

2015届硕士专业学位研究生学位论文

学号：2013300154

曲阜师范大学



高中物理竞赛 力学部分辅导方法研究

论文作者：冯立迎

指导教师：陈万平 教授

朱本田 正高级教师

培养单位：物理工程学院

专业学位类别：教育硕士

专业学位领域：学科教学（物理）

2015年5月20日

摘 要

人才的多样性要求学校素质教育的多样性。中学生物理竞赛是适合学生个性发展的一项赛事活动，是学校物理教学手段的有效和必要的补充。力学作为其他物理学的知识基础和方法基础，学好高中物理中的力学，对学生参加中学物理竞赛和培养学生思维能力有着不可忽视的基础性作用。

通过对高中物理新课程标准、高中物理竞赛大纲和 2005 年到 2014 年全国中学生物理竞赛复赛试题等几个不同角度详细研究分析力学内容的权重和地位，探讨力学部分在物理竞赛知识体系中的基础作用。

通过文献法、调查问卷和采访形式，结合具体学生案例以及与国内知名教练交流采访，进一步探讨力学部分在物理竞赛知识体系中的基础作用，探索创造物理情境，激发学生探索新知识的动机，引导学生去探究难度更大、适用范围更广的新知识。

结合自己十八年的物理竞赛辅导经历，浅谈如何进行力学基础的打造，探讨如何进行循序渐进的打好力学知识基础，怎样让学生建立物理概念、把握物理规律和掌握物理解题方法，引导学生运用已学的物理知识和物理方法(微元、近似、对称、等效等)。举例说明如何培养力学题目解题的能力，培养中学生对物理竞赛的兴趣，最后转化为志趣。

最后得出结论：作为物理学的基础——力学知识，是物理竞赛内容的基础，在物理竞赛中占有不可替代的重要作用。为了让众多喜欢物理，热衷于物理竞赛的中学生打下扎实的物理基础，从基础入手，深刻理解物理学的概念，把握物理规律，多总结解题的方法和规律，为学习物理其他部分知识打好知识和方法基础。

关键词：力学；物理竞赛；基础性作用；解题方法

Abstract

The diversity of talents requests the school to vary the quality education. High school student physics competition is a competition activity that designs for the development of students' individuality, replenishing the physical teaching means effectively and necessarily in the school. As the foundation of knowledge and methods for other physics, for high school students to participate in physical contests and think skills, students have a negligible effect on the basis of sex.

In analyzing the weight and the position of the mechanics knowledge from different angles in details through reach on new curriculum standard for the high school physics, physics teaching syllabus for full-time general high school, high school physics competition syllabus and, the national high school physics competition test questions from 2005 to 2014, the paper explores how mechanics plays the basic role in the physics competition knowledge system.

Through the literature method, questionnaire and interview with the specific case of students, and through communicating with domestic well-known coaches, the author wants to further explore how the mechanical part plays the basic role in the physics competition of knowledge system, to explore how to create physical situations to inspire the students to have the motivation to explore new knowledge, to guide students to explore the new knowledge which is at a higher level and which has more extensively applicable scope.

Combining with the 18 years of the physics competition coaching experience, the author talks about how to build the basic background of mechanics, especially how to make it step by step how to enable the students to understand the physical concept and master the laws of physics and the physical problem-solving method, guiding the student to use the physics knowledge and methods (micro yuan, approximation, symmetry and equivalence, etc.) have learned. The authors also illustrate how to develop problem-solving ability for mechanical problems by examples, aiming to cultivate high school students' interest in the physics competition, finally to make them to convert it into inclination.

Finally, the author draws the conclusion: mechanics knowledge as the basis of physics, is the foundation of the physics competition content, playing an irreplaceable role in the physics competition. In order to make many high school students who like physics and are keen on physics competition to lay a solid physical background, the students need to start from the basis to deeply understand the concept of physics, master the laws of physics, summarize the problem solving methods and rules, so that they will lay the knowledge and methods foundation for the learning of other parts to study physics knowledge.

Key words: mechanics, physics competition, foundational role, problem-solving methods

目 录

摘 要	I
Abstract	II
第一章 绪论	I
1.1 本课题研究的背景	1
1.2 本课题研究的意义	2
1.3 本课题的研究方法和目的	4
第二章 力学在中学生物理竞赛中地位的调查与分析	5
2.1 高中物理新课程标准中力学内容占重要地位	5
2.2 我国高中物理竞赛大纲中力学部分的地位分析	5
2.3 历年物理竞赛试题力学内容地位的分析	6
2.4 案例调查与访谈	9
第三章 高中物理竞赛力学部分辅导方法与规律	15
3.1 力学部分概念的形成	15
3.2 力学部分物理规律的把握	17
3.3 力学部分物理解题方法的培养	22
第四章 研究结论、展望及局限性	37
参考文献	38
附 录	错误！未定义书签。
附录一 高中物理课程结构课程模块说明	错误！未定义书签。
附录二 全日制普通高中物理教学大纲中力学知识点	错误！未定义书签。
附录三 我国高中物理力学部分竞赛大纲	错误！未定义书签。
附录四 20052014年全国中学生物理竞赛部分复赛试题	错误！未定义书签。
附录五 关于全国中学生的物理竞赛力学部分基础作用的访谈调查	错误！未定义书签。

第一章 绪论

1.1 本课题研究的背景

在科技高速发展的今天，科教兴国是我国的一项宏伟战略，对科技工作提出了新的更高的要求。作为一门重要的基础学科的物理学，是我国发展科技事业，提高我国国民科学素质的一条重要途径和保障。作为选拔更高层次培养人才的物理竞赛活动也是中学物理教学的一个组成部分。

1.1.1 国际物理竞赛概述

中学生国际奥林匹克物理竞赛的英文名称 International Physics Olympiad 简称 IPhO), 1967 年的春天在波兰举办了第一届，非常成功，这一届只有五个国家派出代表队参加。后来随着苏联的加入扩展到 8 个国家。

从 1972 年开始范围逐渐扩大，赛事得到了越来越多国家的认可、欢迎和重视，迅速发展壮大。经过 30 多年来的成功举办，联合国科教文组织对它充分认可和肯定，为了表彰它的贡献，国际物理教育委员会还特地向它颁发了永久性的铜质奖牌，由每年的举办国轮流精心保存。

亚洲物理奥林匹克竞赛简称 APhO，就是起源于国际物理奥林匹克竞赛，是目前亚洲最大、最为重要的物理学科比赛。2000 年 4 月第一届亚洲物理奥林匹克竞赛 (APhO) 在印尼成功举办，由印尼国家队领队 Yohanes 和 IPhO 主席 W Gorzkowski 教授，一同着手筹备。每年举行一届，已经有 14 年的历史。我国每届派 8 名选手参加，并且获得了较好成绩（因第二届在台湾地区举行没有参加）。

1.1.2 国内奥林匹克物理竞赛概况

我国的中学生物理奥林匹克竞赛是由中国科协主管，中国物理学会主办，从 1984 年开始举办的。竞赛活动得到了历届中国物理学会领导如周培源、钱三强、黄昆等的高度重视和精心指导。从 1984 年北京市承办第 1 届至今，已经连续举办了 31 届。31 年来，参加物理竞赛的中学生数量由每年几万人，发展到近几年的 50 多万人，和数学竞赛一起成为国内最受中学生欢迎、规模最大的学科比赛。奥林匹克物理竞赛活动后来得到了教育部批准，从 1999 年开始，竞赛优胜学生（国家、省一等奖）获得高考加 20 分或保送进入高等学校的资格。这些学生后来得到了高校的高度认可。^[1]

全国中学生物理竞赛每年举行一次，地市的教育主管部门举办预赛，各省物理学会主办的复赛，中国物理学会主办的决赛。都包括理论笔试，复赛和决赛还要加考实验操作。

预赛和复赛分别由各省、市、自治区物理学会省市竞赛委员会组织执行，决赛由全国竞赛委员会组织。预赛、复赛和决赛的理论命题以及决赛的实验命题由全国竞赛委员会统一组织。因为复赛实验统一考试确实存在太大困难，因此复赛实验由各省物理学会命题，命题范围必须在全国竞赛委员会的实验指导范围内。预赛具有群众性和激励性，重在群众性参与，而复赛、决赛则具有选拔性的使命。

各省通过复赛考试中学生的笔试和实验考试的总成绩，定出全国中学生物理竞赛各个奖项的获得者，包括全国中学生物理竞赛一、二、三等奖（省赛区）的得主，再从一等奖中选出成绩优胜者组成省队（直辖市、自治区队），代表各省中学生参加全国中学生物理竞赛决赛。随着参加预赛的中学生人数逐年增加，决赛名额也连年上升，决赛的规模逐年扩大，由前十几届 100 人左右，2008 年激增到 210 人，2009 年决赛名额则到了 280 人。在决赛中，选出金牌获得者组成集训队，经过集中训练，代表国家参加国际奥林匹克竞赛。通过培训，选拔出 8 名和 5 名优秀选手分别组成代表队代表中国参加亚洲和国际物理奥林匹克竞赛。^[2]

1.2 本课题研究的意义

1.2.1 在中学开展物理竞赛的意义

全国中学生物理竞赛试题的内容既立足于高中基础知识，又不拘泥于高中基础知识。但它又不是大学内容。

物理竞赛的考试内容对学生具有挑战性，可以磨练学生们的意志，锻炼学生们的思维；改进中学生学习物理的方法，增强物理学习能力，竞赛采用激励、选拔的考察策略，具有培养性的功能。物理竞赛的指导思想是促进中学生提高学习物理的兴趣和培养他们的科技素养，为国家储备高科技人才；物理竞赛可以促使学校开展多样化的课外活动，社团活动，活跃学习物理的气氛，有利于为国家早期发现和培养物理方面的科技型人才，使得有才能的中学生脱颖而出，为国家社会的现代化发展培养后备力量。^[3]

随着科学技术的高速发展，未来国家之间的竞争发展为高科技人才的竞争。未来优秀的高科技人才来源于今天的中学生，在当今中学生中培养一大批英才，是国家教育的宏观战略。物理竞赛的执行者是各级物理学会，而参加竞赛的人员是中学生，考试内容和范围不超过中学生所能接受的物理知识，但却又高于中学物理学习内容的范畴。

中学物理竞赛的内容与中学物理教学大纲相比，其深度和广度都有较大的提升。知识涉及的领域更宽、更广，问题难度更大、更新颖，要求参赛学生必须具备较高的物理基础知识、较高的物理学习素养和灵活的物理解题技巧。需要中学生具有活跃的思维、强烈的求知欲望和百折不挠的进取精神，物理竞赛活动能鼓励他们去探索和创造。^[4]

1.2.2 我国奥林匹克物理竞赛的社会效益

(1) 为基础学科人才的早期发现和培养做出了较大的贡献。物理竞赛成绩优异的中学生自然成了名牌大学理工科的优选对象,开展物理竞赛 30 多年来,很多前期参赛的优胜者已经成为物理学及其相关学科优秀人才,在各行各业成了中坚力量。

(2) 提高了中学物理教师教学水平。从全国中学生物理竞赛举办开始,30 年来,涌现了一大批认真钻研物理教学和物理竞赛辅导业务中青年教师,大大提高了中学物理教师教学水平。竞赛对中学物理教师的队伍建设起了积极促进作用,对促进重点中学的物理教学水平提高起到了尤为明显的作用。

(3) 改善和提高了中学物理实验教学条件和教学水平。由于高考物理不考实验操作,因此有些条件差的中学和物理实验教学和实验室建设存在认识上不足的学校,中学物理实验教学条件和教学水平十分落后。物理竞赛促使一些落后的中学积极建起了比较完整的实验室,普遍提高了中学生的实验水平。

(4) 在国际奥林匹克物理竞赛中为祖国争了光。

1.2.3 我国中学生奥林匹克物理竞赛在普通高考和高等学校自主招生中的作用

现在社会施行的高考制度是以各省为单位,考试内容由国家统一制定,考题由客观题与主观题两部分组成,考试的形式采用闭卷笔试方式。高校根据考生的考试成绩,参考德、智、体等方面,一次性择优录取,高考几乎是一考定终身的考试制度,高考试题的信度、效度难以满足高校选拔人才的需要,还存在许多不科学和不完善的地方,因此高校自主招生成高考另一种选拔人才的必要补充方式。

自主招生,就是由各高等学校按照需求自己组织的招生考试方式。这种考试方式侧重考查学生的个性特长和培养潜能,是一种有别于高考的选拔性考试。高考考查侧重的是学生的应试能力,把学生的考试分数作为单一维度的评价标准来衡量学生智能的高低。为适应学生的智能的多元化考试和选拔,高校对参加自主招生考试的考生有较高的素质要求和条件限制,招生对象必须具有较高的综合素质,或者在某方面有超常的能力或培养潜能,或者在学科竞赛、科技发明、文学创作中获得过优异成绩的。^[5-6]

在全国中学生学科竞赛中,数学、物理、化学、生物和信息五科每年都举办一届竞赛,在竞赛中获得决赛第一、二、三等奖和复赛一等奖的同学,就当之无愧的成为了高校生源大战中倍受高等学校青睐的香饽饽,而物理和数学竞赛的获奖者则更受名牌高校的青睐。他们有的在高考时被免试录取,有的享受高考加分等待遇,有的参加高等学校自主招生获得降分录取的资格,降分幅度达有的到80分,甚至只要过当地重点线的分数就录取。获得较低奖项的同学,至少也可以获得高校自主招生的机会。

理工类高校专业自主招生选拔考试的内容大多数考物理，考试内容的难度远远大于高考的难度，但自招试题的难度比复赛试题难度低一些，因而参加比赛的同学参加自主招生考试时，大多数同学能够取得比较好的成绩。鉴于此，在近几年里中学物理竞赛广受关注，尤其受到那些有条件开设物理竞赛辅导课的学校的高度重视，物理竞赛辅导也因此成为很多学校物理教学的重要的一部分。

1.3 本课题的研究方法和目的

笔者采用文献法认真阅读了大量国内外的有关文献，对 30 多年来的高中物理竞赛的内容，特别是力学内容进行了认真研究分析，为本文的研究打下较好的基础。从实证的角度出发，利用问卷调查和访谈法，统计分析了中国中学生物理竞赛从第 22 届至第 31 届的复赛试题中的力学部分在试题中所占据的地位和作用。

结合本人 18 年来的物理竞赛辅导的实例研究、访谈研究，为高中物理竞赛力学部分的基础打造提出建议和方法。本文研究对象和服务对象仅限于参加过物理竞赛的学生和战斗在物理竞赛辅导一线上的同仁们，有些结论和经验性的做法仅限于正面的探讨，负面的影响暂不涉及。

第二章 力学在中学生物理竞赛中地位的调查与分析

2.1 高中物理新课程标准中力学内容占重要地位

作为中学生物理竞赛知识基础的高中物理课程，是参加物理竞赛的中学生首先学习的物理知识载体，也是中学生打开神圣物理科学殿堂的钥匙。

高中物理新课程标准课程模块说明（见附录一）设置了共同必修模块和三个系列的选修模块：模块必修一、必修二，和选修系列一、二、三。其中必修一和必修二两个模块的内容全部是力学知识，而其它模块虽然分别是电学、光学、磁学、热学等不同的知识块，但是每一模块都穿插着力学的知识，力学就像是一根穿项链的细绳，将物理学的各个知识模块串联起来，力学在高中物理学科中起到了知识和方法基础性。例如：在处理打点纸带上某点的瞬时速度，涉及微元法的思想，求纸带加速度用图像法，验证力合成时遵循平行四边形法则的实验中，涉及的等效替代思想，都会在以后各章节的学习中常常用到。

2.2 我国高中物理竞赛大纲中力学部分的地位分析

《全国中学生物理竞赛内容提要》几经修改，可行性越来越强。现行的是 2011 年修订后经全国中学生物理竞赛委员会第 30 次全体会议通过，从 2013 年开始实行的新纲要。表 3 和表 4 是力学知识点的统计情况。

表 3 力学知识点的统计情况

运动学	牛顿运动定律	物体的平衡	动量	角动量	机械能	万有引力	流体静力学	振动	波和声	总计
21	11	5	6	4	10	4	2	12	12	87

表 4 物理学各分支知识点的统计情况

力学	热学	电磁学	光学	近现代物理	总计	力学所占比率
87	51	85	21	33	277	31.4%

从以上两表可以看出实行的《全国中学生物理竞赛内容纲要》中规定的知识点总计 277 个，而力学知识点就有 87 个，所占比率最多，为 31.4%，超过了三成。电学和磁学加在一起才 85 个知识点，比力学还少两个，足可见其重要性。

《全国中学生物理竞赛内容提要》中规定的内容顺序，力学排在最前面，也说明了力学的基础性地位。

2.3 历年物理竞赛试题力学内容地位的分析

2.3.1 纯力学题目所占比例

笔者对 2005—2014 十年的全国中学生物理竞赛复赛试题进行了深入的剖析,对历届试题中纯力学题目所占的分值和权重进行了仔细的分析统计, 如表 5 所示。^[7]

表 5 历年物理竞赛试题纯力学题目所占比例统计

题号 分值 年份	1	2	3	4	5	6	7	8	力学所 占比值
2005	力学 15 分					力学 25 分	力学 25 分		65 分 40.6%
2006	力学 23 分	力学 25 分							48 分 30%
2007	力学 20 分	力学 25 分							45 分 28%
2008	力学 5 分	力学 21 分	力学 22 分						48 分 30%
2009	力学 10 分	力学 20 分	力学 15 分					力学 20 分	65 分 40.6%
2010	力学 15 分	力学 20 分	力学 22 分						57 分 35.6%
2011	力学 20 分	力学 20 分	力学 25 分						65 分 40.6%
2012	力学 17 分	力学 23 分	力学 25						65 分 40.6%
2013	力学 15 分	力学 20 分	力学 25 分						60 分 37.5%
2014	力学 12 分		力学 20 分	力学 24 分					56 分 35%
									总 574 分 36.5%

由上表得出以下几点结论:

一、纯力学题目在历年复赛试题中除 2005 年有两道力学题靠后外, 其余年份都设置在前面。这种设置一是为了和中学生在中学物理学习顺序一致, 符合他们的认知和学习规律; 也为了和高考题目相同, 符合中学生在中学养成的做题习惯和认知思维习惯, 利于学生更好发挥。二是因为力学内容是其它题目的基础, 有利于其他问题的解决。

二、从上表数据分析可知近十年来的试题设置, 纯力学题目的分值和所占比率, 最多的是 2005 年、2009 年、2011 年和 2012 年, 分值 65 分, 占总分的 40.6%; 最少的是 2007

年, 分值 45 分, 占总分的 28%。十年平均分 58.4 分, 平均比率 36.5%, 超过三分之一。从分值和比率可以看出力学所处的重要地位。

三、从单个题目分值上看, 力学题目(除 2014 年第七题 26 分, 是一道力学混合题)在历届竞赛试题中几乎都有 25 分的题目, 有的还是两道, 其分值之高可以看出力学题目的难度往往是最高的, 也可以看出力学的重要性和基础性作用。

2.3.2 力学题目和其他部分混合型题目分值和比例的分析

对 2005 年—2014 年全国中学生物理竞赛复赛试题中力学和其他部分结合的题目进行了仔细的分析统计, 统计了这种题目的分值和权重, 如表 6 所示。

表 6 历年物理竞赛试题力学和其他部分混合型题目分值和比例的分析

题号 分值 年份	2	3	4	5	6	7	8	力学分值, 所占比率
2005		力热综合 22 分	力相对论 综合 23 分	力电磁综 合, 25 分,				70 分, 43, 75%
2006		力热学综 合 23 分		力磁综 合, 25 分		力相对论 综合, 16 分		64 分 40%
2007			力电磁综 合, 25 分	力电磁综 合, 25 分		力电磁相 对论综 合, 16 分		66 分 41.25%
2008			力热混 合, 20 分	力电混 合, 20 分			力原子物理 综合, 20 分	60 分 37.5%
2009			力热综合 20 分	力光电磁 综合 20 分	力光学综 合, 20 分			60 分 37.5%
2010			力电磁综 合 12 分	力电磁综 合 20 分			9 题, 力原 子物理力, 16 分	48 分 30%
2011			力电磁综 合 20 分		力热综合 20 分		力原子物理 综合 20 分	60 分 37.5%
2012			力电综合, 21 分	力电磁综 合, 25 分	力热综合 15 分		力电磁 综合 18 分	79 分 49.38%
2013			力电综合, 20 分	力电磁相 对论综 合, 25 分			力光 综合 20 分	65 分 40.63%

2014	力热综合 16 分				力电综合 22 分	力电磁热综合 26 分	力原子物理综合 20 分	84 分 52.5%
								656 分 计 41%

由上表得出以下几点结论:

一、力学和其它部分知识混合题目在历年复赛试题中都占有较大的分值和比率。最多的是 2014 年, 分值是 84 分, 占总分的 52.5%; 最少的是 2010 年, 分值 48 分, 占总分的 30%。十年平均分 65.6 分, 平均比率 41%。

二、力学和其他部分知识混合在一起, 单纯从题目类型来看, 属于非力学知识, 但是解决方法却用到力学知识, 并且在历年的竞赛题中起到“压轴”都是这种类型。从历届试题的高分题目分值可以看出这类题型的难度。历届试题中单个题目分值最高是 2014 年的第七题, 分值 26 分, 创历年竞赛试题单个题目分值之最。其他年份的单题分值最高大多是 25 分。从这一点上看出, “压轴”题目要么是力学和其他题目混合体, 要么是单纯力学题目。^[13]

三、如果把纯力学题目和力学混合型题目加在一起, 历年的平均分竟然达到 124 分, 所占平均比率达到 77.5%。并且这类题目的解题思路往往是纯力学模型的。

2.4 案例调查与访谈

2.4.1 案例调查与访谈的目的

为了完成本研究的任务,笔者对历年来参加过物理竞赛,并在物理竞赛中取得了优异成绩,顺利升入北京大学和清华大学的部分学生进行了问卷调查和访谈。他们亲身参加物理竞赛,有着切身体会和经验,最有发言权。

通过和他们交流和访谈,获取一手资料。为圆满完成高中力学在物理竞赛中的基础性作用的研究奠定了基础。

2.4.2 案例调查与访谈的对象

学生层面:从大量参加过全国中学生物理竞赛复赛和决赛并获得较好成绩的优秀选手,限定奖项是全国竞赛一等奖(省赛区)以上的学生作为调查与访谈对象。从他们从事竞赛的切身经历和感受谈起,重点谈及他们学习竞赛力学部分的认识和经验。

辅导教师层面:笔者有着十几年的全国中学生物理竞赛辅导经验,长期的工作交流中,认识了大量优秀全国物理竞赛辅导教练,他们拥有丰富的物理竞赛辅导经验。对国内的几个知名物理竞赛教练进行交流访谈,通过他们多年的辅导经验谈起。

笔者从 2004 年开始在从事正常物理教学和担任班主任之余,对全国中学生物理竞赛进行了系统全面地研究,并担任了学校的物理竞赛辅导工作。十多年来,所辅导学生获得全国物理竞赛国家金牌两枚,银牌一枚,铜牌两枚,国家级一等奖(山东省赛区)26 个,国家级二等奖(山东省赛区)120 余人,国家级三等奖(山东省赛区)数百人。这一切都为本研究奠定了基础,提供了便利的条件。下面是对在物理竞赛中获取优异成绩的几位学生的问卷调查与访谈。

2.4.3 案例调查与访谈

2.4.3.1 对参加国赛的优秀选手进行调查与访谈

笔者向参赛且获得省一等奖以上的同学发出了 20 分调查和采访邀请,在他们百忙中欣然接受邀请的有五位,有 12 位同学作了书面回应。从接受调查和采访的同学中选出有代表性的八位调查和采访内容录入本文,以供参考。笔者对本人的两位具有代表性的学生做了访谈,对其他几位学生做了问卷调查。

一、访谈

[案例一]: (访谈清华大学博士林鹏实录)

林鹏, 男, 现清华大学博士, 获得第 23 届全国物理竞赛省一等奖, 保送清华大学。

问题一: 你从高几开始对物理竞赛感兴趣的?

答: 高一下学期。

问题二: 是什么原因让你对物理竞赛感兴趣的?

答: 别说是物理竞赛, 一开始我对物理都不感兴趣, 物理成绩一直不理想。曾经有过学习文科的念头, 但从小父母就灌输让我长大后当科学家的思想, 我甚至不知道什么是科学, 哈哈! 在我各科成绩当中, 物理最差。后来意识到高考要考物理, 我用尽了各种办法去学物理, 可是就是对物理提高不起来兴趣。2005 年是“国际物理年”, 那年的春天, 大概五月份, 学校请来山东大学物理学院的一个副院长张承琚教授 (兼物理学会秘书长), 让他以“世界物理年”为主题做了一场精彩的报告。

张教授从爱因斯坦小时候的学习讲起, 讲到他的大学学习, 讲到光电效应, 半导体导电以及相对论。一场报告下来, 可以说改变了我对物理的态度, 改变了我的理想, 甚至改变了我的人生。从此我疯狂地爱上了物理, 并开始对物理竞赛感兴趣, 并决定参加物理竞赛。

问题三: 参加物理竞赛的学习过程中你遇到过最大困难是什么?

答: 刚开始, 特别是力学知识入门的时候。有些在高一学过的力学知识, 就自己还总认为会了很拿手的内容, 有些时候连一道看似很简单的题目, 怎么也做不出来, 要不就是感觉到会却有做错了。经过一个阶段的学习, 我才明白, 我们对简单的力学知识还不明白, 对力学部分的物理概念不理解, 还没真正掌握, 只是简单记住了几个物理公式, 其实我们对力学的学习还不入门呢!

老师, 您还记得您讲过的那个通过一个定滑轮斜向拉船的题么? 那个题我做了好长时间, 看了答案也不明白。后来您讲过之后才真正明白了, 当时您讲了四种方法, 包括微元法, 求导法, 矢量分解法和功率法。

问: 那你明白我为什么按这个顺序讲么?

答: 明白了。您是想先让同学从概念的角度理解速度的概念吧。说真的, 一开始我还真不明白速度的概念, 因为小学里就有速度的概念, 但它和高中的速度有本质的区别, 小学和初中学的是平均速率。高中阶段学习的速度是个矢量, 不仅有大小而且有方向, 遵循平行四边形定则的运算。

求导法则从位移和时间的关系用高数方法, 得出速度的概念。矢量分解法让我明白了矢量方向性的特点。最后的方法从能量守恒的角度解题, 可以说是简便方法, 一下子就解出来了。

学习物理的难度在于力学物理知识的入门, 就有概念方面的, 又有方法方面的, 还有知识面不够宽。

问题四：你认为参加物理竞赛的知识基础是什么？

答：力学知识不仅是学习高中物理知识的基础，也是参加物理竞赛的基础。

力学的知识是其他部分知识的基础，这一点不容置疑，咱们高中阶段不就是先从力学开始学的么。物理竞赛中的力学知识更是其他部分学习的基础，力学和电学的知识也离不开力学的知识解题。带电粒子在电场和磁场的运动，能量的转移和转换。热学中的分子动能和势能，相对论的知识。都离不开力学知识。

总之一句话，学好了力学，物理竞赛就不愁了。甚至只会力学知识，夸张的说，物理竞赛就差不多得一等奖了，至少得分就不会太少了。

问题五：你认为通过物理竞赛力学的学习得到了什么？

答：首先是学到了学习物理知识的方法。物理的学习在于思维方法的正确运用。一开始的时候，总觉得很难很难。原因是基本概念不理解，解题方法不正确。随着概念的真正理解，原来不理解的知识越来越清晰，解题有了正确的方向。解题的方法积聚的越来越多，比如微元法、求导法、图像法、等效法、整体法、隔离法、近似法等诸多方法，适当做一部分题目，竞赛的学习越来越简单。

其次，对我们学习高中物理知识有极大的促进作用。竞赛之后，我的物理学科是时间和精力投入最少的一门学科，每次考试几乎都是满分，当然高考也是满分，哈哈！

最后，不怕难题了，越是难题越兴奋，越想挑战，一天不解一两道物理难题就觉得空虚。好像那一天没学习一样。对物理有一种放不下离不开的感觉，在被清华保送的时候我毅然选择了和物理相关的专业-----航空航天。在以后学习过程中我感觉到不怕学习上的任何困难了，甚至不怕其他困难了。我认为对我一生都有好处，可以说是受益终生。

问题六：你对你的学弟学妹参加物理竞赛中力学部分的学习有哪些好的建议和忠告？

答：认真学习力学的基本概念，正确理解力学的概念。象矢量的概念，如位移，速度，加速度，力，动量等等；矢量运算，如冲量，动量和功的运算等等。多记住些物理规律，并且认真把握，象一些碰撞模型等。总之一定要学好力学。

【案例二】：（访谈北京大学研究生杨栋实录）

杨栋，男，现于北京大学物理学院就读，2009年全国中学生物理竞赛金牌获得者，并被选拔进入国家集训队，被北京大学物理学院免试抢录。

问题一：你从高几开始对物理竞赛开始感兴趣的？

答：从初中就喜欢物理，初三时参加过初中生的全国中学生的物理竞赛，并且获了奖。从那个时候开始就喜欢上了物理竞赛，上高中后就决心参加物理竞赛的学习。

问题二：是什么原因让你对物理竞赛感兴趣的？

答：我一直喜欢解物理难题，物理考试多数时候的满分，偶尔不得满分，一定是前面的基础知识，老师因为这个老批评我。我就决定通过参加物理竞赛，努力争取把物理基础知识学好，争取物理能在物理高考时得满分。结果因为物理竞赛学得好，直接被北京大学免试录取了，哈哈，遗憾！

问题三：参加物理竞赛的过程中你遇到过哪些困难？

答：困难是计算老出点问题。特别是力学的计算，方程太多容易解错。力学题目技巧性的也多，方法灵活。物理学解题的方法几乎都涉及到了。

问题四：你认为参加物理竞赛的知识基础是什么？

答：我认为是力学，在这一部分打好基础，接下来热学，电学和磁学也好学了。因为这部分涉及到理学分析和能量转化的内容也是用力学部分知识来解决的。

问题五：你认为通过物理竞赛力学的学习得到了什么？

答：知识倒不是重要的，关键是方法和技能提高了。特别是力学部分的解题方法。

问题六：你对你的学弟学妹参加物理竞赛中力学部分的学习有哪些好的建议和忠告？

答：打好基础，理解概念，掌握规律，别放过难题，OK。

二、问卷调查

笔者对其他学生做了《关于全国中学生的物理竞赛力学部分基础作用的访谈调查》（见附录五），收到八位学生的答卷，这些学生全部是在参加物理竞赛中获得优异成绩，被保送或加分录取进清华大学或北京大学的。他们的问卷回答具有一定的代表性。

问题一：你从高几开始对物理竞赛感兴趣的？

对这个问题，八位同学有三位回答高一，五位回答从上初二一接触物理时就开始喜欢物理竞赛了。

问题二：是什么原因让你对物理竞赛感兴趣的？

对这个问题学生回答不一，有的同学回答，“从幼儿园甚至更小时就开始对世界有思考有热爱，所以对物理很早就很喜欢”；有点同学回答“能被保送上名牌大学”；有的同学回答“觉得非常有趣，能够认识世界”。

问题三：参加物理竞赛的学习过程中你遇到过哪些困难？

有学生回答“入门后都很简单，关键是入门时思维方式的接收方式”；有的同学甚至说“没有别人聪明，学习效率不高，开始连受力分析都不会”。但是最后他们都成功了，成了天之骄子。

问题四：你认为参加物理竞赛的知识基础是什么？

一位同学回答“数学和兴趣，物理的基础应该是力学入门”，另一位回答“人人都可以，兴趣最重要”，还有的回答“第一物理图像的感觉，其次数学”。综合这些答案，可以看出参加物理竞赛的知识基础是数学，还有对物理的浓厚兴趣。

问题五：你认为通过物理竞赛力学的学习得到了什么？

对这个问题学生回答是“力学对事物的认识方式和思维方式”；也有学生回答“严谨的思维方式，解题方法”；“实验技能和考虑问题的方法”等。

问题六：你对你的学弟学妹参加物理竞赛中力学部分的学习有哪些好的建议和忠告？

学生的建议：“细心一点，受力分析时别忘了某些力，运算量大时看看是否有简单方法，如果必须算就要耐心”“兴趣为主，有热情才能走得远。基础要一定要扎实，不要太

急于求成。批判性思考，有问题是好事，多找大家讨论”“搞明白物理过程，不要死记公式。这样的话至少所有问题都是可以解决的。技巧和快速解题的方法的话要明白从基本公式导出的定律的意义，也就是打好基础”。

2.4.3.2 对几位国内知名物理竞赛辅导教练的采访

常玉如，男，1965年出生。辅导物理竞赛近三十年。他辅导的学生获国家金牌8枚，银牌21枚，铜牌8枚省赛区一等奖100多个。

问题一：常老师您辅导物理竞赛这么多年了，凭您的经验，您认为什么学生适合参加物理竞赛呢？

我觉得主要是兴趣。学生的天资再好，他不喜欢也没办法。他如果喜欢物理竞赛，物理基础较好，学习成绩不错，在学好基础知识之后还有较多的余力，就可以参加物理竞赛了。

问题二：怎么让他对物理竞赛感兴趣呢？

对那些具有物理竞赛潜力的苗子，合理引导。如做一个竞赛方面的报告，谈一些参加竞赛的利好，分析一下学习的前景；让他们做一点难度较大的难题，然后用较简便的方法帮他们解决，让他们得到甜头等等。

问题三：您认为物理竞赛的基础内容是什么？

力学。力学学好了，其他部分自然就简单了。

力学的内容贯穿了整个物理竞赛的内容体系。静力学和运动学是动力学的基础，运动学和动力学是动量能量的基础，能量是热力学电磁学的基础，环环相扣，互相交织。而且解决力学问题的方法又是解决后面所有问题的方法。

问题四：您认为怎么进行讲解力学部分内容呢？

一两句话也说不清楚，我就长话短说。因为有了高中物理基础，在讲力学基本概念的时候，一定从各个不同的角度细讲，并且让他们多琢磨物理概念的含义和外延，直到他们真正理解和掌握。

做力学题时，特别是难度较大的题目，一定弄懂，不易似是而非，不要凭着想当然。多掌握一些解题的方法，注意掌握规律。

张海，男，山东省实验资深物理竞赛教练，历年山东省队总教练，山东物理学会特聘教练。张海老师和常老师也持有几乎相同的观点（不再赘述）。

2.4.4 案例调查与访谈结论与思考

以上几位同学都是参加复赛并获得了一等奖。其中有六位参加了决赛，一人获得银牌（国二），五人获得国家金牌（国一）。这八位同学都被北京大学或清华大学免试录取，他

他们是参加物理竞赛的成功者的代表，因此他们成功的案例更有说服力。从对他们的调查可得到以下几个体会。

一、他们很早对物理感兴趣，有的甚至从初中就开始。他们开始对物理感兴趣，往往是很偶然的。有的是从老师的一次讲话，或老师的一个有趣实验，有的则是因为参加了初中物理竞赛。从此走上了物理竞赛的道路，并下决心终生从事物理科研工作。

二、他们都认可物理竞赛内容中力学部分内容不仅是中生物理竞赛的知识基础，还是解决其它物理问题的方法基础，都强调力学部分的基础性作用，建议打造一个好的力学基础。

三、他们都强调力学问题解决方法规律性，掌握物理规律是学习物理竞赛知识的关键，也是学习物理知识的关键。

四、思维品质和意志品质得到了磨练。本人有从事物理竞赛辅导十八年的经验和切身体会，深刻认识到，为学生打造一个良好的力学基础不仅是学习物理竞赛知识的基石，更是培养学生物理素养的关键。物理竞赛内容中力学部分是中生物理竞赛的知识基础，还是解决物理问题的方法基础。

不是每一个学生都适合参加物理竞赛，培养物理拔尖人才,关键在于早期发现。我们从高一年级开始,就有意识地去发现和选拔人才。在选才中,注意选拔对学习物理知识有浓厚兴趣、知识面较广、有良好心理素质思维敏捷,善于提出问题,喜欢和老师、同学讨论问题,有攻克难题的一技之长。在竞赛中往往会出奇制胜，超越他人。

对于这些物理冒尖学生要单独指导他们，鼓励他们在学习上超前一步，尽快学完高中全部内容。教师要经常与他们讨论物理问题，点拨思维方法和解题技巧。

第三章 高中物理竞赛力学部分辅导方法与规律

3.1 力学部分概念的形成

能够形成概念，是人类思维的基本形式，它可以概括很多事物的本质特征。人类在认识事物、认识客观世界的过程中，把所能够感知到的事物的共同特点加以概括总结，以文字的形式表达出来，便产生了概念。例如：从黑板，黑墨水，黑狗，黑洞等等的事物里抽象出黑的共同特点，就得到了“黑”的概念。

物理学的概念是经过长期的科学研究和论证，严格反映某种自然事物的规律特征科学解释。具有科学的严谨性，解释和反映一定的物理规律。

现在以速度为例，说明怎么在物理竞赛辅导中让学生确立物理概念。

速度是一个描述物体运动的快慢和运动的方向的物理量，速度的大小就是位移与发生这个位移所用的时间的比值的大小，速度的方向就是位移的方向。速度可以分为瞬时速度和平均速度。

瞬时速度是指运动的物体在某一个位置，或者在某一个时刻的速度。瞬时速度公式可以表示为 $v = \frac{ds}{dt}$ ，它是用物理学的眼光，对物体的运动情况进行的一种放大的、细微的描述。

平均速度是指物体在一定时间内所通过的位移和所用时间的比值，公式是， $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 从这个公式可以看出，平均速度只能大体反应做变速运动的物体运动的快慢情况，它只能粗略描述物体的运动。在匀加速直线运动中，平均速度又等于初速度和末速度的平均值，还等于物体运动的这段时间中间时刻的瞬时速度。即：

$$v_a = \frac{v_0 + v_t}{2}$$

当然，老师还会附加上一些说明，比如：

1.速度可以说是一个相对物理量，它是一个物体相对于另一个物体发生的位移在单位时间内的变化值。

2.平均速度：物体通过的一段位移和经过这段位移所用时间的比值就是物体在该段位移内的平均速度，如果所用时间非常短，乃至时间无限接近趋向于零，平均速度则可以看做瞬时速度。

3.速度是矢量，有大小、有方向，遵循平行四边形定则的运算。平均速度和瞬时速度都是矢量。速度与速率不同，其区别在于速度既有大小，又有方向，而速率则只有大小，没有方向。

老师讲到这儿，自己已经觉得讲得非常明白了。其实这时由于学生对位移这个概念还不是十分理解，总是能够把路程和位移混为一谈，不能彻底明白位移是如何表述物体的位置变化的，毕竟位移是中学阶段接触的第一个矢量。

这时，不妨举一个这样的例子：一个物体静止在光滑水平桌面上， $t=0$ 时刻用力 F_1 向右拉动物体，经过一段时间 t ，撤去 F_1 换成向左的力 F_2 ，在经过相同的时间 t ，物体回到原来出发点，求 F_1 ， F_2 之比。

老师可以这样解答：

本题用平均速度法，如图 3.1.1

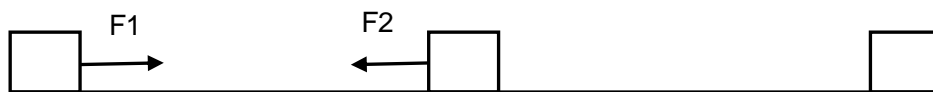


图 3.1.1

物体从初始位置左侧出发，从静止开始做匀加速直线运动，加速度为 $a_1 = \frac{F_1}{m}$ ，所用时间 t ，运动的位移假设为 x ，令撤去 F_1 时速度 v_1 ，变换 F_2 为反向后，物体做加速度为 $a_2 = \frac{F_2}{m}$ 的匀减速直线运动，最后回到原来位置时速度为 v_2 ，两个过程的位移大小相等，方向相反，故平均速度大小相等，方向相反。

$$\text{解答：前一过程 } \frac{(0+v_1)}{2} = \frac{x}{t}$$

$$\text{后一过程 } \frac{(v_1+v_2)}{2} = \frac{x}{t}$$

$$\text{故 } \frac{v_1}{2} = -(v_1+v_2), \text{ 即 } -2v_1 = v_2$$

$$\text{因为 } a_1 = \frac{(v_1-0)}{t} = \frac{v_1}{t}, \quad a_2 = \frac{v_2-2v_1}{t} = \frac{-3v_1}{t}$$

$$\text{所以 } \frac{a_1}{a_2} = -\frac{1}{3}, \text{ 即 } F_1 \text{ 和 } F_2 \text{ 大小之比为 } 1:3。$$

这种讲解不仅使学生明白了速度和位移的关系，还清楚了平均速度的概念。

再如“功”的概念。物理教材上是这样定义的，一个物体受到一个力的作用，并且物体有了一定的位移，那么我们说力对物体做了功，文字表达为功等于力乘以物体的位移。

公式 $W = F \cdot S = FX \cos\theta$ 。

似乎是一句很简单的话，也很容易理解，其实则不然。

老师在讲解时一定注意强调如下几点：

- 1.力和位移都是矢量，是两个矢量的标积。
- 2.位移是受力物体的位移。

3.是力对它的受力物体做功，不是人或物体做功。

4.功有正负之分，正负决定于力和位移夹角的大小。

学生容易存在的误解有：

1.很多学生总感觉是施力物体对受力物体做了功。常常听“到某人或某物体对某物体做了功”的说法。对“力对受力物体做功”的说法不习惯甚至有怀疑态度。在这一点上老师要多多强调，让他们拥有严谨的科学态度。

2.对计算功所用的位移是受力物体的位移还是力的作用点的位移混淆不清。老师可以讲擦黑板的例子：黑板擦受的滑动摩擦力对黑板擦做负功。但黑板所受的滑动摩擦力不做功。

3.位移和路程混为一谈。

例如，用细绳水平拉动一个质量为 M 物体在摩擦因数为 μ 地面上滑行，物体的运动轨迹是曲线，轨迹长度是 s ，计算滑动摩擦力对物体做功。学生很快得到结果 $w = -\mu mgs$ ，并且认为功是力和路程的乘积。有的甚至认为摩擦力做功可以用力和路程相乘。

老师一定要解释清楚，这是在物体的每一任意小的位移里，摩擦力都和位移想反，都做负功，最后的结果是个求和后的结果，即积分后的结果。

除了以上这些，还要强调功物理意义，功是力在空间上的积累，是能量转移和转化的量度。这一点很重要，它对学生理解功能关系有很大的帮助。进而有助于学生把握力做功在能量转移和转化中的规律。

3.2 力学部分物理规律的把握

物理学是研究物质最简单、最基本、最普适的规律，它的规律性是客观的，是不以人的主观意志而转移的，具有“一定非这样不可”的“倔强”性。在同学们没有真正理解和把握它的规律之前，总感觉山重水复疑无路，而身陷“雾里”。在“雾里”徘徊了很久，找不到北的时候，需要他们能耐着性子去思考，能够静坐常思，有一股韧劲地去“悟理”。直到他们悟出物理规律的真谛，等到“柳暗花明又一村”的时候，会突然拨云见日，从“雾里”走出，认识到真正的物理，把握真正的物理规律。

一、物理问题讲解做到底起点

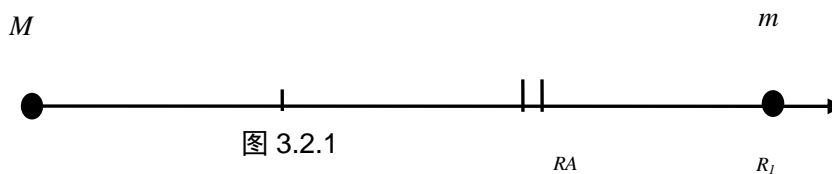
在辅导学生过程中注重物理规律的总结，特别要引导他们自己总结。还是以功为例，我们知道功是能量转移和转化的量度。但它是怎么把能量转移和转化的呢？讲解如下。

以讲万有引力做功为例：

设置情境：在远离其他物体的太空中，有一个质量为 M 固定质点，有一个质量为 m 的质点，从距离为 R 处由静止状态只在万有引力作用下运动到 R 处，求万有引力作的功。

这道题如果用积分法来做，就会把一道让学生把握真正物理规律的机会错过了。可以采用微元法向学生讲解。

解答：如图 3.2.1 所示



把 R_1 和 R_2 之间的距离分成无数份，每一的长度都是无限小， A 、 B 之间的距离 $R_A - R_B$ 也是无限小， A 、 B 之间的万有引力可以看成恒力，为了减少误差，用它们中点的力来计算，即，

$$W_{AB} = \frac{GMm}{(R_B + \Delta R)^2} (R_A - R_B)$$

计算得，

$$W_{AB} = \frac{GMm}{R_B} - \frac{GMm}{R_A}$$

分析可知，只有万有引力做正功，动能会增加，万有引力势能会减少。动能增加量等于万有引力势能减少量，或者说他们的增量互为相反数。即，

$$\Delta E_k = -\Delta E_p$$

相反如果致电向外运动，其动能则减小势能增加。

二、小题大做，物理问题的讲解做到高终点

势能中学生最难理解的一种能量形式，中学教材上只是说他和位置有关系。在这儿可以向学生说明以下几点在：

(1) 势能一定是属于相互作用的系统公有。向本例题中，不是质点 m 所独有，是 M 和 m 所共有。

(2) 万有引力势能可以理解为一种场能。

因为中学生还没有确立万有引力场的概念，不妨结合电势能的概念来说明。

建立如下物理情境：在原离其它物体和电场的真空中，有一个带正电电量为 Q 固定的点电荷，有一个电量为 q 的点电荷从距离为 R_1 处由静止状态只在库仑力作用下运动到 R_2 处，求库仑力做的功。

学生很快得到类似结果

$$W_{12} = - \left[\frac{KQq}{R_2} - \frac{KQq}{R_1} \right]$$

电场力作负功，电势能增加。

如果电场力作正功，电势能减少。那么电势能又是什么呢？答：是增加的电场能。带领学生分析：如果两个点电荷离的很远，视为无穷远，相互之间没有电场力作用，即没有电势能。点电荷 Q 的周围有放射状向外的电场，点电荷 q 的周围也有放射状向外的电场，它们的电场能按电场强度分布规律分布在电场里，电场能的空间分布密度与电场强度关系。

当它们相互靠近到一定距离，有了相互作用力，电场强度在空间中的分布情况有了变化，总的电场能变的比原来多了。多出来的电场能就是克服电场力作的功，即外力做的功把其他形式的能转化为电场能。对于重力势能的减少和增加也可以这样解释，就是重力场能的减少或增加，而变化后的场能是它们共同拥有的部分。

为了便于理解可以让同学坐下面练习题

[练习]如图 3.2.2 有一个有一定厚度的不带电中空金属球壳，球壳上有一个很小的小孔，球壳内半径和外半径分别为 a 和 b ，在球心处有一个点电荷 q ，把点电荷缓慢的从球心通过小孔移动到无穷远处，求外力所做的功？

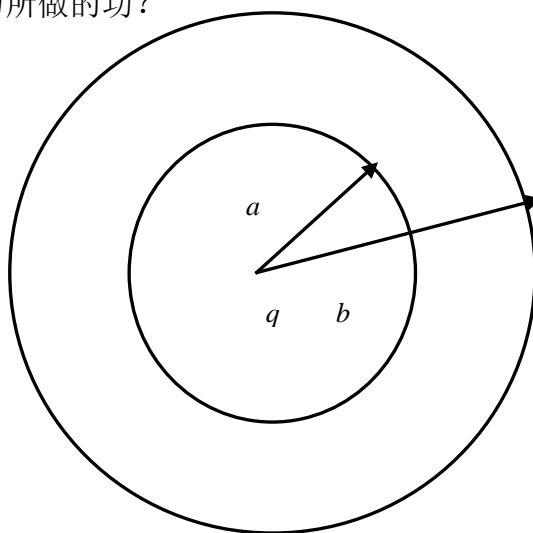


图 3.2.2

提示学生:如果把点电荷 q 移动到真空中的无穷远处时，点电荷的电场分布和原来的电场分布有什么不同。

理解了这些，当然解决这道题的办法自然就多了。可以用几种不同的方法来解。

三、多题一解，物理规律多落点

再如摩擦力的做功问题，到底它的做功在能的转移和转化过程中有什么作用呢？

建立以下物理情境：

如图所示，一质量为 M 的木板静止在光滑水平地面上，现有一质量为 m 的小滑块以一定的速度 v 从木板的左端开始向木板的右端滑行，最后它们相对静止，求这个过程中产生的热量。

这道题一般是这样解答：在水平方向上，系统所受合外力为零。

由动量守恒得 $mv_0 = (m + M)v$

所以 $v = \frac{m}{M + m}v_0$

故产生的热量为 $Q = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(m + M)v^2$

现在从做功的角度分析：小滑块和长木板之间的摩擦力大小相等，方向相反，设为 f 。小滑块因为受到向后摩擦力的匀作减速运动，长木板因为受到向右摩擦力向右做初速度为零的匀加速运动，最后二者速度相同。此过程中，设长木板位移为 X ，小滑块相对木板的位移为 ΔX 。

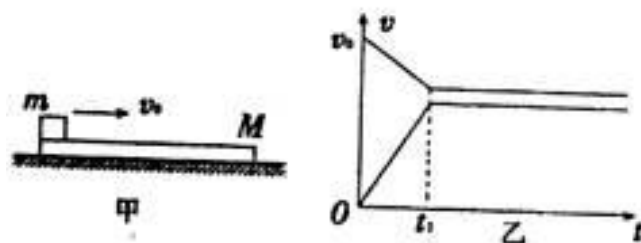
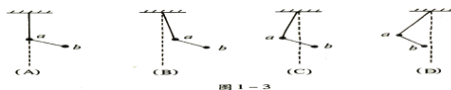
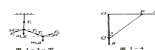


图 3.2.3

摩擦力对小滑块做负功



小滑块的动能减少了



摩擦力对长木板做正功



长木板的动能增加了



二者之差 $f\Delta X$ 便是转化为内能的部分，即

$$Q = f\Delta X = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(m + M)v^2$$

再进一步分析：

小滑块和长木板之间的相互作用，实际上就是碰撞的一类，完全非弹性碰撞，即范性碰撞。二者达到相同速度，机械能损失最大，

$$\Delta E = \frac{1}{2} \frac{Mm}{M + m} (v_0 - 0)^2。$$

物理学上称之为资用能。

现在可以得出结论，如果有质量 M 和 m 为的物体分别以 V_1 和 V_2 在同一条直线上运动，且 $V_1 > V_2$ ，如果碰撞后速度相同，那么他们损失的机械能最大。^[10]

上面这种模型的相互作用时，二者达到相同速度时，损失的机械能最大为：

$$\Delta E = \frac{1}{2} \frac{Mm}{M+m} (v_1 - v_2)^2$$

其中 $v_1 - v_2$ 是相互作用前的相对速度。

相互作用的内力做负功，数值等于相互作用力乘以它们的相对位移 $f\Delta x$ ，且

$$f\Delta x = \Delta E = \frac{1}{2} \frac{Mm}{M+m} (v_1 - v_2)^2$$

进一步拓展。在什么情况下机械能守恒？举例如下：

如图 3.2.4 光滑的地面上有一个质量为 M 斜面上放着一个质量为 m 的质点，让他们由静止释放，在 m 滑到地面的过程中，机械能是否守恒？

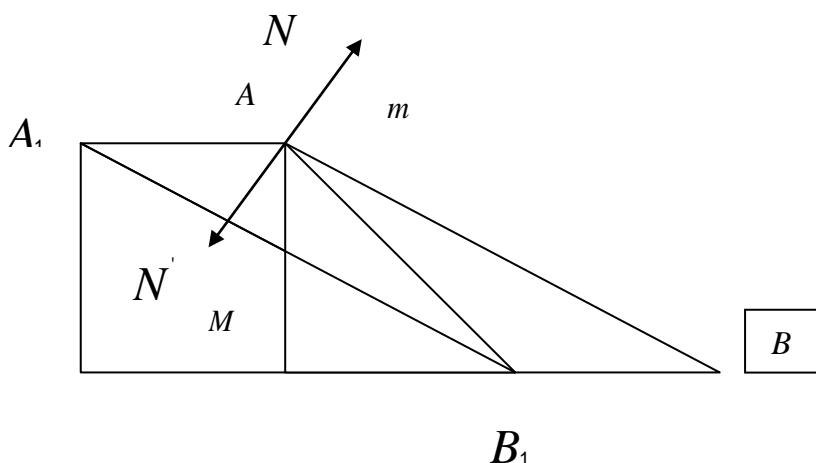


图 3.2.4

解答：在滑动过程中，质点 m 的位移是 AB_1 ， M 的位移 AA_1 ，他们的相互作用力 N 和 N' ，做功一正一负，由图示 N 和 N' 对质点做的大小正好相等。 N 对 m 做的负功减少它的机械能， N' 对 M 做的负功增加它的机械能，机械能的增量正好相等所以系统的机械能守恒。

物理竞赛的辅导要对一个基础知识点在高中物理现有的基础上进行层层递进地拓展。讲解知识起点不要太高，让学生够得着，感到能学得好。终点要高，让学生掌握更深层次的物理规律，做到一题多解。总结规律，做到多题一解，落点要多，提高学生解题能力，掌握更多的解题技巧和规律。

告诉学生因为物理学规律的普适性，规律可以直接应用。同时可以让学生充分享受一下物理学的规律之美，进行一下情感态度和价值观的教育。^[9]

3.3 力学部分物理解题方法的培养

全国中学生物理竞赛试题的内容既立足于高中基础知识，但又不拘泥于高中基础知识，对中学生的五大基本能力的培养有非常重要的作用。中学物理竞赛除了对五个基本能力的要求之外，还注重对思维能力、创新能力、实践能力^[10]等等的要求，学生不仅仅要有较高的物理学科素养，还要有较好的数学解题能力和科学的思维方法。^[11-12]

“授人以鱼，不如授之以渔”。授人以鱼只救一时之急，授人以渔则可解一生之需。纯知识传授，不如教给学生学习方法、思考问题和解决问题的方法。

笔者通过与许多参加过全国中学生物理竞赛并获得较好成绩的学生交流和探讨，向国内几位物理竞赛专家求教，结合自己 18 年辅导中学生物理竞赛的经验，对全国中学物理竞赛的解题方法进行了深入地探究。

物理解题方法在一定程度上也可以说是物理思维方法，不仅用来解决物理问题，还有助于理解物理现象和物理问题。遵循中学生的认知规律和高中物理教学规律，在辅导过程中渗透以下几种解题方法。比如：等效法、微元法、图像法、假设法、类比法、估算法、近似法等方法，重点讲述其中的几种方法。^[13-14]

3.3.1 等效替代法

我们在解决有些物理问题的过程中，在影响某些物理过程或者某个物理状态的诸多因素中，有的因素所起的作用和另一些因素所起的作用完全相同，那么这两部分因素就是等效的，它们可以互相代替对方，丝毫不会影响到最后的结果，在物理学上把这种研究物理问题的方法叫做等效替代法，简称做等效法。

验证力合成时的平行四边形定则的实验是中学阶段所遇到的第一个用等效替代法来解决的问题。在这个实验中，除了引导学生做好实验外，一定让学生深刻体会等效替代法：两个弹簧秤拉橡皮筋，和一个弹簧秤拉橡皮筋，一定要拉到相同位置，橡皮筋被拉长一样的长度，具有相同的弹力，因而是等效的。

在辅导过程中慢慢增加有难度的题型。例如

例 1.如图 3.3.1，水平面上，有两个墙壁 A 和 B ，竖直且光滑，相距为 d ，一个小球以初速 v_0 从两墙之间的 O 点斜向上抛出，与 A 和 B 各发生一次完全弹性碰撞，刚好落回到小球原来的抛出点，求球最初的抛射角。

解答：弹性小球在两墙之间的运动，可以将其类比成为一个连续的运动，即等效为一个完整的斜抛运动。故该题变为了解斜抛运动。

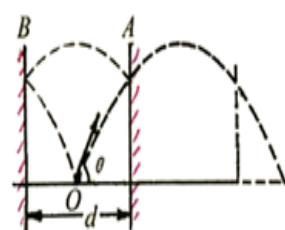


图 3.3.1

由题意得: $2d = v_0 \cos\theta \cdot t = v_0 \cos\theta \cdot \frac{2v_0 \sin\theta}{g}$

可解得抛射角 $\theta = \frac{1}{2} \arcsin \frac{2gd}{v_0^2}$

例 2.一只蜗牛从出发点沿直线出发, 已知蜗牛爬出的速度 v 的大小与出发点的距离 s 成反比关系, 当蜗牛到达离出发点的距离为 $s_1 = 1m$ 的 A 点时, 速度大小为 $v_1 = 20cm/s$, 问当蜗牛到达距出发点 $s_2 = 2m$ 的 B 点时, 其速度大小 $v_2 = ?$ 蜗牛从 A 点到达 B 点所用的时间是多少?

解答: 可以把蜗牛的运动情况等效为: 有一个弹簧在外力作用下以恒定的功率的运动, 问题显得简单明了, 难度大大降低。

由此分析, 可写出 $v = \frac{P}{F} = \frac{P}{kx}$

当 $x = s_1$ 时 $v = v_1$

将其代入上式求解, 得 $k = \frac{P}{v_1 s_1} = \frac{P}{v_2 s_2}$

所以蜗牛到达 B 点时的速度 $v_2 = \frac{s_1}{s_2} v_1 = \frac{1}{2} \times 20 = 10cm/s$

因为外力和弹簧弹力时刻大小相等, 所以拉力做的功和弹簧弹性势能相等,

$$Pt = \frac{1}{2} k s_2^2 - \frac{1}{2} k s_1^2$$

代入有关量可得 $Pt = \frac{1}{2} \cdot \frac{P}{v_1 s_1} (s_2^2 - s_1^2)$

由此可解得 $t = \frac{(s_2^2 - s_1^2)}{2s_1 v_1} = \frac{2^2 - 1^2}{2 \times 1 \times 0.2} = 7.5s$

例 3.如图 3.3.2, 有一根长为 L 的轻杆, 上端通过活口固定于 O 点, 杆的下端和一个质量为 m 的小球连接构成一个单摆。如果杆上的中点再加上一个小球, 两球质量相同, 则单摆就变成了一个复摆, 那么这个复摆的振动周期怎样。

解答: 不妨假设有一摆长为 l_0 的单摆, 摆球质量也是 m , 它的振动周期与复摆周期相同, 这两种摆同时偏离竖直方向相同的摆角 α , 然后同时由静止开始释放, 两摆应该同时到达与竖直方向相同的夹角为 β 时, 这时它们肯定具有具有相同的角速度 ω , 由机械能守恒定律, 对复

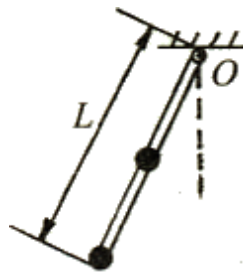


图 3.3.2

摆有：

$$mgl(\cos\beta - \cos\alpha) + mg \frac{l}{2}(\cos\beta - \cos\alpha) = \frac{1}{2}m(\omega l)^2 + \frac{1}{2}m\left(\frac{\omega l}{2}\right)^2$$

对单摆有：

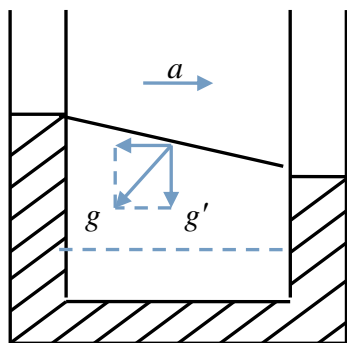
$$mg(\cos\beta - \cos\alpha) = \frac{1}{2}m(\omega_0)^2$$

联立两式得：

$$l_0 = \frac{5}{6}l$$

故原复摆的周期为 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l_0}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{5l}{6g}}$

例 4.如图所示 3.3.3 在水平面上有一个 U 形玻璃管，玻璃管各处的粗细是均匀的，里面装着某种液体，开始时处于静止状态，如图所示，已知： $L=10\text{cm}$ ，如果管以 5m/s^2 的加速度水平向右运动，稳定时，两个竖直玻璃管内的液面高度差将怎样变化？（ $g=10\text{m/s}^2$ ）



解答：当 U 形玻璃管在水平方向向右匀加速运动时，加速度向右，可以认为液体处于在这么样的等效重力场中，等效重力场的竖直方向是 g' 的方向，两玻璃管内的液面和等效重

力场的水平方向一定平行，即 g' 方向相垂直。

设 g' 的方向与 g 的方向之间夹角为 α ，则 $\tan\alpha = \frac{a}{g} = 0.5$

由图可知 两玻璃管内的液面与水平方向的夹角为 α ，

所以， $\Delta h = L \cdot \tan\alpha = 10 \times 0.5 = 5\text{cm} = 0.05\text{m}$

例 5.如图 4.3.4 有一个平均电场的说法，如果在空间中某一体积为 v 的区域内存在着静电电场，那么这个区间内的平均电场强度可以这样认为

$$E = \frac{E_1\Delta V_1 + E_2\Delta V_2 + \cdots + E_n\Delta V_n}{\Delta V_1 + \Delta V_2 + \cdots + \Delta V_n} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \Delta V_i}{\sum_{i=1}^n \Delta V_i}$$



图 4.3.4

在真空中建立模型，一半径为 a 不带电的固定的金属球，现在把另一个电量为 q 的点电荷，放在离金属球心距离为 R 的位置，点电荷处于金属小球的外部，在金属球的表面因静电感应从而产生了的感应电荷，问这部分感应电荷产生的电场在此球内的平均电场强度。

解答：因为静电感应的缘故，金属球表面上产生了感应电荷，感应电荷在空间产生电场。由静电平衡知识可知，达到静电平衡的导体，其内部电场强度为零。电量为 q 的点电荷在金属球内产生的电场，肯定和金属球的感应电场相抵消，它们在各处产生的电场一定满足大小相等，方向相反的关系。因此要求金属球表面的感应电荷产生的电场，相当于求点电荷 q 在金属球内产生的电场。

由平均电场强度公式得

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \Delta V_i}{\sum_{i=1}^n \Delta V_i} = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^n E_i \Delta V_i = \sum_{i=1}^n E_i \frac{\Delta V_i}{V} = \sum_{i=1}^n \frac{kq}{r_i^2} \frac{\Delta V_i}{V}$$

设有一个带电量为 q 金属球，电量在整个球所占的体积空间内均匀分布，所以电荷的体积密度为 $\rho = \frac{q}{v}$ ，则有

$$E = \sum_{i=1}^n \frac{k\rho \Delta V_i}{r_i^2} = \sum_{i=1}^n \frac{k\Delta q_i}{r_i^2}$$

该式的物理意义可以理解为均匀带电量为 q 球体在点电荷所处的位置点产生的场强，所以场强大小是 $E = \frac{kq}{R^2}$ ，方向由 O 点指向 q 。[15]

3.3.2 整体研究法

整体研究法是在研究多个具有某种相互关系的物体或多个互相接触的物体之间的关系的物理过程时，往往可以忽略它们内部之间的相互联系、相互作用、相互制约的关系，把这多个物体或多个物体的多个物理过程共同看作为一个研究对象，从而简化解物理问题的思维方法，称之为整体研究法，简称整体法。在解决物理问题过程中灵活运用整体法，往往把复杂物理问题简单化，起到柳暗花明的效果。[16]

整体法解决物理问题，是中学生经常用到的方法。在中学物理物理学习中常见的有：

(一) 把具有相同运动状态的几个物体放在一起，看成一个整体这种方法成为形体的整体法。

例 1.如图 4.3.5 用两根轻质细线把两个质量可以相同也可能不同小球悬挂在天花板上,如果对上面小球 a 施加一个向左偏下 45° 的恒力,对下面小球 b 施加一个向右偏上 45° 的同样大小的恒力,静止后,下列图中哪一个是正确的答案 ()

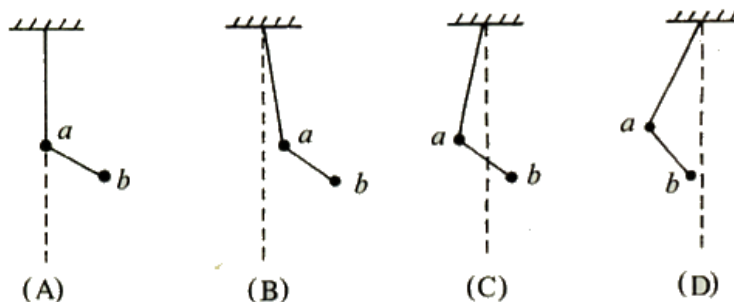


图 3.3.5

解答：因为 ab 之间绳子的长短对上面绳子的方向没有影响，所以可以认为小球 a 、 b 之间连线很短很短，一直短到零，这样两小球可以看成一个球，即把 ab 和中间绳子看成一个质点，由受力分析。



图 3.3.6

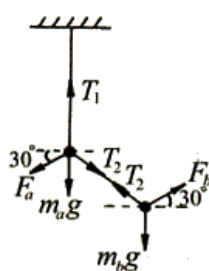


图 3.3.7

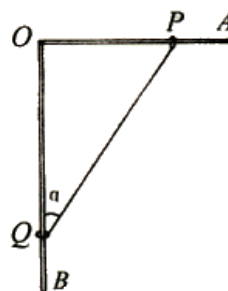


图 3.3.8

例 2.直角架 AOB 固定在竖直面内,如图 4.3.8所示, OA 边是水平的,且表面粗糙, OB 是竖直的,且表面光滑,小环 P 套恰好在 OA 上,小环 Q 恰好套在 OB 上,两环的质量刚好相同,均为 m ,两环间用一根轻绳相联结,整个装置处于静止状态, P 环向左移动一段距离,两环将再次达到平衡状态,请分析 P 环所受的支持力 N 和细绳拉力 T 的变化情况。

解答： P 、 Q 中间轻绳的长短对各受力大小和方向没有影响，可认为绳子很短，短到 P 、 Q 连在一起，所以可看成一个物体。从图可以看出轻绳对两环的拉力可看作为内力，不需要考虑。 OB 杆光滑，故而杆 OB 在竖直方向上对 Q 没有任何摩擦力的作用。因此由这两个环构成的系统，在竖直方向仅上受重力的作用， OA 杆对它的支持力 N ，始终等于 P 、 Q 的重力之和，故大小恒定。

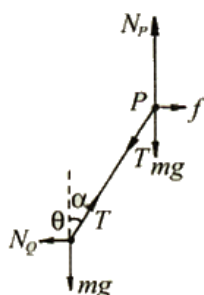


图 3.3.9

(二) 有时物体的运动状态虽然不同, 但物体之间具有相互作用, 这时候这些物体也可以看成一个整体。

例 3. 如图 3.3.10 所示, 倾角为 θ 的斜面固定在地面上, 想办法让一个质量为 M 的平板小车和人静止在倾角为 θ 的斜面上, 然后突然让质量为 m 的人加速向下跑动, 小车恰好能相对斜面静止, 求人的加速度。

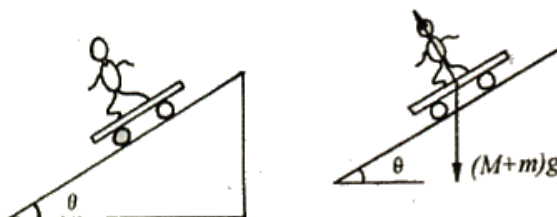



图 3.3.10

解答: 以人和车作为一个整体进行研究, 对系统受力分析, 系统受支持力和重力作用, 沿着斜面方向上, 系统的合外力是 , 由牛顿运动定律求解, 因为车静止, 加速度为零, 因而合力全部作用在人身上, 所以 $(M+m)g \sin \theta = ma$ 解得人的加速度为

$$a = \frac{(M+m)}{m} g \sin \theta。$$

3.3.3 隔离分析法

隔离分析法, 简单的说就是有目的地选择研究对象, 从多个相互作用并且其间存在着的复杂的相互关系的物体之间构成的整体系统中, 将某一个物体或者某一部分物体, 包括多个物体隔离出来, 单独作为研究对象进行分析研究, 然后对被隔离的物体或物体的某一部分进行受力情况和运动情况的分析。

说得直白一些, 就是隔离掉其他有影响的因素, 使问题简单化。

例 1. 两个质量相同的物体 1 和 2 紧靠在一起放在光滑水平桌子上面, 假如它们分别受

到水平推力 F_1 和 F_2 作用, 且 $F_1 > F_2$, 则物体 1 给物体 2 的作用力的大小为 ()

- A. $1/2(F_1 - F_2)$ B. $1/2(F_1 + F_2)$ C. F_1 D. F_2

解答: 要求分析物体 1 和 2 之间的作用力, 而且必须把隔离出其中一个来进行分析。

首先将题中所描述的整体定为研究对象, 从而根据牛顿第二定律可以列出等式:

$$F_1 - F_2 = 2ma \quad ①$$

再将物体 2 隔离出来单独做为研究对象, 再次根据牛顿第二定律, 从而有:

$$N - F_2 = ma \quad ②$$

将①、②两式联立可解得。所以可以选出正确答案 B。

例 2 在水平桌面上有一个物体 A, 桌面是光滑的, 物体 A 的上面再放上另一个物体 B, A、B 间有摩擦。施加一水平力 F 于 B, 使它相对于桌面向右运动, 这时物体 A 相对于桌面 ()

- A. 向左动 B. 向右动
C. 不动 D. 运动, 但运动方向不能判断

解答: A 物体的运动情况有两种可能, 可以用隔离法加以分析

设 AB 一起运动, 则 $a = \frac{F}{m_A + m_B}$

AB 之间的最大静摩擦力 $f_m = \mu m_B g$

以 A 为研究对象: 若 $f_m \geq m_A a$, 即 $\mu \geq \frac{m_A}{m_B(m_B + m_A)} F$, AB 一起向右运动。

3.3.4 微元分割法

微元分割法是物理学中非常重要的方法之一, 是一种从部分到整体, 从微观到宏观的思维方法, 是联系微观和宏观的桥梁。^[17]

在利用微元分割法处理分析问题时, 需要先把被研究的对象或需要研究的物理过程加以分解, 使之微小化, 化整为零, 使其成为无限多个微小的“元个体”或“元过程”, 每个“元个体”所具有的特征在这个过程中都是相同的每个“元过程”所遵循的规律也是相同的, 我们不妨把每一个“元个体”或“元过程”称为一个“微元”, 每个“微元”具有无限小的特征。

然后我们分析这些“元个体”或“元过程”, 把这些“元个体”或“元过程”的共性物理特征或物理规律描述出来, 最后把这些特征或规律加以研究, 并把这些物理特征或物理规律累加起来, 使问题得以解决。这种方法称之为微元分割法, 简称微元法。说到底, 微元法就是一种巧妙选择研究对象解决复杂物理问题的方法。

使用微元法会加深中学生对物理规律的认知, 能够巩固物理知识和提高解决物理问题

的能力。此外,使用微元法解题还需要中学生掌握高等数学中的一部分简单的微积分知识,这可以会提升中学生应用数学的方法来处理物理现象、物理问题物理过程的能力。微元法虽然在高中阶段的物理学习中有所涉及,但因为不受重视和缺少训练,大多数同学不习惯使用。在竞赛辅导时一定要把微元法作为重要的物理方法让学生掌握。

例 1.如图 4.3.12 所示,有一个半径为 R 光滑半球台放在水平桌面上,在球面顶端上悬挂一条光滑的质量分布均匀的链条, A 端悬挂在球面的顶点上,链条的 B 端恰好与桌面互相接触但却没有相互作用力,铁链单位长度的质量为 ρ 。试求铁链 A 端受的拉力 T 。

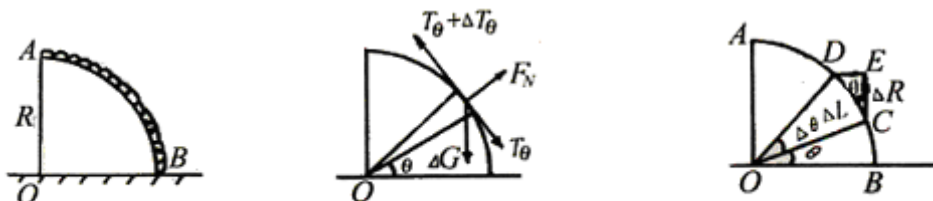


图 3.3.12

解答:因为个链条各部分受力有所不同,整个链条不能看成质点,所以将链条分成无数段小圆弧,每一段小圆弧的长度非常短,可以看成线段,还可以看成质点。

在铁链上任意选取一小段圆弧,长度假设为 ΔL ,看做一个小微元,做为本题目的研究对象。因为小圆弧处于静止状态,所以受力平衡。分析这个小圆弧的受力。受力如图 4—1—甲所示。

$$\text{切线方向上有: } T_{\theta} + \Delta T_{\theta} = \Delta G \cos \theta + T_{\theta}$$

$$\text{所以 } \Delta T_{\theta} = \Delta G \cos \theta = \rho \Delta L g \cos \theta$$

每一小段圆弧沿切线方向向上的拉力都要比沿切线方向向下的拉力要大 ΔT_{θ} ,整个链条对 A 点的拉力就是各段小圆弧上的作用力 ΔT_{θ} 之和,

$$\text{即: } T = \sum \Delta T_{\theta} = \sum \rho \Delta L g \cos \theta = \rho g \sum \Delta L \cos \theta$$

如图中所示,由于 $\Delta \theta$ 很小,故可以将 CD 与 OC , 看做 $CD \perp OC$, 那么 $\angle OCE = \theta$, $\Delta L \cos \theta$ 的意义就可以解释为 ΔL 在竖直方向上的投影,所以: $\sum \Delta L \cos \theta = R$

$$\text{可得铁链 } A \text{ 端受的拉力: } T = \rho g \sum \Delta L \cos \theta = \rho g R$$

例 2.质量为 M 的火箭发射升空后,依靠向正下方喷出气产生向上的推力恰能在空中保持静止,喷出气体的速度大小为 v ,求火箭发动机的功率是多少?

解答:取一个很短的时间,求出火箭对气体做的功。

以 Δt 时间内喷出的气体为研究对象,设火箭推气体的力为 F :

$$F \Delta t = \Delta m \cdot v$$

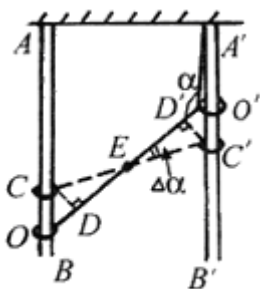
因为火箭静止在空中，所以根据牛顿第三定律和平衡条件有： $F = Mg$

即： $Mg \cdot \Delta t = \Delta m \cdot v$ $\Delta t = \Delta m \cdot v / Mg$

对同样这一部分气体用动能定理，火箭对它做的功为： $W = \frac{1}{2} \Delta m v^2$

所以发动机的功率： $P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2} \Delta m v^2}{(\Delta m V / Mg)} = \frac{1}{2} MgV$ 。

例 3. 如图 4.3.15 所示， O 和 O' 是两个小环，将它们分别套在固定不动的竖直杆 AB 和 $A'B'$ 上，一根不可伸长的绳子穿过环 O' ，绳的两端分别系在 A' 点和 O 环上，设环 O' 以恒定速度 v 向下运动，求当 $\angle AOO' = \alpha$ 时，环 O 的速度。



解答：小环 O 与小环 O' 的速度关系分别与它们的位置有关，即与 α 角有关，故而解这种问题需要用到微元法，用微元法探求其间的速度关系。

设经历一段极短时间 Δt ， O' 环移到 C' ， O 环移到 C ，自 C' 与 C

分别作为 $O'O$ 的垂线 $C'D'$ 和 CD ，从图中看出： $OC = \frac{OD}{\cos \alpha}$ ， $O'C' = \frac{O'D'}{\cos \alpha}$

因此： $OC + O'C' = \frac{OD + O'D'}{\cos \alpha}$ ①

因 $\Delta \alpha$ 极小，所以 $EC' \approx ED'$ ， $EC \approx ED$ ，从而： $OD + O'D' \approx OO' + CC'$ ②

由于绳子总长度不变，故： $OO' - CC' = O'C'$ ③

联立①②③得： $OC + O'C' = \frac{O'C'}{\cos \alpha}$ 即： $OC = O'C' \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right)$

等式两边同除以 Δt 得环 O 的速度为： $v_O = v \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right)$ 。

例 4. 电量 Q 均匀分布在半径为 R 的圆环上（如图 4.3.16 所示），求在圆环轴线上距圆心 O 点为 x 处的 P 点的电场强度。

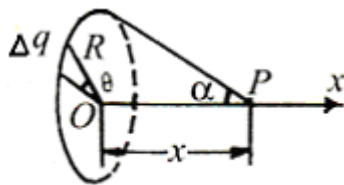


图 3.3.16

解答：选一小段圆弧做研究对象，所带的电量 $\Delta q = R\Delta\theta \frac{Q}{2\pi R}$ ，

它在 P 点产生的电场的场强的 x 分量为：

$$\Delta E_x = k \frac{\Delta q}{r^2} \cos\alpha = k \frac{R\Delta\theta Q}{2\pi R(R^2 + x^2)} \frac{x}{\sqrt{R^2 + x^2}}$$

$$\text{根据对称性可知：} E = \sum \Delta E_x = \frac{kQx}{2\pi\sqrt{(R^2 + x^2)^3}} \sum \Delta\theta = \frac{kQx}{2\pi\sqrt{(R^2 + x^2)^3}} 2\pi = \frac{kQx}{\sqrt{(R^2 + x^2)^3}}$$

方向是沿轴线的方向。

例 5.如图 4.3.17 所示，一水平放置的光滑平行导轨上放一质量为 m 的金属杆，导轨间距 L ，电路中电阻的阻值为 R ，金属杆和轨道均没有电阻，磁感应强度为 B 的匀强磁场垂直于导轨平面。金属杆水平向右的初速度 v_0 ，金属杆只受安培力作用，导轨足够长，求金属杆向右移动的最大距离是多少？

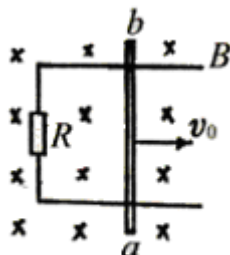


图 3.3.17

解答：在运动过程中的杆只受向后的安培力，安培力是变力，金属杆做变加速运动，设杆的某一时刻速度为 v ，在一极短时间 Δt 内，产生了极小的位移 Δx ，磁通量的变化为 $\Delta\phi = BL\Delta x$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t R} = \frac{BL\Delta x}{\Delta t R}$$

$$\text{杆受到安培力：} F_{\text{安}} = ILB = \frac{B^2 L^2 \Delta x}{\Delta t R}$$

选向右为正方向，在 Δt 时间内，

安培力 $F_{\text{安}}$ 的冲量:

$$\text{所以: } I = \sum \left(-\frac{B^2 L^2 \Delta x}{R} \right) = -\frac{B^2 L^2}{R} x \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

其中 x 为杆运动的最大距离。

对金属杆用动量定理可得: $I = 0 - mv_0 \dots\dots\dots \textcircled{2}$

$$\text{故: } x = \frac{mV_0 R}{B^2 L^2}。$$

3.3.5 辅助图像法

辅助图像法是把物理量间的复杂的函数关系转变为形象直观图像关系的一种方法。

首先根据题意把物理过程中的物理量之间的关系, 准确地描述出来, 再转换为物理图像间的关系。巧妙运用图像的简明、形象、直观的特点, 起到化抽象为形象、直观, 化复杂为简单、容易的目的。图像法是解决物理问题常用的方法, 使用图像有助于中学生把握物理现象, 理解物理规律, 快速解决物理问题。^[18]

图像法也是解决中学物理竞赛试题重要的方法之一。

常用的图像有, 路程时间图像、面积时间图像、位移时间图像、速度时间图像、加速度时间图像、力和位移图像、力和时间图像、电流电压(伏安)图像、电压电流图像、电流时间图像、电压时间图像、电量电压图像、压强体积图像、压强温度图像、压强温度图像、体积温度图像、磁感强度时间图像、磁通量时间图像、其他辅助图像等等。

例 1: 将一重力 \mathbf{v}_0 为的物体以速度竖直上抛, 它所受的阻力和

速度的关系为 $f = -kv$, 当它脱离回出发点时速度变成 v , 求物体运动的总时间?

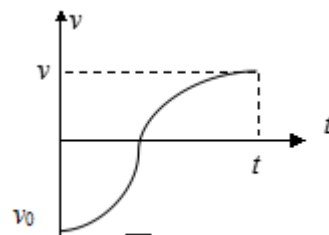


图 3.3.18

分析: 这道题大多数同学想到了微元法, 做起来非常复杂, 得出正确结果的更少。如果画一个 $v-t$ 图像问题迎刃而解。如

图 3.3.18

从题意知上升的高度和下降的高度相等, 因而图中曲线和横轴所夹的面积相等。又因为阻力和速度的关系 $f = -kv$, 可以将图像看成阻力和时间的关系图像。

而曲线和横轴所夹的面积即为阻力时间关系 $f-t$ 图象, 面积就是阻力的冲量, 上下两部分面积相等, 所以阻力的总冲量 I_f 为零。由动量定理得: $mgt + I_f = mv_0 - (-mv)$

$$\text{故 } t = \frac{v_0 + v}{g}$$

问题变的十分简单。

例 2. 一火车沿直线轨道从静止发出由 A 地驶向 B 地，并停止在 B 地。 AB 两地相距 s ，火车做加速运动时，其加速度最大为 a_1 ，做减速运动时，其加速度的绝对值最大为 a_2 ，由此可以判断出该火车由 A 到 B 所需的最短时间为_____。

解答：整个过程中火车先做匀加速运动，后做匀减速运动，加速度最大时，所用时间最短，分段运动可用图像法来解。

根据题意作 $v-t$ 图可得

$$a_1 = \frac{v}{t_1} \quad ①$$

$$a_2 = \frac{v}{t_2} \quad ②$$

$$s = \frac{1}{2}v(t_1 + t_2) = \frac{1}{2}vt \quad ③$$

$$\text{所以 } t = \sqrt{\frac{2s(a_1 + a_2)}{a_1 a_2}}$$

3.3.6 条件假设法

假设法是针对待求解的问题，在与原题所给条件不相违的前提下，人为的加上或减去某些条件，以使原题方便求解。求解物理试题常用的有假设物理情景，假设物理过程，假设物理量等，利用假设法处理某些物理问题，往往能突破思维障碍，找出新的解题途径，化难为易，化繁为简。^[19]

例 1. 甲、乙两物体质量分别为 $2kg$ 和 kg ，叠放在水平地面上。甲、乙间摩擦因数为 $\mu_1=0.6$ ，乙与平面间的摩擦因数为 $\mu_2=0.5$ ，水平拉力 F 作用于物体乙上，两物体一起沿水平方向向右做匀速直线运动，运动中 F 突然变为零，则甲在水平方向上的受力情况（ g 取

$10m/s^2$)

A. 大小为 12N, 方向向右

B. 大小为 12N, 方向向左

C. 大小为 10N, 方向向右

D. 大小为 10N, 方向向左

解答: F 突变为零时, 可假设甲、乙两物体一起沿水平方向运动, 则它们运动的加速度可由牛顿第二定律求出。由此可以求出甲所受的摩擦力, 若此摩擦力小于它所受的滑动摩擦力, 则假设成立。反之不成立。假设甲、乙两物体一起沿水平方向运动, 则由牛顿第二定律得:

$$f_2 = (m_1 + m_2)a \quad ①$$

$$f_2 = \mu N_2 = \mu_2(m_1 + m_2)g \quad ②$$

由①、②得: $a = 5m/s^2$

可得甲受的摩擦力为 $f_1 = m_1 a = 10N$

因为 $f = \mu_1 m_1 = 12N$

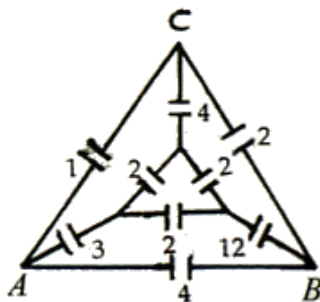
$f_1 < f$ 所以假设成立, 甲受的摩擦力为 10N, 方向向左。应选 D。

3.3.7 类比推理法

根据两类物理对象的某些属性上的类似性而推理出其他属性也类似, 或根据两类物理现象在某些规律上类似而推理出其他规律也类似的思维方法。推理的结论必须经得起实践的检验, 不可任意随型性推理。用来类比的对象之间共有的属性越多, 类比结论的准确性和可靠性就越大。

我们研究某些物理问题时, 经常会遇到某些不同属性的问题在一定程度上具有形式上的相似, 例如物理现象、物理规律在数学表达式上的相似性或者物理图像上的相似性。发现和总结这一相似性的相似点, 并利用已知研究对象的既有物理规律作为未知的研究对象的物理规律, 使物理问题得以解决, 起到他山之石可以攻玉的目的。这种方法在物理学上称之为类比法。经常练习类比法, 解题简单方便, 有效的提高学生思维能力。

例 1. 如图 3.3.20 所示为一无限多电容器连成的网络, 每个电容器的电容均为 C , 求此 A、B 间的等电容 C_{AB} 。



解答：电容器两极板间电压为 U 时，极板上的电量为 Q 时，电容为： $C = \frac{Q}{U}$ ，电阻两端所加的电压为 U ，通过的电流为 I 时，电阻为 $R = \frac{U}{I}$ ，在 C 、 R 的表达式中 U 相同， Q

与 I 可以进行类比，引入 $C^* = \frac{1}{C} = \frac{U}{Q}$

C^* 与 R 类比，通过对 R 的求解，求出 C^* ，再求出它的倒数即为 C ，当用阻值为 R 的电阻来替换电容 C 时，可以求得：AB间的总电阻为 $R_{AB} = (\sqrt{3}+1)R$

现在用 C^* 取代 R ，可解得 $C_{AB}^* = (\sqrt{3}+1)C^*$ ，即 $\frac{1}{C_{AB}} = (\sqrt{3}+1)\frac{1}{C}$

故AB间电容为 $C_{AB} = \frac{\sqrt{3}-1}{2}C$

例2.如图3.3.21所示，有一个半径为 $R=1m$ 的半球形容器，它的内壁光滑，固定在水平地面上，小物块一开始处在与容器低部 P 相距 $5mm$ 的 C 点，现在由静止开始滑下，那么物块从开始下滑到第二次通过 P 点所经历的时间是多少？若此装置放在以加速度 a 向上运动的电梯中，时间又是多少？

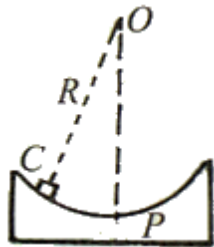


图 3.3.21

解答：小物块只是在重力、弹力作用下运动，物体做 $\theta < 5^\circ$ 往复运动，从受力分析看来，单摆的摆动情况十分类似，不妨把上述装置等效为单摆，

$$\text{周期公式 } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$\text{得 } t = \frac{3}{4}T = \frac{3}{2}\pi \sqrt{\frac{R}{g}}$$

当此装置放在以加速度 a 向上运动的电梯中，等效为单摆的重力加速度变成了 $g' = g + a$ 的情形：

$$t' = \frac{3}{4}T' = \frac{3}{2}\pi \sqrt{\frac{R}{g+a}}$$

除了以上介绍的几种物理解题方法之外，在物理学中，还有极限法、递推法、对称法、作图法、补偿法和假设法等等也都是竞赛解题中经常要用到的.只有掌握了更多的解题方法，结合相关习题进行针对训练，做到灵活运用。可以大大拓宽视野，活跃思维，提高物理学习的能力，有效克服物理学习的思维障碍，使思路清晰、快捷，提高对物理学习的兴趣。^[20]

第四章 研究结论、展望及局限性

为了让众多喜欢物理，热衷于物理竞赛的中学生打下扎实的物理基础，从基础入手，为他们终生发展奠基。作为物理学的基础——力学知识，是物理竞赛内容的基础，还是解决物理问题的方法基础，在物理竞赛中占有不可替代的重要作用。

参加物理竞赛不是简单记忆概念和公式，它需要在深刻理解物理学的概念，掌握它的真正含义。

参加物理竞赛一定要总结物理规律和解题方法。要想参加物理竞赛做一定练习是必要的，但不要过多地加重学生学习的负担，让他们多总结解题的方法和规律，从题海中走出来。

理解和掌握力学基础知识，灵活运用力学知识，提高解决力学问题能力。为进一步学习物理其他部分知识打下坚实的基础，掌握学习物理的规律，掌握解决物理问题的方法和规律。锻炼学生的意志品质和思维品质。

物理学大气、基础、普适、简捷而由又实用，让我们倍感亲切。

物理学教会了我们思考，让我们在思考问题的时候，注重规律性，尊重客观性，少走弯路；物理学教会了我们表达，让我们阐述观点时简洁而又符合逻辑和客观；物理学教会了我们方法，让我们在改造自然和征服自然的过程中变得越来越从容，从有人类以来飞天的梦想，到今天可以在太空里自由的翱翔，每一个人类的巨大进步，都是物理学让我们向着自由王国在大幅度地跃进；物理学教会了我们选择，让我们的选择更科学和合理；物理学教会了我们行为，让我们的行为更加理性和淡定；物理教会了我们生活，让我们的生活富有、文明和丰富多彩！

几年的高考政策一直处于改革之中，招生政策也一直在变化，对竞赛辅导的冲击很大。但大学的自主招生政策诱惑着很多学生不考虑个人条件想参加物理竞赛。物理竞赛是一少部分对物理学习有着浓厚兴趣，学习有余力的理科学生适合参加一项赛事活动。特别是复赛以上的比赛，能够参加的更是少之又少。因此它不是普及性的，更不会大众化的。不宜广泛普及的赛事活动^[24]。它有限的参与度使得研究对象较少，在本文的研究中，一部分内容是资深物理竞赛辅导老师的切身经验、体会和感悟，另一部分是参加物理竞赛选手的成功有效的做法和体验，没有对其负面进行论证和分析，因而缺少更多科学有效的理论依据，加之工作繁忙，时间有限，没能用更多科学数据和依据来推断。

参考文献

- [1]叶沿林.全国中学生物理竞赛与国际奥林匹克物理竞赛[J].2012第41卷,第8期.519-523.
- [2]杨国桢.中国物理学会物理奖介绍[J].2012第41卷,第88期.523-527.
- [3]康翔.培养物理拔尖人才的思考[J].2001第22卷,第3期.54-56.
- [4]陆异,祁有龙,武建时,蔡心田.关于参加全国中学生物理竞赛学生个性特点的初步研究[J].1990第2期.115-118.
- [5]李连梅.我国高等学校自主招生制度改革研究[D].湖北:华中科技大学,2010.
- [6]潘蓓蓓.物理高考与竞赛试题研究[D].北京:北京师范大学,2008.
- [7]彭哲方.第十七届全国中学生物理竞赛(广东赛区)预赛试题分析[J].中山大学学报论丛 2001,第21卷,第1期.46-48.
- [8]彭哲方.第十八届全国中学生物理竞赛(广东赛区)预赛试题分析[J].中山大学学报论丛, 2002,第22卷,第1期.9-11.
- [9]葛文荣.全国中学生物理竞赛试题难度影响因素的研究[硕士学位论文],重庆:西南大学, 2009.
- [10]黄国龙.物理竞赛辅导中培养学生创新能力教学初探_黄国龙[J].2003年4期,物理同报 8-9.
- [11]鞠国兴.一道物理竞赛题引出的几个问题[J].大学物理,2014,第33卷,第7期.
- [12]王黎智,张雄,杜雷鸣.从中学物理竞赛看中学生的实验能力[J].云南师范大学学报,2005, 第25卷,第4期.
- [13]罗维明.谈谈如何培养中学生参加物理竞赛的能力[J].三明师专学报 1994,第4期.
- [14]张新华.高中物理竞赛学生问题解决能力的培养[J].教学研究,第157卷.
- [15]田丽.高中物理竞赛中电磁学的解题方法研究[硕士学位论文],长沙:湖南师范大学, 2014.
- [16]马伟生.如何培养高中生物理竞赛技巧[J].理化生教学 2009,7月.
- [17]胡永.在物理竞赛中培养学生解决问题的能力[J]中学数理化教与学.2011.12.
- [18]吴碧兰.高中物理竞赛学生问题解决能力培养的实验研究[D]福建:福建师范大学,2003 年8月.24-27.
- [19]王建忠.中学物理竞赛与物理教育改革[J].物理通报,2003,9月.
- [20]杨小春.浅议新课程理念下的物理竞赛辅导[J].新课程(教育学术)2010,7,(4):26-30.

