

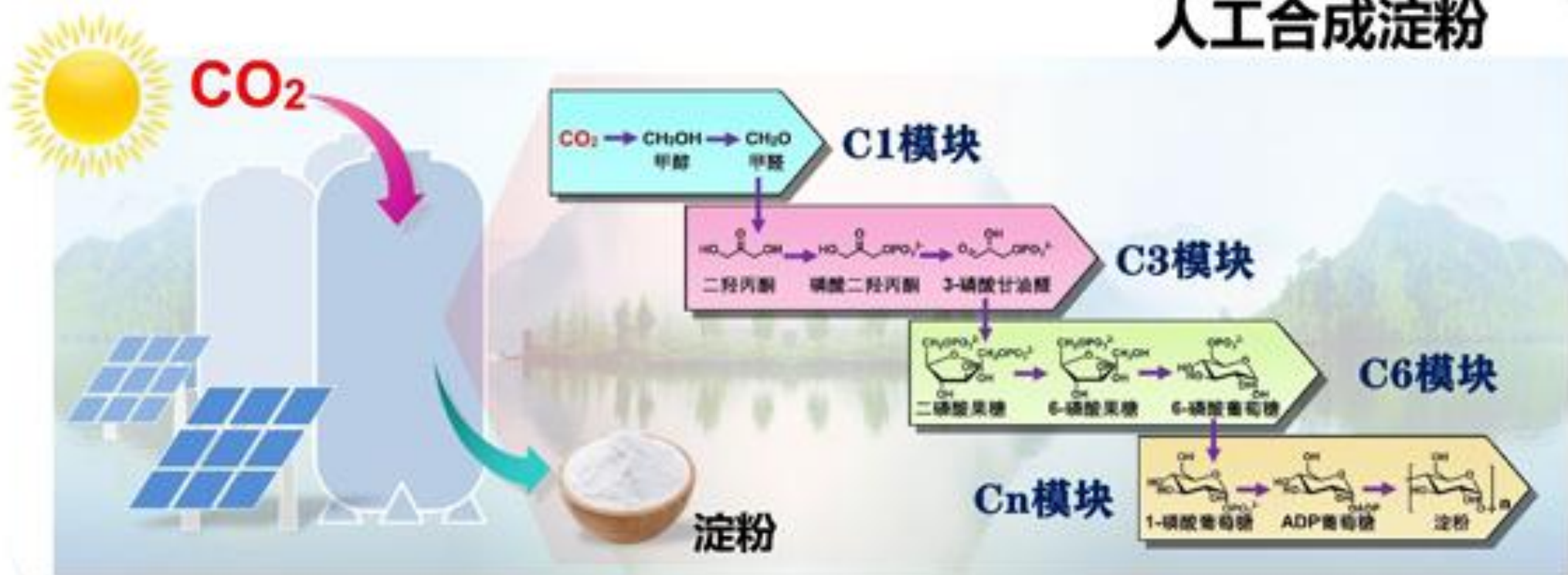


二氧化碳合成甲醇反应条件的探讨

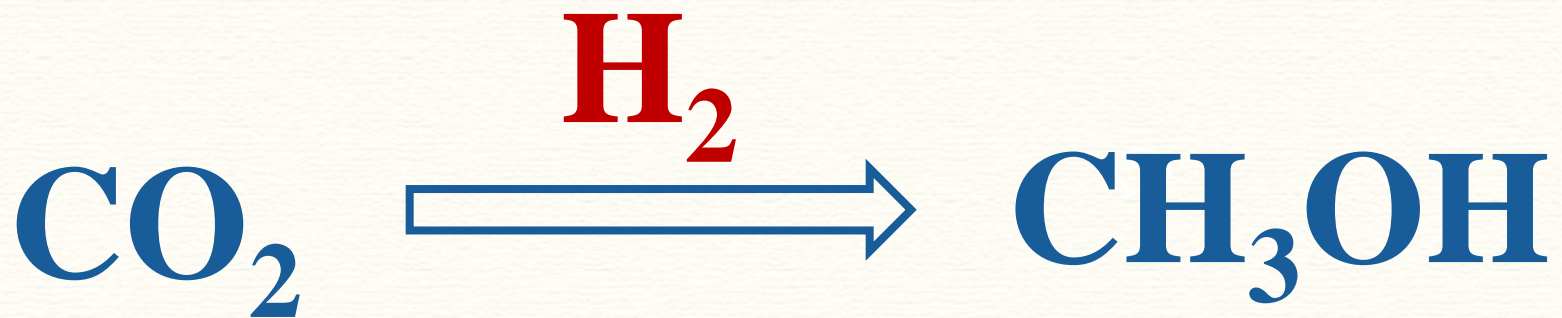
无锡市辅仁高级中学 俞新亚



人工合成淀粉



项目一：设计化学反应



$$\Delta S = -177.2 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}$$

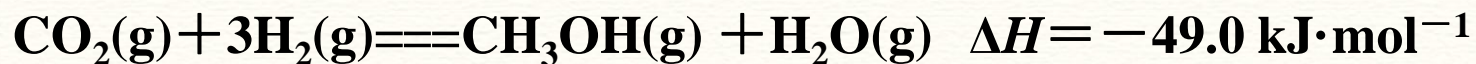
项目二：选择反应条件



浓度	增加反应物浓度
压强	增大压强
温度	降低温度
催化剂	使用催化剂

项目三：优化反应条件

【任务1】浓度因素



资料1 不同 $n(\text{H}_2)/n(\text{CO}_2)$ 对二氧化碳的转化率及甲醇产率的影响

$n(\text{H}_2) : n(\text{CO}_2)$	2 : 1	3 : 1	5 : 1	7 : 1
二氧化碳转化率/%	11.63	13.68	15.93	18.71
甲醇产率/%	3.04	4.35	5.96	8.11

注：① $T=523\text{K}$ 时，铜基催化剂。

②在等温条件下，若气体的总压不变，则气体的总投料量相同。

Q1：增大 $n(\text{H}_2)/n(\text{CO}_2)$ 对氢气的转化率有何影响？

Q2：过分增大 $n(\text{H}_2)/n(\text{CO}_2)$ 的弊端是什么？

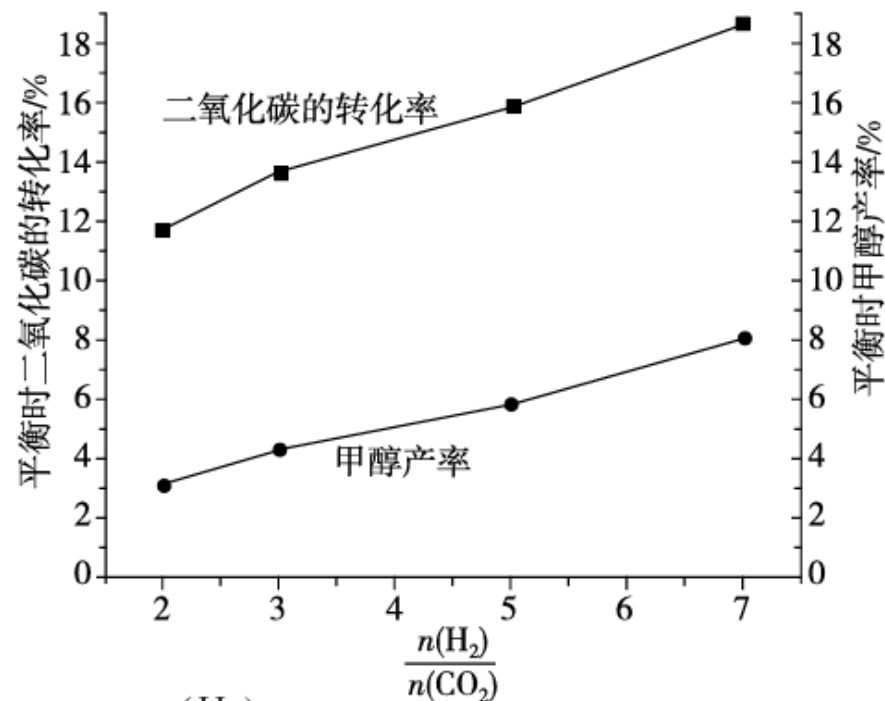


图1 不同 $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CO}_2)}$ 对二氧化碳的转化率及甲醇的产率的影响

实际选择的浓度：投料比3：1

项目三：优化反应条件

【任务1】浓度因素

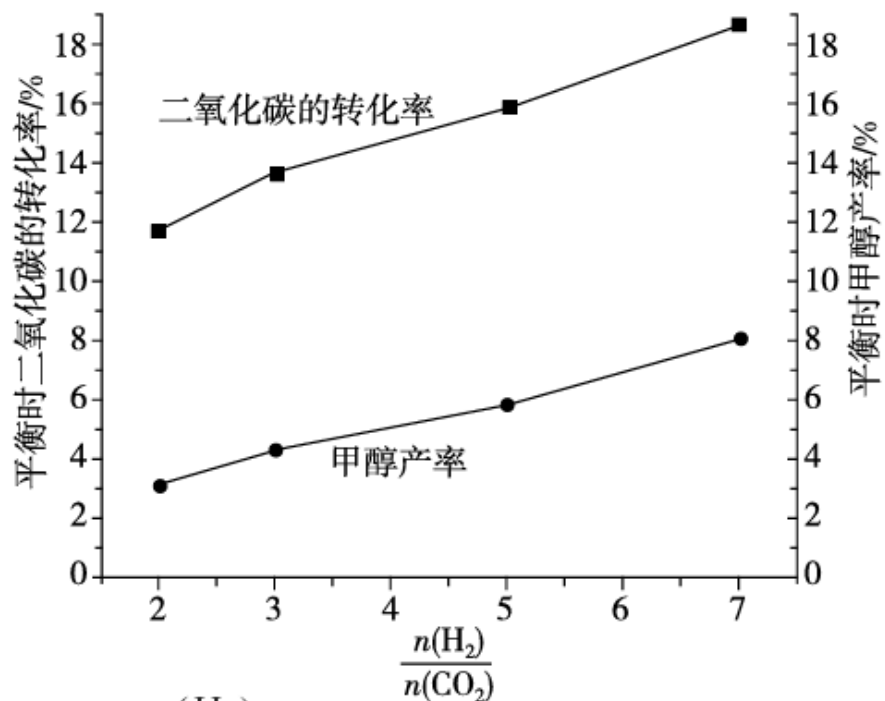
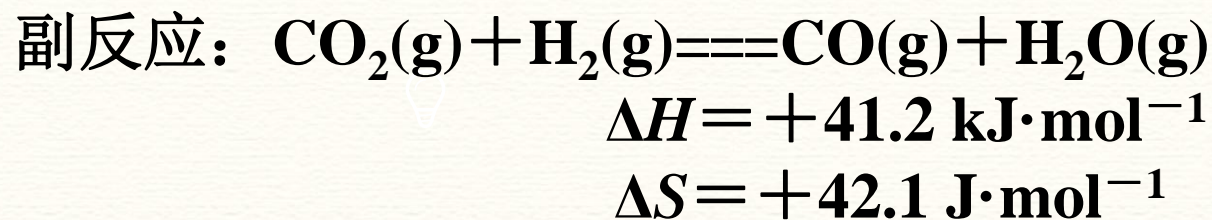


图1 不同 $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CO}_2)}$ 对二氧化碳的转化率及甲醇的产率的影响

Q3: 理想状态时, CO_2 的转化率等于 CH_3OH 的产率, 结合图像你发现了什么问题? 请对发现的问题进行分析, 如何解决?



实际选择的浓度: 投料比3: 1

【任务2】 压强因素

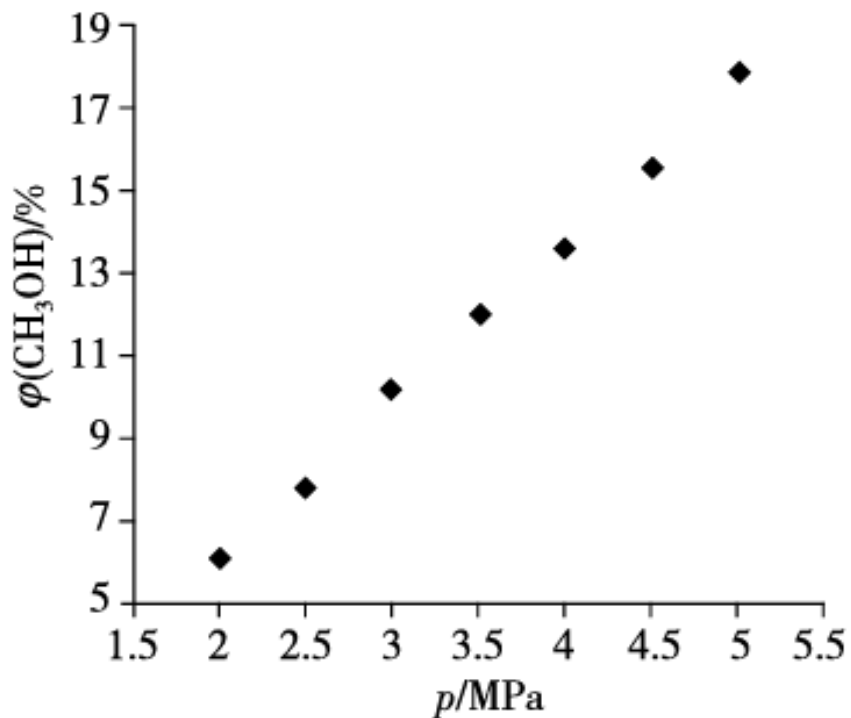
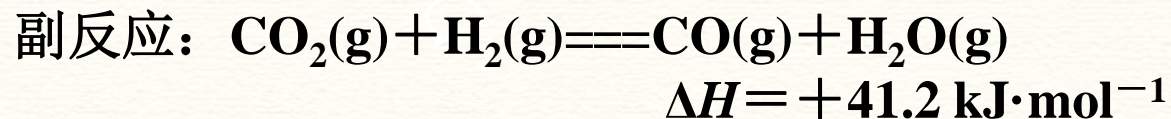
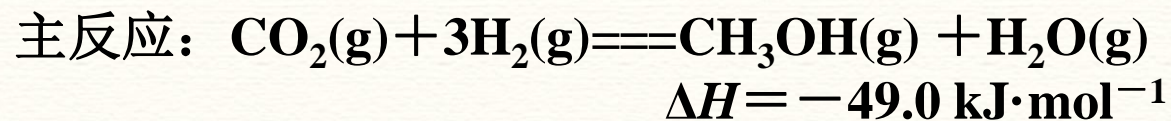


图2 反应压强与甲醇产率的关系



Q4: 观察图像, 选择合适的压强, 并说明原因?

注: ①反应条件 $n(\text{H}_2):n(\text{CO}_2)=1:3$, $T=523\text{K}$ 时, 铜基催化剂。

实际选择的压强: 5MPa

【任务3】 温度因素

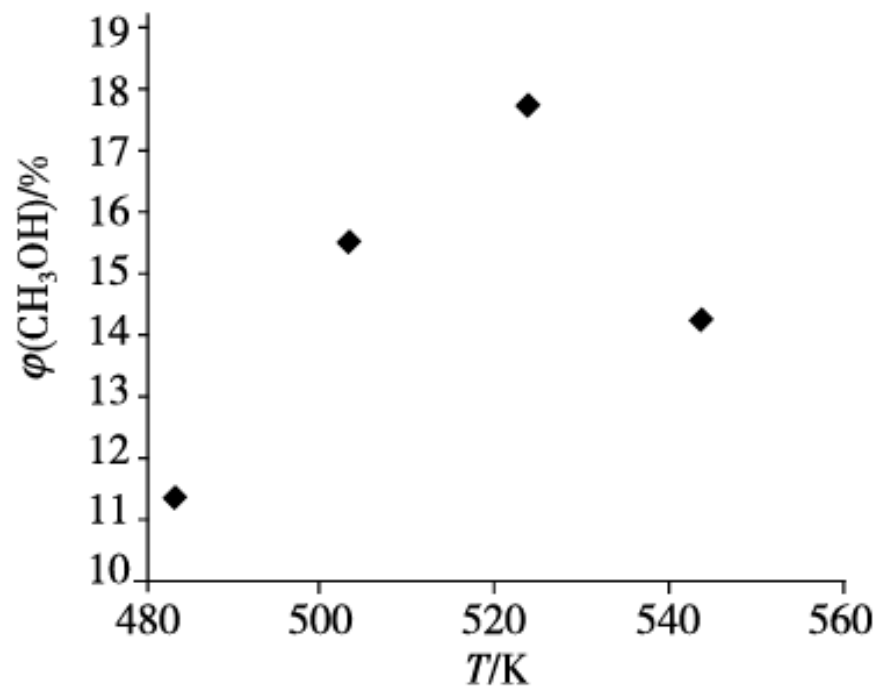
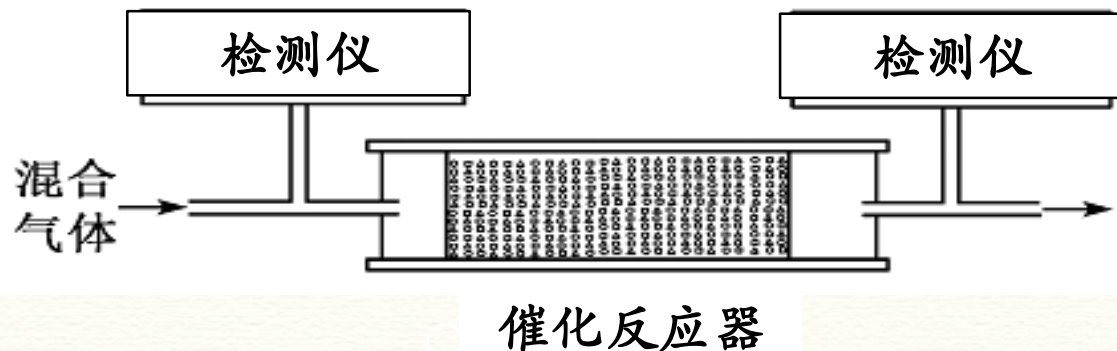
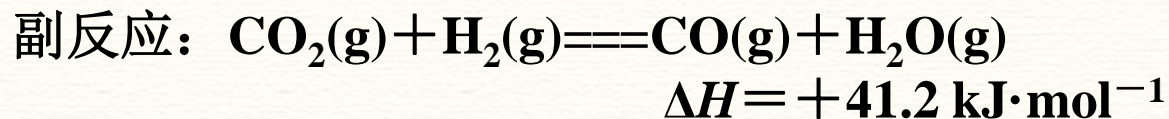
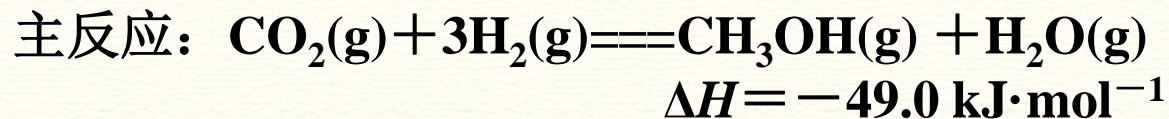


图3 反应温度与甲醇产率的关系

注：①压强为5MPa时，铜基催化剂。

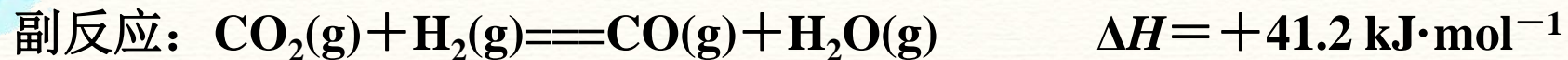
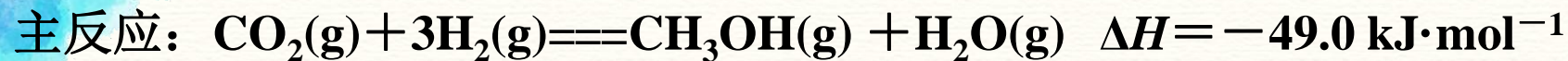
实际选择的温度：**520K左右**



注：将CO₂与H₂以1:3的比例以一定流速通过装有催化剂的反应管，不同温度下，**相同生产时间段内**测得甲醇的产率。

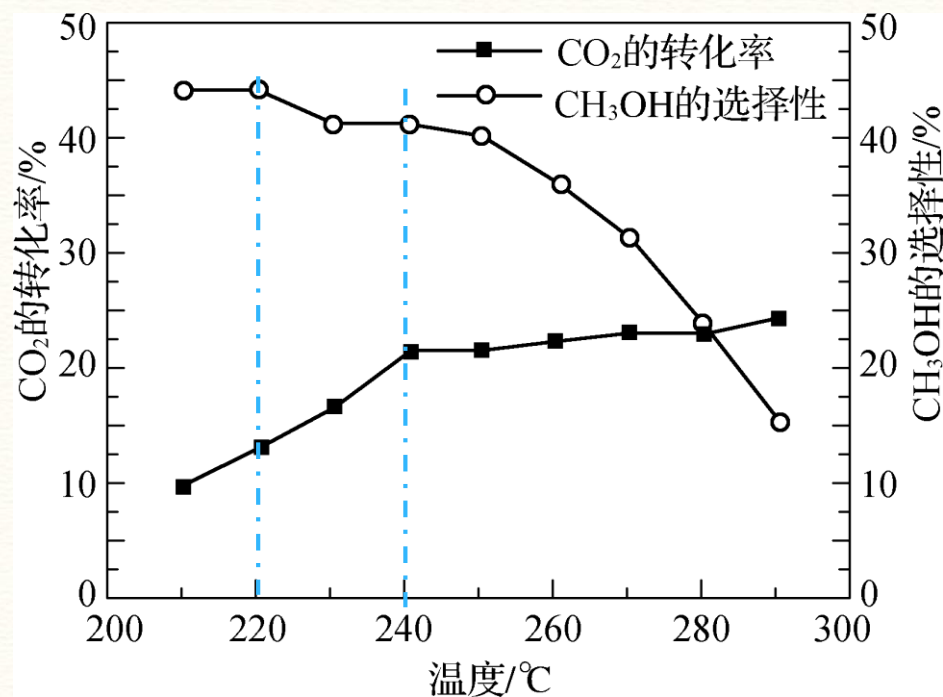
Q5：为何图像中温度升高，实际产率呈先升高后降低的趋势？

Q6：请选择合适的反应温度，并说明理由？



其他条件不变，在**相同时间内**温度对 CO_2 催化加氢的影响如图所示。

已知： CH_3OH 的选择性 = $\frac{\text{CH}_3\text{OH}$ 的物质的量}{\text{反应的}\text{CO}_2\text{的物质的量}} \times 100\%。



Q7: 其他条件不变，在210~290 °C范围，随温度的升高，出口处 CH_3OH 的量如何改变？

Q8: 该条件下 CO_2 催化合成 CH_3OH 的最佳反应温度应控制在什么范围？

Q9: 220~240 °C, 升高温度, CO_2 转化率上升、 CH_3OH 选择性下降的原因是什么?

Q10: 为提高 CH_3OH 产率，可以朝哪个方向研究？

【任务4】 催化剂因素

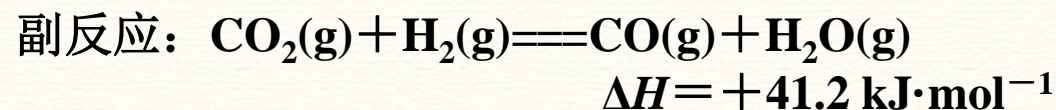
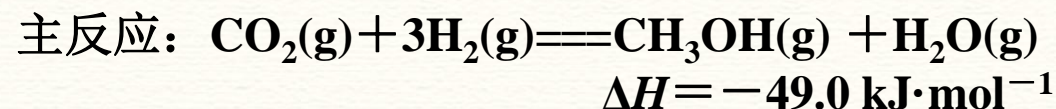
资料1 催化剂组成的改变对甲醇产率和选择性的影响

组成(质量分数/%)	CH ₃ OH 产量/ [g(kg-催化剂 ⁻¹ ·h ⁻¹)]	选择性/%
1组:CuO/Al ₂ O ₃	78	40
2组:CuO/ZnO/ZrO ₂	96	88
3组:CuO/ZnO/ZrO ₂ (3.6)/MnO(4)	88	100
4组:CuO/ZnO/ZrO ₂ (5.6)/MnO(2)	138	91

注：①反应条件 $n(\text{H}_2):n(\text{CO}_2)=1:3$, $T=523\text{K}$, 总压4MPa。

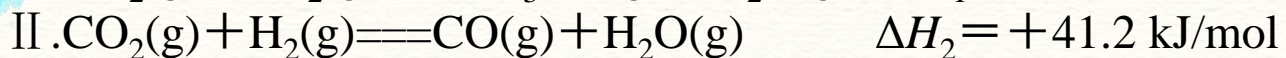
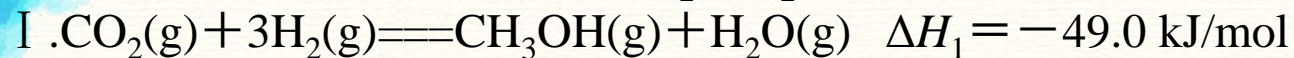
②选择性：生成甲醇的二氧化碳占消耗二氧化碳的比例。

③**甲醇产量**：单位质量催化剂在**单位时间内**所获得的产物的质量；常用于**评价催化剂活性**。

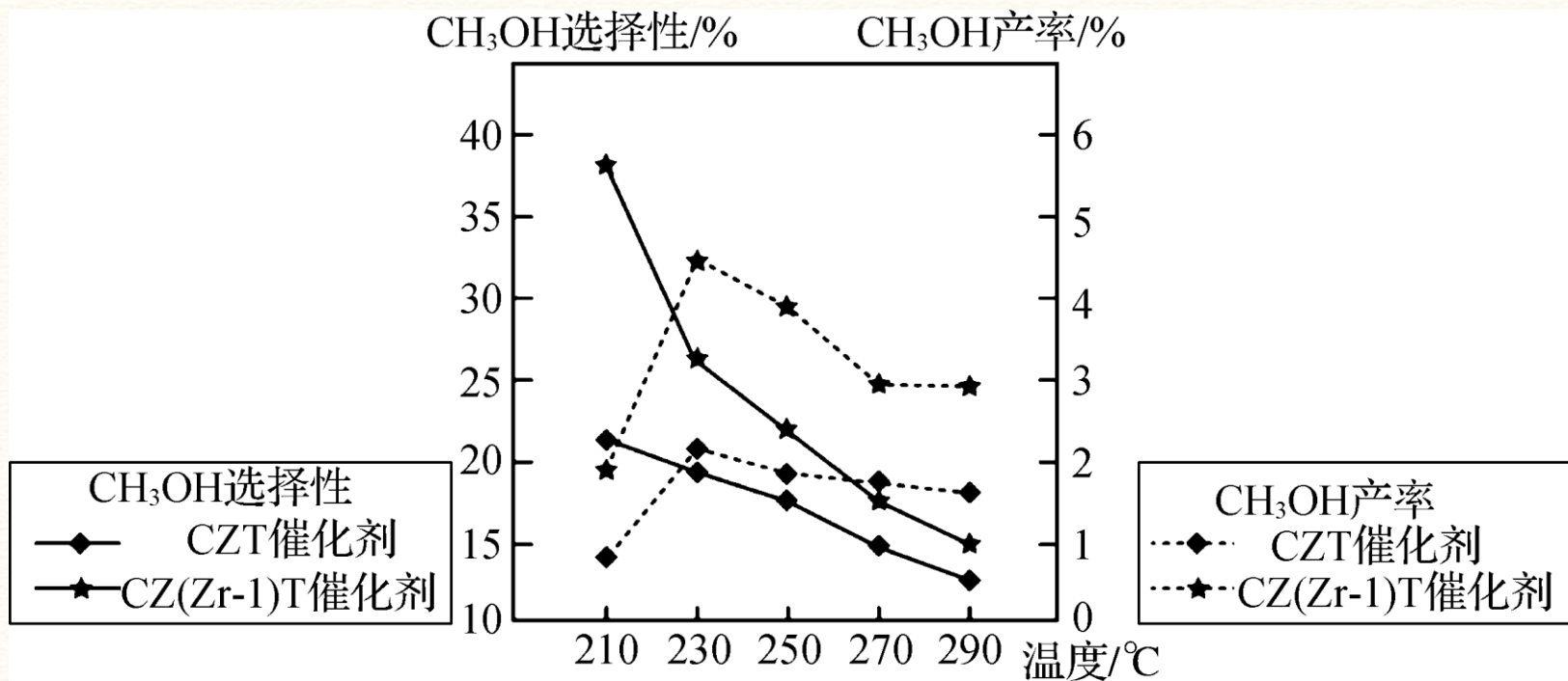


实际选择的催化剂：3组或4组

恒压条件下，密闭容器中将 CO_2 、 H_2 按照体积之比为1：3合成 CH_3OH ，其中涉及的主要反应如下：

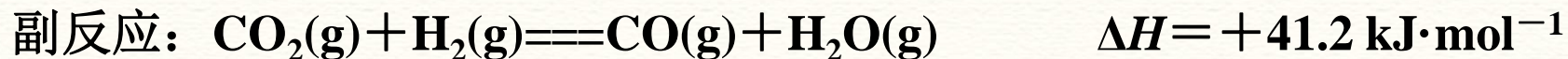


在不同催化剂作用下发生反应 I、II，在相同的时间段内， CH_3OH 的选择性和产率随温度的变化如图所示。

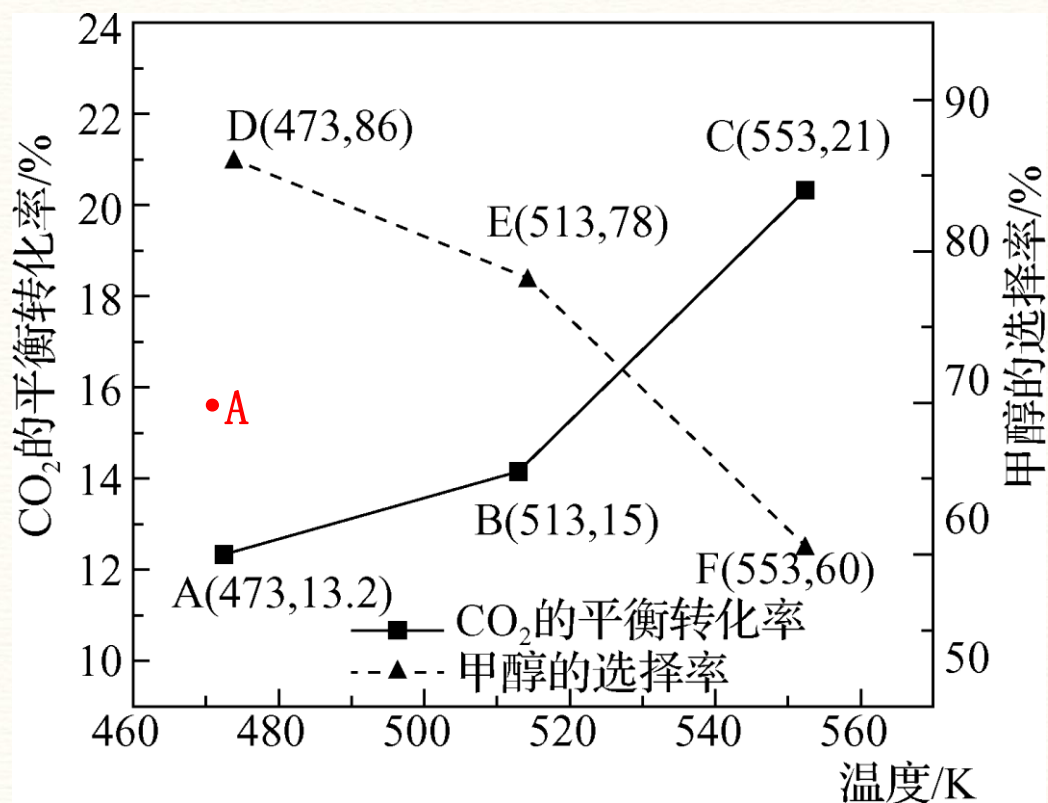


Q11：你认为合成 CH_3OH 的适宜工业条件是什么？

Q12：使用CZT, 230 °C以上，升高温度 CH_3OH 的产率降低，你认为是否是反应I平衡逆向移动导致的？



研究表明：在其他条件相同的情况下，用新型催化剂可以显著提高甲醇的选择性，使用该催化剂，按 $n(\text{CO}_2) : n(\text{H}_2) = 1 : 3$ (总量为 $a \text{ mol}$)投料于恒容密闭容器中进行反应， CO_2 的平衡转化率和甲醇的选择率(甲醇的选择率：转化的 CO_2 中生成甲醇的物质的量分数)随温度的变化趋势如图所示：(忽略温度对催化剂的影响)

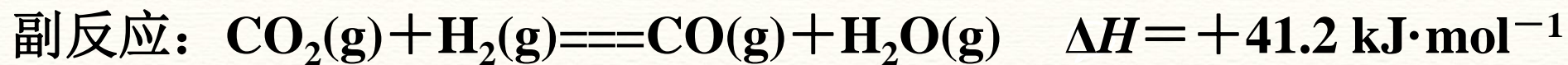


Q13：随着温度的升高， CO_2 的平衡转化率增加但 CH_3OH 的选择率降低，请分析其原因？

Q14：473K时，在催化剂作用下， CO_2 与 H_2 反应一段时间后，测得 CH_3OH 的选择率为70% (图中A点)。不改变温度和反应时间，一定能够提高 CH_3OH 的选择性的措施有哪些？

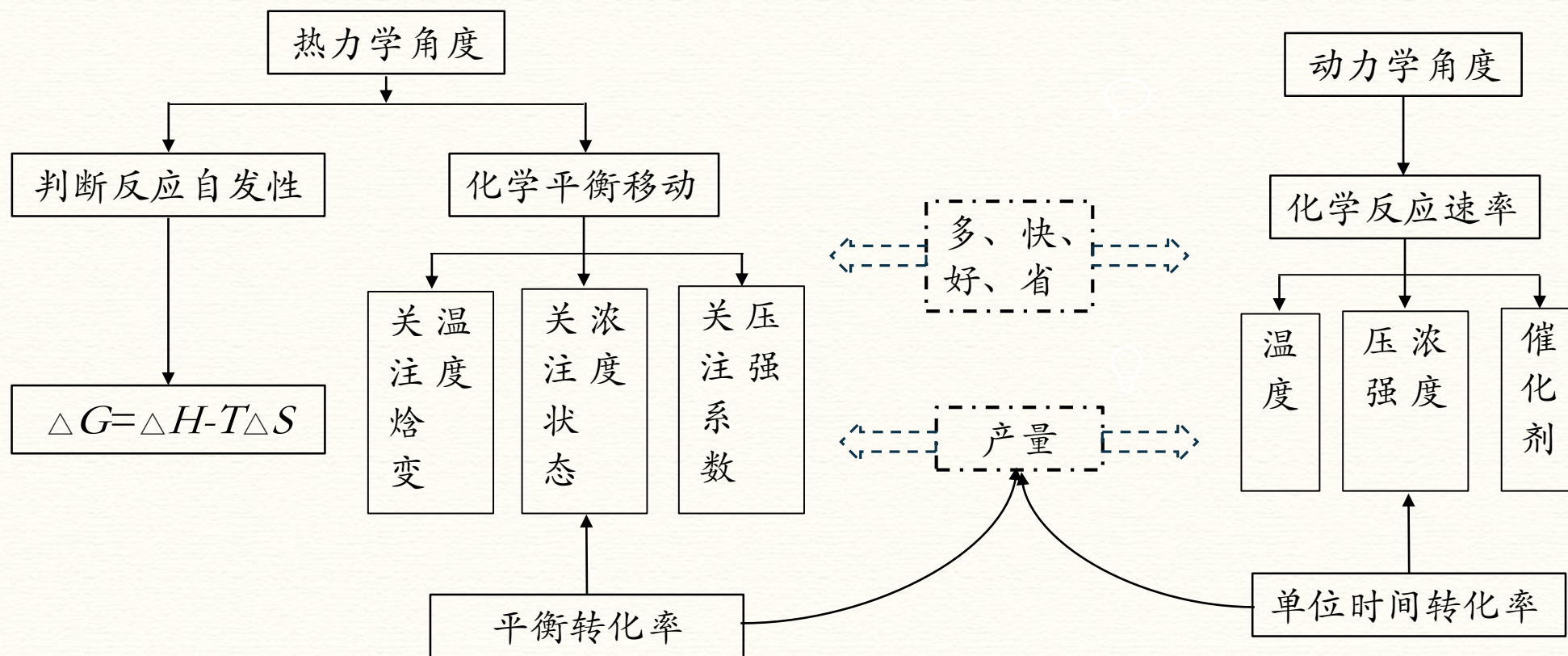


项目三：优化反应条件



	预测反应条件	优化条件
浓度	增加反应物浓度	投料比： $n(\text{H}_2):n(\text{CO}_2)=3:1$ 并及时移走甲醇
压强	增大压强	压强：5MPa
温度	降低温度	温度：520k左右
催化剂	使用催化剂	催化剂：组3或组4

反应条件优化思维模型



The background features a light blue and white wavy pattern, resembling water or clouds. A horizontal line is positioned below the text, with two decorative flourishes on either side.

感谢聆听!