

化工学院大三上部分课程资料整理

目 录

| | |
|---------------------------------------|----|
| 写在前面——一些碎碎念和推荐资料 | 2 |
| 1. 化工热力学推荐资料..... | 3 |
| 2. 传递过程推荐资料..... | 4 |
| 第一部分 《化工热力学》习题整理 | 5 |
| 第 1 章 绪论..... | 5 |
| 第 2 章 流体的 pVT 关系 | 6 |
| 第 3 章 纯物质（流体）的热力学性质与计算..... | 9 |
| 第 4 章 溶液热力学基础..... | 11 |
| 第 5 章 相平衡热力学..... | 13 |
| 第 11、12 章 热力学第一定律、热力学第二定律及其工程应用 | 15 |
| 第 13 章 蒸汽动力循环和制冷循环..... | 20 |
| 第二部分 《化工热力学》（第三版）教材勘误 | 21 |
| 第三部分 《传递现象导论》（第二版）教材例题整理 | 23 |
| 第 1 章 分子传递现象..... | 23 |
| 第 2 章 有限控制体分析..... | 23 |
| 第 3 章 动量传递..... | 24 |
| 第 4 章 能量传递..... | 25 |
| 第 6 章 传递现象基本方程及应用..... | 26 |
| 附 1：参数/无量纲数的物理含义 | 26 |
| 第四部分 《化工原理（下）》（第五版）教材例思考题整理 | 27 |
| 第 8 章 气体吸收..... | 27 |
| 第 9 章 液体精馏..... | 28 |
| 第 10 章 气液传质设备（含自测题知识点） | 29 |
| 第 11 章 液液萃取..... | 31 |
| 第 12 章 其它传质分离方法（含自测题知识点） | 32 |
| 第 13 章 热、质同时传递过程..... | 34 |
| 第 14 章 固体干燥..... | 34 |

写在前面——一些碎碎念和推荐资料

大三上终于要结束了。不知道是因为网课和线下课交换着来还是因为什么，总感觉这学期的课业格外繁重，和我交流过的一些同学也深有感触。如果你是在大三上之前看到这篇文档，那么请你对大三上做好一个心理准备。就化工专业而言（或者资源），这学期虽然就课程数量而言好像没有之前多，但课程的“硬度”高了许多，个人认为课后需要消化的部分是比之前大大增加的。尤其是化工热力学和传递过程，化热大概是你觉得在物化里都学过，但真学起来又感觉有些陌生；传递研究问题的方法论则较为新颖。不过适应之后，发现还是就那么些套路。

因为平常就有一些用电脑整理资料的习惯，加上作为过来人深知这学期课程的不易；趁着寒假忙起来之前，整理了一番自己写过的资料，希望对你们有所帮助。需要说明的是，这不是什么期末速成宝典，可能更多的是在期末帮助你复习，更好地理解教材和考点。大三的专业课，不像之前的公共课可以在网上找到很多资源，因此最好的复习资料就是教材和 PPT，希望大家能好好看一看教材。不过还是上课认真听最重要，因为有些课程的教材其实（相比于考纲）超纲很多，如果上课不听下来自己看教材会耗费大量的精力，并且也没有必要。

这篇文档主要是整理了热力学、传递和化原的一些内容，其他课程相对容易，就不献丑了。况且我认为课后总结本来就是应该个人完成的一件事。

由于这些全部是我一个人整理的，并且只是将自己学习时做的一些总结进行了整理和排版，没有过多的精力去反复订正，因此错误难免，还请大家见谅。如果有其他问题，可以联系：zzy_5358@163.com

祝大家学习顺利。

张周宇 化工 206

2023.1.4

1. 化工热力学推荐资料

(1) 教材:

[1] 冯新, 宣爱国, 周彩荣. 化工热力学 (第二版)

[2] 施云海. 化工热力学学习指导及模拟试题集萃

[3] 陈新志, 蔡振云, 钱超. 化工热力学学习指导

[4] Smith, Joseph Mauk. "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics". eighth edition.

(2) 网课:

B 站搜索: 南京工业大学 化工热力学 (朱自强版) 冯新 51 课时

化工热力学非常重要, 尤其是活度部分, 一定要深刻理解其背后的逻辑。学习方面, 这是后面分离工程的基础; 升学方面, 不管是国内还是国外的学校, 都比较看重热力学的成绩 (以及反应工程)。虽然课程比较枯燥, 但热力学课还是要好好听的。有些不太懂的部分, 强烈推荐 B 站冯新老师的热力学课程, 除了高分子部分全部都有, 并且大纲非常类似, 甚至 PPT 都有很多重合 (笑)。其配套的教材[1]也编写的非常好, 图表清晰, 重点突出, 例题很典型, 对很多重点都有关键性总结, 强烈推荐。

习题方面: 强烈推荐习题册[3], 里面很多题都很好, 也和我们学校教材的课后习题有大量重合。[2]、[3]好像已经绝版了, 大家可以去淘宝或者咸鱼上找一找。还有就是, [2]的模拟试题有很多 (大概十几道) 判断、选择、填空的答案是错误的, 包括前面的一些例题也有错, 需要注意下。

教材方面: **请不要完全依赖华理的热力学教材, 里面有很多错误。**在第二部分有所指出。如果要自学建议参考冯新老师的教材。不过国内教材大部分有些通病: 不讲人话。这里推荐国外教材[4], 英文较好的同学建议直接看国外教材。热力学的逻辑本身就较为复杂, 很多国内教材的推导逻辑都是错误的, 或者过于跳跃。我印象尤为深刻的是, 整个化学工程中最重要概念之一——活度 (以及涉及到的拉乌尔定律、路易斯兰德规则 and 亨利定律), 在教材中讲的一塌糊涂。强烈推荐仔细阅读[4]的 10、12 和 13 章。需要[4]电子版的同学可以给我发邮件。

老师方面: 童老师的热力学讲的比较好, 强烈推荐。

(偏题一下, 国内大部分教材都存在诸多诟病, 知乎上有专门讨论的帖子。其实像高数这些基础课完全可以看国外教材的翻译版本。专业课教材可能没有翻译版本, 但还是建议阅读, 会有不一样的体验。)

2. 传递过程推荐资料

(1) 教材:

[1] 南碎飞, 窦梅. 传递过程原理

[2] R. B. Bird, W. E. Stewart, E. N. Lightfoot. "Transport Phenomena".

(2) 网课:

B 站搜索: 流体力学教学_北航王洪伟老师

教材方面: 我们学校的传递教材, 编写逻辑非常“特立独行”, 包括编者自己都在序言里面这样说。或许这样的编写方式有助于我们从头到尾认真学一遍, 但不是所有人都有那个时间。老师的讲课逻辑和教材不是完全一致的, 建议按照老师的逻辑来, 然后去教材找对应的知识点。

强烈推荐南碎飞老师的《传递过程原理》, 个人认为学传递这本书足够了。这本书不是按照“三传”分的类, 而是有点像按照应用过程(或者说衡算方法)来分的类。虽然里面对微积分的要求高了许多, 但不妨碍对照着本校的教材学习。没有必要从头到尾看一遍, 可以根据老师讲的知识点去这本书翻对应的内容, 基本都可以找到。相比于我们学校的教材, 这本书有很多扩展, 能帮助更好地从本质上理解公式的推导过程。另外, 教材建议买正版, 因为会有配套的电子资源, 里面有配套的课件, 以及课后习题的详细解答。

英文教材个人认为没有阅读的有必要, 但是这本书很经典, 算是传递教材的鼻祖, 如果有要出国的同学可以给我发邮件索取。传递过程没有去找什么网课, B 站好像也没怎么搜到。推荐的网课主要是帮助理解湍流。

习题方面: 可以选取《传递过程原理》部分课后习题, 以及我们学校教材的部分习题。

老师方面: 鲍老师挺好的。

第一部分 《化工热力学》习题整理

习题来源于教材课后习题、推荐的资料以及童老师期末发的一些复习资料。题目数量比较多，可能我在做的时候会有一些错。个人精力有限，没法仔细订正一遍，还请见谅。

需要说明的是，这只涉及到选择和判断。大题因为复习时是手写的，所以没法发出来。温馨提示：期末复习时，所有类型的大题（包括其他课程）请务必自己算一遍，否则即使是开卷也可能做不出来。

第1章 绪论

1.1 判断

1. 孤立体系所有热力学函数值保持恒定 ×
 $\Delta U = \Delta H = 0$ ，但是 $\Delta S, \Delta G, \Delta A$ 不一定为 0.
2. 凡是系统的浓度升高，就一定吸热 ×
3. 系统温度不变，则既不吸热也不放热 ×
4. 封闭体系的体积为一常数 ×
5. 当 n mol 气体克服一定的压力做绝热膨胀时，其热力学能总是减少的 ✓
6. 封闭体系中有两个相。在尚未达到平衡时，两个相都是均相敞开体系；达到平衡时，则两个相都等价于均相封闭体系 ✓
7. 理想气体的焓和热容仅是温度的函数 ✓
8. 理想气体的熵和吉氏函数仅是温度的函数 ×
9. 要确定物质在单相区的状态需要指定两个强度性质，但状态方程 $P=P(T, V)$ 的自变量中只有一个强度性质，所以，这与相律有矛盾 ×
10. 状态发生变化，热力学能也一定随之发生变化 ×

1.2 选择

1. 关于化工热力学研究内容，下列说法中不正确的是：

- A. 能够判断新工艺的可行性 B. 化工过程能量有效利用分析
C. 反应速率预测 D. 相平衡研究

热力学不研究物质结构，不考虑过程机理和细节，不能解决过程进行的阻力。

2. 热力学三要素：

概念+模型=应用

3. 封闭系统中 1mol 理想气体可逆变化过程的 $W = -RT \ln \frac{p_1}{p_2}$ ，此过程为

A.等容过程 B.等温过程 C.绝热过程

封闭系统 1mol 理想气体不同途径变化过程：

| | W | ΔU | ΔH | Q |
|------|---|---|---|--------------------------|
| 等容过程 | 0 | $(C_p^{ig} - R) \left(\frac{p_2}{p_1} - 1 \right) T_1$ | $C_p^{ig} \left(\frac{p_2}{p_1} - 1 \right) T_1$ | $= \Delta U$ |
| 等温过程 | $-RT \ln \frac{p_1}{p_2}$ | 0 | 0 | $RT \ln \frac{p_1}{p_2}$ |
| 绝热过程 | $\frac{(C_p^{ig} - R) p_1 V_1}{R} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{R}{C_p^{ig}}} - 1 \right]$ | $= W$ | $C_p^{ig} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{R}{C_p^{ig}}} - 1 \right] T_1$ | 0 |

第 2 章 流体的 pVT 关系

2.1 判断

1. 纯物质由蒸汽变成液体，必须经过冷凝的相变化过程 ✗
2. 当压力大于临界压力时，纯物质就以液态存在 ✗
3. 由于分子间相互作用力的存在，实际气体的摩尔体积一定小于同温同压下的理想气体的摩尔体积，所以，理想气体的压缩因子 $Z=1$ ，实际气体的压缩因子 $Z<1$ ✗
4. 纯物质的三相点随着所处的压力或温度的不同而改变 ✗
5. 在同一温度下，纯物质的饱和液体与饱和蒸汽的吉氏函数相等 ✓
6. 纯物质的平衡汽化过程，摩尔体积、焓、热力学能、吉氏函数的变化值均大于零 ✗
7. 气体混合物的 virial 系数，如 B, C..., 是温度和组成的函数 ✓
8. 纯物质由蒸汽变成固体，必须经过液相 ✗
9. 理想气体的 U, H, C_V, C_p 虽然与 P 无关，但与 V 有关 ✗
10. 真实气体的 C_V, C_p 与温度压力有关 ✓
11. 仅靠热力学能和温度不能够确定气体的状态 ✗
12. 纯物质的饱和液体的摩尔体积随着温度升高而增大，饱和蒸汽的摩尔体积随着温度的升高而减小 ✓
13. 在同一温度下，纯物质的饱和液体与饱和蒸汽的热力学能相等 ✗

14. 三参数的对应态原理较两参数优秀，因为前者适合于任何流体 ✕
15. 在压力趋于零的极限条件下，所有的流体将成为简单流体 ✕
简单流体指一类非极性的球形流体，如 Ar 等，与所处的状态无关。
16. 压力低于所处温度下的饱和蒸汽压的液体称为过热液体 ✓
17. 压力高于同温度下的饱和蒸汽压的气体称为过冷蒸汽 ✓
18. 若一个状态方程能给出纯流体正确的临界压缩因子，那么它就是一个优秀的状态方程 ✕
19. 不同状态方程具有各自固定的临界压缩因子值 ✓
20. 纯物质一定温度下的泡点压力和露点压力相同 ✓
21. 纯物质一定温度下的泡点和露点在 pT 图上是重叠的，在 pV 图上是分开 ✓
22. 不同气体在相同的温度、压力下，偏离理想气体的程度相同 ✕
23. 不同气体在相同的对比温度、对比压力下，偏离理想气体的程度相同 ✕
24. 一般而言，状态方程计算精度：多参数 > 立方型 > 两项截断 virial 方程 > 理想气体状态方程。立方型状态方程中：PR > SRK > RK > vdW ✓
25. 偏心因子表征了一般流体与简单流体分子间相互作用的差异 ✓
26. 波义耳温度高，气体易液化 ✓
27. 对于真实气体，在波义耳温度时第二 Virial 系数 $B = 0$ ✓
28. $V_r \geq 2$ 时应该采用普遍化压缩因子式； $V_r < 2$ 时应该采用普遍化第二 Virial 系数的关联式 ✕

2.2 选择

1. 指定温度下的纯物质，当压力低于该温度下的饱和蒸汽压时，则气体的状态为
A. 饱和蒸汽 B. 超临界流体 C. 过热蒸汽
2. T 温度下的过冷纯液体的压力 P ()， P 压力下过冷液体的温度 ()
A. $P > P^s(T)$ B. $P < P^s(T)$ C. 低于泡点温度 D. 高于泡点温度
3. T 温度下的过热纯蒸汽的压力 P ()， P 压力下过热蒸汽的温度 ()
A. $P > P^s(T)$ B. $P < P^s(T)$ C. 低于露点温度 D. 高于露点温度
请注意等温线位置。
4. 属于亚稳定状态的有
A. 过热蒸汽 B. 过冷液体 C. 过热液体 D. 过冷蒸汽

5. 指定温度下的纯物质，当 $P > P^s$ ，则物质状态为

- A. 压缩液体 B. 过热液体 C. 超临界流体

6. 纯物质的第二 virial 系数 B

- A. 仅是 T 的函数 B. 是 T 和 P 的函数 C. 是 T 和 V 的函数 D. 是任何两强度性质的函数

7. 能表达流体在临界点的 P-V 等温线的正确趋势的 virial 方程，必须至少用到

- A. 第三 virial 系数 B. 第二 virial 系数 C. 无穷项 D. 只需要理想气体方程

8. 当 $p \rightarrow 0$ 时，纯气体 $[RT/p - V(T, p)]$ 的值

- A. =0 B. 很高的 T 时为 0
C. 与第三 virial 系数有关 D. 在 Boyle 温度时为零

Boyle 温度的定义：

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial p} \right)_{T_B, p \rightarrow 0} = 0$$

9. 纯物质 vdW 方程常数与第二 virial 系数的关系为

$$B = b - \frac{a}{RT}$$

提示：利用麦克劳林展开 $\frac{1}{1-x} = 1 + x + x^2 + \dots$ 。vdW 方程改写为

$$\frac{pV}{RT} = \frac{1}{1-b/V} - \frac{a}{V^2} \frac{V}{RT}$$

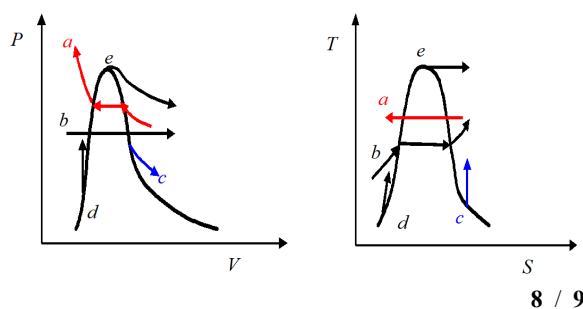
第一项展开

$$\frac{1}{1-b/V} = 1 + \frac{b}{V} + \left(\frac{b}{V} \right)^2 + \dots$$

与 Virial 方程比较可得

$$\frac{b}{V} - \frac{a}{VRT} = \frac{B}{V}$$

10. 过热蒸汽等温冷凝为过冷液体和饱和蒸汽可逆绝热膨胀在 pV 图和 TS 图上分别体现为



第3章 纯物质（流体）的热力学性质与计算

3.1 判断

1. 热力学基本关系式 $dH = TdS + VdP$ 只适用于可逆过程 ×

没有化学变化因而组成恒定不变的均相封闭系统,且不考虑除压力以外的其他广义力。

2. 热力学基本关系式 $dH = TdS + VdP$ 只能用于气相,而不能用于液固相 ×

3. 当压力趋于零时, $M(T,p) - M^{ig}(T,p) \equiv 0$ (M 是摩尔性质) ×

对于摩尔体积, 只有 Boyle 温度下才等于 0.

4. 纯物质逸度的完整定义是: 在等温条件下, $dG = RT \ln f$ ×

5. 当 $p \rightarrow 0$ 时, $f/p \rightarrow \infty$ ×

6. 因为 $\ln \varphi = \frac{1}{RT} \int_{p^\ominus \rightarrow 0}^p \left(V - \frac{RT}{p} \right) dp$, 且当 $p \rightarrow 0$ 时有 $\varphi = 1$, 所以有

$$V - RT/p = 0 \quad \times$$

7. $G(T,p) - G^{ig}(T,p=1) = RT \ln f$ ✓

8. $G(T,p) - G^{ig}(T,p=1) = RT \ln \varphi$ ×

9. $G(T,p) - G^{ig}(T,p) = RT \ln \varphi$ ✓

10. $G^{ig}(T,p) - G^{ig}(T,p_0=1) = RT \ln p$ ✓

提示: $G^{ig}(T,p) \sim p$, $G(T,p) \sim f$

11. 由于残余函数是两个等温状态的性质之差, 故不可能用残余函数来计算性质随着温度的变化 ×

12. 由于残余函数是在均相体系中引出的概念, 故我们不能用残余函数来计算汽化过程的热力学性质的变化 ×

两相组成相同即可计算。

13. 系统经过一绝热可逆过程, 其熵没有变化 ×

14. 吸热过程一定使体系熵增; 反之, 熵增过程也是吸热的 ×

15. $[S - (S^\ominus)^{ig}](T,p) + R \ln \frac{p}{p^\ominus}$ 与参考态的压力 P_0 无关 ✓

提示: 真实气体状态熵的方程式。

16. 残余函数 $G(T,p) - G^{ig}(T,p_0)$ 与参考态的压力 p_0 无关 ×

17. 理想气体的状态方程是 $PV = RT$, 若其中的压力 P 用逸度 f 代替后就成为了真实流体状态方程 ×

18. 逸度与压力的单位是相同的 ✓

19. 由一个相当精确的状态方程, 就可以计算所有的均相热力学性质随着状态

的变化 ×

20. TS 图上, 理想气体任何两条等压线在相同温度时有相同的斜率 ✓
21. TS 图上, 理想气体任何两条等容线在相同温度时有相同的斜率 ✓
22. TS 图上, 温度相同时, 理想气体等容线的斜率 > 等压线的斜率, 两斜率之比为 γ ✓
23. 原则上, 由状态方程和热容模型就可以计算所有均相封闭体系热力学性质的变化值 ✓

3.2 选择

1. 对于一均相体系, $T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_p - T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_v =$

A. 0 B. R C. C_p/C_v D. $T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$

2. 一符合 $p = RT/(V - b)$ 的状态方程从 V_1 等温可逆膨胀至 V_2 , 则体系熵变

A. $RT \ln \frac{V_2 - b}{V_1 - b}$

提示: 使用 Maxwell 关系式

$$\begin{aligned}\Delta S &= \int_{V_1}^{V_2} \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T dV = \int_{V_1}^{V_2} \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V dV \\ &= \int_{V_1}^{V_2} \frac{R}{V - b} dV\end{aligned}$$

3. $\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_S \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_p =$

A. $-\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$

第 4 章 溶液热力学基础

4.1 判断

1. 偏摩尔体积的定义可表示为 $\overline{M}_i = \left(\frac{\partial M_i}{\partial n_i} \right)_{Y, p, n_{j[i]}} = \left(\frac{\partial M}{\partial x_i} \right)_{Y, p, n_{j[i]}}$ ✗
2. 在一定温度和压力下的理想溶液的组分逸度与其摩尔分数成正比 ✓
3. 理想气体混合物就是一种理想溶液 ✓
4. 对于理想溶液, 所有的混合过程性质变化均为零 ✗
5. 对于理想溶液, 混合过程的 $\Delta M = 0$ ✗
6. 体系混合过程的性质变化与该体系相应的超额性质是相同的 ✗
7. 对于理想溶液的某一容量性质 M , 则 $M_i = \overline{M}_i$ ✗
8. 温度和压力相同的两种纯物质混合成理想溶液, 则混合过程的温度、压力、焓、热力学能、吉氏函数的值不变 ✗
9. 对于理想溶液所有的超额性质均为零 ✓
10. 理想溶液中所有组分的活度系数为零 ✗
11. 理想气体有 $f = p$, 而理想溶液有 $\varphi_i^{is} = \varphi_i$ ✓
12. 温度和压力相同的两种理想气体混合后, 则温度和压力不变, 总体积为原来两气体体积之和, 总热力学能为原两气体热力学能之和, 总熵为原来两气体熵之和 ✗
13. 因为 G^E (或活度系数) 模型是温度和组成的函数, 故理论上 γ_i 与压力无关 ✗
摩尔性质及其对应的偏摩尔性质在影响因素上并没有太多共性。理论上均相混合物的性质是温度压力组成的函数, 只有低压下液体可近似忽略压力影响。
14. 在常温、常压下, 将 10cm^3 的液体水与 20cm^3 的液体甲醇混合后, 其总体积为 30cm^3 ✗
15. 在一定温度和压力下的理想溶液的组分逸度与其摩尔分数成正比
- 16.
17. 纯流体达到汽液平衡时, 有 $f^V = f^L$ ✓
18. 混合物体系达到汽液平衡时, 有 $\hat{f}_i^V = \hat{f}_i^L$ ✓
19. 混合物体系达到汽液平衡时, 有 $f_i^V = f_i^L, f^V = f^L$ ✗
20. 均相混合物的总性质与纯组分性质之间的关系满足 $M_t = \sum n_i M_i$ ✗
21. 对于二元混合物体系, 当在某浓度范围内组分 2 符合 Henry 规则, 则在相同的浓度范围内组分 1 符合 Lewis-Randall 规则 ✓
22. 对于二元混合物体系, 当在某浓度范围内组分 2 符合 Lewis-Randall 规则,

则在相同的浓度范围内组分 1 符合 Henry 规则 ✕

23. 理想溶液一定符合 Lewis-Randall 规则和 Henry 规则 ✓

24. 符合 Lewis-Randall 规则或 Henry 规则的溶液一定是理想溶液 ✕

如非理想稀溶液。

25. Henry 定律既适用于理想溶液的溶质和溶剂，又适用于非理想稀溶液溶质 ✓

26. 理想溶液在全浓度范围内，每个组分均遵守 Lewis-Randall 定则 ✕

27. 对于理想溶液，Lewis-Randall 规则和 Henry 规则是等价的 ✓

28. 只有理想溶液的组分才服从 Lewis-Randall 规则和 Henry 规则 ✕

二元真实稀溶液的组分在 $x_i \rightarrow 0$ 时服从 Henry 规则，在 $x_j \rightarrow 1$ 时服从 L-R 规则

29. 二元溶液的 Henry 常数只与 T、P 有关，与组成无关；而多元溶液的 Henry 常数则与 T、P、组成都有关 ✓

30. 等温等压下二元溶液的 G-D 方程可以表达为 $x_1 d \ln \gamma_1 + x_2 d \ln \gamma_2^* = 0$ ✓

31. Wilson 方程是工程设计中应用最广泛的描述活度系数的方程。但它不适用于液液部分互溶系统 ✓

4.2 选择

1. 以下表达式正确的是

A. $\bar{G}_i - \bar{G}_i^{ig} = RT \ln \left(\frac{\hat{f}_i}{py_i} \right)$ B. $\bar{G}_i - G_i = RT \ln \left(\frac{\hat{f}_i}{f_i} \right)$ C. $\bar{G}_i - G_m^{ig} = RT \ln \left(\frac{\hat{f}_i}{p} \right)$
D. $\bar{G}_i - G_i = RT \ln \left(\frac{\hat{f}_i}{f_i} \right)$ E. $\bar{G}_i^l - G_i^l = RT \ln (x_i \gamma_i)$ F. $\bar{G}_i^l - \bar{G}_i^v = RT \ln \left(\frac{\hat{f}_i^l}{\hat{f}_i^v} \right)$
G. $\bar{G}_i^{ig} - G_i^{ig} = RT \ln (y_i)$ H. $\bar{G}_i^{id} - G_i = RT \ln (x_i)$
I. $\bar{G}_i - G_i^{ig}(T, p=1) = RT \ln (\hat{f}_i)$

提示： $\bar{G}_i \sim \hat{f}_i$, $\bar{G}_i^{ig} \sim p_i$, $G_i^{ig} \sim f_i^{ig}$, $G_i \sim f_i$, $G_m^{ig} \sim p$

特别地，对于 E 项： $\bar{G}_i^l - G_i^l = RT \ln \left[\left(\frac{\hat{f}_i^l}{f_i^l x_i} \right) x_i \right] = RT \ln (x_i \gamma_i)$

2. 二元溶液的 G-D 方程可以表达为

$$\int_{x_1=0}^{x_1=1} \ln \frac{\gamma_1}{\gamma_2} dx_1 = \int_{T(x_1=0)}^{T(x_1=1)} \frac{H^E}{RT^2} dT \quad (p \text{ 为常数})$$
$$\int_{p(x_1=0)}^{p(x_1=1)} - \frac{V^E}{RT} dp \quad (T \text{ 为常数})$$

第 5 章 相平衡热力学

5.1 判断

1. 在一定压力下，组成相同的混合物的露点温度和泡点温度不可能相同 ✕
2. 在 (1) - (2) 的体系的汽液平衡中，若(1)是轻组分，(2)是重组分，则 $y_1 > x_1, y_2 < x_2$ ✕
3. 纯物质的汽液平衡常数 K 等于 1 ✓
4. 理想系统的汽液平衡 $K_i = 1$ ✕
理想系统 $K_i = p_i^S / p$.
5. 在 (1) - (2) 的体系的汽液平衡中，若(1)是轻组分，(2)是重组分，若温度一定，则体系的压力，随着 x_1 的增大而增大 ✕
6. 下列汽液平衡关系是错误的 $py_i \hat{\phi}_i^V = k_i x_i \gamma_i^*$ ✕
7. 汽液平衡关系 $\hat{f}_i^V = \hat{f}_i^L$ 只适用于理想气体和理想溶液 ✕
8. 汽液平衡关系 $py_i = p_i^S \gamma_i x_i$ 适用于低压条件下的非理想液相 ✓
9. 理想体系汽液平衡常数 $K_i (= y_i/x_i)$ ，只与 T 、 P 有关，而与组成无关 ✓
10. 对于负偏差体系，液相的活度系数总是小于 1 ✓
11. 能满足热力学一致性的汽液平衡数据就是高质量的数据 ✕
12. Virial 方程结合一定的混合法则，也能作为 EOS 法计算汽液平衡的模型 ✕
提示：Virial 方程的适用条件
13. EOS+ γ 法既可以计算混合物的汽液平衡，也能计算纯物质的汽液平衡 ✕
14. EOS 法只能计算纯物质的汽液平衡，而不能计算混合物的汽液平衡 ✕
15. EOS 法只能用于高压相平衡计算，EOS+ γ 法只能用于常减压下的汽液平衡计算 ✕
16. A-B 形成的共沸物，在共沸点时有 $p_A^S(T^{az})/p_B^S(T^{az}) = \gamma_A^{az}/\gamma_B^{az}$ ✕
17. 活度系数与所采用的溶液标准状态有关，但过量性质则与标准态无关 ✕
18. 混合物汽液相图中的泡点曲线表示的是饱和汽相，而露点曲线表示的是饱和液相 ✕
19. 在一定温度 $T (T < T_c)$ 下，纯物质的饱和蒸汽压只可以从诸如 Antoine 等蒸汽压方程求得，而不能从已知常数的状态方程求出，因为状态方程有三个未知数(P 、 V 、 T)，只给定了温度 T ，不可能唯一地确定 P 和 V ✕
提示：纯物质汽液平衡时自由度为 1.
20. 一定压力下，纯物质的泡点温度和露点温度是相同的，且等于沸点 ✓
21. 二元共沸物的自由度为 0 ✕

22. 活度系数、超额性质都与所采用的归一化有关 ✓
理想溶液和理想稀溶液就是其两种归一化的参考。
23. 逸度系数也有归一化问题 ✗
24. 利用 Gibbs-Duhem 方程，可以从某一组分的偏摩尔性质求另一组分的偏摩尔性质；并可检验实验测得的混合物热力学数据及建立的模型的正确性 ✓
25. Margules 方程的特征是 $G^E/RTx_1x_2 \sim x_1$ 图为一 条直线 ✓
26. van Laar 方程的特征是 $RTx_1x_2/G^E \sim x_1$ 图为一 条直线 ✓
27. van Laar 方程和 Margules 方程适用于非理想性不大的体系，可以算极性和缔合体系 ✗
28. Wilson 方程适用于极性以及缔合体系 ✓
29. van Laar 方程和 Margules 方程仅适用于等温气液平衡数据 ✓
30. Wilson 方程引入了温度对活度系数的影响， $\Lambda_{12}, \Lambda_{21}$ 与温度有关，但能量参数 $g_{12} - g_{11}$ 、 $g_{21} - g_{22}$ 不依赖于温度 ✓

5.2 选择

1. 以下活度系数模型正确的是
 A. $\gamma_1 = \alpha x_1, \gamma_2 = \beta x_2$ B. $\gamma_1 = 1 + \alpha x_2, \gamma_2 = 1 + \beta x_1$
 C. $\ln \gamma_1 = \alpha x_2, \ln \gamma_2 = \beta x_1$ D. $\ln \gamma_1 = \alpha x_2^2, \ln \gamma_2 = \beta x_1^2$
2. 二元气体混合物的摩尔分数 $y_1 = 0.3$ ，在一定的 T、P 下， $\hat{\varphi}_1 = 0.9381$ ， $\hat{\varphi}_2 = 0.8812$ ，则此时混合物的逸度系数为
 A. 0.9097 B. 0.89827 C. 0.8979 D. 0.9092
3. 以下活度系数模型满足不对称归一化条件的是
 A. $\ln \gamma_1 = 2x_2^2$ B. $\ln \gamma_1 = 2(x_2^2 - 1)$ C. $\ln \gamma_1 = 2(1 - x_1^2)$ D. $\ln \gamma_1 = 2x_1^2$
 提示：活度系数的对称归一化是指基于 L-R 规则定义；活度系数的不对称归一化是指基于 Henry 规则定义。看是否满足 $\lim_{x_i \rightarrow 0} \gamma_i = 1$ 。
4. 汽液平衡关系 $\hat{f}_i^V = \hat{f}_i^L$ 的适用条件
 A. 无限制条件 B. 低压条件下的非理想液相
 C. 理想气体和理想溶液 D. 理想溶液和非理想气体
5. 汽液平衡关系 $\hat{\varphi}_i^V y_i = \hat{\varphi}_i^L x_i$ 的适用条件
 A. 无限制条件 B. 低压条件下的非理想液相

C.理想气体和理想溶液 D.理想溶液和非理想气体

6. 汽液平衡关系 $py_i = p_i^s \gamma_i x_i$ 的适用条件

- A.无限制条件 B.低压条件下的非理想液相
C.理想气体和理想溶液 D.理想溶液和非理想气体

7. 汽液平衡关系 $py_i = p_i^s x_i$ 的适用条件

- A.无限制条件 B.低压条件下的非理想液相
C.理想气体和理想溶液 D.理想溶液和非理想气体

第 11、12 章 热力学第一定律、热力学第二定律及其工程应用

实际上这一部分的习题已经包含了部分 13 章的题目。本来 13 章也就是 11、12 章的具体应用。

11.1 判断

1. 系统熵增加的过程必为不可逆过程。✗
2. 绝热过程必是定熵过程✗
3. 对一个绝热不可逆过程，可以设计一个绝热可逆过程来计算其熵的变化✗
4. 热温熵 Q/T 即过程的熵变✗
5. 热量总是由 $\int TdS$ 给出✗
6. 某系统在相同的初终态间分别进行可逆和不可逆过程， $\Delta S_{\text{不可逆}} > \Delta S_{\text{可逆}}$ ✗
7. 不可逆过程一定是自发的，自发过程一定是不可逆的✗
自发过程一定是不可逆的，但不可逆过程不一定是自发的。例如：理想气体的等外压压缩就不是自发过程，但是不可逆过程。
8. 功可以全部转变成热，但热一定不能全部转化为功✗
功可以自发地全部变为热，热也可以全部转化为功，但一定会引起其他变化。例如，理想气体等温膨胀是 $\Delta T = \Delta U = 0$ ， $Q = W$ ，热全部转化为功，但系统的体积变大了，压力变小了。
9. 无论流体的温度高于或低于环境温度，其有效能均为正✓
根据热力学原理，一切不平衡状态均走向平衡，可以作功。因此所有偏离环境温度的状态应具有正的有效能。
10. 孤立系统的热力学能和熵都是一定值✗

11. $\Delta H + \frac{1}{2}\Delta u^2 + g\Delta Z = Q - W_s$ 对任何系统、任何过程均适用 ✗
12. 热力学第二定律告诉我们，熵产为零的过程，熵流也为零 ✗
13. 一切实际过程的总熵变大于等于零 ✗
提示：封闭系统与敞开系统。
14. 能量衡算法用于过程的合理用能分析与熵分析法具有相同的功效 ✗
15. 合理用能的总则是按需用能，按质供能 ✗
16. 节能的正确含义是减少用能过程中有效能向无效能转化 ✓
17. 相同初终态时，绝热等熵膨胀比绝热节流膨胀的冷冻量大 ✓
18. 一切实际过程总能量守恒，过程熵产不为零，有有效能损失 ✓
19. 功的传递不会引起熵的流动 ✓
20. 自然界一切实际过程的熵产必大于零 ✓
21. 对于同一热力过程完成同一状态变化而言，其理想功与有效能变化的关系是 $W_{id} = \Delta E_x$ ✗
只是在本教材中是错的，这和做功正负的定义有关。
22. 根据理想功定义式 $W_{id} = W_{s(R)} + W_{s, \text{卡诺}}$ ，理想功一定大于可逆功 ✗
23. 有效能实际上就是理想功 ✗
24. 高压蒸汽的有效能较低压蒸汽的有效能为大，而且热转化为功的效率也较高 ✓
25. 一般供热使用高压蒸汽而不是饱和蒸汽 ✗
26. 热力学第二定律指出：热从低温物体传给高温物体是不可能的 ✗
27. 若一敞开系统经历一绝热、等熵过程，则该过程一定是可逆过程 ✗
提示：封闭系统与敞开系统。
28. 一切实际过程的能量守恒 ✓
29. 一切实际过程的有效能守恒 ✗
30. 封闭系统经过一个绝热可逆过程，其熵没有变化 ✓
31. Carnot 制冷循环的制冷系数与制冷剂的性质有关 ✗
32. 某工质在封闭系统进行不可逆循环后，其熵变增加 ✗

11.2 选择

1. 从工程实际出发，合理用能分析的实质是
A. 过程是否最经济 B. 损耗功最小 C. 能耗最小 D. 理想功最小
2. 理想气体流过节流阀，其参数变化为
A. $\Delta T = 0, \Delta S = 0$ B. $\Delta T = 0, \Delta S > 0$
C. $\Delta T \neq 0, \Delta S = 0$ D. $\Delta T = 0, \Delta S < 0$

3. 稳定流动系统的能量累积等于零，熵的累积则
A.大于零 B.不确定 C.小于零 D.等于零
4. 从合理用能的角度出发，流体流动过程中，液体的流速比气体的流速
A.大 B.小 C.相等 D.可大可小
5. 单元操作的经济性分析中，功耗费用和下列哪个因素有关
A.理想功 B.有效能 C.损耗功 D.环境温度
6. 能量衡算法用于过程合理用能分析
A.不是最可取的 B.不能指出用能不合理之处
C.与熵分析法具有相同功效 D.能抓住合理用能的实质之处
7. 过热蒸汽通过可逆绝热膨胀，对外做功为 W_S ，经计算此过程的理想功为 W_{id} ，则 W_S () W_{id} 。
A.大于 B.小于 C.等于 D.不确定
8. 一流体从状态 1 分别经历可逆过程 R 与不可逆过程 NR 到达状态 2，两个过程的环境状态相同，则过程 R 的理想功比过程 NR 的理想功要：()
A.大于 B.小于 C.等于 D.不确定
9. 某封闭系统经历一不可逆过程，系统所作的功和排出的热量分别为 100kJ 和 45kJ，问系统的熵变
A.等于零 B.大于零
C.小于零 D.无法确定
10. 某封闭系统经历一不可逆过程，系统所作的功和排出的热量分别为 500kJ 和 20kJ，问系统的熵变
A.等于零 B.大于零
C.小于零 D.无法确定
11. 某封闭系统经历一不可逆过程，系统所作的功和吸收的热量分别为 500kJ 和 20kJ，问系统的熵变
A.等于零 B.大于零
C.小于零 D.无法确定

12. 某封闭系统经一可逆过程，做功 500kJ 且放热 1000kJ，则系统的熵变

- A. 等于零
- B. 大于零
- C. 小于零
- D. 无法确定

13. 某流体在稳流装置内经历一个不可逆绝热过程，做功 500kJ，则流体的熵变

- A. 等于零
- B. 大于零
- C. 小于零
- D. 无法确定

14. 某流体在稳流装置内经历一个不可逆过程，加给装置的功为 500kJ，从此装置带走的热量为 10kJ，则流体的熵变

- A. 等于零
- B. 大于零
- C. 小于零
- D. 无法确定

提示：8~14 的这种题型有三种变化

①可逆还是不可逆。决定了熵产的正负

②吸热还是放热。决定了熵流的正负

③研究对象。系统的熵变和装置的熵变是不一样的，分析全部相反。

总的熵变看熵产+熵流的正负即可。

15. 卡诺制冷循环的制冷系数与（ ）有关。

- A. 制冷剂的性质
- B. 制冷剂的工作温度
- C. 制冷剂的循环速率
- D. 压缩机的功率

16. 关于做功和加热本领的描述，不正确的是

- A. 压力相同，过热蒸汽的做功本领比饱和蒸汽大
- B. 温度相同，高压蒸汽的做功本领比低压蒸汽强
- C. 温度相同，高压蒸汽的加热能力比低压蒸汽强
- D. 放出的热相同，高温高压蒸汽的做功本领比低温低压蒸汽的大

17. 体系从同一初态到同一终态，经历二个不同过程，一为可逆过程，一为不可逆过程，此二过程环境熵变关系为

- A. $(\Delta S_{\text{环}})_{\text{可逆}} < (\Delta S_{\text{环}})_{\text{不可逆}}$
- B. $(\Delta S_{\text{环}})_{\text{可逆}} > (\Delta S_{\text{环}})_{\text{不可逆}}$
- C. $(\Delta S_{\text{环}})_{\text{可逆}} = (\Delta S_{\text{环}})_{\text{不可逆}}$
- D. $(\Delta S_{\text{环}})_{\text{可逆}} = 0$

提示：系统经过一不可逆循环后， $\Delta S_{\text{sys}} = 0, \Delta S_{\text{sur}} > 0$ 。而根据熵增原理：

$$\Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{sur}} \geq 0$$

18. 气体真空节流膨胀产生冷效应时的微分节流系数是

A. $\mu_J = 0$ B. $\mu_J > 0$ C. $\mu_J < 0$ D. 不确定

19. 熵产是由于下列哪种原因而引起的

- A. 体系与环境之间的热量交换 B. 体系与外界功的交换
C. 体系内部的不可逆性 D. 体系与外界的物质交换

第 13 章 蒸汽动力循环和制冷循环

13.1 判断

1. 蒸汽动力循环中，若将膨胀做功后的乏气直接送入锅炉中使之吸热变为新蒸汽，从而避免在冷凝器中放热，可大大提高热效率 ×

蒸汽动力循环以水为工质，只有在高压下才能提高水温；乏汽的压力过低，不能直接变成高压蒸汽。与压缩水相比较，压缩蒸汽消耗的工太大，不仅不会提高热效率，反而会大大降低热效率

2. 如果物质没有相变的性质也能实现动力循环和制冷循环 ×
3. 对动力循环来说，热效率越高，做功越大；对制冷循环来说，制冷系统越大，耗功越少 ×

就动力循环来说，热效率越高，说明热转化为功得比例越大，而不是做功越大；对制冷循环来说，制冷系统越大，表明低温下吸收的热量与所耗功相比，所占的比例越高。

4. 热泵循环与制冷循环的原理实质上是相同的 ✓
5. 蒸汽压缩制冷循环过程中，制冷剂蒸发吸收的热量一定等于制冷剂冷却和冷凝放出的热量 ×
6. 热泵实质上是一种能源采掘机 ✓
7. 一般而言，冬天热机效率更高 ✓
8. 单位数量的水蒸气，其压力越高，汽化时所吸收的热量就越少 ✓

13.2 选择

1. 蒸汽压缩制冷循环过程中，制冷剂蒸发吸收的热量一定（ ）制冷剂冷却和冷凝放出的热量

A 大于 B 等于 C 小于

2. 卡诺制冷循环的制冷系数与（ ）有关。

A. 制冷剂的性质 B. 制冷剂的工作温度
C. 制冷剂的循环速率 D. 压缩机的功率

第二部分 《化工热力学》（第三版）教材勘误

其实第 13 章的例题中有很多关于正负号的错误，后面期末比较忙，就没有时间一一记录了。

另外，温馨提示：MATLAB 作业的答案、概率论作业的答案均有错误。

1. P18

RK 方程 b 的计算公式错误

$$b = \frac{3\sqrt{2}-1}{3} \cdot \frac{RT_c}{p_c} \Rightarrow b = \frac{\sqrt[3]{2}-1}{3} \cdot \frac{RT_c}{p_c}$$

2. P19

SRK 方程 b 的计算式错误

$$b = 0.08664 \frac{RT_c}{8p_c} \Rightarrow b = 0.08664 \frac{RT_c}{p_c}$$

3. P93

式(4-42b)，最后一项

$$\frac{dp}{p} \Rightarrow dp$$

4. P94

式(4-44a)~式(4-46)亥姆霍兹自由能使用的旧版符号，现在基本都用的 A

$$F \Rightarrow A$$

5. P97

$$\text{式}(4-36) \Rightarrow \text{式}(4-40)$$

6. P110

式(4-78a)

$$\hat{a}_i = \frac{\hat{f}_i}{f_i} \Rightarrow \hat{a}_i = \frac{\hat{f}_i}{f_i^\ominus}$$

7. P123

式(4-135a)上方：“用 X_{ji} 代表 i 分子周围 j 分子的局部分子分数……”

改成“用 X_{ij} ……”

8. P124

4.10.4.2 第一排，缺少文字：“威尔逊将局部组成概念”

9. P124

4.10.4.2 第二排，“即式(4-112)中”改成“即式(4-123)中”

10. P136

填空题(6)题干，焓的表达式应该为： $H = x_1 H_1 + x_2 H_2 + \alpha x_1 x_2$

11. P141

倒数第二行，“饱和液相线下方是过热气体”改为“饱和气相线下方是过热气体”

12. P182

5.18 题，没给 x_i 数据。布置作业时老师会指定组成。

13. P344

11.4.2.1 (2)，对双原子气体， $k = 7/5$

14. P368

最后一排的公式，缺少负号

$$\Delta S_{\text{sur}} = \frac{-Q_0}{T^\ominus}$$

15. P373

式(12-52)：理想溶液混合熵变，少了个 R ，应该是

$$\Delta S_2 = -R(n_A \ln y_A + n_B \ln y_B)$$

16. P386

表 12-5，最后一列倒数第二行，效率：86.3%改为 76.3%

第三部分 《传递现象导论》（第二版）

教材例题整理

可能有些同学会觉得教材例题没什么用，但个人觉得看这些题能够帮助理解考试重点。注意，不是所有例题的知识点都在考纲范围内。个人认为的重点例题已用☆标出。

第 1 章 分子传递现象

- 例 1-1 容器小孔流速 P_3
- 例 1-2 漏斗中液体的压力分布 P_8
- 例 1-3 固体边界上的作用力 P_9
- 例 1-4 简单剪切运动 P_{12} ☆
- 例 1-5 随体导数的计算 P_{15} ☆
- 例 1-6 流动功率的计算 P_{17}
- 例 1-7 平壁散热强度 P_{26} ☆
- 例 1-8 具有内热源的导热 P_{29} ☆
- 例 1-9 圆柱形散热翅片中的温度分布 P_{30}
- 例 1-10 热电偶测量温度 P_{32} ☆
- 例 1-11 大地降温 P_{34} ☆
- 例 1-12 (P_{35})、例 1-13 (P_{37})、例 1-14 (P_{38}): 分子质量传递相关例题

第 2 章 有限控制体分析

- 例 2-1 天然气管道输送 P_{48}
- 例 2-2 水槽中水位上升速率 P_{49}
- 例 2-3 贮槽抽空 P_{49}
- 例 2-4 喷嘴射流 P_{51}
- 例 2-5 重力射流 P_{52}
- 例 2-6 非定常流 P_{52}
- 例 2-7 孔口流 P_{52}
- 例 2-8 速度分布均匀性影响（一） P_{53}
- 例 2-9 速度分布均匀性影响（二） P_{54}
- 例 2-10 明渠流 P_{55} ☆
- 例 2-11 堰流 P_{55}

例 2-12 毕托管测流速 P_{57} ☆
例 2-13 文丘里管测流量 P_{57}
例 2-14 可压缩流体 P_{58}
例 2-15 泵功率 P_{59}
例 2-16 P_{60} 、例 2-17 P_{60} : 能量衡算
例 2-18 流体对平板的冲击力 P_{62}
例 2-19 支撑力计算 P_{63}
例 2-20 多孔板的阻力 P_{64}
例 2-21、例 2-22、例 2-23: 宏观衡算法的应用

第 3 章 动量传递

例 3-1 管流流动状态的判别 P_{75}
例 3-2 毛细管测黏度 P_{80} ☆
例 3-3 套管环隙间的流动 P_{81} ☆
例 3-4 沿平壁流动的边界层厚度及阻力计算 P_{95} ☆
例 3-5 空气吸入 P_{95}
例 3-6 湍流强度及相关系数 P_{100}
例 3-7 估计最小漩涡的尺度 P_{102}
例 3-8 涡流黏度与分子黏度的比值 P_{106}
例 3-9 湍流场速度分布及黏性底层厚度 P_{107} ☆
例 3-10 描述管流规律的无量纲数 P_{114}
例 3-11 管流压降有量纲数与无量纲数函数关系比较 P_{114}
例 3-12 重力场中的颗粒沉降 P_{121} ☆
例 3-13 干扰沉降 P_{122}
例 3-14 层流阻力与湍流阻力比较 P_{125} ☆
例 3-15 光滑管与粗糙管的流动阻力 P_{125} ☆
例 3-16 牛顿流体与非牛顿流体流动阻力 P_{126}
例 3-17 固定床阻力计算 P_{132}

动量传递其它非例题知识点:

1. 非牛顿流体流动的速度分布和流动规律 P_{82}
2. 重力驱动的液膜流动 P_{82}
3. 平板振荡 P_{86}
4. 绕柱体流动时的压力分布 (理想流体 vs. 实际流体) P_{97}
5. 自由湍流与尾流区 P_{108}
6. 湍流的间歇性和拟序性 P_{109}

7. 流场显示技术与湍流测试 P₁₀₉
8. 量纲分析法、 π 定理 P₁₁₁
9. 水跃现象 P₁₁₂
10. 湍流阻力计算式 P₁₂₄
11. 摩擦系数影响因素 P₁₂₅☆
12. 局部阻力 P₁₂₇
13. 颗粒床阻力 P_{127~P132}
14. 流体均布 P₁₃₄
15. 流体混合与搅拌 P₁₃₅

第 4 章 能量传递

例 4-1 数值法计算板间温度分布 P₁₄₅

例 4-2 空气冷却大型平板，流动方向对传热速率影响 P₁₅₅☆

如果两种情况都是层流，分析可知流动方向垂直于长边传热效果更好。但是这里计算出来空气垂直于短边流动反而传热效果更好。因为垂直于短边意味着平行于长边， L 越大流型更容易转变为湍流，湍流传热效果更好。

例 4-3 塑料薄板冷却 P₁₅₆

例 4-4 蒸汽管的热损失 P₁₅₈

例 4-5 电阻加热管内水流 P₁₆₃

例 4-6 垂直板面上的冷凝 P₁₆₇

例 4-7 Grashof 数 P₁₆₉

例 4-8 平面冷却 P₁₇₀

例 4-9 间壁传热热阻 P₁₇₄

例 4-10 纺丝冷却 P=177

能量传递其它非例题知识点

1. 非等温库特流的温度分布 P₁₄₇
2. 米海耶夫：P₁₅₇，Churchill 和 Bernstein：P₁₅₈
3. 热流方向（加热还是冷却）对传热（边界层厚度）的影响 P₁₅₈
4. 壁面附近湍流传热机理：温度脉动；涡流附加能量和湍流普朗特数 P₁₅₉
5. 热量传递和动量传递类比，Chilton-Colburn 类比，Dittus-Boelter 方程 P₁₆₂
6. 含相变化的对流传热 P₁₆₄
7. 自然对流 P₁₆₈
8. 热阻与传热系数 P₁₇₃
9. 强化传热途径☆☆P₁₇₃
10. 强化对流换热器的场协同原理 P₁₇₅

11. 生物质冷冻 P₁₇₇

第 6 章 传递现象基本方程及应用

无例题，个人提炼的一些重点：

1. 偏导数、全导数、随体导数的区别
2. N-S 方程各项物理含义
3. 黏性耗散系数

附 1：参数/无量纲数的物理含义

即 P₁₁₆。

第四部分 《化工原理（下）》（第五版）教材例思考题整理

答案见自测题最后。化原下是“混合式教学”，第 10、12 章，包括第 9 章间歇精馏以后的部分，萃取、干燥章节最后的相关设备介绍，都是要求自学，课上不会讲解。期末考试会从这些自学部分出两道填空题的样子。一般掌握思考题+自测题里关于这些章节的例题即可，不会考太偏。

第 8 章 气体吸收

本章第五版教材的思考题相比于自测题多了一道题，其他章节教材的顺序和思考题都是对应的。这里以自测题为准（方便查看答案），删掉了多的那道题。

- 8-1 吸收的目的和基本依据是什么？吸收的主要操作费用产生在哪？
- 8-2 选择吸收溶剂的主要依据是什么？什么是溶剂的选择性？
- 8-3 E, m, H 三者各自与温度、总压有何关系？
- 8-4 工业吸收工程气液接触的方式有哪两种？
- 8-5 扩散流 J_A ，净物流 N ，主体流动 N_M ，传递速率 N_A 相互之间有什么区别和联系？
- 8-6 漂流因子的含义？等分子反向扩散时有无漂流因子？为什么？
- 8-7 气体分子扩散系数与温度、压力有何关系？液体分子扩散系数和温度、黏度有何关系？
- 8-8 Sherwood 数、Schmidt 数的物理含义是什么？
- 8-9 传质理论中，有效膜理论和表面更新理论有何主要区别？
- 8-10 传质过程中，什么时候气相阻力控制？什么时候液相阻力控制？
- 8-11 低浓度吸收有哪些特点？数学描述中为什么没有总物料的衡算式？
- 8-12 吸收塔高度计算中，将 N_{OG} 和 H_{OG} 分开，有什么优点？
- 8-13 建立操作线方程的依据是什么？
- 8-14 什么是返混？

- 8-15 何谓最小液气比？操作型计算中有无此问题？
- 8-16 $x_{\text{进max}}$ 与 $(L/G)_{\text{min}}$ 是如何受到技术上的限制的？技术上的限制主要是指哪两个制约条件？
- 8-17 有哪几种 N_{OG} 的计算方法？用对数平均推动力法和吸收因数法的条件分别是？
- 8-18 H_{OG} 的物理含义是什么？常用吸收设备的 H_{OG} 为多少？
- 8-19 吸收剂的进塔条件有哪三个要素？分别对吸收结果有何影响？
- 8-20 吸收过程的数学描述与传热过程的数学描述有什么类似和区别？
- 8-21 高浓度气体吸收的主要特点有哪些？
- 8-22 化学吸收与物理吸收的本质区别是什么？化学吸收有何特点？
- 8-23 化学吸收过程中，何时为容积过程？何时为表面过程？

第9章 液体精馏

- 9-1 蒸馏的目的是什么？蒸馏操作的基本依据是什么？
- 9-2 蒸馏的主要操作费用？
- 9-3 双组分气液两相平衡共存时自由度为多少？
- 9-4 何谓泡点、露点？对于一定的组成和压力，两者大小关系如何？
- 9-5 非理想物系何时出现最低恒沸点，何时出现最高恒沸点？
- 9-6 常用的活度系数关联式？
- 9-7 总压对相对挥发度的影响？
- 9-8 为什么 $\alpha = 1$ 的时候不能用普通精馏的方法分离混合物？
- 9-9 平衡蒸馏与简单蒸馏有何不同？
- 9-10 为什么说回流液的逐板下降和蒸汽逐板上升是实现精馏的必要条件？
- 9-11 什么是理论板？默弗里板效率有什么含义？
- 9-12 恒摩尔流假设指什么？其成立的主要条件是什么？

9-13 q 值的含义是什么？根据 q 的取值范围，有哪几种加料状态？

9-14 建立操作线的依据是什么？操作线为直线的条件是什么？

9-15 用芬斯克方程求出的 N 是什么条件下的理论板数？

9-16 何谓最小回流比？夹点恒浓区的特征是什么？

9-17 最适宜的回流比的选取需考虑哪些因素？

9-18 精馏过程能否在填料塔内进行？

9-19 何谓灵敏板？

9-20 间歇精馏与连续精馏相比有什么特点？适用于什么场合？

9-21 恒沸精馏与萃取精馏的主要异同点是什么？

9-22 如何选择多组分精馏的流程方案？

9-23 何谓关键组分、重关键组分？何谓轻组分、重组分？

9-24 清晰分割法、全回流近似法各有什么假定？

9-25 捷算法的主要步骤？

第 10 章 气液传质设备（含自测题知识点）

10-1 板式塔的设计意图是什么？P107 对传质过程最有利的理想流动条件是什么？P107

10-2 鼓泡、泡沫、喷射这三种气液接触状态各有什么特点？P108

10-3 何谓转相点？P109

10-4 板式塔内有哪些主要的非理想流动？P110

10-5 夹带液泛与溢流液泛有何区别？P113

10-6 板式塔的不正常操作现象有哪几种？P113

10-7 为什么有时实际塔板的默弗里板效率会大于 1？P117

10-8 湿板效率与默弗里板效率的实际意义有何不同？P118

10-9 为什么即使塔内各板效率相等，全塔效率在数值上也不等于板效率？P119

- 10-10 筛板塔负荷性能图受哪几个条件约束? P121 何谓操作弹性? P122
- 10-11 评价塔板优劣的标准有哪些? P122
- 10-12 什么系统喷射状态操作有利? 什么系统泡沫状态有利? P120
- 10-13 填料的主要特性可用哪些特征数字来表示? P137 有哪些常用填料? P138
- 10-14 何谓载点 P141、泛点? P141
- 10-15 何谓等板高度 HETP? P144
- 10-16 填料塔、板式塔各适用于什么场合? P137、P148

1. 为改进液体在填料塔内流动的不均匀性, 通常可采取的措施是:
 - 改进液体预分布, 设再分布器
 - 改进填料装填方式
2. 填料塔的等板高度 (HETP) 是指:
 - 分离作用相当于一块理论板的填料层高度
 - HETP 反映了填料的效果
3. 塔板上液体流量愈大, 则
 - 板上的液面落差愈大
 - 堰上的液层高度愈高
 - 液体在降液管中的停留时间愈短
4. 列举两种常用的乱堆填料的名称
 - 拉西环
 - 鲍尔环
5. 评价填料性能的两个重要指标
 - 填料的比表面积 α . 越大传质界面越大;
 - 孔隙率 ϵ . 越大塔的处理能力越大
 - 几何形状: 利于液体铺展成膜, 促进液膜的表面更新
6. 板式塔内
 - 气相通量的上限受过量液体夹带、溢流液泛限制
 - 液相通量的上限受气泡夹带限制
7. 填料塔内
 - 气相通量的上限受液泛限制
8. 液液萃取中, 如果物系的界面张力小, 则液滴分散比较容易, 两相沉降分离较困难
9. 塔板上汽液两相的接触状态按气速的高低可分为三种状态
 - 鼓泡
 - 泡沫
 - 喷射

10. 写出三种工业萃取设备的名称

- 喷洒塔
- 转盘塔
- 振动筛板塔

11. 汽液传质的塔板上，液面落差过大将造成

- 倾向性漏液
- 气体流动不均匀

12. 气液两相在板式塔内理想的流动条件是：

- 总体上：使两相呈逆流流动
- 每一块板上：两相呈均匀的错流接触

13. 当喷淋量一定时，填料塔单位高度填料层的压力降与空塔气速关系线上存在两个转折点，其中

- 下转折点称为：载点
- 上转折点称为：泛点

第 11 章 液液萃取

11-1 萃取的目的是什么？原理是什么？

11-2 溶剂的必要条件是什么？

11-3 萃取过程与吸收过程的主要差别？

11-4 什么情况下选择萃取分离而不选择精馏分离？

11-5 什么是临界混溶点？是否在溶解度曲线的最高点？

11-6 分配系数等于 1 能否进行萃取分离操作？萃取液、萃余液各指什么？

11-7 何谓选择性系数？ $\beta = 1$ 意味着什么？ $\beta = \infty$ 意味着什么？

11-8 多级逆流萃取中 $(S/F)_{\min}$ 如何确定？

11-9 分散相的选择应考虑哪些因素？

11-10 什么是超临界萃取？超临界萃取的基本流程是？

11-11 液膜萃取的基本原理是什么？液膜萃取按操作方式可分为哪两种类型？

第 12 章 其它传质分离方法（含自测题知识点）

12-1 结晶有哪几种基本方法？溶液结晶操作的基本原理是什么？ P182

12-2 溶液结晶操作有哪几种方法造成过饱和度？ P182

12-3 结晶操作有哪些特点？ P182

12-4 什么是晶格、晶系、晶习？ P183

12-5 超溶解度曲线和溶解度曲线有什么关系？ P184、P85 溶液有哪几种状态？ P184

什么是稳定区、介稳区、不稳区？ P184

12-6 溶液结晶要经历哪两个阶段？ P185

12-7 晶核的生成有哪几种方式？ P185

12-8 什么是再结晶现象？ P185

12-9 过饱和度对晶核生成速率与晶体成长速率各自有何影响？ P186

12-10 选择结晶设备时要考虑哪些因素？ P190

12-11 什么是吸附现象？吸附分离的基本原理是什么？ P191

12-12 有哪几种常见的吸附脱附循环操作？ P191

12-13 有哪几种常用的吸附剂？各有什么特点？什么是分子筛？ P192

12-14 工业吸附对吸附剂有哪些基本要求？ P193

12-15 有利的吸附等温线有什么特点？ P194

12-16 吸附床中的传质扩散可分为哪几种方式？ P196

12-17 吸附过程有哪几个传质步骤？ P196

12-18 何谓负荷曲线、透过曲线？ P197 什么是透过点、饱和点？ P198

12-19 常用的吸附分离设备有哪几种类型？ P201

12-20 什么是**膜分离**？有哪几种常用的**膜分离过程**？ P203

12-21 膜分离有哪些特点？ P204

12-22 **反渗透**的基本原理是什么？ P205

12-23 什么是**浓差极化**？ P206

12-24 **超滤**的分离机理是什么？ P207

12-25 **电渗析**的分离机理是什么？ P209 阴膜、阳膜各有什么特点？ P209

1. 结晶的基本方法

- 溶液结晶
- 熔融结晶
- 升华结晶
- 反应沉淀
- 盐析

2. 溶液结晶操作的基本原理是：溶液的过饱和

3. 造成溶液结晶过饱和度的方法

- 降温
- 蒸发浓缩

4. 溶液结晶要经历两个阶段

- 晶核生成
- 晶体成长

5. 吸附分离的基本原理：吸附剂对混合物中各组分的选择性吸附

- 物理吸附：范德华力
- 化学吸附：化学键

6. 常用的吸附解吸循环操作

- 变温
- 变压
- 变浓度
- 置换
- 低温、高压有利于吸附

7. 分子筛的特点：晶格结构定一，微孔大小均一，能起筛选分子的作用

8. 常用的吸附剂：活性炭，硅胶，活性氧化铝，沸石分子筛

9. 透过曲线是指：溶液出口浓度随时间变化的曲线

- 透过曲线反映了吸收传质速率、流体流速和相平衡的关系

10. 膜分离的基本原理：利用膜对流体混合物中各组分的选择性渗透

11. 电渗析的过程推动力是：电位差

12. 电反渗透的过程推动力是：压力差

13. 阳膜只允许阳离子通过，其活性基团在溶液中电离后，固定性基团带负电

14. 阴膜只允许阴离子通过，其活性基团在溶液中电离后，固定性基团带正电

第 13 章 热、质同时传递过程

- 13-1 热质同时传递过程可分为哪两类？
- 13-2 传质方向或传热方向发生逆转的原因和条件是什么？
- 13-3 热质同时传递过程的极限有什么特点？
- 13-4 湿球温度 t_W 受哪些因素影响？绝热饱和温度 t_{as} 与 t_W 在物理含义上有何差别？
- 13-5 以焓差为推动力计算凉水塔高有什么条件？

第 14 章 固体干燥

- 14-1 通常物料去湿的方法有哪些？
- 14-2 对流干燥过程的特点是什么？
- 14-3 对流干燥的操作费主要在哪里？
- 14-4 通常露点温度、湿球温度、干球温度的大小关系如何？什么时候三者相等？
- 14-5 结合水与非结合水有什么区别？
- 14-6 何谓平衡含水量、自由含水量？
- 14-7 何谓临界含水量？它受哪些因素影响？
- 14-8 干燥速率对产品物料的性质会有什么影响？
- 14-9 连续干燥过程的热效率是如何定义的？
- 14-10 理想干燥过程有哪些假定条件？
- 14-11 为提高干燥热效率可采取哪些措施？
- 14-12 评价干燥器技术性能的主要指标有哪些？