



祝贺阿斯佩获 2022 年诺贝尔物理学奖 ----不算迟到的胜利：科学走向多极化吗

黄志洵(中国传媒大学信息工程学院 北京 100024)

Recommended: 王德奎 (Wang Dekui), 绵阳日报社, 绵阳, 四川 621000, 中国, y-tx@163.com

摘要: 在量子纠缠实验中, 两个粒子无论相距多远都相互联系在一起。这曾令爱因斯坦感到不安, 他称其为“幽灵般的远距作用”。不过笔者却另有看法。我相信, 三位获奖者都会怀念贝尔。

[黄志洵. 祝贺阿斯佩获 2022 年诺贝尔物理学奖----不算迟到的胜利: 科学走向多极化吗. *Rep Opinion* 2023;15(1):20-22].ISSN1553-9873(print);ISSN2375-7205(online).<http://www.sciencepub.net/report>.
03.doi:[10.7537/marsroj150123.03](https://doi.org/10.7537/marsroj150123.03).

关键词: 超光速、虚实不分、贝尔不等式、量子纠缠

【0、引言】

2022 年 10 月的第一个星期, 传来了令人激动的消息---2022 年诺贝尔物理学奖被授予阿兰·阿斯佩、奥地利物理学家安东·塞林格等三人。颁奖机构说, 他们因“做光子纠缠实验、确定贝尔不等式不成立和进行开创性的量子信息科学工作”而获奖。路透社的电讯说: “三位科学家都做了量子纠缠实验。在量子纠缠实验中, 两个粒子无论相距多远都相互联系在一起。这曾令爱因斯坦感到不安, 他称其为幽灵般的远距作用”。不过笔者却另有看法。

【1、笔者另有的看法】

1926 年诞生的量子力学(QM), 90 多年来一直高歌猛进、所向披靡, 被誉为人类思想史上最重要、最美丽的成果之一, 应用范围也极其广阔。量子力学的本质在于其非经典性、微观性和非局域性, 而量子非局域性又可通俗地解释为超光速性, 以及允许量子纠缠态存在。

1935 年爱因斯坦(Einstein)、波多尔斯基(Podolsky)和罗森(Rosen)联合发表了一篇 EPR 论文, 是反对量子力学的, 分歧的本质正在于狭义相对论与量子力学的世界观、时空观不同。

不过笔者却另有的看法是, 自 1965 年以来, 贝尔不等式已经得到广泛验证, 成为一种重要手段, 用以识别可通过离散测量来描述的纠缠。例如测量一个量子粒子的自旋方向, 然后确定这一测量结果是否与另一个粒子的自旋相关。如果一个系统违反了这个不等式, 那么纠缠就存在。总之, 贝尔不等式是否得到遵守, 成为一种标志性的查验方法。理论和实验都表明非局域性是量子力学的基本特征----实验结果违背贝尔不等式就表明非局域性存在。贝尔的姓名进入了科学史, 他的不等式被誉为“人类历史上最

伟大的科学发现之一”。

与此对立的是相对论(主要指狭义相对论 SR)的经典性、宏观性和局域性, 这个局域实在论的主要内容是: 相信经典的物理实在, 相信局域化因果率, 反对几率化思维; 认为光速是宇宙中的动体速度和信息传播速度的极限; 不承认物理上有纠缠态存在的可能。

【2、贝尔开启了量子信息学研究的大门】

笔者认为这两大理论体系并非像有些人所说只是“存在矛盾”, 而是根本格格不入的。在 EPR 论文中, 有一些内容只是铺垫(例如, 说物理理论不仅要正确而且要“完备”; 又如, 说量子力学中波函数所给出的对实在的描述“不完备”)。根本性的东西是在对“双体系系统”(两个子系统组成的系统)相互作用的分析里面。

在这里, 子系统 I、II 应理解为微观体系, 例如粒子。两个子系统在 $t=0$ 以前的态为已知, $t=0$ 到 $t=T$ 期间它们互相作用, $t>T$ 时不再相互作用(例如远离---向不同方向分开)。设 $\Psi(x_1, x_2)$ 为系统的量子态, 它可按测量 I 的物理量(如力学量) A 的本征函数系而展开, 也可按测量 II 的物理量的本征函数系而展开。根据量子力学, 测量时波包会坍缩, 测量后 $\Psi(x_1, x_2)$ 将简缩, 造成对 I 测量会影响 II 的状态。

但 I、II 已分开, 这种离奇的超距作用影响是不可能发生的。由于狭义相对论规定自然界的相互作用只能以低于光速而实现, 空间分开的体系应是局域性的, 但量子力学却给出了非局域性的情况, 因而量子力学是不自洽和不完备的。这些就是 EPR 论文中最重要的东西。

由此可见, 有一根无形的丝线把狭义相对论和 EPR 联系在一起; 也可以说, EPR 思维正是以狭义

相对论作为基础而提出的。其次，我们说狭义相对论与量子力学的世界观有尖锐矛盾，正是表现在“局域性实在论还是非局域性”这样的问题上。EPR 论文是爱因斯坦在 56 岁时，最大限度地运用其智慧给量子力学以他所希望的沉重打击。

1927 年海森堡不确定性原理的出现使爱因斯坦震惊，但他认为 EPR 论文可以驳倒该原理并证明量子力学不完善。EPR 中的“两个体系”(I和II)的讨论中似乎表示“既测知位置又知道速度”是可以办到的，因为I的速度即II的速度。文章发表后，玻尔起而反驳。

玻尔的意思是 EPR 论文中的设定可以被驳回---不确定性既影响I又影响II，在测量I时II立即受影响从而使结果与牛顿定律一致；这种作用会即时发生，即使I、II相距很远。但是年轻些的科学家(如海森堡)却不像玻尔那样去和爱因斯坦辩论。

这不仅因为爱因斯坦是他们的先辈，而且因为他当时在全世界已是众所周知的人物，享有巨大的威望。俄罗斯的 V.Fok 院士说：“在量子理论发展初期曾为它作了许多工作的爱因斯坦，对近代的量子力学却采取了否定态度，这是特别令人惊异的。EPR 思维中的两个子系统之间没有直接的力的相互作用，一个也能影响另一个，爱因斯坦认为不可理解，从而认为量子力学不完备。”

Fok 认为，量子力学中泡利原理的相互作用(影响)是一个非力的例子。具有共同波函数的两个粒子(EPR 系统)之间的相互作用(影响)是量子力学的非力相互作用(影响)的另一种形式。非力的相互作用(影响)的存在不容置疑，否定这种作用是错误的。

贝尔在 1965 年提出他的理论贝尔不等式(Bell 不等式)时，还是爱因斯坦理论的拥护者。20 年后(1985 年)他却成了反对者。他向 BBC 作了明确的回答---认为优先的(特惠的)参考系存在，亦即以太存在。说超光速有存在的可能；认为相对论成了量子理论发展的障碍，而爱因斯坦的世界观站不住脚。总之，他主张回到狭义相对论之前。

贝尔是把狭义相对论和 EPR 联系在一起而作评论的，因为这两个理论都关系到我们究竟采取什么样的自然观和宇宙观。EPR 以反对量子力学开始，以失败告终。转折点是 1982 年的阿斯佩实验；后来 40 年量子信息学的大发展，进一步宣告了爱因斯坦理论的破产。

从量子纠缠态研究的进展可以看出，量子力学世界观已完全击败了狭义相对论世界观。实验成功的两光子间纠缠的距离，从最早(阿斯佩)的 15m，逐步发展到 25km，乃至 10 年前的 144km。

2017 年 6 月 15 日出版的《Science (科学)》杂志报道了潘建伟院士领导中国科学家团队用量子卫星做出新成果---实现了千公里级的量子纠缠(从青海省德令哈站到云南省高美古站距离为 1203km)。这

一成果使世界震惊。总之，一系列实验完美地证明狭义相对论时空观存在问题，已是不争的事实。

20 世纪 60 年代中期，欧洲核子研究中心的贝尔发表两篇论文，提出一个与量子力学相容的隐变量模型，认为“任何局域变量理论均不能重现量子力学全部统计性预言”，提出了两粒子分别沿时空不同方向做自旋投影时一些相关函数之间应满足的不等式。

贝尔原来是坚定地支持爱因斯坦、相信物理实在性和局域性的。他认为是某种隐变量造成了量子力学中神秘的超距作用。实际上可以构造一个理论上的不等式(粒子观测结果必定遵循该式)，从而证实 EPR 论文所说的量子力学不完备性。贝尔的分析建筑在玻姆的自旋相关方案及隐变量理论的基础上。我们现在免去数学分析，仅强调指出：贝尔不等式与量子力学不一致。

贝尔定理是说，一个隐变量理论不能重现量子力学的全部预言.....但情况究竟如何？必须由实验来确定。突破是由于法国物理学家阿兰·阿斯佩的精确实验。阿斯佩领导完成的实验以高精度证明结果大大违反贝尔不等式，而与量子力学的预言极为一致。贝尔不等式被精确实验证明不成立，意味着 EPR 论文错了，而量子力学是正确的。可以说，贝尔开启了量子信息学研究的大门！

【3、《爱因斯坦的错误》是一本好书】

实验物理学进展会改变某些大师级理论物理学家的观点，典型例子是狄拉克和贝尔；虽然他们早年都保持对爱因斯坦和相对论的信任，但在晚年却有很大变化。在 20 世纪后半期，实验物理学家有两大发现；其一是美国贝尔实验室的彭齐亚斯和威尔逊共同发现微波背景辐射。这是 1965 年的事，实验是在厘米波频段，噪声温度数据为(2.5~4.5)K；最后由物理界确定为宇宙微波背景温度，标准值是 2.7K。

宇宙微波背景辐射的性质是各向同性的，与地球自转、公转无关。它被认为是宇宙大爆炸的余烬(这还值得商榷)；另一方面更重要的是被认为可以作为“新以太”的选项。总之，1978 年诺贝尔物理学奖授予了彭齐亚斯和威尔逊二人。另一件事发生在 1982 年，其时美国《物理评论快报》杂志发表了法国物理学家阿兰·阿斯佩率领团队所做的一项实验，通过核对单个原子中由能级跃迁同时发射的两个光子，检验其是否遵循贝尔不等式。结果证明量子力学正确，而爱因斯坦的时空观、世界观(以 EPR 论文作代表)错了。

上述两个实验都在物理界引起很大震动。我们认为奥哈尼亚的《爱因斯坦的错误》是一本好书，但该书作者显然不了解狄拉克和贝尔的毕生事业的详情，从而错误地断言这两人都是支持爱因斯坦和相对论的。不错，在早期他们确实是坚定的支持者；但随着不断出现的新实验(例如上述两个实验和其他实验)，晚年的狄拉克与相对论拉开距离，说“洛伦兹

是对的，而爱因斯坦错了”。

至于晚年的贝尔，不仅说“要回到爱因斯坦(1905年)之前，即狄拉克和庞加莱”，而且谴责相对论给量子理论的发展带来各种困难，又肯定超光速现象的事实可能性。1984年狄拉克去世，1990年贝尔去世。这两位大师级物理学家的转变非常有戏剧性---1933年薛定谔与狄拉克同获诺贝尔物理奖；在致答谢词的演讲中，从牛顿力学出发取得成功的薛定谔不谈相对论，以避其锋芒；年轻的狄拉克(31岁)则错误地侈谈他那“从相对论出发的推导”。实际上，他作为出发点的质速方程已在1904年由洛伦兹导出，质能方程已在1900年由庞加莱导出，他们都没有用相对论。

晚年狄拉克说，“要使相对论与量子力学相结合确有无法克服的困难”，这实际上是对过去说法(仿佛自己创立了“相对论性量子力学”)的委婉认错。其实，既然爱因斯坦一生都不接受量子力学，非要说这个“相对论性量子力学”存在本来就毫无意义。

至于J贝尔，他于1965年提出隐变量理论，给出不等式，本是为了支持相对论而出力；结果竟被阿斯佩的精确实验所否定(后来又有多个实验支持阿斯佩)。另外，又考虑到宇宙微波背景辐射的发现带来的影响，终于在1985年宣布了与爱因斯坦相对论告别。

【4、三位获奖者都会怀念贝尔】

贝尔的原意是要以更深刻的理论来呼应 EPR，事态却走向了反面。爱因斯坦用来否定量子力学完备性的 EPR 思维，反而成了证明量子理论完备性的科学思想。我相信，三位获奖者都会怀念贝尔。

突破性的阿斯佩实验，是在1982年做的，40年后终于获得诺贝尔物理奖。另一位获奖者塞林格是研究量子隐形传态的先驱，是中国科学院院士潘建伟在奥地利留学时的导师。很显然，这两位获奖者均已高龄。本次授奖的意义，不仅是对量子力学的支持(这点和1933年一样)，而且还是对研究和发量子通信、量子计算机、量子雷达的鼓励，具有里程碑式的意义。当然这也是对长期以来否定阿斯佩实验的那些人的打击，他们总是不甘心于爱因斯坦相对论的失败。

他获奖是实至名归、当之无愧。贝尔本来也具备了获奖资格，但他英年早逝，而诺贝尔奖只能颁发给在世的人。其实，是否获奖的本身并不重要，关键的是要把正确的时空观、世界观建立起来。

【0、结束语】

中国著名电磁理论专家宋文森教授是我的好友，他曾针对普遍迷信相对论的情况评论说：“靠信仰和崇拜是得不到真理的，大自然才是我们科学工作者检验一切的标准”。我就以这句话作为本文的结束，并与科学界同仁共勉。

从1982年到2022年，刚好是40年。诺贝尔奖委员会是迟了些，但不算很迟。我们向阿兰·阿斯佩表示祝贺！

由这件事，也可看出研究自然科学是一件艰辛的事，当然也是快乐的事。正确的观念要树立起来，非短期就能奏效。科学工作者不仅要努力，而且还要学会忍耐！2022年10月8日。

作者简介：黄志洵，中国传媒大学教授、博士生导师，中国科学院电子学研究所客座研究员。

杨新铁教授评论：从上个世纪末开始，黄志洵教授就一直坚韧的坚持着超光速的研究，受电子工业部长孙俊仁委托，建立了波速问题专家组，邀请国内外科学家定期讨论此类问题，在国内组织了多次超光速讨论会，他自己也是国内第一个做出群速度超光速实验的。

其实超光速只是个低调的不想和相对论冲突的代名词，谁都知道这里面牵涉到 EPR、狭义相对论很多基本问题。牵涉到很多基本理论的重建。如他文章中提到：贝尔在1965年提出他的理论(即 Bell 不等式)时还是爱因斯坦理论的拥护者；20年后(1985年)他却成了反对者。他向 BBC 作了明确的回答---认为优先的(特惠的)参考系存在，亦即以太存在。说超光速有存在的可能；认为相对论成了量子理论发展的障碍，而爱因斯坦的世界观站不住脚。

总之那些华而不实之词该收场了。沉舟侧畔千帆过病树前头万木春！真理总是会战胜谬误，对甘于寂寞的科学家赢荡给与额外的尊重！

参考文献

- [1]黄志洵，对 Maxwell 方程组的研究和讨论，科学网杨新铁个人博客专栏，2022年6月13日；
- [2]黄志洵，物理学之光---开放的物理思想，北京航空航天大学出版社，2022年5月；
- [3]黄志洵，不算迟到的胜利，科学网杨新铁个人博客专栏，2022年10月8日；
- [4]叶眺新，蝴蝶效应莫比乌斯圈太极图病毒全息---读《病毒博物馆》说多极与全球化，Academ Arena, August 25, 2022。

11/6/2022