖怪”。这样足足坚持了三年，最后叙拉古国因粮食耗尽及奸细出卖而陷落。当罗马士兵闯入阿基米德家时，阿基米德正在地上的沙盘里专心地研究一个几何问题。他对着走过来的罗马士兵断喝道：“滚开，别踩坏了我的圆！”罗马士兵恼羞成怒，一剑砍了下去。就这样，一颗数百年甚至千年才能一遇的人头被一个野蛮的罗马士兵砍下了。

阿基米德死后，罗马统帅出于对阿基米德的智慧和人品的敬重，为他修了一座颇为壮观的墓，并遵照阿基米德生前的遗愿，在墓碑上雕刻球内切于圆柱的图形作为墓标。

错误但不失伟大的托勒密地心体系

天文学是自然科学中最早独立发展的学科之一，古希腊的天文学也曾取得过很大成就。从泰勒斯、毕达哥拉斯到亚里士多德，再到阿基米德，古希腊科学史上每一位科学大家，无不在天文学上取得过成就或提出自己的宇宙论。古希腊科学家对宇宙结构的看法基本有两种：一种认为地球围绕太阳转(即日心说)，以亚历山大时期的阿利斯塔克为代表，但这是少数派；另一种认为地球是宇宙的中心，所有的天体都在围绕着地球转。这种看法称为地心说，这是多数派，也更符合人们的常识。而亚历山大晚期的托勒密，更是在总结古希腊天文学成就的基础上，提出了一个论证系统严密的地心说，并著成《天文学大全》一书，史称“托勒密地心体系”。

拜占庭艺术家笔下的托勒密(与国王托勒密混为一谈)

托勒密大约出生于公元 85 年，据认为其出生地在埃及南部的托勒密城。此时，埃及已处于罗马帝国的统治

之下。这里有两点必须说明一下：一是该托勒密与希腊化国家托勒密王朝的统治者托勒密没有关系，在他出生时，托勒密王朝已灭亡一百多年了，两者不可混淆；二是把托勒密归为古希腊天文学家。按他当时的出生地来说，他应该是埃及人，但有两点使史家把他归入古希腊天文学家。首先他是希腊移民的后代，另外更重要的是，他继承和发展了古代希腊的天文学成就。

托勒密从小就受到希腊文化的熏陶。成年之后，他离开了家乡托勒密城，来到当时的文化中心亚历山大城，开始了科学研究生涯。在研究中，他非常重视天文观测的作用，曾几十年坚持作天文观测记录，积累了丰富的实际观测资料，为其巨著《天文学大全》奠定了坚实的基础。

托勒密的地心体系

托勒密的地心说集以往全部地心说之大战，为古代天文学的百科全书，是古代天文学发展的高峰。在他的地心体系中，他用数学方法系统地计算了“本轮”、“均轮”，解释了当时知道的天文现象。他认为，地球是宇宙的中心，太阳、月亮、水星、金星、火星、木星和土星都在各自的轨道上绕地球旋转，自下而上，由近及远，形成了所谓月亮天、水星天、金星天、太阳天、火星天、木星天和土星天，再高远处是恒星天，在恒星天之外就是最高天，最高天也叫原动天，原动天是诸神居住的地方。所有的天层都是在原动天的推动下，绕地球转动。由于托勒密的原动天实质上是把宇宙的最后动力归结为诸神，起码他的地心说并不排除诸神，因此得到宗教的承认，并把他的地心说写进了《圣经》和教义，作为不可动摇的信条固定下来，这就是地心说能长久流传的政

治和宗教的原因。不过，我们不能把托勒密地心说在中世纪被宗教神学利用来证明上帝存在这笔账记到托勒密头上。那样不是真正科学的态度。

当然，托勒密的地心体系从根本上说是错误的，但由于它能对当时观测所及的天体运动，特别是行星运动作出十分精确的说明，能准确地预测行星的方位，因而在长达 1000 多年的时间里被人们在航海、生产和生活实践中所采用，并成为天文立法的依据。因此，尽管后来托勒密地心说被哥白尼的日心说所取代，但托勒密地心说在科学史上是占有重要地位的，这一点不能抹杀。

托勒密还是一个杰出的地理学家，著有《地理学》8 卷。另外，他还在光学、数学等领域做出了许多贡献。

名医盖伦

医学历来受到各国统治者的重视，因而医学有时会比其他学科发展得更快。盖伦在解剖猪

古代中国是这样，在古代希腊也是如此。

古代希腊还是在雅典时期，就出过一个著名的医学家叫希波克拉底，他被誉为西方“医学之父”。他不仅具有极其丰富的临床经验，而且提出了“体液说”医学理论。他认为，人体内有红色血液、白色粘液、黄色胆汁和黑色胆汁四种体液，这四种体液失调便导致疾病发生。他还根据四种体液在人体内的混合比例不同，把人分为四种气质类型，即多血质、粘液质、胆汁质和忧郁质，不同气质的人有不同的性格特征，这种气质类型的划分和名称延用至今。

古代希腊医学到亚历山大时期已十分繁荣，盖伦是这一时期医学界的权威，古代希腊医学的集大成者。

公元 129 年，盖伦出生于小亚细亚爱琴海边帕加马

(今土耳其境内)。他的父亲是一位和善仁慈的建筑师。他的母亲却是一位性情粗暴脾气极坏的人，据说她发脾气时会咬人。盖伦 17 岁开始学医，曾在希腊和埃及等地学习解剖，28 岁时回帕加马行医。曾做过角斗士的保健医生。公元 162 年，盖伦来到罗马。当时罗马疟疾流行，当地医生束手无策，他却把疟疾患者都治好了，还治愈了主要行政长官恺撒的妻子的病，从此盖伦在罗马名声大噪，后被罗马皇帝任命为御医。盖伦在罗马居住了 30 多年，在此期间写出了大量著作。现留存下来的就有 83 本。

盖伦既重视理论知识，也很重视实际经验。由于在罗马时代不允许对人体进行解剖，这就极大地影响了盖伦对人体结构与性能的探索。为了实现探索人体奥秘的目的，他曾解剖了山羊、兔、猪、猴子和猿类，并且用动物体内结构与人体结构的相似性来推测人体，主要是根据猴或者是猿的解剖情况来说明人体的结构。即使如此，他仍发现了许多前人未知的现象，尤其是在肌肉、脑神经、心血管方面曾进行活体解剖实验。对呼吸、脉搏的机械作用及大脑、脊髓、肾、胸部、腹部器官的功能也有研究。他认为，食物在胃肠中被消化成乳糜，被吸收至肝脏，而后形成血液，再由血管流出营养全身，变成筋肉。认为肝是血管系统的中心。并提出灵气说，认为灵气总司生命。相信希腊的四体液学说。他创制的许多复方被称为“盖伦制剂”，至今应用简单的物理方法制备的制剂仍沿用此词。他还建议用食物和气候疗法治疗痼病。盖伦认为，好医生应是哲学家，他的哲学思想既有朴素的唯物论，又有明显的目的论观点。由于中世纪欧洲教会的封建统治，将权威神圣化，他的正确的和

错误的观点都被重复引用，统治欧洲达 1400 多年。不过，从科学史角度来看，盖伦确实为西方医学作出了杰出的贡献，正是他为西方医学奠定了基础。

希波克拉底罗马人使用的外科手术刀

古罗马时期的科学技术

科学史上一般认为，希腊化时期的科学至盖伦就结束了，从此，科学史进入古罗马时期。倡导格里高里历的御用天文学家克拉维厄斯由于古罗马与古希腊在地理位置、历史文化方面都存在一定的渊源，另外古罗马在科学史上并没有取得什么重大的成就，篇幅不长，因此，就把古罗马时期的科学技术作一简单介绍。

公元前 265 年，正当古希腊的科学在托勒密王朝的亚历山大城达到全盛时，罗马人悄无声息地统一了意大利半岛。他们从旧石器时代直接进入铁器时代，并陆续征服了雅典、马其顿、叙利亚和亚历山大，成了横跨欧、亚、非三大洲的大帝国。

《自然史》《自然史》中关于怪物的插图

古罗马人优先重视应用技术，对哲学不感兴趣，对理论自然科学也不重视。古希腊灿烂的文化到罗马时期开始衰落。英国哲学家罗素曾把罗马士兵杀害阿基米德看作是罗马扼杀创造性思维的象征。在罗马帝国统治之下，亚历山大时期的科学繁荣逐渐消失。只是在东罗马的拜占庭帝国还残留一些古希腊文明。注重实用，轻视理论思维是古罗马人的一个特点，他们在社会管理、工程建筑、军事技术，乃至政治法律方面成就突出，而在科学上却没有更多值得称道的东西。也许是古罗马人从

古希腊得到科学成果太容易、太直接、太现成而使古罗马人滋长了对科学研究的情性的缘故吧。当然，古罗马的科学技术也不是毫无成就。至少以下三项科学成就在历史上还是产生了一定影响的：一是儒略历法；二是卢克莱修和他的《物性论》；三是普林尼的《博物志》。

教皇格列高利十三世所设历法改革委员会

儒略历法是罗马人在历法上对人类的一大贡献。公元前 46 年，当时罗马的独裁者儒略·恺撒根据太阳的周期制定了这种历法，结束了古罗马历法的混乱局面。儒略历是现行通用公历的前身。

卢克莱修是古罗马时代最伟大的思想家和诗人，也是古希腊原子论的继承者和发扬者。他的主要著作是《物性论》。他还对人类和文明的起源有过认真的研究。他还用自己的方式叙述了“适者生存，不适者被淘汰”的自然选择的思想。

普林尼的《博物志》(又称《自然史》)实际上是一部百科全书，内容十分广博，包括天文、地理、生物学、医学、艺术，生产工艺等多方面的史料。但资料都是从前人的著作中选编而来，并无自己创造性的东西。

以上三项成就基本上都是在古罗马早期取得的，略晚之后就再鲜有科学理论的成就了。

总之，在古罗马时期，自然科学已从亚历山大时期的那种繁荣景象跌落下来，古罗马人走上了偏爱实际、重视实用技术的道路。对不能马上就为他们带来现实利益的理论自然科学采取轻蔑的态度，对古希腊保存下来的珍贵资料不知爱护，而是进行野蛮的破坏，甚至把有价值的手稿付之一炬，这就使理论自然科学的发展受到严重影响。

罗马统治者根本不懂得科学与技术的相互依赖关系，他们为了眼前的利益，只注重短期的技术成果，而不顾长远的科学发展，这就使古罗马科学日趋衰落，而雄踞西方称霸一时的罗马大帝国，尽管在政治上、军事上、经济上取得过惊人的成就，在技术上也曾有过辉煌的建树，但在科学思想、科学理论、科学方法上，不但没能发展古希腊的成果，相反把古希腊的科学业绩都断送了。到公元 200 年左右，古希腊的文化已全部消亡了。随后，西方世界进入了长达千年的漫漫长夜，即所谓“黑暗的中世纪”。

第二部分中世纪的东西方科学

长夜漫漫——中世纪的欧洲科学

前面说到，古希腊灿烂的科学文明，在重视现实利益的罗马人那里没有被继承下来，欧洲的古典文化开始衰落了。公元 476 年，西罗马帝国灭亡，欧洲进入封建社会时期，也就是西方所谓的中世纪的开始。

通常历史上把西罗马帝国灭亡到 1640 年英国资产阶级革命这一千多年称为中世纪。而科学史上稍有不同，一般是指古希腊、古罗马文明结束到欧洲文艺复兴这一千多年的时期。在这期间，欧洲的科学技术成就几乎是一片空白。因此也有人称之为“黑暗的中世纪”。不过，有学者认为，欧洲真正黑暗的是 11 世纪之前的 500 年，而此后已有了学术复兴的迹象。但是，欧洲的科学文明

从古希腊的辉煌高峰跌落下来，走进这个长达千年的低谷，这样巨大的反差自然是发人深思的。要想了解欧洲的科学技术是如何在中世纪的黑暗中摸索前进的，还得从基督教在欧洲的兴起说起。因为基督教是中世纪欧洲的思想主宰。

基督教在欧洲的兴起

基督教是信奉传说中的耶稣为基督(救世主)的宗教，起源于中东地区，最初在犹太人中创立。犹太人又称以色列人或希伯莱人。他们的祖先大概在公元前 1200 年从幼发拉底河迁到埃及尼罗河三角洲，后来因为不堪忍受埃及人的奴役，在传说中的犹太人的领袖摩西带领下来到今巴勒斯坦的南部，以后在这里建立了自己的国家，并定都耶路撒冷。

公元前 27 年，屋大维建立了罗马帝国，巴勒斯坦成了罗马帝国的附属国。公元 6 年，屋大维将巴勒斯坦的犹太和撒马利亚归属于罗马帝国的叙利亚行省管辖，犹太国正式灭亡。在此前后，犹太人曾三次起义，反抗罗马人的暴政，都遭到血腥镇压而归于失败，在强大的敌人的高压下，人们失去了物质解放的条件，便转向寻求精神解放和安慰。许多人把希望寄托于犹太教先知所预言的“弥塞亚”降临人间，惩罚压迫者，解救上帝的选民——犹太民族。就是在这期间，犹太人中出现了一位影响世界历史几千年的重要人物，他的生日被定为公元元年，他被信徒尊称为耶稣基督(“基督”即希伯莱文“救世主”的希腊文译音)。

耶稣被钉在十字架上(420 年的雕像)

作为被压迫的犹太民族的代言人，耶稣宣传上帝派救世主来解救苦难深重的人类，反对罗马帝国的奴隶制度和民族压迫。但起初他所倡导的不是偶像崇拜，而是禁欲、忏悔和对唯一的主上帝的颂扬。耶稣言传身教，所以很有影响力。犹太教的教士们对耶稣的离经叛道思想大为不满，又害怕他的布道会激怒罗马人。由于他的弟子犹大的出卖，耶稣被抓了起来，公元 30 年，罗马地方长官把他钉死在十字架上。

此后，出现了自称是耶稣门徒的犹太教传道者，他们说，上帝之子耶稣教人忍受苦难，受苦的人死后可以升入天堂，而富人进入天堂却非常困难。传道者还说，耶稣死后三天就复活、升天了，不久还要再临人间，在世上建立“千年王国”，信奉耶稣的人将得救。于是，这个支派赢得了许多信徒。后来，犹太教的这个支派渐渐变成了一个新的宗教——基督教。

早期的基督教斥责社会上一切不平等的现象，反对贫富不均，主张人人平等，财产公有。但这些观点为统治者所不能允许，因此，早期的基督教是非法的，广大的基督教徒遭到罗马统治者的迫害和镇压。但是，早期基督教也包含许多消极的东西，它要人们“忍耐”苦难，等待基督来临，把人们从现实世界转移到彼岸世界。因此，基督教在以后的发展中，很快地被罗马统治者所利用。

罗马统治者的镇压未能阻止基督教的广泛传播。从一世纪到二世纪，基督教从西亚发展到爱琴海地区，教徒也从下层扩展到中上层。随着教徒成分的复杂化，各地教会的权力逐步被富人所把持，教义和教会性质也逐渐变化。他们剔除反映奴隶和被压迫者愿望的教条，塞

进为奴隶主统治服务的教义。基督教的《新约全书》反映了这种情况，它说人间的贫富是上天注定的，个人无力改变上帝的这种安排。

拜占庭的圣索菲亚大教堂(建于 6 世纪)

公元 4 世纪初，罗马的统治者改变了策略，对基督教实行扶持、利用和改造的政策。罗马皇帝君士坦丁认为，利用基督教是实现皇帝统治的最好手段。他在 313 年颁布了“米兰敕令”，确认基督教的合法性。之后，又对基督教加以特殊保护，授予一系列的特权。392 年，基督教被定为罗马帝国的国教，禁止其他一切宗教的合法存在。后来“希坡会议”、“迦太基会议”把包括《旧约全书》和《新约全书》的《圣经》作为最高权威，使《圣经》的词句在法庭上具有法律的效力。后来，日耳曼人南下灭掉西罗马帝国后，基督教又和日耳曼封建势力结合起来。封建统治者在王权至上的前提下，承认宗教的神圣。

古代晚期的雅典学校 1054 年，由于教会内部的斗争，基督教分裂为罗马公教(天主教)和东正教(希腊正教)。11—14 世纪这段时期，天主教势力发展达到鼎盛。经济上，教会拥有天主教世界 1/3 的土地，教皇的收入比欧洲各国国王的收入的总和还多。政治上，教会拥有自己的法庭、监狱和武装力量。思想上，教会建立了镇压人民和控制教徒的“宗教裁判所”，从此，宗教裁判所就成了压制科学思想、迫害科学家的反动工具。教会把哲学、政治、法律都统统并入宗教神学的体系，迫使自然科学成为神学的恭顺奴仆。任何揭示自然奥秘的科学思想，只要不符合宗教的教义，都会被斥为“异端邪说”，持有这种思想的人轻则被革教籍，流放异地；重则被监

禁，甚至被判以绞刑或火刑。据不完全统计，基督教会用他们的宗教裁判所杀死过数量达 50 万的科学家和有自由思想的人，而被扣上异教徒的帽子遭杀害的其他人更是多得不计其数。

欧洲的“焚书坑儒”

在基督教兴起前，古罗马统治者只是不重视科学理论，但似乎也不敌视古希腊科学文化。然而，当基督教被立为国教之后，教会垄断了文化教育，垄断了整个精神生活。教会这种万流归宗的特殊地位，决定了它必然会敌视压制以对自然的自由探索为己任的科学。终于，罗马统治者和教会联合在欧洲历史上演出了一场“焚书坑儒”的丑剧。其中，使古典文化遭受灾难性摧残的事件是亚历山大图书馆被烧毁和柏拉图学园被封闭。

亚历山大图书馆被烧毁

前面我们曾说到亚历山大图书馆，它藏书最多时会达 70 万卷，是一座珍藏着人类古代文化和科学知识的宝库。但它还是在几次的战火和宗教狂热行动中被焚烧殆尽。

罗马会场

第一次是公元前 47 年，时任罗马大将军的恺撒纵火烧毁了亚历山大图书馆，近三个世纪来收集的七十万卷图书被付之一炬。自从公元 380 年基督教成为罗马国教以来，已被罗马帝国占领的埃及亚历山大又开始遭受基督教文化的侵袭。罗马皇帝狄奥多修于 392 年下令拆毁希腊神庙，以德奥菲罗斯主教为首的基督徒纵火焚烧了塞拉皮斯神庙，大约有 30 多万件的希腊文手稿毁于一

旦，这是亚历山大图书遭受的第二次大劫难。

狂热的基督徒在这里不仅烧毁了希腊学术著作，而且残忍地杀害了古代世界唯一的一位著名的女科学家希帕提娅。希帕提娅是亚历山大缪塞昂学园最后一位重要的人物。由于希帕提娅不信奉基督教，基督教会一直视她为眼中钉，必欲除之而后快。公元 415 年 3 月的一天，一群基督暴徒在亚历山大的大街上挡住了希帕提娅的马车，将她拖到教堂里活活撕碎。

柏拉图学园被封闭

古罗马的后期，罗马统治阶层都相信神学和《圣经》，对科学的热情一点也没有了。他们把世界看作是上帝创造的，大地是平坦稳固的，不需要用科学去改造。当罗马分裂为东西罗马之后，东罗马帝国拜占庭的皇帝查士丁尼，为了让基督教垄断文化教育和进行思想统治，禁止异教徒和不信教的人担任大学职务，还没收这些人的个人财产。这样，从柏拉图到亚里士多德逐渐建立的探讨自然科学的大学被毁掉了，许多有学问的人被赶出大学和研究机构，还有许多科学上有造诣的人被流放到波斯等边远地区。一切科学成果都被破坏了。

古罗马讲坛遗迹

公元 529 年，查士丁尼下令封闭雅典所有的学校，包括柏拉图学园。这一由柏拉图亲手创建，持续了 900 多年的希腊学术大本营就这样被毁灭了。

亚历山大图书馆被烧毁和柏拉图学园被封闭，标志着古典科学文化的彻底衰落和科学史意义上的欧洲“黑暗的中世纪”的开始。

主宰精神的上帝

基督教被立为罗马国教后，基督耶稣完全统治了人们的精神，人们再不用对自然奥秘感到好奇，不用提出任何自然科学问题。人们在现实和精神两个世界所遇到的问题都可以由已经万宗归一的基督教神学得到解释。基督教神学先期被称为“教父学”，后发展成了“经院哲学”。

教父学

在基督教产生的初期，还没有基督教神学，只是由一些使徒到处宣扬耶稣的神迹，传播所谓救世福音，随着基督教的发展，教会中出现了一些护教人物，他们逐渐成为制定和解说基督教信条的权威，被信徒们尊称为“教父”。他们利用当时流行的新斯多葛主义和新柏拉图主义等哲学，对基督教的信条进行加工，制订了一整套教义，并努力为信仰作论证。他们的学说被称为“教父学”。

教父学的基本观点是一神(上帝是唯一的神)、一主(上帝是唯一的造物主)、一信(信仰上帝才是唯一正确的信仰)，上帝是三位(圣父、圣子、圣灵)一体的。全知全能的上帝从虚无中创造了世界，也创造了人。基督教的教义认为，偷吃智慧果的人类始祖亚当和夏娃犯了“原罪”，作为他们后代的整个人类，世世代代都要为之赎罪。而要赎罪就要信仰上帝，忍受苦难，接受上帝安排的命运，按照教义的要求拒绝物质生活的引诱，过禁欲生活，多做善事，随时忏悔，以求死后升入天国，否则就会被打入地狱，永远受苦。

作为至今已具有 2000 年历史的基督教，其存在肯定具有历史的合理性。而作为基督教基础理论的教父学，其宣扬的很多伦理思想也具有某些合理性。但是，它要求人们的理性认识要服从信仰，认为真理并不是人们研究探索的结果，而是由于上帝的启示而来的，《圣经》就是上帝启示的记录，人们的一切言行必须以《圣经》为准绳，对《圣经》不能产生丝毫的怀疑。教父学的这些观点就严重禁锢了人们的思想，极大地阻碍了人类的科学认识。教父学的代表人物有德尔图良(约 160—230 年)和奥古斯丁(354—430 年)。

德尔图良生于北非的迦太基，他的父亲是军人。他从小受到较好的教育，学成后先是用拉丁文撰写神学著作，著有《辨惑篇》、《论异端无权存在》，被后世称为“拉丁教父的创始人”。

德尔图良认为，上帝早在世界出现以前就存在了，上帝有一种叫“逻各斯”或“道”的东西，上帝就是借“逻各斯”创造了世界和万物。后来上帝把“逻各斯”借给了童贞女玛利亚，玛利亚感受了圣灵而怀胎，于是“逻各斯”就转成肉体出世，那就是耶稣，玛利亚也就成了圣母，所以圣父、圣子、圣灵是统一的，即三位一体。

德尔图良极力宣扬蒙昧主义和信仰主义，贬低人类的理性，反对自然科学。他认为，人们认识的对象是上帝，只有对上帝的认识才是真理，而要认识上帝就要靠信仰，否则任何科学研究不仅是徒劳的，而且还是对上帝的亵渎。

罗马帝国末期的奥古斯丁是教父学的集大成者。他生于北非的塔加斯特，他的父亲不信基督教，但他母亲

却是个虔诚的基督教徒。公元 373 年，他在雄辩术学校结业后，在迦太基和米兰教授雄辩术。他早年信奉摩尼教，后来在米兰皈依基督教，公元 395 年，任北非希波主教，直到逝世。著有《忏悔录》、《教义手册》、《上帝之城》、《三位一体》等，特别是《忏悔录》和《上帝之城》被基督教会奉为经典，他本人也成了教父学的最高权威。他的思想在当时和整个中世纪产生了重大影响。

奥古斯丁奥古斯丁认为，世界上永恒的完美的东西是上帝，上帝造的世界就不是完美的也不是永恒的了。上帝不存在于时间之中，上帝创造世界之前没有时间，从创世之日起才有了时间。上帝创造了除自己之外的一切，他创世时并不用质料，而是从虚无中创造的。这些是他从德尔图良那里继承下来的。此外，他还论证和发展了德尔图良“圣父、圣子、圣灵三位一体”的说法，认为这三者不是三体而是一体，不是三个神，而是一个神，这就是全知全能的上帝。

奥古斯丁继续宣扬原罪说，主张人们听天由命，逆来顺受。因为无论是天堂还是凡间，一切都是全知全能的上帝所赐予的，上帝主宰着一切，安排着一切，人们只要信仰和崇敬上帝就行了。他认为，自从上帝造人时就造了两座城：一座是上帝之城，另一座是人世之城，上帝之城是幸福的天国，人世之城是罪人和魔鬼生活的地狱。人们要想死后到上帝之城过永恒的幸福生活，就要服从上帝的意志，人民要服从君主，奴隶要服从主人，任何反抗都会增加罪过。

奥古斯丁认为，知识就是关于上帝的学问，一切与上帝无关的知识都是无用的。因为无论天上地下还是人间，一切都是全知全能的上帝造的。人们只要了解上帝

就行了，用不着去研究自然。研究自然会使人陷入理智的傲慢，会亵渎上帝。因此，没有自然知识的虔诚教徒比有自然知识的普通人要好得多。不过，奥古斯丁并不像德尔图良那样笼统地去反对理性，他认为，理性是有的，理性只是为了理解信仰，解释信仰。信仰先于理性，高于理性，理性要为信仰服务，而信仰就是对上帝的信仰。这样一来，奥古斯丁就从理论上把科学全部排除了。

教父学把信仰当科学，反对研究自然和自然规律，从而严重地阻碍了自然科学和人类整个认识的发展，使欧洲曾有的古希腊时代的科学知识和科学精神遭到抛弃，人们陷入了愚昧无知的深渊。欧洲的科学之光渐渐暗淡了下来。

经院哲学——阿奎那

教父学后来逐步发展成为更有系统的经院哲学。经院哲学名称来源于希腊语的“学院”一词，是由于后来教会在修道院中设立学校研究哲学而得名。

经院哲学主要研究对象是基督教的教义，《圣经》是经院哲学最权威的经典。经院哲学用《圣经》的教条去论述哲学命题，所研究和争论的问题绝大部分都是十分荒谬的。例如，天堂里的玫瑰花有没有刺，天使睡不睡觉，一个针尖上能站几个天使，亚当和夏娃刚刚被上帝造出来的时候有几岁、有多高等等。对这些都要长篇考证，并争得不可开交。

经院哲学的内容十分庞杂，多半又是没有任何实际意义的空洞定义，大量地引经据典，完全脱离实际，其概念推演之繁琐，论证之复杂是空前的。因此，经院哲学成了形式主义和烦琐论证的典型。后来，凡是脱离实际，咬文嚼字，从某种不变的教条出发，进行空洞的概

念推演和烦琐论证的，就被人们讥讽为“经院哲学”或“烦琐哲学”，并称这种学风为“经院习气”。

经院哲学的研究方法是一切以《圣经》为准绳，以亚里士多德等权威的著作为经典。研究中，事实如果和《圣经》或权威经典发生了矛盾，他们就让事实服从《圣经》或经典。

经院哲学宣扬上帝就是真理，真理就是上帝，真正有价值的科学研究在这种环境下举步维艰。进步人士一旦被宗教裁判所起诉，辩护权也随之被剥夺，还可能面临财产没收、投入监狱、流放异地，甚至被烧死的残酷迫害。

阿奎那中世纪后期，广大人民对宗教越来越怀疑，对探索自然的愿望越来越强烈。与此同时，科学与宗教的两条阵线越来越明朗化。教会为了维护自己的统治，除了加紧对自由思想的镇压外，再就是力图使自己的理论显得更成熟，于是就捧出了自己的神学权威——托马斯·阿奎那(1225—1274 年)。

阿奎那是一位意大利伯爵的儿子。从小受过良好的教育，14 岁就上了大学。系统地学习了神学，后来获得了当大主教的资格，深受罗马教皇的器重。他的主要著作有《神学大全》、《反异教大全》等。

阿奎那根据当时教会的情况和各方面斗争的实际需要，对经院哲学进行了具有时代特色的变革，创立了一个客观唯心主义新体系。他的新体系试图调和神学与哲学、神学与科学、信仰与理性、一般与个别、理念论与感觉论之间的矛盾，具有明显的折衷主义特征。起初，他的观点并不被大多数神学家所接受，但在他死后不久，他的观点就全部被教会接受了。1323 年，他被教皇约翰

22 世封为“圣徒”。1567 年，他又被教会命名为“天使博士”。1879 年，他的哲学被教皇利奥十三定为唯一真实的哲学，作为天主教哲学和神学的基础。

与奥古斯丁的教父学不同，阿奎那的哲学并不忽视理性，并且认为上帝不是不言自明的存在，它需要证明。上帝的存在是可以用理性来证明的。仅从这一点，我们就能明显看到阿奎那哲学的调和、折衷主义色彩。

阿奎那是最高的一位神学家和经院哲学的代表人物，他把基督教理论发展到一个新的阶段，集经院哲学之大成。虽然他的哲学体系中包括了一些科学材料，但他的思想体系和政治主张，对自然科学的发展是十分不利的，成了以后宗教神学反对科学进步的指导思想。不过，阿奎那的哲学对科学的发展也起了一定正面的启发作用，主要在方法论方面，阿奎那建立哲学体系和论证上帝存在的逻辑推理方法对后来的自然科学家建立科学理论体系有一定启发意义。当然，对中世纪欧洲的科学来说，首要的是要在世界观方面的解放，在这方面，阿奎那哲学依然是起着禁锢的作用。

黑暗中的微弱光明

一般提到中世纪，总认为是一团漆黑，这种看法是不全面的，只有从时间上和地域上作出界定，这样说才是正确的。一般将公元 5 世纪西罗马帝国灭亡到 15 世纪意大利文艺复兴这一千年来称作中世纪，或中古时期。按这样的分期，中世纪就不能说是一团漆黑。因为，第一，只能说欧洲如此，而阿拉伯地区以及印度和中国并不黑暗；第二，在欧洲，也只有 5 世纪到 11 世纪这五百

多年是真正的黑暗年代，而此后，有好几次学术复兴运动。

波依修斯算术著作的手抄本黑暗年代是蛮族入侵直接造成的。罗马文明的大厦摇摇坠久矣，最后终于自行倒塌，留下一堆废墟，蛮族只是将它们彻底清除掉。罗马帝国长期的战争，使人间的血债和相互仇恨像雨后春笋般地滋长，非人道的奴隶制度造就了奴隶与奴隶主之间的不共戴天，每一次的蛮族入侵必定伴随着罗马奴隶们的起义，罗马帝国在腥风血雨中被毁灭几乎是命中注定的。随着阿拉伯人征服巴勒斯坦和埃及，斯拉夫人占领巴尔干半岛，拜占廷帝国与西方的联系彻底中断。西罗马帝国灭亡后的欧洲一盘散沙，蛮族没有高级文化，甚至没有语言和文字，更没有自然科学知识，他们在文化沙漠上重建新的文明，这就是黑暗年代的情况。近代欧洲只是从这时才开始它的历史的。

《哲学的慰安》的阿拉伯文本封面

在黑暗年代，唯有基督教会起了一点启蒙人心的作用，但它对于自然科学也没有任何贡献。早在罗马帝国灭亡之前，教会即已势力浩大，虽然内部教派众多，但总的来说比较有组织。在欧洲黑暗年代，教会是唯一核心作用的统一力量。以君士坦丁堡为核心基督教中分出了东正教教派，而以罗马为核心，分出了天主教教派。由教士本尼狄克创立的并为天主教教皇格里高里一世所发展的修道院制度，为欧洲在黑暗年代保存了些许文化知识，其中包括医学和农学知识。本尼狄克修道院所属的学校，后来发展成为大学。

在黑暗年代，希腊的科学知识大多被人忘却，只有尚在流行的波依修斯的著作还有对古典知识的介绍，这

位罗马贵族约于公元 480 年生于罗马，在雅典和亚历山大里亚受过希腊式教育，其时，罗马帝国已经解体，统治意大利的是东哥特人提奥多里克(493—526 年在位)，提氏与波依修斯相交甚好，并委任他当执政官，但后来，波依修斯被怀疑与东罗马皇帝有染，而东罗马帝国当时正欲恢复昔日的版图，所以，波依修斯被当作奸细关进了监狱，于公元 524 年被处死。

波依修斯是了解希腊学术的最后一位罗马人，他用拉丁文翻译的柏拉图和亚里士多德的著作纲要和注释，是早期欧洲人所有了解的仅有的希腊科学，他根据希腊人的著作编写的学问四科，即算术、几何、音乐和天文的教程一直是中世纪大学的教本，在 12 世纪之前，人们关于亚里士多德的知识都是从波依修斯那里来的。

波依修斯在狱中写作的《哲学的慰安》是一部重要的哲学作品，在中世纪广为流传，他是哲学史上连接古代与近代的桥梁。

唯名论与实在论之争

经院哲学是教会的指导思想，是自然科学的精神枷锁。不过，经院哲学也并不是铁板一块，其内部也存在着复杂的斗争，最为激烈的就是唯名论与实在论之争。这场斗争一直持续了数百年。

争论是围绕共相(种与属)问题展开的。究竟共相(一般)是离开个别事物而独立存在的实体，还是个别事物的名称？它是先于个别事物而存在，还是后于个别事物而存在？他们所说的“共相”，有时指一类事物共有的一般属性，有时指人们对这种共性所形成的一般概念。共相问题是一个涉及本体论和认识论的重大哲学课题。

唯名论主张：个别事物在先，是唯一实在的，共相

是名称(或概念)，不具有实在性；实在论则主张：共相是最实在的，它作为精神实体存在于个别之先，并决定个别事物。可见，双方争论的中心问题就是一般与个别(共相与殊相)的本性和关系问题。古希腊的大哲学家如柏拉图、亚里士多德就已经探讨过这个问题并产生了分歧。因此，唯名论与实在论之争乃是古代哲学争论在新的历史条件下的重演和深入展开。

表面上看，唯名论与实在论之争不过是哲学上的学术之争，然而经院哲学内部的这场争论却有深刻的政治原因。因为，在当时的欧洲，有三股势力在政治舞台上角逐，以各国国王为代表的封建统治势力，以教皇为代表的教会势力，以及新兴起的市民阶层。由于唯名论的最终深入将导致对上帝和基督教教义的怀疑，而实在论是能证明上帝存在的，因此，唯名论和实在论之争就成为了上面三股势力暗中较量的舞台。王权派和市民阶层支持唯名论，教会支持实在论。

在早期的唯名论和实在论之争中，有三位代表人物值得一提：罗瑟林、阿伯拉尔、安琴伦。

罗瑟林是法国人。他坚持唯名论，反对实在论，认为一般只是名称记号，只有个别才是客观实在。他反对宗教经典中圣父、圣子、圣灵“三位一体”的说法。他说：圣父、圣子、圣灵是三个个别，三个神，也就是三个实体，不可能是一个神，不可能一个人既是父亲，又是儿子，也是灵魂。罗瑟林的“三神论”被教会斥为“异端”，受到教会传讯，后被迫逃往英国。

罗阿伯拉尔是一位法国教师，也是一位唯名论者。著有《是与否》、《基督教神学》等。他在《是与否》中提出了 158 个问题，对上帝的存在和上帝是否全知全能

都提出了怀疑。他提倡人们从信仰转到理性上来，不承认人生下来就有“原罪”，认为德性和罪恶都在于人们后天的心灵和行为。由于他的观点与教会的正统观点不同，被判处终身禁止发表言论，监禁于修道院中。

实在论的第一个代表人物是安瑟伦，他被称为最后一个教父和第一个经院哲学家，著有《独白》、《论道》、《斥愚人书》。他千方百计地证明上帝是绝对真实存在的，以此来论证基督教教义。

唯心论和实在论这一争就争了几百年，而在旷日持久的较量中，双方力量对比发生了微妙变化，同时也让人看到了欧洲学术复兴的一丝亮光。

大学的创立

经院哲学从 11—12 世纪开始日趋混乱，一些老牌的修道院威信扫地。在这种情况下，出现了各种类型的世俗性学校，这些学校有的是公立的，有的是私立的。早期的这类大学更像是从事科技活动的学会或协会。后来，随着学生的增多和教学制度的正规化，才有了作为高等教育机构的大学。

早期的大学，没有入学年龄的限制，没有明确的年级分配，也没有严格的入学考试制度，更没有奖学金和助学金。许多大学的权力直接掌握在学生手里，他们甚至拥有武器，有的学生还靠乞讨和偷窃为生。尽管如此，大学一出现就成了年轻人追求知识的地方。随着历史的前进，政府也着手对大学进行管理，严格了入学、升级、毕业的考试制度，大学才从混乱中走向正规。

较早建立起来的著名大学有巴黎大学(1160 年)、牛津大学(1167 年)、剑桥大学(1209 年)、帕多瓦大学(1222 年)、那不勒斯大学(1224 年)、里斯本大学(1290 年)等。

到中世纪末，欧洲已有 80 所大学，三分之二在法国和意大利。除以上提到的这些大学外，有一所大学不能不提一下，那就是于 1158 年创立的世界上第一所大学——波伦亚大学。早期这些大学开设的课程，有的偏重于人文科学，有的偏重于自然科学，但系科的划分，没有近代那样严格。主要有语法、修辞、逻辑、数学、几何、天文、音乐、法律、医学等，很少设有文学和史学课程。

在欧洲各大学出现之前，人类历史上还从来没有过数量那么多、规模那么大的教育机构，这些教育机构无论它的早期多么粗糙和散漫，但毕竟是系统地培养人才和进行学术研究的地方，为后来欧洲科学技术的起飞准备了条件。当时，有些大学在校生达数千人，学习年限一般要 5—6 年，最后只进行一次考试。有些学生在读书期间或毕业以后，要到各地去游学，他们几乎是在不受限制的情况下，在欧洲各个大学间串来串去。

欧洲各大学的创立和发展，引起了教会的恐慌。他们想方设法控制大学，大肆迫害大学中传播真正知识的学者。但是，进步潮流不可阻挡。世俗大学克服了重重困难，顽强地生存下来，在与神学修道院的斗争中不断地发展壮大，培养出了一批又一批反对宗教神学和封建势力，献身科学的精英，为欧洲的复兴准备了大量的中坚力量。

罗吉尔·培根：实验科学的先驱

中世纪欧洲科学史的最亮点就要数罗吉尔·培根了。著名科学史家丹皮尔对他的评价是：“在精神上接近他以前的伟大的阿拉伯人或他以后的文艺复兴时代的科学家的唯一人物。”

罗吉尔·培根在 1210 年左右出生于英国伊尔彻斯特

的一个富裕家庭，从小受到良好的教育。早期在牛津大学学习时，他是林肯郡主教罗伯特·克罗塞特的学生。后来曾在巴黎大学任教，研究科学和哲学。正是在巴黎大学这段时间，他广泛阅读各种书籍，尤其热心研究阿拉伯学者的著作，一些异教学者所写的书籍对他一生影响很大。他对自然科学的兴趣，就是在这段时间养成的。

培根虽然博览群书，无书不读，但他并不是从《圣经》、神圣、阿拉伯人或亚里士多德那里把自然知识的事实和推论拿过来就算完事，而是谆谆地告诫世人：证明前人说法的唯一方法只有观察和实验。他重视实验的思想就这样逐渐形成了。

培根把“实验科学”定义为：这是前人不知道的科学，这种科学比其他科学更完善、更有利。他认为，不论科学理论在逻辑上多么合理，总不能直接提供确定性，只有实验科学才能证明它们的结论正确与否。培根从方法论的角度指出了实验科学的重要性，这一思想具有划时代的意义，近代自然科学的真正起点就是对实验科学的极端重视和对实验结果的充分归纳，这一思想也沉重打击了烦琐空想的经院哲学。

培根是实验科学的倡导者，是近代实验科学的思想先驱。他曾研究过中国的火药，试制过镜片、望远镜等，还亲自做过光学实验。但他的研究工作受到教会的怀疑，教会对他进行了严格的限制，不准他写作和传播思想。培根在无可奈何的情况下，给一位名叫吉·德·富克的政治法律家写信。富克后来当了教皇，他对培根的研究表示支持，并且不顾教长的反对和教会的章程，下令让培根把他的研究成果写出来。培根经过大约一年半的努力，写成了《大著作》、《小著作》、《第三著作》。

在富克死后，培根失去了保护人。1277年，他又被教会投入了监狱，而且不准申诉。大概在1292年他被释放，获释后写了一本小册子《神学概要》，此后他的下落就不清楚了。

培根的一生虽然充满了悲剧，但他首倡的实验科学的思想却为人类文明做出了巨大的贡献，至今仍是现代科学技术赖以存在和发展的基石。同时，培根的实验科学思想也是对经院哲学的一次有力冲击。

“奥卡姆剃刀”——经院哲学的衰落

培根之后，对经院哲学的最有力的攻击是来自哲学上的。13世纪末，英国唯名论者司各脱开始抛出了“二元论”思想。认为上帝是宗教世界的本原，而物质是自然界的本原。这样，悄悄地把科学与宗教神学分开，并要求各司各自的世界本原之职。

司各脱“二元分家”之后，又一英国唯名论者奥卡姆重拳出击。他指出，经院哲学被阿奎那搞得太繁杂了，应当大大精简，要像用剃刀剃头发一样，把那些主观臆造的和繁琐论证统统剃去，以便让人们去直接地研究具体事物和具体知识。这就是科学史上反对经院哲学的有名的“奥卡姆剃刀”，意译为“思维经济原则”。奥卡姆的著名警句是：“不要增加超过需要的实体。”奥卡姆主张信仰与理性，神学与科学应当明确地分开，在神学领域可以用信仰来解决，在科学领域则需要用理性来研究。同时，他还把这种观点推广到社会领域，主张教会权力与世俗权力平等，教会权力只应当去管神的事，世俗权力才能管人的事。这种观点，实质上是把教会和教皇的权力架空了。

1324年，奥卡姆被教皇逮捕，囚于阿维农教廷。1328

年，他逃出监狱，投奔与教皇有矛盾的德意志皇帝路德维希。据说他对皇帝表示：“你若用剑来保护我，我就用笔来保护你。”随后他写了许多政治论文，并试图联合中下层市民反对教皇，被称为“不可战胜的博士”。1350年病逝于慕尼黑。著作有《箴言集》、《逻辑大全》等。

奥卡姆之后，尼古拉给了经院哲学致命的一击。他本来是位主教，但并不相信经院哲学。他对自然科学有着广泛的兴趣，甚至还亲自做过科学实验。他对托勒密地心体系提出了异议，认为地球本身是在不停地自转，成了哥白尼日心说的思想先驱。他认为，人们的一切知识都不过是一种猜测，上帝并不是唯一的神，有各种神，他这种观点是“泛神论”的前身。这种把神融和在自然中，认为神就是自然，自然就是神的泛神论，给了经院哲学致命的打击。

经院哲学在多方打击之下，内外交困，渐渐地衰落下去。经院哲学从兴起到高峰，再到没落下去，在这漫长的过程中，人类的社会心理发生了一个重要的转变，从苦难中造出了神，本来希望神能解救人们，后来却受到神的统治，反而带来无穷无尽的苦难。这时，人们又怀疑神，进而由一些先进分子起来反对神，引导人们逐步从神的压迫下解脱出来。人们开始从信仰走向科学，开始去真正地研究和认识自然了，走过长达千年的黑暗之后，科学的黎明渐渐到来了。

从沙漠中走出来的科学大国——中世纪的阿拉伯

正当欧洲处在中世纪开始最黑暗的 500 年时，在东方的阿拉伯半岛，崛起了一个后来对人类文明进程影响

很大的大帝国，这就是阿拉伯帝国。它是指 7 世纪 30 年代至 13 世纪中叶阿拉伯人建立的伊斯兰哈里发国家。中国史书称“大食”，西方史籍称之为萨拉森帝国。

东西科学文化交流的桥梁

阿拉伯半岛位于亚洲的西南部，是世界上最大的半岛，也是联系亚、非、欧三大洲的交通要冲地区，三分之一以上的地区为沙漠。公元 6 世纪前，半岛上广大沙漠地区的居民还过着原始游牧的生活。

大约在公元 570 年，伊斯兰教的创始人穆罕默德诞生在麦加一个没落贵族的家庭，父亲阿布杜拉在他出生前已亡故，6 岁时丧母，由祖父和伯父相继抚养。幼年失学，替人放牧。12 岁开始随伯父外出经商，曾随商队到过叙利亚、巴勒斯坦等地。对当时阿拉伯社会的民情体察很深。后来，他受到当时流行的哈夫尼思想的影响，反对偶像崇拜。他经常到麦加郊区希拉山一个山洞里沉思冥想。

世界上第一座大图书馆创建者、亚述国王亚述巴尼拔

当穆罕默德 40 岁那年，他声称在山洞里接到了安拉通过天使吉卜利勒给他的启示，要他作为安拉在人间的“使者”，最后的“先知”，传播安拉的启示。自此开始了他的传教活动。

起初，穆罕默德传教的范围只限于至亲好友。612 年，才开始向麦加的居民公开传教。他宣称安拉是宇宙万物的创造者和主宰，是独一无二的。他劝导人们归顺并敬畏安拉，止恶行善，反对崇拜多神和偶像。宣称伊

伊斯兰教是自古以来正統的宗教，他自己是这个宗教的最后一位使者，受命于安拉，传布伊斯兰教。其使命是给人们带来真正的“安拉之道”。他提出禁止高利贷，买卖公平，施济贫民，善待孤儿，奴隶赎身，制止血亲复仇，实现“和平与安宁”等改良社会的主张，激起了阿拉伯半岛的劳苦大众对伊斯兰教的向往和期望。伊斯兰教影响的日益扩大，遭到多种教徒，特别是部落贵族、富商和其他宗教首領的种种阻难，甚至直接危及穆罕默德的人身安全。

622 年，穆罕默德宣称自己受到安拉的“默示”，动员大多数穆斯林离开麦加迁往麦地那，在当地一些部落的支持下继续传教，从而进入一个将宗教和政治、经济、军事结合在一起的新时期。他打破穆斯林间以血缘关系为基础的部落界限，号召所有穆斯林，不分种族、部落和家族，团结一致贯彻“穆斯林都是弟兄”、“你们要一同抓紧安拉的准绳，不要分裂”等原则，建立起以穆罕默德为首的穆斯林公社。穆罕默德以先知兼政治、军事领袖的身份，发号施令。同时，建立清真寺，逐步规定了一些必须遵行的礼拜、斋戒等宗教制度。针对当时出现的社会问题，陆续作出一系列关于经济、政治、法律的规定，并提出有关伦理道德方面的主张。以政教合一的组织对当时的阿拉伯社会实行全面的改革。他先后向阿拉伯半岛各部落以及阿比西亚、埃及、波斯、拜占庭等地派遣传教使节，扩大自己的影响。

630 年，他率领 1 万多人攻占麦加。以艾卜·苏富扬为首的麦加贵族迫于形势，改信了伊斯兰教，承认穆罕默德的先知地位和宗教、政治的权威。随后，穆罕默德下令清除克尔白神殿中的偶像，并将麦加定为伊斯兰

教的宗教中心。631 年末，半岛各部落相继归信伊斯兰教，政治渐趋统一，麦地那成为新政权的政治首都。632 年 3 月，穆罕默德率领 10 多万穆斯林到麦加进行了一次经过改革的朝觐，史称“辞别朝觐”。他以安拉启示的名义，宣布“我已选择伊斯兰教做你们的宗教”。这样，一个政教合一的阿拉伯国家已初步形成。

阿拉伯图书馆

穆罕默德取得政权以后，崇尚知识，鼓励人们追求学问。他认为：那些背井离乡去追求知识的人，是在真主安拉的大道上行走的人。他在这个国家的广大地区兴建学校，实行靠慈善资助的免费教育，许多清真寺都是和学校合一的。学校的学生要学习《古兰经》，此外还要学习文学、逻辑学、数学和天文学。这样一来，阿拉伯民族的科学文化水平得到迅速提高，出了一大批人才，这也成了阿拉伯兴旺发达的基础。

开始时，阿拉伯人的科学文化基础是很薄弱的。因此，他们就尽可能多地吸收世界各地的科学文化，对古希腊、古罗马、古埃及、古代中国和印度的科学技术都尽量学习。他们还把年轻一代的人才送到拜占庭的君士坦丁堡和其他希腊人聚集的地方，去学习医学、天文学、地理学方面的知识。

在技术方面，阿拉伯人从中国学会了造纸术，从印度学会了农业技术。通过这些学习，阿拉伯人对人类做出了一个重大贡献，这就是阿拉伯在各文明地区间架起了一座桥梁，使世界各地特别是东西方的科学文化得到融合。这是世界科学文明的第一次大的交流和融合。

穆罕默德之后的几代阿拉伯统治者，对教育和科学技术都非常重视，因此，阿拉伯人在科学技术上的进步

是惊人的。到 8 世纪，阿拉伯帝国已成为科技大国，是当时世界科学技术的中心之一。他们与中国的交往也非常密切，并从中国学到了许多盛唐时代的科学技术。而中国古代许多先进的科学技术也是通过阿拉伯人传到欧洲的。

814 年，阿巴斯王朝的马孟(763—833 年)即位。根据他的决定，830 年在巴格达设立“智慧院”，下设图书馆、天文台、编译局。马孟派人到处搜集希腊名著，请人翻译。他即位不久就征服了希腊王米契尔三世，他提出的议和条件之一就是要希腊交出大量图书(其中就有托勒密的《至大论》)。

这是阿拉伯人对科学的另一重要贡献。因为通过他们的搜集、整理和翻译，为人类保存了许多有价值的资料。不然，也许古希腊宝贵的文化遗产可能会在后来的战火和宗教冲突中损失殆尽。

在马孟重视科学的影响下，很快就出现了阿拉伯科学的繁荣，并且在整个社会形成了一种崇尚知识的风气。据说那时阿拉伯上层社会中爱好收藏图书的人非常多，图书成了财富和地位的象征，有的人家图书多到搬家时需数百头骆驼专门拉图书。

古代阿拉伯的科学

阿拉伯人在吸收其他民族科学文明的基础上，创造出了自己的科学文明。他们的贡献主要在数学、天文学、医学、化学、地学、生物学等领域。

花拉子密和阿拉伯数学

提起阿拉伯的数学，大家首先会想到我们现在天天

用的阿拉伯数字。不过，阿拉伯数字直接创造者并不是阿拉伯人，而是印度人。阿拉伯人是从印度学去后，加以改造而成的。特别是“0”这个符号，首先是印度人创立的。阿拉伯人经过学习，创新形成了阿拉伯数字符号。欧洲人是从阿拉伯人那里学去了阿拉伯记数法，并从希腊、罗马学去了代数和几何学方面的知识，才逐步创立了现代数学体系。

古代阿拉伯的最著名数学家是花拉子密。他在数学史上占有重要地位。他出生于波斯北部城市花拉子密，曾长期生活于巴格达。他的数学名著，通过后来的拉丁文译本，对欧洲近代数学的诞生产生过极大的影响。他有两部数学著作传世：《花拉子密算术》和《阿尔热巴拉和阿尔穆卡巴拉》（意译为“还原与对消”）。该两本著作对后来的数学影响极大，现在人们常用的“算法”（Algorithm）和“代数学”（Algebra）两个名词即分别来源这两部著作的书名。花拉子密的代数学补充了欧洲数学的不足，因为欧洲从古希腊起就只擅长几何不擅长代数，有了花拉子密的代数，作为研究形和数的数学，门类就齐全了。后来，花拉子密的代数学专著和欧几里德的《几何原本》都成了欧洲各大学的通用教科书，为培养欧洲数学人才起了重要的作用。

另外，阿拉伯人在三角方面也取得过很大的成就。已能运用各种三角函数，并且还提出了许多三角公式。

“医学之王”阿维森纳

古代阿拉伯人在医学上成就也非常大。他们是在对世界各地医学进行综合的基础上，形成自己独特的医学体系的。阿维森纳

最著名的医学家是阿维森纳，被称为阿拉伯的“医

学之王”。

《论视觉》中的眼睛草图阿维森纳又称伊本·西那。他还是一位亚里士多德学派的哲学大师。公元 980 年生于波斯的博卡拉(今乌兹别克)，1037 年卒于哈马丹。他 16 岁开始写医学论文，18 岁在医学界显露头角。其间治好了曼苏尔王的重病。曼苏尔王为了酬谢他，任他选择金钱美女。他却只提出了一个要求：能自由地到曼苏尔的书库中去阅读。他著有百科全书式的《医典》，总结了希腊、罗马、印度与阿拉伯的医学成果，阐述了医学的基础理论，记录了丰富的临床经验。《医典》叙述了解剖学和病理学问题。他猜想空气与水中有一种极其微小的动物，可以引起人的疾病。这个猜想在八个多世纪以后通过巴斯德的精确实验得到了证实。

阿维森纳生活在阿拉伯医学的全盛时期，他的医学理论主要以希波克拉底的四体液学说为基础，但就其医学内容看来，也吸收了东方的医学，如中国和印度的医学。他的《医典》对当时所有的医学知识加以整理和注释，书的内容编排清晰，文体雄辩有力，论述比较中肯，因此这部书直到 17 世纪末在西方各国医生的心目中都是绝对的权威。

阿维森纳的一生，历经几度兴衰，伽色尼的马哈茂德战胜萨曼王朝后，他流亡在外，曾任行政官员，也曾被囚禁，几遭暗杀，仍坚持学术工作。一生的最后 14 年在伊斯法罕度过。最后因奔波过劳而去世，时年 57 岁。

点石成金的“哲人石”——阿拉伯炼金术中的化学
在古代阿拉伯人的科学成就中，不能不提到他们的炼金术。古代阿拉伯的炼金术大约是 7、8 世纪发展起来

的。据考证，阿拉伯人是从中国学到炼金术的，他们的炼金家曾把炼金的主要原料之一硝石称为“中国雪”。

炼金术是炼丹术的别称，首先产生在中国。古代炼丹术除研制兼有“长生”和“点金”效用的万应灵丹以及各种长生药外，还试图用化学方法将铜、铁等普通金属“点化”为黄金、白银。因此，炼金只是炼丹术的一个组成部分，严格地说，炼丹术和炼金术不是同一概念。现在习惯把后起的阿拉伯炼丹和欧洲炼丹术称为炼金术，而把中国古代的称炼丹术。这可能是因为，中国古代炼丹的目的偏向于炼长生不老的“仙丹”，而阿拉伯人和欧洲人更偏向于试图把铜、铁“点化”成金、银。

炼金术不是近现代科学的一门学科，因此也不能称之为科学。但近代化学却脱胎于它，人类许多的化学知识都来自于炼金术，尤其是炼金术的炼金过程直接导致了近代化学实验方法的产生。也许我们可以把炼金术称为“前科学”或“准科学”。

阿拉伯炼金家所用的原料有汞、硫、硫化汞、硝石、雄黄等。19世纪以前化学家们知道的酸和碱，阿拉伯炼金家们几乎都知道了。他们还制成了蒸馏器，完成了许多无机物质的分析，还研究和制造了数百种药品。他们还会制造少量的硫酸、硝酸，甚至知道王水的作用。

阿拉伯最著名的炼金家是查比尔·伊本·赫扬。在拉丁文献中称他为格伯。他又是一位学识渊博的医生，著有《物性大典》、《七十书》、《东方水银》等。他的这些著作作为阿拉伯炼金术奠定了基础。

查比尔炼金术的理论依据来源于古希腊的哲学家，特别是亚里士多德的思想。查比尔认为，冷、热、干、湿是组成物质的四要素。他认为，四要素的两两互相配

合，便形成世界上的各种金属，并使它们具有相应的内质。例如，黄金与白银的内质是冷和干，只要使白银内质中的冷干比例调整得与黄金一样，就能使它变成黄金。查比尔进一步认为，所有的金属都是同一种类的东西，全都是由水银和硫黄组成的，因此，只要在适当的条件下金属是可以互相转化的。他相信可以靠“哲人石”把贱金属转变为贵金属，能使铁、铜、铅、锡变为白银或黄金。他千方百计地去炼制“哲人石”，除用矿物以外，还用种种稀奇古怪的原料，经化学处理，再经过煅烧、升华、蒸馏等过程，试图以此能制得“哲人石”，从而炼出黄金。

从今天的眼光来看，炼金术的出发点是荒唐的，方法也很混乱，在当时也是不可能炼出黄金来的。但是，炼金术士在盲目的摸索中还是积累了许多宝贵的化学知识。他们从矿物和动物体中分离出一些制剂，合成了一些化合物，认识了它们的某些化学性质；他们对动、植物进行分解蒸馏，不仅使用了一系列化学研究的方法，而且设计、创制了许多化学研究的仪器；他们对无机物的分类成为后来化学家对物质进行分类的基础。这些工作，无疑对现代化学的产生和发展起了非常重要的作用。另外，炼金学家们坚信的不同金属是可以互相转化的思想，总体思路并没有错，只是方法不对或太简单了。

20 世纪的核物理技术不就是被人称为“现代炼金术”吗？

阿拉伯帝国后期，国内宗教纷争加剧。欧洲人的 8 次十字军东征也极大地消耗了阿拉伯帝国的实力。1258 年，成吉思汗之孙旭烈兀率领蒙古军队攻陷巴格达，杀死哈里发。阿拉伯帝国灭亡。阿拉伯的科学也从此衰落。

风景这边独好——古代中国的科学技术

公元前 221 年，秦始皇统一中国，结束了中国 500 多年诸侯纷争的局面，同时，先秦那种百家争鸣的学术氛围也随之结束。在从秦到清的 2000 多年中，虽然有不断的朝代更替，还有几次外族入主，但总体上说中国封建社会是比较稳定的，整个国家也是分少合多。这样，中国古代的科学技术也在这种社会背景下缓慢地发展着，经过盛唐，在宋时达到高峰。明、清以后逐步衰落。

在这 2000 年的大部分时间里，中国科学技术是领先于西方的。当欧洲处于黑暗的中世纪时，中国的科技却走向了唐、宋的繁荣，颇有风景这边独好的味道。英国科学史家李约瑟在其巨著《中国科学技术史》的序言中说：“中国的这些发明和发现往往远远超过同时代的欧洲，特别在 15 世纪之前更是如此(关于这一点可以毫不费力地加以说明)。”

不过，中国的科学技术走的是一条注重实践经验的道路，因而在科学成果上也是实用型多，理论型少，这一点与作为西方科学源头的古希腊不同。由于地理位置的原因，古代中国的科学技术基本上没有受到外来科学文化的影响，因而发展了一套独立的科技体系，主要有数学、农学、医学、天文学这四大学科以及建筑、纺织、陶瓷等技术。

算之术——数学

中国古代在数学方面有许多重大的成就。早在春秋

时期就有了分数概念和九九表。《海岛算经》、《五曹算经》、《孙子算经》、《夏侯阳算经》、《张丘建算经》、《五经算术》、《缉古算经》、《缀术》、《周髀算经》、《九章算术》号称中国古代十大数学名著。宋、元时期是中国数学发展的高峰。算筹

《周髀算经》不过，古代中国的数学成就几乎都集中在“算”上，几何学方面明显薄弱，没有堪匹敌欧几里德《几何原本》的成就。令人感兴趣的是，作为东西方科学文化源头的古代中国和古希腊，在数学上的成就却很有特点，各自偏向数学的一个分支：古代中国擅长“算”（代数），很少涉及几何图形问题，即使涉及，也会用“算”的方法来解决几何问题；而古希腊人则正好相反，偏重于几何图形问题，习惯于形象思维，在遇到“算”的问题时，他们会试图用几何方法去解决，毕达哥拉斯学派是这样，阿基米德也是如此，甚至阿基米德临死前的那句话也是“不要踩坏了我的圆”。也许，中国人的爱“算”和希腊人的爱“图”，这仅仅是一种历史的偶然选择。然而，爱“算”的中国人最终走上了一条实用技术的道路，而爱“图”的希腊人走上了一条理论科学的道路，这决不会是偶然。因为，从通常人类的心理来说，爱“算”者必然现实，而爱“图”者更爱幻想。

因此，从某种意义上说，中国古代数学即是“算之术”，曾达到很高的水平。某些“算术”一度领先欧洲一千年。

世界数学名著——《九章算术》

秦、汉是中国封建社会的上升时期，经济和文化均得到快速发展。中国古代数学体系正是形成于这个时期，它的主要标志是算术成为一个专门的学科以及《九章算

术》为代表的数学著作的出现。

《九章算术》《九章算术》是中国战国、秦、汉时期数学发展的总结。就其数学成就来说，堪称是世界数学名著。例如分数四则运算，今有术(西方称三率法)，开平方和开立方(包括二次方程数值解法)，盈不足术(西方称双设法)，各种面积和体积公式，线性方程组解法，正负数运算的加减法则，勾股形解法(特别是勾股定理和求勾股数的方法)等，水平都是很高的，其中方程组解法和正负数加减法则在世界数学发展上是遥遥领先的。就其特点来说，它形成了一个以筹算为中心、与古希腊数学完全不同的独立体系。

《九章算术》有几个显著的特点：①采用按类分章的数学问题集的形式；②算式都是从筹算记数法发展起来的，这些算式表示法紧密地依赖于数字在图式上的位置；③以算术、代数为主，几何也是偏重于量的计算，很少涉及图形的性质；④重视应用，缺乏理论阐述。

这些特点同当时社会条件与学术思想有关。秦、汉时期，一切科学技术要求密切为当时确立和巩固封建制度以及发展社会生产服务。秦始皇为了推行中央集权制，重用苛派儒学和法家刑名之学，甚至不惜采取焚书坑儒的措施。汉武帝时，为了巩固封建政权，接受董仲舒“罢黜百家，独尊儒术”的意见，把经董仲舒改造的儒家思想作为统治阶级的思想，强调学术的实用性。最后成书于东汉初年的《九章算术》，排除了战国时期在百家争鸣中出现的名家和墨家重视名词定义和逻辑的讨论，偏重于与当时生产、生活密切相结合的数学问题及其解法，这与当时社会的发展状况是一致的。

《九章算术》在隋、唐时期曾传到朝鲜、日本，并

成为这些国家当时的数学教科书。它的一些成就如十进制、今有术、盈不足术等还传到印度和阿拉伯，并通过印度、阿拉伯传到欧洲，促进了世界数学的发展。

遥遥领先的割圆术——刘徽

《九章算术》成书之后，中国初等数学的体系已成，方方面面都出了不少成果，《九章算术》自然也成了学术界瞩目的中心，许多学者开始学习、作注。

给一本书作注，这是中国古代做学问的一种主要方法。这可能与中国书的简约概括凝炼有关。因为先秦时用竹简(东汉才有纸)作文字载体，所以文章以简炼为好，不然自己写时难写，别人抄录也费时。一个主张、一种学问、一种观点往往就那么几句话(世界文化名著老子的《道德经》不过区区五千字而已)。当然，原著是精炼了，但给后人的理解也添了不少麻烦。所以一部书成了经典，立刻就会有许多人给它作注释。大学问家孔子就给《易经》作过注，称《易传》，后来成为《周易》不可分割的一部分。这也许是中国历史上最成功的注释了。

刘徽《九章算术》成书后，也有许多人为它作注，其中最成功的就是刘徽作的注。

刘徽，山东人，魏末晋初杰出的数学家，中国古典数学理论的奠基人之一。著有《九章算术》注十卷及《海岛算经》。他在为《九章算术》作注释时，不但旁征博引，思路清晰，全面论述了《九章算术》所载的方法和公式，使得原先简约深奥的术文得到阐明和解释，而且力图把各种数学方法，数学理论之间的关系找出来，追根寻源，还纠正了其中的错误。因此，刘徽对《九章算术》的注释是对原著的发展和再创造。有了刘徽的注释，《九章算术》才得以成为一部完美的古代数学教科书。

据说刘徽为人非常谦虚，知之为知之，不知为不知，从不装模作样、不懂装懂。他发现了《九章算术》中关于球的体积有错误，但是他经过长期的努力，也没能得出新的结果。这时他不是用一个改进的公式去代替，而是实事求是地说真话：“敢不朔疑，以俟能言者。”意思是把这个疑难问题空缺在这里吧，等待以后能够解决它的人。

在为《九章算术》作注的过程中，为了证明圆面积公式和计算圆周率，刘徽创立了割圆术。

在刘徽之前，人们在这方面也曾有过研究，但是没有取得成功。刘徽提出了基于极限思想的割圆术。严谨地证明了圆面积公式。所谓割圆术，其基本思想用现代数学的术语简单表述就是：“用圆内接正多边形的面积去无限逼近圆的面积。”刘徽在谈到割圆术时是这样说的：“割之弥细，所失弥少。割之又割，以至于不可割，则与圆合体，而无所失矣。”意思就是，割得越细，相差得就越少；一直不停地割下去，以至于不可割，就与圆完全一样，而没有误差了。

当时刘徽之所以要使用“割圆术”，目的就是为了求圆面积公式中那个常数，即现在我们称为圆周率的 π 。刘徽之前，人们用的数值是“周三径一”，即 π 值为3，还有人用10。刘徽用割圆术，从圆内接6边形开始，依次计算出12、24、48、96、192边形的面积，然后使用现在称之为“外推法”的方法，计算得圆周率为314。“外推法”是现代近似计算的一个重要方法，刘徽对“外推法”的使用遥遥领先于西方。

刘徽的割圆术是求圆周率的正确方法，它奠定了中国圆周率计算在世界上长期领先的地位。在割圆过程中，

要反复用到勾股定理和开平方。为了开平方，刘徽提出了求微数的思想，这与现今求无理根的十进小数近似值完全相同。求微数保证了计算圆周率的精确性。同时，刘徽的微数也开创了十进小数的先河。后来，美国《数学杂志》称刘徽为“中国二世纪的一位数学奇才”。

说到刘徽，我们还必须提一下另一位数学家赵爽。赵爽是三国时吴国人，与刘徽同时代。刘徽以注《九章算术》著名，而赵爽则以为《周髀算经》作注著称。《周髀算经》是成书于公元前一世纪西汉时的一本数学著作。在中国数学史上，刘徽和赵爽都是非常重要的人物，正是他们两人的卓越工作，为中国古代数学体系奠定了基础。

父子同辉：祖冲之和祖

东晋以后，中国长期处于战争和南北分裂的状态。在北方，由于当时社会的需要，在《九章算术》的基础上，数学仍在继续发展。《孙子算经》、《张丘建算经》就是这个时期的著作。从留传下来的《孙子算经》和《张丘建算经》来看，它们仍依《九章算术》体例，甚至有些题目也是为了解释《九章算术》的算法。也有一些难题和解法超出《九章算术》的范围，并对后来数学的发展有着相当的影响，例如一次同余式组解法，等差级数求和、求公差、求项数的方法和不定方程解法等。

祖冲之和祖父的工作则是经济文化南移以后南方数学发展的具有代表性的工作，他们在刘徽的成果的基础上，把传统数学大大向前推进了一步。根据史书记载，祖冲之曾经注解《九章算术》，并与他的儿子祖共著《缀术》六卷。可惜的是这些著作均已失传。

祖冲之在中国，很多人是在学习圆周率的过程中，

知道祖冲之的名字的。圆周率是一个无限不循环小数，自古至今，世界上有不少科学家孜孜不倦地对它进行推演，试图求得更精确的圆周率数值。这在无形中构成了一场世界性的数学竞赛。在这场竞赛中，中国的祖冲之远远地走在了前面。

祖冲之在继承刘徽研究成果的基础上，认为刘徽得出的圆周率 314 不够精确，他就继续往下推求，用的还是割圆术。他得到的结果是： $31415926 < \text{“正数”} < 31415927$ 。

这里所谓的“正数”就是圆周率的准确值。但由于它是无理数，不能用有限小数或分数表示准确值，所以只能用有限小数不断逼近它。而祖冲之不但要用一串有限小数去逼近，而且要用上限和下限两个数去“夹”。这样，圆周率这个无理数就被准确地描绘出来了。用这种方式表示圆周率在当时是非常先进的，只有现代数学才有这种思想。由于祖冲之当时如何用割圆术求得圆周率的过程已经失传，后人经过测算认为，要得到上面这样精确的结果，祖冲之需要算出正 12288 和 24576 边形的面积。这是一项何等庞大繁杂的计算工作！别忘了，当时是用算筹算的。

祖冲之的这个圆周率，被称为“祖率”，不但是当时世界上最精确的，而且保持世界领先达千年之久。公元 1596 年，荷兰数学家卢道夫经过长期艰苦努力，把圆周率算到 15 位小数。1610 年他逝世后，人们在他的墓碑上刻上了他的这个成果，并把这个数叫做“卢道夫数”。

祖冲之还给出了分数形式的圆周率：227、355113。前者祖冲之称之为“约率”，即精确度差一些的；后者称之为“密率”，即精确度好一点的。这样，用两个分数形

成的圆周率，在实际测量计算中就会方便得多。

现在人们可以用计算机来计算 π 值了，所以，有些人对祖冲之的圆周率就不以为然，认为这没有什么了不起的。其实不是这样。事实上，圆周率的精确度往往反映了一个国家当时的数学水平和数学思想。

不过，现在有人以能背 π 值小数点后多少多少位而引以为豪，笔者倒对这不以为然，觉得这实在不值得提倡。因为这毕竟只是一个记忆问题罢了。至于让儿童去死记硬背这些枯燥无趣的数字，那对儿童以后智力的开发到底是有好处还是负面影响确实值得讨论。

除了圆周率之外，祖冲之在数学的其他方面以及其他学科都做出过成就。他既是一位卓越的数学家，还是一位杰出的天文学家、优秀的机械制造师，并在文学、哲学等方面有很高的造诣。他是一位全面发展的达到世界领先水平的古代科学家。世界各地的人们怀着深深的景仰之情纪念他。在法国巴黎“发现宫”科学博物馆的墙上，祖冲之的名字同世界著名科学家的名字并排刻在一起；在俄罗斯莫斯科大学礼堂前的走廊上，祖冲之的彩色塑像与其他世界文化名人并列；月球背面的环形山，有许多以各国杰出的科学家的名字命名，祖冲之是其中之一。这是中国古代科学技术辉煌的一个证明。

祖冲之除了在学术上取得成就之外，他的家教也非常成功，因为他培养出了一个在科学成就上并不亚于他的儿子祖。

由于祖冲之的言传身教，祖在天文和数学两个领域取得了巨大成就。

前面我们已经提到，刘徽在为《九章算术》作注时，发现书中关于球的体积公式有误，并指了出来，但他没

有得出正确的结论，这个问题在祖那里得到解决。祖总结了刘徽的有关工作，提出“幂势既同则积不容异”的结论。即等高的两立体，若其任意高处的水平截面积相等，则这两立方体体积必相等，这就是著名的“祖定理”。祖应用这个定理，解决了刘徽尚未解决的问题。在西方，祖定理的这个结论是由 1000 年后意大利数学家卡瓦列利提出来的，被人称为“卡瓦列利定理”。

宋、元四大家——中国古代数学的高峰

前面说到的刘徽、祖冲之父子是魏、晋、南北朝时期的数学家，他们的学术成果为中国古代的数学奠定了坚实的基础。经由隋、唐王孝通等人的发展，中国古代数学在宋金元时期达到了繁荣的顶峰。

960 年，北宋王朝的建立结束了五代十国的割据局面。北宋的农业、手工业、商业空前繁荣，科学技术突飞猛进，火药、指南针、印刷术三大发明就是在这时得到了广泛的应用。特别是印刷术的出现，为数学的发展创造了良好的条件。另外，计算技术也发生了根本的变革，珠算代替算筹，并得到广泛的使用。从 11 至 14 世纪的 300 年间，出现了一批著名的数学家和数学著作，如秦九韶的《数书九章》，李冶的《测圆海镜》和《益古演段》，杨辉的《详解九章算法》、《日用算法》和《杨辉算法》，朱世杰的《算学启蒙》和《四元玉鉴》等。以上四人史称宋、元四大数学家。这时期的很多成就都达到了中国古代数学的顶峰，其中一些成就也是当时世界数学的高峰。尤其是这一时期对高次方程和高次方程组解法的研究，其问题之高深、解法之精妙，让现代数学家仍叹为观止。

明末清初之后，中国古代数学的发展就从高峰上跌

落下来，开始落后于西方。后来随着西方数学的传入，中国的传统数学就渐渐被取代了。

国计民生——农学

总体上，中华文明是一种农业文明，农业一直以来就是整个社会发展的基础，关乎国计民生。历朝历代的统治者也都比较重视农业技术的应用，这样就形成了独特的中国农学思想和知识体系，而农书就是这种思想和知识体系的具体体现。中国古代比较著名的农书有：《汜胜之书》、《齐民要术》、《陈农书》、《王桢农书》、《农政全书》。

最早的农书：《汜胜之书》

《汜胜之书》是最早的农书，成书于汉代，但原书约在北宋初期已失传，现存的《汜胜之书》是从《齐民要术》等一些古书中摘录的原文辑集而成，约 3500 字。

汜胜之

内容有：耕田法、耨种法、穗选法、区田法，以及禾、黍、麦、稻、稗、大豆、小豆、(纤维用大麻)、麻(籽实用大麻)、瓜、瓠(葫芦)、芋、桑等 13 种作物的栽培技术。

该书的作者是汜胜之，祖上本姓凡，后为避秦末的战乱而流落到今山东曹县汜水一带，因而改姓汜。汜胜之在汉成帝时官拜议郎，曾任劝农使者和轻车使者，在都城长安附近(今陕西关中地区)指导农业生产，成绩显著，后升任为御史。《汜胜之书》应该是作者在关中地区指导农业生产时的经验总结。

百科全书式的农书——《齐民要术》

《齐民要术》是北魏时综合性农书，也是世界农学史上最早的名著之一，是中国现今完整保留下来的最古的农书。书名中的“齐民”，意指平民百姓，“要术”指谋生方法。

该书作者贾思勰，其生平现已不详知，据考证可能是山东益都(今山东寿光县)人，曾任高阳太守。书约写成于公元 533 年至 544 年间。当时战乱频仍，民生凋敝，贾思勰从传统的农本思想出发，著书立说，介绍农业知识，以期富国安民。除了山东外，他还到过今山西、河南、河北等省，经营过农、牧业生产，因此对农业生产有很深的了解，不然不可能写出这部百科全书式的农学著作。

耒耨图车水图该书共分 10 卷，92 篇，约 11 万字。全书的要旨在于提倡奖励农耕，改良土壤，采用合理的耕作制度和办法，强调选种和改良品种以及掌握好天时地利等因素的重要性，不尚空谈，注重实践。在农业生产方面，它总结了按照不同的季节、气候和土壤特性来进行各类作物的布局、栽培和管理的经验；阐述了当时黄河流域的耕作方法、轮作制度、间套及混作措施；主张开辟肥源、栽植绿肥、旱地实行井灌设施，以及采取防治病虫害与霜冻等的技术措施；对植物的驯化、遗传变异与人工选择、杂交和定向培育等也有一定的论述。在果树和用材木方面，它总结了播种、扦插、压条、分株、嫁接等多种繁育方法。该书对大家畜的外形鉴定，禽畜的选种、育种和饲养管理，对农副产品加工，特别是酿造，也都有重要的论述。书中还重视介绍野生植物和南方植物的利用，其中第 10 卷可以说是现存最早的南方植物志。

《齐民要术》中还提出了一些生物学的思想，尤其是物种同生活环境的关系，有关人工选择、人工杂交和定向培育方面的论述，更具有重要的意义。他发现山东的大蒜种在山西，就小得像桔核。山东的谷子种在山西的壶关、上党一带，就只长茎叶而不开花结实。那么生物同环境究竟是什么关系呢？他为了弄清这个问题，亲自种了许多本地从未种过的植物，发现其中有许多死掉了，但也有一部分活了下来。活下来的植物经过若干代以后，其特性也会发生某些变化。如原产于四川的花椒，味浓而本性不耐寒，在山东落户以后，它逐渐适应了寒冷的气候，但气味淡了一些。这使他认识到生活环境的变化会引起生物特性的变化，即物种是可以变异的。由此他又进一步设想，如果我们人为地改变生物的一些生活条件，就可能引起物种的变异。

他还用生物形象的比喻来说明物种变异的道理。他写道：“一木之性，寒暑异常；若朱蓝之染，能不易质？”意思是说，同一种树处在不同的寒暑条件下，其性能就会有所不同，就如同一个物体染上了红色蓝色，怎么会不发生变化呢？

贾思勰还认识到了“子性类父”、“父大则子壮”的遗传现象。他的著作中还包含有一些近似于器官相关的观念。比如他在谈到相马术时就指出：马鼻大则肺大，肺大则善于奔跑。他还说买猪要看嘴，嘴长齿多的猪不是好猪等等，明确地指出了各种器官之间的相互联系。

《王桢农书》

《齐民要术》虽写成于6世纪，但其卓越的科学内容，对后来的农业产生了深远的影响，堪称世界农学史的光辉一页。它奠定了中国农学发展的基础。

写成于南宋初年的《陈农书》，是我国最早专门总结江南水田耕作的一部小型综合性农书，全书约 12 万字，分上、中、下 3 卷。上卷主要讲水稻的耕作方法，也谈到了麻、粟、芝麻等经济作物，中卷专门论述江南地区水田耕作所使用的唯一牲畜水牛的喂养和使用；下卷则专谈蚕桑。作者陈(公元 1076 年—?)世居扬州，不求仕进，靠种药治圃为生，书中所述系以淮南地区耕作经验为基础，所以与基于中原地区的农书有诸多不同。

元代王桢的《王桢农书》是一部综合了黄河流域旱田耕作和江南水田耕作两方面生产经验而写成的大型农书，全书共 37 卷，270 目，约 136 万字，281 幅插图。全书由三部分组成：第一部分“农桑通诀”，概述了我国农业生产的起源和发展历史，系统讨论了农业生产的各个环节，还广泛涉及林、牧、副、渔的各项技术和经验，基本上是一部《农业总论》；第二部分“谷谱”，是农作物栽培技术的分论，分述谷子、水稻、麦子、瓜、果、蔬菜等作物的起源、性能和栽培方法；第三部分“农器图谱”，介绍了农业生产工具和农业机械的构造和制造方法，这一部分占据了全书的大部分篇幅，也是最宝贵的部分，因为它真实地再现了当时的农具实物形象，连有些当时已失传的古代机械也经反复试制恢复原型，具有极高的科学史价值。

《农政全书》——徐光启

《农政全书》是明代的大型综合性农书，是集中国古代农业科学之大成的一部巨著。作者徐光启(1562—1633 年)，字子先，号玄扈，上海县(今上海市)徐家汇人，万历三十年(1604 年)进士，官至礼部尚书兼东阁大学士、文渊阁大学士，终于位，赐谥文定。他是明代著名的科

学家、农学家，在农学、数学和天文学方面都有重要贡献。

徐光启徐光启对农事的研究，注重亲自实践和经验总结。一生中曾数度归田，从事栽培实验和撰写农学著作，如 1607—1610 年在上海农庄别业试种甘薯、棉花等，写成《甘薯疏》、《吉贝疏》、《芜菁疏》、《代园种竹图说》4 部农书。1613—1618 年在天津屯田，大规模引种南方水稻，写成《北耕录》，并根据自己在宅旁园地种植花卉、药草和新农作物品种的经验，写成类似农事小百科全书的《农遗杂疏》5 卷。1621—1628 年在上海家园继续进行栽培实验，并于天启五年(1625)开始撰著《农政全书》，1632 年入阁参预政务后仍积稿随身，不断补充，甚至在病中还执笔不休。遗稿经陈子龙修订，编成 60 卷，于崇祯十二年(1639)刊行，为后世留下了宝贵的农学遗产。

该书共 60 卷，约 70 万字。内容分农本、田制、农事、水利、农器、树艺、蚕桑、蚕桑广类、种植、牧养、制造和荒政等 12 门，每门又各分若干子目。

该书内容虽然大量摘录前代农书和有关文献，但经作者精心剪裁，取其要旨，并用夹注、旁注或评语等形式加入了许多作者自己的精辟见解和经验体会，使该书成为一个完整的农学体系。书中以大量篇幅阐述开垦西北荒地、兴修水利、救济灾荒的各种规划、建议和技术，是历代农书中所少见的。这是作者企图针对明末朝政腐败、生产凋蔽、农民无法生存的严重情况所提出的补救措施。

观天测地——天文学

中国古代的天文学并不完全是现代意义上的天文学，还包含着一些地学、地理学方面的知识。开封的水运仪象台复元图(建于 1090 年)

因此，它实际上是一门观天测地的学问，取得过非常巨大的成就，主要表现在历法、宇宙观、天象观测等方面。

我国现存最古老的登封观象台

星图中国古代的天文学成就包括阴阳历法的制定，天象观测，天文仪器的制造和使用以及构造宇宙理论。大概到了汉代，我国即已形成了自己独特的天文和历法体系，特别在天象观测记录的丰富性、完整性方面，中国一直走在世界各文明古国的前列。

苏州孔庙的石刻天文图作为一个农业大国，制定历法是一项极为重要的工作。我国人民很早就认识到，要正确地制定历法就需要仔细地观测天象，制历必先测天，这个极为先进的制历原则在汉初即已确立。中国传统的历法是阴阳合历，即既考虑月亮运动(阴历)又考虑太阳运动(阳历)。它的三个基本要素是日、气、朔。气即二十四节气，按太阳运动编制，是阳历成分。朔就是月亮被地球完全挡住阳光变得不可视的时间，两朔之间称为一个朔望月，所以朔是阴历成分。由于日月运动的不均匀性，连续两个朔望月的长度是不相等的，经长期观测推算出来的平均长度称为平朔，对平朔进行修正所得到的真实的长度称为定朔。将日、朔望月与二十四节气编制到一起是中国历法的主要工作。

北京古观象台

赤道浑仪

早在战国时期，中国就出现了以 $365 \frac{1}{4}$ 为 1 年的所谓“四分历”，它以 $29 \frac{499}{940}$ 为一朔望月，19 年设 7 个闰月。公元前 104 年由汉代天文学家邓平、落下闳等创制的“太初历”是现存最早有详细记载的历法，它典型地反映了我国历法的特点：除保持上述四分历的基本数据外，还规定以冬至所在的月固定为 11 月，正月为岁首，以没有中气（即从冬至开始每隔一个气如大寒、雨水、春分等为中气，其余为节气）的月份置闰。这些规定很好地调整了阳历与阴历的关系。以后，在天象观测的基础上，历代天文学家不断修正回归年长度、朔望月长度、置闰规则，使历法不断改进。据统计，我国历代编制的历法近百个之多，反映了天文历法事业的发达。中国的天文历法工作为皇家所重视，中国传统思想中“天”享有至高无上之地位的观念，使天文学受到了很高的礼遇，天文学家本人即是政府高级官员，他不仅“敬授人时”，而且揭示“天”行之道，不仅为农业生产服务，而且为皇帝“天”子服务，这种特殊的地位可能是中国天文学比较发达的重要原因。

浑仪黄道经纬仪

与制定历法工作密切相关联的天象观测工作，构成了中国天文学的主要内容，在恒星、行星、日月和异常天象观测方面，我国都有杰出的成就，特别在日月运行规律的发现以及异常天象的观测与记录方面，尤为突出。在恒星观测方面，我国有世界上公认最早的星表“甘石星表”（公元前 4 世纪）。到了汉代可能已有了星图，从敦煌石窟中发现的一幅唐代绘制的星图载有 1300 多颗

星。北宋时期于 11 世纪初进行了五次大规模的恒星观测，但当时绘制的星图均已失传。现存苏州的南宋石刻天文图(刻于 1247 年)被认为是按 1193 年的一幅星图刻制的，上面刻有 1434 颗星，是世界天文学史上珍贵的文物。因为除中国外 14 世纪之前的星图都未保存下来。在日月行星的观测方面，长沙马王堆汉墓中出土的帛书《五星占》详细记录了公元前 246 年到前 177 年间金星、木星和土星的位置，记载金星的会合周期为 5844 日(今测值 58392 日)。特别对于日月食的观测记录，是我国天文学的一大特色，《汉书·五行志》对公元前 89 年的日食的记载非常详细，包括太阳位置、食分、初亏和复圆时刻等。从汉初到公元 1785 年，我国共记录有日食 925 次，月食 574 次，堪称世界之最。在异常天象的观测记录方面，早在《汉书·五行志》中记录了公元前 28 年 3 月的太阳黑子现象；《汉书·天文志》记载了公元前 32 年 10 月 24 日的极光现象；马王堆出土的 29 幅彗星图表明当时对彗星的观测已非常细致，不仅注意到彗头、彗核和彗尾，而且还知道彗头和彗尾有不同的类型；《汉书·天文志》还记载了公元 134 年的一颗新星。所有这些异常天象记载都是世界上最早的记录。此外，在太阳黑子、新星、超新星等方面，我国都留下了世界上最为丰富的观测记录。

中国天文观测历史悠久，其观测仪器也独具特色。大约在西周时代，中国天文学家已开始使用漏壶记时，而浑仪和浑象是我国传统的天文观测仪器，有据可考的最早的制造者是西汉的落下闳。浑指圆球，浑仪是由一系列同心圆组成的一种仪器，往往还加上窥管，以作实际观测用；而浑象则是一个球，上面刻上各种特征天象，

用以演示实际天象。浑象和浑仪又统称浑天仪。东汉的著名科学家张衡在前人所造浑象的基础上，制成了漏水转浑天仪，它是由潜心壶和浑天仪共同组成的。浑天仪是一个上刻有二十八宿、中外星官和黄赤道、南北极、二十四气等的铜球，它被固定在一个轴上转动，其转动动力由漏壶的流水提供，这样可以模拟星空的周日视运动。张衡以后，浑天仪朝更加精致和准确的方面发展。宋朝苏颂(1020—1101 年)等人制造了第一台假天仪，它类似现代的天文馆中的天象厅，人们可以进入里面仰面观看模拟的天象。

浑天仪的制作基于某种宇宙理论。自远古以来，我国人民相信宇宙的基本结构是天盖地承，将这种看法精致化就成了一种盖天说的宇宙理论，它主张天和地是两个同心半球，之间相距八万里，北极是天球的中央，日月星辰绕之旋转。盖天说比较符合人们的常识直观，但不能很好地解释精确观测到的天象，因此后来又有浑天说和宣夜说出现。浑天说的代表人物张衡认为，天不是一个半球形，而是一个完整的球，地球处天球之中，如同蛋黄居鸡蛋内部一样，恒星处在天球之上，而日月五星则游离于天球附近。采用浑天说可以更好地解释天象，并且被用于计算天体的位置，是球面天文学的原始形式。与浑天说对立的是所谓宣夜说，它反对有什么固体天球，主张宇宙处处充满无边无涯的气体，日月星辰在其中漂浮游动。宣夜说的“气”论支持宇宙无限的概念，但与天文观测无法衔接，只是一种思辨的哲学理论。

“东方的亚里士多德”——张衡

在前面我们已经介绍过中国秦以前的天文学思想和成就。这里我们主要介绍秦以后中国天文学方面的发展。

秦统一中国以后，在全国颁行统一的历法——颛顼历。颛顼历行用夏正，以十月为岁首，岁终置闰。汉武帝时，国力强大，农业、手工业得到了较快的发展，汉武帝决定实施历法改革。他于元封七年(公元前 104 年)五月颁行邓平、落下闳等人创制的新历，改此年为太初元年。新历因而被后人称为《太初历》。《太初历》是中国第一部有完整文字记载的历法。后来由于太初历的回归年和朔望月的数值偏大，《太初历》用了 188 年以后，在东汉元和二年(公元 85 年)又改用《四分历》。

东汉时期，中国出现了一位多才多艺的科学家张衡，他在科学、哲学、文学、绘画等多个领域作出过杰出的成就。如果就全面发展这方面而言，也许只有 1000 多年后欧洲文艺复兴时期的巨匠级人物达·芬奇可与之相提并论。不过西方称张衡为“东方的亚里士多德”。

张衡(78—139 年)，字子平，河南南阳西鄂(今河南省南阳县石桥镇)人。幼年时家境比较贫寒，靠亲友接济维持生活。但艰苦的生活磨砺了张衡的意志品质，他从小就好学不倦，博览群书，为后来从事科学研究打下了坚实的基础。

候风地动仪 17 岁时，张衡离开家乡，到西汉故都长安及其附近地区考察历史古迹，调查民情风俗和社会经济情况。后来，又到京城洛阳参观太学，求师访友。后回到南阳，担任南阳太守鲍德的主簿。在此期间写了《东京赋》和《西京赋》，成为中国文学史上的名篇，一直流传至今。安帝永初二年(公元 108 年)鲍德调离南阳后，张衡去职留在家乡，用了三年时间钻研哲学、数学、天文，积累了不少知识，声誉大振。永初五年，张衡再次来到京城，担任郎中与尚书侍郎。元初二年(公元 115 年)

起，曾两度担任太史令，前后共十四年，其在天文学上的成就就是在这期间取得的。

前面我们已介绍过，中国古代的宇宙结构理论主要有三个：盖天说、浑天说、宣夜说。张衡是浑天说的代表人物。他认为：天好像一个鸡蛋壳，地好比鸡蛋黄，天大地小；天地各乘天而立，载水而浮。为了进一步形象地说明自己的学说，张衡设计制造了水运浑天仪。浑天仪相当于现在的天球仪，设计构思非常精巧，主体是一个大球，用一根铁轴贯穿球心，这根铁轴就相当于地球的自转轴，轴与球的两个交点则相当于地球的南北极。仪器靠漏壶流水的力量推动齿轮，带动大球缓慢地旋转，一天刚好转一圈。到了晚上，人们从仪器上可以看到星星的起落，和实际天象几乎完全吻合。浑天仪不仅是我国，也是世界上第一台能比较准确地表示天象的仪器。

为了及时准确地了解各地发生地震的情况，张衡还发明了世界上第一台测定地震方位的仪器——候风地动仪。而欧洲是在 18 世纪后才出现地动仪。著名科学史家李约瑟称张衡是“地震仪的鼻祖”。据记载，张衡的地动仪非常灵敏，它探测到了公元 138 年在甘肃发生的地震。但可惜的是，张衡的地动仪和浑天仪都失传了。后人依据文字记载，多次欲复原地动仪，但效果都不理想，可见当年张衡的天文学和设计制造水平之高。

另外，张衡最先正确地解释了月食的成因，认为月食是由于月球进到地球的阴影里的缘故；他还首先指出了月球本身不发光，月光是太阳光照射到月球上后反射所形成的。

张衡的天文学思想和理论都集中在他的著作《灵宪》中。《灵宪》是一部世界天文史上的不朽名著，把中国古

代的天文学研究水平大大地向前推进了一步。它从哲学的高度,全面阐述了天地的生成结构及日月星辰的运动。张衡认为:天地的生成是按照事物本身的客观规律发展逐步形成的。这种宇宙和天体演化的思想在当时是非常先进的。

从中国天文学史上来看,到张衡那里,中国古代天文学的各项内容大体均已具备,一个富有特色的体系已经建立起来。

僧一行——人类第一次实测地球子午线

中国古代天文学在汉代体系形成,然后在从三国到唐的这一时期又取得了不少的进展,主要在历法、仪器、宇宙理论等方面。这一时期,最重要的天文学家是祖冲之父子和张遂(即一行)。

祖冲之父子在前面作为数学家已作过介绍,但他们在天文学领域也取得过重大的成就。

祖冲之在天文学领域的贡献主要在天文历法方面。他创制了《大明历》。该历法的最大特点是引进了岁差,虽然祖冲之当时定的岁差值不高,但却是第一次把岁差引进历法,这是中国历法史上的一个重大进步,对后世提高历法准确性有重要意义。《大明历》采用了391年中有144个闰月的精密的闰月,使用的数据也大多相当精确,如一个回归年的日数为3652428日,一交点月的日数为2721223日等。宋孝武帝大明六年(公元462年),祖冲之上书要求刘宋政府颁行《大明历》,但遭到当时幸臣戴法兴等人的阻挠而没被接受。后来,在祖冲之儿子祖的三次上书推荐下,终于在梁武帝天监九年(公元510年)被接受颁行《大明历》,实现了祖冲之的未竟之愿。祖曾亲自监造八尺铜表,测量日影长度,并发现了北极

星与北天极不动处相差一度有余，打破了北极星就是天球北极的错误观点。

一行公元 618 年，唐建立了强大的封建帝国，出现贞观、开元之治的强盛局面，在这种政治经济背景下，唐代的天文学也取得了很大的成就，其中最重要的工作是由张遂(即一行)完成的。

张遂，魏州昌乐(今河南南乐县)人，其曾祖父是唐太宗李世民的功臣张公谨。张氏家族在武则天时已衰微。张遂自幼刻苦学习历象和阴阳五行之学。青年时代即以学识渊博闻名于长安。为避开武三思的拉拢，剃度为僧，取名一行。后来，由于《唐书》以“一行”之名立传，因此知道他原名张遂的人反而不多了。

出家之后，张遂先后在嵩山、天台山学习佛教经典和天文、数学。曾翻译过多种印度佛经，后成为佛教一派——密宗的领袖。中宗神龙元年(公元 705 年)，武则天退位后，李唐王朝多次召他回京，均被拒绝。直到开元五年(公元 717 年)，唐玄宗李隆基派专人去接，他才回到长安。

不久唐玄宗即任命他主持历法的修订工作。这件工作成了他一生最后十年的工作中心。正是在修订历法的过程中，他组织了大规模的天文观测工作，在全国建立了十几个观测站，获得了许多重大发现。

他测定了一百五十多颗恒星的位置。他认识到太阳运行速度的变化，发现太阳走到最南时，速度最快，然后逐渐减慢，到最北时最慢，以后又逐渐加快。

他通过对行星的观测，发现五大行星都不完全在黄道面上，各行星的轨道面同黄道面都有一定的倾斜角度。

自汉以来，“王畿知里”，“影差一寸”，即南北相差

千里，影子长度相差一寸，已经成为传统的观念，成了许多盖天论者与浑天论者进行数字计算的依据，也是盖天说的一个基本观点。724 年，张遂组织人用圭表(铜制标竿)测影法在河南平原地区进行测量，发现南北两地相距大约 250 唐里，表影长度就相差一寸。如从阳城到武陵是 1826 唐里，表影差 73 寸；从阳城到横野军为 1861 唐里，表影差 8 寸。于是他用大量的数据推翻了“寸差千里”的传统看法，沉重地打击了盖天说。

中国古代天文学十分重视北极星，所以测定北极星的高度是一件十分重要的工作。张遂曾率领一批人进行了这项工作。他们在滑州测得当地天极出地高度(观测者向北极星的视线与地平面的夹角)约 $34^{\circ} 30'$ 。在测量中他们还发现，河南地区两地相距 351 唐里，北极高度就差 1 度。因为北极高度正好是当地的地理纬度，所以这实际上是测出了地球子午线一度的弧长为 35127 唐里，相当于 12922 公里。这个数据虽然同实际情况相差约 20 公里，但在一千多年以前的那种条件下，能得到这个近似的数据是很不容易的。而且这次天文测量的成果，在科学史上具有重大的意义和价值。这是因为，测量出子午线 1 度的长度，就可以推算出子午线的全部长度，也就说这是人类第一次实测地球子午线。所以，李约瑟认为它是“科学史上划时代的创举”。

张遂还对历史上的四十三次日食与九十九次月食的记录作了认真分析研究，发现白道(月亮绕地球公转的轨道在天球上的投影)与黄道的交点大约在十八年内在黄道上移动一周，而每一次日食都是在白道与黄道交点或其附近发生。这样，假如知道了上一次日食的时间，就可以推算出下一次日食的时间。他根据这个理论，预报

了三次日食。结果第二次预报的日食看到了，而第一次、第三次预报的日食却没有看到。张遂坚信自己的预报是正确的，但又不能从理论上解释这个现象，就求助于“天人感应”，说这两次预报的日食本来是应当发生的，可是由于唐玄宗“德之动天”，所以就没有发生。实际上张遂的这两次预报也同样是对的，只是在中国中原地区观测不到罢了。

从 725 年开始，他动手制定《大衍历》。这是他和他的领导的一批天文学工作者十年辛勤观测研究的结晶。但他未能最后完成这项工作。727 年张遂病危，当唐玄宗来到他身边，并命令医生进行抢救时，他已离开了人间。

“中国的第谷”还是“西方的郭守敬”？

唐末的藩镇割据和五代十国的混乱局面，以宋的统一而告结束。中国的封建经济在宋代得到进一步的发展。生产的发展又大大地推动了科学的前进，作为自然科学之一的天文学在这一时期也取得许多重要成就。

关于 1006 年和 1054 年的超新星的出现，特别是 1054 年(宋仁宗至和元年)的超新星记录，成为当代天文学家研究中极受重视的资料。在这颗超新星出现的位置上，现在遗留有一个蟹状星云。这是当代天文学最感兴趣的研究对象之一。

进入元代，中国的天文学出现了一个小高潮，主要表现在天文仪器制造和天文观测上，其中最主要的工作是由郭守敬完成的。

郭守敬(1231—1316 年)是元代杰出的科学家，在天文学、数学、水利工程等方面均作出了很大的贡献。他出身于河北省的一个书香门第，在祖父的影响下从小就喜爱数学与水利，后又对天文学发生了浓厚的兴趣。他

是一位著名的水利工程专家。1292—1293 年间，曾主持从通州到北京的运河工程，此河全长 164 华里，忽必烈命名为“通惠河”。

1276 年，忽必烈下令设立负责编制新历的机构——太史局，并委派郭守敬参加制订历法的工作。为此，郭守敬研究了自西汉以来的七十种历法，分析其长短得失，指出有创见的是十三家，充分肯定了前人的成就。要制订新历，就要有精确、简便、合用的观测仪器。他研制了二十种天文仪器，包括简仪、浑仪、候极仪、玲珑仪、定时仪、仰仪、高表、星晷、正方案、丸表、悬图、异方浑盖图等。西方传教士汤若望在看到 he 制造的简仪以后，赞赏不已，认为这个仪器比西方要早三个世纪，称郭守敬为“中国的第谷”。实际上第谷应称为“西方的郭守敬”。他研制的简仪与浑仪的明代仿制品，至今还保留在南京紫金山天文台。

1279 年，他建议设立的大都司天台建成。1279—1280 年间，郭守敬组织了全国规模的天文观测活动，在全国设立二十七个观测点，比张遂组织的观测点要多一倍。这些观测点遍及全国，东起朝鲜半岛，西抵川滇与河西走廊，南及南中国海，北尽西伯利亚，当时人们称之为“四海测验”。此次观测南北统长 10000 多里，东西绵延约 5000 里之遥，其地域之广，规模之大，在历史上是空前的。后来法国数学家、天文学家拉普斯曾在自己的著作中引用了郭守敬这次观测的结果。拉普拉斯说：公元 1279 年至 1280 年期间的观测之所以重要，是由于它们的高度准确性。他称赞郭守敬的测量具有“卓绝的精度”。

在大规模的观测工作中，郭守敬等人获得了一些重

要的成果。他们对黄道平面和赤道平面(地球赤道所在平面的延伸)的交角,作了比较精确的测量。自汉以来,人们认为黄赤交角是二十四。郭守敬通过几年的观测,得出的数据是二十三度九十分三十秒(古度为六十进位制,郭守敬改为百进位制),折换成现在的通用进位制,为 $23^{\circ} 33' 23'' 3$ 。按美国纽康的公式计算,那时的黄赤交角应为 $23^{\circ} 32' 0'' 8$,误差只有 $1' 22'' 5$ 。显然,郭守敬所得出的数据比前人要精确得多。

他还对回归年的长度进行了比较精确的计算。“冬至者历之本”,他从八百一十六年的历史资料中,取出六个比较可靠的冬至时刻,得出五个回归年的长度。又将这八百一十六年的所有日数及尾数,除以总年数,得到回归年的平均长度是3652425日,同现在通用的格里历相同。

此外他还对一千多颗未命名的恒星进行了仔细的观测,编制成星表。

1281年,郭守敬主持编制的《授时历》开始实行,其精度比以往各种历法都高。它纠正了七个历代沿用的重要天文数据,创立了五项新的推算方法。明朝颁行的《大统历》基本上就是《授时历》,如把这两种历法看作一种,那么可以说是中国历史上使用时间最长的一部历法。

郭守敬研究天文的最大特点是重视观测,重视观测仪器的研制和改进。他的学生曾称赞他说:“观其规画之简便,测望之精切,巧智不能私其议,群众无以参其功。”

郭守敬在天文学上的成就受到了国际天文学界的高度评价。1970年国际天文学会将月亮背面上的一个环形山命名为“郭守敬山”,以纪念这位杰出的天文学家。

明代之后，以徐光启为代表的一批学者开始翻译西方的科学著作。随着西方天文学思想理论和观测成果的传入，中国的天文学逐渐走上了与西方天文学融合之路。

自成体系的中医药学

在中国古代科学技术的农、天、数、医这四门学科中，最具中国特色的要数中医药学了。首先，从其哲学思想、理论基础到实践应用是一脉相取自成体系的；其次，直至现代它都没有被西医所取代，显示出了强大的生命力，而其整体和辨证医治的思想在现代医学中已成为关注的焦点。在从秦到清的这 2000 多年时间里，中医药学取得了许多重大的成就，尤其在临床和药学方面表现得更为突出。

“医圣”张仲景和《伤寒杂病论》

前面我们已说到先秦时期的中医学经典《黄帝内经》，它奠定了中医学的理论基础。据记载，先秦时期最著名的医生是扁鹊。到了汉代，差不多同时代又出现了两位名医：张仲景和华佗。上面这三人并称为中医三大祖师爷。这三人中，只有张仲景被确认留下了著作《伤寒杂病论》，其他两人的著作或无法确认或已失传。

张仲景，即张机，南阳郡涅阳(今河南南阳)人。据说曾任长沙太守。少时学医于张伯祖。东汉末，疾疫流行，张仲景宗族在不满 10 年中死去三分之二，主要症状都是伤寒发热，然后被夺去生命。张仲景悲痛之余，更发愤钻研医学。他勤求古训，博采众方，终撰成《伤寒杂病论》。在该书中，张仲景依据伤寒发热病整个起始发展变化过程以及病邪侵害脏腑经络程度，结合患者内在

正气盛衰，总结伤寒发展规律和辩证施治法则，为中国古代医学开创了理论与临床实际相结合的典范。

张仲景《伤寒杂病论》著成后，因战乱原稿散佚，后幸经晋代王叔和收集整理，改编成《伤寒论》、《金匱玉函方》二书，前者主要论述伤寒等急性传染病，后者主要论述内科病以及某些妇科病和外科病。北宋时，校正医书局复依据几种传本，重新整理成《伤寒论》、《金匱玉函经》、《金匱要略》三种书。

张仲景善于学习，勇于创新。他不仅全面发展了“辩证论治”，还发明了许多独到的医疗技术，如用人工呼吸急救病人，用蜜水或猪胆汁灌肠治便秘，以及药物外搽、舌下含药等。

张仲景对后世影响很大。他被尊为“医圣”，他的药方被推为“众方之祖”，称为经方。而对其《伤寒杂病论》进行注释和阐义的医家更是不计其数。甚至在日本，研究张仲景及其著作的论著也颇多。

“麻沸散”：最早的麻醉剂

张仲景的医术以内科见长，而与他同时代的另一名医华佗则更精于外科，以发明全身麻醉的“麻沸散”，华佗擅长外科手术和设计发明健身的“五禽戏”而著称于世。

五禽戏之五“鸟戏图”华佗，字元化，沛国谯(今安徽亳县)人，大约出生于公元2世纪初，由于华佗一生在民间行医，关心人民的疾苦，因而民间流传着许多关于他的故事。最家喻户晓的就是他为关羽刮骨疗毒的传说，后来被罗贯中写进了《三国演义》。据记载，华佗还用针刺疗法治好过曹操的“偏头风”(可能是三叉神经痛)，但由于他不愿做曹操的私人医生，假托妻子有病告假还

乡而激怒了曹操，最后被曹操所杀。华佗生前曾经把自己的丰富经验进行了总结，写成了多种医学著作。临死前，他把整理出来的一部医学书稿交给狱吏，并告诉他说：“此可以活人。”但狱吏怕受牵累，不敢接受，华佗在极度悲愤中把它烧毁了。所以华佗的医术没有专著流传下来。他的弟子曾经把他的经验辑录成书，但是也只有书名散见于一些史籍和医书中，而内容却大部分亡佚了。

华佗对医学作出过突出的贡献。他是世界上第一个应用全身麻醉进行腹腔手术的人。从《后汉书》所记载的病例来看，当时他已经成功地进行过诸如腹腔肿物摘除、胃肠吻合等大手术。当年华佗所使用的全身麻醉剂叫“麻沸散”。它是华佗仔细研究了一些有麻醉作用的药物，又从人喝多了酒会醉这一现象得到启发而发明出来的。这样就使得许多大型手术变得可能。这里就有一则华佗使用“麻沸散”为病人动手术的生动故事。据说有一次，华佗给一个船夫看病。这个船夫的肚子痛得非常厉害，华佗经过诊断，认为他的脾烂了，必须割掉。船夫同意了。华佗拿出一包“麻沸散”让船夫和在酒里喝下。不一会儿，船夫就像醉酒似地昏昏沉沉沉睡过去。华佗拿出手术刀，把他的肚皮剖开，果然看到脾已经烂掉了一大块。华佗敏捷地把烂脾切了下来，止了血，然后把肚皮缝好在伤口涂上生肌收口的药。船夫醒过来以后，肚子就不大痛了。华佗又开了些药给他吃，大约一个月左右，伤口就长好了。

华佗的“麻沸散”不仅在中国医学史上是一个重大发明，在世界医学史上也是一项杰出的贡献。他比西方人发明和使用麻醉剂要早 1600 年。可惜的是，华佗所创

制的酒服麻沸散后来失传了，这是世界医药学史上的一大损失。

“药王”孙思邈的《千金方》

唐代时，中国的政治、经济达到空前的繁荣，在这种社会大背景下，中医学也取得了巨大的成就，孙思邈就是这一时期最重要的人物。他是继张仲景之后对中医学在理论和实践两方面的又一次大总结。

孙思邈，京兆华原(今陕西耀县)人，大约生于隋文帝开皇元年(公元581年)，死于唐高宗永淳元年(公元682年)，活了101岁。

孙思邈自幼体弱多病，经常请医诊治，以致用尽了家产。因此，他在年轻时就立志要钻研医学。他认真学习前人经验并阅读《内经》、《伤寒杂病论》、《神农本草经》等古代医书，同时留意钻研民间方药，并广泛涉猎其他领域的知识，二十多岁时，他在医学上就负有盛名。隋文帝聘他做“国子博士”。但是他十分讨厌追名逐利的官场生活，推辞不去。以后唐太宗、唐高宗又几次请他出来做官，也都被拒绝了。

孙思邈长期生活在民间，广泛搜集民间方药，并且善于总结提高，因此积累了丰富的医学经验，他不但精于内科，而且擅长其他各科，同时还具有高超的针灸技术和渊博的药物学知识，是中国古代一位全才的医学家。如在外科方面，孙思邈最早描述了下颌骨脱臼的手法复位，它的步骤和要领一直沿用至今。他用葱叶成功地为患者实行导尿手术，这在古代医学史上是没有先例的。孙思邈还特别善于从生活中学习。他在行医时发现，山区的老百姓容易得一种怪病。病人在白天视力挺正常的，到了晚上，光线不足，就像麻雀一样什么也见不到了。

人们把这种病叫做“雀盲眼”（夜盲症）。他就想：“为什么有钱人不得这种病呢？这分明是穷人身上缺少点什么才引起的。”他反复考虑，认为可能是穷人很少吃荤的缘故。他试用动物的肝脏来治夜盲症，果然很见效。现代医学已证明，夜盲症是因为身体缺少维生素 A 引起的，肝脏是含有很多维生素 A，所以能治这种病。

孙思邈骑虎扎针图孙思邈在数十年的临床实践中，深感古代医方的散乱浩繁和难以检索，因而博取群经，勤求古训，并结合自己的临床经验，编著成《千金要方》和《千金翼方》，该两部著作反映了唐初医学的发展水平。

《千金要方》和《千金翼方》实际是供家庭备用的医药卫生手册。他所以用“千金”命名，是因为他认为“人命至重，有贵千金。一方济之，德逾于此。”他把那些对人生命有益的药方看得比千金还贵重。他的两部书中共记载了 6500 多个药方，不仅数量多，而且治疗效果好，在中国医学发展史上具有重要意义。

孙思邈逝世后，被尊为“药王”，并将他故乡的五台山改名为药王山，还为他建庙塑像，树碑立传。

东方医药巨典——李时珍和《本草纲目》

一般认为，中国古代的科学技术在宋代达到高峰，明、清就开始衰落了。其实，这只是就其总体而言的，对具体每门学科来说，情况就不完全是这样。比如药理学，就是在明代后期达到高峰，其标志就是李时珍的《本草纲目》。

李时珍，字东璧，号濒湖，明正德 13 年（公元 1518 年）出生在湖北蕲州（今湖北蕲春县）瓦硝坝的一个世医家庭。父亲李言闻是当地名医，曾任太医院吏目，著有《医学八脉法》、《四诊发明》、《人参传》和《蕲艾传》

等医药学著作。李时珍生长在这样的家庭中，从小就对医药学特别感兴趣，并获得了许多药草知识。

李时珍李时珍 14 岁中秀才，后经三次乡试落榜，于是就放弃了科举考试，选择医生作为终生职业。在长期的行医中，李时珍深切感到，作为一个医生，识药、用药是个大问题。可是他发现虽然前人写过不少本草方面的书，但是李时珍发现这些书中药物品种不全，有的还有不少错误。因此，李时珍决定编写一部新的本草书，取名《本草纲目》，时年 35 岁。但不久他不得不中断了这项工作。因为有一次他治好了楚王朱英儿子的气厥病，被任命为楚王府的奉词正，并且兼管良医所的事。以后又被推荐到京城的太医院。不到一年，李时珍就托病辞归，重新投入到《本草纲目》的编写中去。

李时珍在著书立说李时珍编写《本草纲目》的过程是非常艰辛的，化了近 30 年的时间才终得完成。在这期间，他搜集整理了大量前人留下的资料，参考著述就达 800 多种。而对许多药物的效用，他都要亲自逐一予以确认。他认为，药物事关人的生命，不能有丝毫的差错。他曾亲自下过炼窑，到过炼铅炼汞的作坊，实地研究工人的中毒现象和职业性疾病。他还把许多植物连根采回来仔细研究比较，最终发现茸、蕓、萍蓬属于一类，猪羔草、稀荳蔻、地菰也属一类。有时候，为了取得第一手资料，他就冒着生命危险，自己吞服一些作用剧烈的药物。他曾吞服了曼陀罗，体验这种药的麻醉作用，直到精神恍惚，失去痛觉的程度。他为了试验古书上的大豆能解毒这一说法，先给小狗吃了毒物，再吃大豆解毒，结果并没有救活，试验了多次都没成功。后来他用自己的做试验，才发现大豆要加上甘草，解毒效力才能显出来。

《本草纲目》全书 52 卷，190 多万字，把药物分成 16 部、62 类，收载药物 1892 种，比宋代的《证类本草》多出 374 种，载入药方 11096 个，比前人增加 4 倍，李时珍亲自搜集的民间药方就有 8161 个，其他是从历代本草书中选出来的，并且附有药物图 1110 幅。

《本草纲目》不仅是一部药理学巨著，还是一部详明的植物学、动物学和矿物学专著。其中不仅记载了植物性药物，还记载了大量的动物性和矿物性药物。李时珍在书中采用“纲目”的方式，建立了足以与生物学上双名法类似的分类体系，尤其是对植物的分类方法，至今仍有参考价值，比西方植物分类的创始人、瑞典博物学家林耐在《自然系统》一书中提出的植物分类法早 150 年。

《本草纲目》内容博大精深，把中国古代药理学发展推向高峰，对中国和世界的医药学及多种学科的发展都有深刻的影响。李约瑟称李时珍为“中国博物学中的无冕之王”。称《本草纲目》是“明代最伟大的科学成就”。达尔文在著《物种起源》时，就曾引用过《本草纲目》来说明动物的人工选择问题，称誉《本草纲目》是“中国古代的百科全书”。

公元 1593 年，76 岁的李时珍逝世。3 年后，《本草纲目》在南京首次出版，称为金陵版。1603 年，它在江西得到翻刻，不久就风靡全国，受到人们的普遍欢迎。此后又辗转翻刻了几十次。1606 年，《本草纲目》首先传入日本、朝鲜，以后又陆续被译成拉丁、法、俄、德、英等多种文字，流传世界各地。其中仅英译版本就达十几种之多。西方把《本草纲目》书名译为《东方医学巨典》。

1955 年，李时珍被联合国教科文组织定为首批“世界历史文化名人”。

影响人类历史进程的四大发明

说到中国古代的科学技术，自然不能不说古老的四大发明：指南针、造纸术、印刷术、火药。这不仅仅是因为四大发明是中国古代科学技术繁荣的标志和中国人聪明智慧的体现，更重要的是，它在一定程度上改变了人类近代文明史的进程。换句话说，如果没有中国古代的四大发明，也许人类社会不是今天这样。

这可不是中国人的自吹自擂，因为世界史学界一致公认，中国的四大发明，通过阿拉伯人传到欧洲之后，对欧洲的资本主义发展和近代科技革命产生了巨大的影响，从而影响人类文明的进程。对此，马克思曾有过这样的评价：“这是预告资产阶级社会到来的三大发明，火药把骑士阶层炸得粉碎，指南针打开了世界市场并建立了殖民地，而印刷术则变成新教的工具，总的说来变成了科学复兴的手段，变成对精神发展创造必要前提的最强大的杠杆。”

把欧洲骑士阶层炸得粉碎的火药

火药，顾名思义当为起火之药，是中国的炼丹家们在炼丹的过程中发现的，并逐渐积累了这方面的知识。

火药，现在为美国的 7500 万支手枪提供了弹药

炼丹家们炼制火药的初衷是为了治病。火药的基本成份是硫磺、硝石和木炭，这些是炼丹时常用的三种物质。《神农本草经》记载：由于硫磺能化金银铜铁，被列为中品药，而硝石被列为上品药。在古代世界中，只有

中国发现和使用硝石，后来传到阿拉伯和埃及，他们把硝石称为“中国雪”，波斯称它为“中国盐”。在炼丹过程中，由于硫磺性质活泼，很容易着火。为了控制硫磺，炼丹家把硫磺和其他物质一起加热形成化合物，来改变它容易起火的性质，炼丹家发现当硫磺、大炭、硝石在一起加热的时候，极容易发火或爆炸，这是因为硝石的化学成分主要是硝酸钾，加热的时候能够放出氧。就这样，火药便被发明了。

火炮

公元 808 年，唐代炼丹家清虚子在其所著《铅汞甲辰至宝集成》卷二记有原始火药制造法。公元 758—760 年，著名医学家和炼丹家孙思邈在《孙真人丹经》中也介绍了黑火药的初步配方。但由于当时鲜为人知，没有广泛应用和大量生产。

火药制成后，首先被制成武器，广泛用于战争。开始时，火药主要被用来向敌方发火。公元 904 年，已经出现了使用火药的火箭。这种箭的发射原理与现代火箭一致，是利用火药燃烧喷射气体产生反作用力而把箭头射向远方。这种箭在宋朝和辽金的战争中大显神威。随着火药配方的不断改进，火药的爆炸力不断加强。到宋朝时，火药已主要用于爆炸，如《金史》中就曾对当时火药的爆炸威力有详细记载：“火药发作，声如雷震，势力达半亩之上。人与牛皮皆碎迸无连，甲铁皆透。”明代之后，火药武器有了更大的发展：手榴弹、地雷、水雷、定时炸弹、子母炮等相继出现，并且出现了以火药爆炸产生动力为推力的火箭，其类型有单级、两级和往复等多种类型。

公元 1258 年，元朝在和阿拉伯作战中大量使用了火

药武器，火药武器从此传入阿拉伯。欧洲人紧接着从阿拉伯得到了中国的火药知识和制作方法，也开始使用火药武器，并研制生产了比中国发明的火雷、火铳、火枪、火炮等火药武器威力更大的发射子弹的步枪和发射炮弹的大炮。火药传入欧洲后，不仅改变了作战方法，而且对资产阶级雇佣军战胜封建骑士起了重大的作用。

指南针和全球航行

在现代都市生活中，真正让人“找不着北”的时候并不会多，因而人们不会感到拥有一个指南针对他来说会有多重要。然而，对于在茫茫大海上航行的人们来说，指南针有时就意味着生命。从近代历史上看，正是有了指南针，欧洲的哥伦布们才得以发现新大陆和进行环球航行，也才有资本主义的全球贸易。

司南

中国是人工磁化钢针和磁针装置技术的发源地，早在公元前 1000 年左右，便知道磁石具有吸引力。《韩非子·有度》篇中曾有“先王立司南以端朝夕”的记载，这说明公元前 3 世纪初的战国时期就已经用“司南”指南。所谓的“司南”，就是把磁石磨成勺形，放在光滑的圆盘里，磁勺可以自由转动，停止后勺柄所指便是南方。这种“司南”因是用天然磁石人工磨制而成，磁性较弱，和圆盘接触的时候转动摩擦力大，效果不佳，而未能被广泛使用。

《梦溪笔谈》到了宋朝，“司南”才真正演化成指南针。沈括在《梦溪笔谈》中曾记载：“方家以磁石磨针锋，则能指南，然常微偏东，不全南也。”方家（看风水的人）用磁石磨针锋，说明那时已经掌握了人工磁化的方法。

《梦溪笔谈》还记载了几种磁针装置法的实验：把磁针

横贯灯芯浮在水上，架在碗沿或者指甲上，用缕丝悬挂起来等。沈括指出：指南针不能完全指南，存在磁偏角。这比欧洲人发现磁偏角要早四百年左右。

指南鱼

这一时期，中国还发明了用地磁场半钢针进行磁化的方法。磁化后的钢针体积小、重量轻，自然替代了笨重而磁性弱的天然磁石。

人工磁化法发明后，“地螺”即罗盘也应运而生了。这种罗盘，是用磁针确定地磁南北极的方向，用日影确定地理南北极。

公元 11 世纪左右，中国已将指南针应用在航海上。北宋朱 在《萍州可谈》中第一次记载了当时海船使用指南针的情形：“舟师识地理，夜则观星，昼则观日，阴晦观指南针。”南宋的《诸番志》中也有关于指南针应用在航海中的记述：“渺茫无际，天水一以，舟舶来往，惟以掇针为则，昼夜守规唯谨，毫厘之差，生死矣。”

公元 12 世纪，指南针传入阿拉伯，后又转传到欧洲。欧洲人对中国磁针横贯灯芯，浮在水面上的水罗盘加以改进，使用了磁针有固定点，可以自由转动，阻力小的旱罗盘。后来在 16 世纪，又出现了可以使罗盘始终保持水平的常平架，从而解决了磁针因过分倾斜而靠在盘体上转不动的缺陷。

随着指南针的使用，中国的航海活动迎来了空前的繁荣。明代郑和于 15 世纪初的七下西洋，无论规模还是技术，都是世界航海史上空前的，即使是半个多世纪之后的哥伦布和麦哲伦都根本无法与之相比。令人遗憾的是，郑和之后不久，明朝政府实施海禁，中国走上了数百年的闭关锁国之路，先进的航海技术衰落了，科学技

术和经济也落后了，直至近代落到任西方列强宰割的境地。

造纸、印刷术与文明的传播

在古老的四大发明中，造纸是最早发现的，距今已有 1800 年。印刷术要晚一些，但也有 900 多年的历史了。此后，人类文明的传播就再也不曾离开过纸和印刷。今天，你已无法想象离开了纸和印刷的世界将会怎样：一套《中国大百科全书》，一座用竹简堆成的小山，它可能会有几百吨重，你需要几十辆大卡车才能拉回家。它完全是手抄写的，出版社 100 个人整整抄了 3 年……

蔡伦古代欧洲羊皮纸的制造当然，上面这种可怕的情形可能有点夸张。不过，不可否认的是，正是因为有了造纸和印刷术，人类的文明才得以在全世界范围内传播，人类文明的进程才能不断地加快，以致人类文明的发展方式也发生了根本的变化。毫无疑问，造纸和印刷术是人类文明史上最重要的发明之一，是中华民族对世界的巨大贡献。

羊皮纸制成的书籍

公元前 2 世纪之前，中国的文字先是刻在龟甲和骨头上的，称做甲骨文。春秋战国时期是把文字书写在竹片或木片上，称做竹木简。无论是甲骨文还是竹木简，都因材质原因十分笨重，刻写起来十分麻烦，阅读起来也很不方便。后来虽开始把丝制的缣帛当做书写材料，但因缣帛太昂贵，除朝廷官府外，无法普及。

最早的雕版印刷品《金刚经》

雕版印刷的《南华真经》西汉时，出现了一种絮纸，它可以说是现在我们所使用纸张的雏型。这种纸的发现，实质上是人们对丝绵加工过程中的副产品加以利用的结

果。当时人们把蚕茧煮后铺在席上，再把席浸在水里，捣烂蚕茧制成丝棉。当人们把丝棉取下来后，发现席上还留下一薄层丝纤维，晒干后便在上面书写文字。由于这种纸不是经过专门加工制成的，因此很薄，书写起来很容易破损，加之产量很少，因此无法普及。另外，当时，人们还用大麻纤维制成一种灞桥纸，但由于工艺落后，加工不细，制出的纸极粗糙，也无法普及。

毕升公元 2 世纪时，才出现了类似我们现在使用的纸。这种纸的出现，首先应归功于蔡伦改进的造纸术和他调配的原料。公元 105 年，东汉尚方令蔡伦总结了劳动人民的造纸经验，调配了树皮、麻头、皮布和旧渔网等造纸原料，改进了造纸工艺，生产出了适用、价廉、适于普及的纸。从此，蔡伦的造纸技术在全国得到推广。纸也代替竹木简成为文字的载体。

造纸术的发明，说明中国那时已掌握了较高的化学知识和化工工艺。公元 2 世纪造纸术推广后，到 3、4 世纪，纸就成为中国唯一的书写材料，有力地推动了科学技术的发展。11 世纪以后，造纸术经阿拉伯传到欧洲。在 18 世纪出现机器造纸以前的长时间内，世界各国造纸大多采用中国汉代发明的技术和设备。

中国造纸术的发明和向世界各地传播，对世界文明作出了伟大贡献，促进了世界文化的发展。中国造纸术发明后，先传到朝鲜和越南，7 世纪又从朝鲜传入日本，8 世纪从中亚传到阿拉伯。阿拉伯人运用中国的造纸术，制造大量纸张供应欧洲市场，从此，中国人发明的纸取代了昂贵的羊皮和粗糙的埃及纸草，成为欧洲人的书写材料。直到公元 1212 年之后，欧洲人才利用阿拉伯人传授的中国造纸技术，开始建立造纸厂。比中国建立同样

工厂晚了 1100 多年。

早期的活字印刷品纸发明之后，人类迫切需要一种快捷、清晰、省力的印刷方式，以适应日益增长的书写需要。就是在这种前提下，中国宋代的毕升于公元 1041 年到 1048 年期间，发明了活字印刷术。活字印刷，被公认是世界科技史最伟大的发明之一。它发明后四百年，传到欧洲，从而改变了僧侣垄断文化的状况，为欧洲文艺复兴提供了一个重要的物质条件。

唐朝时，中国发明了雕版印刷术。目前世界上现存最早的有明确日期的印刷品，是在中国甘肃敦煌千佛洞发现的公元 868 年印刷的《金刚经》，而它便是用雕版印刷的。

雕版印刷，实质上是盖印和石碑拓印两种方法结合和改进的结果。所谓盖印，是指把刻有凸文的印章先蘸墨，再印到纸上，出现白底黑字。而石碑拓印，则是指先把纸铺在刻有凹文的石碑上，拍打纸面使有凹字的地方略微低陷，然后在纸上刷墨，出现黑底白字。雕版印刷，便是把盖印和石碑拓印结合起来，先把印章扩大成一个版面，蘸好墨，仿照拓印的方法，把纸铺到版上印刷，出现白底黑字。

唐朝时，雕版印刷主要用来印佛经、佛像和历书。宋朝时，雕版印刷业已经相当发达，不但有官刻，还出现了大量的私刻，木刻书籍达到七百多种。公元 971 年，宋朝开始刻印《大藏经》，这本书的雕版达 13 万块之多。

由于雕版印刷存在雕版工作量太大，雕版只能一次性使用，成本太高等缺点，宋代平民毕升决心发明一种新的省时低耗的印刷方式，经过长期研究，他终于在公元 1041—1048 年期间，发明了活字印刷术。

毕升发明的活字印刷术的基本工序是这样的：先用胶泥制成活字，放在火中烧硬成型；再把活字排在涂有松脂和蜡的铁板上，加热铁板，使蜡稍溶化，用平板压平字面，冷却以后活字就固定在铁板上；在铁板上涂墨，压在纸上成为印刷物；印刷之后将铁板再加热，蜡溶化就能取下活字，留待以后使用。

由于泥活字容易残缺，不耐久，毕升发明的活字印刷在当时并没有马上推广。二百多年后，元代王祜(1271—1368 年)创造了一种木活字印刷工艺，才解决了泥活字印刷存在的问题，使活字印刷得到推广。

王祜的木活字印刷基本工序是：先把字样糊在木板上雕刻，使每个活字的大小高低相同；再用细锯把字一个个锯开；排版的时候字间夹竹片，把字嵌紧；字如果高低不平，也用竹片垫平；往版上刷黑时顺界行竖刷，不横刷；印刷完毕后，抽掉竹片，取下活字，存留待用。

木活字印刷发明伊始，便显示了快捷低耗的效力。公元 1298 年，王祜利用自己制造的 30000 多个木活字，不到一个月便印成了一百部 60000 字的《旌德县志》。这种速度在活字印刷发明之前是不可想象的。因为仅雕版所用的时间便可能远远超过一个月。

中国的雕版印刷术，在 8 世纪到 10 世纪之间传到朝鲜。朝鲜受毕升活字印刷术的影响，从 13 世纪开始用金属铸字活字印制，成为世界上首先发明金属铸字并用于活字印刷的国家。欧洲发明雕版印刷的时间比中国晚 600 年左右。在公元 1450 年前后，德国人谷登堡(1400—1468 年)受中国印刷术的影响，发明了铅活字印刷，比毕升发明活字印刷晚了 400 年。

公元 14 世纪，欧洲迎来了伟大的文艺复兴和科学革

命，人类也开始进入了一个大发展的新纪元。这时，正是中国发明的造纸和印刷术保证了文艺复兴和科学革命的思想知识得以广泛地传播，从而奠定了近代工业文明的基础。

中国古代的科学技术成就，除了我们上面已说到的数、农、医、天四门学科和四大发明外，其实还有许多，比如化学、建筑、陶瓷制造、纺织等等，在此我们就不再一一作介绍了。

一点思考：为什么近代科学没有诞生在中国

就上面我们已谈到的史实，毫无疑问，中国古代科学技术的成就是非常辉煌的。在整个中世纪，中国的科学技术在总体上一直是处于世界领先地位的。然而，到了近代，中国很快就落后了，原因是西方诞生了近代科学。然后，在近代科学基础上产生的工业文明席卷全世界，直至今天。然而，在为近现代科学的伟大成就欢呼之时，我们不得不思考这一问题：为什么近代科学会诞生在西方，而中世纪科学技术一直领先的中国却与此无缘？其实，这已成为许多中国人心中的痛。因为中国近代百年的屈辱史，从一定意义上说不过是因科技落后的挨打史，是西方近代科学打败了中国的古代科学。

当然，历史是一个不可逆的过程，它永远无法重演，而今天的中国也接受了近代科学，并试图在科学上超越西方。然而科学文化毕竟存在着某种继承性，所谓前车之覆，后车之戒。我们必须正视中国古代科学技术本身所存在的缺陷，正是这些缺陷使得近代科学没有在中国诞生。我们今天反思一下中国古代科学技术的内在缺陷，

对我们的未来应该是不无裨益的。

零散、没有理论系统的经验知识

近代科学的思想源头在古希腊，而古希腊的科学脱胎于以探索世界本原为出发点的自然哲学，在这方面，中国先秦时期的诸子百家丝毫不逊色于古希腊的哲人。从面对中国上古时期和古希腊的科学介绍可以看出，东西方自然哲学的思想理论有着明显的相似性，特别是对世界本原的看法，无论是中国的阴阳，八卦，金、木、水、火、土五行，还是亚里士多德等人的水、火、土、气和干、湿、冷、热，很难说它们之间有什么本质的差别。实质上，他们都认为世界是由某种实物演变和发展而来的。

郑和下西洋用的三桅大船尽管古代中国和古希腊的自然哲学相近，但由于发展方向不同，却产生了两种完全不同的结果。自然哲学的发展本来就有两种结果，其一是进一步理论化，形成严密的符号化的逻辑系统，并和严格的实验相结合，形成自然科学理论。其二是进一步抽象概括，并和政治伦理道德观念相结合，形成远离自然科学的社会政治伦理观念系统，走向政治伦理哲学。很显然，后来的历史是，西方走上了第一条道路，而中国走上了第二条道路。

这样，中国的自然哲学总体上离自然科学越来越远，最终成为封建统治者进行宣传 and 说教的工具。例如，把帝王受命和五行联系起来，汉朝的皇帝就自称受命于五行“火”运之时，故称“火德王”，又名炎汉。而中国的自然科学在刚开始就远离了严密的理论指导，只能凭着人们的经验来选择科学研究的方向。结果，经过 2000 多年的发展，中国古代的自然科学就形成了零散、没有

理论系统的经验知识体系。各门学科及各类知识之间的关联性很差。因而也无法形成像牛顿力学那样把天上、地下统一起来的理论体系。

《天工开物》中关于用煤的插图

这种情况在中国古代的许多学科里都能看到。天文学主要的成果是修正前人观测的数据，而在理论思想上并没有多大突破；生物学主要是记述生产经验，很少提出规律性的认识。一些百科全书式的著作(如《齐民要术》、《梦溪笔谈》、《天工开物》)内容都比较广泛，而没有一定的中心，同公元1世纪亚历山大时期普里尼的《自然史》近似，也同后来弗兰西斯·培根列出的搜集材料的项目相仿。其中虽有不少有意义的论述，但只是零星的贡献，就理论思想而言却显得比较贫乏。实用价值较大，而理论价值较小。主要是一点一滴地积累材料，还没有提出科学的基本概念，形成系统的科学理论。所以严格说来，这些还不属于近代的自然科学。

当然，中国的自然哲学选择了第二条道路，远离自然科学，使中国古代的自然科学失去了理论指导，这一过程并不是偶然发生的或宿命的。这是由中国历史的发展选择的。从秦始皇统一中国后的思想文化垄断到汉武帝的“罢黜百家，独尊儒术”，像墨家那样更接近自然科学的自然哲学派别基本上失去了扎根的土壤，而更接近政治理论的儒家得以一枝独秀。这样，中国的自然哲学选择走向第二条道路就是必然的了。这是中国古代科学的一大缺陷。

实用取向的科技价值观

中国古代科学技术的另一鲜明特点是它极端的实用性。这一点与古希腊形成了强烈的对比。古希腊不讲实

用，有时甚至会为了理论而理论。而古代中国的科学研究动力主要来自实用。例如，中国的四大发明是实用性的。古代的天、农、医、数四大学科所涉及的研究领域也大都来源于实际需要。学科体系也表现为实用知识的堆积。天文学偏重于用天象去说明封建制度和编写修订历法；数学偏重应用题的解答，《九章算术》实际上是一本应用习题集；农学更是实用性质；只是中医学理论性稍强一些，《黄帝内经》作为理论基础一直指导着中医学的发展，至今未被西医取代，这也正好从另一方面说明了理论科学的优越性及其强大的生命力。

实用科学的局限性是显而易见的。由于它的发展动力来自于现实要求，一旦现实不再提出要求，科学研究的动力就很快会枯竭。比如天文研究领域的郭守敬，被称为“中国的第谷”，出于历法的需要，他进行了大量的天文观测，也制作了非常先进的仪器，得到的数据也非常精确，“中国的第谷”这个称号当之无愧。然而，在他之后，却不曾出现一个“中国的开普勒”来整理他的观测数据，从而得出行星运动三定律，为天空立法。这就是实用科学的致命弱点。另外，在实用科学那里，也不可能出现像古希腊的毕达哥拉斯和欧几里德这样的纯理论科学家。

古代中国科学实用取向的价值观是有其深刻的历史和社会背景的，是同中国 2000 多年封建社会的小农经济价值观相适应的，更是同作为封建正统思想的儒家的“世俗哲学”相吻合的。儒家对科学技术采取轻视的态度，科学技术在中国古代始终没有取得应有的地位，像四大发明这样重大的技术成就也被视为雕虫小技，更多的科技成果只是作为统治者娱乐的“玩意儿”。在儒家眼中，

政治地位比什么都重要，读书是为了做官，“学而优则仕”，科学技术是微不足道的。在整个社会的价值观是这种世俗、实用的情况下，实用科学大行其道也就顺理成章了。因此，并不是实用科学选择了中国，而是中国选择了实用科学。

过于稳固的传统文化

在世界上的古老文化中，只有中国的文化没有中断过。其他古老文化，不管是埃及、印度还是希腊，他们或消失，或中断，或已融合得面目全非，没有一个是 5000 年不曾中断的。这当然是中华民族的骄傲。然而，过于古老稳固的传统文化对科学技术的发展也有不利的一面，这就是所谓的“传统文化包袱”。因为过于古老稳固的传统文化容易形成一个惰性体系，而不利于科学技术的创新和发展。毕竟，创新才是科学技术的核心和灵魂。

作为中国封建社会统治思想的儒家，虽然对科学技术采取轻视态度，但也不敌视，并没有像西方的宗教神学那样对科学技术予以禁止。这样，在中国 2000 多年封建时期，作为生产力的科学技术一直处于一种非常尴尬的境地。科学家和发明家政治上受压制，思想上受禁锢，被笼罩在庞大可怕的封建社会网中，他们可以研究，但又不能放开手脚；可以做出发现和发明，但又很少得到推广和应用；可以探索自然的奥秘，但又不能违背封建社会的伦理纲常。在这样的社会中，科学家、发明家处于被嘲讽、受冷遇的地位。总之，中国古代的科学技术在儒家思想的束缚和统治之下，总是处于一种不死不活的状态，只有医学和马上能见实效的实用技术受到一定程度的重视。

在封建时期 2000 多年的缓慢发展过程中，中国古代

科学史上始终没有出现美国科学史家库恩所说的那种“科学共同体”和“科学革命”，也不曾诞生真正近代意义上的科学理论。反而在一直动荡的欧洲，在经历了黑暗的中世纪后诞生了近代科学。

这一点确实发人深思。有学者就认为，这是因为中国传统文化的情性体系过于稳固了，无形中窒息了科学的创新精神。而西方却不同，他们的文化总是处在不断的变化之中，易于接受外来的思想，在中世纪后期，他们就是接受了来自中国、阿拉伯的东方科学文化，并重新发现了古希腊的科学，从而开始文艺复兴，建立近代科学的。另一方面，在欧洲黑暗的中世纪，作为西方封建社会统治思想的教父学和经院哲学，它的起点比东方的儒教要荒唐得多，它是用一个远离世俗的上帝作为他们理论体系的逻辑起点，这就使这个体系的科学性和可信性远不如儒家。为了维护它的体系，统治者不得不采取高压手段，用最惨毒的刑罚去压制科学。但教父学和经院哲学由于先天不足，在思想上它很容易被科学驳倒。中世纪后期，它就处于内外交困之中，随着文艺复兴的到来，它很快土崩瓦解了。

这里我们似乎可以得出这样的结论：中国封建的传统文化使科学易于生存但不易于革命，而西方的却正好相反。这样，近代科学没有在中国诞生也就在情理之中了。