



中学物理竞赛评析和其他*

黄晶

(杭州市学军中学 浙江 杭州 310032)

邱为钢

(湖州师范学院求真学院 浙江 湖州 313000)

(收稿日期:2020-01-15)

摘要:国内中学生物理3种类型的竞赛,奥赛侧重计算,学术赛侧重辩论,丘赛侧重自主创新.但是,这3种竞赛与真实的物理研究还是有一定的差距,后者由兴趣点燃,需要强烈和持续的热情.

关键词:物理竞赛 物理研究 兴趣

1 源起

中学生物理竞赛,本意是通过竞赛这种形式,发现具有物理学家潜质的青少年,让他们以更好更快的通道成长起来,包括但不局限于保送到双一流大学、大学招生优惠待遇等.大众最熟悉的是中学生物理奥林匹克(简称奥赛),其次是国际青年物理学竞标赛(简称学术赛),以及丘成桐中学科学奖(简称丘赛).

国际青年物理学竞标赛(IYPT),最初是1987年莫斯科州立大学组织莫斯科地区的高年级中学生的物理竞赛.共有17道开放性物理问题,以团队的形式研究题目,以辩论的形式比赛.目的是为大学招收物理人才提供一个有效的渠道.1988—1993年,推广到前苏联全国范围.1994年开始,在荷兰举行.IYPT组织属于欧洲物理学会.南开大学首先于2008年引入国内,分为大学生(CUPT)和中学生(CYPT)两种层次的竞赛^[1].

丘成桐中学科学奖借鉴了国际“英特尔科学奖”的组织与选拔模式^[2],力求打造一场殿堂级的顶尖中学生科学学术比赛,挖掘并培养那些不断追求真理,具有科学素养和热情、高知识储备的优秀中学生.以“创新、体验、成长”为核心要素,激发和提升

中学生对科学研究的兴趣和创新能力,通过打造参与式体验国际竞赛模式,发现和培养有前途的年轻科学人才,帮助他们更好地适应未来的挑战,实现自我成长.该奖项的设置旨在建立起中学生、中学教师同国际知名科学家之间的联系,激发中学生对于数学、物理等基础学科的研究兴趣与创造力.

2 不同之处

我们从几个特定的侧面对这3种物理竞赛做比较分析.从题目来源、解答时间和评判标准来看,奥赛题目是事先给定的,无论是理论题目还是实验题目,都必须在限定时间内完成.学术赛题目量是固定的,共17道,也是给定的,但是提前一年放出,选手们有充裕的时间来准备.丘赛的题目是自选的,理论上准备时间是一年,有些获奖的题目前期时间更长.第一届金奖题目“纸飞机的飞行动力学”,萌发于小时候玩纸飞机的经历.不管丘赛是否存在,题目就在那里,正好在合适的时间与丘赛相遇了.奥赛题目是有参考标准答案的,有严格的评分细则.学术赛没有严格意义上的标准答案,它的评判标准也不是与理想答案是否接近,而是看选手所用的理论模型、实验方案等是否遵循物理研究的一般方法,是否可以经得起各方的挑战.丘赛的题目是自选的,所以根本没

* 2019年度浙江省教育科学规划课题“具身认知视域下高中物理教学模式创新研究——以杭州学军中学为例”,课题编号:2019SCG027;浙江省“十三五”师范教育创新工程“中小学科技创新教育教师培养体系构建与实践”.

有统一标准答案. 通讯评委会直接毙掉超出高中生能力的文章. 半决赛的评委是国内双一流大学的物理教授, 总决赛的评委是国际顶级高校的物理教授, 有几届甚至是物理学诺贝尔奖获得者.

参与3类物理竞赛学生的感受是不一样的. 36届奥赛决赛总分第一学生的感悟是: 参加物理竞赛是不断学习和探索的过程, 可以让大家学到海量的物理知识, 掌握解决问题的方法和技巧, 感受到物理学的无尽魅力. 第一届丘赛物理金奖学生的感悟是这样的: 初中阶段通过网络自学麻省理工学院教授的课程. 在北京参赛时, 看到烟囱上的炊烟, 孩子们就兴奋了, 他们想研究风使烟发生的变化. 比赛前一天的晚上, 还去听了格林的讲座, 向诺贝尔物理学奖获得者提了一个据说吓倒一片人的问题: 除了暗物质和 $10 \sim 100$ TeV 能级的探索外, 我们还能借助什么线索去寻找标准模型和弦论的统一?

3类物理竞赛所要求的能力是不一样的. 第30届国际青年物理学家锦标赛中国国家队长介绍说, IYPT 比赛需要经历阅读赛题、建模、实验装置搭建、数据处理、PPT 制作、现场展示等多个环节. 丘赛学生所需的能力是兴趣驱动的自主研究能力. 以首届丘赛物理竞赛为例, 研究的是纸飞机如何飞得更远. 选手设计实验、收集数据、利用计算机软件分析数据与作图, 开展了一系列研究. 仅仅为了研究纸飞机拐弯的原因, 就花了好长时间. 这项研究很朴素, 用的设备都是中学实验室中有的, 包括纸张、皮筋、铁架子、传感器、滑轮, 甚至用风扇来进行风动实验, 看纸飞机要以何种角度起飞, 才能达到升力最大、阻力最小.

3 为何计算

中学物理奥赛所考察的能力, 以后科研可能会用到的, 可能就是解析计算能力. 那么, 真正物理研究所需要的这种计算能力是怎么体现的呢, 为何要计算? 我们听听一些物理学家对于所需的物理知识和计算能力是怎么评价的.

首先, 黄昆说: 学习知识不是越多越好, 越深越好, 而是应当与自己驾驭知识的能力相匹配(图1).

其次, 赵凯华说^[4]: 当一位成熟的物理学家进行探究性的科学研究时, 常常从定性的或半定量的方法着手. 这包括对称性的考虑和守恒量的利用, 量纲

分析, 数量级估计, 极限情形和特例的讨论, 简化模型的选取, 以至概念和方法的类比, 等等. 他们通过定性的思考和半定量的试验, 力求先对问题的性质, 解的概貌取得一个总体的估计和理解. 否则一下子陷入细枝末节的探讨, 往往会一叶障目, 只见树木, 不见森林. 这种定性或半定量的分析问题的能力, 对初学者来说却是最难不过的. 因为这要靠一定的物理直觉和洞察力, 没有相当的经验 and 功力是做不到的.

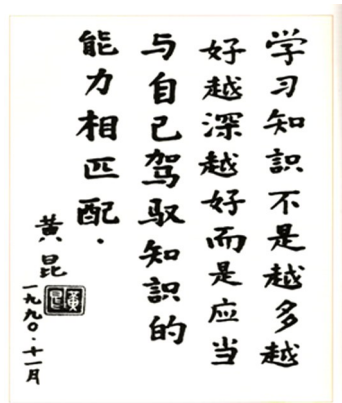


图1 黄昆对所需物理知识和计算能力的评价

于敏具有深刻的物理洞察力^[5], 快速的数学计算能力和非凡的记忆能力. 往往能把复杂的物理问题, 勾画出一幅清晰的物理图像, 提出不同阶段应该研究的科学问题, 并分别处理, 逐步解决, 在旁人看来, 真有点像“庖丁解牛”那样得心应手. 在技术路线上, 于敏把“物理分解”看作核武器物理基础研究的“基本环节”. 还要分解每个过程的物理现象, 研究其规律, 进而研究其机制和起主导作用的物理因素, 并通过数值模拟准确地再现这些过程. 在一个个因素弄清、一个个环节解决的基础上, 再分进合击, 综合集成. 一篇篇小文章, 成就一篇大文章.

杨振宁先生在二维 Ising 模型的后记中写过这样的段落^[6]: “于是我着手做了一个长的计算, 这是我的物理学生涯中最长的一个计算. 它曲曲折折, 处处都要用到一些技巧, 碰到数不清的障碍. 然而, 过不了几天, 总会发现一些新诀窍, 指明新的路子. 问题是, 我很快就感到自己处在一个迷魂阵里, 搞不清楚经过这许多峰回路转以后, 究竟是否比出发时更接近原定的目标. 这种感觉是非常令人沮丧的. 好几次我差不多要洗手不干了. 但每一次总有些什么东西把我拉回来, 通常是一个新的诀窍使事情豁然开

朗,哪怕是仅照亮了其中的一个局部.经过大约6个月的断断续续,终于,所有的片段突然融合在一起,产生了奇迹般的各项相消的情形.我眼睁睁的盯着出奇的简单的最后结果.”

北京大学物理学院理论物理研究所的郑汉青教授^[7],是在 Higgs 理论中作出贡献的唯一一个中国人.他计算的了 higgs 粒子到双光子反应的两圈费曼图,计算结果被用在 LHC 检测 higgs 的一个实验上.他回忆说“我那时候每天下午四点起床,读报,赶饭点去学一食堂,打一大盆猪食吃了,再回去睡觉.太阳下山以后起来去办公室,泡上一杯咖啡,开始算,中间除了抽烟,就不停了.算到早上六点,就回去睡觉.前后连续算了四十天,就把这个算出来了.”

戴森回忆说^[8],贝特(Hans Bethe,1967年诺贝尔物理学奖获得者)有一个非常棒的本领,他能做一些简单计算,尽管粗略,但却得到大致正确的结论.然后把这个问题拿来给戴森,由戴森来做更精确的求解.1953年春天,26岁即是康奈尔大学教授的戴森和自己的学生利用赝标介子理论计算了介子与质子的散射截面,得到了与费米的实验观测值十分相符的结果.喜不自禁地长途跋涉去告之费米,费米扫了一眼说,“有两种方式做理论物理学的计算.一种是我喜欢的,就是要对你正在计算的过程拥有一个清晰的物理图像.另一种是得到精确而且自洽的数学形式体系.这两者都是你的计算不具备的.”

超引力的主要发现者 Peter van Nieuwenhuizen^[9]说:“我们完成了非常非常复杂的计算.真的很复杂,我们算了好几个月,觉得肯定搞不定.但我的导师,诺奖得主 Veltman,他教我学会了用计算机,所以我决定用 Brookhaven 附近的 CDC 电子计算机来解决问题.第一批数据出来了,然后是第二批、第三批,依次往后.我们已经知道第一批数据中的系数都是零,因为在之前的运算中,它们都可以归零.关键在于是不是所有其他系数也都能归零.一批批的数据不断从 Brookhaven 出来—1 600,1 700,还是零—1 800,1 900,终于到第 2 000 个,所有的系数都为零.就在那个时刻,我知道理论成立了.”

我们再看一下科幻电影《星际穿越》中花了教授和他的学生墨菲近 30 年时间才解出的方程^[10],如图 2 所示.

MY EQUATION
for the Effective Action $S(A, S, Q)$

$$S = \int \sqrt{-g} dx^4 + \sum_{\text{branes}} \int (\sigma(x^4) - \sigma_0) L_{\text{brane}}$$

Where:

$$L_{\text{brane}} = \frac{1}{16\pi G_5} (R_5 - 2\Lambda_5) - \frac{1}{2} g^{ab} \nabla_a \phi \nabla_b \phi - \frac{1}{2} U(\phi)$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{\text{fields } i,j} W_{ij} \phi^i \phi^j$$

$$L_{\text{brane}} = \frac{K}{16\pi G_5} + \frac{1}{2} (Q^2 - \lambda) \nabla_\mu \bar{S} \nabla^\mu S + \frac{1}{2} \nabla_\mu \lambda \nabla^\mu \lambda$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{i,j} W_{ij} \phi^i \phi^j + \mathcal{H}(\text{standard model fields})$$

$$+ \frac{1}{2} V(\sqrt{[S - S_0(x^4)]^2 + [\lambda - \lambda_0(x^4)]^2})$$

$$+ (\text{Standard Model Terms})$$

图 2 《星际穿越》中求解的方程

他们是如何解这个方程的呢?在电影中,教授和墨菲一直在尝试,不断迭代:他们给出一个猜想,计算结果,放弃这个猜想,然后尝试下一个.一个猜想接着另一个,接着另一个,接着另一个……直到他们精疲力尽.第二天,他们又重新开始.墨菲的计算是为了爱,她渴望计算的结果会找到高维空间的秘密,可以让她找到消失在超空间中的父亲.超引力的计算是为了美,突破奖的设立者之一 Yuri Milner 曾这样评价超引力:“当我们想到人类想象力的伟大作品时,我们通常指的是艺术、音乐和文学.但一些最为深刻而美丽的作品是科学家创造的.过去几十年来,超引力一直激励着物理学家,这个理论中可能蕴含着关于现实本质的深刻真理.”

4 什么是最重要的

3种中学物理竞赛的初心是发现潜在的物理学家,但到底有多少成效呢?清华大学物理系系主任在“物理人才的选拔与培养——以清华物理系近20年的理念与实践为例”报告中提到^[11],最终成为国际一流物理学家的学生有一个共同特点,对科学具有强烈而持久的热情.热情(Enthusiasm),激情(Passion),无尽的奉献(Devotion),是一个科学工作者最基本的职业素质和职业素养,这三种品质优先级高于天赋和勤奋.

在2016年未来论坛对MIT物理系文小刚教授的访谈中^[12],没提到智商,但是多次提到了热情,提到了对真与美的追求.文教授之前在中国见过一个学生,说自己什么都能做好,考试全校第一,北大清

华这类顶尖学校也上了,一个典型的学霸.但是在文教授看来,这个学生好像丢失了灵魂.他追求的都是别人设立的标准,但是没有自己的追求,自己的兴趣.文小刚也提到了他最大的动力来自兴趣:“就是好奇心吧.就是感兴趣,想了解未知的世界,被好奇心驱使就这样一路走来.因为有了好奇心就会发现一些未知的东西,未知的东西又引起了更多的好奇,好奇心越来越强烈,能看到越来越多未知的东西”.诺贝尔物理学奖获得者丁肇中老师在复旦大学2019级本科生开学典礼上的寄语中提到^[13],他的父亲是数学系的教授,他的母亲是心理系的教授,在他开始学物理的时候,都非常反对,还跟他说学物理不是每个人都能学的,要有特别的天分才可以.他就跟他们说:“一个人在世上只走一次,要靠自己的兴趣.为了这个兴趣向前走,这才是有意义的.”他们两位听了这句话以后,就没有再反对了.他就想讲这几句话,希望大家能记住,一个人向前走,最主要的是兴趣.

5 对物理教育的启示

我们以文献[14]中提及的4位物理大师的话作为结束语.爱因斯坦:“兴趣是最好的老师”,杨振宁:“现象是物理学的根源”,海森堡:“科学扎根于讨论”,李政道:“物理学的精髓在于创新”.

参考文献

- 1 中国高中生物理创新竞赛官网[EB/OL]. <https://pt.nankai.edu.cn/cypt/list.htm>
- 2 丘成桐中学生科学奖官网[EB/OL]. http://www.yau-awards.science/?page_id=2&lang=zh

- 3 钱永昌. 兴趣驱动,自主成长——指导学生参加丘成桐中学科学奖获物理金奖的点滴思考[J]. 福建教育, 2014,Z5,32~34
- 4 倪光炯. 这才是物理——评《定性与半定量物理学》[J]. 中国大学教学, 1996(5),33~35
- 5 物理学家眼中的中国氢弹之父[EB/OL]. <http://zhishifenzi.com/news/multiple/5046.html>
- 6 Yang C N. The Spontaneous Magnetization of a Two Dimensional Ising Model[J]. Physical Review, 1952, 85(5):808~816
- 7 Zheng H Q, Wu D D. First order QCD corrections to the decay of the Higgs boson into two photons[J]. Physical Review D, 1990, 42(11):3760~3763
- 8 Dyson F. A meeting with Enrico Fermi[J]. Nature, 2004, 427(6972):297
- 9 David, Appeff. When supergravity was born[J]. Physics world, 2012(9):32~36
- 10 Kip Thorne. 星际穿越[M]. 杭州:浙江人民出版社, 2015. 265
- 11 物理人才的选拔和培养[EB/OL] <http://cbimg.cnki.net/Editor/2018/0802/gkwl/1fd00dd6-ce15-4e16-8a9e-1416ee57bc20>
- 12 文小刚访谈[EB/OL]. <https://www.yangfenzi.com/kexue/66082.html>
- 13 丁肇中. 论科学研究的原动力——好奇心是科学研究的原动力[J]. 上海交通大学学报(哲学社会科学版), 2002, 10(4):3~5
- 14 陈泽民. 基础物理教学的四个概念[J]. 物理与工程, 2006, 16(6):4~10, 28

Physics Competition Analysis in Middle School and Others

Huang Jing

(Hangzhou Xuejun High School, Hangzhou, Zhejiang 310032)

Qiu Weigang

(Qiuzhen School, Huzhou Teacher's College, Huzhou, Zhejiang 313000)

Abstract: There are three kinds of middle school physics contests, the first is Physics Olympiad without careful and tedious calculations none medals could be won. The second is Physics Tournament where debate show matter most. The third is Yau's Science(Physics) Award which needs truly and fully innovations. But there still exist a huge barrier between these contests and really physics research, which is ignited by interest and keep lighting by persistent and everlasting passions.

Key words: physics contests; physics research; interest