

·科技纵横·

# 从“看见”引力波的“眼睛”， 到民间科学家

2016年情人节前3天,美国科学家宣布发现“引力波”。不管你有没有这方面的知识,接下来的几天里一定被大众媒体对于这一重磅消息的海量报道所淹没。这种极其微弱的“涟漪”,引起“轩然大波”。

人类耗资甚巨,付出了数十年的艰苦努力,才最终捕捉到这种神秘的时空涟漪,其科学意义早被媒体解读过无数遍。而从一个科研工作者的角度,我觉得更有趣的是它背后的那个武器——那个帮助我们“看到”引力波的“眼睛”——一种光学仪器,干涉仪。

只要修过《大学物理》的人,都应该知道光学里干涉仪的概念。它的原理很容易理解:1束激光(电磁波)被分光镜分成2条光束(通常相互垂直)。2束光分别沿不同的方向继续向前传播,被各自光路中的镜子反射之后,又叠加在一起。激光的一大特性是在时间、空间高度的相干性,这个字眼的意思是,对于某一固定的相位,在一定的空间范围、时间范围内,不同空间位置、时间点的电磁波场强的强度之间有固定的关系。或者说,这种波很规矩,可以用某种公式来描述其强度和相位。想象一个正弦波,如果了解公式,就知道某个位置、某个时间的振幅、相位信息。因为这个原因,当2束波动叠在一起是,会因为微小相位的差异而产生建设性,或者摧毁性的相互作用,从而产生有规律的干涉图样。什么是建设性的叠加?想象2个波长一样,相位相同的正弦波叠在一起,会让波峰幅度跟大,波谷更深;相反的情况,一个波的波峰对应了另一个的波谷,自然就会相互抵消,形成摧毁性的叠加。当2束光从分光器到达镜子的路程一样长,且传播介

质相同、条件一样时,形成的干涉是建设性的;而如果2条光路中的一条某些条件发生了变化,就会形成该光路中光束的相位发生变化,干涉条纹也就发生变化。

如果你见过任何一本教科书里干涉仪的图片,会觉得与从事引力波检测的科学家们公布的原理图没有什么差异,非常相似。甚至你也许会跃跃欲试,想着自己买2个镜子或许可以搭建一台来探测引力波。是的,原理很简单,但是实现起来,谈何容易。

根据简单的理论推导可知,光路越长,越有利于检测,因此科学家们实际使用的LIGO干涉仪的2条光路长为4 km,直径1.2 m;内部被抽成真空。引力波的振幅极低,为 $10^{-21}$ 数量级,它引起的光路长度变化仅为约 $4 \times 10^{-18}$  m。为了让这个数字大一些,检测起来更容易,科学家们让光在光路里往返很多次,以便将“有效”的光路延长。而即使来回往返50次,即有效路程延长100倍,也仅仅将这个�数字提高100倍,达到 $10^{-16}$  m。这个数字究竟是多大?人类的头发直径约为100~150  $\mu\text{m}$ ,也就是约 $10^{-4}$  m。也就是说,人类发丝的宽度是上述光路变化的1000亿倍。

这次使用的设备设备在美国本土建造了两个。彼此相距3000 km,因为要同时观测到,才能证明数据的有效性。科学家们要测量到的波动(即前述的波动幅度),数量级上比比原子核还要小1万倍。是迄今为止人类测量到的最小的量,也就是说,目前的LIGO探测器,是人类历史上最敏感的仪器。

即便是这个设施运转正常,要从得到的大量的数据中捕捉到引力波,也是个艰苦的工程。仪器所在的环境中充

满了各种噪声。除了周围环境的汽车、飞机、地震这样显而易见,又比引力波大不知道多少倍的噪声外,还有更多我们无法觉察的外来噪声,以及仪器自身引入的各种噪声。因此还需要不少的辅助仪器来排除偶然噪声事件,并且在数据处理时花大量的功夫排除它们的干扰。这些辅助仪器又包括麦克风、地震仪、磁场计等等。

我最近去参加光学国际会议,大家聊起来探测引力波的装置,都惊叹于工程技术,把这种最基本的光学仪器推到了极致。正如加州理工的LIGO项目(The Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory)网站上说的那样:LIGO exemplifies extreme engineering and technology——LIGO项目是一个把工程和技术推向极致的典范。当然,这背后必然是大量的科研人员及其复杂的分工合作。刚刚发表的描述引力波探测的科研论文有近1000位作者。而这一重大成果,也正是这1000名研究人员辛勤工作的结果:实验装置的设计、建造,实验数据的处理分析,每一个环节都需要优秀的研究者。

这是一个典型的原理简单,实现起来却异常困难的工作。

其实这个消息让我想起了这些年接触的一些民间科学家。指的并非广义的“民科”:比如那些不依靠主流研究经费支持、游离于体制之外进行独立但正常的研究的科学工作者;我是指并未接受过科学研究的训练,而又极其热衷于“研究”,不了解详细的科学内容,却又经常把复杂的科学问题形而上、想当然地认为非常容易解决的一部分科学爱好者。想到这个群体是因为这些朋友有个共同点,往往看到了某种看似简

单地科学原理,就想当然地认为自己理解透彻,并且跃跃欲试想要进行“研究”。

第一次接触这个群体是大约10年前的一个盛夏。当时在某个展会上,一位老者手拿一叠文件匆匆赶来。我刚好在就读的高校展台前做志愿者,老先生擦擦汗,跟我打招呼。介绍说他自己从事独立的研究工作,有个非常好的科研项目,想从大学找一些专家和大学生一起做。我觉得很好奇,就问是什么项目。老先生从厚厚的文件里抽出一份给我,说:“年轻人,你看看,重大项目!”我拿过文件,题目就是《二十一世纪重大科研项目》。简单的浏览量一下,炎炎夏日,我竟吓出一身冷汗:原来他要做宇宙飞船。文件里描述了他的宏伟构想。稍有科学常识的人都知道航天器的复杂程度,从材料、化学、物理,到数学、电子、通讯、控制,几乎牵扯所有理工学科。载人航天器据说有数百万部件,即使倾举国之力,世界上也仅有寥寥几个拥有成熟的航天技术的国家,老先生居然要自己拉一个队伍做宇宙飞船!和他闲聊几句,发现原来他对航天器的认识与大明王朝的探月先行者万户相仿。

后来出国读书工作,又陆续接触了一些主动联系我的民间科学家——这大概是因为我常写科教文章,而他又急于找到途径宣传自己的“成果”。这些民间科学家所研究的课题从物理、数学到医学,繁杂得很。他们多半是把自己的“论文”——基本都是发表在主流学术期刊以外的杂志上。遇到这种情况,我一律婉拒。一来,这都不是我的专业;二来,我确实不知道如何应对,即

使是一望便知的自顾自话,我也不忍心伤害别人的感受。

想要从事研究工作,须接受专门的训练。这并不是用门槛把什么人拒之门外。更不是要贬低谁——获取知识、勤于思考、进行探索是每个人应有的权利。这更是学术自由的一部分。而实在是因为研究工作和所有的职业一样自己的规律、方法和规则。道理很简单——与之类似,你生病之后是否会选择向一个没有经过医学训练的人求助?假若你是企业家,又是否会把自己企业的财务大权交由一个没有会计资质、仅凭直觉决定收支的人处理?

总结起来,这些热衷“科研”的民间科学家朋友有不少共同点:

不懂得科学发现成为共识,并作为人类知识的一部分的一般规律。我们就拿那些随着引力波探测的报道,又开始质疑相对论的民间科学家来说,显然他们中的大部分不懂得科学发现是如何发表、被同行评议,被同行接受,理论又是如何在实践中得到检验的。有人危言耸听地说相对论就是“世纪骗局”。如哈佛大学何毓琦教授在他的一篇文章中所说,假若相对论是个骗局,在一个世纪的时间里,有那么多科学家都是同谋,这骗局实在是太高明了些。而相对论的议论一再被验证,并指导工程实践(如在全球定位系统GPS中的应用),却是这些信口开河的民间科学家朋友们所不了解的。

不具备从事科学研究所需的基础知识。各种五花八门的研究且不说,在我国民间有许多热衷于建造“山寨”飞机、潜艇,还有前述的宇宙飞船等等各种宏大项目的爱好者。这些事物我们

虽然都知道,甚至如飞机还常常坐,但它们简单的外表后面却是人类数十年上百年的研究、工程经验的积累,甚至不知道多少血的教训和生命的代价。而抛开专业知识就动手搭建,结果可想而知。这些“爱好”,往往耗资不菲,还伴有危险。散尽家财也就算了——毕竟“千金散去还复来”——但读到有人驾驶自己制作的飞机坠亡,真是觉得可惜。

不具备科学研究所需要的必备技能。且不说各个学科里各自所需的诸如实验技能,单单是从事研究工作最基本的逻辑、思辨、质疑的思维,就不是每个人都有的。即使再高明的科学家,也会犯错,甚至误入歧途,更何况是没有经过训练的普通人?科学家的论文、著作,不能说“句句有来历,字字有出典”,也须严谨异常。一组数据,能得出一条还是两条结论?一个现象,究竟是哪些个机理在起作用?如果是不止一个,哪个其作用更多?科学家每天的工作,就是不断地质疑,与误导、思维定势、惯性思维作斗争。与日常生活里恰恰相反,优秀的科学家,每天做得最多的,是审视自己的判断,自己的结论,自己的理论推导,自己的实验结果是否站得住脚,而不是肆意无理的批评别人。

一个严谨的科学家会用理性的思维就某一个观点做出严谨的分析,进行判断。所谓大胆的建设,小心地求证。“大胆的假设”固然重要,但“小心的求证”才是科学精神的体现。

文/邵鹏

作者简介:哈佛大学医学院博士后研究员。

(编辑 祝叶华)