

---

# **HITwhPhysicsTournament Documentation**

**N518 asd1dsa**

**2018 年 10 月 22 日**



|          |             |           |
|----------|-------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>前言</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>竞赛简介</b> | <b>3</b>  |
| 2.1      | 竞赛任务        | 3         |
| 2.2      | 赛题          | 3         |
| 2.3      | 竞赛主要相关资料来源  | 4         |
| 2.4      | 对参赛者的要求     | 4         |
| 2.5      | 对参赛者的好处     | 4         |
| <b>3</b> | <b>研究简介</b> | <b>7</b>  |
| 3.1      | 科学的原则和价值观   | 7         |
| 3.2      | 科研过程        | 8         |
| <b>4</b> | <b>信息搜集</b> | <b>9</b>  |
| 4.1      | 基本理论的学习     | 9         |
| 4.2      | 论文的搜集和阅读    | 10        |
| <b>5</b> | <b>研究</b>   | <b>11</b> |
| 5.1      | 初步分析        | 11        |
| 5.2      | 正式研究        | 12        |
| <b>6</b> | <b>赛场表现</b> | <b>15</b> |
| 6.1      | 比赛规则        | 15        |
| 6.2      | 学术报告        | 15        |
| 6.3      | 其他策略        | 15        |
| <b>7</b> | <b>附录</b>   | <b>17</b> |
| 7.1      | 当前竞赛题目      | 17        |
| 7.2      | 启发性问题       | 20        |
| 7.3      |             | 21        |



我代表学校参加了第八届大学生物理学术竞赛（CUPT），并且在下一届参赛的同时提供了其他方面的各种帮助，对这个竞赛相对还算比较了解，并且本身算是一个物理爱好者，在此为各位介绍它。

这个比赛首先是一个 **学术竞赛**，而非一般学科竞赛中以做题为考核方式。涉及的主要任务是研究，其次是展示。研究的思路和成果虽说通常与真正的科学研究尚有差距，但至少算是一次科研的体验之旅。

这个比赛通常是低年级本科生参加，高中毕业后至多不到两年的学生不太可能积累有较充分的知识储备，一切所需的理论知识和研究方法都需要自己钻研、磨练。经过这样一个在实践项目中学习的过程，对理论知识与实际的联系会更容易，也能培养提出问题、解决问题的重要思维习惯。

我认为，它最大的意义是作为一个尝试的机会。高中生进入大学就开始修习专门的专业知识，但往往在并不了解学科的情况下就茫然学习，通常无法建立真实的兴趣。要寻找到自己的兴趣，需要先去尝试各种各样的可能适合自己的活动，这样才能了解这些活动，自然地建立兴趣，进而拥有追求，便不再会为人生的抉择而犯难。而我认为，这个比赛就是科研这条路线的尝试的一个好机会。

值得一提的是，虽然其名为物理学术竞赛，实际上它对各理工科专业的学生都有很好的锻炼作用，反倒由于低年级学生难以积累过多物理知识而使得物理学理论中特有的经典思想方法不太会出现，许多物理系的学生也会因为理论知识的学习任务太重而无心参与这个比赛，于是工科思维在这个比赛的研究中也占据了相当的分量。不过这对于物理学也不是问题，物理学虽说是抽象的“自然哲学的数学原理”，但终究是一门科学，是讲究可证伪、讲究实际的，专注于解决问题的工程思维并不会成为学理论物理的障碍。

不过，我所说的这样的尝试的意义在于区分自己是不是能够对这个活动感兴趣，那就意味着你参加之前不可能知道自己做起来以后会不会感兴趣。

我的建议是：既然这样，那就来试试吧！

这和科研的一个特性很像：平时我们一旦遇到了预料之外的、失去掌控的东西便会苦恼，但做研究是思路似乎就是“要迎难而上”，因为预料之外的、失去掌控的事物就是研究者所要寻找、理解的。

在兴趣这个问题上也是类似的，迎难而上会是一个不错的做法。虽然你参加之前不可能知道自己做起来以后会不会感兴趣，但为了区分自己是不是能够对这个活动感兴趣就需要做这样的尝试，就来试试吧。

你确实很容易就可以从中寻找到乐趣。这种乐趣和题目的设计也有关系：竞赛题目指定要研究的现象大多源于生活，往往我们早已遇到过它们但未曾深入思考、仔细调查。涉及的领域距离我们也并不遥远，不是天上的脉冲星也不是微观的纠缠粒子，而是身边的流体、光、声音等等。这些现象往往乍一看匪夷所思，但稍作思考、测试，便能收集到更多的信息，我们就可能提出一些假想来解释它，经过一些区分能力更强的实验检验以后，我们最终可以相信其中一个假想作为答案，这时就会有柳暗花明之感洋溢而出。

此外，如果争取到代表学校参赛的资格，就能进行另一项重要的活动——与其他高校的学术辩论。值得一提的是，学术辩论不同于普通的辩论，其目的到底还是清晰地展示和客观地评价一个研究工作，从而探讨更好的改进方案，其首要原则是实事求是，不能诡辩。赛场上面向的不是对手而是伙伴，共同的目标是弄清楚现象的物理机制，而真相只有一个，不存在两方观点相矛盾但又都有道理的情况，讨论的目的是找到那个真相而非言语上取胜，相互的质疑只是为了帮助消除个人思维的局限性罢了。

向他人展示自己的研究成果，这在研究工作中也是不可缺少的。你能让别人认为你的研究有价值，才能得到各方面的支持。此外，展示的过程也是整理的过程，在回顾过去工作的过程中能加深自己对问题的理解。学术辩论过程中所涉及的对他人研究成果的讨论、评价，这些同样对敏捷思维的训练和深刻理解的积累大有好处。

规则和建议都暂且简单介绍，规则详见官方 **竞赛指南**，建议则会在接下来的章节细化。

## 2.1 竞赛任务

竞赛要求一个队伍（3~5人）完成指定的研究任务，然后在赛场上扮演 **正方[Report]**、**反方[Opposite]**、**评论方** 三种角色。三种角色的任务分别是 **报告研究成果并与反方讨论以及回答反方和评论方的问题**、**总结正方研究的优缺点并且深入讨论改进方案或物理本质等**、**总结报告和讨论要点并且补充遗漏点**。

## 2.2 赛题

赛题即需要完成的研究内容，直接使用IYPT的赛题，一共17道，需要完成其中的15道及以上（地区赛要求稍低），如果放弃题目会有分数上的惩罚。赛题的内容一般包括两部分：**现象描述** 和 **任务指定**，偶尔也有不由它们构成的题目。

### 2.2.1 常见的研究任务

- 原理解释: Explain ...
- 创新制造: Construct .../Design ...
- 研究参量对现象的影响: Investigate how ... depends on ...
- 最优化（为了最优化，一般也需要完成上一种任务）: Optimize ...
- 性能评价（许多时候被其他的任务所隐含）
- 寻找现象发生的条件: Determine the condition/parameters that ...
- 自由选择: Investigate the phenomenon.

## 2.3 竞赛主要相关资料来源

- IYPT官方网站的档案，往年题目、比赛视频和研究资料: <http://archive.iypt.org/>
- GYPT官方网站的指引，题目、视频、指引: <https://gypt.org/aufgaben.html> （德文，建议翻译成英文看）
- Reference Kit，某学者整理的参考资料，提供标题和链接: <http://kit.ilyam.org> （今年的尚未发布）
- 微信公众号: IYPT青年物理学家
- 任何一个学术搜索引擎，如百度学术
- 任何一个论文文档获取途径，如 [sci-hub](#)
- Youtube （以及任何一个“科学上网”方式或者 [onlinevideoconverter](#) ）

## 2.4 对参赛者的要求

### 2.4.1 参赛前

- 有时间：竞赛的研究可能持续八个月及以上，尽管做研究的时间必然是一小部分，但完成研究任务所需的时间不可能很少。参赛者必须作出选择，放弃一些课余的其他活动。
- 有毅力：受挫、失败是科研的常态，必然不能畏难惧败。如果研究的结果都是可预料的，那就我们所做的就不能称为研究了。如果理论知识不可理解，那就再加阅读思考；如果实验现象不可预料，那就再加分析改进。
- 有动力：通常参赛者都未参与过物理方面的研究，不可能对这一过程有较充分的了解，更不能保证自己对其中的活动感兴趣。但你可能对现象本身感兴趣，深入了解一些物理以后又对在现象上应用物理规律感兴趣，完成一个研究任务后又从对现象的成功解释、预测中得到了成就感。不管动力是什么，只要能支持你前进就可以获得属于自己的丰富收获。

### 2.4.2 参赛中

- 物理理论知识：没有物理理论知识，就没有从物理角度看待问题的思维方式，连提出有价值问题的能力都不具备，更别说解决实际物理问题还需要更多的具体分析方法。不同的题目需要不同的物理基础。
- 数学知识：物理学实质上是“自然哲学的数学原理”，数学手段的应用在物理中是必须的。微积分（包括常微分方程和级数等知识）是必须的，线性代数和偏微分方程也是常用的。
- 数学软件或编程语言：用于辅助推导和进行大量计算（尤其是人工难以完成的数值计算）。为降低学习成本，只建议使用Mathematica。
- 学术演示文稿的制作与展示的准备。

## 2.5 对参赛者的好处

- 体验和测试：体验研究过程，测试自己是否能够对其感兴趣。
- 心性的锻炼：完成一次马拉松式的任务无疑是一次好的对个人意志的考验和对工作方法的训练，尤其是当它是第一次的时候。
- 能力的培养：积累数理基础和技能作为硬实力，但更重要的收获其实是那些粗略理解了的概念，它们使你的视野广博。此外，为了一个专门的任务所集中学习的知识掌握得往往更为牢固，因为你知道如何联系实际。



- 学术的交流：在研究过程中或赛场表现时，与同龄人进行学术问题的交流和探讨，能使思维敏捷，使你更善于发现问题、善于理解他人，也能使你更适应这样的活动。
- 其他：如保研等竞争性评选的加分项、毕业要求中创新学分的评定



### 3.1 科学的原则和价值观

百度百科上说，科学是一个建立在可检验的解释和对客观事物的形式、组织等进行预测的有序的知识系统。

其中，进行预测则是科学的任务，因为人类总是有各种各样的需求，而满足这些需求需要人类做出适当的选择，掌握“如果这样会怎样”的信息对这种选择的帮助是决定性的，这是人类进行科学研究的重要动机，也是为什么科学研究能够得到各种各样的支持。

科学研究中，一切科学命题的真伪应当是 **可检验的**，这就是科学研究与其他知识探索活动的区别所在。不可检验论述的一个著名的例子是“卡尔萨根的喷火龙”：某人声称他的车库里有一条喷火龙，但它具有完美的“透明”特性，以至于任何人类能掌握的探测手段都无法探测到它。这似乎显然是无稽之谈，但你如何反驳它呢？你无法拿出任何证据证明这条龙不存在，因为搜集证据需要你能够探测它，但如果你能探测到它，你找到的就一定不是他所宣称的具有完美隐匿特性的喷火龙。

我们能做的仅仅是指出这不是一个科学的（可检验的）论断，然后无视这条陈述。物理学家泡利对这种论断有个著名的简短评述：“**Not even wrong**（还不如错了）”。将研究所要获取的知识限制在可检测的范围内，可以避免对无意义的命题进行不可能实现的研究，把人类有限的精力放在对那些可知的的问题的好奇之上。仅仅是了解这一点核心理念，你就能很大程度上免受各种玄学、伪科学让你产生的困扰。

知识包含的信息量是有所不同的，这也一定程度使得知识的有用程度是不同的，一类最有用的科学知识就是那些具有普遍性的规律。比起“明天一定会下雨”这条信息，一个能够较精确预测天气的可行方法要有用的多，毕竟后者所提供的信息本身就能够判断前者的真伪，不过也有许多情况使我们更需要前者。这些普遍的事实规律就是一个科学理论体系的基础，通常需要经过（相对来说）很严格的审视，掌握它们能够让我们了解事实之间的关系，允许我们从一些好的角度看待自然现象，进而加以分析得到我们想知道的。于是在科学研究中，普遍而非平凡的结论通常是我们更想要的，是更有价值的。

举一些不同的断言为例：

- 平凡而普遍的断言：一只羊要么是黑的，要么不是黑的。
- 不普遍而非平凡的断言：这只羊是黑的。
- 普遍而不平凡的断言：所有的羊都是黑的。

现在有一个问题：上例中的最后一条是可检验的吗？考虑到研究人员的能力，我们没法检验所有的羊的毛色，但我们只需找到一只不是黑色的羊即可否定这条断言，所以这个断言是不可证明但可证伪的。考虑另一条断言“地球上的所有位置都没有喷火龙”，它是不可证明但可证伪的，那么你为何相信“地球上没有喷火龙”呢？

实际上，我们往往仅仅是“姑且相信”它，如果真的发现喷火龙，我们理应纠正自己错误的信念。如果我们因为不可严格检验而不相信地球上有喷火龙也不相信没有喷火龙，我们将无法建立相关的知识，而很多时候我们宁愿相信其中之一。这时只需要使用“**不完全归纳**”，比如做如下的推理：

因为我去过的地区A,B,C.....都没有喷火龙，所以我相信地球上没有喷火龙。

这种归纳难免令人感到牵强，所以我们还需要把可证伪性视为我们重要的原则，使我们能够纠正自己的错误。说到这里，我们就能发现：我们找不到严格的普遍“真理”，或者说科学研究给出的普遍论断都不是绝对的真理。我们仅仅是基于自己想要了解事实的愿望去姑且相信些什么，然后手持“可证伪性”的利剑严格地、反复地审视之，才使得科学研究的结果充分可信。如果有某物在世间独一无二，且如果要验证关于它的某个断言的真伪就必须破坏它，那么这个实验将无法重复，这就导致相关的断言没法经过审慎的检验来变得可信，所以实验的**可重复性**很重要，尤其是对于那些在空间和时间上都具有普遍性的断言（比如各种物理定律）至关重要：对这种断言的检验要求在任何地点、在任何时间做的检验都给出相同的结果。

许多时候人们放弃了审视，仅仅是盲目地相信各种断言，于是就可能作出这样的推理：已知有数次占卜灵验了，所以占卜的结果都能够成功预测事实。不过要具体而严谨地分析占卜是不是有效，就不在本文的讨论范围之内了，读者不妨试试去设计一些能够评价其有效性的实验方法。

总的来说，科学研究中涉及的论断必须是一定程度上可检验的，而其中有价值的结论必然是可靠的、非平凡的。至于什么样的结论是平凡的、什么样的是不平凡的，这就需要通过学习该领域相关的具体理论来了解。从中学习到现象的分类、分解方法等等之后方能知道，现象中的哪些部分是许多现象都具有的共性、哪些是这个现象的特性。

## 3.2 科研过程

由于科学知识都是关于现实的，那么获取它们的直接手段就是实验了。如果你想知道如果你按下这个按钮会导致机器怎么样，就弄一台（最好是一批）这样的机器来做一次试试，然后用各种你用得上的方法观察机器的响应。这就是一类最简单的实验。在各种各样的实际研究中，你可能需要测试更“不稳定”的对象，对它的反应的探测也可能很困难。前者比如测试炸药爆炸的效果——不太容易保证能弄到一批差别非常小的炸药，后者比如观测某个细胞的位置——至少你不借助其他工具、仪器是做不到的。

按照我所说的，科研似乎完全是实践性的工作，实际上并非如此。要用更好的角度、方法应对问题，就必须了解关于你的研究对象的普遍规律，比如如果你研究液体的运动，就应当了解流体力学理论。只有掌握系统的理论知识，才能以好的观点（或者说，不很糟糕的观点）看待问题（除非你自己创造一套不错的理论），物理领域的研究尤其如此。

只要你要有一个想弄清楚的问题，那么在对它的科学研究中所需做的，无非就是上述所说的：学习理论知识、建立实验装置（要确保装置足够接近你的设想）、进行实验并观测结果（可能需要掌握一些仪器的使用方法）、从结果信息中分析问题的答案，不过往往也有在实验前就通过理论分析给出一个可被实验检验的论述的。只不过不同领域中的不同问题的研究需要不同的知识、方法、技能，都需要在研究的过程中根据需求来积累。比赛中的具体研究步骤则通常包括：题意分析、预实验（重现现象、熟悉操作）、基础知识学习、文献调研和阅读、理论分析（给出要验证的断言）、实验测量（验证理论分析结果）。

资料乃至各种各样的信息的搜集在科研中是关键，这可能包括教材里的基本理论、论文里的新分析方法、社交媒体上的实验视频等等。搜集信息的基本原则是时刻知道自己需要的是什么，从而能判断信息对自己有没有用。现代搜集这些信息的主要方式是互联网，所以使用搜索引擎、提炼有用信息的能力是至关重要的，这里不对它们作介绍。

## 4.1 基本理论的学习

学习的内容分为两方面：基本物理理论和具体问题的解决方法。没有对基本物理理论的理解，也就没有以物理观点看待、分析问题的思维方式，从而 **决不可能** 做出“物理”的研究。没有对具体实用技术、方法的了解，则也不能完成对实际问题的研究。

基本理论的学习通常按照研究的需求借助教材完成。如果你不知道对你的问题进行较专业的研究需要学习哪些知识，向有经验的人请教。

学理论知识时要注意几点：

1. 选择一本一般认为是好的教材。什么是好的教材？一本不错的教材应该让满足学习条件（掌握了先修知识）的学生 **能够** 通过它来充分学会其内容。也就是说，只要有足够的耐心，能在没看明白的情况下再看一遍或者深入思考直至弄懂，读者必定能掌握其中知识。如果你不知道哪些书是好的教材，向有经验的人请教。
2. 根据需求选读。比如某本流体力学的第一章和第三章是讲基本理论，第四章是讲理想流体的运动，第五章讲粘性不可压缩流体，而你只研究接近理想流体的流体，那就只需看一、三、四章。如果发现文中用到了自己没学的知识再翻阅其他章节了解。如果你不知道对你的问题进行研究需要学习哪些知识，向有经验的人请教。
3. 先准备好先修知识再学习你需要的知识。比如在没有微积分和牛顿力学的基础的情况下看流体力学的书几乎肯定会一头雾水。如果你不知道所需的先修知识有哪些，向有经验的人请教。
4. 遇到不明白的地方，采取多种方式搜集信息来弄懂。通常本科范围内的概念性的知识在英文维基百科上都有靠谱的解说（至少物理领域的知识是这样），普遍开设的课程如微积分、大学物理中的许多问题也在网络上有广泛讨论。进一步的了解可以寻求其他书籍、论文、学者的帮助，除非世上没人知道真相（或者没人把真相说出来），不然总会有办法弄明白。有些抽象的概念、关系不易理解，就寻找更多的实例（通常例题、习题中就会有）来帮助理解。

把握以上四点，我想应该就能保证理论学习的效率和效用了。

## 4.2 论文的搜集和阅读

通常成体系的知识才会写成专著，或是在为了方便培养学生时编写教材。写文章和会议报告是学术界大范围交流知识的主要两种方式，要即时了解关于某问题的研究进展，必须直接阅读学术论文。

搜集论文包括两个步骤，一是通过有关研究对象的关键词来寻找有哪些相关的论文，二是根据这些论文的题目去获取论文文本。第一步通常依靠学术搜索引擎完成，比如 谷歌学术、百度学术等，也可以直接使用文献数据库（如知网、万方、维普、Web of Science）中集成的搜索引擎。第二步则通过数据库或者盗版文献获取途径（如 sci-hub）完成。

搜索论文时要注意几点：

1. 首先对你要研究的问题有所了解，知道你研究的问题的关键特点有哪些，并且知道业界是如何给各种概念、实体命名的，这样才能知道用什么样的关键词去搜索。如果你很不了解这些，或许就需要先学习基本物理理论；如果只是有些小疑惑，可以上网搜索或请教熟悉这领域的人。
2. 如果对一个问题的研究已经有一定规模，那么很可能会有学位论文(Thesis)和综述论文(Review)，它们会对它所用的分析方法的理论基础和该问题的研究现状都作较详细的介绍，对新手很重要。
3. 前沿研究成果一般都发表在英文期刊上（除了学位论文），中文期刊上大多是一些不那么有价值、手段并不很高明的结果，但许多时候后者对新手更有用。
4. 通过标题和摘要(Abstract)了解文章完成的工作和所用的方法，进而判断你是否需要阅读这篇文章。
5. 避免付费。

当你认为一篇论文能够让你更好地了解这个现象，或者你正尝试使用的分析方法与文章中所用的有关，你就有必要读一读相应的论文。学术文章的结构通常包括摘要、引言(Introduction)、主体（可能包括理论分析、实验结果等多个小节）和结论(Conclusion)，其中引言部分通常是介绍研究对象的应用场景、基本原理、研究现状。

对于读文章的方法我有几个可用的建议：

1. 如果你英文水平不高，也不必畏惧英文文章。学术写作的习惯不同于文学写作，多用简单词、简单句。用词基本上是日常词汇和该领域的术语，对于这两种生词都只需要现场查含义代入语句理解即可，持续阅读一段时间后生词量就基本没多少了。相比之下，如果因为英文水平尚不高而错过大量有用的文章，可能更加费时费力。
2. 阅读过程中做简洁的笔记来总结收集到的信息，有助于对它们的理解和后续的查阅。
3. 如果文章研究的对象与你的相同，你可以尝试重复文中的理论推导、数值计算或实验测量。

## 5.1 初步分析

对题意和原理的分析是必不可少的，以IYPT2018第五题为例：

When a drinking straw is placed in a glass of carbonated drink, it can rise up, sometimes toppling over the edge of the glass.

Investigate and explain the motion of the straw and determine the conditions under which the straw will topple.

初步的翻译结果大致是这样的：当一支吸管放在一杯碳酸饮料中会上浮，有时会从杯壁上翻倒。研究并解释吸管的运动，确定吸管翻倒的条件。

### 5.1.1 明确现象

题中说了放置(placed)，那么究竟是怎么放置的？是斜着插入饮料、还是横在水面上（有点扯）、或者是竖着立在杯底？光看这句话是无法分辨的，三种都有可能。

后面说吸管可能从杯壁上翻倒(topple over the edge，翻译未必准确)，什么样算是topple？是从杯子里翻出去、还是从树立在杯中央的状态开始倾倒在杯壁上？

稍微做一些实际的测试，或者联系实际的经验，就知道第二种现象是常常发生的，但第一种似乎不可能，而且我也提不出什么新而合理的诠释。题中说topple的现象是有时(sometimes)发生的，那么似乎又不是在说第二种，因为一般的吸管放在饮料里通常都会靠在杯壁上，除非吸管相当粗而重从而很容易就能竖着立在杯底（也有可能竖直浮在杯中而不接触杯子）。

原则上来说，两种立意都说得过去，研究的对象只要是符合题意的、说得通的就都没有什么可以诟病的地方，但它们的研究价值可能不一样，有的现象平凡、有的稀奇，有的现象有重要的实际应用、有的则没有——不过在我们这个主要以生活附近的现象为主题的研究中，一般不会考虑实际应用的价值。

去年我们做这题时，在尝试阶段观察到了第一种现象：把吸管放进饮料，然后就靠在了杯壁上，一会儿之后吸管就翻出了杯子。这让我们感到很新奇：它是怎么做到的？相比之下，另一种立意显得有些无聊，没有意料之外的事情——意料之外的事情正是研究中通常最让我们感兴趣的。于是我们就决定研究这个翻出杯壁的现象了，最感兴趣的问题就是“吸管是怎么翻出去的”，这也自然包括题目中的任务目标：“什么情况下吸管会翻出去”。



## 5.1.2 理解原理

确定了研究的目标之后，就要定性地分析现象的原理。我们关心的是运动问题，那么自然就采用力学的观点，进行受力分析。

吸管可能受到的影响比较大的力有：弹力（支持力）、重力、浮力、吸管上附着的气泡提供的“附着浮力”、液体中运动造成的粘滞阻力、吸管一端与杯壁的摩擦力。实验观察表明运动是比较慢的，所以初步的分析中可以考虑粘滞阻力这个与速度正相关的力。现象发生时首先吸管被放入饮料然后倒在杯壁上，一端伸出杯子、一端抵在杯底的边缘上，此时力和力矩都平衡。当饮料中气泡积累到一定数量，附着在吸管上的气泡能够打破这一平衡，使吸管上浮并旋转。随着吸管上浮，浮力会减小，但吸管会伸出更多从而使得重力产生的角加速度增大。当吸管下端接近液面，还会有表面张力来阻碍吸管的下端离开液面，不过这个力通常不大，或许可以忽略。只要此时吸管已经伸出足够多，吸管就会翻出去。

由上分析可知，现象的发生需要多个过程成功发生：吸管在杯中稳定（没有气泡也能翻出去的话，就没有特殊性了）、气泡提供的力克服了重力和摩擦力等力使吸管上浮、吸管伸出更多以后仍能上浮（要求重力的增强比浮力的削弱更显著）、吸管下端达到液面后仍能翻出去（要求重力力矩足以克服摩擦力和表面张力的影响）。于是进一步定量理论分析的目标也就明确了，就是利用力学规律计算什么装置参量能够同时满足以上要求。

只要有理论知识，在上述分析之前就可以大致确定有哪些装置的力学性质是值得注意的：杯子的形状和尺寸、液体的黏度和密度、液体填充量、吸管的密度和长度、吸管与杯壁间摩擦力的强度、碳酸饮料的气泡产生速率和附着效率。了解原理以后还可以更明确地定性分析这些参量如何影响，这里不再赘述，读者不妨自己试试。

## 5.2 正式研究

正式的研究中涉及的要领都是具体的，在此我只能提一些重要原则和值得特别注意的地方。

### 5.2.1 实验

在之前的探索中，你可能已经搭建过简易的装置来观察现象。但如果需要进行精确的实验测量，装置的严谨搭建就需要格外注意了，唯一的改善方法就是不断思考、不断测试哪里可能有意料之外的疏漏影响了你研究结论的可靠性。在实验中，有几点值得特别注意：

1. 根据你的需求来购买器材，不一定要因为某些器材容易得到就使用它们。如果你的研究方案在现有条件下不能直接实现，寻找更巧妙的方案或者换一种研究思路。如果你不知道自己的需求或没有一个研究方案，说明你还需要通过简单的探索和测试来收集信息，在那之后你才能走到这一步。
2. 如果你打算忽略装置某处的不严谨之处，你最好通过理论或实验粗略估计这样做造成了多大的影响，并且把估计的结果作为证据记录下来。
3. 有些领域（如光学）有实验装置搭建的一些规范，如果有就先加以了解并应用之。
4. 搭建好实验装置之后，还要尝试进行一些你可能用得上的测量，从而在熟悉操作方法的同时了解装置搭建和测量的方案有没有什么不妥之处。
5. 许多实用设备的功能都是复杂的（比如手机相机往往会默认地进行自动对焦和图像优化），可能有意料之外的机制影响了测量到的结果。要么选用更简单的设备（比如使用CCD代替手机拍摄），要么使用可控的设备（比如使用专业的摄影相机或者拍照软件）。

### 5.2.2 数据处理

对实验数据进行处理通常是要将其整理并可视化（看一张图得到信息的速度比看一张表格要快得多），或是计算某个评价指标（如统计上的线性相关系数）。

1. 必须掌握数字修约方法和不确定度的有关知识。
2. 如果数据处理的任务复杂而繁重，可以使用计算机技术自动化地进行数据的采集和处理。



### 5.2.3 理论分析

理论分析的目标可能有很多种，但最常见的目标就是要使用普遍的物理规律 **预测** 某个具体模型的某些物理量的变化和分布规律。特别的建议有：

1. 当问题过于复杂而使得你无法前进时，可以做一些近似或者换一种分析方法。
2. 可以使用带有符号计算功能的数学软件帮助你进行你所不能完成的推导，比如对微分方程求解解析。
3. 对于许多领域的问题，你能找到的参量之间并非独立，为了避免多余的研究、揭示现象的本质，最好对各个物理量进行“无量纲化”。
4. 得到结果以后，为了保证没有疏漏，做一次彻底的检查是很好的。这也能帮助你整理思路。

### 5.2.4 结论

给出结论原则上说只需要实验结果的支持，但如果你能够通过实验验证理论模型的有效性，就能一定程度上支持那些未被严格验证的理论分析结果。结论应当是一系列有价值的论断，并且它们得到了证据的支持从而成为科学的知识。



6.1 比赛规则

国赛的比赛规则详见官方文件，其中的核心规则将在此被简化后重述、讨论。

每轮比赛中，三支3~5人的参赛队伍轮流扮演正方(Report)、反方(Opposite)、评论方(Review)，进行三场比赛。在国赛/地区赛/省赛内，这样由多场比赛组成的一轮比赛通常会更换对手举行数轮。

每一场比赛定时45分钟，具体流程如下：

| 流程     | 限时/min |    |
|--------|--------|----|
| 反方挑战   | 1      |    |
| 正方准备   | 1      |    |
| 正方报告   | 12     |    |
| 反方提问   | 2      |    |
| 反方准备   | 2      |    |
| 反方报告   | < 3    | 13 |
| 正反方讨论  | >10    |    |
| 评论方提问  | 3      |    |
| 评论方准备  | 2      |    |
| 评论方报告  | 4      |    |
| 正方总结发言 | 1      |    |
| 打分与讨论  | 4      |    |
| 总计     | 45     |    |

6.2 学术报告

6.3 其他策略



### 7.1 当前竞赛题目

#### 7.1.1 1. 自己发明 **Invent yourself**

Build a simple motor whose propulsion is based on corona discharge.

制作一个动力源于电晕放电的简单马达。

Investigate how the rotor's motion depends on relevant parameters and optimize your design for maximum speed at a fixed input voltage.

调查转子的运动与相关参量的依赖关系，并在恒定的输入电压下使速度最大化。

#### 7.1.2 2. 烟雾 **Aerosol**

When water flows through a small aperture, an aerosol may be formed.

当水流过一个小孔，可能有烟雾形成。

Investigate the parameters that determine whether an aerosol is formed rather than a jet for example.

调查决定烟雾形成与否的参量（比如，可能生成的是射流而非烟雾）。

What are the properties of the aerosol?

烟雾的性质有哪些？

#### 7.1.3 3. 低音 **Undertone Sound**

Allow a tuning fork or another simple oscillator to vibrate against a sheet of paper with a weak contact between them. The frequency of the resulting sound can have a lower frequency than the tuning fork's fundamental frequency.

让音叉或者其他简单的振子轻微地接触着一片纸振动，如此产生的声音的频率可能略低于音叉的基频。

Investigate this phenomenon.

研究此现象。

### 7.1.4 4. 漏斗与球 Funnel and Ball

A light ball (e.g. ping-pong ball) can be picked up with a funnel by blowing air through it.

一个轻球（如乒乓球）可以用漏斗吹气的方式捡起来。

Explain the phenomenon and investigate the relevant parameters.

解释这个现象并调查有关的参量。

### 7.1.5 5. 倒水壶 Filling Up a Bottle

When a vertical water jet enters a bottle, sound may be produced, and, as the bottle is filled up, the properties of the sound may change.

当水流竖直进入瓶子，可能会产生声音。随着瓶子被装满，声音的性质可能发生改变。

Investigate how relevant parameters of the system such as speed and dimensions of the jet, size and shape of the bottle or water temperature affect the sound.

调查系统的相关参量（如水流的速度和尺寸、瓶子的形状尺寸、水温等）如何影响声音。

### 7.1.6 6. 飓风球 Hurricane Balls

Two steel balls that are joined together can be spun at incredibly high frequency by first spinning them by hand and then blowing on them through a tube, e.g. a drinking straw.

用手让两个连接的钢球转起来，然后用管子向它们吹气，它们能以难以置信的频率旋转。

Explain and investigate this phenomenon.

解释并研究此现象。

### 7.1.7 7. 大声 Loud Voices

A simple cone-shaped or horn-shaped object can be used to optimise the transfer of the human voice to a remote listener.

一个简单的锥形或角状的物体可以用于优化人声的远程传送。

Investigate how the resulting acoustic output depends on relevant parameters such as the shape, size, and material of the cone.

研究结果的声输出是如何依赖于相关参量（如锥的形状、尺寸、材料）的。

### 7.1.8 8. 科幻之声 Sci-Fi Sound

Tapping a helical spring can make a sound like a “laser shot” in a science-fiction movie.

轻拍一个盘簧能产生类似科幻电影中激光枪的射击声。

Investigate and explain this phenomenon.

研究并解释此现象。

### 7.1.9 9. 酱油光学 Soy Sauce Optics

Using a laser beam passing through a thin layer (about 200  $\mu\text{m}$ ) of soy sauce the thermal lens effect can be observed.

让激光束通过一层薄酱油（约200微米），可以观察到热透镜效应。

Investigate this phenomenon.

研究此现象。

### 7.1.10 10. 悬空水轮 **Suspended Water Wheel**

Carefully place a light object, such as a Styrofoam disk, near the edge of a water jet aiming upwards. Under certain conditions, the object will start to spin while being suspended.

在一束水流的边缘小心地向上放置一个轻物体（如泡沫塑料碟）。在特定条件下，物体会在悬浮中自旋。

Investigate this phenomenon and its stability to external perturbations.

研究此现象及其对外界扰动的稳定性。

### 7.1.11 11. 平面上的自组织 **Flat Self-Assembly**

Put a number of identical hard regular-shaped particles in a flat layer on top of a vibrating plate. Depending on the number of particles per unit area, they may or may not form an ordered crystal-like structure. Investigate the phenomenon.

在一个振动的盘子的平整表面上放置一定数量相同的硬而形状规则的粒子。依赖于单位面积上粒子的数量，它们可能、或者不可能形成有序的晶状结构。

Investigate this phenomenon.

研究此现象。

### 7.1.12 12. 陀螺磁场计 **Gyroscope Teslameter**

A spinning gyroscope made from a conducting, but nonferromagnetic material slows down when placed in a magnetic field.

一个由导电但非铁磁性的材料制成的陀螺在磁场中旋转时会减速。

Investigate how the deceleration depends on relevant parameters.

研究减速的加速度如何依赖于相关参量。

### 7.1.13 13. 莫尔线计数器 **Moiré Thread Counter**

When a pattern of closely spaced non-intersecting lines (with transparent gaps in between) is overlaid on a piece of woven fabric, characteristic moiré fringes may be observed. Design an overlay that allows you to measure the thread count of the fabric.

当不交叉的直线（其间有透明的间隙）紧密排布而成的一种图样覆盖于编织物之上时，可以观察到特征的摩尔条纹。设计一种允许你测量编织物上丝线数目的图案。

Determine the accuracy for simple fabrics (e.g. linen) and investigate if the method is reliable for more complex fabrics (e.g. denim or Oxford cloth).

确定对于简单编织物（如麻布）的精度，并调查对于更复杂的编织物（如牛仔布、牛津布）这个方法是否可靠。

### 7.1.14 14. 回转摆 **Looping Pendulum**

Connect two loads, one heavy and one light, with a string over a horizontal rod and lift up the heavy load by pulling down the light one. Release the light load and it will sweep around the rod, keeping the heavy load from falling to the ground.

用跨过水平杆的绳子连接一轻一重两个负载，并通过下拉轻的负载来提起重的负载。释放轻的负载，它将绕着杆扫动，从而使重的负载不落地。

Investigate this phenomenon.

研究此现象。

### 7.1.15 15. 牛顿摇篮 Newton's Cradle

The oscillations of a Newton's cradle will gradually decay until the spheres come to rest.

牛顿摇篮的振动会逐渐衰减直到球体静止。

Investigate how the rate of decay of a Newton's cradle depends on relevant parameters such as the number, material, and alignment of the spheres.

调查牛顿摇篮的衰减速率与相关参量（如球体的数量、材料、排布）的依赖关系。

### 7.1.16 16. 下沉的气泡 Sinking Bubbles

When a container of liquid (e.g. water) oscillates vertically, it is possible that bubbles in the liquid move downwards instead of rising.

当液体（比如水）容器竖直振荡，液体中的气泡可能下降而非上升。

Investigate this phenomenon.

研究此现象。

### 7.1.17 17. 冰棍柄链反应 Popsicle Chain Reaction

Wooden popsicle sticks can be joined together by slightly bending each of them so that they interlock in a so-called "cobra weave" chain. When such a chain has one of its ends released, the sticks rapidly dislodge, and a wave front travels along the chain.

木制的冰棍柄可以被弯曲从而连接起来，互相锁住而形成所谓的“眼镜蛇编织”锁链。当这样的链条有一端被释放，棍子会迅速散架，而一个波前会在链中传导。

Investigate the phenomenon.

研究此现象。

## 7.2 启发性问题

以下是一些通用的启发性问题，没有正确答案。要对研究的对象有较深的了解，可以试着对它们进行一定的思考、作出自己的回答。

1. 题中所描述的现象是什么？有多种理解方式吗？如果有，哪种现象是你感兴趣的？
2. 题目指定的研究任务是否足够明确，以至于能直接告诉你做什么？如果不能，你打算把它具体化为对什么问题的研究？
3. 现象的原理是什么？属于哪个学科的研究范围？已有的研究做到什么程度了？
4. 是否能用简单而基本的理论完成一些偏差不很大的预测？如果不能，应当采用什么样的分析方法或者物理模型？
5. 你所重现的现象与题目中描述的现象有什么差别？是否完全实现了题中的描述？除此之外你还得到了什么额外的信息？
6. 装置中有哪些参量是你能够调整的？你能想到的参量之间是独立的吗？它们对现象有没有性质上的或者数量上的影响？



7. 装置的各个要素对现象有什么影响？有它什么样、没它什么样、有无替代品？
8. 现象发生的条件是什么？什么情况能发生、什么情况不能？
9. 系统有无（近似的）守恒量？如果有，它在装置的各部分间是如何“转移”的？

## 7.3 较有用的软件

数学软件：Mathematica（更全能）、Matlab（更快的矩阵运算）

编程语言：Python（更简单的语法）、C++（更高的性能）、Arduino（能迅速上手的单片机编程语言）

仿真模拟：COMSOL（更全能）、Ansys系列（某些模块有更多的优化，如流体和弹性体）、Proteus（电路仿真）

数据处理：Excel（更方便）、Origin（更专业）、Tracker（对视频中的物体进行跟踪）

演示：Powerpoint（更通用）、LaTeX Beamer（更专业）

广告：在这个比赛中，你可以仅学习 **Mathematica**，这样的话以上的其他软件都可以免了。当然如果你已经有Matlab等软件的使用经验，或者有特种的需求（如超高性能计算），就另说了。

工程制图：Solidworks（主要3D）、AutoCAD（主要2D）