



——“基本”粒子这个层次是怎样开始揭露出来的

柯 之

客观世界是在实践中逐步认识的

玲：叔叔，上次你说已经发现的“基本”粒子有二百多种，它们各有各的性质。可我总觉得它们看不见，摸不着，挺神秘的，怎么认识它们呀！

吕：这不奇怪。自然界的任何事物或现象，只要我们还不理解它，还没有掌握它的规律性，总难免会有神秘的感觉。小玲，你说日蚀、月蚀神秘吗？雷电现象神秘吗？

玲：那不。

吕：可你知道吗？我们小时候听老人说日蚀是天狗吃太阳。那时候，每逢日蚀，人们就敲锣打鼓或敲打其他打得响的东西，说是把天狗吓走。我也听老人讲过雷公电母的故事。其实，这些都是迷信，鬼呀神呀都是反动统治阶级拿来骗人的。人类在历史发展的过程中，通过社会实践，逐步认识了这些客观

现象的实质，就不会感到神秘了。你说“基本”粒子神秘，可是它们就在我们的身边，甚至就在我们的身上。你想，我们身上哪一部分不是原子所组成的？而这些原子又都是由电子、质子、中子等“基本”粒子所组成的呀！

玲：但是看不见，摸不着呀！

吕：看不见，是因为我们的视力有限；摸不着，是因为我们的触觉有限。但是，人能够创造工具。在社会发展的过程中，人类通过阶级斗争、生产斗争和科学实验，不断改造工具，就可以不

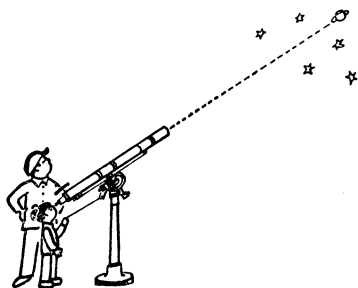


图1. 望远镜使人看到更远的东西。

断扩大视力和支配自然界的能力，使原先看不见的东西能够看见，摸不着的东西能听指挥。

玲：嗯，那次我在天文馆的望远镜里就看到了土星的光环。望远镜就是一种工具，它扩大了我们的视力。对吗？

吕：对，还有显微镜，可以使我们看见细菌。



图2. 显微镜使人看到更小的东西。

玲：叔叔，你能不能举一个例子说明我们原先摸不着的东西听我们指挥呢？

吕：电视就是一个例子。你知道电视是怎么回事吗？

玲：听老师讲过，电视机主要有一个显像管，显像管的一头是电子枪，一头是荧光屏，电子枪发出的电子打到荧光屏上，就可以发光。

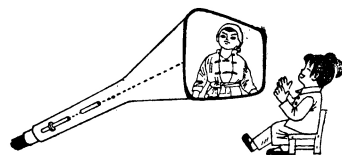


图3. 电子笔在显像管里画出图象。

吕：电子本来就是看不见，摸不着的，有了显像管它不是乖乖听我们的指挥了吗？电子就是人们最早发现的一种“基本”粒子。二百多种“基本”粒子都是人们在不断改进科学实验工具的过程中一个一个“看”见了和“摸”着了了的。这有力地证实了毛主席的实践论的观点，客观世界总是可以通过实践来认识的。目前，“基本”粒子这个

层次还只是揭露了一部分，然而这一部分的揭露就已经是一个很长的故事了。

玲：那你就给我讲讲这个故事吧！

现代的很多新技术中的主角——电子的发现

吕：好，我们就从那个显像管说起吧。它是一个密封的玻璃管，细的一头有电子枪，粗的一头有荧光屏。现在假定我们不知道是什么东西使荧光屏发光，只知道电子枪包括阴极和阳极两个部分，我们在阴极和阳极之间用一块金属板挡起来（见图4），结果发现荧光屏不亮了。

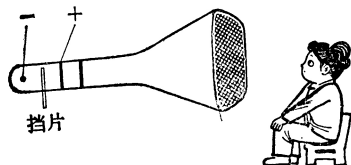


图4. 在阴极和阳极之间加上挡板，荧光屏就不亮了。

玲：那就是说，打到荧光屏上去的东西是从阴极发射出来的，所以被金属板挡住了，是吗？

吕：不错，从阴极发射出来的这种东西是带负电的，它被阳极吸引，得到了很大的速度，所以能够一直冲向荧光屏。但如果把阴极和阳极之间挡住，它就到不了荧光屏，荧光屏也就不亮了。最早的时候，人们把这种东西叫做阴极射线，后来知道就是电子。

玲：怎么知道它们是电子呢？

吕：通过科学实验。在玻璃管里装上两块金属板，在管外装上磁场线圈（图5），在金属板上逐

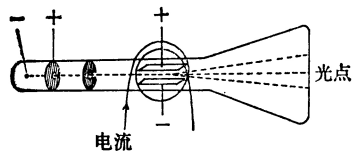


图5. 带正电的金属板在上面，光点朝上移动。在磁场线圈中通电流，光点又往下移。

渐充电，可以看见荧光屏上的光点朝着带正电的金属板一侧逐渐偏转，这是因为带负电的东西被正电吸引，被负电排斥的缘故。然后，金属板停止充电，在磁场线圈中通直流电，产生磁场，使阴极出来的带负电的东西向上或向下偏转。适当调节电流，可以使磁场造成的偏转恰好抵消正负电极板造成的偏转，结果荧光屏上的光点又回到了原来的地方。根据这时的电场和磁场，可以算出这种带负电的东西的荷质比（电荷与质量之比）的数值是： 1.773×10^7 电磁单位。这是1897年的事。在这个实验中，引人注意的是，改变电子枪的电压，可以使带负电的东西的速度改变几百倍，但它的荷质比的数值却总是不变。这个发现有力地说明了阴极射线不但是一种带负电的东西，而且它有最小的单位。人们就把这种最小的单位称为“电子”。

玲：是不是别的“基本”粒子也有荷质比呢？

吕：都有确定的荷质比。因为每一种“基本”粒子都有确定的质量，确定的电荷，而且电荷都是电子电荷的整倍数。例如，在电解过程中测定氢离子的荷质比为9645电磁单位，电子的荷质比是氢离子的一千八百多倍。如果说电子的电荷等于氢离子的电荷，那末氢离子的质量就是电子质量的一千八百多倍。

玲：怎么知道电子的电荷和氢离子的电荷相等呢？

电子的电荷和质量

吕：早在十九世纪中叶，人们就知道一克重的带正电的氢离子中大致有 6×10^{23} 个氢离子，总共带的电荷是9645电磁单位……

玲：用 6×10^{23} 去除 9645，得到氢离子的电荷是 1.6×10^{-20} 电磁单位。

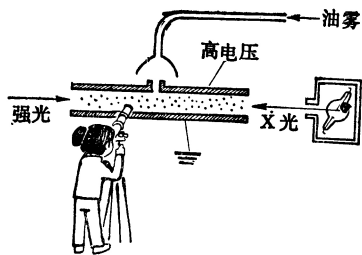


图6. 观察油滴在两块带电金属板中间的运动。

吕：对。现在要知道电子的电荷是多少。有这样一个实验：用喷雾法把油弄成细微的油滴（直径大致1/10毫米），油滴由于摩擦而带电。把这些带电的油滴引到两块带正负电的金属板之间，并用X光使金属板之间的空气电离，使油滴吸附空气中的电荷。根据油滴吸附空气中电荷之前和之后的运动的变化，同时考虑到电的作用，地心引力的作用和空气对油滴的粘滞作用，就算出来每次油滴吸附的电荷都是 1.6×10^{-20} 电磁单位的整倍数。所以说，电荷似乎有一个最小基本单位，就是 1.6×10^{-20} 电磁单位。

玲：这么说，氢离子带的正电荷恰好是一个最小基本单位的正电荷啦！

吕：而且因为氢原子是中性的，所以它应该是由带正电的氢离子（即氢原子核，即质子）和一个带负电的电子（阴极射线粒子）所组成。电子所带的负电荷必须恰好和氢离子的正电荷抵消，因此，每个电子的负电荷也必定是 1.6×10^{-20} 电磁单位。

玲：我知道了，电子和氢离子（质子）的电荷都是最小基本单位的电荷。

吕：对了，电子电荷和氢离子电荷相等，但正负相反。准确地说，应该是：

电子电荷 = - 氢离子（质子）电荷
小玲，现在你能算出电子的质量了吧！

玲：能。刚才说过，一克的氢离子

大致有 6×10^{23} 个氢离子,所以每个氢离子的质量大致是 1.66×10^{-24} 克。氢离子的质量是电子质量的一千八百多倍,所以电子的质量是 9.1×10^{-28} 克。哦,现在我有点懂得你刚才说的看不见、摸不着的电子,可以通过制造工具去“看”见它、“摸”着它这句话的意思了。

吕: 不过,在科学研究中常常会遇到假象,引出错误的结论。如果要想排除假象,光靠上面说的科学实验和推理是很不够的,还需要设计其他的实验来进行正面的和反面的验证,只有经过几次反复以后,才能说我们真正地“看”见了电子,“摸”着了电子。当然刚才说的电子的电荷和质量已经经过了反复验证,证明是正确的。今天就不花那么多时间多说了吧。

玲: 行。叔叔,电子还有其他的性质吗?

电子是一个小磁针

吕: 通过不断深入的科学实验,人们还发现电子的一些其他有趣而又重要的性质。比如说,电子有磁性,它象一个小小的磁针。

玲: 真的?这也是实验证明了的吗?

吕: 是的。你知道吗,把磁针放到较强的不均匀磁场里,它不但会偏转,而且还会挪动。

玲: 这是怎么回事?

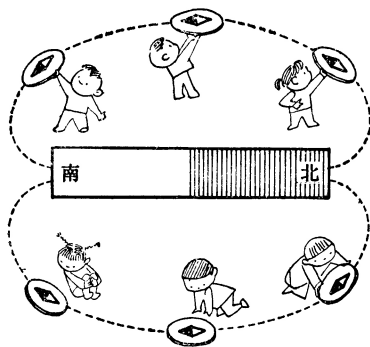


图7. 磁针北极指向磁针所在处的磁力线方向(磁针黑的部分是北极,白的部分是南极)。

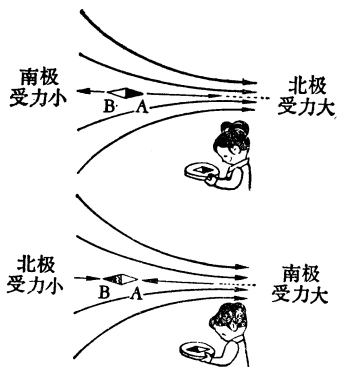


图8. A处的磁场比B处的磁场强。上图:磁针顺着磁场方向,北极受拉力大于南极受拉力,磁针向右挪动。下图:磁针逆着磁场方向,南极受推力大于北极受推力,磁针向左挪动。

吕: 因为在不均匀的磁场里,磁针南北极所在处的磁场强度不同,南北极所受磁力虽然大致方向相反,但是大小并不相等,所以不能恰好抵消,磁针就必定要挪动。

玲: 你说电子是一个小磁针,那么电子在不均匀磁场中也会有挪动现象,是吗?

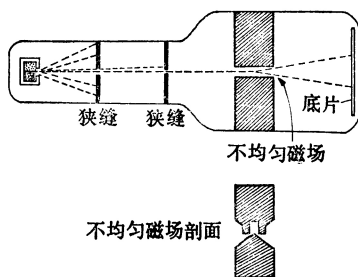


图9. 银原子穿过不均匀磁场时向上下两个方向挪动(偏转)。

吕: 我们来看这样一个实验: 在一个大的抽了真空的玻璃容器里,有一个小的耐高温容器,里面装着银。把小容器加热,银原子就蒸发,从小小的开口跑出来,穿过了两道狭缝以后,剩下的银原子都已是并排平行飞行的,如果没有磁场,它们就会落在底片的中线上,把底片显影,就看到中线上有一条黑影。如果加上不均匀磁场,银原子穿过磁场再落到底片上,显影

后就发现底片中线上的黑影不见了,而是向上下等距离地分裂开来成为两条黑影。这说明银原子在飞过不均匀磁场时,有的向上挪动(偏转),有的向下挪动(偏转)。

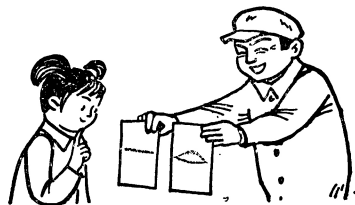


图10. 左: 没有磁场时的底片。右: 有不均匀磁场时的底片。

玲: 在不均匀磁场里,银原子有挪动,这就证明了银原子象一个磁针,是不是?

吕: 是的。

玲: 可是银原子有原子核,也有很多电子,怎么能够从银原子象一个磁针这个实验事实,推断出电子也象一个磁针呢?

吕: 这问题问得很好,事实上也不那么简单。因为第一,银原子中的电子有可能象一个磁针;第二,原子核也有可能象一个磁针;第三,电子绕原子核转圈,就好象螺线管中电流线圈,也可以产生磁的南北极,使银原子象一个磁针。

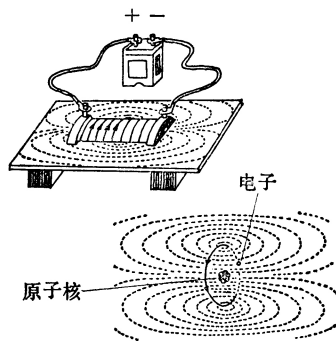


图11. 电流绕圈或电子绕原子核转圈,都可以产生磁性。

玲: 是啊,可能性这么多。

吕: 但是进一步分析一下就可以排除第二、第三两种可能性。首先,原子核确是象一个磁针,但

它的磁性很弱，不足以解释银原子的磁性，这就排除了上述第二种可能。其次，如果电子本身不带磁性，只是电子绕圈产生磁性，那末，按照量子力学原理（下面我们还要讲到这个问题），银原子穿过不均匀磁场打到底片上，就会出现一条、三条、五条……黑影，而不是两条黑影。但实验上是两条黑影，这就排除了上述第三种可能，只剩下了第一种可能。

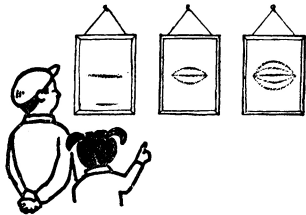


图 12. 如果电子本身不带磁性，银原子磁性是由于电子绕原子核转圈而产生的，那么穿过不均匀磁场后就应出现一条、三条、或五条黑线。

玲：我问一下，电子本身有磁性的同时，并不排除电子绕原子核转圈产生磁性吧？

吕：一般来说不排除。可是就银原子来说，它的很多电子转圈产生的磁性恰好是互相抵消的，因为有的电子正转，有的电子反转，产生的磁性相反。

玲：银原子里既然有很多电子，银原子的磁性一定比单个电子的磁性大的多吧。

吕：不是的。原子中的电子有一种特性，喜欢成双组合，组合的每

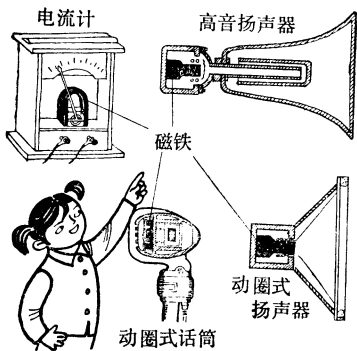


图 13. 铁磁性材料用途举例。

一对电子，它们的磁针方向正好相反，所以互相抵消。银原子中一共有 47 个电子，其中 46 个电子组成 23 对，磁性都抵消了，只剩下一个电子的磁性抵消不了。所以银原子的磁性实际上就是一个电子的磁性。

玲：是吗？现在我对电子是个小磁针已经有点印象了。

吕：你不要小看电子这个小小的磁针，成万上亿个电子的磁针按同一方向整齐地排列起来，磁性就不小了。有一种很有用的材料，叫做磁性材料，它们在一定温度下可出现永久磁性。

玲：我知道收音机扬声器上的永久磁铁，就是用这种材料做的。

吕：铁磁性材料的磁性完全是成万上亿个电子的小磁针按同一方向排列的结果。

玲：真没想到电子的小磁针还有这么大用处。叔叔，现在请你再解释一下，为什么刚才说出现两条黑影就是电子的磁性，出现一条、三条、五条黑影就是电子绕圈产生的磁性？

吕：这个问题关系到

电子又是一个小陀螺

玲：电子怎么又是小磁针，又是小陀螺呢？

吕：刚才说过，电流在螺线管中转圈可以产生磁性，这道理也可以用来解释电子。因为电子是一个小陀螺，它本身的电荷绕着自转轴快速地转圈，所以就产生了电子的磁性。

玲：原来小磁针和小陀螺之间也是

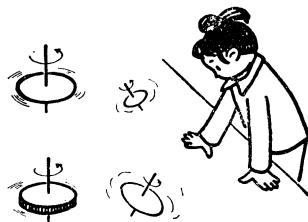


图 14. 重的、大的、转得快的陀螺，比轻的、小的、转得慢的陀螺不容易停下来。

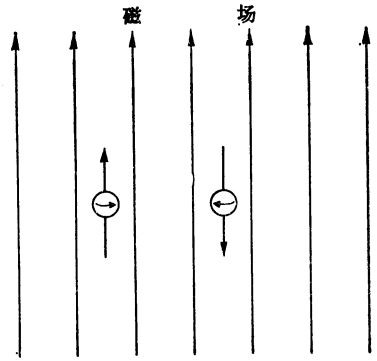


图 15. 电子在磁场中旋转只能有两个方向。

互相有联系的！

吕：小玲，你有没有注意过，重的、大的、快的陀螺比轻的、小的、慢的陀螺不容易停下来？这个现象说明物体的旋转运动也是有大小之分的。衡量物体旋转运动的物理量就叫角动量。电子的自转角动量一般称为自旋，它的大小恰好是 $\hbar/2$ (\hbar 是普朗克常数)。电子通过磁场的时候有一个脾气，就是它的 $\hbar/2$ 的自旋只能有两个方向，一个是顺磁场方向，一个是逆磁场方向。

玲：什么叫自旋方向？

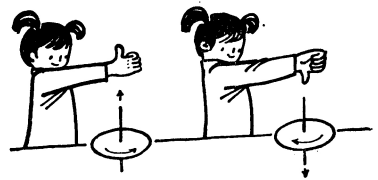


图 16. 转动方向和自旋(角动量)的方向之间的关系。

吕：你右手握拳，伸出拇指，用右手食指代表电子转动的方向，右手拇指就代表自旋(角动量)的方向。因为刚才说过，电子通过磁场时自旋只能有两个方向，所以电子的小磁针在通过磁场时也只可能有两个方向，一个是顺磁场方向，一个是逆磁场方向。倘若这磁场是不均匀磁场，那末，磁针顺磁场方向的电子就会偏向一方，磁针逆

磁场方向的电子就会偏向另一方。结果底片上就出现两条黑影。

玲：为什么说电子的自旋是 $\hbar/2$ 呢？自旋 $\hbar/2$ 和电子的怪脾气又有什么关系呢？

吕：有关系，首先，按照角动量的量子化规律，微观粒子的角动量只能取 $0, \hbar/2, 3/2 \hbar, 2\hbar \dots$ 等值，你看，都是 $\hbar/2$ 的整数倍。其次，按照方向量子化的规律，自旋 $\hbar/2$ 的粒子通过不均匀磁场时，只能有两种取向（见图15），在底片上就要显出两条黑影。如果粒子的自旋是 \hbar ，即 $\hbar/2$ 的2倍，通过不均匀磁场时，它就应该有3个取向（顺磁场，逆磁场和垂直于磁场。见图17），在底片上就要显出三条黑影。其余可以依此类推。现在底片上既然只有两条黑影，所以电子自旋就应该是 $\hbar/2$ ，不是0，也不是 $\hbar, 3/2\hbar \dots$ 等等。

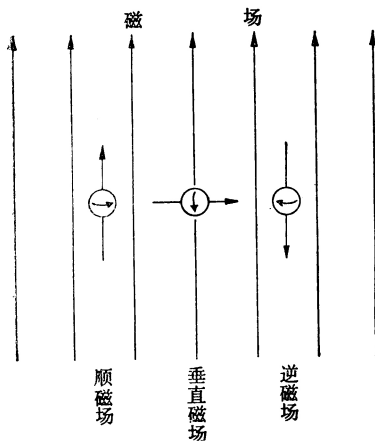


图17. 如果电子自旋是 $2\hbar$ 的两倍，它在磁场中就可以有三种取向。

玲：噢，原来角动量要量子化，方向也要量子化。这我明白了。可是如果银原子磁性仅仅来源于电子绕圈，为什么就要出现一条、三条、五条黑影呢？

吕：不仅电子的自旋有方向量子化，电子绕原子核转圈，也有方向量子化。按照量子力学，电

子绕原子核转圈的轨道角动量只能是 $0, \hbar, 2\hbar \dots$ ，即 $2\hbar$ 的 $0, 2, 4, 6 \dots$ 倍，都是偶数。如果电子没有自旋，没有磁矩，而且银原子的磁矩是由于电子绕圈而产生的，那末，由于方向的量子化，银原子在通过不均匀磁场时，它必定只能有奇数个取向，底片上就只能出现奇数条黑影。譬如说，角动量为0时，电子不转圈，银原子没有磁性，飞过不均匀磁场后不偏转，都落在底片的中线上，只出现1条黑影。角动量为 \hbar 时，是 $\hbar/2$ 的2倍，飞过不均匀磁场时有3个取向（顺磁场、逆磁场和垂直于磁场），所以底片显出3条黑影。一般来说，黑影的条数比 $\hbar/2$ 的倍数多1。

玲：刚才说电子自旋是 $\hbar/2$ ，是 $\hbar/2$ 的1倍，黑影的条数应该是再加一个1，所以是2条黑影，对吗？

吕：一点也不错。

电子有粒子性又有波动性

玲：电子是一个小磁针，一个小陀螺，它还是什么呢？

吕：电子还有波动性。

玲：这就更奇怪了，电子不是一颗一颗的带电粒子吗？怎么又有波动性了呢？

吕：电子既有粒子性，也有波动性，这也是有实验证明的。这里有两张放大的照片，你看，他们上面都有黑白相间的条纹，多

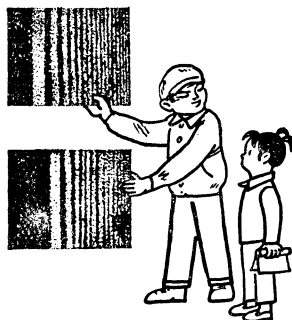


图18. 两张放大的干涉条纹照片。上面是光波干涉照片，下面是电子波干涉照片。

么相象！照片上这种条纹是波的干涉现象所特有的。但是最令人意想不到的，上面的一张照片是光波的干涉条纹，下面一张照片却是电子波的干涉条纹！

玲：这两张照片是怎么照出来的呢？

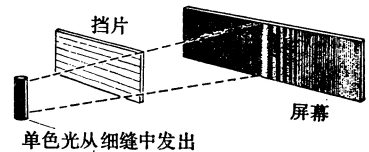


图19. 单色光线被屏挡住，屏幕上出现干涉条纹（画的条纹比实际条纹宽了很多倍）。

吕：第一张照片是用一个单色光源（单色光是有一定波长的光），——前面有一个边缘很薄的挡片，它挡住光源的光，使屏幕左边部分处于阴影中，屏幕右边有光照亮。在光区和暗区之间有一个过渡区，其中出现亮暗相同的条纹。

玲：这条纹倒是有点象波浪的波纹，可是它和光的波动性有什么关系呢？

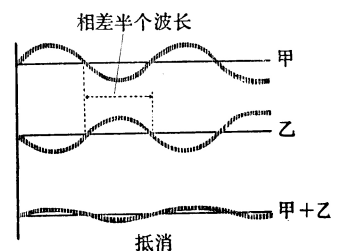
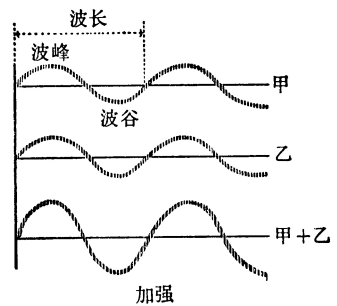


图20. 两个波重合就加强，两个波错开半个波长就抵消。

吕：你先看这个图(图 20),有两个波,甲和乙,它们的波长相同。当两个波碰到一起的时候,如果它们的波峰与波峰、波谷与波谷重合,波就加强;反之,如果两个波错开半个波长,甲的波峰与乙的波谷重合,甲的波谷与乙的波峰重合,波就抵消。现在再看这个光源的光,一部分是直接射到屏幕上去的,一部分是在挡片的边缘上散射过去的。在第一条亮线的地方,直接去的和散射去的光线所走的距离基本相同,两个波重合,于是加强成为亮线。在第一条暗线的地方,散射光所走的路径(OA)比直接去的的路径(OSA)多走半个波长,它们到达底片时,波峰与波谷相遇,所以互相抵消而成为暗线。到第二条亮线的地方,散射光所走路径(OSB)比直接去的的路径(OB)多走一个波长,又是波峰与波峰、波谷与波谷重合,所以又是加强的,成为亮线。……到了亮区,散射光的强度很小了,干涉现象就不明显了。

玲：原来条纹是这样干涉出来的。那末电子的那张照片呢？

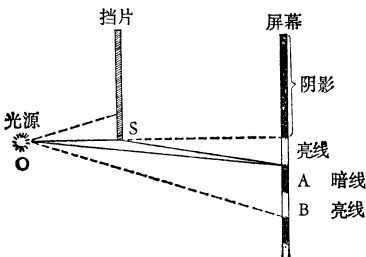


图 21.

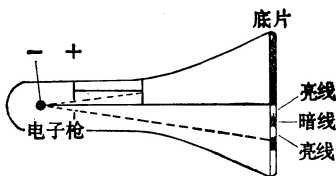


图 22. 有一定能量(从而有一定波长)的电子束流被挡片挡住,照片上出现干涉条纹。

吕：情况是类似的,就是在阴极射线管的荧光屏处装上底片,在电子枪和底片之间装上一个边缘很薄的挡片。这样,经过电子照射之后,把底片印成照片,照片上就出现和上述光线的情况非常相似的干涉条纹。而刚才说过,干涉条纹正是波动所特有的现象。

玲：这两张照片太相象了,如果说电子没有波动性,确是没法解释。电子的波动性也有用处吗？

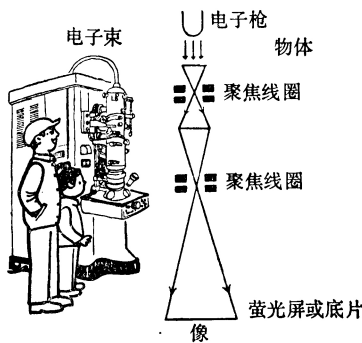


图 23. 电子显微镜

吕：用处不小！电子显微镜就是利用电子的波动性：电子能量越高,波长就越短。比光波的半个波长还小的物体,不能反射光波,用光学显微镜是看不见的,但电子显微镜的电子波长极短,可以看得非常清楚。普通光学显微镜看不见比细菌还小的病毒,用电子显微镜就能看得清楚。

光有波动性,也有粒子性 ——光子的发见

玲：电子既有粒子性,又有波动性。那么光子呢?上次你说光也是可分的,一份光叫做光子,是不是光也既有波动性,又有粒子性呢?

吕：是这样。

玲：可是怎么知道光可以分成一份一份的呢?

吕：为了说明光可以分成一份一份,我们也举两个实验事实

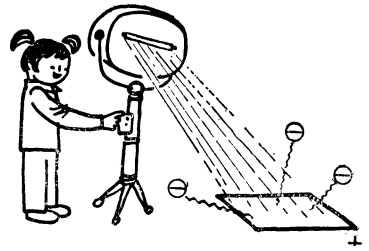


图 24. 绝缘的金属板,在紫外光照射下变成带正电的了。

的例子吧。第一个例子叫做光电现象,就是用紫外线去照射一块绝缘的不带电的金属板,发现电子从金属板的表面上被打出来,金属板变成带正电的了。而且如果紫外光是单色的(单一频率、单一波长),那么打出来的电子的能量就都不超过一个最高数值,这数值就是打出的电子能量的上限。紫外光的频率提高,电子能量上限也提高;紫外光频率降低,电子能量上限也降低;频率再降低到一定程度,电子就打不出来了。最特别的是,这个现象与光的强弱、照射时间无关,只与频率有关。

玲：这怎么说明光有粒子性呢?

吕：我们来说一个比喻:假定运动场里有一些一样大小的石锁。来了一队幼儿园小朋友,他们一个一个人轮流试着举这些石锁,但是谁都举不起来。又来了一队小学生,他们也轮流来试,他们可以提起来,但是抛不

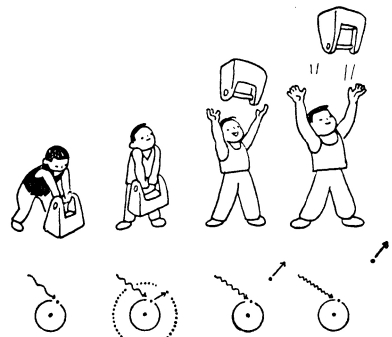


图 25.

上去。然后来了一队初中生，他们每个人都能把石锁抛上去，但高度不超过一个上限。最后来了一队高中生，他们每个人都能把石锁抛得更高，他们抛的上限高过初中生抛的上限。小玲，你把这个比喻和刚才说的那个实验对比一下看。

玲：刚才用光来打电子，这里是孩子们抛石锁。刚才是能不能打出电子，只与频率有关，这里是能不能抛起石锁，只与孩子们的大小有关。嗯……还有，刚才是能不能打出电子，与光的强弱、照射时间无关；这里能不能抛起石锁，与孩子们人数的多少，孩子们在运动场逗留时间的长短无关。

吕：对呀！你再对比下去。

玲：用来打电子的光，就相当于一队一队的孩子们。很低频率的光相当于一队幼儿园小朋友，很高频率的光相当于一队高中生。叔叔，我明白了，这样对比下去，就越来越看得出来光必须是一份一份的，一个孩子就好比一份光。

吕：对了。每一份光就是一个光子。很低频率的光子相当于幼儿园的小朋友，打不出电子。稍高频率的光子相当于小学生，可以把电子从围绕原子核的较低能级（离原子核较近）的“轨道”举到较高能级（离原子核较远）的“轨道”上去，但是也不能把电子打出去。更高频率的光子相当于初中生和高中生，都能把电子打出去。频率越高，光子的“力气”越大，电子能量的上限就越高。

玲：这么看来，如果不承认光可以分成一份一份的话，还真没法解释呢？

吕：是啊，刚才说的这个实验就是证明光子存在的最早的一个实验。

玲：光电现象也很有用吗？

吕：光电装置在工业上又叫“电

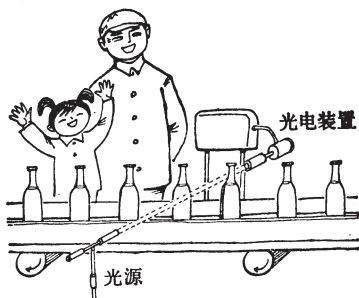


图 26. 用电眼统计产品的数量，瓶子每挡住电眼一次，就自动计数一次。

眼”，它对于工业的自动化很有用；光电装置还可以用来担任警卫工作，可以用来自动灭火，也可以用来统计产品的数量……等等。

玲：叔叔，你再说说第二个实验事实吧。

吕：第二个例子是用 X 光去打击自由电子。发现打击后的 X 光偏离原来方向，频率降低。而且 X 光偏转角度越大，频率降低就越多，被打的电子得到的速度也越多。小玲，你看过玩弹球吗？

玲：我看见弟弟玩过。

吕：你看，一个小弹球打一个大弹球，如果打在边上，就擦边而过，基本上不偏转，速度只稍稍变慢；如果打得正一些，小弹球

就向一边偏转，速度明显变慢，大弹球也得到一些速度；如果打个正着，小弹球就倒弹回来，速度变慢很多，大弹球得到速度也最多，是不是这样？

玲：叔叔，是这么回事。

吕：小玲，你再把刚才的实验和打弹球对比一下看。

玲：好，刚才 X 光偏转；这里是小弹球偏转。刚才是 X 光偏转越厉害，频率就降低越多，电子得到速度也越多；这里是小弹球偏转越厉害，小弹球速度就降低越多，大弹球得到的速度也越多。这样看起来，必须把 X 光与电子的碰撞解释为 X 光的光子与电子的碰撞，否则这些现象也是没法解释的。

吕：对了，而且 X 光光子的频率和小弹球的速度也是可以相比的。光子的频率越高，光子的动量、能量就越大，正如小弹球的速度越高，它的动量、能量就越大一样。

玲：叔叔，今天听了这么多有趣的实验，原来电子不但带电，而且既是个小磁针，又是个小陀螺。电子还和光子一样，都是既有粒子性，又有波动性……。可是，电子和光子都是物质吗？它们和我们平常看到的東西很不一样呢！

吕：确是很不一样，正因为如此，当初在发现了原子内部有带负电的电子之后，有些物理学家就把这个发现不确切地说成是“原子非物质化了，物质消失了”。资产阶级唯心主义哲学家们趁此机会大做文章，企图用物理学的最新发现来宣扬唯心主义，反对唯物主义。

玲：真猖狂啊。

吕：但是伟大的革命导师列宁彻底揭露和批驳了这些唯心主义的“最新的”论据。列宁指出：“物质的唯一‘特性’就是：它是客观存在，它存在于我们的意识

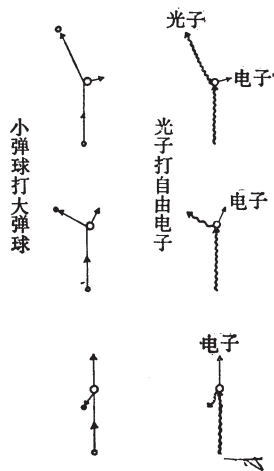


图 27. X 光光子碰撞后，方向偏转，频率降低（三种情况）。

之外”。这是无条件的，绝对的，永恒的。所谓“‘物质正在消失’这句话的意思是说：迄今我们认识物质所达到的那个界线正在消失，我们的知识正在深化；那些从前以为是绝对的、不变的、原来的物质特性（不可入性、惯性、质量等等）

正在消失，现在它们显现出是相对的、仅为物质的某些状态所特有的。”总之，物质的某些具体性质的消失，并不是物质的消失。

玲：在物理学领域里还有这样激烈的唯物主义与唯心主义的斗争，这是我以前想象不到的。

吕：是啊！因此搞自然科学的人必

须自觉地用马克思列宁主义、毛泽东思想来指导自己的工作，不然说不定什么时候就会走到唯心主义的斜路上去。小玲，今天就谈到这吧。下次我们继续讲其他的“基本”粒子的发现。

玲：好，下次再谈。

（尉迟横插图）