https://www.douyin.com/video/7319816347255328050

# 标题:未找到标题  
## 关键字: 未找到关键字  
## 作者: 严伯钧  
## 二零二二年的诺贝尔物理学奖发给了用实验证明量子纠缠存在的物理学家。看来，上帝还真的是“治投资”的。这个实验是怎么做的呢？答案叫贝尔不等式。你既然是要验证量子纠缠，那就要在实验里制造量子纠缠的系统。这个系统是这样的：假设我一开始有一个总自旋为零的系统，然后想个办法让这个系统往两个相反的方向发射出两个完全相同的光子。而我们知道，光子的自旋为1，而整个物理系统在没有外磁场的作用下，它的总自旋是守恒的，也就是总自旋一直是零。这里有两个运动方向相反的光子，且每个光子的自旋都是1，那么这两个光子的自旋方向必然是相反的——一个向上，另一个必须向下；一个向左，则另一个必须向右——这样才能保证总自旋是零。这样的话，这两个光子就被认为是纠缠了。因为你只要测量了其中一个光子的自旋，你立刻知道另外一个光子的自旋，就算这两个光子离开得再远都没有问题，就好像这两个光子不管离得多远，他们之间一直在保持通信联系一样，这就是超距作用，无视距离，不管离多远都可以通过沟通来保持两个光子步调一致。  
  
好了，贝尔不等式要开始发挥了。他这个思路是这样的：既然爱因斯坦反对量子纠缠，认为一定有隐含变量，什么叫隐含变量呢？就是爱因斯坦说，上帝不“治投资”，上帝看的是操作手册。如果没有隐含变量，上帝就是“治投资”。上面不是说了，这两个光子，你只要知道一个，就马上知道另外一个，就好像两个光子不论多远都在超距沟通。隐含变量是说，并非这两个光子在无视距离沟通，而是在他们分离之前就已经被隐含变量赋予了信息，就好像给了这两个光子每个人一本操作手册一样，这两个光子其实是按照同一个操作手册在进行运动，所以看上去这两个光子步调一致，仅此而已。  
  
那既然爱因斯坦认为存在这样的隐含变量，那就让我们假设确实有这个隐含变量，我来设计一个实验，找找看这个隐含变量到底是不是存在。这就有一定的难度了。我们知道，光子不仅有自旋，它还有振动方向，因为光子也是电磁波嘛，是波就有振幅。这个振幅的方向叫偏振方向。那么，就有一种实验装置叫偏振片。当偏振片方向跟振动方向垂直的时候，光子无法通过；当偏振片方向跟振动方向平行的时候，光子会通过；当偏振片方向跟振动方向有个倾斜夹角的时候，光子会有一定概率通过。我们看3D电影用的眼镜就是偏振片（以后再说）。  
  
那么，这两个纠缠的光子，因为纠缠啊，所以他们的偏振方向是一致的。如果一个光子能通过偏振片，另外一个光子也能够通过偏振片。现在假设小明和小红分别站在两个光子发射方向的两端，然后小明和小红每人有三个偏振片——a、b、c。三个偏振片的夹角各不相同。每发射一次光子，小明和小红就会随机地从三种偏振片当中选一个用来接收自己的光子。这个光子碰到偏振片有一定概率会通过，但就是通过或不通过两种情况。  
  
如果这个隐含变量存在，且完全没有随机性，那么隐含变量给光子的信息其实很简单，一共八种：就是在面对a、b、c三种偏振片的时候，有通过和不通过的排列组合。我们用“是”和“否”来表达：  
  
a 是，b 是，c 是；  
a 是，b 是，c 否；  
a 是，b 否，c 是；  
a 否，b 是，c 是；  
a 是，b 否，c 否；  
b 是，c 否，a 否；  
b 否，c 是，a 否；  
b 否，c 否，a 是。  
  
每次光子被发出的时候，隐含变量会在八种情况中挑一种给光子，光子碰到a、b、c偏振片自然就会有决定好了的结果。这里我们就说一到八，八种“剧本”吧。  
  
好了，现在小明和小红是随机抽取偏振片a、b、c。我们只看小明和小红抽到不同种类的偏振片的情况，有三种：小明和小红的偏振片分别是a-b、b-c、a-c的三种情况。这三种情况，小明和小红是通过情况不同，会有如下几种情况：  
  
如果是a-b情况，碰到剧本一则小明和小红的结果是相同的；  
b-c碰到剧本一，结果也相同；  
a-c碰到剧本一，结果也相同；  
a-b碰到剧本二，结果相同；  
b-c碰到剧本二，结果不同；  
a-c碰到剧本二，结果相同。  
  
以此类推，你会得到一张表。在包含不同