

研究生课程优秀教学案例



勇毅笃定，战无不胜

课程名称：高等化工热力学

学 院：石油化工学院

姓 名：董 鹏 副教授

2022 年 10 月

第三章 统计系综

一、教学基本情况

| | | | |
|------|--|------|------------------------|
| 授课单元 | 统计系综 | 授课班级 | 22级化工专业硕士研究生 |
| 课程名称 | 《高等化工热力学》 | 授课学时 | 2学时 |
| 授课地点 | 线上教学平台 | 授课形式 | 线上（腾讯会议+QQ群@在线辅导+SPOC） |
| 参考教材 | 1. 高光华 高等化工热力学, 清华大学出版社. 2. Stanley I. Sandle. Aspen Plus热力学计算简明教程. 上海: 华东理工大学大学. | | |

二、教学分析

| | | |
|------|--|---|
| 内容分析 | <p>本次课教学内容为高等化工热力学课程最重要的内容。首先回顾前期内容热力学的研究方法, 指出化工热力学的局限性; 同时采用“润物无声, 潜移默化”的方式润入思政元素, 如Heisenberg人物履历。培养学生吃苦耐劳、坚持不懈的工匠精神。在“问题驱动与思政牵引”的基础上, 强调本部分内容——统计热力学, 了解统计热力学的研究对象和方法、统计热力学的基本任务和玻兹曼分布定律。引出系统理论, 正则系综的分配系数, 引导学生扎实学习基础化工热力学知识为高等化工热力学新知奠定坚实基础。</p> | |
| 学情分析 | 学习基础 | 本课程的教学主体是研究生新生, 基于生源多样及层次一般等特点, 同时有的学生对热力学基础缺乏认知、有的对选课教学体系不熟或由导师的推荐、有的学生集中一致倾向性等原因而选课; 结合调查问卷显示多数学生选择该专业看中的是当前研究方向和就业领域。因此, 通过客观分析学生的知识和综合素质, 进行学情分析。 |
| | 存在问题 | 1. 本部分内容涉及物理化学、化工热力学、结构化学的内容, 特别是结构化学很多学生并未学过; 2. “思政”的嵌入方式是关键点。 |
| 教学目标 | 知识目标 | 1. 了解化工热力学的局限性; 2. 掌握系综理论研究的内容; 3. 熟悉专业发展方向, 树立专业自信心。 |
| | 能力目标 | 1. 能够正确理解课程内容; 2. 能够对于配分函数的推导有逻辑的理解。 |

| | | |
|--------------------|----------------------|---|
| | <p>素养目标</p> | <p>1.培养学生专业素质; 2.结合“思政”设计,培养学生职业素养,提升专业自信心。</p> |
| <p>教学重点</p> | <p>统计热力学的研究方法及内容</p> | |
| <p>教学难点</p> | <p>配分函数的本质及作用</p> | |

三、教学策略

| | |
|--------------------|--|
| <p>教学方法</p> | <p>思政激励教学法: 通过人物履历呈现培养学生吃苦耐劳、坚持不懈的工匠精神,激发学生兴趣。 任务驱动教学法: 教师布置任务,师生研讨、练习、实习作业等方式完成教学任务。 小组合作探究法: 以小组为单位实施任务,通过制定计划、讨论研究、分组实施等学习活动中,获得知识技能及丰富的情感体验。组内取长补短、共同学习、共同进步。</p> |
|--------------------|--|

| | |
|---------------------|---|
| <p>信息化手段</p> | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>QQ直播</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>教学视频</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>泛雅平台</p> </div> </div> |
|---------------------|---|

| | |
|--------------------|---|
| <p>教学资源</p> | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>教学PPT</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>课程资源建设</p> </div> </div> |
|--------------------|---|



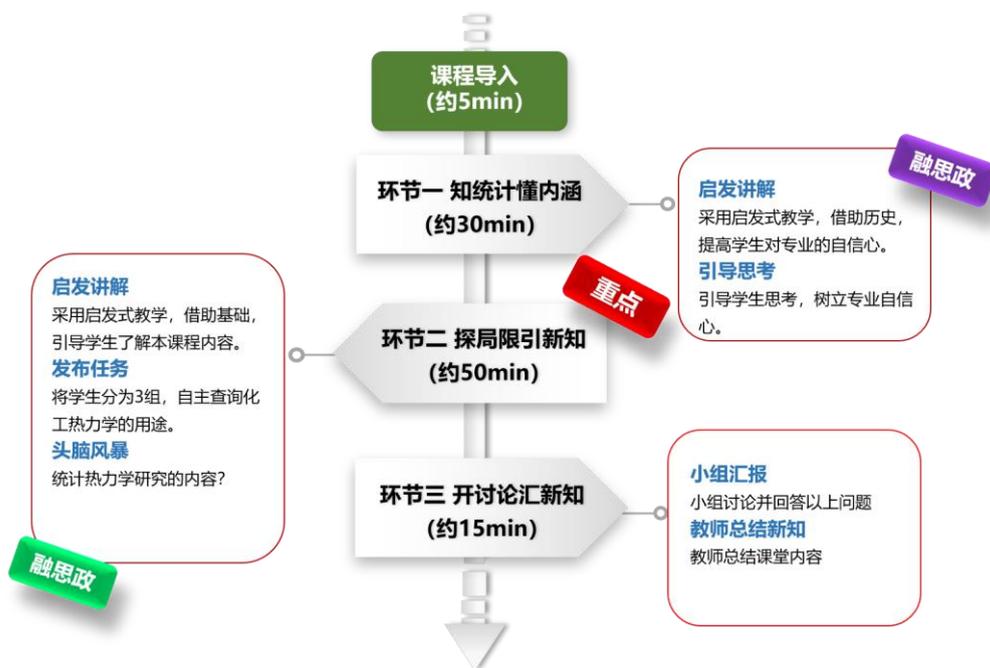
四、教学实施过程

课 前 预 习

| 教学环节 | 教学内容 | 教与学活动 | | 技术手段 | 设计意图 |
|------|---|--|---|------------|---|
| | | 教师活动 | 学生活动 | | |
| 课前准备 | 1. 明确课程教学内容和目标; 2. 自主学习泛雅平台中化工热力学的基础知识, 并进行评价、提问、笔记、纠错; 3. 完成自主学习内容相关测试题。 | 1. 课前整理制作课件, 收集视频、微课、案例等, 上传至QQ群或SPOC平台, 发布课前学习任务; 2. 检查学生登录SPOC平台学习的情况, 并通过微信、QQ等提醒学生完成相关任务; 3. 结合学生在任务一学习情况进行分组; 4. 分析课前任务相关数据, 适时调整教学设计。 | 1. 登录SPOC平台, 查看课前学习任务; 2. 自主学习所有线上资源, 并进行评价、提问、笔记、纠错; 3. 课程讨论区提出问题并讨论 | QQ群或SPOC平台 | 1. 依托教学资源库, 使用泛雅平台和QQ群发布课前学习任务, 方便快捷, 师生可以随时随地交流互动; 2. 小组合作完成任务, 提升学生团队合作意识。 |

课 中 学 习

(100min)



| 教学环节 (用时) | 教学内容 | 教与学活动 | | 技术手段 | 设计意图 |
|-------------------------|--|---|--|------------|---|
| | | 教师活动 | 学生活动 | | |
| 课程导入 5min | 1. 课程前续要求告知; 2. 本次课课前任务点评; 3. 新课导入。 | 1. 【点评课前】 点评课前测试完成情况, 引导学生关注自己较薄弱的知识点; 2. 【导入新课】 以课程名称解释引入本次课程内容。 | 1. 【听取点评】 听取教师点评, 反思自己课前任务完成情况, 关注自己较为薄弱的知识点。 | 腾讯会议 /QQ 群 | 点评课前任务, 引导学生关注自己较为薄弱的知识点 , 在后续环节有针对性地加强学习。 |
| 环节一: 知统计懂内涵 30min | 1. 热力学的研究方法; 2. 经典热力学的局限性; 3. 统计热力学。 | <p>1. 【温故导入】 热力学的研究方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 经典热力学 <ul style="list-style-type: none"> 不研究物质结构, 不考虑过程机理, 只从宏观角度研究大量分子组成的系统, 系统达到平衡时所表现出的宏观性质。 ◆ 分子热力学 <ul style="list-style-type: none"> 从微观角度应用统计的方法, 研究大量粒子的特性, 将宏观性质看作是相应微观量的统计平均值。 应用统计力学的方法通过理论模型预测宏观性质, 在化工热力学的发展过程中, 起着越来越重要的作用 由于分子结构十分复杂, 分子内作用力和分子间作用力都要考虑, 目前统计力学只能处理比较简单的情况, 所得的结论基本上是近似的。 <p>2. 【思政激励】</p> <p style="text-align: center;">化工热力学的局限性</p> <pre> graph TD A[热力学研究方法] --> B[宏观研究方法] A --> C[微观研究方法] B --> D[经典热力学] C --> E[分子热力学(统计热力学)] </pre> <p style="text-align: right;">课程思政</p> | 1. 【思考问题】 思考问题, 激发对课程的兴趣; 2. 【听取讲解】 认真听取教师讲解的要点, 并做好记录; | 腾讯会议 /QQ群 | 激发学生的学习兴趣, 提高学生课堂参与程度, 了解化学工程的发展史, 为学习相关新知做好铺垫。 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---|------------------|------------------------|-----------|-------|------------|---|-------|--------------|---------|---|-------|-------|---------|--|--|---|------------------|--|
| <p>环节一： 知统计 懂内涵 30min</p> | <p>1.热力学的研究方法; 2.经典热力学的局限性; 3.统计热力学。</p> | <p>3. 【思政润入】将微观能级和宏观量联系起来。 4. 【对比讲解】统计热力学的研究对象和方法; 统计热力学的基本任务; 微观和宏观状态; 离子各运动形式及能级分布。</p> | <p>3. 【思考讨论】针对教师提出的问题, 思考热力学的重要性。 4. 【听取讲解】听取讲解、领会精神。</p> | <p>腾讯会议 /QQ群</p> | <p>提高学习兴趣、培养专业自信心。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>环节二： 探局限 引新知 50 min</p> | <p>1. 化工热力基本方程; 2. 化工热力学内容; 3. Maxwell关系式。</p> | <p>1. 【启发讲解】玻兹曼分布定律? 3.1.6 玻兹曼分布定律 玻兹曼指出, 众多能级间形成许多不同方式的分布, 其中最可几分布方式为: $p_i^* = \frac{n_i}{N} = \frac{g_i e^{-\frac{\epsilon_i}{kT}}}{\sum_j g_j e^{-\frac{\epsilon_j}{kT}}} = \frac{g_i e^{-\frac{\epsilon_i}{kT}}}{Z}$ 该式称为玻兹曼分布定律, 它指出了微观粒子在各能级间平衡分布的方式。 <table border="1"> <tr> <td>$e^{-\epsilon_i/kT}$</td> <td>玻兹曼因子</td> <td>N</td> <td>系统中微观粒子总数</td> </tr> <tr> <td>n_i</td> <td>分配于i能级的粒子数</td> <td>K</td> <td>玻兹曼常数</td> </tr> <tr> <td>ϵ_i</td> <td>i能级的能量值</td> <td>T</td> <td>热力学温度</td> </tr> <tr> <td>g_i</td> <td>i能级的简并度</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> 分母Z表示对所有的可能的量子态求和, 简称为状态和, 状态和又称为配分函数。 2. 【PPT展示】系综理论。 3.2 系统理论 Gibbs系统方法: • 大量宏观状态相同的系统的集合, 每个系统各处在其所经历的某个微观状态, 这样的系统称之为标本系统, 而所构成的标本系统的集合称之为系综。 • 系综是由大量假想的系统构成, 在系综中, 每个系统都具有相同的宏观性质, 但处于不同的微观状态(量子状态)。 • 系统的宏观性质是系统极大量的、可能的量子状态的时间平均值, 等价于系综平均值。 3.2.1 系统理论 2. 统计系综的分类: 统计系综中存在各种不同的系综: 正则系综 (canonical ensemble): 封闭体系的集合 巨正则系综 (grand canonical ensemble): 开放体系的集合 微正则系综 (micro canonical ensemble): 孤立体系的集合 等温等压系综 (isothermal-isobaric ensemble): 恒压封闭体系的集合 3. 【思政激励】波尔兹曼。 波尔兹曼因子$e^{-\epsilon_i/kT}$的物理含义: 波尔兹曼因子表示此量子态出现的热力学几率。 波尔兹曼因子归一化之后即为此量子态出现的数学几率, 由其表达式: $e^{-\epsilon_i/kT}$ 在一定温度下, 微观运动状态出现的几率与能级有关, 能级愈高, 出现的几率愈小。 4. 【PPT展示】正则系综的分配系数。 3.2.2 正则系综的分配系数 i量子态出现的几率为: $p(E_i) = p_i^* = e^{-C-\beta E_i} = \frac{e^{-\beta E_i}}{Z} \quad (12)$ Z是统计热力学中最重要的函数, 其物理意义是正则系综中的体系所有可达微观运动状态出现几率之和, 简称为状态和, 又称为正则配分函数。 $Z(T, V, N) = \sum_i e^{-\beta E_i}$ 5. 【发布任务】推导公式?</p> | $e^{-\epsilon_i/kT}$ | 玻兹曼因子 | N | 系统中微观粒子总数 | n_i | 分配于i能级的粒子数 | K | 玻兹曼常数 | ϵ_i | i能级的能量值 | T | 热力学温度 | g_i | i能级的简并度 | | | <p>1. 【思考记录】认真听取教师讲解环境管理的内容, 思考并积极回答教师提出的问题; 2. 【完成任务】按照分组, 代表回答问题。 3. 【讨论提问】遇到问题首先进行组内讨论, 解决不了的问题及时向教师提出, 确保在规定时间内完成任务。</p> | <p>腾讯会议 /QQ群</p> | <p>1. 以启发式讲解方式, 引导学生由点及面主动思考, 帮助学生建立专业和课程认同感, 激发学习主动性。 2. 学生在理论学习的基础上, 以小组形式在了解的新知点上进行自主探究学习, 并通过讲解强化解决教学重点。 3. 作为新时代的大学生, 要学会自力更生, 坚持不懈, 艰苦奋斗, 方能创造美好生活。</p> |
| $e^{-\epsilon_i/kT}$ | 玻兹曼因子 | N | 系统中微观粒子总数 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n_i | 分配于i能级的粒子数 | K | 玻兹曼常数 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ϵ_i | i能级的能量值 | T | 热力学温度 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| g_i | i能级的简并度 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

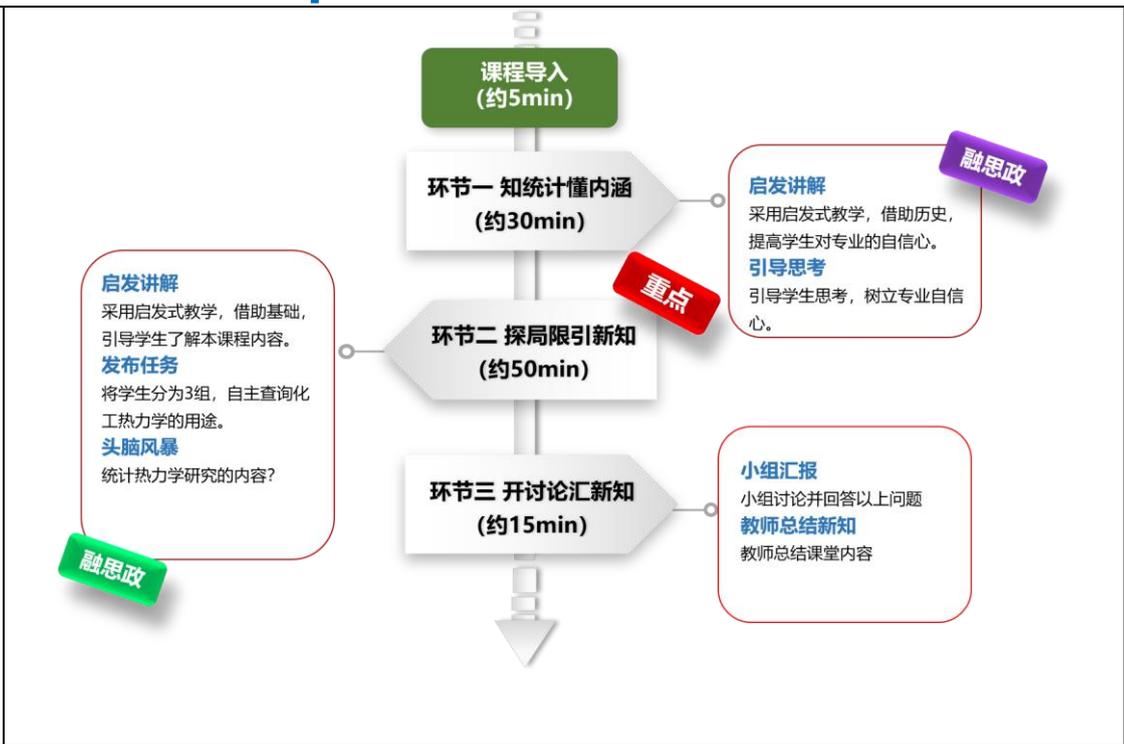
| | | | | | |
|--|------------------------|--|---|-----------|---------------------------|
| 环节三： 开讨论 汇新知 15 min | 1.学生有问题提问题； 2.教师总结。 | 1.【 解答问题 】对于学生仍然存在的问题进行解答； 2.【 教师点评 】对本节课做总结。 | 1.【 提出问题 】对于仍然存在的问题提出？ 2.【 听取点评 】认真听取教师总结。 | 腾讯会议 /QQ群 | 提问题， 提高每位学生的课堂参与度。 |
|--|------------------------|--|---|-----------|---------------------------|

课后巩固

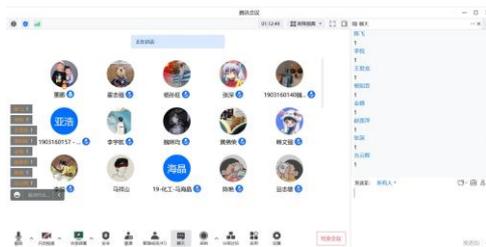
| 教学环节 | 教学内容 | 教与学活动 | | 技术手段 | 设计意图 |
|----------------------|----------------------------|--|--|-------|---------------------------------------|
| | | 教师活动 | 学生活动 | | |
| 巩固加强 拓展提升 | 1.课后作业巩固加强； 2.课后任务拓展提升。 | 1.【 布置作业 】在QQ课堂布置课后作业； 2.【 布置任务 】布置小组任务：查阅可持续发展的内涵。 | 1.【 完成作业 】在群课堂完成课后作业，查缺补漏，巩固加强； | QQ群课堂 | 1. 巩固加强本次课内容； 2. 培养信息检索能力，增强专业自信心。 |

五、教学效果与反思

| 教学评价 | <p>教学评价覆盖课前、课中、课后各环节，评价方式结合线上与线下、主观与客观，评价主体包括教师与学生，多元化的课程考核实现对学生的知识、技能、素养进行全方位的评价。学生能够实时了解自己的成绩与表现，教师也能够及时把握学生的学习情况。</p> <table border="1" data-bbox="422 1348 1449 1803"> <thead> <tr> <th>考核环节</th> <th>所占比重</th> <th>考核内容</th> <th>考核模式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>课前</td> <td>10%</td> <td>1. 课前测试 2. 化工专业的重要性</td> <td>教师评价</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">课中</td> <td rowspan="2">30%</td> <td>1. 环节三 小组汇报 (10%)</td> <td>教师评价</td> </tr> <tr> <td>2. 课堂测试 (20%)</td> <td>小组互评</td> </tr> <tr> <td>课后</td> <td>60%</td> <td>1. 课后作业 2. 课后小组任务完成情况</td> <td>平台评分+教师评价</td> </tr> </tbody> </table> | 考核环节 | 所占比重 | 考核内容 | 考核模式 | 课前 | 10% | 1. 课前测试 2. 化工专业的重要性 | 教师评价 | 课中 | 30% | 1. 环节三 小组汇报 (10%) | 教师评价 | 2. 课堂测试 (20%) | 小组互评 | 课后 | 60% | 1. 课后作业 2. 课后小组任务完成情况 | 平台评分+教师评价 |
|-------------|---|--------------------------|-----------|------|------|----|-----|------------------------|------|----|-----|-------------------|------|---------------|------|----|-----|--------------------------|-----------|
| 考核环节 | 所占比重 | 考核内容 | 考核模式 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 课前 | 10% | 1. 课前测试 2. 化工专业的重要性 | 教师评价 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 课中 | 30% | 1. 环节三 小组汇报 (10%) | 教师评价 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2. 课堂测试 (20%) | 小组互评 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 课后 | 60% | 1. 课后作业 2. 课后小组任务完成情况 | 平台评分+教师评价 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 教学特色 | <p>(1) 课程提前演练，帮助同学们梳理用到的学习资料和学习平台； (2) 每堂课程都有课程设计。 (3) 每堂课程润入思政：润入“思政元素”构建契合基于国家“双万计划”一流专业建设和OBE理念的教学目标。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

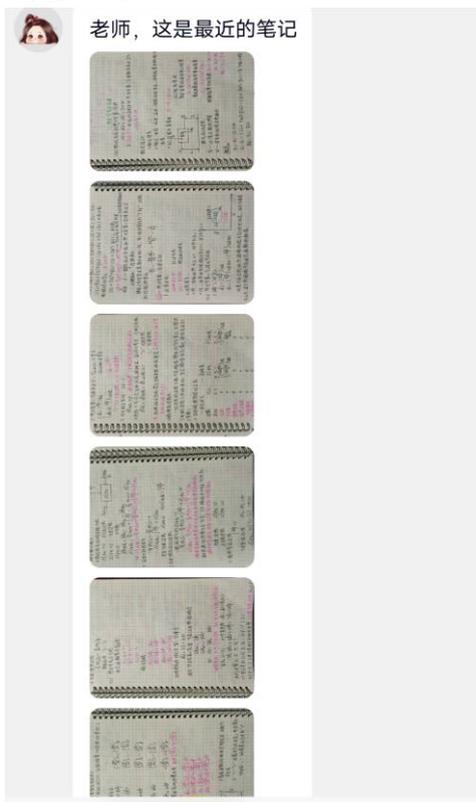
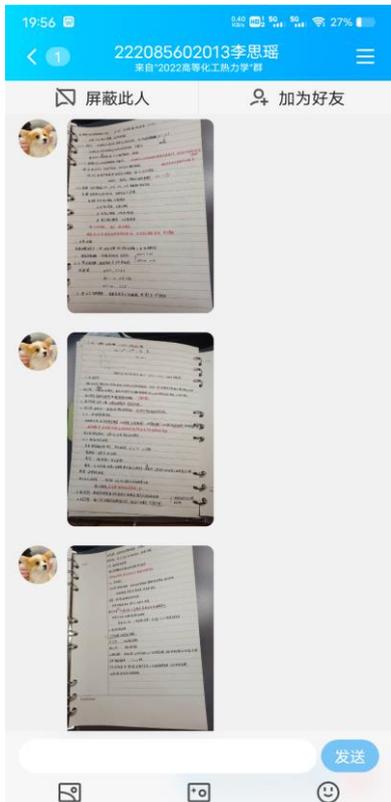


1、线上教学师生出镜情况，任课教师需加强线上课堂管控力度，关注学生的学习状态；



线上出镜、课堂不定时点名

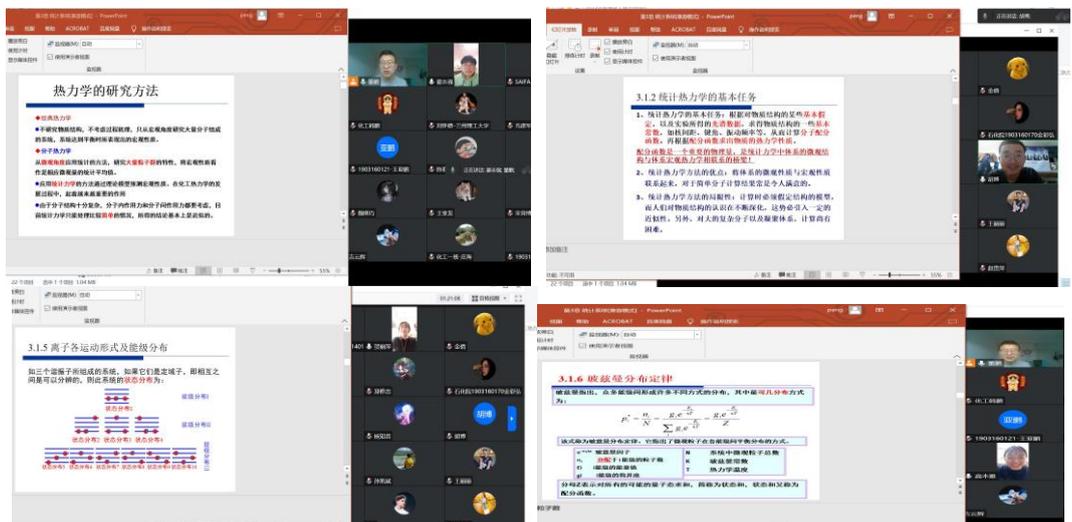
组织与管理成效





学生课堂笔记检查

2、师生间的互动交流情况，任课教师需掌握学生的学习感受，及时优化授课方案，提升教学效果；



师生间的互动交流情况

《高等化工热力学》基于统计热力学原理及方法，系统阐述了统计热力学在流体状态方程、电解质溶液、高分子溶液等领域的应用，通过对课程的学习，使我更加深刻地认识热现象和能量转换的规律，从热力学角度认识反应体系。董老师授课的严谨和渊博的知识同样使我受益匪浅。

高等化工热力学这门课程对化工工业来讲,是必不可缺的,它从热力学角度看待化工过程,而且提供理论帮助。

老师那幽默的讲课方式,使我们对书本那枯燥奥妙的知识一下而释其中。

通过老师的教学,使我们对《高等化工热力学》这门课程有了更深到的理解。

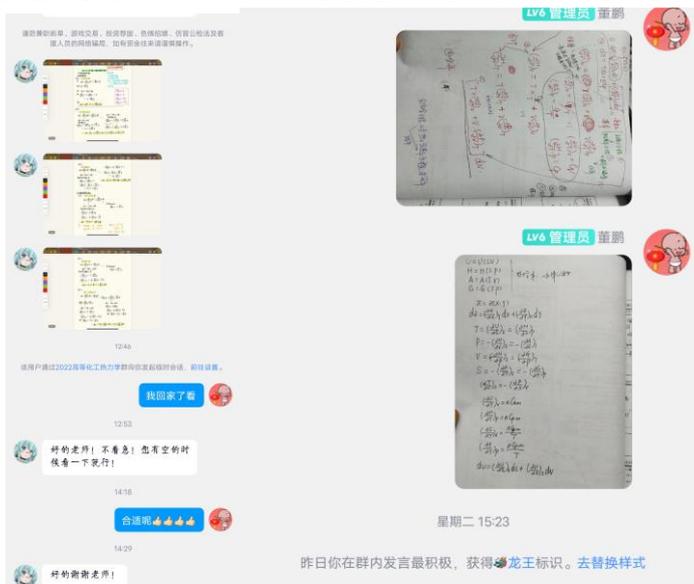
上完高等化工热力学这门课,我学到了关于热力学的很多理论和方法学,也认识到理论和实践过程的差距,同时被董老师扎实的理论知识所折服,为以后的研究工作奠定了基础!

我认为高等热力学这门课内容丰富,学生和教师都能融入课堂,我们能够学到相关知识及非常精辟的课程

在经过了董老师《高等化工热力学》课程之后,我对热力学知识又有更深刻的理解,获益良多,受益匪浅。

学生的学习感受

优化授课方案:由于网络授课弊端很多,特别是和学生的交流就像是网络的3G时代。因此,本教学增大了学生接收新知识的时间,让学生能够“现学现学”。



3、认真学习新的课程标准,用新的思想,新的理念改进自己的课堂教学,努力向课堂教学要效益。发挥学生的主体作用,采用探究式、讨论式或交谈式方法教学。

| | |
|-------------|--|
| 教学反思 | <p>主要从以下三方面进行教学总结和反思</p> <p>一、上课方式</p> <p>本次课教学内容为高等化工热力学课程最重要的内容。首先回顾前期内容热力学的研究方法，指出化工热力学的局限性；同时采用“润物无声，潜移默化”的方式润入思政元素，如 Heisenberg人物履历。培养学生吃苦耐劳、坚持不懈的工匠精神。在“问题驱动与思政牵引”的基础上，强调本部分内容——统计热力学，了解统计热力学的研究对象和方法、统计热力学的基本任务和玻兹曼分布定律。引出系统理论，正则系综的分配系数，引导学生扎实学习基础化工热力学知识为高等化工热力学新知奠定坚实基础。</p> <p>二、课堂效率</p> <p>课堂，是以学生为主的课堂。我们采取的教学方式、方法，都要以提高学生兴趣，吸引注意力为目的；另外，合理安排教学内容，从而达到高效、优质的课堂效果。</p> <p>三、教学改进</p> <p>认真学习新的课程标准，用新的思想，新的理念改进自己的课堂教学，努力向课堂教学要效益。发挥学生的主体作用，采用探究式、讨论式或交谈式方法教学。</p> |
| 备注 | |