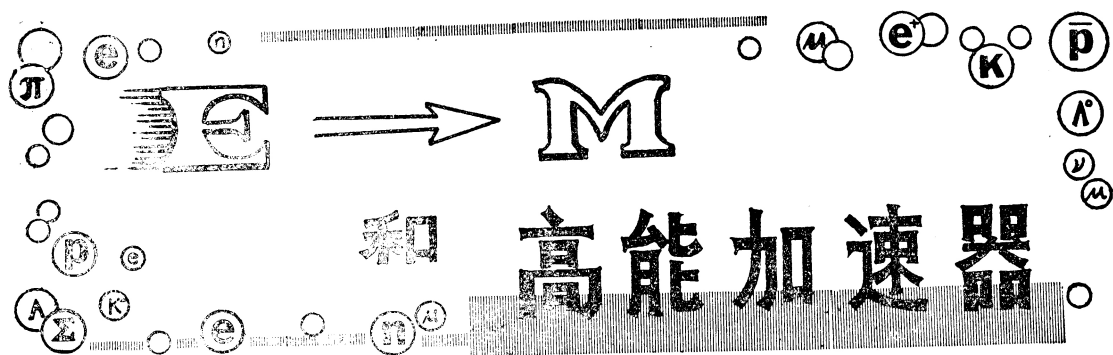




陆柱国改写并编绘

如果将能量高度集中…… 有时,将一些极普通的思路无限引伸,竟能得到完全意想不到的结论。例如,在日常生活中,能量现象到处可见,几乎不为人注意。但是,如果有人问,给太阳曝晒一天的湖水得到的热量与蜡烛火焰产生的热量相比,哪个更大?你一定会觉得这纯属多余,当然是前者更大。但是,如果问,为什么蜡烛可以烤熟一个鸡蛋,而得到热量更多的湖水却无能为力呢?想一想,其实也不难回答。这是因为蜡烛的热量更加集中,在时间和空间上更加集中的缘故(图1)。热量的集中可以使砂轮机上飞溅出来的铁屑成为

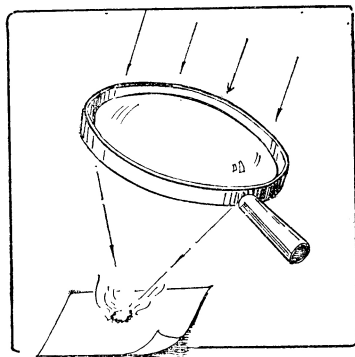


图2

3)也许会使你惊奇,一种奇迹产生了,这些能量竟变成了物质,创造出新的物质! 这种现象现已为现代物理理论所阐明,为高能物理实验确定无疑地证实了。

能量如何积聚 我们常说的高能粒子加速器就是一种把能量高度积聚在象电子、质子那样的基本粒子上,从而产生新物质的机器。当然,这些新物质也都是些微乎其微的基本粒子。有一种仪器叫气泡室,它能显示基本粒子的径迹。从气泡室的照片中(图4),我们可以清楚地看到,加速器打出的一个高能粒子竟产生

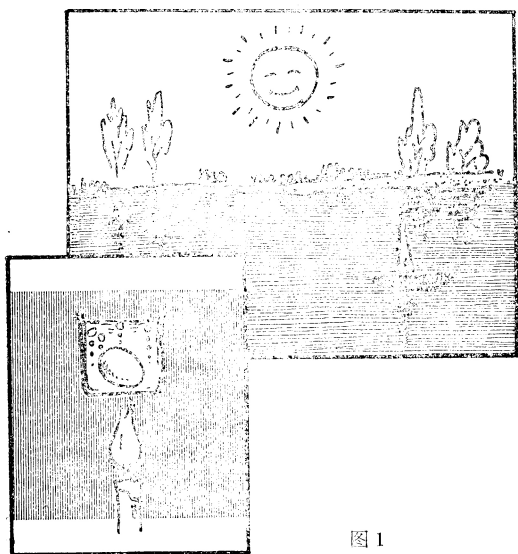


图1

耀眼的火星,温度高达上千度。由此可见,热量不在于多少,一旦集中起来,就不可等闲视之。我们知道,热量是能量的一种形式。放大镜就是一种最普通的聚能工具,在它的焦点上,可以点燃在阳光下本来不会燃烧的纸张和木材(图2)。因此,我们说,集中的能量有时比其分散的总量更有价值。沿着这个思路再想下去,如果我们能把铁屑火星上那一点点能量集中在比它小亿万倍的物体,如质子或电子上面,又会怎么样呢?(图

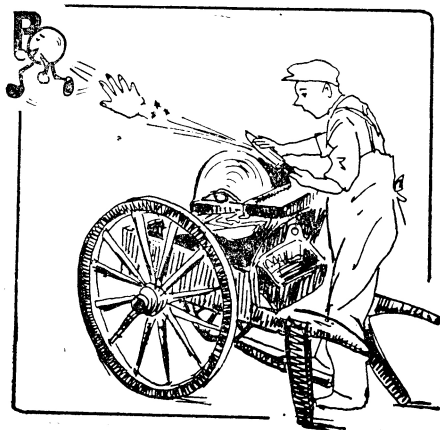


图3



图 4

了十八个新的粒子!

什么是加速器? 图 5 是安装大型质子加速器的隧道照片, 这台加速器圆环的直径足有 2.2 公里, 而目前正在日内瓦兴建的一台加速器则更大, 直径竟达 8 公里! 想不到, 与这些其小无比的物质打交道的竟是一些其大无比的机器, 真是神秘莫测。然而, 如果要说明它们是如何把能量积聚在基本粒子上的, 道理却并不复杂, 甚至它可简单地用“火流星”(图 6) 作比喻。看过这个节目的朋友知道, 火流星是一条两端各挂一个灯光小球的绳索, 演员慢慢地、有节奏地抡它, 只见两团火光围绕演员旋转, 越来越快, 最后变成两个光环。如果我们将灯光小球看作电子或质子, 那么, 加速器的工作原理与它十分相象。在加速器上(图 7), 给带电粒子加速的是一系列电极, 当粒子通过那里时, 被电场推动, 加速。这有点象荡秋千一样(图 8) 只要合拍地顺势推动, 秋千便越荡越高。同样道理, 加速器中带电粒子加速的次数足够多时, 就可以被加速到接近光速的程度! 而在加速器中代替火流星克服离心力的绳子却是一系列磁铁, 它们产生的强大磁场将带电粒子约束在圆形轨道上。当然, 实际的加速器是一个极其精密、极其复杂的系统, 但从能量积聚的观点上, 加速器的基本原理也就是如此而已!



图 5

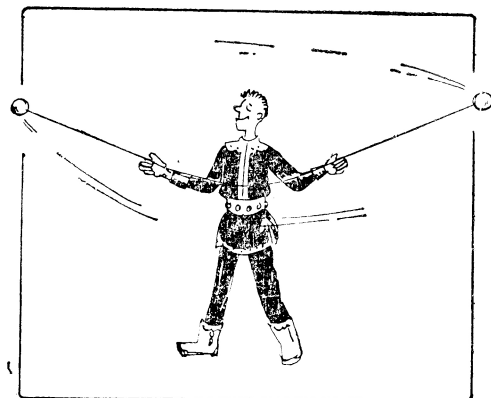
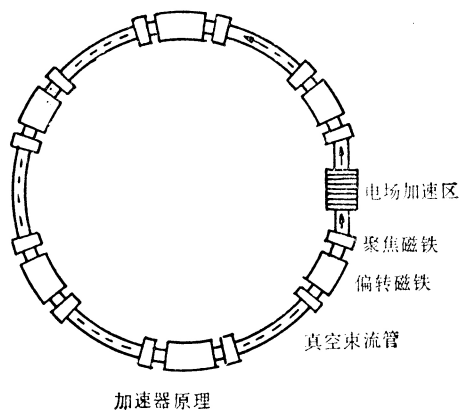


图 6

能量如何变成物质? 在什么情况下基本粒子的能量才能变成物质呢? 为了回答这个问题还是让我们先看一个日常生活中的例子吧。如果一个人从二层楼上(图 9)不慎跌下, 可能受些轻伤。但若从五层楼上摔下来, 即使侥幸活着, 也必定遍体鳞伤。如果从高山之巅、跌到万丈深渊, 那粉身碎骨是无疑的了。其实, 这三种情况的差别仅仅在落地的一瞬间。当人尚在空中时, 并没有因此而受伤。但当人跌到地面时, 势能转变为动能, 不同高度的因素才发生作用, 释放出不同的能量, 使人或受轻伤、或重伤、或死亡。这个例子告诉我们, 一个物体只有在和别的物体相互作用时, 能量才会释放出来。同样道理, 在微观的基本粒子世界里, 粒子的能量也只有在与别的粒子碰撞的一瞬间释放出来, 转变成新的物质。这个事实, 现在已被实验所证实, 为人们普遍接受了。然而, 在爱因斯坦之前, 却没有人想到能量能够产生物质的问题。1905 年, 爱因斯坦认为, 所有的物质都可以认为是能量集聚的形式。他著名的“质量—能量”公式 $E = mc^2$ 十分简练, 却十分精确(图 10)。根据这个公式, 我们可以说 25 兆度的电能



加速器原理

图 7

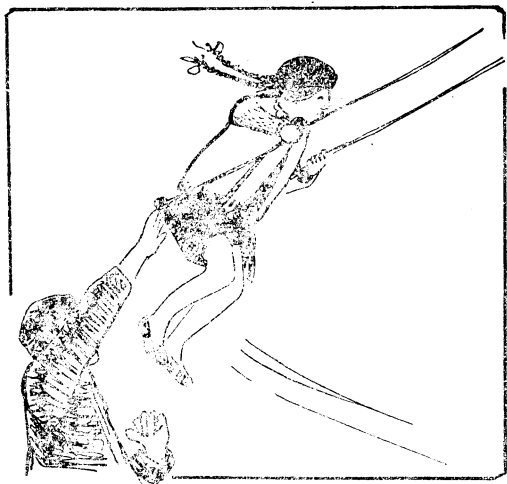


图 11

“重”一克。反之，如果试图制造出一克物质，至少需要 25 兆度电能，这相当于一个大城市一天所需的全部电能(图 11)！现在我们再用图 12 来说明能量转变成物质就很清楚了，这里，一个速度极高的基本粒子携带了比与自身质量等效的能量大得多的动能，在与别的粒子碰撞后其动能转变成许多新的基本粒子，当然它们的动能要小得多，但总能量与碰撞前是守恒的。这就是能量转变成物质最简单的图象。如果这种过程真能在宏观世界发生，我们可以将它比喻成两只接近光速运动的鸡蛋碰撞后，会产生几十个鸡蛋、鸭蛋、鹌鹑蛋，甚至于比鸡蛋大得多的鸵鸟蛋(图 13)！

近代高能粒子加速器可以把带电粒子加速到几十至几百 GeV 的能量。所谓 1GeV，即 10^9 电子伏特，这与产生一个质子需要的能量相仿。直观地说，一支铅笔从桌面掉到地上，它的动能就有几百 GeV。可见，1GeV 能量在宏观世界中是微不足道的。然而，要使质子得到这些能量，加速器的直径至少也得几十米，而现代最大加速器上得到粒子的动能还不及一只飞舞蚊子的能量。但显然，两只蚊子相撞是绝对不会产生新的蚊子，而一个带有蚊子能量的反质子与质子碰撞，就能产生一大堆新的粒子(图 14)，产生了物质！所以，高能加速器的真

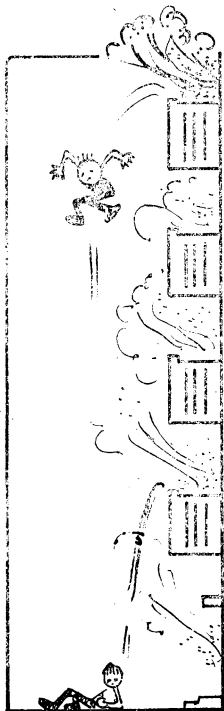


图 9

正特点并不在于产生的粒子总能量有多大，而是如此小的体积内积聚了这些能量，从而产生能量变成物质的惊人转化！

新粒子敲开微观世界的大门 高能粒子加速器一代接着一代，能量也越来越高，它们到底产生多少新物质？以日内瓦欧洲粒子物理实验室的加速器为例，二十五年来总共才“生产”了 25 毫克新物质——新粒子(图 15)。但是，别小看这 25 毫克，它们却是人类通向微观世界强有力的敲门砖！

自古以来，人类特有的好奇心总是激励人们去发现新的世界。几千年来，人们对“世界是什么构成的？”这个问题从未间断过寻找答案。我们的先人认为水、木、金、火、土五行是万物之源，而一些外国古人则认为空气、土、火、水、为一切之本。二千四百年前，希腊哲学家德谟克里特认为物质是几种不同的微粒组成的，他的思想似乎已很接近今天人类对物质构成的认识了。例如，在 1930 年前，人们已认识了质子和电子，1932 年发现中子，并以此为基址描绘出原子及原子核的正确图象。同年，狄拉克预言的正电子被发现，1937 年发现 μ 介子，1947 年找到了早已预言的 π 介子……。这期间，大部分发现都是高能粒子相互作用的结果，只是那时加速器的能量还不够高，这些高能粒子都是来自“宇宙加速器”产生的宇宙线。当加速器能量提高后，重介子(K 介子)，超子家族(Λ 、 Σ 、 Ξ 、 Ω 等)逐个登上基本粒子舞台，它们在物

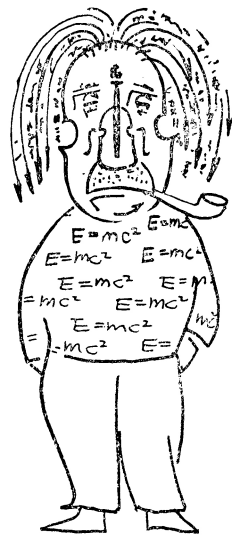


图 10

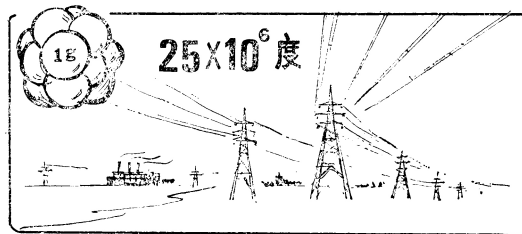


图 11

质的构成中扮演着不同的角色(图 16)。这些不稳定的短寿命粒子无一不是在能量转变为物质的过程中产生的。今天，借助于高能粒子加速器，粒子探测器和电子计算机，正在回答这些从远古时代就困惑着人类的问题。加速器赋予带电粒子以高能，通过碰撞产生新粒子，使用探测器观测新粒子的行为，利用一些介质把

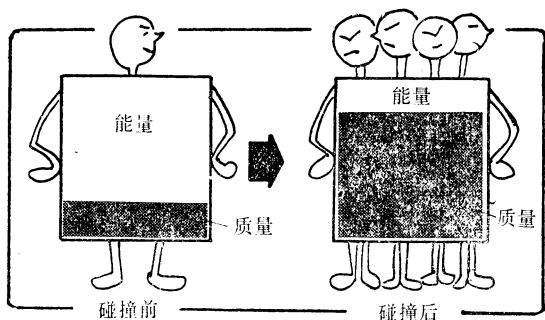


图 12

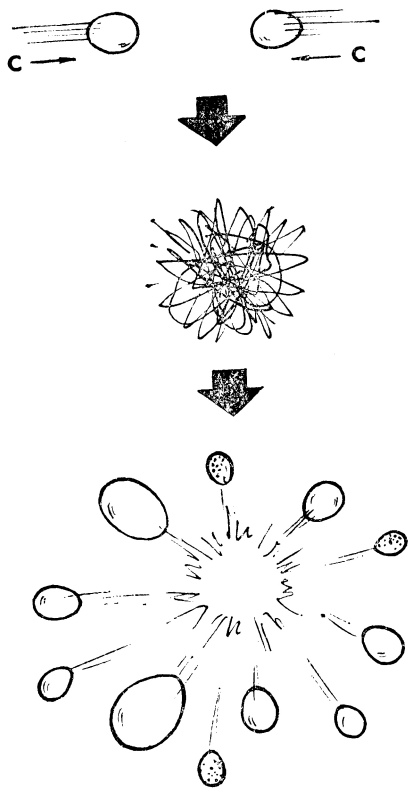


图 13

这些包含微观世界丰富信息的行为贮存起来(图 17), 遵循一些研究、判断的准则, 通过电子计算机从这些信息中拼出一幅微观世界的完整图象, 这就是高能物理实验的概况, 也就是探索微观世界的基本方法。

高能加速器与社会 这种探索微观世界的工作, 我们称之为纯基础科学研究, 这种研究正在加深人类对宇宙的认识。但是, 如果要问, 这样的研究将对人类有多大用处, 其答案也许不那么令人满意。因为在开展这些纯基础科学研究时, 往往很难说清楚它的直接社会应用。但是, 人类花那么多钱, 集中那么多优秀的科学家, 代代相传又孜孜不倦地从事这些研究绝非盲目。

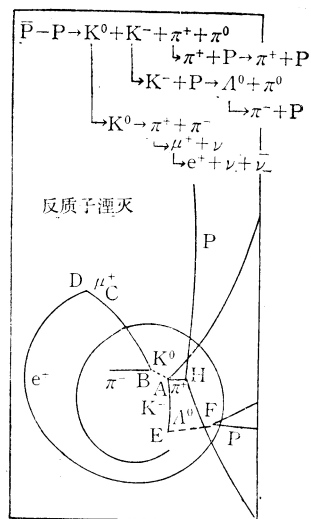


图 14

如果你看看周围, 普通的电话、收音机、电视机, 复杂的大型电子计算机、核电站, 已经很难说出其中那一点是纯基础研究的直接结果。但是, 如果说, 没有电磁波理论, 原子核理论、固体物理研究、化学及基础数学等学科的研究, 要产生这些东西完全是不可能的, 这大概不算是过于武断的结论。事实上, 在这些事物中, 所有基础研究的成果是无所不在的。所以, 从长远的

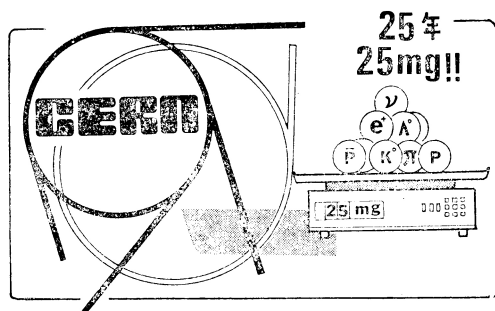


图 15

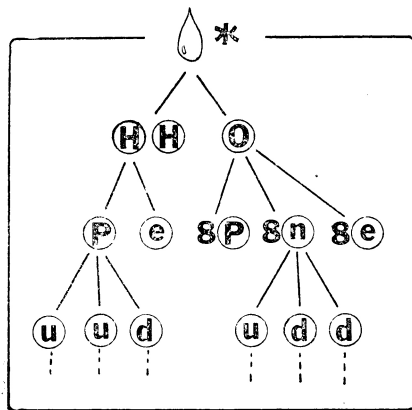


图 16

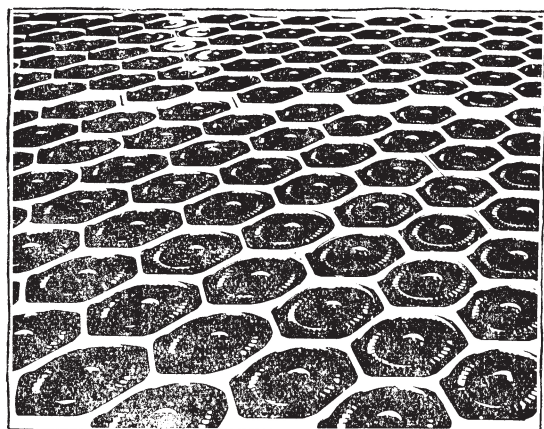


图17

观点来看,这些纯基础科学研究的继续必将继续导致我们日常生活中一些需要的实际发展。

此外,为了进行这些研究,要建造如此精密而又如此庞大的设备,首先要利用已有的工业技术,但同时又必须要求这些技术有新的突破才能满足基础研究日益发展的需要,这样,这种突破的工业化,最终又会在日常生活的需求中起关键的作用,图18说明了它们之间的内在关系。如高能加速器技术需要超高频无线电技术、高真空技术、超低温技术、超强磁场技术、大型电子计算机技术、新材料和新技术的支持,而这些技术也因此而达到更高的指标、更先进的水平,从而开辟更广泛的应用前景。就最初为纯科学研究目的而发明的加速器而言,今天已广泛应用于医学、同位素制造、材料科学等方面,而作为粒子探测器的闪烁计数器、多丝正比室等也早已在工业、农业、国防、医学等方面大显身手,这样的例子是枚不胜举的。

总而言之,高能粒子加速器用于能量转变为物质,而原子能反应堆用于物质转变为能量,这两类看来恰

恰相反的事物,正是处于一种相互依存、相互转化的辩证关系之中,推动着它们各自向更高级的方向发展,这就是我们用以理解纯基础科学研究意义的核心所在。

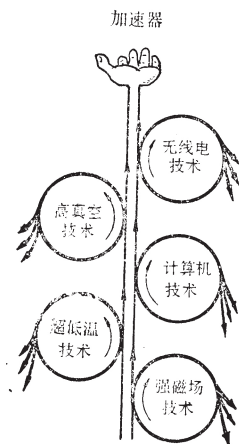


图18