

1 不怕热的小猫咪

青少年朋友一定已经在现行的中小学教材中见到过这张奇妙的照片（见彩图 1），可是，都找不到小猫咪不怕热的答案。把一只小猫咪放在一块透明的塑料板上，塑料板的下面点燃着煤气灯火焰，这火焰的大小也不比小猫咪小多少。煤气灯火焰的温度是很高的，可以达到一千多度，可是，小猫咪在一千多摄氏度的烧烤下，却显得那么安详和活泼可爱，你一定会问，小猫咪不怕热吗？要不，这幅可爱的图画是画出来的。其实，这张照片中的实物都是真的，是现场拍摄下来的，那么，小猫咪不怕热的奥妙究竟在哪里呢？

奥妙原来在这块透明的塑料板上，我们知道，固体物质在挥发成为气体时是要吸热的，另外，塑料都是高分子化合物，是由碳、氢、氧等元素组成的，它们在一千多摄氏度的高温下都会分解，而且，塑料分解时也是要吸热的，这样，这块塑料板在煤气灯火焰烧烤下，逐渐地挥发和分解，它们都要吸热，结果使塑料板本身保持比较低的温度。塑料板的挥发和分解是慢慢进行的，因此可以保持长期间地吸热，使小猫咪自由自在地站在上面。现在，你已经知道了，任何自然现象都和物质的性质有关，我们掌握了物质的性质，就能够自如地来解释我们碰到的许多问题。

小猫咪向我们展示的塑料创造的奇观，不仅仅使我们感到好玩，更重要的是，让我们知道塑料的这种性质还能够派上大用场。当今世界上，航空航天科技和工业生产每天都在日异地变化，航天器是上天器件的总称，有人造卫星、宇宙飞船、航天飞机、远程导弹等。它们之中有的上了天就再也不用下来了，但有的则非要上了天以后还要下来，例如宇宙飞船、航天飞机和某些卫星，因为这些航天器中有的是载人的，有的装着要回收的资料。

每当高速飞行的宇宙飞船、航天飞机、卫星、导弹等完成考察任务重返地球时，必须穿过稠密的大气层，这些航天器的速度比声音的速度还高几倍以至十几倍，当它们以这样高的速度向大气层中俯冲下

来，这时它们的运动产生的能量称为动能，它的能量非常高，举例来说，具有如此高速的 1000 克质量所产生的动能高达 28×10^6 焦耳，这些能量转化成热，足以把 30 千克的钢铁加热到沸腾。我们在晴朗的夜空中看到的流星也属于这种情况，流星是宇宙空间的一种高速飞行的星际物体，有时它会闯入地球的大气层，并与大气层摩擦产生高温，使流星迅速燃烧，这时流星便会画出一道眩目的轨迹。

宇宙飞船等航天器也像天上的流星一样，在返回地球时，与大气层发生剧烈的撞击和摩擦，在航天器的前端产生一个高达 1×10^7 帕压力的冲击波，并将冲击波前的大气加热到七八千度，在这样高的温度下，航天器本身难保，同时还会危及航天器内宇航员的生命。

利用现代科学技术在航天器的外壳特别是前端涂上一层燃蚀材料是解决上述“机毁人亡”危机的最好办法。这层烧蚀材料是一种复合材料，它由环氧树脂或环氧乙烷等塑料与碳纤维复合在一起构成。环氧树脂或环氧乙烷在高温下气化、熔化、升华、最后分解，都要带走热量，碳纤维同样在高温下气化和升华，也都要吸热，于是，依靠外面一层复合材料不断被烧掉，既保护了宇宙飞船等内部设施，也会使宇航员在船内感到安全舒适，直到飞船安全返回到地面为止。

2 塑料能导电吗？

利用物质的电学性质分类，物质可以分为绝缘体、半导体、导体和超导体。

一般认为，有机化合物和高分子化合物都是不导电的绝缘体。正因为这样，塑料大量用作绝缘材料，用它来制造各种电器上的零部件，例如电灯的灯头、电插座、电器开关、电闸、电话机的外壳、电视机和收录机的外壳和零件以及各种电线的外皮。

20 世纪下半叶，三位学者改变了这种传统的观念，使塑料也成了可导电的物质，并且为全世界带来很大的潜在商机。

这三位学者是日本东京工业大学资源科学研究所的教授白川英树、美国费城宾夕法尼亚大学教授马克迪尔米德和美国加州大学圣巴巴拉分校教授黑格。

白川英树和马克迪尔米德在一次东京召开的学术会议上相遇，会议休息期间，两人在咖啡厅商定，马克迪尔米德作为访问学者到白川英树的实验室工作。

他们对于聚合物（高分子化合物）进行了系统的研究。导体（例如多数金属）之所以能够导电是由于它们的结构里存在着自由电子或空穴。聚合物分子内则没有自由电子或空穴，所以在传统观念上，聚合物是不导电的。

要想使塑料像金属铜一样也具有导电性，就必须模仿金属，改变聚合物的结构，使聚合物分子内的电子能够自由移动，而不是被束缚在原子上。因此，聚合物要变成导体的首要条件是分子内的原子要进行重新组合，使聚合物变成分子内既存在单键（在化合物分子中两个原子之间以一对共用电子构成的化学键，例如 $\text{C}-\text{C}$ 键），又存在着双键（在化合物分子中两个原子之间以两对共用电子构成的化学键，例如 $\text{C}=\text{C}$ ，含有双键的化合物具有不饱和性，能发生加成反应和聚合反应）。使聚合物变成由单双键交替的分子

聚合物要变成导体的第二个条件是，要提高聚合物的导电率，必

须通过一定的方法移走分子中的一部分电子或往分子中加一部分电子，使分子内产生空穴，具有半导体的结构。

具体到选中什么物质进行研究时，他们选择了聚乙炔 $(CH)_x$ 这种聚合物，因为按照美国著名化学家鲍林创造的杂化轨道理论，聚乙炔是一种分子内存在单双键交替结构的聚合物。

在 1971 年左右，白川英树等一直在合成聚乙炔，有一次，他的学生在合成聚乙炔时，不小心把比正常浓度高出 1000 倍的催化剂加进了反应釜中，合成出来的聚乙炔不是历次实验得到的粉末状物质，而是有银色光泽的薄膜。

马克迪尔米德知道此事后，马上将这种实验现象与他一直在思考的聚合物导电性问题联系起来。这个异常现象也引起了白川英树的兴趣，他想，这种有金属光泽的薄膜能否导电呢？

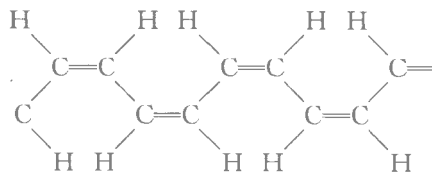
接着，研究小组改变了实验条件，在不同温度下进行同样的反应，结果又合成了有紫铜色金属光泽的薄膜。

研究小组通过改变反应条件和催化剂用量，制备了这种具有高弹性的不同金属光泽的聚合物薄膜，找到了制备导电聚合物的有效方法。

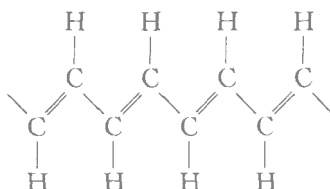
聚乙炔的具体制法是以乙炔气体为原料，再将催化剂溶解在甲苯中，然后往溶液中通入乙炔气体，溶液表面就生成了导电聚合物薄膜。



聚乙炔共分顺式和反式两种，顺式聚乙炔的分子为：



反式聚乙炔的分子为：



顺式和反式聚乙炔的导电系数是：

聚合物	温度(k)	导电系数($\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)
顺式聚乙炔	237	4.4×10^{-9}
反式聚乙炔	237	1.7×10^{-5}

反式聚乙炔的导电性能优于顺式聚乙炔。

在取得初步成果以后，白川英树前往美国与马克迪尔克米德和黑格合作，进行了三年的研究，他们模仿无机半导体利用掺杂（掺入其他微量杂质）的方法以提高半导体的性能，在室温下将聚乙炔薄膜暴露在 133.3Pa 的碘蒸气或溴蒸气下进行氧化改良反应，时间是 10 分钟。

事后，黑格让一位学生测量一下导电性，测出的数据让学生大吃一惊，掺入碘原子或溴原子的聚乙炔薄膜竟比未掺杂的薄膜的导电性增加了 1000 万倍。

黑格等又研究了聚吡咯、聚苯胺、聚噻吩等的导电系数都比聚乙炔要高，从而拉开了导电聚合物发展史的序幕。

在应用方面，黑格率先利用导电聚合物发明了发光二极管，出现了聚乙炔、聚吡咯、聚噻吩制的发光二极管。1986 年，日本又用聚噻吩制成场效应管，还利用其防静电特性，制成抗磁电脑屏。聚吡咯电容器、液晶光阀和高灵敏度化学传感器也随之问世。

利用聚吡咯吸收微波的特性，可制成各种用途的隐身涂料。利用其形态变化特性，可以使巡航导弹在飞行过程中隐形，在接近目标后绝缘起爆。

利用导电聚合物的电学性能，可制造太阳能电池、防静电摄影胶片、防静电地毯、发光交通标志、发光壁纸、智能窗户等等。

导电聚合物与纳米技术相结合，可制造未来的分子导线和分子元

器件。最新发现，负责遗传信息的脱氧核糖核酸（DNA）也有导电性，因此不久后将实现导电聚合物的生物智能化。

化学是一门实验性很强的科学，历来的化学研究都十分重视实验。白川英树的学生在制备聚乙炔时，竟然多加了 1000 倍的催化剂，不能不认为是一种大失误。

一般来说，失误都会给当事人带来损失。可是，这一次失误却给白川英树等人带来了好运，大失误中产生了大发现和大创造，所以，你千万不要小看失误，在历史上，失误给科学发明带来机遇是经常的事，就看你是不是善于抓住机遇。

白川英树等人的发现突破了传统的科学观念，而且他们的发现使导电聚合物具有潜在的巨大应用价值，因此，白川英树、马克迪尔米德和黑格共获 2000 年诺贝尔化学奖，成为 20 世纪末的科学巨匠。

3 斧头的进步

从原始社会开始，人就学会了制造和使用工具，不仅用来与大自然中的猛兽作斗争，也用来获取食物。原始人还不会炼制金属，因此，它们的工具都来自大自然，他们偶尔发现，用砾石摔破以后边缘比较锐利的性质，可以用来砍砸和切割东西，这样做很省力。于是，他们从石块上打下所需要的石片，再把石片加以修整便成为石器。在这些石器中，石斧用得比较广泛。可是，石斧毕竟不够规整，也不太锋利，不令人满意。

冶金技术特别是炼铁技术的发明，为人类的生产工具和兵器的铁器化创造了条件。用铁来制造斧头，可以采用铸造、煅造等方法，造出来的斧头不仅形状规整，而且异常锋利。由于铁能大量生产，价格也比较便宜，因此，铁器首先被用作兵器，其中就有铁斧，至今，我们还能在古书和影视节目中看到手持铁斧的士兵。于是，铁斧被应用了几千年，一直用到 20 世纪。

到了 20 世纪下半叶，当世界开始走向高分子时代，斧头又有了进步，请看彩图 2 这张照片上的登山队员右手拿的破冰斧竟然是用塑料做的。

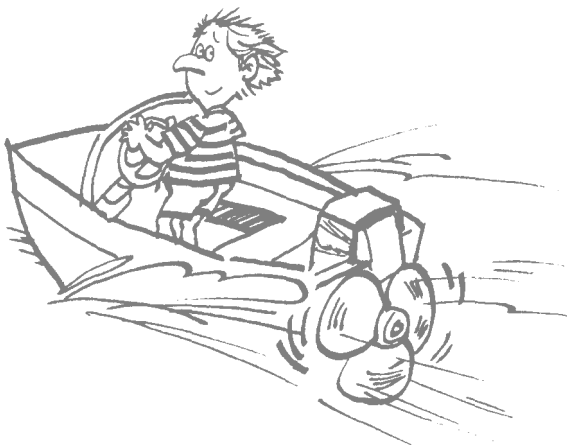
这种破冰斧是用玻璃纤维或碳纤维做增强剂，尼龙等塑料做主体的材料制成的，与钢铁制造的破冰斧相比，它们不但有相同的强度，而且塑料破冰斧比钢制破冰斧要轻得多，对于登山队员来说，所带的东西的重量越轻越好，而他们的重要工具改用塑料制造，可以大大地减轻他们的负担，这不能不算是登山工具中的一大进步。

一把塑料破冰斧能把高山上坚硬的冰块凿开，这恐怕是难以想像的，因为在一般人的心目中，塑料的硬度和强度都比高山冰块低，可是，这把塑料破冰斧却改变了这种情况，这是由于塑料技术的进步，发明了“工程塑料”。

工程塑料指可以代替金属（特别是钢铁）用作工程技术中的结构材料的塑料，要做到这一点首先必须强度高，现在聚酰胺（即尼龙）、聚

酯、聚甲醛、ABS 树脂等塑料已经能够达到这个要求。下面所举的例子足以说明工程塑料的强度特别高。

船舰推进器（俗称螺旋桨）可以产生推动船舰前进的力量，是一种要求能够承受强大力量的构件，因此螺旋桨必须是高强度和高刚性的。



螺旋桨

一般，内河船只都用铸铁做螺旋桨，海轮既大又在大海中航行，要求螺旋桨更结实，所以要用铜来制做，每只螺旋桨要用 0.5 吨左右的铜。如果用工程塑料代替铜和铁来制造的螺旋桨同样能够用在内河船只和海轮上，既能节约大量的金属，尤其是宝贵的铜，而且使制造成本大大降低。

第二个例子是工程塑料被用来制造高压贮气瓶。高压气瓶用于贮存氧气、氢气等高压气体，瓶本身要有很高的强度，才能经受住高压，在贮存、运输和使用过程中不致于爆炸。历来，高压气瓶都用优质钢材来制造，用塑料代替钢材来制造高压气瓶无疑是一种创新，事实证明，塑料制的高压气瓶充满高压氧气以后，让它从山顶滚到山下，在滚动过程中任凭碰撞摔打，一直到气瓶滚到山下既没有发生爆炸，气瓶也没有被摔破。一般来说，一个充满氧气的钢制高压气瓶需要两个强壮的汉子才能搬动，而塑料制气瓶只需要一个人搬动就绰绰有余了。

4 堵住大坝的漏洞

一座座高山一样的长龙式混凝土大坝将汹涌澎湃的江水拦腰斩断，当江水从大坝底部穿过，可带动水轮发动机的轮叶，发出电力，提供给工业生产作动力，还为千家万户带来了光明和保证居民的生活用电。

为了确保大坝的安全和正常供电，必须使整座大坝实现封闭性的排水。不论是大坝底部的岩石裂缝，还是坝体的混凝土伸缩缝等地方都要堵死，即大坝内不能有漏洞，决不能让水渗漏进去。

大坝要是有了漏洞，天长日久，整座大坝就有被汹涌的江水动摇的危险，甚至使大坝崩塌。1963年，意大利一座中型水坝崩塌，大水卷走了1800人的生命；1985年又有一座意大利的水坝崩塌，150人失去生命。

大坝的裂缝是各式各样的，有的很窄，有的则很宽；有的埋伏在水里，有的则露在大气中，它们都是由于季节变化时，岩石和混凝土的收缩和膨胀作用造成的。怎样才能堵住大坝的漏洞呢？

堵住大坝漏洞的最好办法是往大坝的缝隙中灌浆，就是借助一定的压力把一种浆液灌入大坝中有缺陷的部位后，再让这种浆液固化，使固化后的浆液和大坝的缝隙和漏洞形成一个整体，从而达到堵住漏洞、防止渗漏和加强水坝的目的。

最早的时候，灌浆材料用的是粘土和石灰组成的浆液，但它们长期地泡在水里，不会有那么高的强度和那么大的粘合力。

现在，大坝的灌浆材料已经由粘土和石灰改成了高分子灌浆材料，它由单体和催化剂组成，当灌浆材料灌入大坝的缝隙后，在催化剂的作用下，单体经过聚合反应生成高分子，它再把自身与大坝以及漏洞合为一个整体，从而把漏洞堵住。

理想的高分子灌浆材料应该是原料来源丰富、价格便宜、贮存和运输都很方便的固体，只有在使用时才把它们配成浆液。浆液被灌入缝隙后，应该能在常温和常压下凝固，与大坝形成强度高的整体，并

能抵抗江水的侵蚀和渗透。

中国科学院广州化学研究所先后研制出多种高分子灌浆材料。例如将聚氨酯这种高分子灌浆材料灌入大坝的缝隙中，它能和水发生反应，同时本身还能发泡，形成一种凝胶状物质，可以达到止水的效果。

1980 年，长江葛洲坝工程局用聚氨酯高分子灌浆材料浇注了二江大坝上游的防渗板、坝前帷幕、下游消力池护坦等的混凝土伸缩缝，止水效果很好。

用聚氨酯高分子灌浆材料，不但实现了封闭性排水，而且可使混凝土的厚度减少一半，节省了大量的劳力、资金，缩短了施工时间。

现在，我国的水电建设正在大规模的开发，三峡工程等更需要发展‘灌浆化学’这门年轻的科学。



5 吃一次药管很多天

人吃五谷杂粮，免不了要生病，生了病就要吃药。服药的方法一般都是一天吃几次药，每次吃一片药或几片药。一般来说，常常需要连续吃几天药，才能使疾病痊愈。有的病需要长时间服药，例如高血压病人，一年 365 天都得服降压药。如果你服的是中药，还需要用很多时间去煎药，那就更费力了。

现在，不但医生和药物学家要求药品既要效果越来越好，又要用起来更省事，病家在这方面有更迫切要求。

有一种要求是能不能吃一次药管很多天，这样一来，岂不是可以大大省事省时了，而且还可以防止因为忘了吃药或不及时吃药耽误了治病。

你别以为“吃一次药管很多天”是异想天开，从 20 世纪 80 年代开始，化学家和药物学家已经开始在为实现这一理想而努力。

化学家和药物学家的办法当然不是把各种需要的药品让病人一次都吃下去，这样做不但达不到治病的目的，还会使病人中毒，这是因为要让药物在人体内发挥疗效，就必须使药物在一定的时间内，保持所需要的浓度，浓度不足时，治不好病；浓度过大了，人就会中毒。

那么，最理想的方案到底是什么呢？化学家和药物学家开始设想，如果制造出一种能在人体内慢慢释放的药物，这不就能够达到吃一次药管很多天的效果了吗？

化学家所想的办法很多，例如，可以用羧甲基纤维素钠、聚乙烯醇等和药物混合在一起，加工成粘结性很强的药片，使药物中有效成分的释放速度变慢，让药物在人体内一点一点地生效。

如果把高分子膜涂敷在药物的表面上，用来调节药物中有效成分的溶解时间，使它慢慢地溶解。

还可以用高分子薄膜把眼药封装起来，放入患者的下眼睑的内侧，眼药会通过薄膜不断地渗到眼睑内，渗出的速度可以用薄膜的厚度或性能来控制，这样，眼药就能长期发挥作用。

在上面这种研究的基础上，化学家和药物学家已经发展了一种“微胶囊技术”。微胶囊药物和普通胶囊药物不同，它们的直径只有几微米到几百微米，只有在显微镜下才能看清它们的形状。

微胶囊是一种以聚合物做壁壳的微型药物容器或包装，聚合物可以采用明胶、糊精等天然高分子材料；也可以采用羧甲基纤维素等半人工半天然合成的高分子材料；还可以采用聚乙烯醇等全人工合成的高分子材料。

微胶囊能够包封并保护它囊芯中的固体微粒药物或液体微滴药物，包封用的皮膜壁壳物质称为壁材，被包的囊芯物质（药物）称为芯材。芯材可以是固体、液体或气体。微胶囊化以后的芯材与外界环境是隔绝的，可以防止被大气中的氧气氧化，也可以避免其中的药物挥发。

微胶囊的皮膜具有半渗透性质，其中的药物可以借助压力、温度等因素的变化而被释放出来，但药物是长时间地缓慢地被释放出来的，这就使药物达到长效的效果，即吃一次药管很多天的效果，因此这种药称为“缓释胶囊药物”。

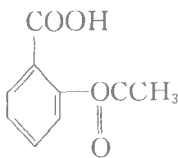
有一种缓释胶囊药物能够显示其特殊的治疗作用，胶囊里面装有能促使门冬酰胺分解的酶，这种酶叫做门冬酰胺酶。临床试验表明，肿瘤患者的肿瘤生长部位的周围存在一定数量的门冬酰胺，它是一种氨基酸，是能够促进肿瘤细胞生长的营养物质。

如果将装有门冬酰胺酶的微胶囊注入肿瘤病人的体内，当肿瘤周围的营养物质渗入微胶囊时，便不断地被门冬酰胺酶分解，于是，肿瘤细胞便失去了养分，肿瘤的生长便会受到抑制。

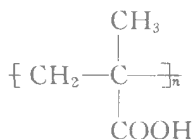
其实，微胶囊技术还不能算是最好的办法，因为它所管的天数还不够多。于是化学家和药物学家想出了一种更为有效的方法，就是把具有药理活性的基团嫁接到高分子化合物基体上，制成一种缓慢释放药物中有效成分的长效药品。

阿斯匹林可以治疗感冒，止痛退热，它是感冒药 APC 的主要成分，阿斯匹林也可用于防止血栓。

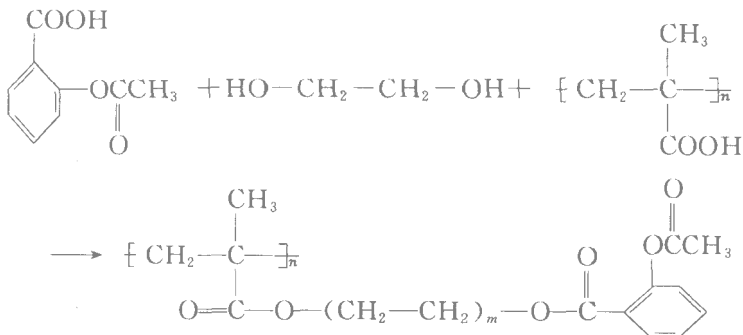
阿斯匹林的有效药理成分是乙酰水杨酸，它的分子式是 $C_9H_8O_4$ ，结构式是：



被阿斯匹林嫁接的高分子化合物是聚甲基丙烯酸，它的结构是：



乙酰水杨酸不能直接嫁接到聚甲基丙烯酸上，还要借助乙二醇（分子式 $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ ）的作用才能达到嫁接的目的：



由于以上反应式是用乙二醇使阿斯匹林与聚甲基丙烯酸嫁接起来的，所以反应式中的 $m=1$ ，如果用其他的二醇（如丙二醇、丁二醇等）进行嫁接，那么 $m=2, 3, 4, \dots$ 。

当阿斯匹林与聚甲基丙烯酸借助乙二醇嫁接以后，所形成的嫁接化合物的性能与其分子结构存在着以下关系：嫁接物只有在发生水解反应以后，才能够释放出有药效的阿斯匹林，即从嫁接物上释放出乙酰水杨酸。

经过病理和药理的研究，嫁接物中的 m 大一些，嫁接物释放的乙酰水杨酸的速度就会快一些， m 小些，释放乙酰水杨酸的速度就慢一些。

于是化学家和药物学家便通过控制 m 值的方法使嫁接物具有合

适的释放乙酰水杨酸的速度，即它能持续地、慢慢地释放出乙酰水杨酸，使人体内能在较长时间内存在着乙酰水杨酸，于是嫁接物便与普通的阿斯匹林不同了，主要是嫁接物成了一种长效药。

阿斯匹林变成长效药后，好处是显而易见的，例如人体内有了这种长效药，便可以长时间地抗血栓，大大地减少了血栓对人类生命带来的危险和威胁。这便是“吃一次药管好多天”的好处。



6 橡皮筋的奥秘

橡皮筋可以说是我们的老伙伴了。当橡皮筋被拉长以后，你一松开手，它又能恢复原状，对于这种性质我们都很熟悉，它叫做弹性。

那么，橡胶为什么有弹性，而棉线为什么就没有弹性呢？我们不妨拿在操场上手拉手排成队的小朋友作一个比喻。

老师先让小朋友们手拉手排成一行长队，并向他们提出：“绝对不能松开拉着的手”。可是隔不了多久，你再观察一下队形，原来的直线队形就变得弯弯曲曲了。



弹性的比喻

原来，小朋友们本来就不喜欢一动不动地站在那里，这样会引起情绪上的不稳定，他们总要求向自由度大的方向移动，但是老师又不让松开彼此拉着的手，于是，最后只能形成弯弯曲曲的自然状态下的队形。

橡胶从微观结构来看好比小朋友们所列的队形一样。橡胶是由一种叫做异戊二烯的化合物通过聚合反应聚合而成的，异戊二烯是单体，聚异戊二烯是聚合物。

橡胶是由一条条很长的链组成的，各条链的长度都不一样，并相互联系在一起。

在自然状态下，这一条条很长的链是卷曲的，当用力拉时，卷曲

着的链被拉开了。那么，当拉力取消时，橡胶为什么又会恢复原状呢？原来，将橡胶的长链拉伸时会减小每个原子的自由度，使原子处在不稳定的状态。因为要求恢复原来的自由状态是物质的本性，于是，在拉伸力消除以后，拉直了的橡胶长链又会恢复原状，成了卷曲程度比较高的状态。

现在你应该明白了，一种具有弹性的物质（如橡胶）应该具备两个条件：第一，它应该是形状和一根线类似的卷曲程度比较高的长链，第二，在外力拉伸下，长链的卷曲程度比未拉伸之前要低，但拉伸力取消后，它又会恢复原状。

天然橡胶是探险家哥伦布在 1493 年的第二次航海时发现的。他到达美洲海地时，见到当地土人正在用橡胶球做游戏。这种掉在地上又能弹回来的球，用力压下去能被压成类似橄榄球的椭圆形，压力放松后又能恢复原状，变成圆形的球。哥伦布惊奇地把橡胶球比作一个放荡的“浪子”在外界条件改变下“浪子”开始放荡，当外界条件又变回到原来样子“浪子”又回头了。

从哥伦布发现橡胶以后，科学家们一直在研究如何很好地利用这位“浪子”的性质中的有益的一方面，即利用它的弹性为人类服务。但是，他们发现天然橡胶虽然具有弹性，但是弹性不够好。

1839 年，美国工程师古德意开始研究如何改善橡胶的弹性。当时，全世界的炼钢工业已经相当发达，铁被炼成钢以后，性质之所以能够得到很大的改善，原因是在将铁炼成钢的过程中要往铁水中添加一些其他的化学元素，使铁的结构有了变化，性能才得到了改善。

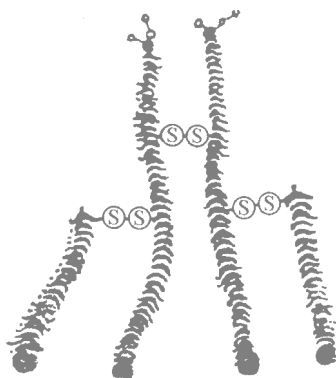
受到了炼钢的启发，古德意开始了往天然橡胶中添加其他物质的试验，古德意找来了很多物质，把它们分别添加到橡胶中进行研究。

有一次，古德意把硫磺加到正在被加热的橡胶中，顿时发生了剧烈的化学反应，并冒出浓烟和放出大量令人窒息的臭气，古德意不得不把实验停了下来，并把发臭的橡胶扔进了垃圾箱。

过了一天，当古德意在加热炉的边上清扫时，偶然发现了一块弹性很好的橡胶，他立刻意识到，昨天的实验已经获得成功，被自己扔进垃圾箱的橡胶并不是废物，而是弹性很好的产品。

原来，天然橡胶在加热时加进硫磺以后，发生了化学反应，改变

了天然橡胶的微观结构，硫原子（S）把链状的自然橡胶交联在一起，形成了具有三维网状结构的硫化橡胶，它是一种伸缩自由、具有优异弹性的立体网状结构的物质。



橡胶的硫化

现在，工业和民用的橡胶制品绝大多数是用硫化橡胶做原料制成的，它的优良性能使它能满足飞机、汽车、自行车等所用轮胎的要求，即弹性好，强度高，耐磨，耐穿刺，耐老化，而且在行驶过程中轮胎与地面摩擦时产生的热量小。弹性好使橡胶也用于胶管、胶带、雨衣、雨鞋、胶鞋等的生产，为发展工农业生产、交通运输业、国防建设和民用产品做出了重大贡献。