

题目一

糖酵解中有三个不可逆反应，请写出糖酵解中这3个不可逆步骤的反应方程式，指出 ΔG 的正负，并重点论述：在糖异生中，丙酮酸是如何转化为磷酸烯醇式丙酮酸的？

出题理由：该题目覆盖了以下六个学习维度：

- ①发生条件 & ⑤自由能变化：不可逆反应 $\Delta G < 0$
- ②生理部位：比如细胞质和线粒体
- ③化学过程：化学方程式
- ④酶与关键辅因子：各个反应的酶与辅因子（生物素）
- ⑦物质转运：草酰乙酸是如何转出线粒体的

总的来说，该题目从多方面考察了区分糖酵解和糖异生两大代谢途径在代谢过程上的核心区别，以及糖异生中最复杂的一步，范围广。

答案：

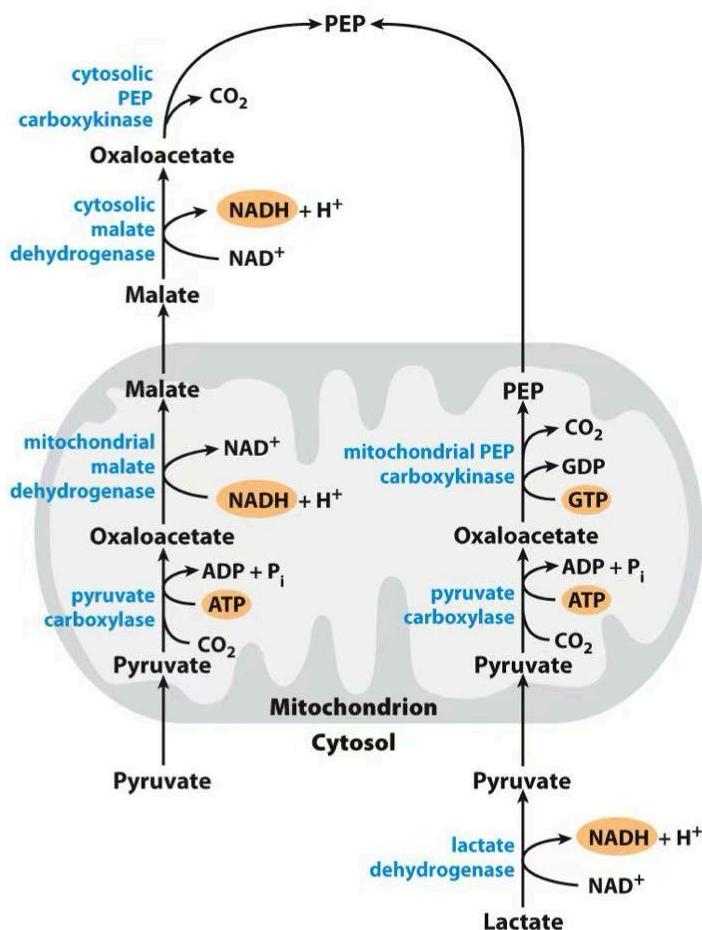
1. 糖酵解 3 个不可逆反应

- 自由能： $\Delta G < 0$
- 葡萄糖 + ATP $\xrightarrow{\text{己糖激酶 (HK)}}$ 6-磷酸葡萄糖 + ADP
- 6-磷酸果糖 + ATP $\xrightarrow{\text{磷酸果糖激酶-1 (PFK-1)}}$ 1,6-二磷酸果糖 + ADP
- 磷酸烯醇式丙酮酸 + ADP $\xrightarrow{\text{丙酮酸激酶}}$ 丙酮酸 + ATP

2. 丙酮酸 \rightarrow PEP 的绕行：

- 丙酮酸 + HCO_3^- + ATP $\xrightarrow{\text{丙酮酸羧化酶, 生物素}}$ 草酰乙酸 + ADP + P_i
- 线粒体生成的草酰乙酸不能直接穿过内膜，需被还原为苹果酸，运出至细胞质后，再被氧化回草酰乙酸，然后再生成PEP。也可以直接在线粒体基质中就直接生成PEP，再转运出PEP。
- 草酰乙酸 + GTP $\xrightarrow{\text{PEP 羧激酶}}$ 磷酸烯醇式丙酮酸 + CO_2 + GDP

其实就是考这张图：



题目二

请简述胰高血糖素和柠檬酸分别如何调节乙酰-CoA 羧化酶的活性？目的是什么？而在糖尿病或长期饥饿状态下，肝脏生成的乙酰-CoA会转向合成酮体，指出其中一种酮体，并从生化机理角度解释为何此时乙酰-CoA难以进入柠檬酸循环？

出题理由：这个题目覆盖了以下学习维度：

- ⑧关联代谢：在脂肪酸合成的题目中关联柠檬酸合成的化学方程式
- ⑨调控机制：考察胰高血糖素和柠檬酸用不同调节方式实现不同调节效果
- ⑪代谢疾病：糖尿病
- ⑩生化意义：为什么胰高血糖素和柠檬酸要调控脂肪酸的合成

总的来说，该题目不仅考了脂肪酸合成的知识，还牵扯到柠檬酸循环的第一步，也考察了调控过程。并且，调控还是秋学期教过的“共价修饰”和“别构调控”，一个激活一个抑制，也牵扯到调控的生化意义，关联到常见于生化中的“糖尿病”，范围也很广

答案：

1. ACC 的调控：

- 胰高血糖素：共价修饰，诱导ACC磷酸化，使其失活，目的是抑制脂肪酸合成，适应饥饿状态。

- 柠檬酸：别构调控，激活ACC，目的是在饱食或能量充足时能促进脂肪酸的合成。

2. 酮体生成的机理：

- 酮体：乙酰乙酸、 β -羟基丁酸、丙酮
- 在糖尿病/饥饿时，肝脏草酰乙酸被大量抽取用于糖异生，导致肝脏细胞内草酰乙酸浓度极低。
- 由于缺乏草酰乙酸，乙酰-CoA无法与草酰乙酸缩合生成柠檬酸进入 TCA 循环。
- 累积的乙酰-CoA被迫分流，生成酮体。

题目三

写出 Rubisco 催化的羧化反应和光呼吸的反应式,并请简述 C4 浓缩 CO_2 的途径及其意义，以及叶绿体与线粒体中，驱动 ATP 合酶旋转的质子动力势分别来源于哪种能量形式？

出题理由：该题目覆盖了以下维度：

- ⑥推动因素：质子动力势推动ATP的旋转
- ⑩生化意义：考察了C4植物在防止光呼吸（消耗ATP、NADPH却又不产糖）的代谢途径的生化意义
- ②生理部位：考察叶肉细胞与维管束鞘细胞的“空间分离”策略。
- ③化学过程：化学方程式
- ④酶与关键辅因子：Rubisco

总的来说，该题目主要考察光合作用，并且重点考察了核心酶——“Rubisco”的两个作用，同时还考了大自然是如何避免光呼吸的策略，以及ATP的合成是靠什么驱动的。

答案：

1. 反应式

- 羧化反应：



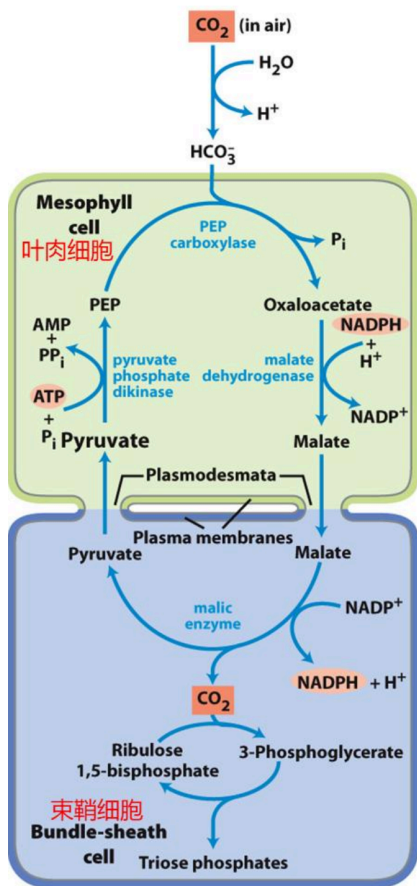
- 光呼吸：



2. C4 浓缩机制：

- 叶肉细胞：利用PEP羧化酶将 HCO_3^- 固定在草酰乙酸中，再生成苹果酸运到束鞘细胞。
- 束鞘细胞：苹果酸分解成 CO_2 和丙酮酸，丙酮酸转运到叶肉细胞
- 叶肉细胞：接受束鞘细胞的丙酮酸，生成PEP，准备固定 HCO_3^- 。
- 意义：在 Rubisco 周围营造高 CO_2 低 O_2 环境，抑制光呼吸。

其实也就是考这张图：



3. 质子动力势：

- 叶绿体：能量来源于光能，再通过光反应不断转运 H^+ ，营造质子动力势。
- 线粒体：能量来源于有机物的化学能，有机底物氧化释放的电子，如 $\text{NADH}/\text{FADH}_2$ 的氧化，驱动质子泵出基质

小结

我主要是参考的是复习PPT里提到的“学习维度”来出题，并且也没有局限于某一章，而是放眼整个冬学期的教学内容。虽然三道题目的主题分别为“糖酵解与糖异生”、“脂肪酸的合成”和“光合作用”，但是我也没有忘记十分重要的“柠檬酸循环”和“氧化磷酸化”，在第二三题中都有涉及。本来我打算第二题再加一个脂肪酸的分解的，但是感觉太多了，因此最后没有加。