

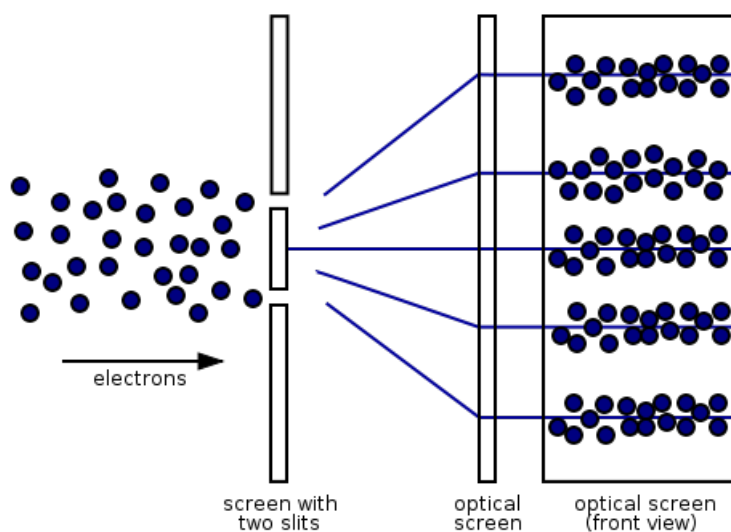
【基础科研】谈量子力学（一）

2015-12-18 10:57:00

原文网址：<http://blog.udn.com/MengyuanWang/108908797>

我一直以简明易懂为原则来写稿，毕竟我所谈的话题本身都已经是很复杂的现象，必须加以浓缩简化才能说得清楚。不过那些有关社会人群的事，一般读者至少还有直觉性的经验；量子力学则不祇是极为专业，而且极为反直觉（Counter-Intuitive），不是下过多年苦工的人不太可能真正瞭解它的精微细致之处，所以原本我没有计划要谈。不过昨天有读者要求，我又自忖一辈子所学的很多很杂，却不是教书的，没有弟子可传，自己的儿子对这些研究也基本没有兴趣，等我年老痴呆了，这些思想也将随脑力的衰退而湮没，似乎有点可惜，所以不自量力，在这里谈谈我对量子力学的理解。如果不是物理系出身的读者，请自由忽略，不必强读。

量子力学的核心是它的波动方程式，这是一个普通的微分方程，如何定量地求解是理工科出身的人都应该学过的。真正要懂量子力学的涵义，难点在于如何定性地将量子力学的计算与现实的观察联系起来。大家都知道量子波的平方代表着机率密度，如果反覆做同一个实验，测量结果会成随机分布（但是量子力学不是掷骰子；掷骰子是古典的随机事件，量子现象除了所有的测量值都有可能出现之外，还有测量值之间的相干，参见下面的双缝实验）。但是粒子还是粒子，如果祇专注在一个粒子上，测量后就祇能有一个定值，那么与它对应的量子波必然也在测量过程中被改变而集中在这个定值上。量子力学的祖师们对这个现象的哲学解释有不同的理解；很不幸的，因为哲学解释不能由实验取决，最后胜出并主导后来教科书内容的是当时身份地位最高的Niels Bohr所鼓吹的量子波崩溃论（Wave Function Collapse）；因为Bohr是柯本哈根学派的宗师，所以也叫作柯本哈根解释（Copenhagen Interpretation）。它的逻辑漏洞不止困扰了后世无数的理工科学生，而且还衍生了所谓“New Age”的伪科学。



拿双缝实验为例子，一束粒子照射到开了两条平行缝隙的障碍上，会在其后的墙上產生一系列的干涉条纹。在这个例子里，粒子撞墙的位置，是“外界测量”的物理量。如果祇用一颗粒子，自然祇会有一个碰撞点，但是这个点出现的机率分布正是前面所說的干涉条纹。古典粒子即使是随机的，也祇会在两条平行缝隙后方各產生一个条纹。

量子波崩溃论说在受到“外界测量”后，量子波随之崩溃，这个崩溃的过程是立即而且不受波动方程式主导的。这个说法不但肆意强加了一个超越波动方程式的人工成分，而且连定义都无法自圆其说：什么算是外界？什么才算是测量？测量是否代表着心智？那么一切现象是否植根于唯心认知？一个很明显很简单的物理现象，一下子变成了绝对唯心论的根据，这在逻辑上实在牵扯得太远了。但是物理学者也是人，他们也有社会惯性，虽然正确的解读从一开始就有人明白，但还是一直拖到1980年代，高能物理界才缓慢地开始承认量子波崩溃论是不合逻辑也没有必要的。那时推动新的量子去相干（Quantum Decoherence）看法的，就包括在哈佛教量子场论的Sidney Coleman；他很得意地在他的办公室解释给我听时，当时很年轻的不识相地说这是理所当然的，他也就理所当然地不高兴。

量子去相干论说没有所谓的外界，测量仪器和被测量的粒子都属于同一个整体的量子波（其实整个宇宙都在同一个量子波里），仪器与粒子间的作用在于打破不同测量值之间的相干关系（事实上可以说，所谓的测量仪器，本身就是专门设计来打破不同测量值之间的相干关系的机制），这一般是靠仪器所含的极大数量的凝态原子来吸走被测量的粒子的量子不确定性，其结果是粒子表现得如同一个古典的骰子。但是整个过程中量子波的变化在时间上是连续的，始终遵守着波动方程式，只不过在粒子与仪器碰撞后，它的量子波的尖峰有了明显的分离。以薛定格的猫（Schrodinger's Cat）为例，当我们打开箱子时，猫的量子波并没有崩溃，只不过是在开箱之前已经分离为生与死的两个尖峰。而且由于猫和毒气机制所含的原子很多，又是在凝态，这个分离早在箱子里的量子纠缠粒子接触到毒气机制以决定是否触发毒气的时候就已发生。如同所有古典的随机事件一样，现实必须择一发生。柯本哈根解释中又是生又是死的猫就从来不存在；不论箱子外面有没有观察者，它始终只能或是生或是死。

很不幸的，等到物理界把量子去相干搞清楚时，已经是超弦即将席卷高能物理的前夕，所以更进一步的解释就走上了歧路。

14 条留言

entanglement

2015-12-18 00:00:00

Quantum Decoherence 将wave function 转变为古典的Density matrix. 可是仍旧没有解决量测后particle 塌陷为一个点的问题. 这一直是我长年搞不清楚的地方. 能否详细介绍?

“

particle 塌陷为一个点就是选择Density Matrix中的一个Diagonal Entry。当然，因为位置是连续值，Density Matrix有无限维。

我会在下一篇再解释一次。

学而时习之

2015-12-18 00:00:00

王先生真乃博学也，我辈也就满足于看懂双缝干涉了。马克思唯物主义在大陆倒是人人都学，可惜是知易行难。

师者，所以传道授业解惑也。事实逻辑的道贯穿始终，一篇又一篇的博文授业，对每条留言的回复解惑。不是教书先生，而是名副其实的师者。

日后定有佩金龟者，为先生解之换酒。

“ 美国人有句话：“Those who can, do; those who can't, teach.”亦即“能者做，不能者教。”我算是非常不能的吧。

你真的读懂了吗？我非常希望能让非物理学者也能至少看懂这个系列的第一篇。

台湾短空长多

2015-12-18 00:00:00

受观测后的量子叠加态塌陷是新时代很爱的现象 完全表现出思维不流于俗莫测高深 “已经分离为生与死的两个尖峰” 猫是在哪个尖峰有物理量可以测量得知吗 我不是物理系的

“

“量子叠加态塌陷”是柯本哈根解释的毛病，不是量子力学本身的问题。它引发New Age的那些胡扯，就已经使Bohr成为科学界的罪人了。

猫是在哪个尖峰有很多物理量可测量啊，例如它不同肢体的动量。

狐禅

2015-12-19 00:00:00

水龙头关小，水就逐渐由水流变水滴。河床上的巨石，平时水流都是绕过，但山洪来时石头会被冲走。然而水本身的微观性质都没什么大变化。大家也习以为常，怎么到了量子力学就变得如此深奥，是语言限制了思维吗？

“

不祇是语言。

我们和演化过程中的祖先，生活中的所有经验都祇需要巨观的古典力学来描述。量子力学多出的那一项，本身就很复杂，我们又没有直觉的经验来帮助；就好像昆虫可以看到紫外綫，我们却看不到，要想像昆虫眼中的花园自然是非常困难的过程。我花了几十年来想这件事，用了六段文字来描述，但是没有基础的读者还是不可能一下子就意想出花园的紫外綫影像。

likethebest

2015-12-19 00:00:00

关于生物意识的物理本质，您怎么看？

“

和很多物理现象类似，是大数目前提下极度复杂性（Complexity）的產物，不过没有其他的直接关系。

David

2015-12-19 00:00:00

请问您本文所提的内容与量子力学中的测不准原理是否是同一件事情？

“

不是。测不准原理是任何波动的自然结果，所以我在文中祇提了量子波。

学而时习之

2015-12-19 00:00:00

我感觉自己是读懂一点点，至于是假懂还是真懂，还请王老师打开盖子帮我看看，哈哈。

双缝干涉涉及到波粒二象性，而量子理论中粒子之间也相互作用影响，所以古典概率不能解释它。

量子波崩溃论就有点将科学哲学化了，类似王守仁的不是风动，不是帆动，仁者心动。

去相干论就是说实验仪器的作用，将粒子之间的相互影响降为零，从而使所有粒子都到波峰那

儿，也就是薛定谔猫的或生或死，而不是半生半死。

这就是我的理解，还有些理解实在是写不出来。第一篇理解好了也好期待王老师的后续篇章，还请王老师指正一番。

“

不错了。你若不是物理系出身，能懂到这里已经很难得了。

罗春晖

2015-12-19 00:00:00

您何不出书呢？

“

还在考虑之中。

世界对白

2015-12-19 00:00:00

有吧友推荐了相关科普读物《新量子世界》The New Quantum Universe 感兴趣的请猛戳<http://vdisk.weibo.com/s/ulhzlYmOMZUzx>

PCSK

2015-12-19 00:00:00

我也是物理本科的，但读不通，只能勉强读完。毕业后，死心不息，买了些现代物理的入门书看，希望找到失败原因。

我最头痛的是狭义相对论和量子力学两科，我想原因如下：

1. 中学读物理时，自己不自觉接受了时间绝对这个概念，而这个概念在日常生活中不断验证，于是下意识把这概念接受为普遍真理。到学狭义相对论时，拿这个时间概念去理解相对论，当然只能头痛。（如果当时老师能够叫我把旧概念放在课室门口，不要带入去，相信学习会比较好。）

2. 量子力学也是类似问题。一向认为所有量都是连续的，读到能阶，很自然便会问两个能阶之间是什么？另一个麻烦概念，是被观测物体和观测仪器的关系。一向都认为是无关的，这样，当然不接受在量子力学中两者互相影响的概念了。（王先生用“测量仪器和被测量的粒子都属于同一个整体的量子波”来解释，是我看过的书中最简单易懂的讲法。）

我看的物理书中，很多时作者推崇老子这句话：“道可道，非常道；名可名，非常名”。妨碍我们学习新概念的，是我们头脑中的已有的概念（和语言），真是很对。

放下古典物理的概念去接受现代物理的新概念，应该是正确做法。但是，这样做出现一个新问题：对古典物理概念，我们可以先用生活经验检测，然后接受。但一如王先生所说，“量子力学则不祇是极为专业，而且极为反直觉”。如此，对现代物理，我们便只能信了，因为我们的生活经验全不管用。这样，这和我们接受宗教迷信“这是唯一真神，一切都是神的安排”多麼相似。现代物理和宗教迷信，玄学的界綫在那里？想不通。

“

界綫在于逻辑。不管这些理论原本是如何地反直觉，如果用逻辑为向导，日子久了也就能习以为常。不过这当然是专业人士的特权；非专业的祇能小心选择哪一个专家值得信任。

frances

2015-12-19 00:00:00

I totally didn't understand any of these writings of yours, but still felt excited by these discussions among bright minds...

I think your son is still too young to understand and show interest in your kingdom of knowledge...give a few more years, maybe?

“

He is a people person, more interested in partying than thinking. He probably will live a happier life than I do though.

拜读王先生的文章，都让我受益匪浅。

想请问，薛丁格的猫中，毒药装置和猫处在量子缠结，而打开箱子就是量子去相干的过程。这样理解对否？

“

那是以往量子波崩溃论的说法，它是错误的。实际上，当处在量子缠结的粒子接触到毒气机制以决定是否释放毒气时，就已经被去相干，而成为纯粹的古典随机事件。

crztrader

2017-06-17 00:00:00

今日头条上刊载的2篇文章，提供参考

量子力学的困境与出路——读温伯格的《量子力学的困境》一文有感

<http://www.toutiao.com/a6432445965295616257/>

,

一篇真正值得大家“细嚼慢咽”的物理好文——温伯格《量子力学的困境》

<http://www.toutiao.com/i6432250244011917825/>

“

我很高兴他终于不再继续在超弦这条邪路上走下去，而开始思考一些真正有意义的物理问题。他所提的话题，正是我在这篇正文里所讨论的。

在高能物理过去40年所面临的无可逾越大沙漠阻拦之下，一个忙着出论文的学者，不论天赋多强、功力多深，必然会被各种细节所迷惑，因而有见树不见林的困境。我自己也是离开物理界之后，才有了足够的高度和距离，能够真正看清大势（Big Picture）。

Weinberg在得Nobel奖之后，就离开哈佛，到德州大学自立门户，因此不再有和Coleman交流的机会，错失了80年代末期，Harvard物理系对量子力学背后哲学问题的一些深刻探讨。然后为了建立并加强自己团队在高能物理界的地位，拼命跟着超弦诈骗集团一起出论文。现在他可能是半退休了，才有余裕回归正道。

AbzX5

2021-04-23 01:18:00

“吸走被测量粒子的量子不确定性”，“吸走”一词有些难懂，不过我是这么粗浅理解的，单个微观粒子的量子波动性很大，当它撞上墙，或者说被仪器测量的一瞬间，它就会被一个包含数量巨大的凝聚态粒子的集体，即墙或者仪器接触并捕获而成为其一部分，之后他的量子不确定性自然就变成这个新集体的量子不确定性。而集体的粒子数目巨大，是一个宏观物体，宏观物体的量子不确定性当然就是微乎其微了，这个微观粒子也就去相干了。

“

你的理解大致是对的。我的文字在这里的确有点含糊，这是有意的，因为这个过程细节还没有人一步一步写下来（其实有，只是我不信服），但我觉得相比所有其他的说法，这依旧是远远最合理的论述。