

大众科学译丛

物质和能量



45123
大众科学译丛

物质和能量

王连瀛 张成祯 译

内 容 简 介

《大众科学》(The Book of Popular Science)是美国格罗利尔公司出版的一部多卷集丛书,原书共十卷。每卷包括下述各类文章:宇宙、空间探索、地球、生命、植物、动物、人、健康、数学、物质和能量、工业、运输、通信、科学史、研究课题和实验等十五大类。为使读者阅读方便,我们按类分成若干册出版。每册有十余篇文章,原书有些篇署有作者名,有些则没有。凡有作者名的,我们在目录页内加署,未加署的即是原书没有作者名。

《物质和能量》一书概括地介绍了物质和能量世界、物质的特性、晶体结构、分子的特性、等离子体、热、热传递、热机、简单机械、液体和气体的力、低温、物质的运动、万有引力、相对论等。内容通俗易懂,是物理学的基础读物。

本书可供具有中等文化程度的读者阅读。

THE BOOK OF POPULAR SCIENCE

Grolier Inc. 1977

大 众 科 学 译 丛 物 质 和 能 量

王连瀛 张成祯 译

责任编辑 陈养正

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1983 年 9 月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1983 年 9 月第一次印刷 印张: 7 5/8

印数: 0001—8,900 字数: 173,000

统一书号: 13031·2359

本社书号: 3231·13—3

定 价: 0.96 元

目 录

物质和能量的世界.....	1
物质的特性..... 罗杰斯 (Eric Rodgers)	16
变幻无穷的晶体结构.....	31
分子的特性.....	42
等离子体.....波斯特 (Richard F. Post)	62
热是什么?拉夫 (Albert J. Ruf)	74
熵.....恩格里斯特 (Stanley W. Angrist)	95
热传递..... 奥尔布赖特 (John G. Albright)	103
热机..... 本杰明 (Theodore D. Benjamin)	117
简单机械..... 约瑟夫 (Alexander Joseph)	138
略谈低温学..... 麦克马洪 (Howard O. McMahon)	150
物体的运动..... 辛格 (Ferdinand L. Singer)	158
液体和气体的力.....	178
万有引力..... 海尔 (Louis M. Heil)	204
相对论..... 科夫 (Serge A. Korff)	218

物质和能量的世界

化学与物理基础科学所揭示的奥秘

人类、动物、树木、细菌、岩石、七大洋、空气和天体，这些都是完全相同的一种东西——科学家称之为物质——的不同形态。说得尽可能简单一些，物质就是占据空间的东西。辨认某些形态的物质并不困难。我们能够看见并摸到固体，如铁、木头和大理石等；我们也能看见并摸到液体，如水、汽油和牛奶等。我们知道，移动这些东西需要力气，而且知道它们都有重量。但识别气体是物质就不那么容易了，因为气体是看不见的。可是如果你朝手掌上吹一口气，你就能感觉到气体从你的肺部冲出来。你还会发现，如果用真空泵把一个容器里的空气（一种气体）抽走，它的分量要比里面有空气时轻一些。

很显然，物质占据空间并有重量。但确切地说，物质是什么呢？我们知道许许多多不同的东西——不同种类的物质：混凝土、铁、牛奶、煤气、化妆品、奶油、血液、猫的皮毛、人的牙齿——这些东西有没有共同之处呢？

当我们考虑到有许多表面上纯的物质，其实并不象我们想象中那么纯的时候，问题看来变得复杂了。从远处看，一块混凝土板似乎是一种白色或灰白色的、均质的材料。可是仔细看时，我们发现它是由不同的物质组成的：在普通的水泥里夹杂着沙粒和碎石。一锅海水看起来象是一种单纯而均一的物质。可是当水蒸发时，留下的却是各种各样的盐，其中包括氯化钠即食盐。现在假设我们在氯化钠溶液中通电。我们可

把它分解成一种叫作钠的金属和一种叫作氯的气体。

这种把表面上纯的物质分解为别的物质，然后又将这些物质再分解为其它物质的过程似乎是无止境的。但是，如果我们将这过程持续一个足够长的时间，我们就会发现一切物质都是由大约一百种纯物质组成的，这一百种左右的纯物质再也不能用普通的分析方法分解成更为简单的东西了。我们称这样的物质为元素。

以下是一些为人们所熟悉的元素：

铝	镉	铜	铅	磷	锡
锑	钙	氟	锂	铂	钨
砷	碳	金	镁	钾	铀
钡	铈	氦	锰	镭	锌
铍	铯	氢	汞	硅	
铋	氯	碘	镍	银	
硼	铬	铀	氮	钠	
溴	钴	铁	氧	硫	

完整的元素表列在别处。在通常情况下，上列的许多元素是固体(铜、金、铁、铅)；另一些是液体(溴、汞)；还有一些是气体(氧、氮)。组成物质的这些元素，作为固体、液体和气体分布在宇宙之中。地壳几乎百分之九十九是由八种元素构成的，其百分比如下表：

元素	百分比
氧	46.6
硅	27.7
铝	8.1
铁	5.0
钙	3.6
钠	2.9

钾	2.6
镁	2.1
其它共	1.4

海洋由水(它由氢和氧两种元素组成)和各种盐构成。空气几乎完全是氧、氮和一些少量的其它元素的混合物——大约四份氮、一份氧。

天文学家已成功地鉴别了太阳和别的星球上的大量元素。这些元素都是我们在地球上已经发现的；他们还没有发现任何我们在地球上所不知道的元素。若干小的天体(即流星)通过大气坠落在地球上。在这些来自外层空间的客人身上,我们已经找到了地球上已知的五十多种元素。

有些我们熟悉的东西是纯的元素,其中有金、银、铅、汞、铝等;有些则是由两种或多种元素结合而成的。当元素结合而形成一种完全新的物质时,我们便称这种新物质为化合物。这样,氧和氢两种气体化合生成一种液体化合物——水;人们发现固体的钾和氮、氧两种气体化合而成为一种固体的化合物——硝石(硝酸钾)。

在化合物中,元素总是按照一定的比例化合的。纯水里氧和氢的比例总是相同的;硝石中的钾、氮、氧的比例总是一样的;氨里的氮和氢的比例也总是相同的。在上述情况中,元素都是按照我们所谓的定比定律而化合的。

化合物和元素一样也是纯物质;它具有自己独特的性质。纯水是一种液体化合物,不会着火,它是由两种易燃气体——氧和氢——构成的。游离状态的钠是一种柔软的银白色金属;氯是一种带绿色的有毒气体。它们化合时形成盐,它是我们饮食中必不可少的东西。熟石膏的性质和构成它的元素(钙、硫、氧、氢)的性质之间几乎没有什么共同之处。

化合物的总数很大。碳的化合物更是数不胜数;碳的化



糖、电木电话听筒、三硝基甲苯 (TNT) 及有机玻璃座舱盖都是用碳、氢、氧三种元素的完全不同的化合物制成的

合物已经知道的就有上百万种，科学家们还在实验室里继续不断地制造新的碳化合物。另一方面，氮、氖、氩、氪、氙及氡等元素难得形成稳定的化合物。它们被称为惰性气体，因为它们一般都太“懒惰”，所以不和其它元素化合！至于其余的元素，它们乐于和同类元素中的某些元素化合，而不和其他元素化合。

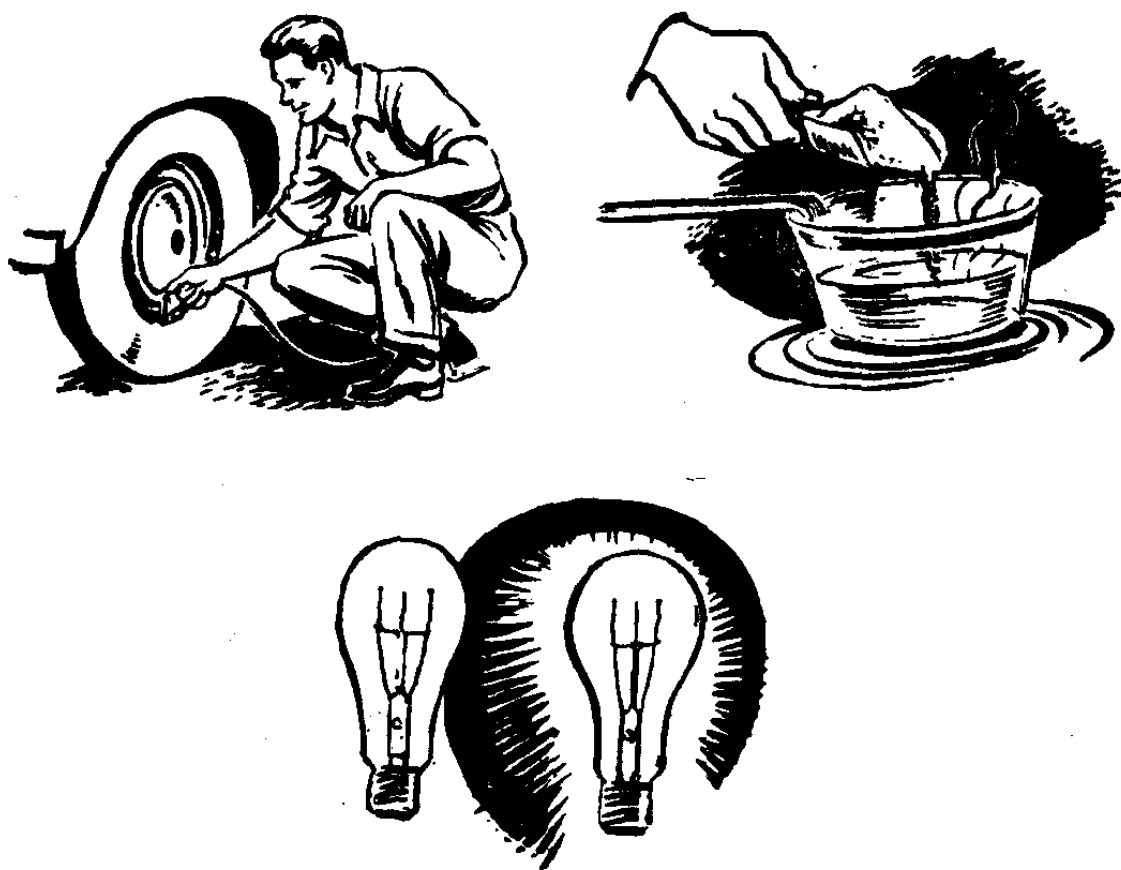
许多物质完全由单一的元素或单一的化合物构成。我们称之为锌、金、银、铁和铜的每一种物质都分别由单一的元素——锌、金、银、铁和铜所构成。盐是一种化合物，它是由氯和钠构成的；水是一种化合物，它是由氢和氧构成的；沼气，即甲烷，是一种由碳和氢构成的化合物。许多东西并非由单一的纯物质所构成，而是几种纯物质的混合物。例如，糖浆是糖（碳、氢和氧构成的化合物）和水（氢和氧构成的化合物）的混合物。

混合物与化合物究竟有些什么区别呢？首先，化合物是通过剧烈变化而形成的，这种变化称为化学变化或化学反应。混合物则是通过一种完全不同的变化——物理变化——而形成的，这种变化远没有化学变化那样剧烈。

为了说明化学变化的含义，让我们假设按恰当的比例把氢和氧两种气体放在一个容器里。如果我们用电火花点燃这个混合物，它就会发生剧烈的反应，同时产生热、光和声音。(附带说一句，我们希望读者不要试做这一实验，因为这太危险了!)在容器里，我们将会看到一种化合物——平平常常、普普通通的水。这一化合物的诞生是由于氢和氧两种元素进行化学反应的结果。

化合物分解并释放其元素时也发生化学反应。当食盐分解成钠和氯，或者水分解成氢和氧时，就出现这种变化。关于化学变化或化学反应，另有专章详细叙述。

物理变化不同于化学变化，它不创造新物质，而仅仅使原来的物质产生某些改变而已。例如，当我们将空气压入汽车轮胎，或者把糖溶化，或者接通电流使灯泡里的钨丝变得白热



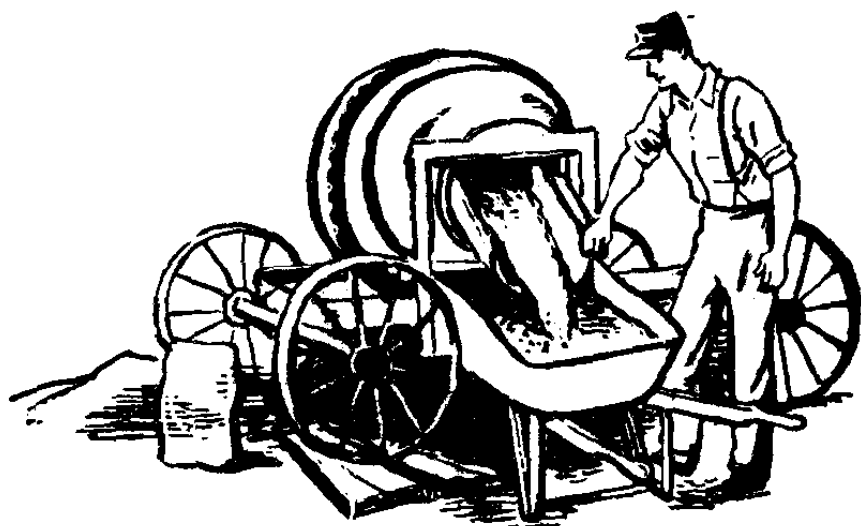
物理变化三例。当我们将空气压入橡胶轮胎，或者把糖溶化，或者接通电流使灯泡里的钨丝变得白热时，并没有创造出新物质

时,我们便促成了物理变化。空气、糖和钨获得了某种新的性质;空气变得稠密了,糖微粒被分解成为更小的单位,而钨丝变热了。但是在以上每一种情况里,都没有形成新的物质;空气还是空气,糖还是糖,而钨仍然是钨。

当一种混合物即使在显微镜下观察,仍象是由一种物质所构成的时候,我们便称之为溶液,或称之为均相的(同类的)混合物。稀薄的糖浆便是溶液的一个很好例子。我们把糖在温水里搅拌便获得这种溶液;经过一定的时间后,我们便再也不能察觉到糖的微粒了。

许多溶液是液体,但无论如何,并非一切溶液都是液体。某些金属合金正如糖浆和盐水一样,是真正的溶液。用于厨房设备的孟乃尔合金便是这样一种合金。这种合金含有 66% 的镍, 31.5% 的铜, 1.35% 的铁和较少量的锰、硅和碳。

某些混合物在显微镜下观察时,或者在某些情况下甚至用肉眼观察时,很明显并不是均质的,而是含有不同的颗粒。这样的混合物称为多相的(不同种类的)混合物。混凝土是非均匀混合物的一个很好例子,核桃巧克力糖也是这类混合物的一个例子。



一批新搅拌好的混凝土正在倒入小车。这是非均匀混合物(不是整个都均质的混合物)的一个很好例子

对于“物质是由什么构成的”这个问题，我们现在至少得到了部分解答。我们知道物质是由大约一百种元素构成的，这些元素无论是单一的，还是以化合物或混合物的形式结合在一起，都是构成天地万物的原料。

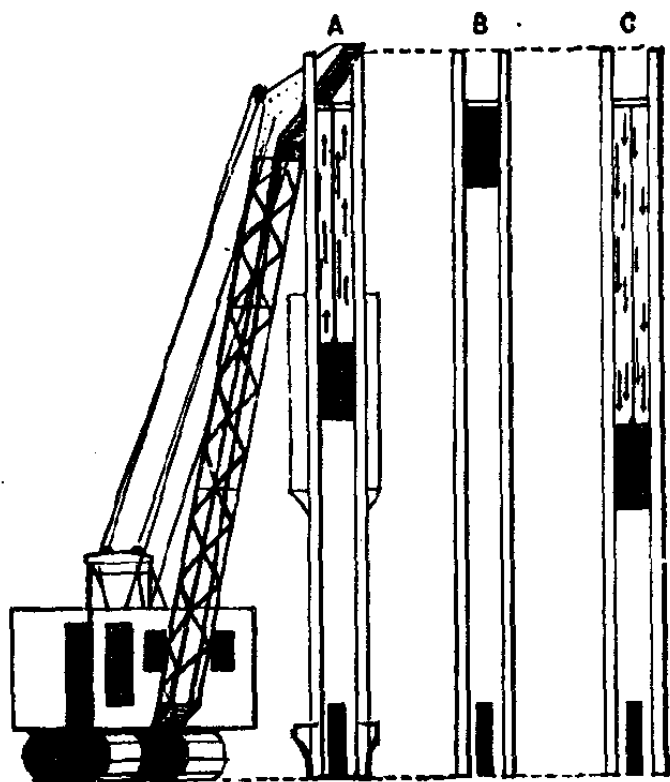
但是，只知道东西是用什么制成的毕竟还是不够的，我们还需要知道它们能做什么。让我们假设你想买一辆汽车。我们知道汽车的底盘是用钢制成的，汽缸组是铁铸的，活塞是铝制的，车上有铜制的线路和白金的接触点，车轮是塑料制造的，车胎是由天然橡胶和合成橡胶的混合物制成的，这一切都使你感到兴趣。汽车光滑的外表也许给你留下一定的印象，汽车坚固的部件则会使你安心。但是，你打算购买这个由元素、化合物与混合物组成的集合体的主要原因终究还是因为它的发动机能使车轮转动，而车轮转动时，汽车则能迅速地载着你和你一家四处游览。

汽车行驶时，科学家说它具有某种作功的能力，也就是说它拥有一个力，而这个力能持续地作用一个距离。汽轮机飞速旋转时具有这种作功的能力；锤子敲钉子、雪崩从陡峭的山坡上滚下来都具有作功的能力。大象凭着前冲的动量穿过它的栖息地树林下的矮树丛践踏作响时，它是拥有作功的能力的；蚱蜢向着一片草叶落下时，微小的变形虫在它供以安身的水中推进时，所有这些都有作功的能力。

科学家给这种作功的能力取了一个专门的名称——能。生物界和非生物界同样都充满着能。每一种生物或非生物都具备作功的能力，或者可以使之具备作功的能力。

如果物体正在运动且能立即作功，我们就说它具有动能。（英语 Kinetic energy——动能——中 Kinetic 一词来自希腊文 Kincin，意思是“运动”。）正在犁地的拖拉机，从空中落下的炸弹，凶猛的山洪，这些都是物体具有动能的例子。

另一些物体具有势能,也就是说,在它们的内部蕴藏着可供将来某个时候做功的能力。打桩机就是一个很好的例子。



打桩机在工作。图 A, 当重物升向机器的顶端时, 重物逐渐积聚了势能。图 B, 重物具有势能。图 C, 重物具有动能

它将一个重物(锤头——译者)升到相当的高度, 然后使它落在一根准备打入地里的木桩上。重物上升时, 对它作了功, 因而在它的内部积聚了势能。只有当它开始向着桩子落下时, 它才能直接做功。这时, 它的势能才被转换成动能。

充斥宇宙的能量具有各种形式。其中最引人注目的是辐射

能——以辐射形式传递的能。太阳是这种能的重要源泉。地球从太阳那里只接受一小部分的辐射能, 然而这一小部分的辐射能却足以维持地球上的一切生命。植物吸收太阳辐射出来的光能为自己制造食物。植物就是依赖这一作用而生存的; 动物也如此, 因为它们吃的是植物, 否则就是以那些吃过植物的动物为食料。

热是另一种形式的辐射能。植物的生命所必需的水分靠雨水供给, 而从太阳辐射的热最终和雨水有关。太阳的热使海洋、湖泊和江河里的水蒸发。水蒸汽在空中上升时常常凝结成云——云是由小水滴组成的。有时这些水滴结合成更大的水珠, 然后作为雨、雪、冰雹或以别的形式落下来。



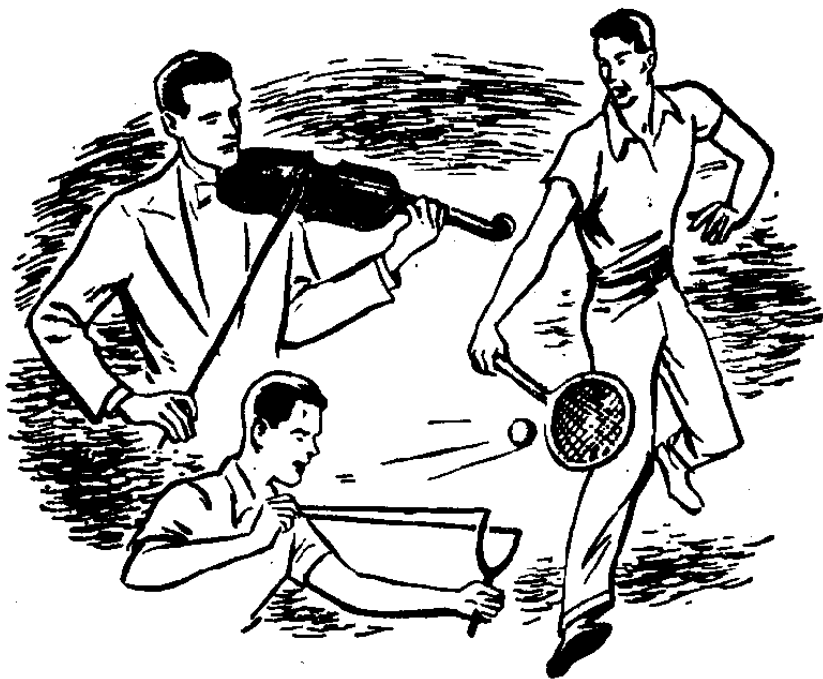
太阳不断释放的辐射能是地球上一切生物赖以生存的原因

物质在化学变化时以热、光和气体的突然膨胀等形式释放出能量。这种能叫做化学能。物质的微粒——电子沿着导体运动或者自由地通过空间时，释放出电能。在环绕地球周围的磁力中也蕴藏着能。称为声波的那种振动也具有能量。声波冲击耳膜时能被我们所感知；有时声波很强烈，能把玻璃震碎。

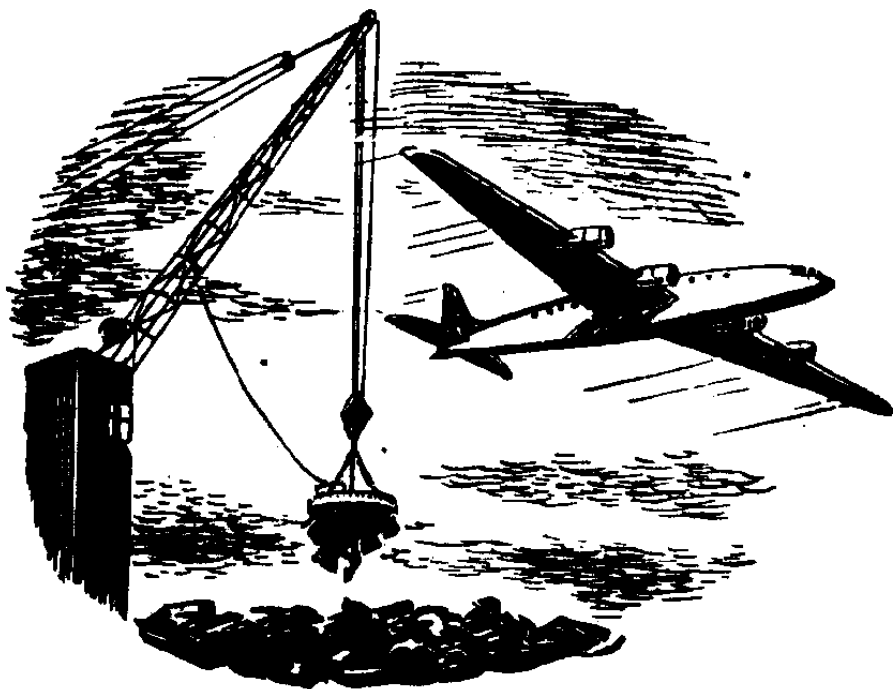
人们知道原子核中蕴藏着巨大的能量，这还是不久以前的事。原子核在裂解或聚合时能释放出巨大的能量。现代科学理论认为，太阳和其它星球上的辐射能就来源于原子能（或称为核能）。在地球上，人类已成功地通过裂解某些原子核而生产原子能。其中原子弹表明了人类在利用这种能量方面所取得的成就。

能量被释放时，各种各样的力立即开始作用。力的一个很好而恰当的定义是：力是能使物体产生运动，或改变物体的运动，或改变物体的形状的那种东西。当你跨进汽车，坐到弹簧软垫上，或者用球拍击网球，或者拉一条橡皮圈时，你都在用力。

力通过直接接触而作用到某些物体上。当你在地板上推动一张桌子时，你的手在用力过程中是和桌子接触的。棒球手在击球时，提琴家在拉弓时，或汽车司机在换挡时，他们所用的力都是通过直接接触而作用的。



提琴家演奏、网球运动员用球拍接球、或孩子拉弹弓时，体力是通过直接接触起作用的



当电磁铁吸起一大堆废铁或者飞机受到重力作用时，力是通过一定的距离起作用的

有些力在一定的距离之外作用于某一物体，这样的力可称为远距离作用力。飞机在空中时，不断受到从很远的地方产生的地球引力的作用。在这种情况下，我们说飞机在地球

的引力场范围内。物体在电场或磁场范围内时，也受到远距离力的作用。

物质和能量过去曾被认为是事物的两个完全不同的方面。科学家也曾认为，世界上物质和能量的总量始终是不变的。他们信奉物质守恒定律，这条定律说：物质的形式可能改变，但它不能被消灭。他们同样信奉能量守恒定律，认为能量既不能被创造，也不能被消灭，而只能被转换成为其它形式。

如今，科学家不再认为在物质和能量之间存在着一条不可逾越的鸿沟。他们倾向于认为物质和能分别是同一现象的两个方面。他们还修改了物质和能量的守恒定律。现在他们认为，在特定条件下，物质能够转化为能量，能量也能够转化为物质。

当较大的原子分裂成为较小的原子（原子裂变），或较小的原子结合成较大的原子（原子聚变）时，物质就转变成为能量。大数学家和物理学家爱因斯坦（Albert Einstein）通过以下公式计算了物质消失时所出现的能量：

$$E = mc^2$$

式中 E 代表所获得的能量， m 代表所失去的质量， c 代表光速——每秒约为 186,000 英里。

该公式也同样适用于能量转化为物质的情况。运动着的粒子的质量，即它所包含的物质的多少，与其速度成正比。这就意味着，所增加的能量（表现为所增加的速度）被转化成了质量。质量的这一变化在运动物体的速度接近光速时就变得十分显著了。

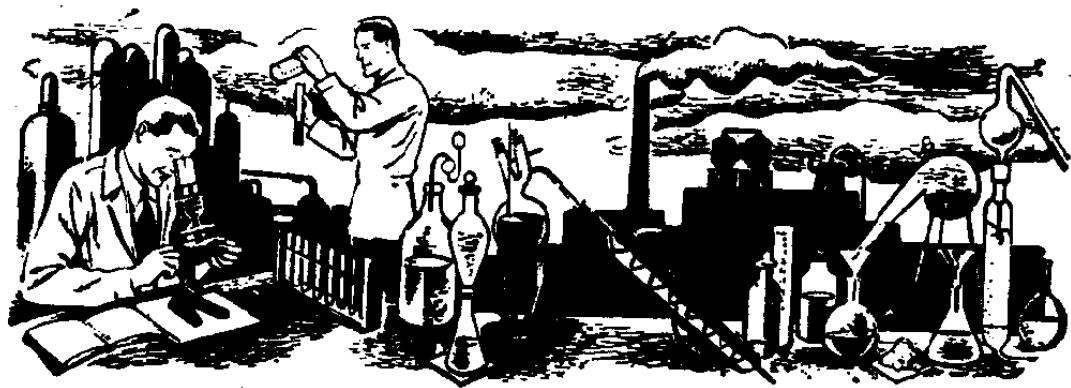
于是，科学家不得不修改他们原先关于物质和能量守恒的观念；但是他们仍然认为，在物质和能量互相转换时，它们都不会被消灭。物质或它的能量当量在变化前后是相等的；

能量或它的物质当量也同样是这样。旧的守恒定律至少在这一点上仍然是适用的。

每门科学都涉及到物质和能量的某些方面，或者两者兼有之。例如，天文学研究恒星、行星、卫星、小行星、彗星、流星及星云上的物质；它也兼及天体在空间运行时所具有的能量。生物学与组成生物界的物质成分有关；它也对螳螂的前肢在捕捉蚱蜢时或树液在树木内上升时所释放的能量感到兴趣。

但是，有两门科学特别涉及到物质与能量的基本问题。这就是化学（“研究物质的科学”）和物理学（“研究能量的科学”）。

化学所研究的是物质的组成、性质及其转化情况。化学家必须学会极其精确地辨认和鉴定他所研究的一切纯物质。例如，如果他只说“在实验桌上的一块固体材料是无色透明的，用指甲划不出痕迹，但是却没有坚硬到用金刚石也刻不出痕迹的地步”，这是不够的。这样的描述对于玻璃、石英和若干种塑料来说都是同样适用的。化学家必须用一系列精心的试验去鉴定这种物质。例如，他使该物质经受高温。如果它受热燃烧，就能确定它不可能是玻璃或石英，因为，虽然这两者在烈焰中能变软、熔化，但它们不能够燃烧。然后，他又进行其它必要的试验，直到对这种物质作出鉴定为止。



化学家研究物质的组成、性质及其转化的情况

化学家还必须熟悉纯物质的性质。他必须找到诸如这样一些问题的答案：“这种物质的熔点多高？沸点是多少？它能不能燃烧？导电性能怎样？是否溶于水？会不会被腐蚀？有没有毒性？”知道了这些之后，他就能为各种物质找到无数的用途。例如，坚硬的、不受腐蚀的金属可以用来制造自来水管的笔头。导热性差的物质可以用作冰箱或房屋墙壁的绝热材料。能溶解油脂而不溶解织物的、无毒而不易燃烧的液体可用作干洗溶剂。

化学家的目的不但在于描述物质的性质，而且在于了解物质为何具有这些性质。他需要了解为何一种金属硬而另一种金属软，为何盐溶于水而不溶于汽油，为何硫不能象金属那样导电。如果他知道了一种物质之所以具有某种有价值的性质的原因，他便能制造出高度具有这种性质的新材料。

最后，化学家还对物质的转化感到兴趣，他想知道支配这种转化的原理。木头为什么燃烧而石棉却不燃烧？为什么钢铁比金属铂更易受侵蚀？如何防止侵蚀？如何能从矿石中获得最大量的铁？如果能找到支配这些转化的规律，化学家便能更有效地完成某些转化，例如从铝矿石中提取铝；他也能防止某些不良的转化，例如防止铁生锈。

物理学研究各种各样的力

物理学这门“研究能量的科学”特别涉及各种由能量所释放的力。物理学的一个分支叫做力学，它研究的是作用于静止的或运动着的物体上的力，如作用于桥梁和水坝上的力，作用于子弹和棒球上的力，以及作用于快艇和飞机上的力。物理学的另一分支涉及热现象：研究热如何从一处传递到另一处，以及给一物体加热或使一物体冷却时所出现的现象。物理学家也对声音——即通过诸如空气或水等物质而传播的振