

# CUPT 问题解决策略研究

刘珊珊 赵芸赫 刘卫荣 李春密

(北京师范大学物理学系 北京 100875)

(收稿日期:2017-11-10)

**摘要:**近年来, CUPT 及相关竞赛在国内的发展和推广得到了社会大众的重视. 中国大学生物理学术竞赛 (China Undergraduate Physicists Tournament, 简称 CUPT), 是一项面对大学本科学生的, 以培养和考查学生的创新意识、创新能力、协作精神和实践能力为根本理念的物理竞赛活动. 本研究从问题分析、实验理论、实验建构和其他 4 个方面, 结合题目实际, 分析在 CUPT 问题的解决过程中容易出现的问题, 并以物理(科学)研究方法为基础, 提出 CUPT 问题解决的策略和建议.

**关键词:**中国大学生物理学术竞赛 问题解决策略 创新人才培养

## 1 问题的提出

2008 年南开大学物理科学学院参照国际青年物理学家竞赛 (IYPT) 活动的模式, 每学年在校内组织物理学术竞赛, 参赛学生为物理相关专业本科生. 2010 年, 南开大学进一步将此竞赛扩大到全国, 成功举办了第一届中国大学生物理学术竞赛 (China Undergraduate Physicists Tournament, 简称 CUPT)<sup>[1]</sup>. CUPT 比赛是一项由大学组织实施、面向物理专业相关本科生的、以团队对抗为形式的物理竞赛. 它以培养和考查学生的创新意识、创新能力、协作精神和实践能力为根本理念. CUPT 题目也采用 IYPT 题目, 参赛学生们根据给定的 17 道开放性的物理问题进行研究. 研究过程中, 题目相关知识、实验方案均由参赛学生自行查找、设计, 并根据得出的结果和其他队伍选手进行辩论, 比赛成功也必须依靠团队的合作<sup>[2~5]</sup>.

目前, 对于 CUPT 的研究主要集中在其题目、教育功能及竞赛类比的研究方面, 受 CUPT 题目开放性大的特性影响, 对于 CUPT 问题解决策略的研究较少. 但对于 CUPT 问题解决策略的研究, 在帮助参赛学生解决问题的同时, 还能更好地指导学生掌握科学研究方法.

## 2 CUPT 问题解决过程中易出现的问题

研究 CUPT 问题解决策略, 要先明确解题过程

中易出现的问题, 这既不能脱离 CUPT 问题本身, 也不能脱离参赛学生对解题过程的主观影响. 因此, CUPT 问题的解决过程受到各种内外外部因素的影响, 这些因素会导致各种问题的出现<sup>[6]</sup>.

### 2.1 影响 CUPT 问题解决的因素

CUPT 问题解决的过程受多种因素的影响, 影响 CUPT 问题解决的因素可被分为内部因素和外部因素, 内部因素主要包括学科知识、认知方式、心理定势、动机和信念、人格特性等; 客观因素主要包括问题表征、外部指导等. 有些因素能促进问题的解决, 有些因素则妨碍问题的解决. 如 CUPT 问题的表征, 若问题表征的方式直白, 能够直接提供适合问题解决的线索, 则便于找到正确的解题方法和策略; 若问题表征的方式模糊, 掩盖或阻挠了问题解决的线索, 则增加了参赛学生解决问题的难度, 对解题的思路存在误导.

### 2.2 问题分析方面容易出现的问题

#### (1) 题目分析问题

虽然大多 CUPT 题目都十分清晰明确的表述了要研究的物理情景和有关问题, 但仍有许多 CUPT 题目在内容呈现上设置了“陷阱”, 导致参赛学生对题目的审题就出现了问题, 使参赛学生错过了问题研究的重点, 甚至于使参赛学生研究的思路与题目实际的问题产生了偏移. 如 2015 年 CUPT 第 15 题 Thick Lens (厚透镜), 题目中明确要求研究的问题是 Can one use such a ‘lens’ to scorch a

surface? (可以用这样的“透镜”来烤焦一个表面吗?),其中单词“scorch”在当前语境下的含义为烤焦,但许多参赛学生根据自己的经验将问题理解为了用厚透镜将一个表面点燃,反而忽略了问题中明确指出的“烤焦”,导致问题解决过程中对实验现象的研究从头至尾都是错误的。另外,参赛学生在解决问题前就会对问题中的“关键词”进行梳理,但很多时候在问题的解决过程中忽略了它们的作用,导致“关键词”不关键,也影响了参赛学生对问题的理解和对解题方法的设计,使问题的解决不完整。

### (2) 解题思路问题

对于第一种问题,可以采取团队内部讨论交流和寻求外部指导的方法,扩宽思维,尝试解决问题。对于第二种问题,不同解题思路可能有对有错,首先应排除错误的思路,对于均有一定道理的解题思路,要求同存异,选取或修正其中最简洁、最合理的解题思路;对于第三种问题,应适当地应用外部指导,避免对题目本身解决的文献的引用,避免向老师、学长提问与问题解决思路直接相关的问题。

## 2.3 实验理论方面容易出现的问题

### (1) 实验理论构建问题

原则上,理论是否正确可以用实验进行验证,但因 CUPT 问题实验设计多较为基础简单,个别题目会存在实验所求得的物理量数值与理论计算得出的在一定范围内能够很好的匹配,但理论的构建是存在问题的,甚至是错误的,尤其个别问题有关参考文献中所构建的理论就存在这样的错误,导致很多参赛学生未能发现理论的错误。

### (2) 数学推理问题

数学推理问题是 CUPT 问题解决中最常见也最重要的问题之一,因为初始条件、边界条件难以确定,或数学公式推导难度过大,许多 CUPT 问题至今仍仅能用定性的方法解释。对于难度过大的数学推理问题不予考虑,仅讨论能够通过化简等手段解决的问题与推导过程复杂或错误的问题。

## 2.4 实验构建方面容易出现的问题

### (1) 实验设计问题

实验设计的要求是使实验目标明确,装置简洁,操作简单,现象明显,结果易测量,但在实际问题解决中很难达到上述的全部要求。如 2015 年 CUPT 第 8 题 Sugar and Salt(糖和盐),多数参赛学生虽对实

验装置进行了改进或自制,也降低了一定的操作难度,但实验操作仍是困扰本题解决的难点之一。

### (2) 实验仪器问题

CUPT 实验仪器主要有 3 类,即实验室仪器、参赛学生改进的仪器和自行设计制作的仪器,实验仪器方面涉及的问题主要是如何选用这几类仪器。CUPT 实验仪器选用的基本要求是符合实验要求并有清晰的实验现象,同时尽量减小实验误差。

### (3) 数据测量问题

CUPT 实验方面最一致也可以说目前最难以解决的问题就是实验数据测量的问题。CUPT 实验数据的测量多为间接测量,几年来参赛学生常用的方法是用 Tracker 软件对实验视频进行分析,但近两年 Tracker 软件分析暴露出的缺点也越来越被人们所重视,视差、自动描点的误差在实验现象多为微观的情况下过大,甚至可能直接影响计算的结果。虽然大家都已明确了 Tracker 软件分析存在的问题和局限性,但遗憾的是目前仍旧没有一种更合理好用的测量方法可以取代 Tracker 软件分析。

### (4) 实验安全问题

实验安全问题包括人身安全和财产安全两部分。CUPT 实验中经常会用到高功率的激光和改进实验仪器材料的工具,对它们的不正确使用都可能对人身安全造成伤害。财产安全则主要指错误的操作会对实验器材造成的损坏。

## 2.5 其他方面容易出现的问题

### (1) 团队合作问题

CUPT 竞赛是团体性的竞赛,而不是单人比赛,因此团队的合作贯穿始终及其重要,但也最容易出现问题。

### (2) 问题解决完整性问题

对问题的解决缺乏完整性也是参赛学生们在比赛中常遇到的问题。辩论赛的形式要求 CUPT 问题的解决要具有完备性,但很多参赛学生忽略了这个要求,因为在参赛学生看来,CUPT 问题解决的关注点应该是克服理论、实验上存在的困难,而不该把时间和精力放在那些一目了然的结果的验证上,这也间接导致许多参赛学生的研究结论与问题本身相差甚远。

### (3) 后续研究问题

经过 CUPT 比赛中与对手的讨论和裁判的点

评,参赛题目在问题解决中存在的问题和错误都被暴露了出来,但多数参赛学生在赛后就放弃了对问题的继续研究。

### 3 CUPT 问题解决策略建议

物理学是在对自然现象观察的基础上从科学实验和生产实践中总结发展起来的,研究物理问题解决,也应遵循物理研究方法。

#### 3.1 物理(科学)研究方法及特点

(1) 将物理(科学)实验与数学推导相结合,既注意逻辑推理,又依靠实验检验,构成一套完整的科学研究方法.其程序大致如图1所示。

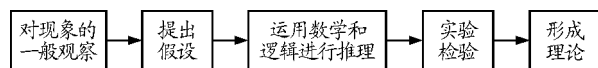


图1 科学研究方法流程图

(2) 在实验中主观地忽略部分次要因素,以创造理想化的实验条件.在尽量保证实验条件符合数学推导要求的基础上,改变实验测量条件,使实验数据更易于测量。

(3) 用实验验证理论。

(4) 将实验与理论联系起来。

#### 3.2 问题分析方面容易出现的问题解决策略建议

##### (1) 题目分析问题

要避免题目分析出现问题,首先要注意 CUPT 问题原文的阅读,CUPT 问题原文为英文,许多参赛学生为图方便而直接选取中文翻译进行问题分析,但许多中文译文中存在翻译问题,阅读原文则可以避免这些问题;其次,对问题原文的阅读,为避免跳过重要关键词,要做到逐词翻译,结合问题情景整体理解;之后,在问题解决后,将问题结论与关键词对照,核实关键词是否对问题的解决和实验的结论产生影响;最后,CUPT 竞赛是团队竞赛,对于题目的分析需要队员集思广益,集体讨论,并最终确定题目分析方法和解决策略。

##### (2) 解题思路问题

对于没有解题思路的问题,可以采取团队内部讨论交流和寻求外部指导的方法,拓宽思维,尝试解决问题;对于存在多种解题思路的问题,不同解题思路可能有对有错,首先应排除错误的思路,对于均有一定道理的解题思路,要求同存异,选取或修正其中最简洁、最合理的解题思路;对于解题思路受外界影

响较大的问题,应适当地应用外部指导,避免对题目本身解决的文献的引用,避免向老师、学长提问与问题解决思路直接相关的问题。

#### 3.3 实验理论方面容易出现的问题解决策略建议

##### (1) 实验理论构建问题

对于理论的构建不能只简单地对比理论数据和实验数据是否匹配,而应将构建的理论放入相关物理情景中考虑,是否具有科学性、合理性,如从逻辑思维角度就不适合,则可以排除此理论,重新构建理论.如难以通过逻辑思维验证,则应设计更多的验证实验,以核实理论的有效性。

##### (2) 数学推理问题

对于难以进行数学推导的问题,应先考虑修正理论公式,采用化简、类比、省略极小项等方法,尝试求解,要注意最后对其进行误差分析.推导过程复杂就容易出现错误,因此对于理论的数学推导应尽量科学简洁,在计算过程中要注意不要遗失不能省略的物理量。

#### 3.4 实验建构方面容易出现的问题解决策略建议

##### (1) 实验设计问题

对于个别探究性、开放性问题实验的设计要尝试打破中规中矩和“惯例”的壁垒,才能设计出更适宜的实验。

##### (2) 实验仪器问题

实验仪器的选取应优先考虑已有的实验室仪器,因为实验室仪器原理明确,稳定性好;在实验室仪器不能符合实验要求时,则需考虑修改实验装置设计,或自行改进、自制仪器,其中需要注意的是,并非经过改进的仪器和自制仪器一定优于实验室仪器,反而实验室仪器在各种性能上多比改进、自制仪器好,参赛学生需慎重对待实验仪器的改进和自制,做到不盲目。

##### (3) 数据测量问题

鉴于目前没有一种更合理好用的测量方法可以取代 Tracker 软件分析,要解决数据测量问题重要基于 2 个方面.第一,Tracker 软件的使用,要更加规范化、细致化,通过修正公式、控制变量等方法,尽量减少数据误差和客观因素的影响,增加测量数据的准确度;第二,尝试开发新的数据测量方法,以取代 Tracker 软件。

##### (4) 实验安全问题

在人身安全方面,要注意培养参赛学生安全实验的意识,在实验仪器选择、实验具体操作方面,严格要求,要保证参赛学生做到不伤害自己、不伤害别人、不被别人伤害.在财产安全方面,在实验前要充分了解实验器材的结构和功能,尽量做到会使用、会改进、会维修.

### 3.5 其他方面容易出现的问题解决策略建议

#### (1) 团队合作问题

CUPT 问题的解决要从理论和实验两方面入手,因此虽然不要求团队中每个人都同时擅长理论推导和实验设计操作,但团队人员构成要合理,进行理论推导和实验设计操作的人员配置要平衡.对于负责题目的分配要综合考虑个人兴趣和個人能力(理论实验),原则上对于每道题目至少有两个人同时负责,以便于沟通讨论和发现问题.在比赛过程中,团队成员也要互相配合、讨论,明确分工.

#### (2) 问题解决完整性问题

CUPT 问题解决方法的创新十分重要,但基础理论的验证仍是问题解决重要的组成部分,对 CUPT 题目进行扩展研究的前提,是要先解决基础问题,形成完备的结论.

#### (3) 后续研究问题

CUPT 活动并非单纯的物理竞赛,对 CUPT 问题的解决目的也不仅在于参赛,更是培养参赛学生的科研能力,因此参赛学生应树立严肃认真的科研态度,进一步修正、完善问题的解决,并提出对题目的思考.

### 3.6 CUPT 问题解决策略建议

基于对 CUPT 问题解决过程中易出现的问题的分析,建议 CUPT 问题解决的策略如图 2 所示.

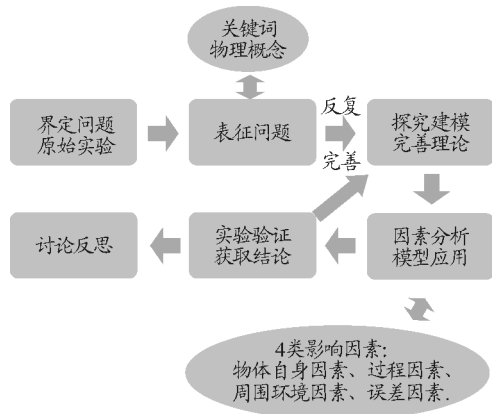


图 2 CUPT 问题解决策略

(1) 界定问题,原始实验 —— 对 CUPT 问题本身进行分析,确定题目要求研究的问题,并根据问题内容复原原始实验(预实验);

(2) 表征问题 —— 对 CUPT 问题进行表征,分析关键词及相关物理概念;

(3) 探究建模,完善理论 —— 根据 CUPT 问题分析,明确有关理论,并根据题目情况构建完善物理模型,完成数学推理;

(4) 因素分析,模型应用 —— 对影响 CUPT 问题解决的因素进行分析,并尝试根据构建的理论模型设计验证实验;

(5) 实验验证,获取结论 —— 进行实验,并将实验结果与理论推导对比,得出结论(实验验证理论);

(6) 谈论反思 —— 对 CUPT 问题解决过程进行梳理,分析仍存在的问题和解决的方法.

## 4 结论

对学生参加 CUPT 竞赛解决问题过程中遇到的问题进行梳理,提出解决建议,并形成“界定问题,原始实验—表征问题—探究建模,完善理论—因素分析,模型应用—实验验证,获取结论—谈论反思”的 CUPT 问题解决策略,在帮助学生更好地解决 CUPT 问题的同时,还能培养学生形成科学严谨的学术研究态度,掌握科学研究方法.

## 参考文献

- 李川勇,王慧田,宋峰,等.中国大学生物理学术竞赛及其对培养学生综合能力的作用.大学物理,2012(05):1~4
- 张晚云,曾交龙.大学生物理学术竞赛及其对学生全面素质与创新能力的强化作用.高等教育研究学报,2011(03):113~115
- 张晚云,曾交龙,陆彦文,等.依托大学生物理学术竞赛培养高素质创新人才.大学物理,2011(06):35~37
- 黄潇潇.中国大学生物理学术竞赛的作用探析.高等理科教育,2014(04):92~96
- 李业凤.依托物理学术竞赛平台探索培养学生的实践创新能力.实验技术与管理,2014(05):14~16
- Robert J. Sternberg, Wendy M. Williams 著.教育心理学[海外中文图书]教与学的理论与实践.陈有儒,等译.台北:华腾文化股份有限公司,2010