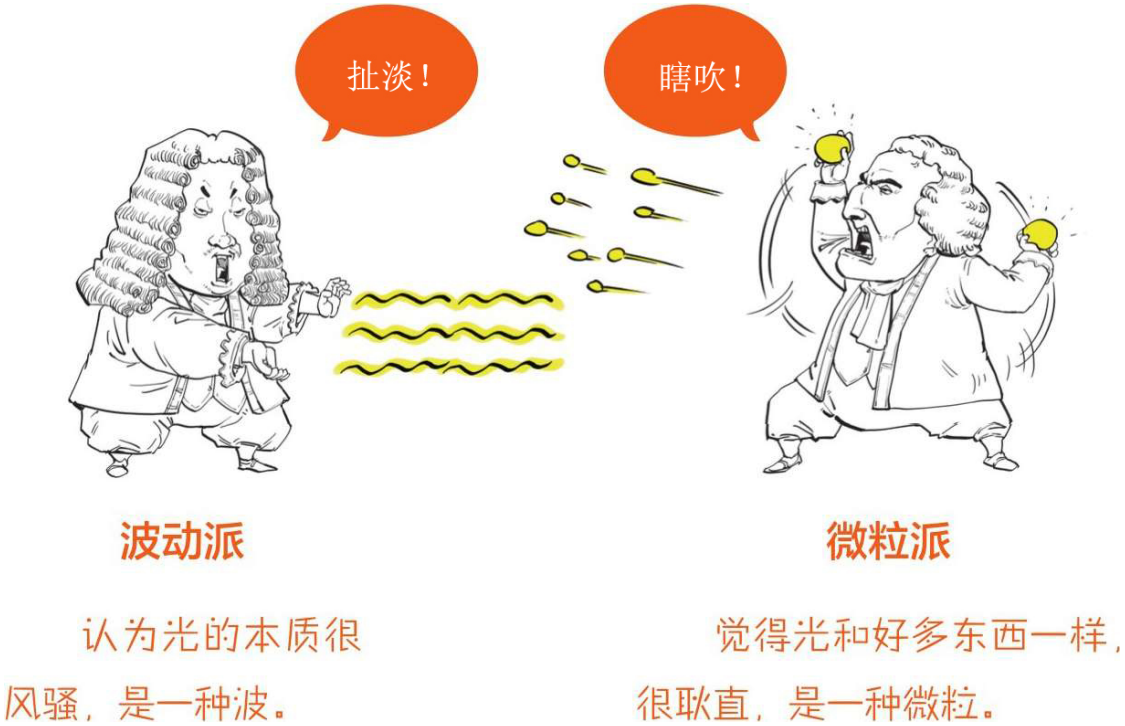
量子力学可信吗？

量子力学的出现，和许多江湖门派的成立一样，看似悄无声息，实则刀光剑影，充满了混战和统一。

纷争的源头，要追溯到一个古老的问题——

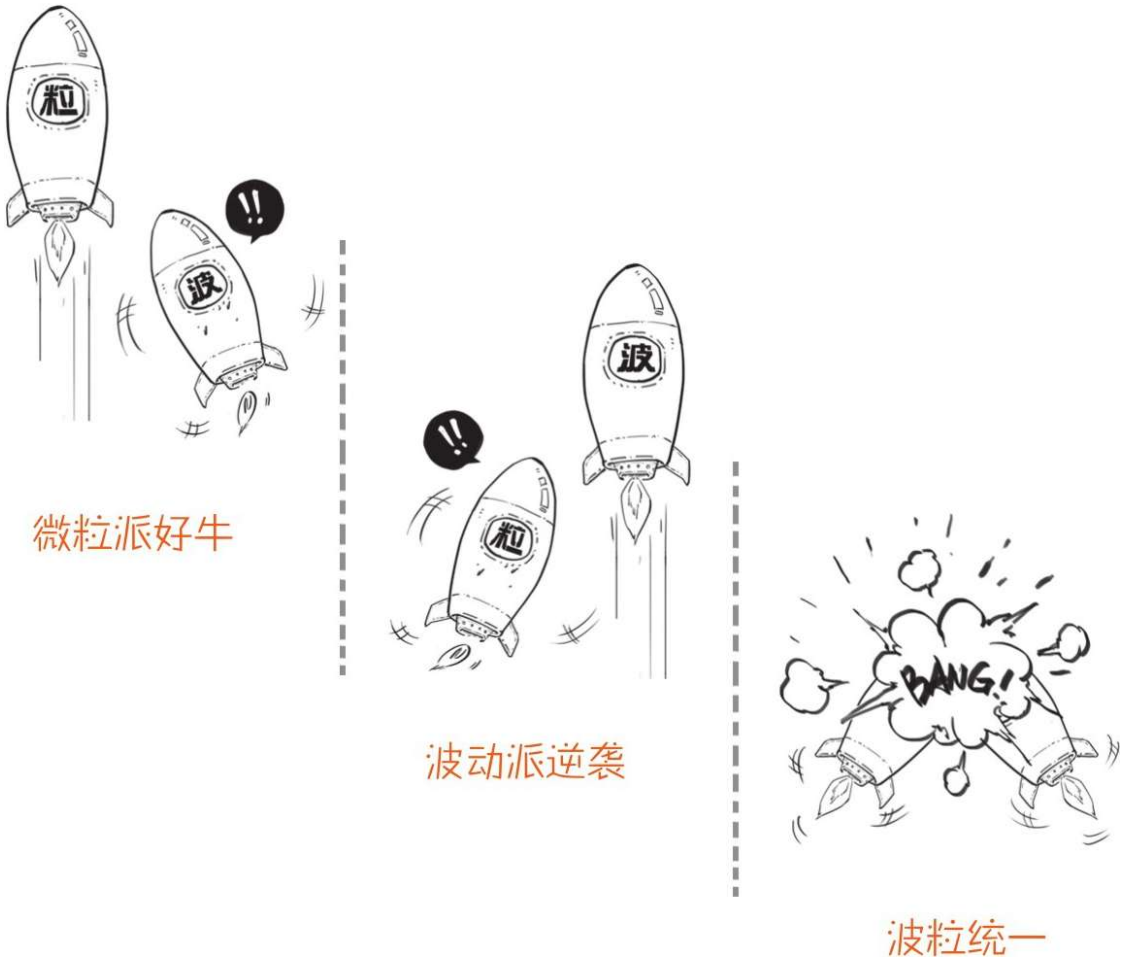
光的本质是什么？

几百年来，关于这个问题的答案，有两个主流的看法，因此产生了两个水火不容的门派——



两个门派的战斗过程跌宕起伏，有碾压有逆袭有反转。

简单说起来可以分为三个阶段。



第一阶段：微粒派好牛

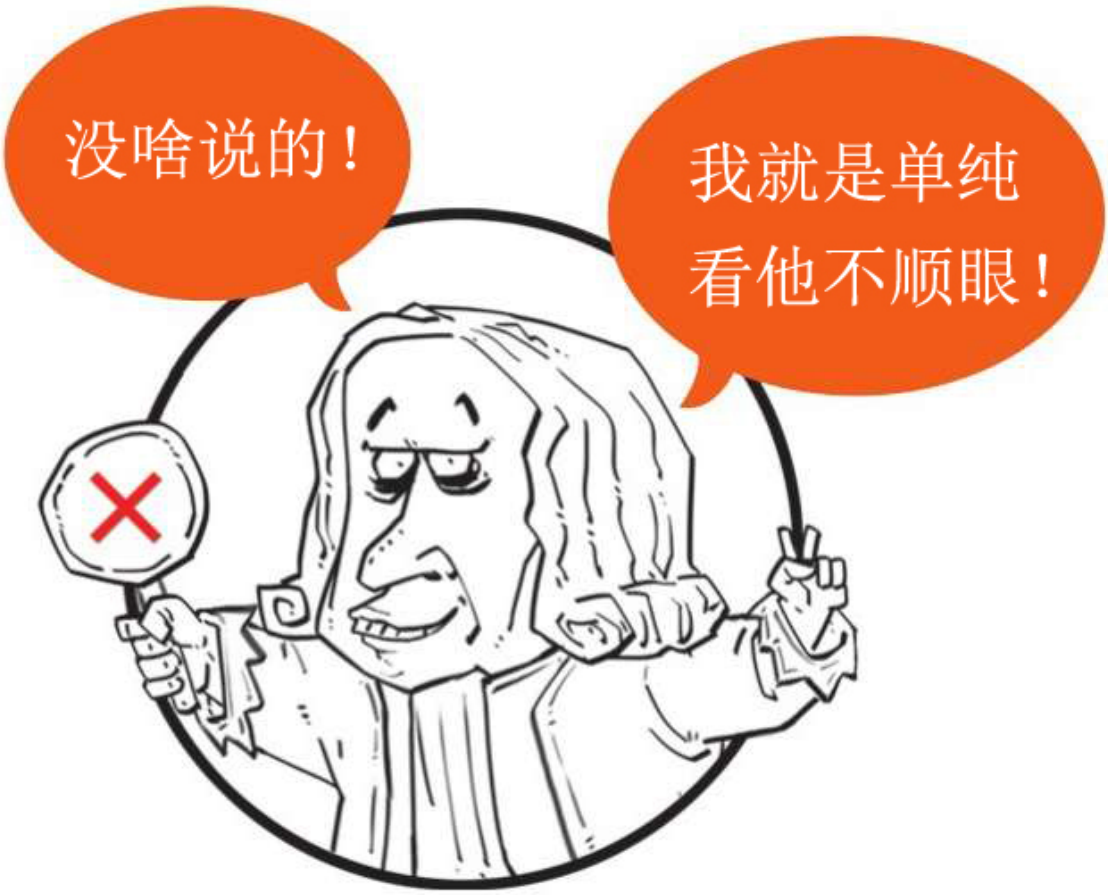
波动派和微粒派互相抬杠好多年，一开始谁都没说服谁，直到一对死对头的出现，才暂时分出了个高低。

他们就是结下了万年梁子的：

波动派的**胡克** VS 微粒派的**牛顿**

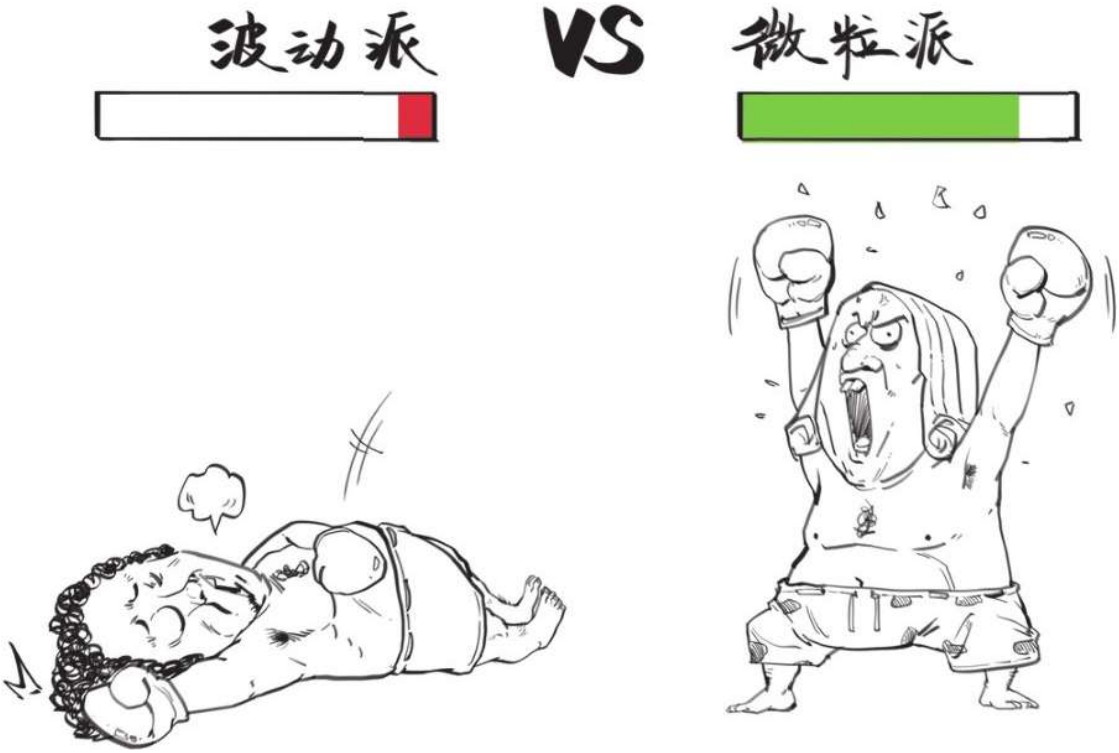
如果说胡克站队，是出于纯粹地科学推测；

那么牛顿的站队，则出于纯粹地恶心胡克。



这本是一场势均力敌的对抗，可是后来牛顿站到物理江湖的顶点，成为一方霸主。

他背后的微粒派也跟着沾了光，波动派也就此被按在地上摩擦了一百年。



据说，牛顿甚至特意在胡克去世后写了本畅销书，来宣传自己的光学研究成果。

此时的波动派群龙无首，一个能打的都没有，这就导致他们毫无还手之力。

那微粒说真的无法撼动吗？

第二阶段：波动派逆袭

风水轮流转，一百多年后，波动派出现了一名英国的眼科医生，单枪匹马挑战权威。

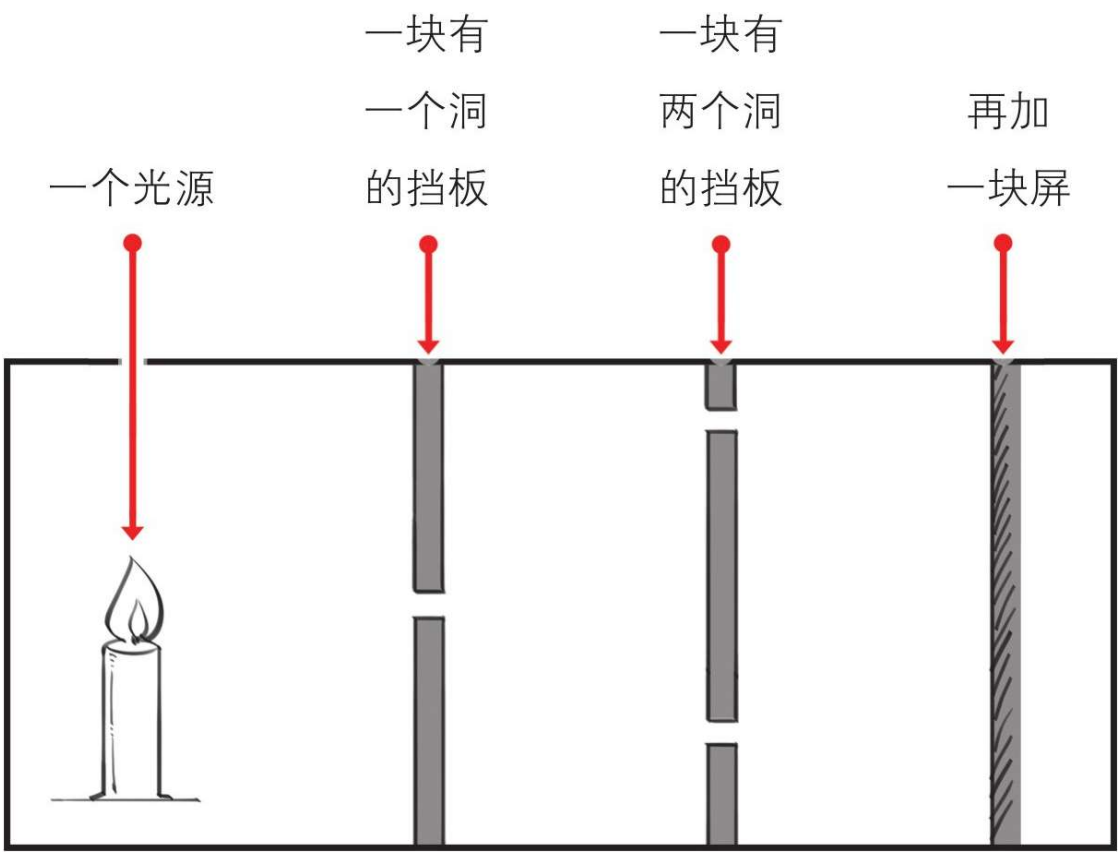
这个人就是托马斯·杨。

话说杨少侠，也是个天才，两岁读书，四岁背诗，六岁刷完两遍《圣经》，十四岁精通多国语言。

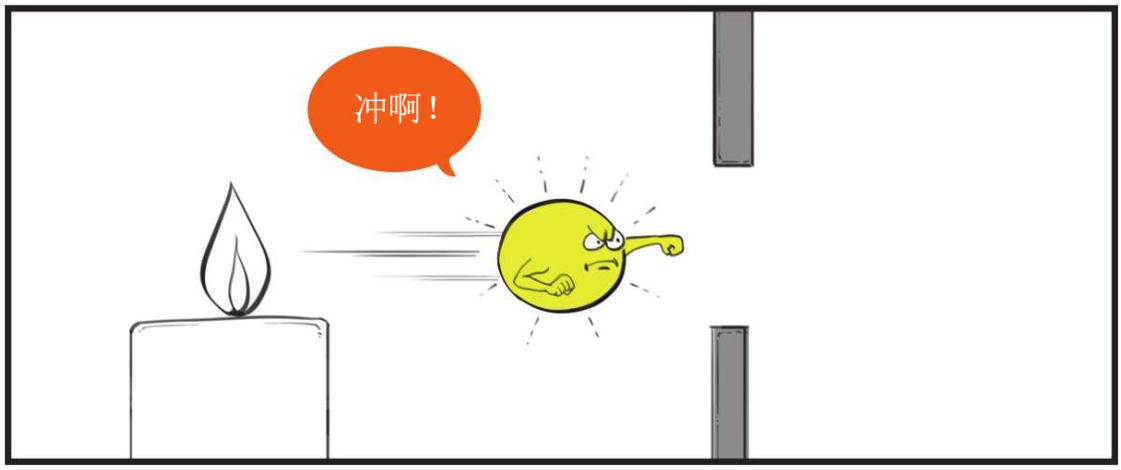
原以为一代文豪就此诞生，可谁知杨少侠路子跑偏了，任性地选择转专业，开始研究起光学。

然后他随随便便做了个实验，一不小心就青史留名。这就是著名的杨氏双缝干涉实验。

实验其实很简单，只需要：



如果牛顿说得对，光真的是粒子，就算它笔直地通过了第一扇门……

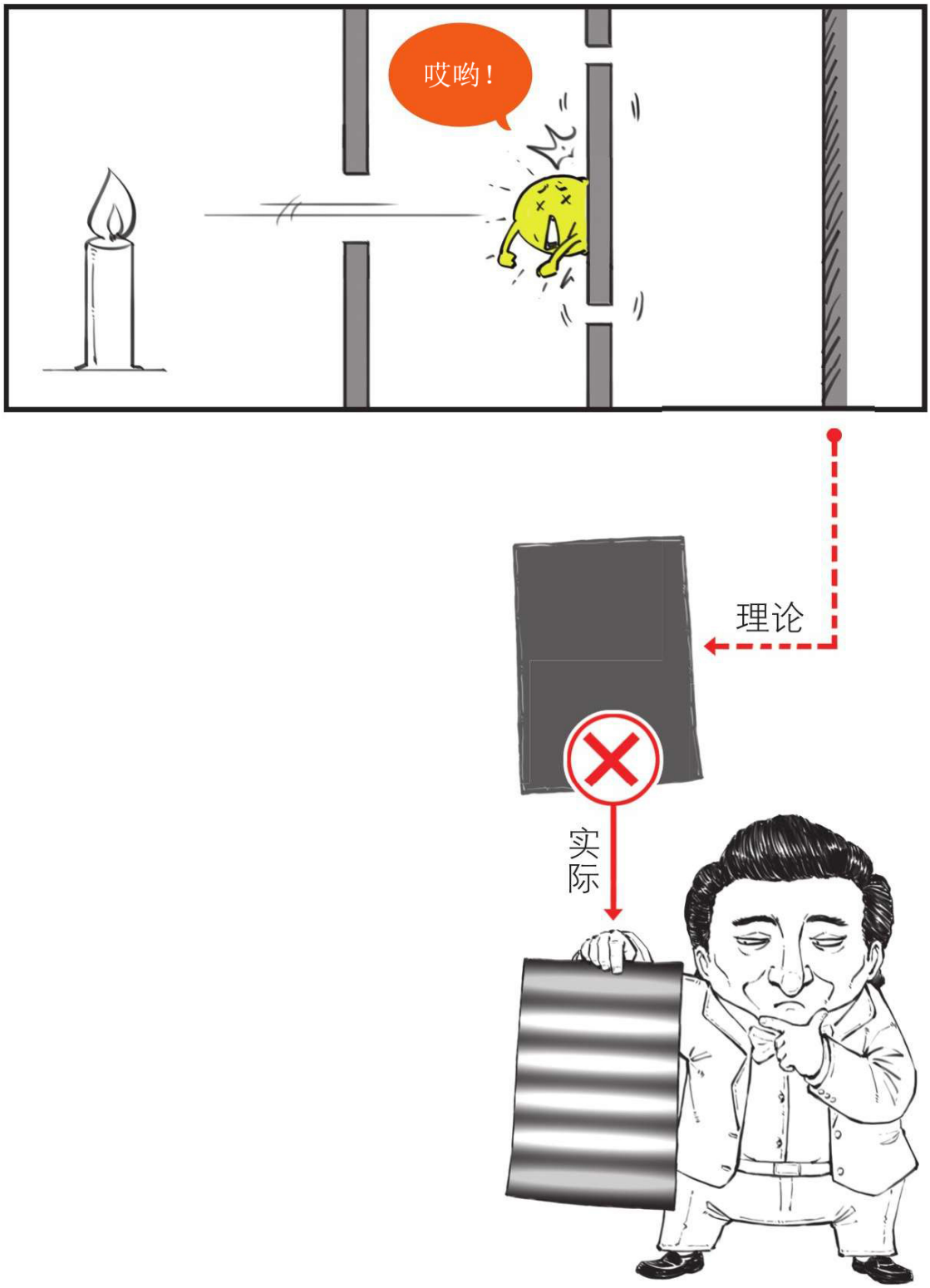


也会因为自个儿太耿直，而撞上第二堵墙。

所以理论上来说，最后的屏幕上应该是一片漆黑。

可实际上呢？

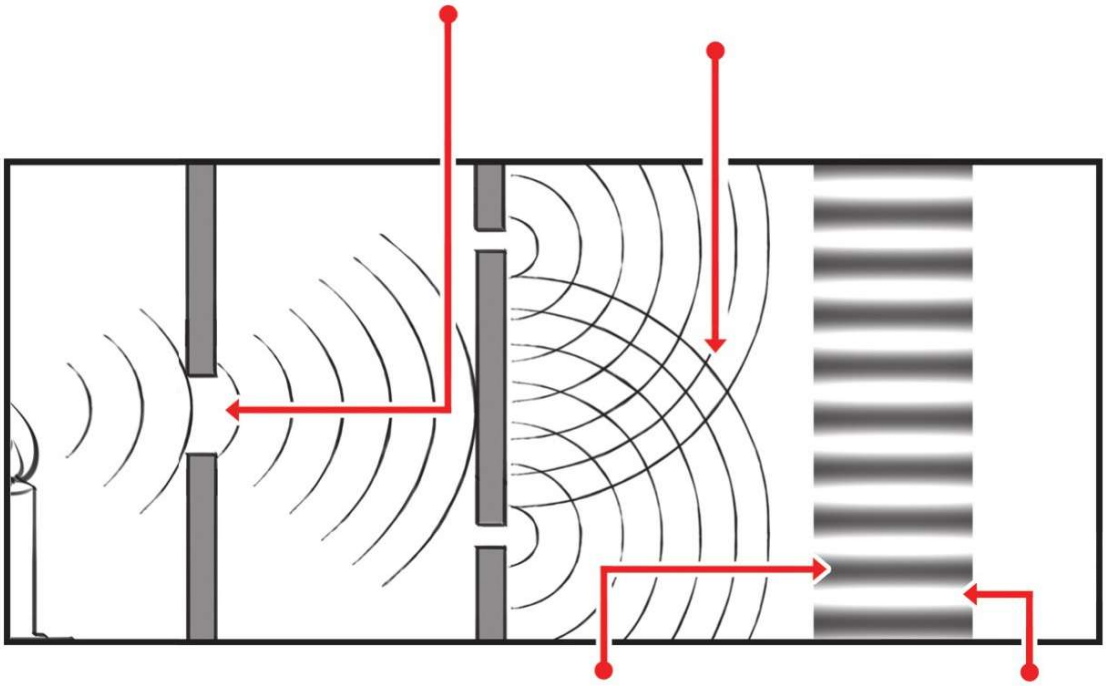
最终在屏幕上出现的，却是明暗相间的条纹。



这就说明，光根本不是粒子，而是一种波！

光波通过小孔后，会发生**衍射**，接着继续传播下去。

通过双缝的两个波，会在这里相遇。



波峰和波谷叠加，形成暗纹。

波峰和波峰叠加，形成亮纹。

小杨小眼一眯，不得了！这不正是支持波动派的证据吗？

果然，实验结果一出，铁证如山，打得微粒派猝不及防，波动派就此崛起。

后来大家都知道，麦克斯韦预言了光是一种电磁波，赫兹又用实验证明了这事儿，微粒派这下算是心服口服了。

是不是看上去，光是一种波这件事，已经板上钉钉、毋庸置疑了？

第三阶段：波粒统一

关于光的本质之争，并没有就此完结，托马斯·杨肯定想不到，又过了百来年，自己这个杨少侠的名头快要顶不起了。

针对波动说，有几个大爷，站出来表示不服。

这下，不仅解释了光的本质，还搞出了一个令物理学界震三震的新学说——量子论。

具体怎么一回事呢？咱们把镜头往前推一推。

话说当年，赫兹除了验证了电磁波之外，还瞄到了一个神奇的现象。

这种见光跑的现象，就是光电效应。

补充一点，准确来说，赫兹做实验的时候，还没有发现电子。他只是看到金属板被光照了以后，会带正电。

这个现象迅速霸占了头条，科学家们扎堆来凑热闹，但是大家很快发现，经典物理在这里根本说不通！

根据经典物理理论：

如果光是一种波，高能的光照在原子上，电子就会跑得飞快！

如果是低能的光，那也没关系！

波的特点，是能量连续不断。

光波会对电子产生持续性的刺激，能量可以累积，所以只要熬得久，电子就能攒够能量跑路。

可理论归理论，实验结果却不是这样！

从实验结果来看，甭管低能的光照多久，电子就像个钉子户，不跑就是不跑！

这该如何解释呢？

爱蹭热点的爱因斯坦，陷入了沉思。

正当他百思不得其解，突然大眼睛一瞟，瞟到了一个靓仔：

量子祖师爷·马克斯·普朗克

普朗克，德国人，会弹会唱会作曲，平平无奇的大帅哥。

原本靠颜值就能当个人生赢家，走向人生巅峰，可普帅很任性，偏要靠才华，死磕物理学。

在他刚准备闯荡物理江湖的时候，有一名物理老师曾劝他：

开个玩笑，其实是当时的物理学家们认为，物理界差不多被研究秃了，仅剩的几根毛也是可有可无。

可普朗克偏偏不信这个邪。

别看普帅的颜值一路跌停，人家的学术成就却是高歌猛进。

而他研究的课题，就是两朵乌云之一的——

具体啥是黑体辐射，解释起来太过复杂，混子哥就不在这里展开了，有兴趣的可以自行了解。

但咱们要记住的，是普朗克为了解释这个问题，所得出的一个冲击三观的结论。

话说在经典物理的世界观里，大家觉得能量是可以无限分割的。

可为了解释黑体辐射，普朗克做了个大胆的假设：

能量是不能无限分割的，切到最小要卡壳！

这个不可再分的最小单位，普朗克叫它能量子，也就是量子的雏形。

用这个假设，就可以完美解释黑体辐射问题。

可那个年代还是经典物理的天下，普帅的理论，无疑被看作歪门邪道，他本人都不咋信。

甚至之后的许多年，他都在努力打自己脸，试图推翻自个儿。

但他万万没想到，自己顺口一提的玩意儿，居然还挺好使，一不留神给小爱提供了光电效应的解题思路。

咱们前面提过，光电效应中遗留了一个问题：

为什么有些光波射得够久，能量累积得够多，也打不出电子呢？

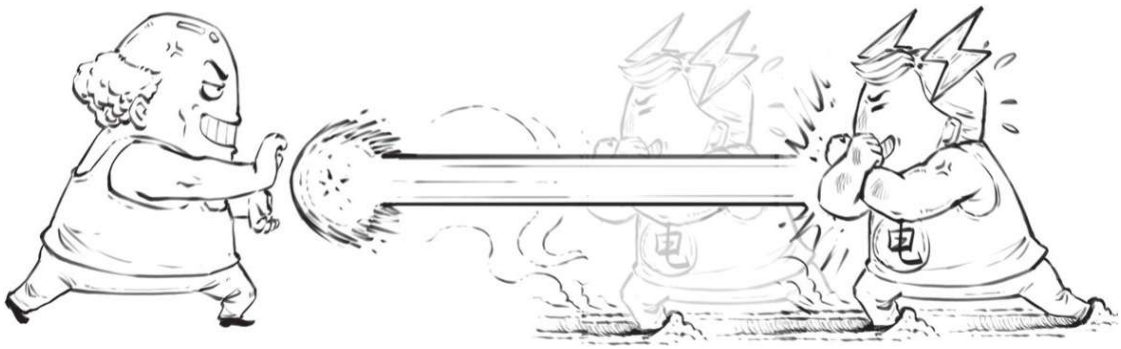
看到了普帅的能量子假设，小爱灵光一闪：真相只有一个！

光可能不是波，

而是一种粒子！

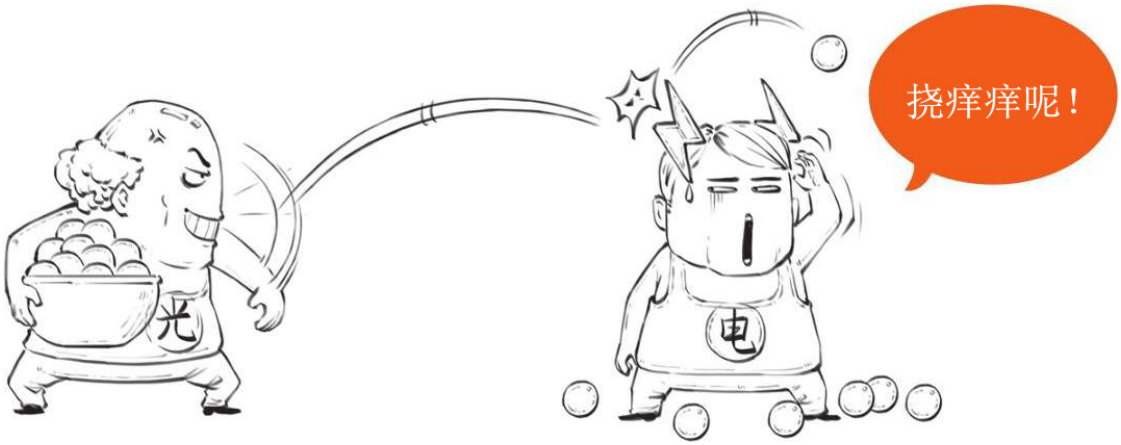
哈意思呢？

打个比方，如果光是一种波，那它会对电子施加连续不断的能量，能量不断累积，电子就会移动。

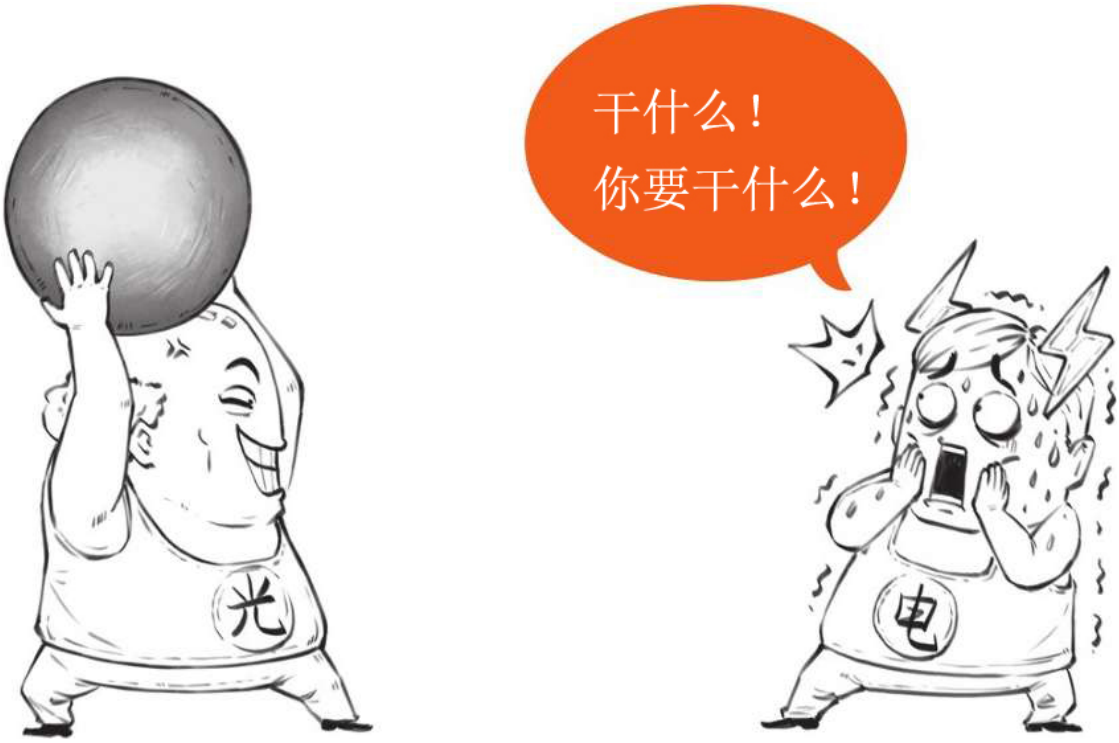


可如果光是一种粒子，那它产生的能量就不是连续的，而是一份一份的！

要是光的能量不够强劲，那电子死都不会走。



而只要光的能量足够强，那就会让电子跑路！



爱因斯坦把这种一份份的光，叫作光量子，简称光子。

爱因斯坦的这个假设完美解释了光电效应的问题。

不久后，美国科学家密立根，完成了验证光电效应的实验，和爱因斯坦的理论完全吻合。

爱因斯坦也因此获得了 1921 年的诺贝尔物理学奖。

爱酱也因为将量子理论发扬光大，被咱们称为——

言归正传。按照小爱的理论，光又从连续的波，变成了不连续的粒子，这岂不是证明牛顿还是对的吗？

既然杨氏双缝干涉实验验证了光的确有波动性，而光电效应实验也验证了光的确有粒子性。

爱因斯坦提出光电效应的光量子解释，使得当时的科学家逐渐意识到光同时具有波和粒子的双重性质。

这就是传说中的：

波粒二象性。

这就好比形容一个人，既是男的，又是女的。

更可怕的是，这个结论不是瞎想，而是经过科学家的精密实验，亲测有效的。

杨氏双缝干涉实验

证明了光的**波动性**。

光电效应实验

证明了光的**粒子性**。

既然光有波粒二象性，有一名科学家就在这个基础上进一步推测，提出了一个更大胆的猜想。

这个人就是法国贵族德布罗意。

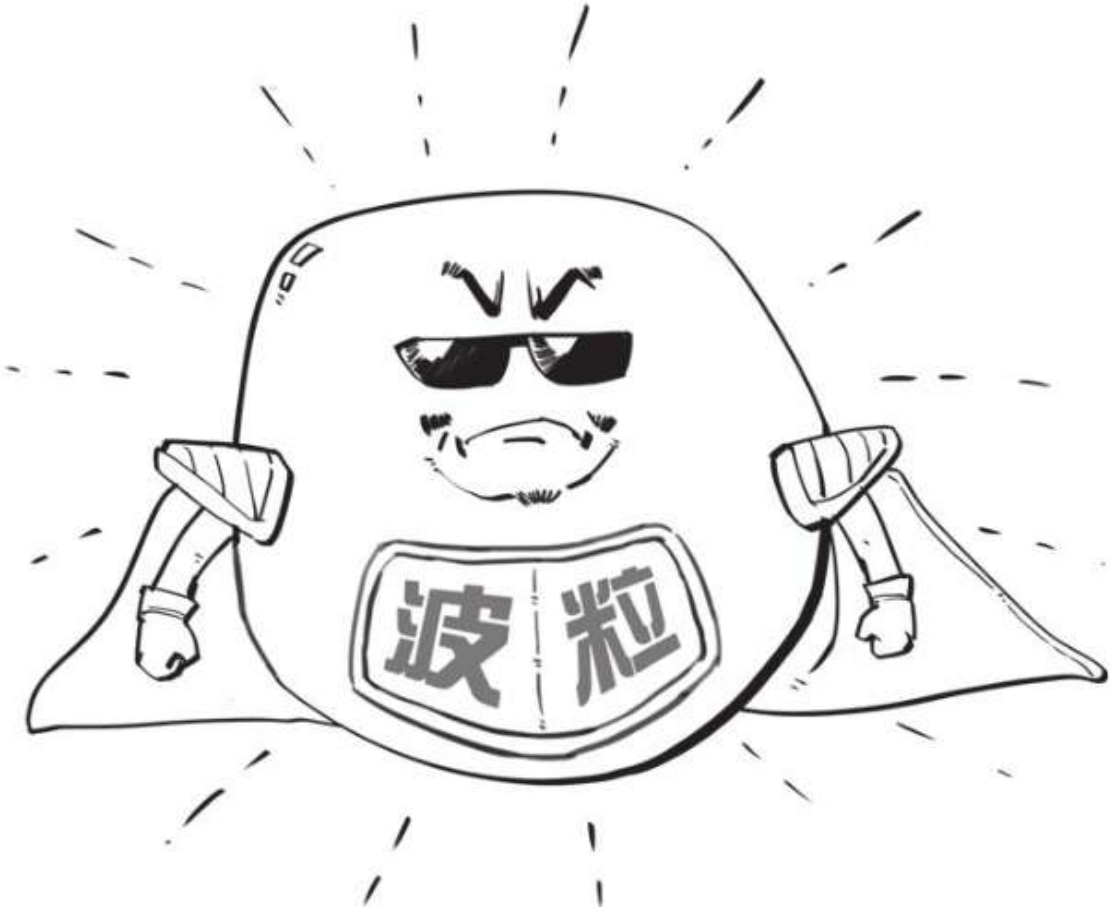
话说德亲王的脑瓜子离谱到啥程度呢？在他看来，波粒二象性，并不是光的独门秘籍。

像原子啊、电子啊，甚至世间万物，都有波粒二象性！

也就是说，你以为的实物粒子，其实都有波动性。这种波被称为物质波，也叫德布罗意波。

虽然德亲王最初只是不负责任地瞎猜，但谁知后来科学家们竟然真用实验证实了，许多微观粒子都具有波的性质。

这也坐实了德布罗意的猜想。

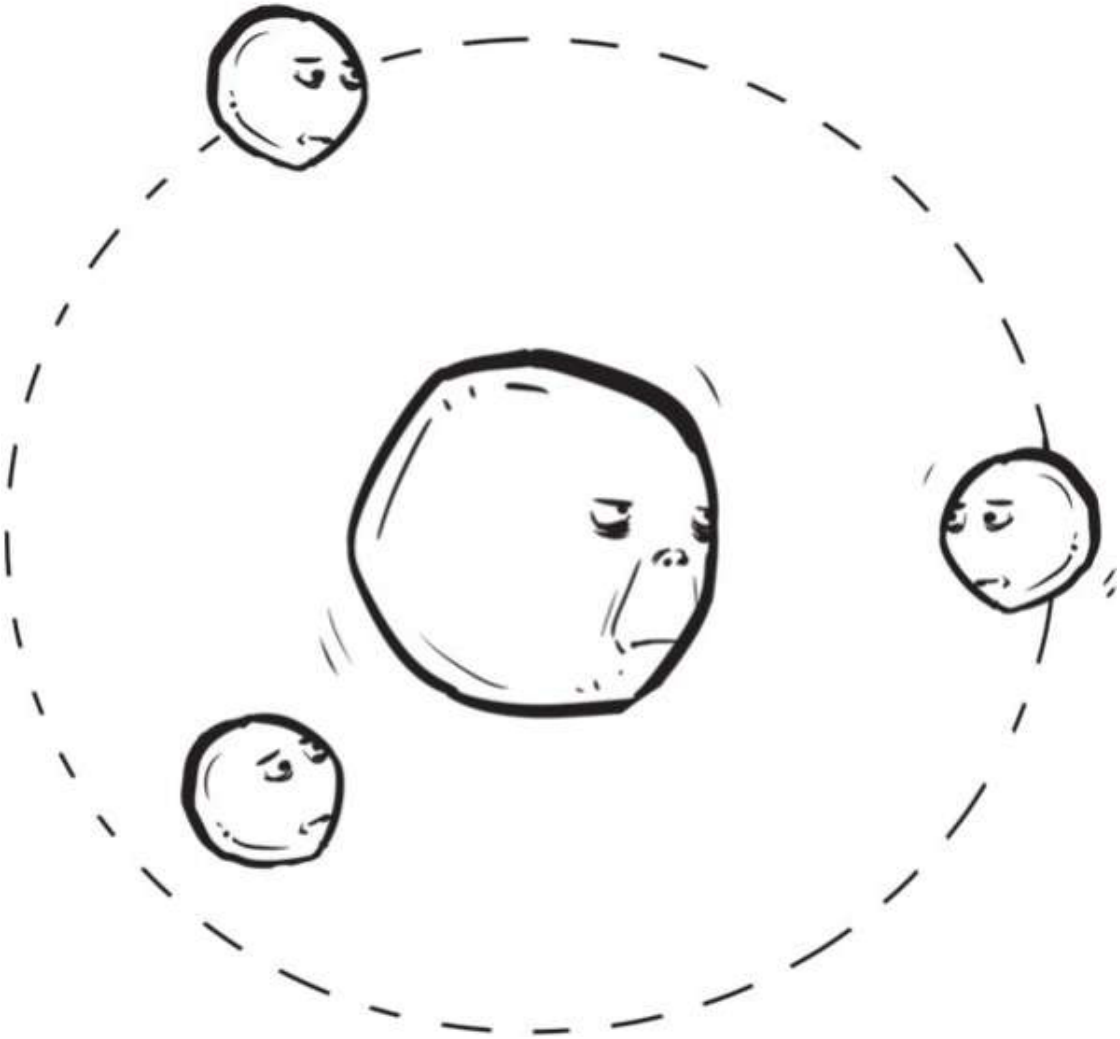


所有微观粒子，都具备波粒二象性！

于是，后来的科学家们针对微观粒子的运动状态进行了研究。

这就衍生出了一个全新的学说，这个学说就是传说中的——

量子力学



故事讲到这里，咱们来回顾一下量子力学的建立过程。

最早，**普朗克**提出了量子假说，认为能量是不连续的。

爱因斯坦把量子假说用到了光电效应中，并提出了光子的假说，认为光具有波粒二象性。

后来有个叫**玻尔**的大神，把光的研究和电子联系到了一起。具体情况，咱们稍后说。

以上三人的理论，咱们现在统称为：**旧量子论**

最后**德布罗意**认为，除了光之外，其他微观粒子也有波粒二象性。

量子力学

量子论建立之后，一时成为热门学科，许多人蹭上了热度，开始了量子力学的研究。

其中有个特别厉害的学派，叫作哥本哈根学派。

好了，言归正传。量子论要研究微观粒子的运动状态，那就得选个研究对象。

可这次科学家们不研究光了，而是把目光投向了一个新对象——电子。

针对电子的运动，哥本哈根学派里的两位大神，先后提出了令人怀疑人生的两大观点。

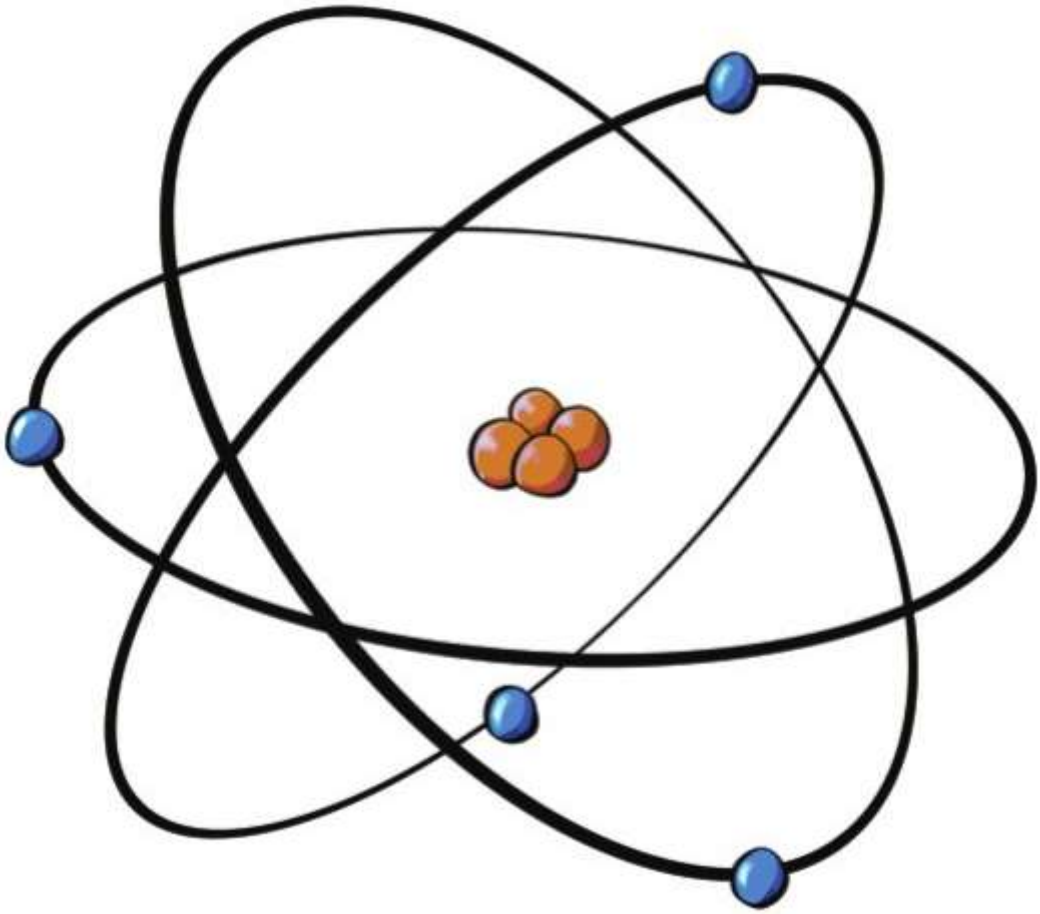
咱们一个个来说。

1. 不确定性原理

话说很久以前，有个叫卢瑟福的大爷，他曾经给原子画过画像。

在他看来，世间万物都是共通的，比如原子核和电子的关系，应该跟太阳和地球的关系差不多。

这就是卢瑟福提出的「原子的太阳系模型」，电子绕着原子核转。



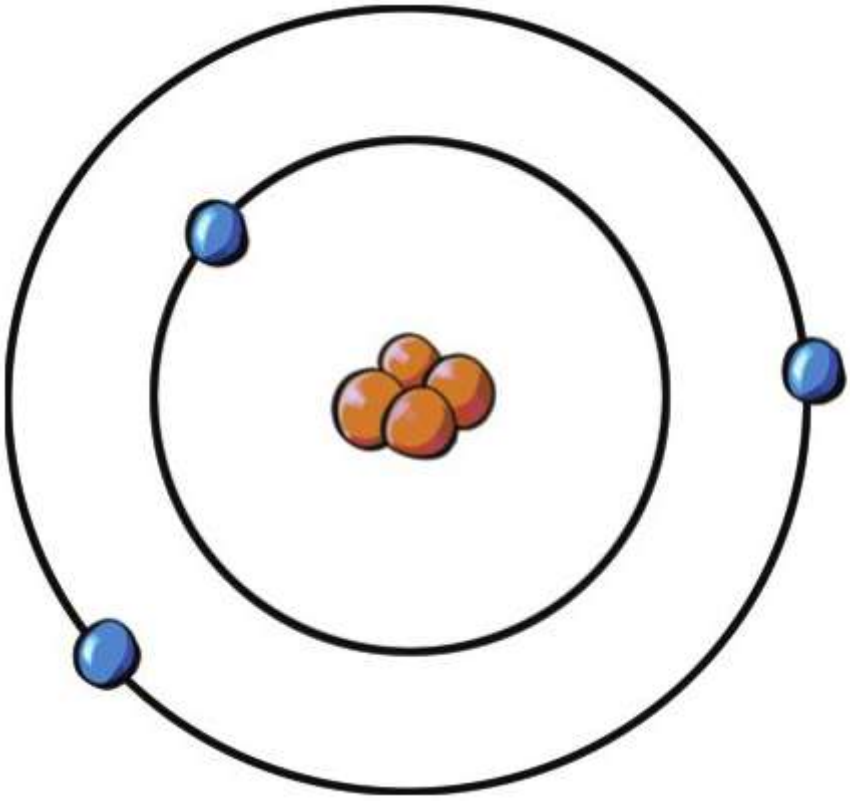
后来，他的徒弟在这个模型的基础上，做了点补充。

这个徒弟就是哥本哈根学派的带头大哥——玻尔。

没错，就是前面提过的那个。

在玻尔看来，世间万物也是共通的，比如原子，其实就跟北京的环路差不多。

原子核外有固定的轨道，电子会在不同的轨道里绕着原子核跑圈。



那电子的运动，真是这样的吗？

后来，科学家们通过实验发现，玻尔的原子模型也不太靠谱。

于是有一名科学家站了出来。

他认为，轨道这玩意儿看不见摸不着，会不会是玻尔空想出来的，其实压根不存在？

这就是哥本哈根学派的海森堡。

他提出了矩阵力学，奠定了他「量子力学之父」的地位。

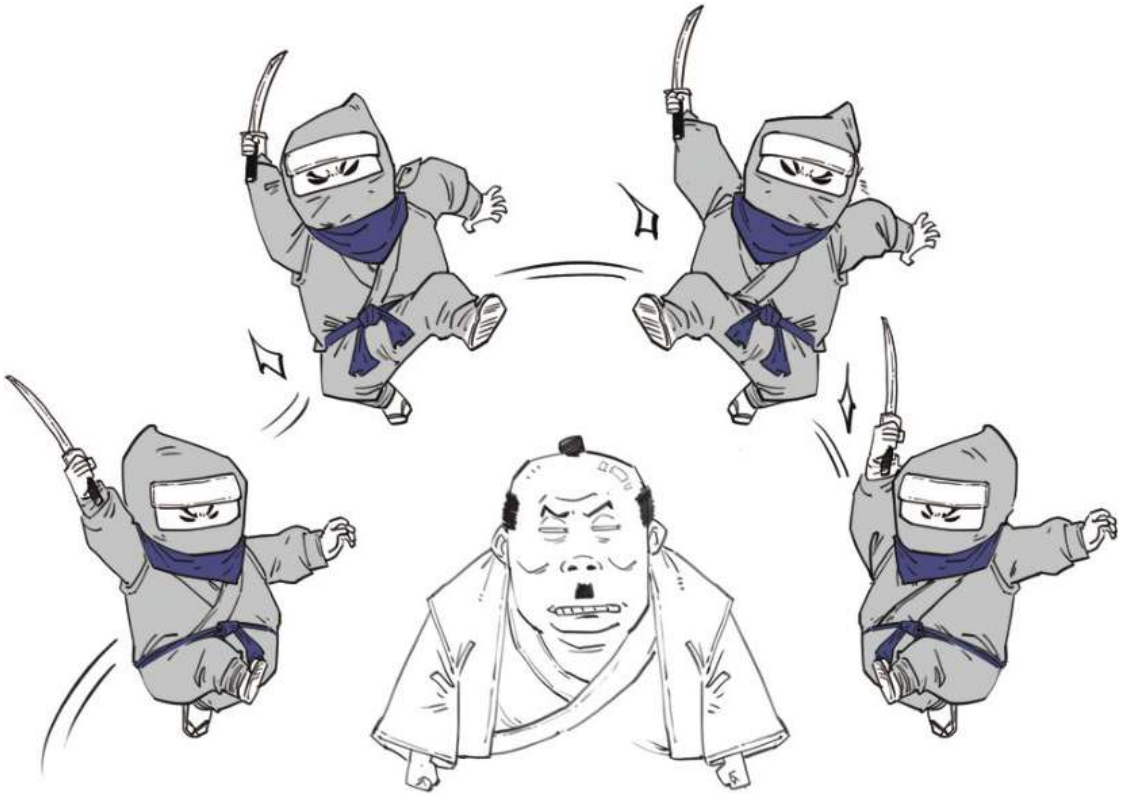
那在海爸爸眼里，电子是怎么运动的呢？

话说，当时有一些科学家通过实验分别观测到了电子的位置和速度。基于这些数据，海森堡总结了一套理论。

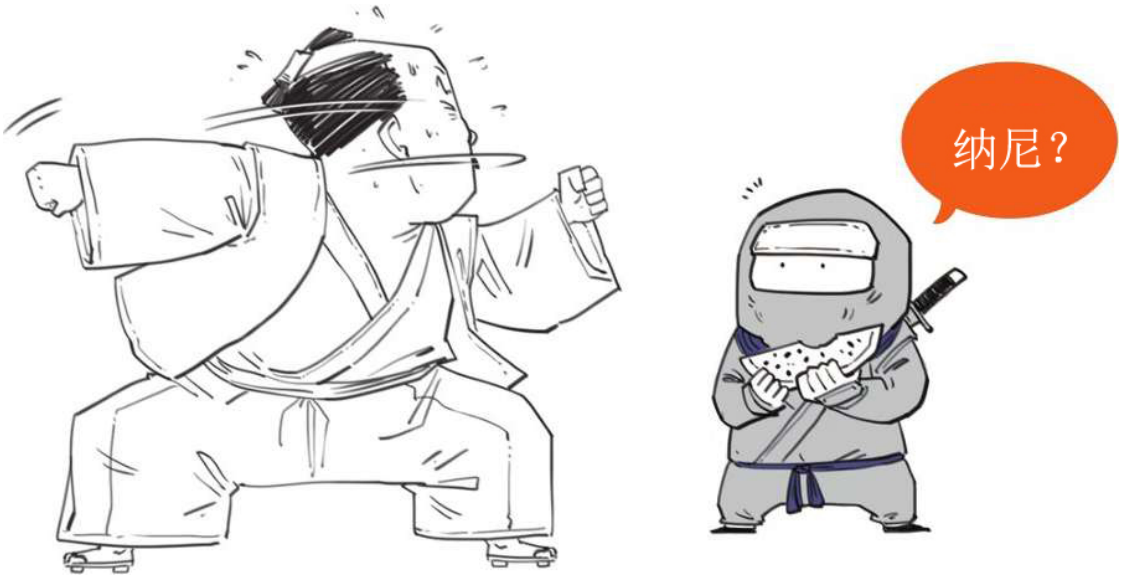
他觉得，电子这个玩意儿，跑位非常风骚，到什么程度呢？

它就像一个社恐的忍者。

电子并没有老老实实按照轨道绕原子核跑圈，而是极度自嗨，在原子核外面随机蹦跶。你根本摸不清它的套路。



更神奇的是，当我们想知道它的确切位置好观测它的时候，它就突然消停下来，一脸蒙。

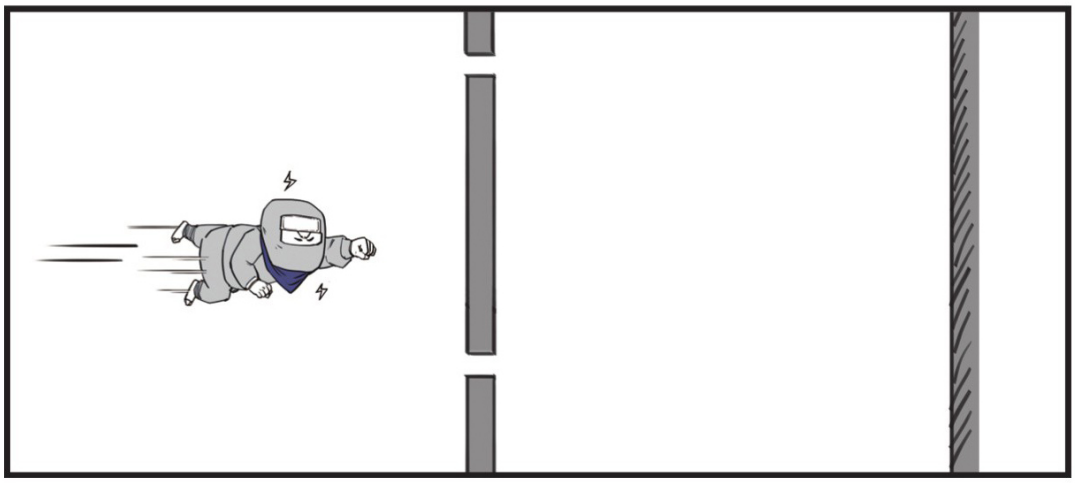


所以我们永远无法同时知道不观测时电子的位置和动量.....这就是不确定性原理。

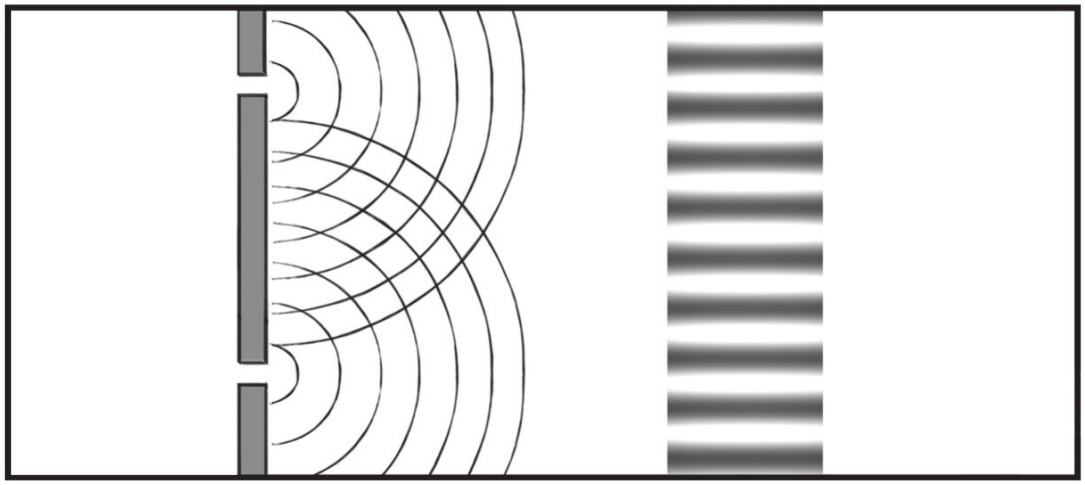
虽然很难理解，但科学家们已经通过实验验证了不确定性原理是靠谱的。

其中最著名的，就是参照杨氏双缝干涉实验设计的电子双缝干涉实验。

我们朝一块有两条缝的挡板，射出电子。



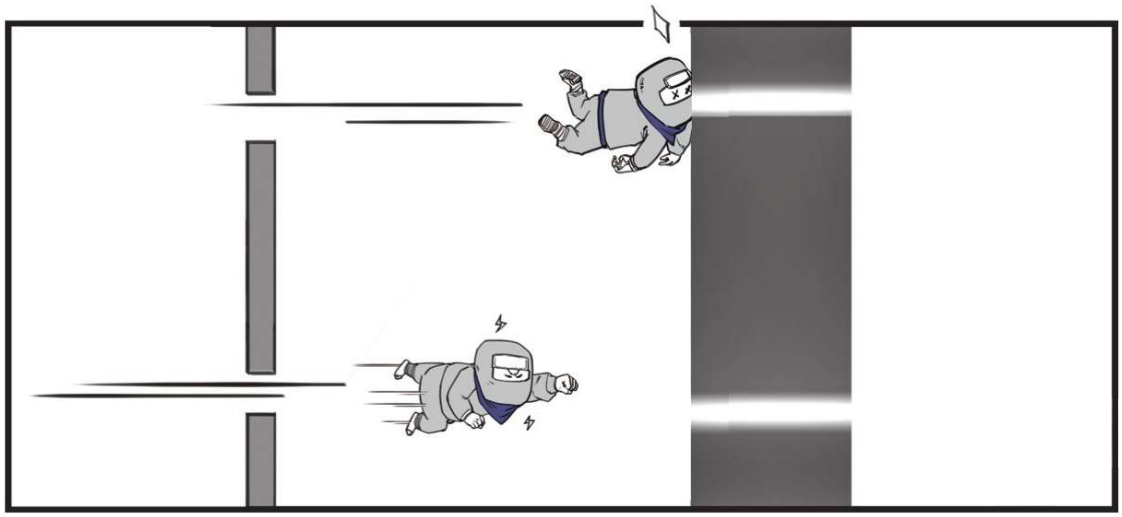
因为电子有波动性，所以它会发生衍射，并最终在屏上呈现明暗相间的条纹。



可一旦我们想观测电子是怎么穿过这两个孔的时候，实验结果居然发生了变化！

这时它就不像波一样传播了，而是像粒子一样穿过。

屏上只有两条亮纹。



是不是很神奇！

同时，电子双缝干涉实验也进一步验证了微观粒子的波粒二象性。也就是说，微观粒子的状态既有波动性，也有粒子性。

既然电子的运动这么神奇，那它真的是那么随心所欲吗？

2. 概率解释

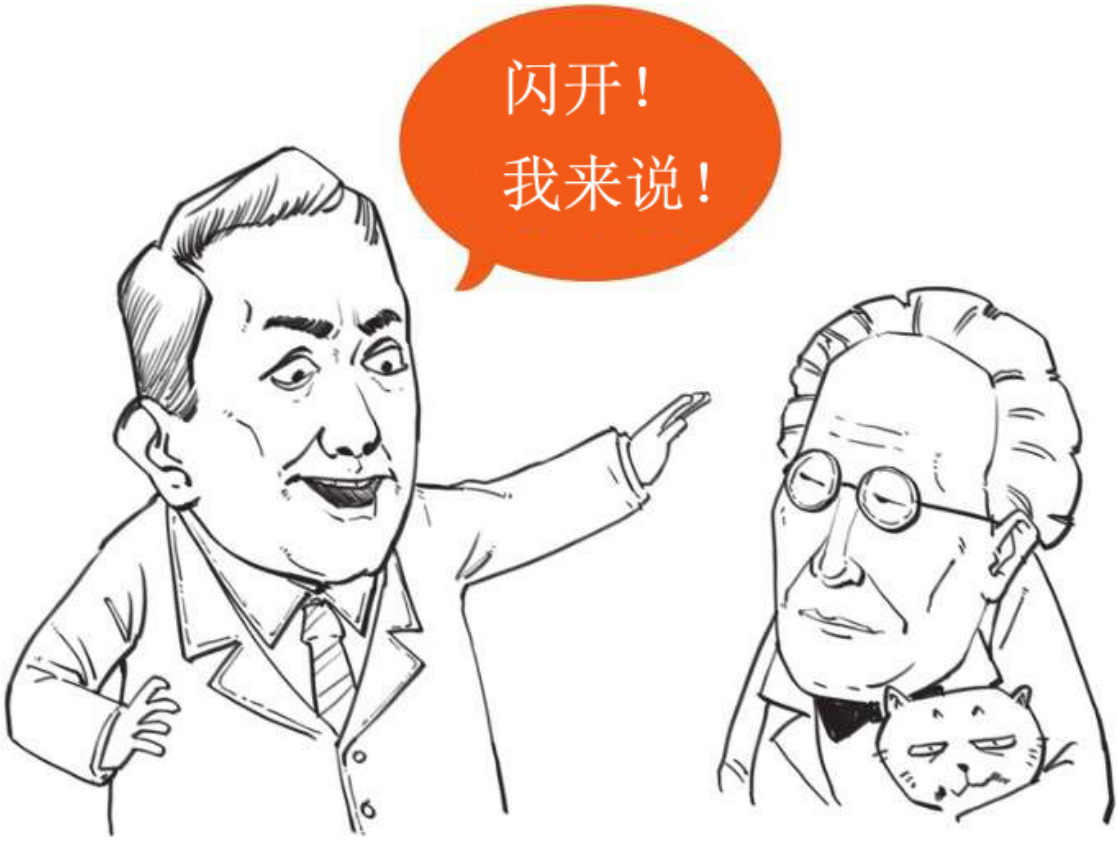
话说和海森堡同时期，还有一名科学家，从另外一个角度也得出了上面类似的结论。

他就是浪量子力学的奠基人之一——薛定谔。

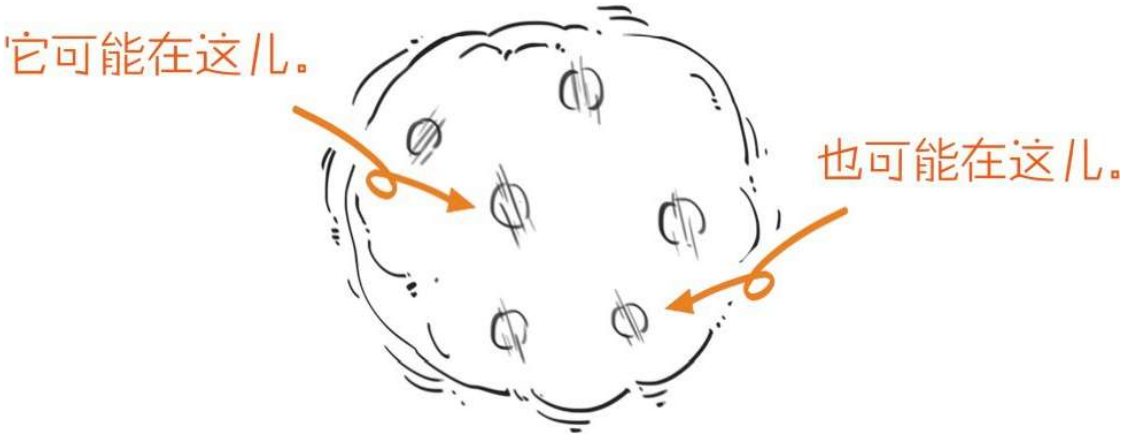
此人性别男，爱好女，物理界里独一档的渣男，人送外号：渣渣薛，具体多渣就不让播了。

渣渣薛提出的理论叫波函数，我们就不展开讲了。为啥不展开呢？因为连他本人都是一头雾水，说不出个所以然来。

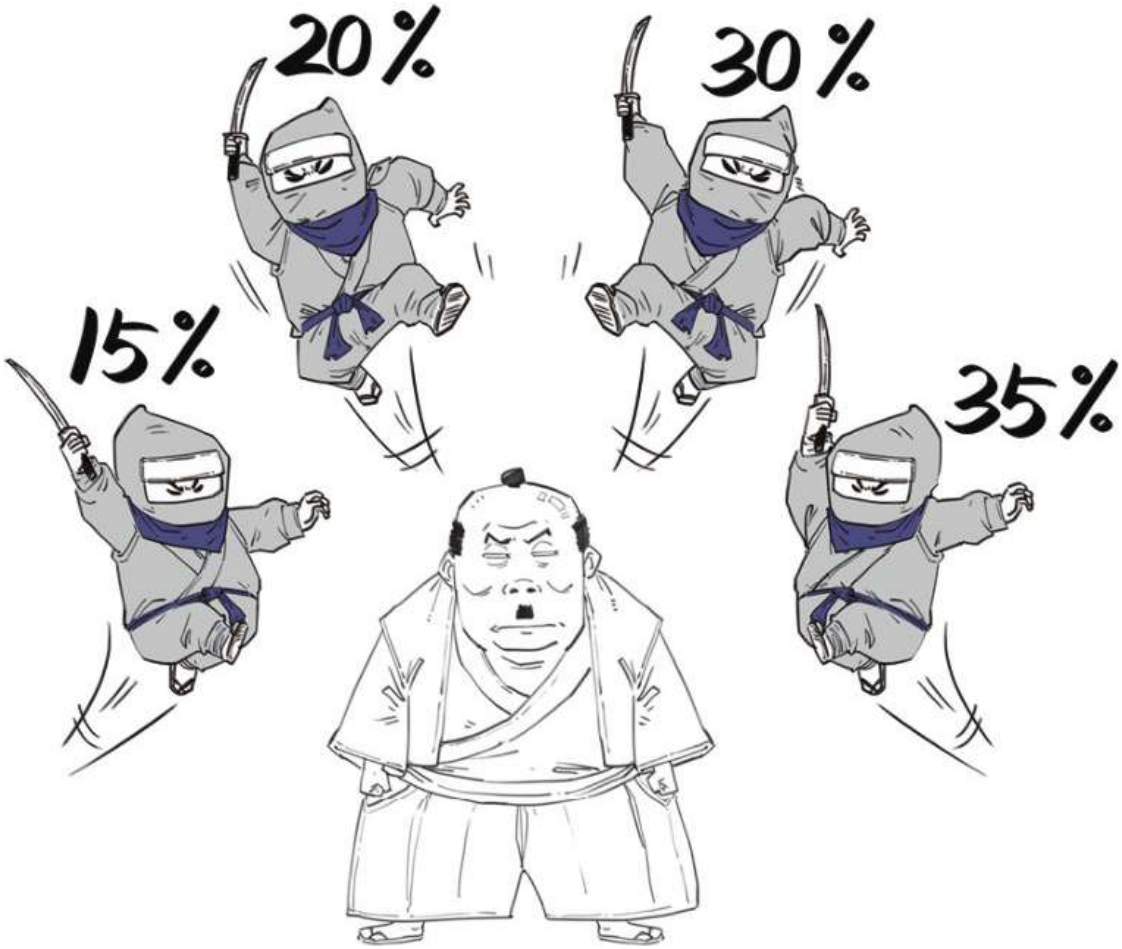
好在哥本哈根学派的另一位大牛——玻恩，站出来替他解了围。



玻恩是这么解释波函数的：其实电子的位置吧，它就是一团概率，随机起来不是人。



不过，虽然我们没法确定它的走位，但电子在每个位置出现的概率，却是可以计算出来的。



这就是玻恩提出的概率解释。

综上所述，不确定性原理和概率解释，共同构成了量子力学的核心——哥本哈根学派解释的主要内容。

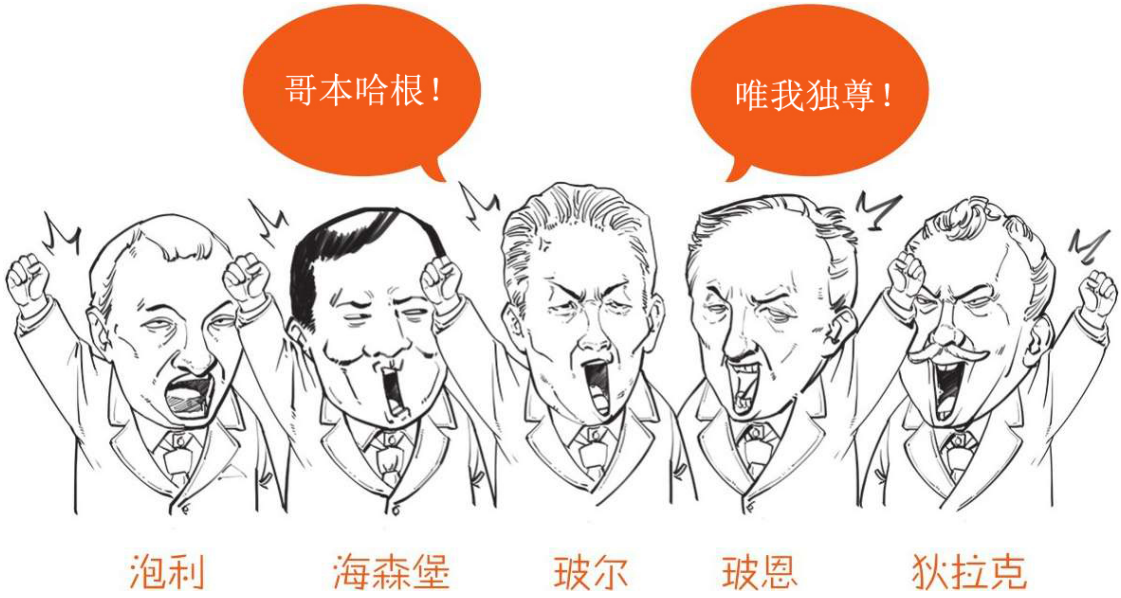
虽然这个解释完美解决了很多问题，可大家的三观着实被碾得稀碎。

所以质疑也随之而来，很多人表示，说微观粒子的运动是随机的，这事儿也太扯淡了！

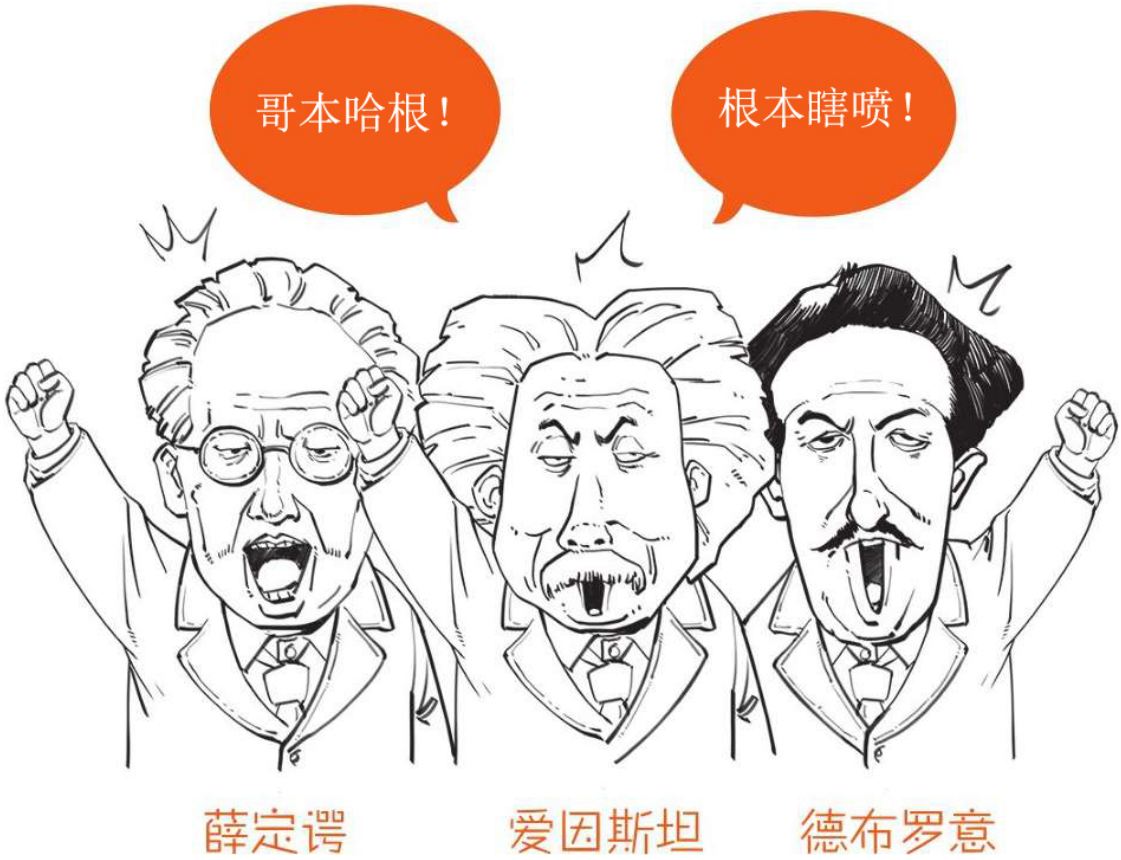
于是，支持方和反对方，就借几次团建，来了几场争斗。我们挑几次重点的来看。

一、第五届索尔维会议

首先出场的是，由玻尔领头的哥本哈根学派。



另一方在爱因斯坦带领下，质疑哥本哈根学派的研究，我们叫他们斩草除根派。



还有一拨围观群众，也个个大牌。

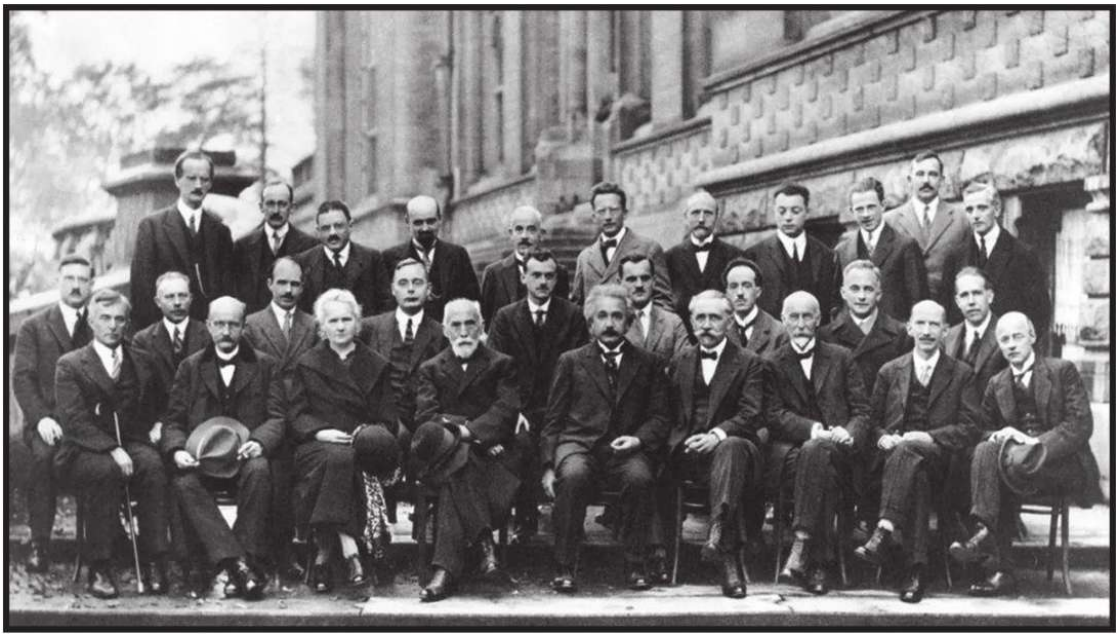
好了，对话开始。

双方就微观粒子的运动到底是否随机这个问题，进行了激烈的讨论。

反正扯了半天也没啥结果，谁也说服不了谁。

插一嘴。大家一顿争吵之后，没有结论，觉得反正闲着也是闲着，加上难得聚一回，于是就一起排排坐，来了一张合影。

没错，就是这张著名的照片。



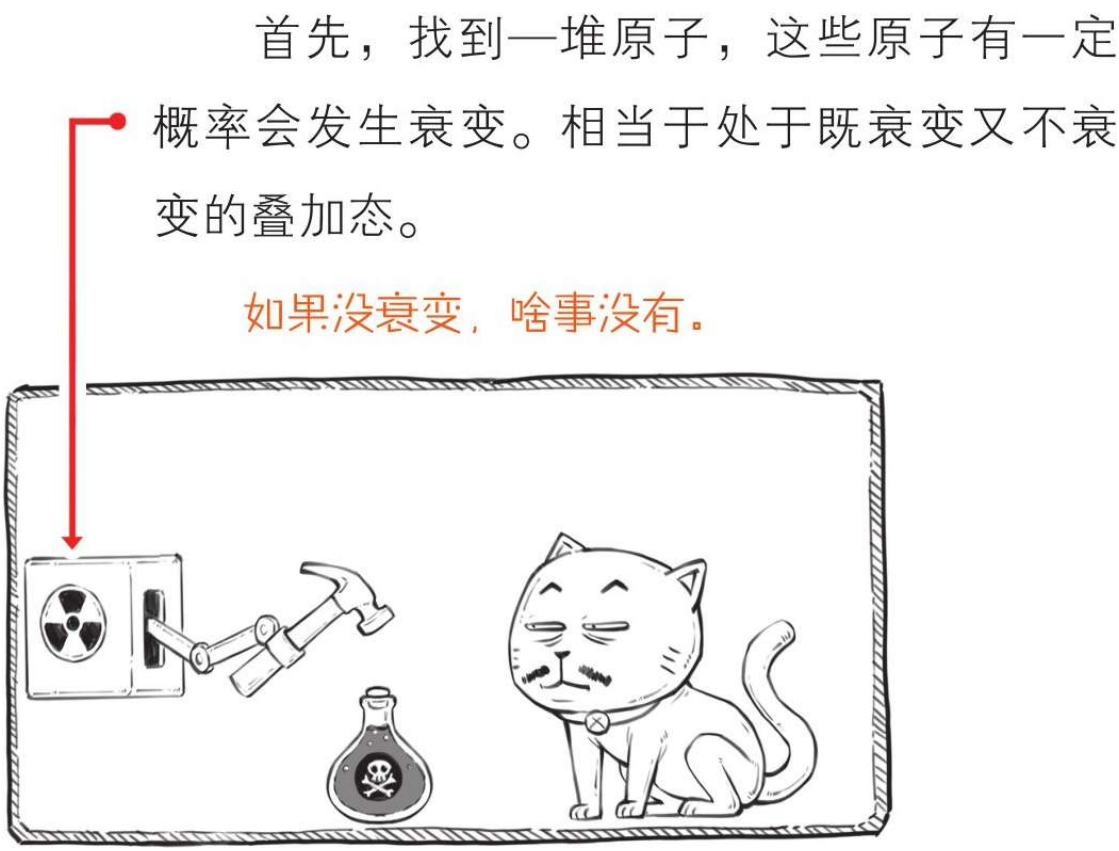
后来，爱神和玻神又吵了好几架，依然没啥结果。当然，不仅带头大哥们使劲掐，小弟们也没闲着。

二、薛定谔虐的猫

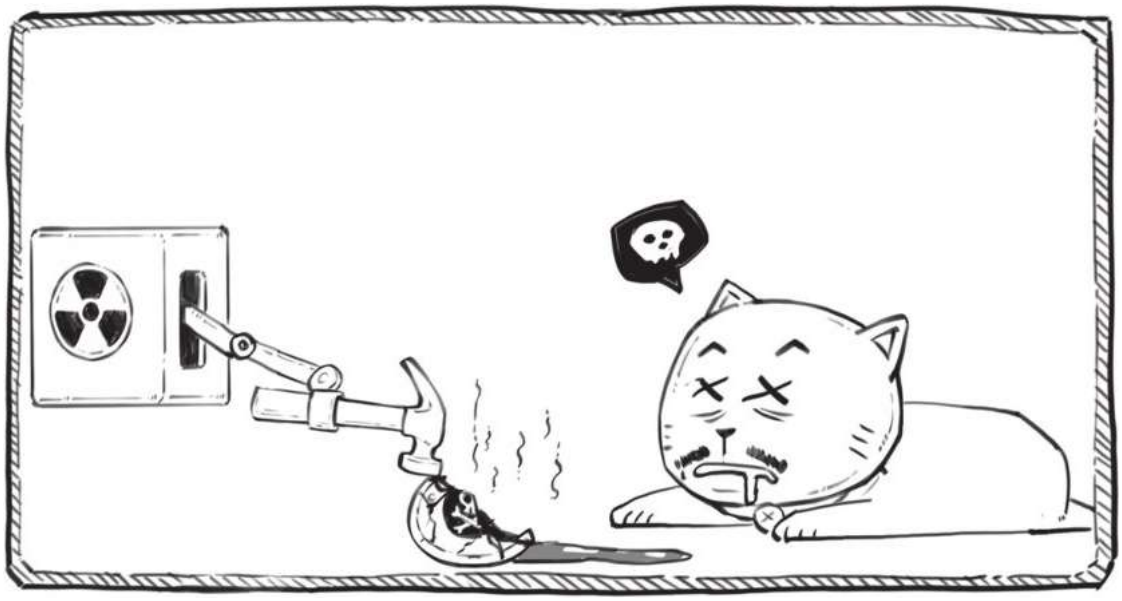
作为爱因斯坦的小弟，薛定谔也站出来，怒喷哥本哈根学派。他提出了一个丧心病狂的思想实验——

薛定谔的猫

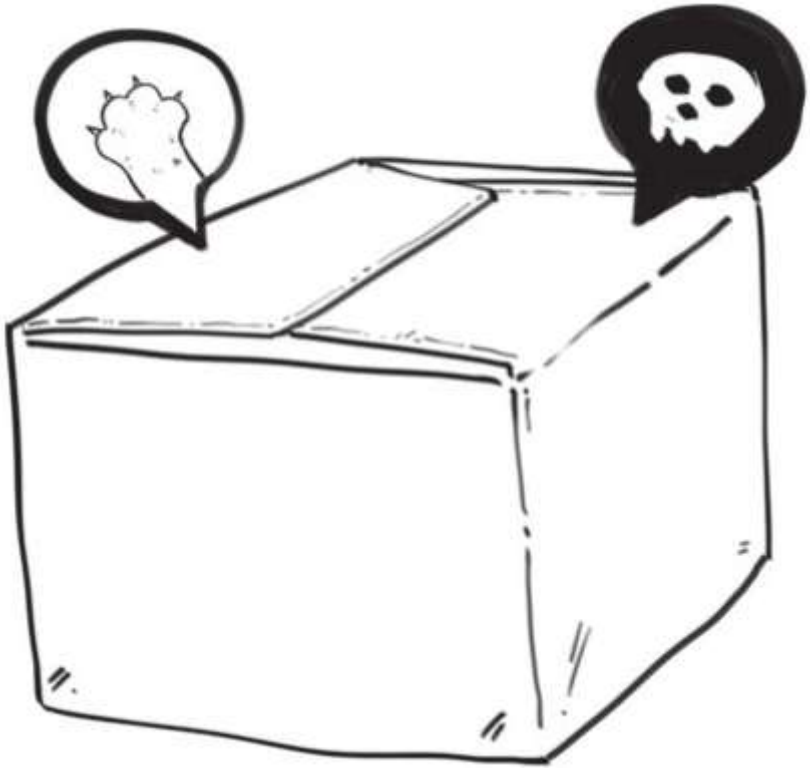
简单解释一下。



可一旦它们发生衰变，就会触发锤子，敲碎毒药瓶，释放毒气，把猫毒死。



所以薛定谔认为，根据哥本哈根学派的解释，如果原子是叠加态，那猫也应该处于——



既死又活的叠加态。

对地球人来说，一只猫既死又活，根本无法理解。所以薛定谔认为哥本哈根学派非常荒谬，就是在瞎扯淡。

当然，后来人们发现，这个实验并不严谨，有很多问题，所以没法参考。

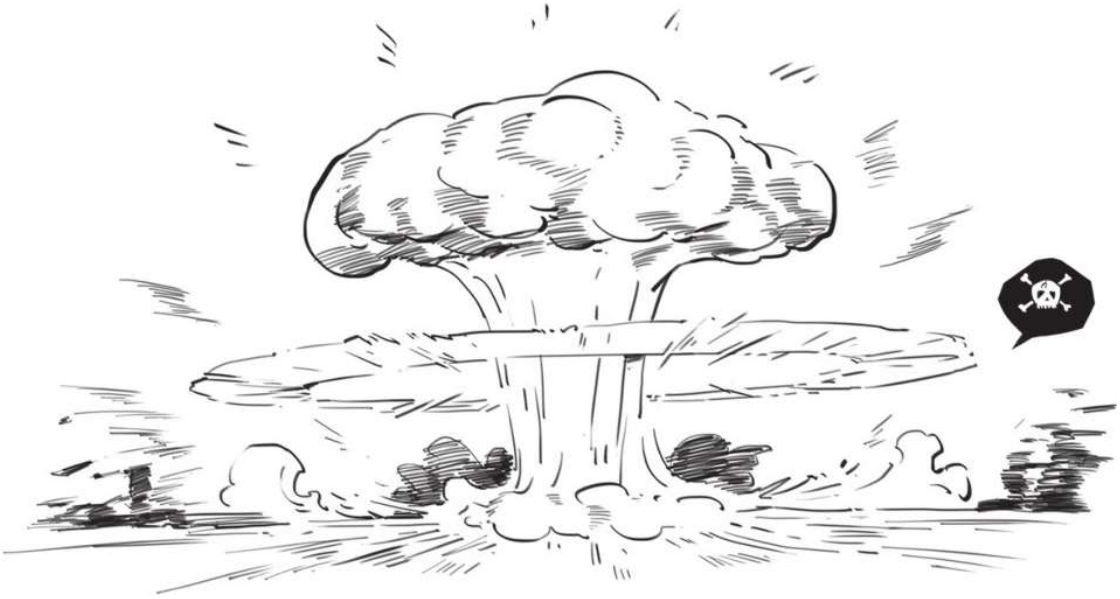
聊了这么多，其实关于量子力学的争论，直到今天都没有结束。

但是依照后来的一些实验来看，哥本哈根学派的理论，目前更加站得住脚。

和相对论相比，量子力学的发展，在这一百年内，让人类文明发生了翻天覆地的变化。

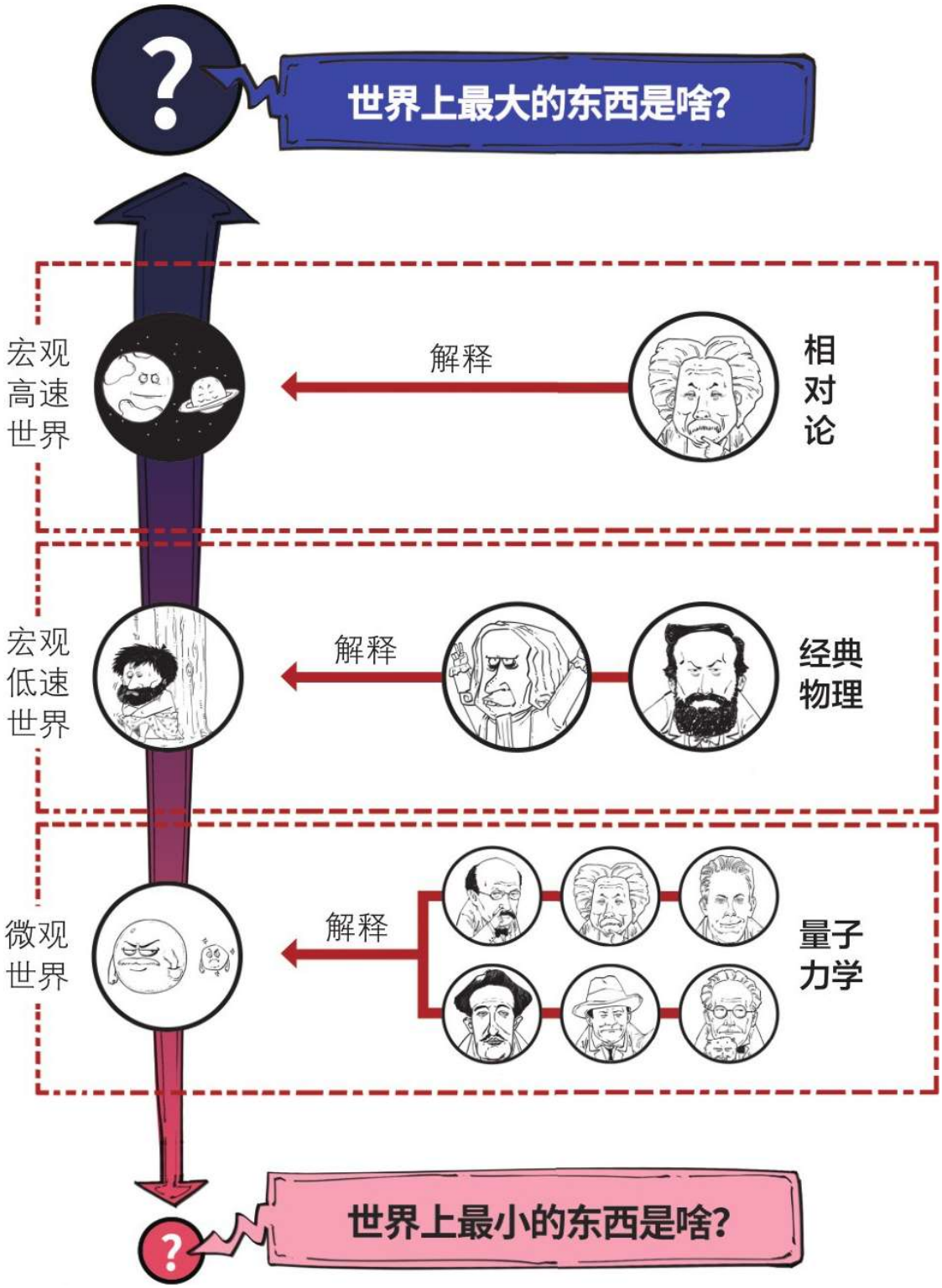
比如芯片、核磁共振、超导、激光等技术，都是在量子力学的基础上发展起来的。

不过，科学也是一把双刃剑，利用量子力学人类也造出了一些奇怪的东西，比如：



好了，量子力学的故事就先聊到这里，而我们科学史的正片部分，也在这里告一段落了。

最后，我们用一张图，总结一下整个科学史的发展结构。



该电子书共 12 章，91% 未读

继续阅读

VIP

电子书

半小时漫画科学史 3

陈磊·半小时漫画团队

共 12 节

会员专享 ~~¥45.00~~

发布于 05-21

浏览器扩展 Circle 阅读模式排版，版权归 www.zhihu.com 所有