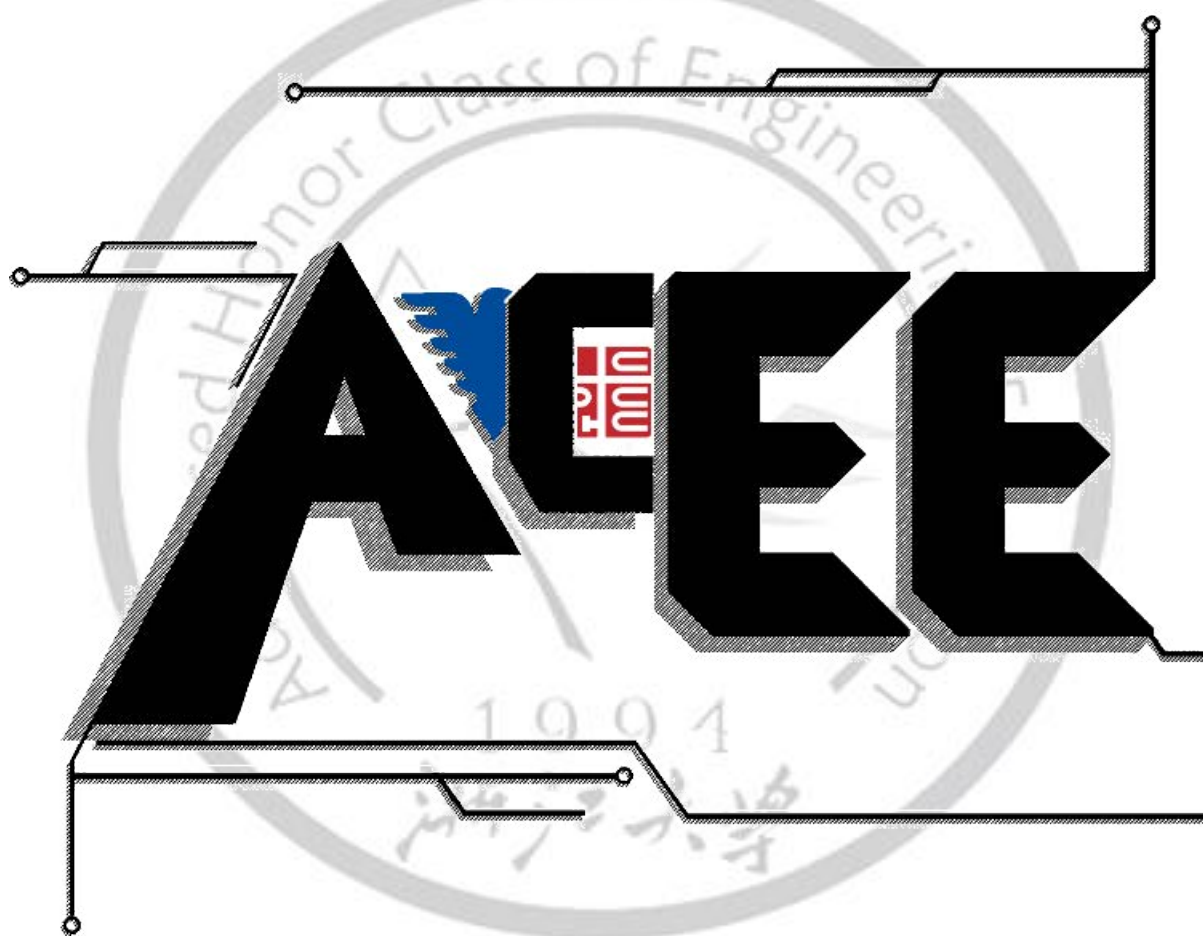


竺可桢学院 工程教育高级班



- 2023 招生资料册 -

2023. 03

目 录

序	1
提交说明	2
第一部分	4
任务 A	5
任务 B	7
第二部分	9
任务 C	10
任务 D	13
任务 E	15
任务 F	18
第三部分	21
任务 G	22
任务 H	28
任务 I	34
后记	39



序

致前往工高的旅客：

这位客官，请你抬头看，这块匾额上书“工程教育高级班”七个大字；在左右的门柱上，刻着一副对联，定睛一瞅，原来是“工者一臂擎天地，高也两口辩古今”；看完这篇序，推开门，跨过门槛，欢迎你到这座名叫“报名表”的客栈暂住一周。这份资料册，则是专属于你的通行证。

诶诶，趁着还有时间，我们可以在门槛上坐一会，唠唠嗑，先讲一点轻松的话题。

你应该有听说过这座客栈的建立者——ACEERS，你对他们的印象是什么样的呢？是觉得他们刻苦努力吗，毕竟那里的学习氛围非常浓厚；是觉得他们成绩斐然吗，去年工高班里有四名竺奖获得者；是觉得他们品质届届传承而历久弥新吗，确实，每一位工高前辈都用他们自己的奋斗来鼓舞后来人。

不过，工高人他们更是一个喜欢探索未知、直面挑战的群体。半夜的紫金港，总有点点灯光在山闪耀，有四散的几星宣告的是他们对困难的倔强。

如果你觉得也属于这样的群体，想成为那样的人，也想要找到志同道合的朋友们陪伴自己未来更长更远的路程，那么七天后，请走上门前这条通往工高殿堂的道路，走上这个更高的平台，加入这个更强的团体，找寻属于你的挚友，还有你的归属感。

还得好好给你介绍一下门柱上那一副对联呢。这算是工高人们流传下来的一句振奋人心的口号。“工”是能力，“高”是境界；只有栋梁才可以“一臂擎天地”，“两口辩古今”才能擦出思想的火花。一届届的工高人都以此为训，孜孜以求，攀登着“紫金之巅”。

旅客啊，这里还有点《易经》的东西跟你分享。说是卦象代表着事物的发展，从下三卦到上三卦有两处极为凶险——下卦之终，上卦之始。“三多凶，四多惧”，“五于三才为天道”，要想飞龙在天，就要沉淀积累，还需张弛有度。这从下卦发展到上卦的第一个难关，现在正在你的眼前。题目涉及的内容可能和你曾经走过的路没有交错，但是不要紧张，会有众多的访客陪你一道度过这七天，会有更多深夜的灯火为你鼓劲加油！你需要做的，就是做最真实的自己。

这座客栈的主人们一年就回来翻新一次，但是每一次回来的人，相比初来乍到时，最大的变化就是学习新知的能力。他们还总会根据一年的经验提一些建议，说是要善于搜集资料。当接触到一个新的领域，耐心地搜索教程，入门后产生自己的理解，举一反三给报名表的题目一个巧解。题目步骤繁琐时，不要急于求成，一步一步扎实地往前推进；题目卡在瓶颈时，可以试着回头再次梳理一遍。相信你在这七天里，一定会经过很多次的忽然开朗，并最终在这间客栈中，留下属于你自己的痕迹。

好了，闲话也不多说了，属于你的房门已经为你敞开。七天后，你将背上更加充实的行囊，踏向远方。

ACEERS

提交说明

1. 此文件为资料册，其上内容仅供阅读。请勿在本资料册上直接作答，且本资料册不需要打印上交。答题过程中有任何关于填写提交流程上的问题，或对题目表述有疑问，可以将对应内容进行整理之后发给 3210104628@zju.edu.cn，也可以选择联系刘同学（13738046356）。我们将在规则范围内尽量解答你的问题。
2. 请务必于**辅修截止日期前**登陆**浙江大学教学管理信息服务平台**进行辅修报名。
3. 请你将问题回答在“**2023 浙江大学工程教育高级班报名表.docx**”文件中，按照原版式填写并转换成**PDF 格式**上交，命名为“**学号_姓名_report.pdf**”，如“**3220101994_龚皋_report.pdf**”。但请注意表中签名保证部分必须为**手写**，可通过插入电子签名或电子扫描等方式解决。
4. 请将上述报名表的电子版 (PDF 格式)，个人信息统计的 Excel 表格（取名为“姓名_个人信息统计.xlsx”），题目要求提交的文件以及相关附件打包压缩，并在**3 月 24 日 10:00 前**将报名表电子版发送至邮箱 zjuacee2023@163.com（线路一），如果线路一无法正常提交，则请将报名表电子版发送至邮箱 zjuacee2023_2@163.com（线路二）。两条线路均设有自动回复，如果你正常发送了邮件，将会收到自动回复邮件。提交附件的个人文件夹、邮件主题及压缩包文件均命名为“**学号_姓名全拼_选做题题号**”，例如：“**3220101994_gonggao_ACDG**”（提交文件夹结构请参考“文件夹结构”-“提交文件夹结构.pdf”）。我们将对过时提交文件的个人进行**扣分或取消资格**等处理。
5. 所提交文件夹的“附件”文件夹必须包含以下子文件夹：
 - a. (以“成绩与排名”命名) 含有个人大学期间课程成绩单及最新的大类或专业综合排名的 PDF 文件。该文件可以从教务网或其他网站进行复制或下载。
 - b. (以“推荐信”命名) 至少一封浙大老师推荐信，建议任课教师书写。要求以 PDF 形式呈现，需要有老师的电子签名或私人电子印章。
 - c. (可选)(以“获奖信息与证明”命名) 近三年的竞赛获奖记录扫描件及英语水平证明文件。
6. 在上交电子报名材料时，若填表中提及所获奖项，请提交获奖证书的扫描文件或照片。允许附加任何你认为有必要的附件，但请保证附件的真实性。
7. 请在交表时间**(3 月 24 日 14:00-18:00)**将打印好的报名表连同纸质附件及其他必要材料交至**紫金港校区 (东一 A-101) 教室**。纸质附件中需要满足：
 - a. 提交个人大学期间课程成绩单及最新的大类或专业综合排名，并加盖所在学院（园）成绩证明专用章。若无盖章则视为无效，暂无排名的同学请递交书面解释并且请所在学院（园）主管老师签字盖章。
 - b. 提交至少一封浙大老师推荐信，建议任课教师书写。需要与第 5 条中提交的推荐信一致。提倡手写稿，也可为打印稿，但是要求有老师的手写签名或私人印章。
 - c. 若报名表中填写个人有关奖项，请提交获奖证书复印件。
 - d. 允许附加任何你认为有必要的附件，请使用 A4 纸打印或复印。
8. 填表过程中请关注微信公众号“浙大工高班 ACEE”以了解最新招生动态，交表后务必及时关注**竺可桢学院办公网**以确定是否进入面试名单。
9. **不接受已有辅修项目的同学。**
10. 我们并不只依据绝对结果评分。比起枯燥的数据，我们更欣赏原创的思路。同时，我们会根据每题选择的人数进行分数的评定和调整。有些题目存在 **Bonus**，如果你完成了 **Bonus**，可以得到相应加分；如果你没有完成，也不会有扣分。
11. 我们必须提高报名表的难度上限，但并不苛求每个人完成所有题目。每份报名表都未必完善，**即使你没有按要求完成每一道题目，也希望你有上交成果的勇气。**
12. 在答题过程中，如有引用请注明参考资料来源。
13. 若无特殊说明，代码中 20% 以上的语句需要有注释。

14. 正如之前所说，我们强调希望你能展现“真实的自己”。所有要求上交代码的题目**都会进行严格查重**，请不要抄袭或过量借鉴网络资源，**同时也请不要使用 GPT-4 等类似程序直接生成答案**。以上情况一经发现，取消报名资格。
15. 本资料册解释权归浙江大学竺可桢学院工程教育高级班所有。



第一部分

概述：

本部分为本资料册的第一部分。你需要在**任务 A**、**B** 两个任务中选择你更喜欢的一个任务，并独立完成对应的题目。我们将在本部分你已完成的所有任务中，按字母顺序取第一个任务进行评分。

任务编号	任务名称
任务 A	讲给你听
任务 B	纵横正有凌云笔

任务 A: 讲给你听

须知:

如发现作答雷同或与出版作品（包括答卷本人以往作品）有大段相似，我们将会对此判定为抄袭。一旦被判定为抄袭，本题成绩记为 0 分，情节严重者取消本次工高班报名资格。君子慎独，请君自重！另外，请你务必保护好自己的作品，不要让别有用心者潜窃阳剽。

Part 1: Writing

阅读下面一篇报道（见“题目附件” - “A 题附件” - “A Report.pdf”），综合你查询的资料和你进入大学以后的实际情况，分析语言机器人在教育领域的影响，写一篇小论文来表现你的思考。文章中英不限，字数请保持在 word 可阅读字体 1 页。

Read the following report(See“A report.pdf”), analyze the influence of language robots in the field of education, and write a short essay to express your thoughts. You could write your article in English or Chinese. Please keep the number of words in Word-readable-font for 1 page.



Part 2: Speaking

Q: 假设一名之前从来没听说过 ChatGPT 的大一同学向你咨询 ChatGPT 是什么，请你用 2 分钟的时间向他介绍 ChatGPT。考虑从哪些方面组织你的内容。注意保持通俗性和准确性的纳什均衡。

Q: If a freshman asks you what ChatGPT is and he has never heard of it before, take two minutes to introduce ChatGPT to him. Please think about how to organize your content carefully, and take care of maintaining a Nash equilibrium of accessibility and accuracy.

Please ensure that the audio duration does not exceed 2 minutes, the size does not exceed 20MB, and name the audio with “A_Part2”.

Audio format is limited to .mp3, .wav, .m4a and other common audio format.

注：请不要使用 ChatGPT 生成答案，我们会用 GPT 检测工具严格对每一篇文章进行审查。

提交内容：（请仔细阅读以下内容！此部分内容每道题均相同）

请你将具体的解题过程写入总报名表的相应位置，并将解题过程中使用的参考资料列在最后。若你的上述内容包含纸面载体内容（如手写过程等），则请将全部内容拍照，并将照片加入报告（请不要上传照片源文件！）最终生成 pdf 文件；若你以电子载体解题（如 Markdown, \LaTeX ），也请将解题涉及的内容导出加入总表，最终生成 pdf 格式文件。除此以外报告格式不限，字数不限。

我们也鼓励你在总报名表的相应位置写入完成该任务的过程中，你是如何解决遇到的问题的以及你的心得体会。除此之外，如果你还有其他任何希望说明的内容，也可以一同在报告中体现。

同时，也请你将上述内容单独生成一份副本，命名为 report.pdf，放在个人文件夹中对应的子文件夹下。子文件夹命名为“X_学号_姓名全拼小写”，如：

“3220101994_gonggao_ACDG\C_3220101994_gonggao\C_3220101994_gonggao_report.pdf”



任务 B：纵横正有凌云笔

须知：

如发现作答雷同或与出版作品（包括答卷本人以往作品）有大段相似，我们将会对此判定为抄袭。一旦被判定为抄袭，本题成绩记为 0 分，情节严重者取消本次工高班报名资格。君子慎独，请君自重！另外，请你务必保护好自己的作品，不要让别有用心者潜窃阳剽。

资料一：

1、1986 年 6 月 22 日，在墨西哥世界杯 1/4 决赛阿根廷对阵英格兰的比赛上，迭戈·马拉多纳用手把球拍入了英格兰队的球门，但裁判没有发现并判进球有效。凭借这枚进球，阿根廷以二比一战胜了对手，为四年前惨败的马岛战争成功复仇。赛后谈及该球时，成为民族英雄的马拉多纳回答：“这球一半是我的头，一半是上帝的手。”这便是上帝之手。阿根廷最终赢得了该届世界杯冠军，上帝之手也成为了世界杯乃至足球历史上最具有传奇色彩的一幕。

2、VAR(Video Assistant Referee，视频助理裁判)毁了足球，犹如特效毁了电影。

——黄健翔

资料二：

“我们真正的信仰者纷纷去世，或者停止对我们的信仰。我们被他们遗弃了，我们惶恐不安，无依无靠，只能靠我们所找到的及其稀少的祭祀品和信仰者生活。”“在旧世界，我们是高高在上的神，但在这个新世界，却没有我们神存在的位置。”“你们所有人肯定都已发觉，新一代的众神已经崛起。人们信仰他们，坚信不疑，他们是信用卡之神、高速公路之神，互联网之神、电话之神，还有收音机之神、医院之神、电视之神、塑料之神、传呼机之神和霓虹灯之神。”——节选自《美国众神》，语出奥丁

工程高级教育班培养要求：该班以培养具有专业竞争力、创新能力、领导潜质和国际视野的高层次复合型优秀人才为目标，通过实践性教学，着重强化学生的工程设计能力，从而使学生未来能在重大工程与科技领域发挥关键作用。

.....

时代变迁，科技飞跃，同时某些东西似乎正在离我们而去。阅读以上材料并参考工高班培养要求中对我们的期颐，用任何以文字为主的表现形式（如推文、博客等等，文章亦可，具体形式不作限制），分析这一现象，谈谈你的看法和思考，并简单阐述未来你在真正的工程实践中将如何行为。

请注意：

1. 与高考议论文不同，在这个部分我们最想要看到的是你的思维深度，不会在主题（合理）、辞藻等方面过度苛求；

2. 字数方面不作限制但请勿过多，字数不是评分项但我们不排除因文字过于冗余而额外扣分的可能；
3. 表现形式大气美观合适即可，但请勿过于花里胡哨，我们不会因此给予额外的分数并不排除额外扣分的可能。
4. 以博客、推文等形式作答请在总报名表相应位置附上长期访问链接，并在该题的文件夹中提交清晰的全文截图。

相关文件命名规范为“B_学号_姓名全拼_编号”，如：“B_3220101994_gonggao_01.png”

现在，请你向我们尽情展示你辛辣的思考。

提交内容：（请仔细阅读以下内容！此部分内容每道题均相同）

请你将具体的解题过程写入总报名表的相应位置，并将解题过程中使用的参考资料列在最后。若你的上述内容包含纸面载体内容（如手写过程等），则请将全部内容拍照，并将照片加入报告（请不要上传照片源文件！）最终生成 pdf 文件；若你以电子载体解题（如 Markdown, \LaTeX ），也请将解题涉及的内容导出加入总表，最终生成 pdf 格式文件。除此以外报告格式不限，字数不限。

我们也鼓励你在总报名表的相应位置写入完成该任务的过程中，你是如何解决遇到的问题的以及你的心得体会。除此之外，如果你还有其他任何希望说明的内容，也可以一同在报告中体现。

同时，也请你将上述内容单独生成一份副本，命名为 report.pdf，放在个人文件夹中对应的子文件夹下。子文件夹命名为“X_学号_姓名全拼小写”，如：

“3220101994_gonggao_ACDG\C_3220101994_gonggao\C_3220101994_gonggao_report.pdf”

第二部分

概述：

本部分为本资料册的第二部分。你需要在任务 C、D、E、F 四个任务中选择你更喜欢的**两个**任务，并独立完成对应的题目。我们将在本部分你已完成的所有任务中，按字母顺序取前两个任务进行评分。

任务编号	任务名称
任务 C	机械制图
任务 D	回帖评论
任务 E	一只爬虫
任务 F	并行计算

任务 C：机械制图

一个基础的底盘主要包括轮组、悬挂以及保险杠等部分。其中轮组负责提供底盘运动的动力，悬挂则负责避震等功能。悬挂又分为独立悬挂与非独立悬挂。独立悬挂即四个轮组的悬挂相互独立，一个轮组状态的改变（如被抬起）不会影响另外三个轮组。而非独立悬挂则通过一些方式使得四个轮组的悬挂相互关联，从而使得四个轮组的受力更加均衡，在起伏路段运行更加平稳，也更不易被卡住。

本题以一个非独立悬挂的麦克纳姆轮底盘为背景，旨在带领大家体验从设计、绘图、运算（选型）、减重到出图、外发的全过程。

完成本题所需的软件是 SolidWorks 2022，可选的软件是 AutoCAD。在完成本题之前，请先在“C 题附件” - “模型”文件夹内新建一个文件夹，命名为“自主设计_姓名缩写”（之后的题干中将以“自主设计”指代该文件夹），在“C 题附件”文件夹内新建一个文件夹，命名为“外发_姓名缩写”（之后的题干中将以“外发”指代该文件夹）。

在完成本题之后，请在你的总报名表内本题的解答的正文之前说明你完成了哪些部分（题号即可）。

须知：

如发现作答雷同或与出版作品（包括答卷本人以往作品）有大段相似，我们将会对此判定为抄袭。**一旦被判定为抄袭，本题成绩记为 0 分，情节严重者取消本次工高班报名资格。君子慎独，请君自重！**另外，请你务必保护好自己的作品，不要让别有用心者潜窃阳剽。

附件内容解释：

本题附件均在“C 题附件”中。

其中，模型文件在“模型”文件夹中，“底盘悬挂装配”包含了本模型的完整装配，模型中的大部分螺栓螺母已被省略。

“资料” - “麦克纳姆轮使用说明”这一 PDF 文档中包含了本模型使用的麦克纳姆轮的详细参数。图中直接测量可能不方便、不准确，请直接参看该文档，**并以该文档为准。**

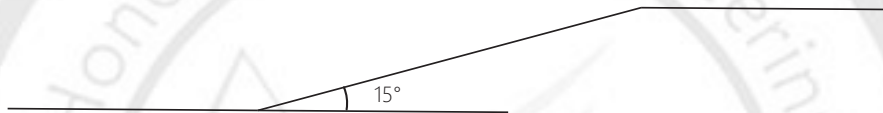
如果你需要参考国家标准，“资料” - “国标”文件夹中包含了部分与螺纹相关的国家标准。

具体任务：

1. 铝方管上板材的装配并不方便，并且由于铝方管内壁较薄，若直接以一螺栓贯穿拧紧，容易使铝方管产生变形。因此，常用的解决方法是在铝方管内塞入一个尺寸合适的零件以维持形状，并在两侧设计螺纹孔便于装配。此立方体可以使用 3D 打印制作，也可使用机加件。在本题中，腹轮板与轮组梁连接的位置缺少一个如上文所述的零件，请仿照“轮组梁装配”中的“轮组转轴连接件_ACEE2023”这一零件，参考腹轮板上的孔位以及铝方管上已经存在的孔位，设计一个材质为“6061 合金”的连接件，将其使用 SolidWorks 绘制出来，命名为“腹轮

板连接件 _ACEE2023”，将其放置于“自主设计”文件夹中，并在“轮组梁装配 _ACEE2023”中完成装配。

- 从模型中可以看到，“避震器主体 _ACEE2023”中并未画出避震器所用的弹簧。弹簧需要根据整个机器人最终的总重来进行选择。假设最终机器人的总重为 25kg，均匀分布于整个底盘，质心位于底盘的中心，当前“避震器主体 _ACEE2023”为避震器的初始状态（即没有任何压缩的状态，即原长）。请选择你认为合适的弹簧，唯一的强制要求是当该机器人被放置在水平地面上时底盘的下降高度不超过 30mm（相对于弹簧未被压缩时）。要求给出你所认为的能描述该弹簧的所有参数以及你选择该弹簧的理由与计算过程。你计算所需的所有参数可以在模型中直接测量，或参看“资料”中的文档，但请在你使用该参数时说明（如：从图中测得...）。
- 底盘的通过性是底盘的重要性能指标。请判断所给底盘能否通过如图所示的 15 度坡并登上平台，**制图建模并给出完整的计算过程**。你所需的所有参数可以在模型中直接测量，或参看“资料”中的文档，但请在你使用该参数时说明（如：从图中测得...）。



- 至此，你已经完成了底盘的完整设计。但是，使用整块完整的板材显得性能过剩，没有必要。合理的镂空不会过多地降低板材的性能，还能减轻机器人的重量。因此，我们最后会对板材进行镂空处理。在本题中，我们将以舵板为例。“悬架舵板 _ACEE2023”是一块未经镂空的板材，请对该板材进行镂空（直接编辑“悬架舵板 _ACEE2023”这一零件），并给出你这样镂空的理由（可以使用有限元分析等方法）。
- 当我们完成所有零件的设计之后，最后一步便是外发。标准件可以直接在电商平台上采购，而如碳板、铝方管、机加件则需要我们对自己设计的零件出工程图，这样才能寻找工厂代为加工。本题以较简单的铝方管出图为例。请绘制“轮组梁 _ACEE2023”的工程图。其中，如何出图请参考“资料”-“机械外发注意事项”，完成出图后请将压缩包放置于“外发”文件夹中。

BONUS:

- 在该底盘结构（底盘悬挂装配.SLDASM）中存在两处设计错误（存在干涉问题），请指出（重复的算作一处），并说明你的理由。
- 模型不合理的设计会给装配和维护带来困难，因为在软件中你可以拖动零件穿过任意其他零件，在现实中则不可以。本模型中存在一处不便于装配与维护的设计（在“轮组梁装配”中，重复的算作一处），请指出，并给出你认为它不便于装配与维护的理由。
- 请绘制“机加件 _摆舵 _ACEE2023”的工程图。

提交要求：

需要提交在子文件夹中的文件详细内容如下：

1. “外发”文件夹中的完整内容（直接将你完成题目之后的“外发”文件夹复制粘贴即可）。
2. 本模型的完整模型（包含已给部分）。为防止装配体无法打开以及一系列文件名重复问题，请不要直接压缩，请按照“附件” - “模型导出指南”的步骤进行导出，并添加后缀“_ 姓名拼音全拼”，然后将得到的压缩包放置到子文件夹中。
3. 本题的 report.pdf（以及你认为必要的其他任何文件）。

温馨提示：

1. 完成本题需自行安装 SolidWorks 2022（请使用 2022 版本的 SolidWorks 做题，否则你将无法打开附件中的模型，你提交的文件也无法被打开），因软件兼容性问题造成的文件打不开而影响判分将直接给予所涉及的部分零分。
2. 如果你有在机械设计上的创新点，请你在不改变其原有结构与功能的前提下，对这个模型进行合理的修改，并在任务报告中加以说明。
3. 限于出题者的水平，若发现题目中的疏漏之处，可在报告中加以说明。

提交内容：（请仔细阅读以下内容！此部分内容每道题均相同）

请你将具体的解题过程写入总报名表的相应位置，并将解题过程中使用的参考资料列在最后。若你的上述内容包含纸面载体内容（如手写过程等），则请将全部内容拍照，并将照片加入报告（请不要上传照片源文件！）最终生成 pdf 文件；若你以电子载体解题（如 Markdown, L^AT_EX），也请将解题涉及的内容导出加入总表，最终生成 pdf 格式文件。除此以外报告格式不限，字数不限。

我们也鼓励你在总报名表的相应位置写入完成该任务的过程中，你是如何解决遇到的问题的以及你的心得体会。除此之外，如果你还有其他任何希望说明的内容，也可以一同在报告中体现。

同时，也请你将上述内容单独生成一份副本，命名为 report.pdf，放在个人文件夹中对应的子文件夹下。子文件夹命名为“X_学号_姓名全拼小写”，如：

“3220101994_gonggao_ACDG\C_3220101994_gonggao\C_3220101994_gonggao_report.pdf”

任务 D：回帖评论

社交媒体如 CC98、朵朵校友圈中，回帖是主要针对主帖的回复，内容主要有表达观点、解决问题或灌水等。要求设计类似网页，实现添加、删除、修改回帖功能，并能在评论区进行敏感词检测。

须知：

如发现作答雷同或与出版作品（包括答卷本人以往作品）有大段相似，我们将会对此判定为抄袭。一旦被判定为抄袭，本题成绩记为 0 分，情节严重者取消本次工高班报名资格。君子慎独，请君自重！另外，请你务必保护好自己的作品，不要让别有用心者潜窃阳剽。

具体任务：

1. 使用 HTML 和 CSS 完成基础 UI 页面：
 - a. 展示评论回复区域；
 - b. 回复帖子能够显示回帖标题、内容、时间和距离现在的时间；
2. 使用 JavaScript 实现与页面交互：
 - a. 实现回帖的添加、删除、修改；
 - b. 采用正则表达式检验敏感词汇、实现 Markdown 部分格式；
 - c. 时间差的计算要求使用 `date-fns` 库；
3. 采用 `localStorage` 存储回帖，保证刷新浏览器或关闭后再次打开，界面仍能够有序显示回帖。

BONUS：

1. 简洁美观的界面能够给用户带来良好的体验，通过 CSS 调整、优化 UI 设计；
2. 使用前端框架 Vue/React 重写网页，并结合本项目思考比较原生前端开发与 Vue/React 框架。

说明：

- 运行项目需要在本地搭建 http 服务器，如使用 VS Code 可安装 Live Server 插件；
- 需要的 `date-fns`，`localStorage` 和正则表达式等内容需要自行学习，其他相关学习资源可参考学习资源.txt（见“题目附件” - “D 题附件” - “学习资源.txt”）；

- 采用正则表达式验证敏感词汇，可自行添加敏感词汇和 Markdown 格式，推荐格式参考正则表达式部分.txt（见“题目附件” - “D 题附件” - “正则表达式部分.txt”），自行添加的敏感词汇检测和 Markdown 格式应在相关文档进行说明；
- 代码应有一定的注释，方便阅读者更好地理解结构；
- 其他自行设计功能等可在文档中说明，也可以采用录屏方式展示实现的界面。

提交内容：

- 完整的代码包含适量注释，包括.html，.css，.js（React 单独提交在另一个文件夹）；
- 项目中遇到的问题及解决；
- 正则表达式部分中，自行添加的敏感词汇检测和 Markdown 格式的说明；
- 完成部分的演示视频；
- 原生前端开发与 React 框架比较。

提交内容：（请仔细阅读以下内容！此部分内容每道题均相同）

请你将具体的解题过程写入总报名表的相应位置，并将解题过程中使用的参考资料列在最后。若你的上述内容包含纸面载体内容（如手写过程等），则请将全部内容拍照，并将照片加入报告（请不要上传照片源文件！）最终生成 pdf 文件；若你以电子载体解题（如 Markdown， \LaTeX ），也请将解题涉及的内容导出加入总表，最终生成 pdf 格式文件。除此以外报告格式不限，字数不限。

我们也鼓励你在总报名表的相应位置写入完成该任务的过程中，你是如何解决遇到的问题的以及你的心得体会。除此之外，如果你还有其他任何希望说明的内容，也可以一同在报告中体现。

同时，也请你将上述内容单独生成一份副本，命名为 report.pdf，放在个人文件夹中对应的子文件夹下。子文件夹命名为“X_学号_姓名全拼小写”，如：

“3220101994_gonggao_ACDG\C_3220101994_gonggao\C_3220101994_gonggao_report.pdf”

任务 E：一只爬虫

什么是爬虫

简单地说，爬虫就是通过模拟浏览器发送请求来获取信息的方式。通过爬虫，可以将互联网上海量的信息进行获取和筛选。

如果你对网页的工作方式没有任何了解，那么建议先对下面的内容进行阅读，最后一篇文章只需了解。

[HTTP —an Application-Level Protocol](#)

[HTTP: Let's GET It On!](#)

[HTTP Headers](#)

[万维网是如何工作的](#)

须知：

如发现作答雷同或与出版作品（包括答卷本人以往作品）有大段相似，我们将会对此判定为抄袭。一旦被判定为抄袭，本题成绩记为 0 分，情节严重者取消本次工高班报名资格。君子慎独，请君自重！另外，请你务必保护好自己的作品，不要让别有用心者潜窃阳剽。

任务要求：

除文末“提交内容”中要求的内容外，需要写在报名表中的内容为：

- 问答题的答案。
- 每个任务的学习路径和参考链接。

需要提交在子文件夹中的文件详细内容如下：

- 所有 Pre-Task 和 Final Task 的代码，可以分别写 python 程序，也可以提交 Jupyter Notebook，我们非常不推荐你提交任何不可被直接执行的内容。
- 一份 README.txt 对各个文件进行简单的说明。
- 如果你认为存在文字 + 图片无法准确描述的内容，可以录制视频详细说明。

你的任务:

除非你对爬虫及其相关内容有所了解，否则我们建议按照顺序完成这些任务。

Pre-Task 0

请学习 python 语言的使用方法，这一部分没有需要提交的内容。

如果你学习过 C 语言，我们相信你能很快学会。

Pre-Task 1

Requests 是一个 Python HTTP 库，这个项目的目标是使 HTTP 请求更简单，更人性化。

请你学习这个库的使用方法，并完成下面几个要求：

1. 请选择一个你喜欢的网站，获取他的主页的 HTML，并在请求失败时抛出异常。
2. [BONUS] 请选择一个你喜欢的网站，实现登录功能并获取你的个人信息。

tips: 不建议选择抖音等反爬严重的网站，可以选择一些小网站。

Pre-Task 2

正则表达式是一个非常方便的筛选数据的方法，请你自主学习正则表达式的相关内容与 python 中 re 库的使用方法，并完成下面几个要求：

1. 解释这个正则表达式在干什么：`/^[\\w._%-]+@[\\w.-]+\\. [a-zA-Z]{2,4}$ /g`
2. 实现一个 python 函数，要求：传入一个字符串，返回里面所有的数字。

比如，传入 'abc123j120c0-1'，应当返回 '[123,120,0,-1]'。

Pre-Task 3

Beautiful Soup 是一个从 HTML 或 XML 文件中提取数据的 Python 库，请认真阅读它的中文文档，接下来的任务会根据你是否正确地使用 beautiful soup 来进行评分：

1. 请介绍一下 bs4 中节点的关系（如父子关系、兄弟关系等），并解释 .next_element 方法的效果。
2. 使用 beautiful soup 搜索 href 属性为 b 站视频链接，且包含 id 属性的 tag。已知 b 站视频链接格式为：www.bilibili.com/video/{BV 号} 其中 {BV 号} 格式为 BV+ 字母/数字组合，如 BV1iy4y1X7TL。

Final Task

scrapy 是一个功能丰富的爬虫框架，在你学习完成前面的内容后，请自选一个网站（如 Twitter/Pixiv/Bilibili），使用 scrapy 写一个完整的爬虫，获取某个关键词的搜索结果，且将点赞数/收藏数/投币数（你可以自己选一个数据）大于某个阈值的结果储存在本地。

请注意，大部分网站都有一定的反爬策略，建议首先了解一些反爬策略再动手实现爬虫。此外，你也可以使用 Selenium 实现，但除非你实现的效率较高，否则可能无法拿到全部的分。

即使你没有完成这个任务，我们也强烈推荐你将已经得到的成果上交，我们会根据你的学习内容和态度进行合适的评分。

本任务需要将你的项目文件夹整个打包上交。

温馨提示

在你提交之前，请将可能泄漏隐私信息的内容删除（如用户名/密码/access token），并写一个 README.txt 来告诉阅卷者如何正确配置运行你的程序。

提交内容：（请仔细阅读以下内容！此部分内容每道题均相同）

请你将具体的解题过程写入总报名表的相应位置，并将解题过程中使用的参考资料列在最后。若你的上述内容包含纸面载体内容（如手写过程等），则请将全部内容拍照，并将照片加入报告（请不要上传照片源文件！）最终生成 pdf 文件；若你以电子载体解题（如 Markdown, L^AT_EX），也请将解题涉及的内容导出加入总表，最终生成 pdf 格式文件。除此以外报告格式不限，字数不限。

我们也鼓励你在总报名表的相应位置写入完成该任务的过程中，你是如何解决遇到的问题的以及你的心得体会。除此之外，如果你还有其他任何希望说明的内容，也可以一同在报告中体现。

同时，也请你将上述内容单独生成一份副本，命名为 report.pdf，放在个人文件夹中对应的子文件夹下。子文件夹命名为“X_学号_姓名全拼小写”，如：

“3220101994_gonggao_ACDG\C_3220101994_gonggao\C_3220101994_gonggao_report.pdf”

任务 F：并行计算

K-Means 算法，即 K 均值算法，是一种常见的聚类算法。算法会将数据集分为 K 个簇，每个簇使用簇内所有样本均值来表示，将该均值称为“质心”。

通过聚类可以实现：发现不同用户群体，从而可以实现精准营销；对文档进行划分；社交网络中，通过圈子，判断哪些人可能互相认识；处理异常数据。

算法步骤：

1. 从样本中选择 K 个点作为初始质心（完全随机）；
2. 计算每个样本到各个质心的距离，将样本划分到距离最近的质心所对应的簇中；
3. 计算每个簇内所有样本的均值，并使用该均值更新簇的质心；
4. 重复步骤 2 与 3，直到达到以下条件之一：
质心的位置变化小于指定的阈值（默认为 0.0001） / 达到最大迭代次数。

距离计算方式是欧式距离。

注：此处为简要叙述，详情见下面链接

K-Means 中文介绍：

<https://www.cnblogs.com/luxiaoxun/archive/2013/05/09/3069594.html>

须知：

如发现作答雷同或与出版作品（包括答卷本人以往作品）有大段相似，我们将会对此判定为抄袭。一旦被判定为抄袭，本题成绩记为 0 分，情节严重者取消本次工高班报名资格。君子慎独，请君自重！另外，请你务必保护好自己的作品，不要让别有用心者潜窃阳剽。

题目要求：

自主学习多线程技术，并利用多线程技术实现 K-Means 并行算法并验证（推荐使用 C++ 的 `thread` 库）

程序要求：

1. 对给出的基础程序（见“题目附件” - “F 题附件” - “codes.cpp”）进行改进（提示：关注 `chooseowner` 函数和 `clustering` 函数），改进过程必须用到多线程技术，改进过程必须在设置的计时变量之间（`begin1` 和 `end1`，详情见代码注释）。
2. 验证最后结果的正确性（自行设计或者说明）。

BONUS:

1. 对比基础版本的 K-means，在不同的数据量（自动生成的数据数量和聚类的数量）下，比较两者的运行速度，并简要说明你的发现。
2. 相对基础版本的加速比越大，得分越高。
3. 绘制结果的点云模型，在坐标系中对多中心点云自动聚类并分类着色（也就是在坐标轴中绘制出每个数据点，把同类的数据点染成相同的颜色），推荐使用 **matlab**。

需要提交：

1. 完整的代码：包括 BONUS 中生成点云模型用到的代码（如果用到）。
2. 解题报告：
 - 代码实现思路（重点在 K-means 多线程的实现，以及数据是如何产生的）
 - 程序的亮点
 - 正确性是如何验证的
 - BONUS 部分的内容

即使没有完整地解出题目，也可以在报告中讲解你完成的部分，以及对没有完成部分的思考，我们注重的是你的思考而不是最后的结果，如果想法很好也会加分。

参考资料：

K-Means 中文介绍：

<https://www.cnblogs.com/luxiaoxun/archive/2013/05/09/3069594.html>

C++thread 多线程英文介绍：

<https://www.geeksforgeeks.org/multithreading-in-cpp/>

其它语言参考版本：

<https://github.com/lucacarniato/k-means-clustering>

matlab 的下载教程和未经加速的基础版本 (baseline) 见附件

提交内容：（请仔细阅读以下内容！此部分内容每道题均相同）

请你将具体的解题过程写入总报名表的相应位置，并将解题过程中使用的参考资料列在最后。若你的上述内容包含纸面载体内容（如手写过程等），则请将全部内容拍照，并将照片加入报告（请不要上传照片源文件！）最终生成 pdf 文件；若你以电子载体解题（如 Markdown, L^AT_EX），也请将解题涉及的内容导出加入总表，最终生成 pdf 格式文件。除此以外报告格式不限，字数不限。

我们也鼓励你在总报名表的相应位置写入完成该任务的过程中，你是如何解决遇到的问题以及你的心得体会。除此之外，如果你还有其他任何希望说明的内容，也可以一同在报告中体现。

同时，也请你将上述内容单独生成一份副本，命名为 report.pdf，放在个人文件夹中对应的子文件夹下。子文件夹命名为“X_学号_姓名全拼小写”，如：

“3220101994_gonggao_ACDG\C_3220101994_gonggao\C_3220101994_gonggao_report.pdf”



第三部分

概述：

本部分为本资料册的第三部分。你需要在任务 G、H、I 三个任务中选择你更喜欢的一个任务，并独立完成对应的题目。我们将在本部分你已完成的所有任务中，按字母顺序取第一个任务进行评分。

任务编号	任务名称
任务 G	数学
任务 H	物理
任务 I	有机 & 物化 & 化工

任务 G：数学

A,B 为必做；C1,C2（分值相同）二选一 (bonus C1,bonus C2 的选择需要和 C1，C2 选择相同)，如果都做，按 C1 记分。

请尽可能详细地写出作答过程，我们会参考作答步骤进行打分。如果没有解答出，请不要气馁，你宝贵的思路也会成为我们批改的依据。

须知：

如发现作答雷同或与出版作品（包括答卷本人以往作品）有大段相似，我们将会对此判定为抄袭。一旦被判定为抄袭，本题成绩记为 0 分，情节严重者取消本次工高班报名资格。君子慎独，请君自重！另外，请你务必保护好自已的作品，不要让别有用心者潜窃阳剽。

1 A

线性规划在工程管理、运筹决策中有着重要的地位，1975 年坎托罗维奇因其在线性规划和对偶问题的创始性作用而获得诺贝尔经济学奖。

1.1

线性规划问题的标准型为：

$$\begin{aligned} \max z &= b_1x_1 + \dots + b_nx_n \\ s.t. \begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = c_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = c_2 \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = c_m \\ x_1, \dots, x_n \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

其中，需要满足 $c_1, c_2, \dots, c_m \geq 0$

将下列式子化为线性规划问题的标准型，并求出其最优解 \vec{X}^* ，以及与之对应的目标函数最小

值 w^* (注意: 如果采用程序解题, 请附上代码, 并且程序输出能够反应迭代过程)

$$\begin{aligned} \min w &= -80x_1 + 100x_2 \\ s.t. \quad &\begin{cases} 8x_1 - 4x_2 \leq 361 \\ 4x_1 - 5x_2 \leq 200 \\ -3x_1 + 10x_2 \geq -250 \\ 2x_1 - 3x_2 \leq 100 \\ x_1 \geq 0, x_2 \leq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

1.2

对偶理论在线性规划中有着重要的地位, P 为原问题, D 为对偶问题, 用矩阵来表示就是,

$$\begin{aligned} (P) \quad &\max z = \mathbf{C}\mathbf{X} \\ &s.t. \quad \begin{cases} \mathbf{A}\mathbf{X} \leq \mathbf{b} \\ \mathbf{X} \geq 0 \end{cases} \\ (D) \quad &\min w = \mathbf{Y}\mathbf{b} \\ &s.t. \quad \begin{cases} \mathbf{Y}\mathbf{A} \geq \mathbf{C} \\ \mathbf{Y} \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

其中 $\mathbf{C} = (c_1, \dots, c_n)$, $\mathbf{Y} = (y_1, \dots, y_m)$, $\mathbf{X} = (x_1, \dots, x_n)^T$, $\mathbf{b} = (b_1, \dots, b_m)^T$, $\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$ 假设

\vec{X}_S, \vec{Y}_S 为原问题和对偶问题的松弛变量, \vec{X}^*, \vec{Y}^* 分别为原问题和对偶问题的可行解, 则上式可以进一步写为

$$\begin{aligned} (P) \quad &\max z = \mathbf{C}\mathbf{X} \\ &s.t. \quad \begin{cases} \mathbf{A}\mathbf{X} + \vec{X}_S \leq \mathbf{b} \\ \mathbf{X}, \vec{X}_S \geq 0 \end{cases} \\ (D) \quad &\min w = \mathbf{Y}\mathbf{b} \\ &s.t. \quad \begin{cases} \mathbf{Y}\mathbf{A} - \vec{Y}_S \geq \mathbf{C} \\ \mathbf{Y}, \vec{Y}_S \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

证明: \vec{X}^*, \vec{Y}^* 为两个问题最优解的充分必要条件是 $\vec{Y}_S^* \vec{X}^* = 0$ 并且 $\vec{Y}^* \vec{X}_S = 0$

1.3

写出 1.1 中题目所给式子的对偶问题, 并且运用上述题目 1.2 所证明的结论, 求对偶问题的最优解

bonus A

将下列式子化为线性规划问题的标准型

$$\max_x \min_j \sum_{i=1}^m \beta_i x_i - \sum_{i=1}^m \alpha_{i,j} x_i$$

$$s.t. \begin{cases} \mathbf{X} \leq \mathbf{b} \\ \mathbf{X} \geq \mathbf{0} \end{cases}$$

其中, 对于 $\forall i, j, 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n, \alpha_{ij} \geq 0; \mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T, \mathbf{b} = (b_1, b_2, \dots, b_m)^T$

2 B

泛函分析主要研究以函数构成的空间的性质, 由对微分方程以及积分方程的研究发展而来, 将许多在 \mathbb{R}^n 的理论推广到了函数域, 在数学物理方程, 概率论, 计算数学等分科中都有重要的应用。欧拉-拉格朗日方程 (Euler-Lagrange equation) 是泛函中的一个重要函数, 为泛函在其定义域的临界点提供了方法。其一般形式为 $\frac{\partial F}{\partial y} - \frac{d}{dx}(\frac{\partial F}{\partial y'}) = 0 \quad (x_1 \leq x \leq x_2)$, 其中, $F = F(y, y', x)$

2.1

约翰·伯努利 (Johann Bernoulli) 给出了一道题目“设 A 和 B 是如图 1 所示的两点, 求一条曲线, 仅受重力作用 (重力加速度为 g) 且初速度为零的质点从 A 点到 B 点的运动时间最短”。请给出形如 $I = \int_{x_1}^{x_2} F(y, y', x) dx$ 的泛函形式的总时间 T 的表达式, 并求解使得 T 最小的轨迹方程 (提示: 形如 $\frac{dy}{dx} = g(y)$ 的方程可以变成 $\frac{1}{g(y)} dy = dx$ 再对两边积分求解)

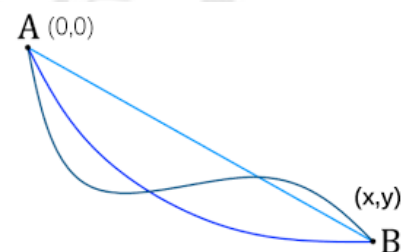


图 1

2.2

求在使仅受重力作用且初速度为零的质点自原点 $(0,0)$ 到直线

$$y + x - 1 = 0$$

上任意一点所需时间最短的曲线方程

2.3

约翰·伯努利之兄雅各布·伯努利 (Jacob Bernoulli) 提出的伯努利微分方程 $\frac{dy}{dx} + p(x)y = f(x)y^n$ (其中, $p(x), f(x)$ 表示关于 x 的连续函数) 是常微分方程中的经典模型。假设 $\forall s \in \mathbb{R}, F'(s) =$

$f(s), \Psi\{\int f(s)ds\} = F(s)$, 现将伯努利微分方程一般化:

$$\frac{dy}{dx} + p(x)h(y) = f(x)g(y)$$

其中 $h(y), g(y)$ 连续可微, $g(y) \neq 0$, 并且满足 $h(y) = g(y)\Psi\{\int (g(y))^{-1}dy\}$ 。请给出其通解 $\Psi\{\int g(y)^{-1}dy\}$

3 C1

信号的处理以傅里叶变换 ($X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j2\pi ft}dt$ (以频率自变量)) 为基础, 傅里叶变换公式如下所示 (以频率为自变量)

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j2\pi ft}dt$$

注释: 如果需要进一步了解概念, 可见附件中的 C1 参考文献

3.1

请求解如下函数的傅里叶变换

$$x(t) = \begin{cases} 1, & -\frac{\tau}{2} \leq t \leq \frac{\tau}{2} \\ 0, & \text{Others} \end{cases}$$

3.2

为了衡量一个信号的优劣, 常用“自相似度”概念, 记原信号 (为一个实信号) 为 $x(t)$, 则该信号的包络为 $u(t)$, 记 $u^*(t)$ 为 $u(t)$ 的共轭, 则“自相似度”的定义为

$$\chi(\tau, f_d) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t)u^*(t+\tau)e^{j2\pi f_d t}dt$$

证明:

$$\chi(\tau, f_d) = \int_{-\infty}^{\infty} U(f-f_d)U^*(f)e^{-j2\pi f\tau}df$$

其中 $U(f)$ 为 $u(t)$ 的傅里叶变换, 满足如下公式

$$U(f) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t)e^{-j2\pi ft}dt$$

提示: 微积分课本的帕塞瓦尔定理

3.3 bonus C1

已知若 $v(t) = \sum_{i=0}^{N-1} c_i u(t - iT_r)$, 则:

$$\begin{aligned} \chi_v(\tau, f_d) &= \sum_{m=1}^{N-1} e^{j2\pi f_d m T_r} \chi_u(\tau + m T_r, f_d) \sum_{i=0}^{N-1-m} c_i^* c_{i+m} e^{j2\pi f_d i T_r} \\ &+ \sum_{m=0}^{N-1} \chi_u(\tau - m T_r, f_d) \sum_{i=0}^{N-1-m} c_i c_{i+m}^* e^{j2\pi f_d i T_r} \end{aligned}$$

其中, $\chi_v(\tau, f_d)$ 表示 $v(t)$ 的自相似度, $\chi_u(\tau, f_d)$ 表示 $u(t)$ 的自相似度。那么请考虑如下问题
已知序列 $\{c_k\}, c_k \in \{-1, 1\}, k = 0, 1, 2, \dots, N-1$, $u(t)$ 满足

$$u(t) = \sum_{k=0}^{N-1} c_k v(t - kT)$$

其中 $v(t)$ 为

$$v(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t < T \\ 0, & \text{Others} \end{cases}$$

当 $N = 13$ 时, 请从“自相似度”的时域旁瓣角度来确定最优的 $\{c_k\}$ 序列 (可借助编程, 只需写出一种即可)。(注: 此处的旁瓣指不为最大值的极大值, 最优指旁瓣最小)

提示: 先求解 $u(t)$ 的自相似度, 然后看看和 c_k 有什么关系

4 C2

随机过程 $X(t)$ 是一组依赖于实参数 t 的随机变量, t 一般具有时间的含义。是应物理学、生物学、管理科学等方面的需要而逐步发展起来的, 在自动控制、公用事业、管理科学等方面都有广泛的应用

注意: 下列题目如果用仿真或者代码的形式求解, 请给出完整的、不少于 20% 注释的代码。如果需要进一步了解概念, 可见 C2 参考文献

4.1

假设有两个村庄 A, B 与外部隔绝, 两个村庄共有 $m(m \geq 1)$ 个人, 假设每次等可能地有一个人从一个村庄走到另一个村庄, R_n 为表示 n 次后村庄 A 的人数, 则显然, $\{R_n\}$ 是一个马尔科夫链 (Markov chain), 求其状态空间 I 和一步转移矩阵 P

4.2

如果原先 A 村庄有 m (m 足够大) 个人, B 村庄没有人, 求出对于状态空间 I 的平稳分布 $\vec{\pi} = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_m)$, 并说明该分布是什么分布 (常见的离散分布有二项分布, 泊松分布, 超几何分布)。根据平稳分布说明, 一段很长的时间之后, A 村有多少人的概率最大

4.3 bonus C2

如果原先 A 、 B 村庄均有 m 个人 (m 足够大), 并且标记初始状态 A 村人为 a_1, a_2, \dots, a_m , B 村人为 b_1, b_2, \dots, b_m , 假设每次随机地有 1 个人从 A 村庄走到 B 村庄并且又另 1 个人从 B 村庄走到 A 村庄, R_n 为表示 n 次后村庄 A 中含有初始 B 村庄 (即 b_i 标记的人) 的人数。求出对于状态空间 I 的平稳分布 $\vec{\pi} = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_m)$

提交内容：(请仔细阅读以下内容！此部分内容每道题均相同)

请你将具体的解题过程写入总报名表的相应位置, 并将解题过程中使用的参考资料列在最后。若你的上述内容包含纸面载体内容 (如手写过程等), 则请将全部内容拍照, 并将照片加入报告 (请不要上传照片源文件!) 最终生成 pdf 文件; 若你以电子载体解题 (如 Markdown, \LaTeX), 也请将解题涉及的内容导出加入总表, 最终生成 pdf 格式文件。除此以外报告格式不限, 字数不限。

我们也鼓励你在总报名表的相应位置写入完成该任务的过程中, 你是如何解决遇到的问题以及你的心得体会。除此之外, 如果你还有其他任何希望说明的内容, 也可以一同在报告中体现。

同时, 也请你将上述内容单独生成一份副本, 命名为 report.pdf, 放在个人文件夹中对应的子文件夹下。子文件夹命名为 “X_学号_姓名全拼小写”, 如:

“3220101994_gonggao_ACDG\C_3220101994_gonggao\C_3220101994_gonggao_report.pdf”

任务 H: 物理

请尽可能详细地写出作答过程，我们会参考作答步骤进行打分。如果没有解答出，请不要气馁，你宝贵的思路也会成为我们批改的依据。

须知：

如发现作答雷同或与出版作品（包括答卷本人以往作品）有大段相似，我们将会对此判定为抄袭。一旦被判定为抄袭，本题成绩记为 0 分，情节严重者取消本次工高班报名资格。君子慎独，请君自重！另外，请你务必保护好自己的作品，不要让别有用心者潜窃阳剽。

Part 1. Optical Vertex

光束在真空中传播时，不仅携带场动量 \mathbf{P} ，并且还可以携带角动量 \mathbf{L} 。其中角动量又可分为轨道角动量 (OAM) 和自旋角动量 (SAM)。类比刚体运动，刚体绕轨道运动产生的角动量即为轨道角动量，刚体自转产生的角动量即为自旋角动量。单光子允许携带的线动量、OAM、SAM 均是离散的，分别为 $k\hbar, l\hbar, l\hbar$ (k 为波数， l 为轨道角动量量子数， \hbar 为普朗克常数)。涡旋光便是携带轨道角动量 OAM 的光束。

我们以典型的涡旋光——拉盖尔高斯光束为例研究涡旋光束的性质。

- (0) 我们从先从简单的场景入手，考虑一维波动方程

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)u(x, t) = 0$$

参考附录中提供的书籍，尝试用分离变量法 $u(x, t) = X(x)T(t)$ 导出 $X(x)$ 与 $T(t)$ 的常微分方程，并给出可能的解。

- (1) 考虑波动方程

$$\left(\nabla^2 - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)u(\mathbf{r}, t) = 0$$

试利用分离变量法 $u(\mathbf{r}, t) = A(\mathbf{r})T(t)$ 导出关于 $A(\mathbf{r})$ 的亥姆霍兹方程

$$\nabla^2 A + k^2 A = 0$$

- (2) 试对亥姆霍兹方程做傍轴近似，导出如下形式的傍轴近似方程

$$\nabla_{\perp}^2 u(\mathbf{r}) + 2ik \frac{\partial u(\mathbf{r})}{\partial z} = 0$$

其中 ∇_{\perp} 为 XOY 平面内的拉普拉斯算子。

(hint: 可将 $A(\mathbf{r})$ 展开为振幅——相位形式 $A(\mathbf{r}) = u(\mathbf{r})e^{ikz}$ ，则傍轴近似指 $u(\mathbf{r})$ 关于 z 的偏导

数为 z 的缓变函数)。

- 利用上述方程我们即可在柱坐标下解出本征解为

$$u(r, \phi, z) = \frac{C_{lp}^{LG}}{w(z)} \frac{\sqrt{2}r^{|l|}}{w(z)} e^{-\frac{r^2}{w^2(z)}} L_p^{|l|}\left(\frac{2r^2}{w^2(z)}\right) e^{-ik\frac{r^2}{2R(z)}} e^{-il\phi} e^{-ikz} e^{-i\psi(z)}$$

其中 $L_p^{|l|}$ 为拉盖尔多项式, $w(z)$ 为光束在距离 z 处的半径, $R(z)$ 为瑞利距离, $\psi(z)$ 为古伊相位, C_{lp}^{LG} 为常量, 定义为

$$C_{lp}^{LG} = \sqrt{\frac{2p!}{\pi(p+|l|)!}}$$

我们称复振幅为此本征函数形式的光束为拉盖尔高斯光束, 称 l 为拓扑荷数。由于求解过程过于复杂, 我们在此直接给出上述结果。

- (3) 试利用计算机软件对拉盖尔高斯光束的光强、相位分布进行可视化, 并描述上述分布的典型特征。(参考数据: 光的波长 $\lambda = 632nm$, 光斑尺寸常数 $w_0 = 1mm$)

Bonus1: 探寻涡旋光束的起源

- (1) 由于场的量子化过于复杂, 我们从简单的单粒子的量子化开始。请自学量子力学中角动量理论部分, 证明算符 \hat{L}^2, \hat{L}_z 具有共同本征态, 并且其在球坐标表象下具有如下形式

$$\langle \mathbf{r} | l \rangle \sim e^{il\phi}$$

- (2) 并证明 \hat{L}^2 的本征方程与亥姆霍兹方程具有一定的等价性, 进而论证拉盖尔高斯光束属于涡旋光束。

Part 2. Matrix Optics

- 傍轴光学系统及其 ABCD 矩阵法

在傍轴光学系统中, 每条光线可以只用两个量表示, 即离轴坐标 x 和光线与光轴的夹角 θ 。以图2为例:

图中入射光线与出射光线可分别表示为

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ \theta_1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} x_2 \\ \theta_2 \end{pmatrix}$$

(注意: 一般来说角度取逆时针为正方向, 所以图2中的 θ_2 应为负值)

因此任意光学元件对于光线的作用即可以通过一个 2×2 的光线传输矩阵来实现, 这就是所谓

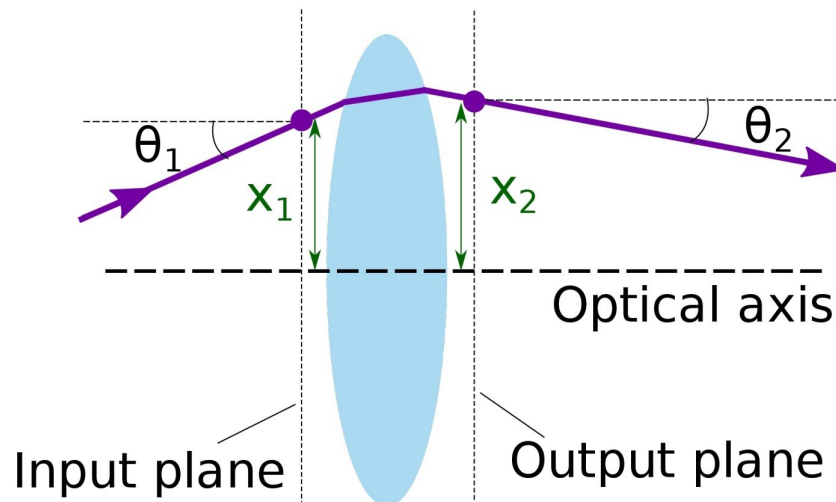


图 2: 光学传播 ABCD 矩阵系统

的 ABCD 矩阵, 具体表现形式如下:

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ \theta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ \theta_1 \end{pmatrix}$$

- (1) 试分别导出在傍轴条件下, 下述情形中光线的 ABCD 传播矩阵: a. 长度为 l 的均匀介质; b. 平行边界折射: 从折射率 n_1 介质入射折射率 n_2 介质; c. 以 f 为焦距的薄透镜。
- 一个复杂光学系统由多个光学元件组成, 因此光学系统的传播矩阵 M (即前述 ABCD 矩阵) 由各个光学元件的矩阵以及元件之间的矩阵 M_1, M_2, \dots, M_N 的乘积构成, 如图3所示:

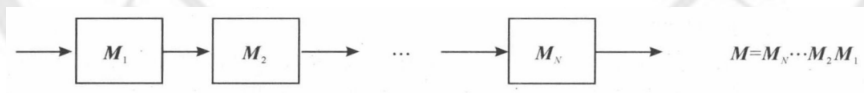


图 3: 多元件系统光学传播矩阵逻辑关系

对应的, 我们给出如下利用累乘求取多元件系统的总传播矩阵的公式:

$$M = M_N \dots M_2 M_1$$

注意, 矩阵乘积的次序为入射元件的矩阵在最右, 依次左乘相继的元件矩阵。

试在傍轴条件下导出如下复杂光学系统的 ABCD 矩阵。

- (2) 连续平板结构
一系列折射率为 n_1, n_2, \dots, n_N 以及厚度为 d_1, d_2, \dots, d_N 的平行平板垂直于 z 轴放置在空气中, 如图4所示。
试导出其 ABCD 矩阵。

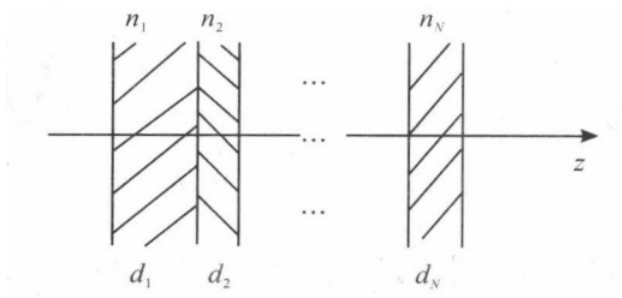


图 4: 连续平板结构

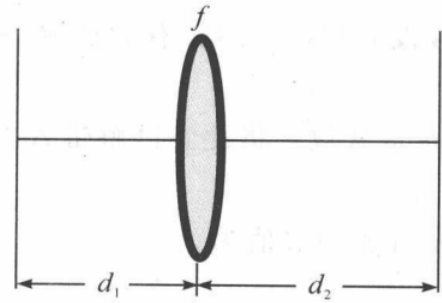


图 5: 薄透镜成像

• (3) 薄透镜成像矩阵

薄透镜成像过程中光线传播包括物到透镜 d_1 距离的自由传播，透镜的折射，以及像空间距离为 d_2 的自由传播，如图5所示。

试导出其 ABCD 矩阵，并化为最简形式。

Bonus2: 光学谐振腔

- 球面谐振腔是由两个半径分别为 R_1 和 R_2 ，相距为 d 的球面镜组成的谐振腔，如图6所示。球面镜的半径符号定义如下：凹面镜 $R < 0$ ，凸面镜 $R > 0$ 。

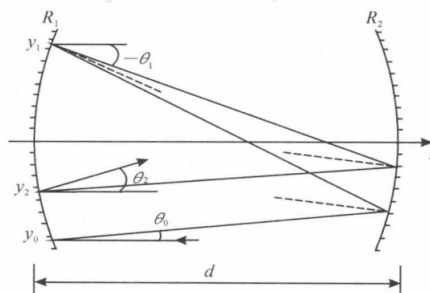


图 6: 光学球面谐振腔示意图

- 试求解图6中球面谐振腔中的光束来回传播一个周期的传播矩阵。
- 若在图6中添加一长度为 l ，折射率为 n 的均匀介质条，试求解此时球面谐振腔中的光束来回传播一个周期的传播矩阵。

Part 3. Diffraction in Optical System

- 接下来我们利用前述知识模拟拉盖尔高斯光束的衍射。
对于复杂光学系统的衍射，我们通常采用柯林斯公式进行计算。

柯林斯积分公式表述为

$$U_2(x_2, y_2) = \frac{e^{ikL}}{i\lambda B} \iint U_1(x_1, y_1) \exp\left\{\frac{ik}{2B} \left[A(x_1^2 + y_1^2) + D(x_2^2 + y_2^2) - 2(x_1x_2 + y_1y_2)\right]\right\} dx_1 dy_1$$

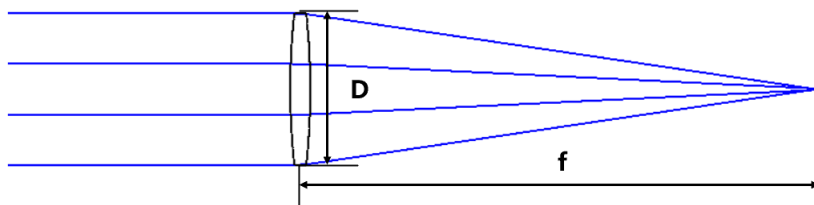
其中, ABCD 为该光学系统对应的 ABCD 矩阵元, U_1 为入射光学系统的光场分布, U_2 为入射光学系统的光场分布。

- (1) 试利用上述柯林斯公式, 用计算机软件模拟拉盖尔高斯光束分别经过矩形光阑、圆形光阑和三角形光阑的衍射, 并将你的结果可视化。注意: 本题要求你采用的算法复杂度为 $O(n \log n)$, 或者单次衍射运行时长不超过 5s, 并在代码运行结果中展示你的运行时间。
参考数据: 光屏到光阑的距离 $d = 50\text{cm}$, 光阑大小 $\sim 0.5\text{mm}$ 。
- (2) 探究光阑大小、光束传输距离对衍射结果的影响, 并将你的研究结果可视化。此外, 请你用自己的语言解释产生这样结果的原因。
- (3) 试提出一种能够测定拓扑荷数的方法, 结合计算机软件使用该方法模拟测定拉盖尔高斯光束的拓扑荷数的过程, 并将你的结果可视化。

Bonus3: 复杂光学系统的衍射

- 在 Part3 的前述题目中, 我们对于拉盖尔高斯光束在孔阑衍射中的现象进行了计算机模拟。但是对于绝大多数的衍射光学系统, 都会加入多样的光学元件。接下来我们会模拟拉盖尔高斯光束在透镜成像系统中的光斑形状。

考虑拉盖尔高斯光束入射至 $D = 2.8\text{mm}$ 的圆形透镜, 透镜的焦距为 $f = 20\text{mm}$, 入射光束波长为 $\lambda = 632.8\text{nm}$ 。光学系统示意图如下所示:



试分别求出 $z_1 = f - 0.5\text{mm}$, $z_2 = f$, $z_3 = f + 0.5\text{mm}$ 位置的光斑图像。模拟中取输出光斑的光屏大小为 $0.16\text{mm} \times 0.16\text{mm}$ (关于光轴对称)。作为参考, 我们给出了平行光 (波前平面各点等相位) 正入射至图中所示的透镜系统对应位置的光斑图样。如下所示:

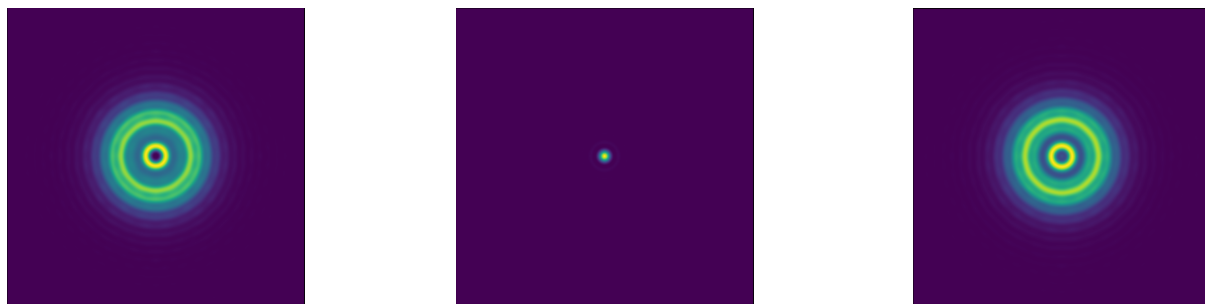


图 7: 平行光入射 $f - 0.5mm$, f , $f + 0.5mm$ 位置光斑图像 (从左到右)

- 当然, 如果你觉得 Bonus3 实在是太简单啦, 那你也可以试着继续讨论光阑与透镜分离的情况。相信这一部分的讨论也会让你觉得趣味非凡。

注: 偏微分方程的求解可参考附录中《数学物理方法》第七、八、九章; 量子力学部分可参考附录中《量子力学讲义》第零、一、二、三章; 高斯光束以及传播矩阵可参考附录中的《光电子学》第二章; 衍射的相关知识可以参考附录中《工程光学》第十三、十四章。

温馨提示

- 题中需利用计算机软件进行编程模拟的部分推荐使用 matlab 或 python, 但必须给出源代码, 将文件命名为类似 “H_Part1_(1)/(bonus1)” 的形式, 并放在对应题号的文件夹中。
- 我们将会对您所提供的代码进行严格查重。此外, 若您所用算法不符合题目要求, 最多只能得 1/3 的分数!

提交内容: (请仔细阅读以下内容! 此部分内容每道题均相同)

请你将具体的解题过程写入总报名表的相应位置, 并将解题过程中使用的参考资料列在最后。若你的上述内容包含纸面载体内容 (如手写过程等), 则请将全部内容拍照, 并将照片加入报告 (请不要上传照片源文件!) 最终生成 pdf 文件; 若你以电子载体解题 (如 Markdown, \LaTeX), 也请将解题涉及的内容导出加入总表, 最终生成 pdf 格式文件。除此以外报告格式不限, 字数不限。

我们也鼓励你在总报名表的相应位置写入完成该任务的过程中, 你是如何解决遇到的问题的以及你的心得体会。除此之外, 如果你还有其他任何希望说明的内容, 也可以一同在报告中体现。

同时, 也请你将上述内容单独生成一份副本, 命名为 report.pdf, 放在个人文件夹中对应的子文件夹下。子文件夹命名为 “X_学号_姓名全拼小写”, 如:

“3220101994_gonggao_ACDG\C_3220101994_gonggao\C_3220101994_gonggao_report.pdf”

任务 I: 有机化学 & 物化 & 化工

请尽可能详细地写出作答过程，我们会参考作答步骤进行打分。如果没有解答出，请不要气馁，你宝贵的思路也会成为我们批改的依据。

须知：

如发现作答雷同或与出版作品（包括答卷本人以往作品）有大段相似，我们将会对此判定为抄袭。一旦被判定为抄袭，本题成绩记为 0 分，情节严重者取消本次工高班报名资格。君子慎独，请君自重！另外，请你务必保护好自己的作品，不要让别有用心者潜窃阳剽。

1 A

有机化学（*Organic Chemistry*）又称为碳化合物的化学，是研究有机化合物的组成、结构、性质、制备方法与应用的科学，是化学中极重要的一个分支。

1.1

已知一种二烯烃的分子式为 C_6H_{10} ，尝试写出它所有的可能结构（不考虑空间异构）。已知当 π 键电子不是在某个单一 π 键内运动，而是在大 π 键内运动，这种现象称为电子的离域。有电子离域的体系称共轭体系，共轭体系所表现的效应称共轭效应。共轭效应可使体系能量下降趋于稳定，试比较上述锯齿状无支链的四种结构的热稳定性并排序（从小到大），并说明理由。

[注]：建议采用 ChemDraw 或其他类似软件进行绘图。

1.2

共振结构是 1931 年鲍林创立的一种分子结构理论。当一个分子、离子或自由基的结构不能用路易斯结构式正确地描述时，可以用多个路易斯式表示，这些路易斯式称为共振结构（又称极限式或正则结构）。在共振结构之间用双箭头“ \leftrightarrow ”联系，以表示它们的共振关系。请画出下面离子的共振式（图8）。

[注]：建议采用 ChemDraw 或其他类似软件进行绘图。

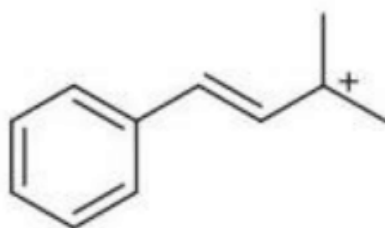


图 8

1.3

已知如果温度固定, 分子在两个能级上的占有概率直接决定于两个能级的能量差; 当系统温度升高时, 更加有利于粒子在高能级的占据。含酮、醛基团的分子可以通过互变异构转化为烯醇结构 (图9)。实际上, 对于具有一定稳定性的互变异构体可以通过实验来检测, 其相对能量是可以通过实验来确定的。利用 *NMR* 光谱技术, 一位同学测得图9中分子的酮式和烯醇式在室温 (300K) 下分别各占 60% 和 40%。请计算这两种结构的能量差。在 400K 下两种结构的百分比将是多少? 如果温度是 200K 呢?

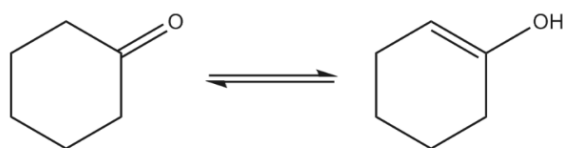


图 9: 酮式—烯醇式互变异构

2 B

熵增原理是指“对于一个宏观系统, 如果不受到环境的干扰, 那么该系统总是不可逆自发地朝熵 (*S*) 增加的方向发展。”

2.1

理想气体从状态 *A* (P_1, V_1, T_1) 等温吸热到状态 *B* (P_2, V_2, T_2), 再从状态 *B* 绝热膨胀到状态 *C* (P_3, V_3, T_3), 此后, 从状态 *C* 等温放热到状态 *D* (P_4, V_4, T_4), 最后从状态 *D* 绝热压缩回到状态 *A*。这种由两个等温过程和两个绝热过程所构成的循环称为卡诺循环 (图10)。试求出单原子理想气体卡诺循环状态 *A* 到状态 *B* 的熵变 ΔS 。

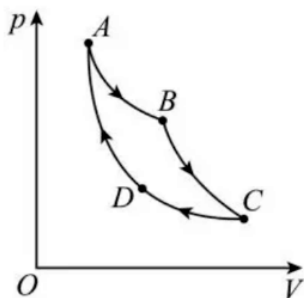


图 10: 卡诺循环

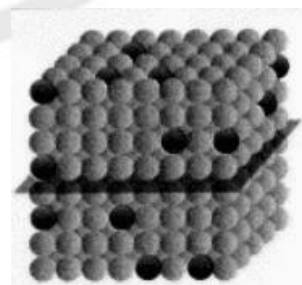


图 11: 任意宏观状态的一般计数模型

2.2

已知 A 和 B 两种原子形成合金单晶。在合金中, A 原子含量为 20%, 合金中总原子数为 1mol 。变化前的状态(始态), 为 80% 的 A 原子在合金中上半部任意分布, 另外的 20% 的 A 原子自由分布在合金的下半部(图11)。若终态是 50% 的 A 原子在晶格上半部自由分布, 另外 50% 的 A 原子在晶格下半部可以自由选位置。请计算该变化过程的熵变 ΔS 。

2.3

对于一个给定宏观状态, 所有可能微观结构的数目就是该宏观状态的权重。 A 原子和 B 原子在它们的合金晶格中相互作用相同。已知 $A-B$ 合金的总原子数为 N , A 原子数为 N_A 并占总原子数的 20%, B 原子数为 N_B 。已知系统的一个宏观状态 m 为 yN_A 个 A 原子位于晶格上半边。其中 y 为 A 原子在上半部的百分比, y 的范围在 $0 \leq y \leq 100\%$ 之间变化。对于一个任意 y 值的宏观状态, 请计算其权重。计算结果请用 50% A 原子分布在上半部(对应于 $y = 50\%$)的权重进行归一化, 并用 *Excel* 或其他软件作图。假定上半部与下半部格点数恒相等。

2.4

He (1mol , 理想气体) 密封在一个绝热汽缸中, 气体初始平衡状态为: 体积 15L , 压强等于 300kPa 。某瞬间, 外压强从初始值(等于系统压强)减少到过程的终态压。实验测得终态体积为 30L 。在给定的温度范围内, 请计算该过程的熵变。

3 C

酶动力学是研究酶结合底物能力和催化反应速率的科学。研究者通过酶反应分析法(*Enzyme Assay*)来获得用于酶动力学分析的反应速率数据。

3.1

酶促动力学中最基础的公式是米氏方程: $V_0 = \frac{V_{max}[S]}{K_m + [S]}$ 。如果酶的必需基团的化学性质发生了改变, 但酶并未变性, 而引起的酶活力的降低或丧失的现象称为抑制作用, 引起抑制作用的物质称为抑制剂。可逆抑制剂可分为竞争性抑制、非竞争性抑制以及反竞争性抑制等(图12)。记 K_i 为抑制剂常数, 试推导出添加三种抑制剂后, 反应的米氏方程 j 将有何变化? 请将其推断出来, 并在同一个图中绘制相应的双倒数式曲线(将米氏方程式两侧取双倒数, 以 $\frac{1}{v_0} \sim \frac{1}{[S]}$ 作图)。

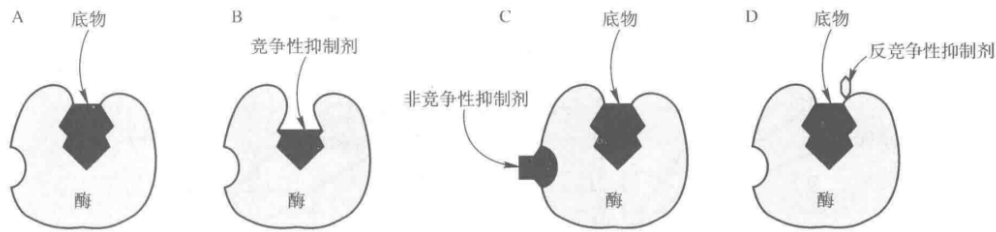


图 12: A. 酶-底物复合物; B. 竞争性抑制剂结合在活性部位阻止了与底物的结合; C. 非竞争性抑制剂不妨碍酶与底物的结合; D. 反竞争性抑制剂仅与酶-底物复合物结合

3.2

当底物浓度低于酶浓度条件下，不能假定所有酶都处于结合状态。请用估算来证明这个说法。假定“底物-酶络合物”形成平衡常数等于 100、酶总浓度等于 0.1 mmol/L 。□ 请估算，在底物初始浓度等于酶浓度 1/10 条件下，“底物-酶络合物”中的结合酶占总酶量的比例。□ 等底物被消耗了一半时，请再次估算结合酶占总酶量的比例。□ 从第一步和第二步计算中，你得到了什么结论？

3.3

一级反应就是指凡是反应速率与反应物浓度的一次方成正比反应。请证明：对于一级正逆反应（正逆反应常数为 $K_{\text{正}}$ 、 $K_{\text{逆}}$ ），当反应物浓度从初始浓度降低到初始浓度与平衡浓度的平均值时： $\frac{[A]_0 + [A]_{\text{渐近线}}}{2}$ ，其所需时间等于该正逆反应对的化学平衡标准时间常数。

4 Bonus

4.1

保持与第二题第 3 问同样的宏观状态定义，考虑总格点数为 10^6 ，请建立一个公式计算不同 A 原子浓度（20%、10%、1%）的归一化权重。结果请用 Excel 或其他软件作图，图的横坐标范围保持在 A 在左边的比例为 45% – 55%。

4.2

二级反应是指反应速度与两个反应物浓度的乘积成正比，也就是与反应物浓度的二次方成正比的化学反应。如果一个正逆反应的两个反应都是二级反应，请求得该正逆反应对的积分动力学方程。并确定反应物渐近线和产物渐近线、达到平衡的标准时间常数。

提交内容：（请仔细阅读以下内容！此部分内容每道题均相同）

请你将具体的解题过程写入总报名表的相应位置，并将解题过程中使用的参考资料列在最后。若你的上述内容包含纸面载体内容（如手写过程等），则请将全部内容拍照，并将照片加入报告（请

不要上传照片源文件!) 最终生成 pdf 文件; 若你以电子载体解题 (如 Markdown, \LaTeX), 也将解题涉及的内容导出加入总表, 最终生成 pdf 格式文件。除此以外报告格式不限, 字数不限。

我们也鼓励你在总报名表的相应位置写入完成该任务的过程中, 你是如何解决遇到的问题的以及你的心得体会。除此之外, 如果你还有其他任何希望说明的内容, 也可以一同在报告中体现。

同时, 也请你将上述内容单独生成一份副本, 命名为 report.pdf, 放在个人文件夹中对应的子文件夹下。子文件夹命名为 “X_学号_姓名全拼小写”, 如:

“3220101994_gonggao_ACDG\C_3220101994_gonggao\C_3220101994_gonggao_report.pdf”



后记

客官你好，七天的时间过去的真快啊，是时候分别了。嘿，你瞧，是不是在行囊里多装了一些东西啊，别嫌沉呐，技多不压身。都最后了，再听我这个话癆说几句吧。

这座客栈啊，其实还是工高的体验馆，但是工高班的生活更为丰富多彩，需要你自己去那头体会。虽然通往工高殿堂的路前方还有，但是不论如何，请充满信心地告诉自己，“我在这座客栈呆了一周，我也有工高人的品质！”相信主人们也因你的到来而感到荣幸。

愿你能保留这张通行证。睹物思人，但思念的是这一周里奋斗的自己。

祝你的行囊越来越充实，也祝你的未来有工高相伴。

（目送）

2021 级工高班

