

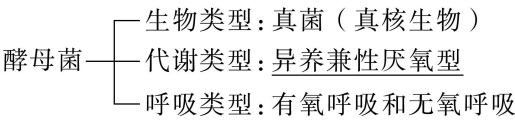
第 11 课时 细胞呼吸的原理和应用

课标要求	说明生物通过细胞呼吸将储存在有机分子中的能量转化为生命活动可以利用的能量。
考情分析	1.探究酵母菌细胞呼吸的方式：2022·重庆·T12 2021·福建·T7 2021·全国甲·T2 2021·广东·T9
	2.细胞呼吸的方式与过程：2025·河北·T14 2025·黑吉辽蒙·T16 2025·江苏·T2 2025·山东·T4 2025·北京·T2 2024·重庆·T7 2024·江苏·T6 2024·安徽·T3 2024·甘肃·T3 2024·广东·T5 2023·全国乙·T3 2023·山东·T4 2023·重庆·T10 2023·广东·T7 2023·湖北·T6 2023·浙江 6 月选考·T11 2022·北京·T3 2022·山东·T4 2022·江苏·T15 2022·全国甲·T4 2022·山东·T16 2022·河北·T4 2021·重庆·T21 2021·福建·T9
	3.细胞呼吸的影响因素及其应用：2025·河南·T4 2024·江西·T21 2024·山东·T16 2024·贵州·T17 2023·山东·T17 2023·北京·T2 2022·海南·T10 2021·湖北·T10 2021·湖南·T12

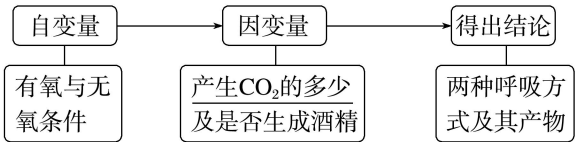
考点一 探究酵母菌细胞呼吸的方式

整合 · 必备知识

1. 实验原理



2. 实验思路——对比实验

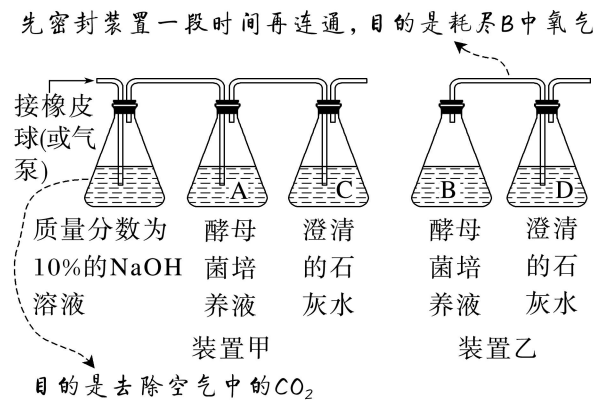


提醒 对比实验中两组都是实验组，两组之间相互对照。教材中对比实验的实例有：①探究酵母菌细胞呼吸的方式；②鲁宾和卡门的同位素示踪法实验；③赫尔希和蔡斯采用放射性同位素标记 T2 噬菌体侵染大肠杆菌的实验；④探究温度(pH)对酶活性的影响。

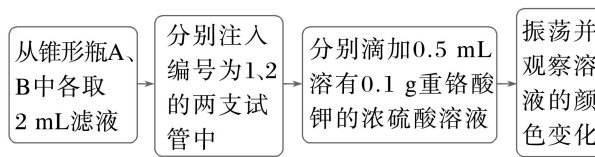
3. 实验步骤

(1)配制酵母菌培养液(酵母菌＋葡萄糖溶液)。

(2)检测 CO₂ 产生量的装置如图所示。



(3)检测酒精的产生



提醒 由于葡萄糖也能与酸性重铬酸钾反应发生颜色变化，因此，应将酵母菌的培养时间适当延长以耗尽溶液中的葡萄糖。

4. 实验现象

条件	澄清石灰水的变化/出现变化的快慢	溶有重铬酸钾的浓硫酸溶液
甲组(有氧)	变浑浊程度高/快	无变化
乙组(无氧)	变浑浊程度低/慢	出现灰绿色

5.实验结论

(1)酵母菌在有氧和无氧条件下都能进行细胞呼吸。

(2)在有氧条件下产生大量 CO₂，在无氧条件下产生酒精和 CO₂。

■ 自我诊断 ■

(1)无氧条件下酵母菌能存活但不能大量繁殖(2021·山东，12A)(√)

(2)酵母菌在有氧和无氧条件下都能产生 CO₂(2021·全国甲，2D)(√)

(3)为检测酒精生成，应向无氧组的酵母菌培养液中加入重铬酸钾(×)

提示 检测酒精的生成，应取酵母菌培养液的滤液 2 mL 注入试管中，再向试管中加入 0.5 mL 溶有 0.1 g 重铬酸钾的浓硫酸溶液，使它们混合均匀，观察试管中溶液的颜色变化。

(4)酵母菌无氧呼吸不产生使溴麝香草酚蓝溶液变黄的气体(2022·河北，4A)(×)

提示 能使溴麝香草酚蓝溶液由蓝变绿再变黄的成分是 CO₂，酵母菌无氧呼吸可产生 CO₂。

(5)通气培养的酵母菌液过滤后，滤液加入重铬酸钾浓硫酸溶液后变为灰绿色(2022·河北，4D)(×)

提示 通气培养时酵母菌进行有氧呼吸，不产生酒精，故酵母菌液过滤后的滤液加入重铬酸

钾浓硫酸溶液后不会变为灰绿色。

强化·迁移应用

考向一 探究酵母菌细胞呼吸的方式

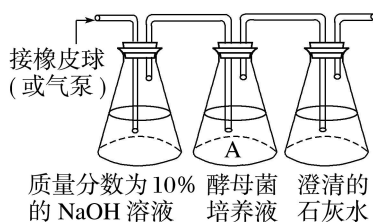
1. 为探究酵母菌的细胞呼吸方式,可利用酵母菌、葡萄糖溶液等材料进行实验。下列关于该实验的叙述,正确的是()

- A. 酵母菌用量和葡萄糖溶液浓度是本实验的自变量
- B. 氧气的有无是本实验的无关变量
- C. 可选用酒精和 CO_2 生成量作为因变量的检测指标
- D. 不同方式的细胞呼吸消耗等量葡萄糖所释放的能量相等

答案 C

解析 酵母菌用量和葡萄糖溶液浓度是本实验的无关变量, A 错误; 氧气的有无是本实验的自变量, B 错误; 等量的葡萄糖有氧呼吸氧化分解彻底, 释放的能量多, 无氧呼吸氧化分解不彻底, 大部分能量还储存在酒精中, 释放能量少, D 错误。

2. (2024·淮安马坝高级中学检测)某同学连通橡皮球(或气泵)让少量空气间歇性地依次通过如图装置中的 3 个锥形瓶。下列相关叙述正确的是()



- A. 若增加橡皮球(或气泵)的通气量, 澄清石灰水变浑浊的速率一定会加快
- B. 在瓶 A 中的培养液加入酸性重铬酸钾溶液后需要水浴加热才会产生灰绿色
- C. 酒精检测前, 需要延长酵母菌的培养时间以排除葡萄糖对实验结果的影响
- D. 将瓶 A 置于微型振荡器上培养可以提高瓶内酵母菌细胞产生酒精的速率

答案 C

解析 若增加橡皮球(或气泵)的通气量, 即增大了进入装置中的氧气量, 不一定能增大酵母菌有氧呼吸作用强度, 一种可能是酵母菌呼吸强度已达到最大, 增大氧气量对其无影响; 另一种可能是在反应的末期, 葡萄糖消耗殆尽, 二氧化碳产生速率不再变化, A 错误。酒精与酸性重铬酸钾反应发生颜色变化, 变成灰绿色, 不需要进行水浴加热, B 错误。由于葡萄糖也可与酸性重铬酸钾反应发生颜色变化, 因此, 应将酵母菌的培养时间适当延长以耗尽溶液中的葡萄糖, C 正确。将瓶 A 置于微型振荡器上培养, 是为了让瓶中的氧气充分溶解在酵母菌培养液中, 氧气的存在会抑制无氧呼吸, 从而降低酵母菌细胞产生酒精的速率, D 错误。

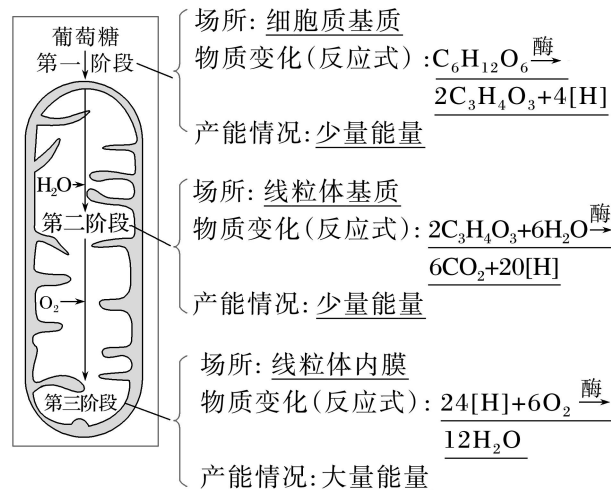
考点二 细胞呼吸的方式与过程

整合·必备知识

1. 有氧呼吸

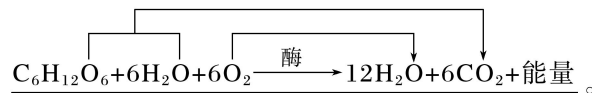
(1)概念: 指细胞在氧的参与下, 通过多种酶的催化作用, 把葡萄糖等有机物彻底氧化分解, 产生二氧化碳和水, 释放能量, 生成大量 ATP的过程。

(2)过程



教材隐性知识 源于必修1 P₉₃“相关信息”: 细胞呼吸过程中产生的[H]是还原型辅酶 I (NADH)的简化表示方法。

(3)写出有氧呼吸总反应式(标出氧元素的来源与去向)



(4)能量的去路与特点

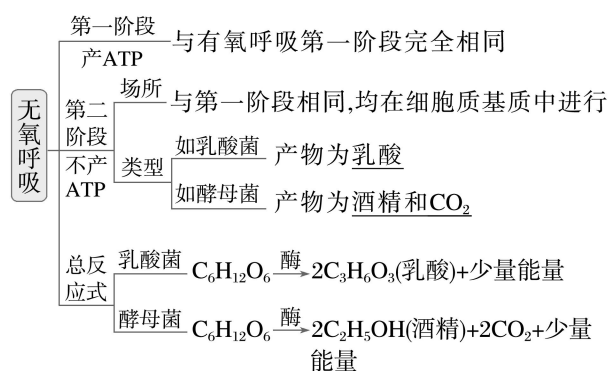
①释放: 葡萄糖氧化分解释放的能量大部分以热能形式散失, 少部分储存在 ATP 中。

②特点: 在温和的条件下进行, 能量逐步释放, 彻底氧化分解。

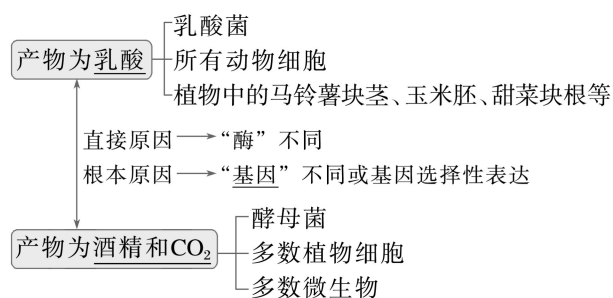
2. 无氧呼吸

(1)概念: 无氧呼吸是指细胞在没有氧气参与的情况下, 葡萄糖等有机物经过不完全分解, 释放少量能量的过程。

(2)过程



(3)不同生物无氧呼吸产物类型及原因



(4)无氧呼吸过程中能量的去路

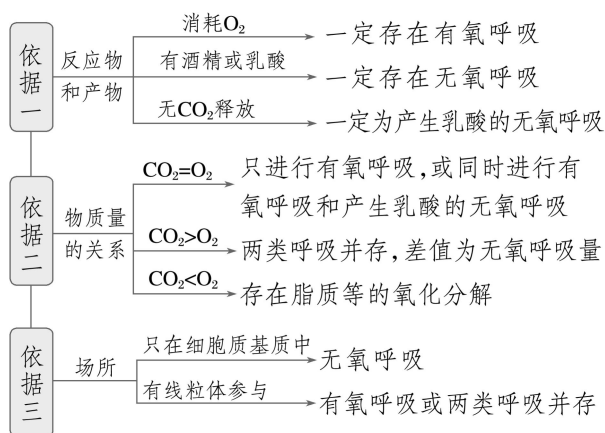
①大部分储存在酒精或乳酸中。

②释放的能量中大部分以热能形式散失，少部分储存在 **ATP** 中。

3. 无氧呼吸与有氧呼吸的比较

项目		有氧呼吸	无氧呼吸
区别	场所	<u>细胞质基质和线粒体</u>	细胞质基质
	条件	氧气，多种酶	无氧气，多种酶
	物质变化	葡萄糖彻底氧化分解，生成 CO ₂ 和 H ₂ O	葡萄糖分解不彻底，生成 <u>乳酸</u> 或酒精和 CO ₂
	能量变化	释放大量能量，产生大量 ATP	释放 <u>少量</u> 能量，产生少量 ATP
	特点	受 O ₂ 和温度等因素的影响	有氧气存在时，无氧呼吸受抑制
联系	二者第一阶段反应完全相同，并且都在细胞质基质中进行；本质都是氧化分解有机物、释放能量，产生 ATP		

归纳提升 细胞呼吸方式的判断



4. 细胞呼吸的概念: 有机物在细胞内经过一系列的氧化分解, 生成二氧化碳或其他产物, 释放能量并生成 ATP 的过程。

5. 细胞呼吸的生物学意义

(1)提供了生物体生命活动所需的大部分能量。

(2)是生物体代谢的枢纽。蛋白质、糖类和脂质的代谢都可以通过细胞呼吸过程联系起来。

■ 自我诊断 ■

(1)种子萌发时需要有氧呼吸为新器官的发育提供原料和能量(2022·河北, 4B)(☒)

(2)有机物彻底分解、产生大量 ATP 的过程发生在线粒体基质中(2022·河北, 4C)(☐)

提示 有机物彻底分解、产生大量 ATP 的过程是有氧呼吸第三阶段, 场所是线粒体内膜。

(3)葡萄糖在线粒体中分解释放大量能量(2021·福建, 9A)(☐)

提示 线粒体不能直接利用葡萄糖。

(4)油料作物种子播种时宜浅播, 原因是萌发时呼吸作用需要大量氧气(2021·湖南, 12C)(☒)

(5)马铃薯块茎细胞无氧呼吸产生丙酮酸的过程不能生成 ATP(2019·全国 II, 2C)(☐)

提示 无氧呼吸在第一个阶段会产生少量的 ATP。

(6)癌细胞进行无氧呼吸时丙酮酸转化为乳酸的过程会生成少量 ATP(2020·山东, 2B)(☐)

提示 无氧呼吸第二个阶段不产生 ATP。

形成·解题能力

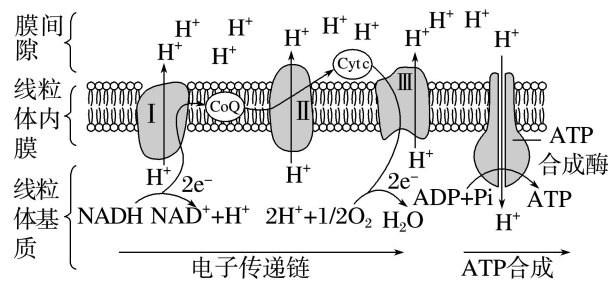
细胞呼吸的过程分析

1. 辨析 “NADH” 和 “ NAD^+ ”

生物利用的能量来自糖类有机物中的化学能, 细胞需通过有机物的逐步氧化分解, 将有机物中的能量一部分储存在 ATP 中, 成为细胞能直接利用的能量形式。有机物的氧化是逐步脱氢和失电子的过程。 NAD^+ (填 “NADH” 或 “ NAD^+ ”) 是电子和氢离子的载体, 能够与糖氧化过程中脱下来的氢离子和电子结合, 形成 NADH(填 “NADH” 或 “ NAD^+ ”)。

2. 有氧呼吸的第三阶段: NADH 在酶的催化作用下释放电子和 H^+ , 电子被镶嵌在内膜上的

特殊蛋白质捕获和传递， O_2 为最终的电子受体，生成 H_2O 。



请据图分析 ATP 生成的过程是什么？

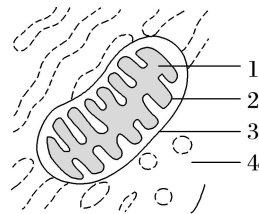
提示 内膜上特殊蛋白质利用电子给予的能量将 H^+ 泵出，构建 H^+ 浓度梯度， H^+ 通过线粒体内膜上的 ATP 合成酶顺浓度梯度进入线粒体基质，推动 ATP 合成。

3. 所有生物的生存都离不开细胞呼吸释放的能量，细胞呼吸还被称为细胞代谢的枢纽，原因是在细胞呼吸过程中产生的中间产物可以转化为甘油、氨基酸等非糖物质；非糖物质代谢形成的某些产物与细胞呼吸中间产物相同，这些物质可以进一步形成葡萄糖。糖类、脂质和蛋白质的代谢都可以通过细胞呼吸过程联系起来。

强化·迁移应用

考向二 有氧呼吸的过程分析

3. (2025·北京, 2)如图是植物细胞局部亚显微结构示意图。在有氧呼吸过程中，细胞不同部位产生 ATP 的量不同。以下选项正确的是()

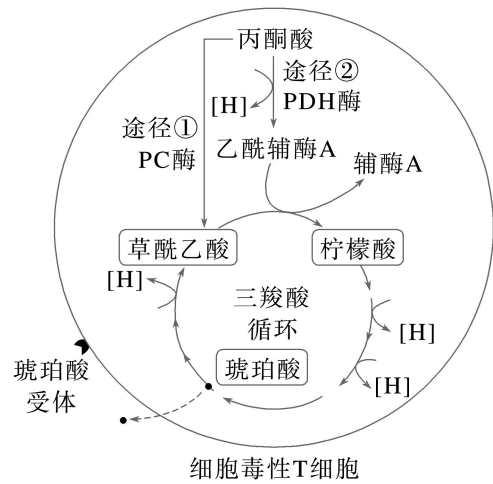


选项	部位 1	部位 2	部位 3	部位 4
A	大量	少量	少量	无
B	大量	大量	少量	无
C	少量	大量	无	少量
D	少量	无	大量	大量

答案 C

解析 部位 1 是线粒体基质，进行有氧呼吸第二阶段的反应，产生少量 ATP；部位 2 是线粒体内膜，进行有氧呼吸第三阶段的反应，产生大量 ATP；部位 3 是线粒体外膜，不进行有氧呼吸，没有 ATP 生成；部位 4 是细胞质基质，进行有氧呼吸第一阶段的反应，产生少量 ATP，C 正确。

4. (2024·重庆, 7)肿瘤所处环境中的细胞毒性 T 细胞存在题图所示代谢过程。其中, PC 酶和 PDH 酶控制着丙酮酸产生不同的代谢产物, 进入有氧呼吸三羧酸循环。增加 PC 酶的活性会增加琥珀酸的释放, 琥珀酸与受体结合可增强细胞毒性 T 细胞的杀伤能力, 若环境中存在乳酸, PC 酶的活性会被抑制。下列叙述正确的是()



- A. 图中三羧酸循环的代谢反应直接需要氧
- B. 图中草酰乙酸和乙酰辅酶 A 均产生于线粒体内膜
- C. 肿瘤细胞无氧呼吸会增强细胞毒性 T 细胞的杀伤能力
- D. 葡萄糖有氧呼吸的所有代谢反应中至少有 5 步会生成[H]

答案 D

解析 由图可知, 图中三羧酸循环的代谢反应无直接需氧环节, A 错误; 草酰乙酸和乙酰辅酶 A 均产生于线粒体基质, B 错误; 由题意可知, 若环境中存在乳酸, PC 酶的活性会被抑制, 而增加 PC 酶的活性会增加琥珀酸的释放, 琥珀酸与受体结合可增强细胞毒性 T 细胞的杀伤能力, 肿瘤细胞无氧呼吸会增加细胞中乳酸含量, 从而抑制 PC 酶活性, 减弱细胞毒性 T 细胞的杀伤能力, C 错误; 葡萄糖有氧呼吸的所有代谢反应中至少有 5 步会生成[H], 分别是有氧呼吸第一阶段及图示中的 4 步, D 正确。

考向三 无氧呼吸的过程

5. (2024·甘肃, 3)梅兰竹菊为花中四君子, 很多人喜欢在室内或庭院种植。花卉需要科学养护, 养护不当会影响花卉的生长, 如兰花会因浇水过多而死亡, 关于此现象, 下列叙述错误的是()

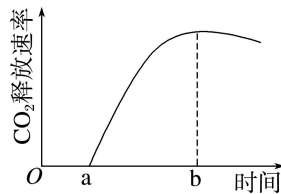
- A. 根系呼吸产生的能量减少使养分吸收所需的能量不足
- B. 根系呼吸产生的能量减少使水分吸收所需的能量不足
- C. 浇水过多抑制了根系细胞有氧呼吸但促进了无氧呼吸
- D. 根系细胞质基质中无氧呼吸产生的有害物质含量增加

答案 B

解析 根系吸收的养分主要是矿质元素, 主要通过主动运输吸收, 需要消耗能量, 因此浇水

过多使根系呼吸产生的能量减少, 会使养分吸收所需的能量不足, A 正确; 根系吸收水分的方式是协助扩散和自由扩散, 均不消耗能量, B 错误; 浇水过多使土壤含氧量减少, 抑制了根系细胞的有氧呼吸, 但促进了无氧呼吸的进行, C 正确; 根系细胞无氧呼吸整个过程都发生在细胞质基质中, 会产生酒精等有害物质, D 正确。

6.(2023·全国乙, 3)植物可通过呼吸代谢途径的改变来适应缺氧环境。在无氧条件下, 某种植物幼苗的根细胞经呼吸作用释放 CO_2 的速率随时间的变化趋势如图所示。下列相关叙述错误的是()



- A. 在时间 a 之前, 植物根细胞无 CO_2 释放, 只进行无氧呼吸产生乳酸
- B. a~b 时间内植物根细胞存在经无氧呼吸产生酒精和 CO_2 的过程
- C. 每分子葡萄糖经无氧呼吸产生酒精时生成的 ATP 比产生乳酸时的多
- D. 植物根细胞无氧呼吸产生的酒精跨膜运输的过程不需要消耗 ATP

答案 C

解析 植物进行有氧呼吸或无氧呼吸产生酒精时都有 CO_2 释放, 图示在时间 a 之前, 植物根细胞无 CO_2 释放, 分析题意可知, 植物可通过呼吸代谢途径的改变来适应缺氧环境, 据此推知在时间 a 之前, 植物根细胞只进行产生乳酸的无氧呼吸, A 正确; a 时间之前, 根细胞无 CO_2 产生, a~b 时间内, 根细胞 CO_2 释放速率逐渐升高, 存在经无氧呼吸产生酒精和 CO_2 的过程, 是植物通过呼吸途径的改变来适应缺氧环境的体现, B 正确; 无论是产生酒精还是产生乳酸的无氧呼吸, 都只在第一阶段产生 ATP, 第二阶段不产生 ATP, C 错误; 酒精的跨膜运输方式是自由扩散, 该过程不需要消耗 ATP, D 正确。

考向四 细胞呼吸的意义

7. (2025·河南, 4)甜菜是我国重要的经济作物之一, 根中含有大量的糖分。研究表明呼吸代谢可影响甜菜块根的生长, 其中酶 I 在有氧呼吸的第二阶段发挥催化功能, 该酶活性与甜菜根重呈正相关。下列叙述正确的是()

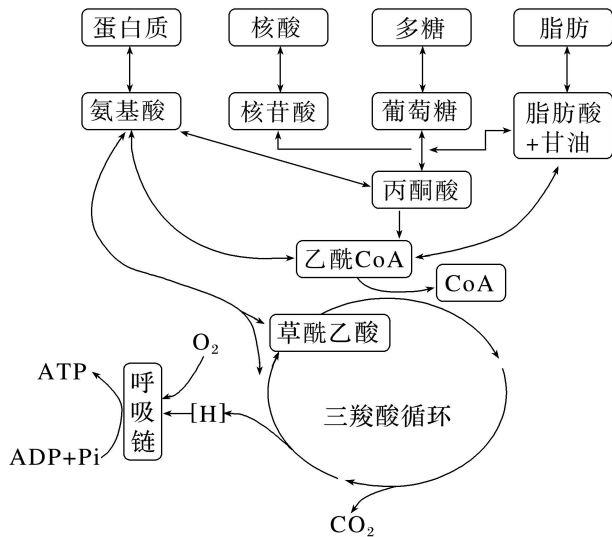
- A. 酶 I 主要分布在线粒体内膜上, 催化的反应需要消耗氧气
- B. 低温抑制酶 I 的活性, 进而影响二氧化碳和 NADH 的生成速率
- C. 酶 I 参与的有氧呼吸第二阶段是有氧呼吸中生成 ATP 最多的阶段
- D. 呼吸作用会消耗糖分, 因此在生长期喷施酶 I 抑制剂会增加甜菜产量

答案 B

解析 酶 I 参与的有氧呼吸第二阶段发生在线粒体基质中, 该阶段不消耗 O_2 , O_2 消耗发生在有氧呼吸第三阶段, 场所是线粒体内膜, 该阶段生成的 ATP 最多, A、C 错误; 酶的活性

受温度影响，低温会抑制酶Ⅰ的活性，降低有氧呼吸第二阶段的反应速率，进而影响 CO_2 和 NADH 的生成速率，B 正确；由题意知，酶Ⅰ活性与甜菜根重呈正相关，在生长期喷施酶Ⅰ抑制剂会抑制酶Ⅰ的活性，从而影响有氧呼吸，不利于甜菜块根的生长，甜菜产量也会降低，D 错误。

8. (2022·江苏，15 改编)如图为生命体内部物质与能量代谢关系示意图。下列叙述不正确的是()



- A. 三羧酸循环是代谢网络的中心，可产生大量的[H]和 CO_2 并消耗 O_2
- B. 生物通过代谢中间物，将物质的分解代谢与合成代谢相互联系
- C. 乙酰 CoA 在代谢途径中具有重要地位
- D. 物质氧化时释放的能量部分储存于 ATP，部分以热能形式释放

答案 A

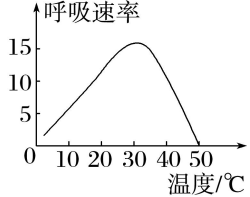
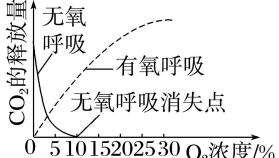
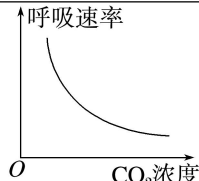
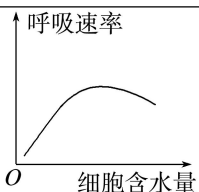
解析 由题图分析可知，三羧酸循环是代谢网络的中心，可产生大量的[H]和 CO_2 ，但不消耗 O_2 ，呼吸链会消耗 O_2 ，A 错误；由题图分析可知，代谢中间物(如丙酮酸、乙酰 CoA 等)将物质的分解代谢与合成代谢相互联系，B 正确；由题图分析可知，丙酮酸、乙酰 CoA 在代谢途径中将蛋白质、糖类、脂质、核酸的代谢相互联系在一起，具有重要地位，C 正确。

考点三 影响细胞呼吸的因素及其应用

整合·必备知识

1. 影响细胞呼吸的主要外部因素及其应用

因素	原理	曲线	应用
----	----	----	----

温度	主要影响酶活性		①零上低温储藏水果、蔬菜，减少有机物消耗； ②温室栽培中增大昼夜温差，增加有机物积累
O ₂ 浓度	O ₂ 是有氧呼吸所必需的，且 O ₂ 对无氧呼吸有抑制作用		①稻田定期排水，抑制无氧呼吸产生酒精，防止烂根、死亡； ②作物栽培中进行中耕松土； ③无氧发酵过程需要严格控制无氧环境等
CO ₂ 浓度	CO ₂ 是细胞呼吸的产物，积累过多会抑制细胞呼吸的进行		对蔬菜、水果进行保鲜时，增加 CO ₂ 浓度(或充入 N ₂)可抑制细胞呼吸，减少有机物的消耗
水	水作为有氧呼吸的原料，自由水含量较高时细胞呼吸旺盛		①粮食储藏要求干燥，减少有机物消耗； ②干种子萌发前进行浸泡处理

2.影响细胞呼吸的内在因素主要为细胞呼吸酶的数量；另外，ATP 浓度可影响有氧呼吸第三阶段的酶活性，ATP 浓度高会降低细胞呼吸速率。

■ 自我诊断 ■

(1)干燥条件下种子不萌发，主要是因为种子中的酶因缺水而变性失活(2022·海南·10C)(×)

提示 干燥条件下种子不萌发，主要是因为种子中缺水，特别是缺少自由水，导致细胞代谢强度非常弱，细胞呼吸产生的能量非常少，不能满足与种子萌发有关的生命活动对能量的需求。

(2)农作物种子入库贮藏时，在无氧和低温条件下呼吸速率降低，贮藏寿命显著延长(2021·湖南·12B)(×)

提示 种子无氧呼吸会产生酒精，因此，农作物种子入库贮藏时，应在低氧和零上低温条件下保存，贮藏寿命会显著延长。

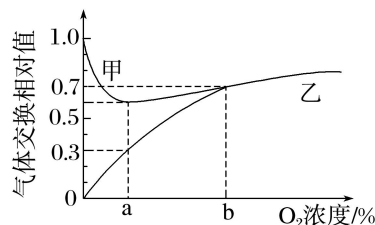
(3)低温保存可抑制微生物的生命活动，温度越低对食品保存越有利(2023·湖南·5C)(×)

提示 低温保存可以抑制微生物的生命活动，但不是温度越低越好，一般果蔬的保存温度为零上低温。

强化·迁移应用

考向五 细胞呼吸的影响因素及其应用

9. 某植株的非绿色器官在不同 O_2 浓度下, 单位时间内 O_2 吸收量和 CO_2 释放量的变化如图所示。若细胞呼吸分解的有机物全部为葡萄糖, 下列说法错误的是()

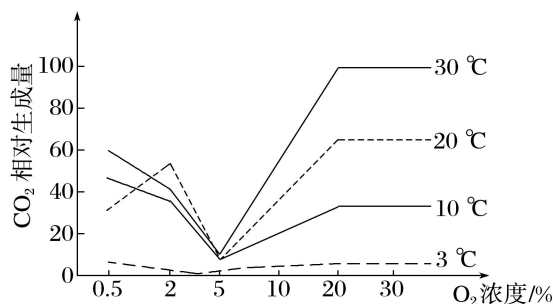


- A. 甲、乙曲线分别表示 CO_2 释放量和 O_2 吸收量
- B. O_2 浓度由 0 到 b 的过程中, 无氧呼吸释放 CO_2 的速率逐渐降低
- C. O_2 浓度由 0 到 b 的过程中, 有氧呼吸消耗葡萄糖的速率逐渐增加
- D. O_2 浓度为 a 时最适合保存该器官, 该浓度下葡萄糖消耗速率最小

答案 D

解析 据图可知, O_2 浓度为 a 时, 气体交换相对值 CO_2 为 0.6, O_2 为 0.3, 其中, CO_2 有 0.3 是有氧呼吸产生, 0.3 是无氧呼吸产生。按有氧呼吸中 $C_6H_{12}O_6 : O_2 : CO_2 = 1 : 6 : 6$, 无氧呼吸 $C_6H_{12}O_6 : CO_2 = 1 : 2$, 算得 $C_6H_{12}O_6$ (葡萄糖) 的相对消耗量为 $0.05 + 0.15 = 0.2$ 。而无氧呼吸消失点时, O_2 和 CO_2 的相对值为 0.7, 算得 $C_6H_{12}O_6$ 的相对消耗量约为 0.117, 明显比 a 点时低, 所以 a 点时葡萄糖的消耗速率不是最小, D 错误。

10. 科研人员为探究温度、 O_2 浓度对采收后苹果储藏的影响, 进行了相关实验, 结果如图所示。下列叙述正确的是()



- A. 据图分析, 苹果储藏的适宜条件是低温和无氧
- B. 5% O_2 浓度条件下, 苹果细胞产生 CO_2 的场所为细胞质基质
- C. 20%~30% O_2 浓度范围内, 影响 CO_2 相对生成量的环境因素主要是温度
- D. 在 O_2 充足的条件下, O_2 参与反应的场所是细胞质基质和线粒体内膜

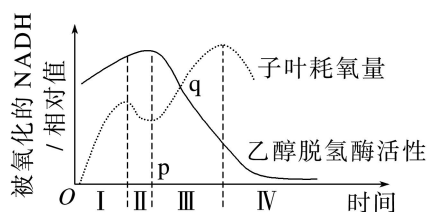
答案 C

解析 据图分析可知, 苹果储藏的适宜条件是低温和低氧, A 错误; 5% O_2 浓度条件下, 苹

果细胞既进行有氧呼吸又进行无氧呼吸，产生 CO_2 的场所为细胞质基质和线粒体基质，B 错误；20%~30% O_2 浓度范围内，不同温度条件下 CO_2 的相对生成量达到相对稳定且各不相同，此时影响 CO_2 相对生成量的环境因素主要是温度，C 正确；在 O_2 充足的条件下，苹果细胞进行有氧呼吸， O_2 参与反应的场所是线粒体内膜，D 错误。

考向六 种子萌发过程中细胞呼吸的变化分析

11. (2024·山东, 16 改编)种皮会限制 O_2 进入种子。豌豆干种子吸水萌发实验中子叶耗氧量、乙醇脱氢酶活性与被氧化的 NADH 的关系如图所示。已知无氧呼吸中，乙醇脱氢酶催化生成乙醇，与此同时 NADH 被氧化。下列说法不正确的是()



- A. p 点为种皮被突破的时间点
- B. II 阶段种子内 O_2 浓度降低限制了有氧呼吸
- C. III 阶段种子无氧呼吸合成乙醇的速率逐渐增加
- D. q 处种子无氧呼吸比有氧呼吸分解的葡萄糖多

答案 C

解析 由图可知，p 点乙醇脱氢酶活性开始下降，子叶耗氧量急剧增加，说明此时无氧呼吸减弱，有氧呼吸增强，该点为种皮被突破的时间点，A 正确；II 阶段种子内 O_2 浓度降低限制了有氧呼吸，使得子叶耗氧速率降低，但为了保证能量的供应，乙醇脱氢酶活性继续升高，加强无氧呼吸提供能量，B 正确；III 阶段种皮已经被突破，种子有氧呼吸增强，无氧呼吸合成乙醇的速率逐渐降低，C 错误；q 处种子无氧呼吸与有氧呼吸氧化的 NADH 相同，根据有氧呼吸和无氧呼吸的反应式可知，此时无氧呼吸比有氧呼吸分解的葡萄糖多，D 正确。

课时精练

选择题 1~6 题，每小题 4 分，7~14 题，每小题 5 分，共 64 分。

一、选择题

1. (2023·广东, 7)在游泳过程中，参与细胞呼吸并在线粒体内膜上作为反应物的是()
- A. 还原型辅酶 I
 - B. 丙酮酸
 - C. 氧化型辅酶 I
 - D. 二氧化碳

答案 A

解析 游泳过程中主要是通过有氧呼吸提供能量，有氧呼吸的第一阶段和第二阶段都产生了 H，这两个阶段产生的 H 在第三阶段经过一系列的化学反应，在线粒体内膜上与氧气结合

- C. ATP/AMP 浓度比变化对 PFK1 活性的调节属于正反馈调节
D. 运动时肌细胞中 AMP 与 PFK1 结合增多, 细胞呼吸速率加快

答案 D

解析 细胞呼吸第一阶段在细胞质基质中进行, 由题意可知, PFK1 不能催化葡萄糖直接分解为丙酮酸, 该过程需要多种酶参与, A 错误; PFK1 与 ATP 结合后, 酶的空间结构发生改变, 但仍有活性, B 错误; ATP/AMP 浓度比变化, 最终保证细胞中能量的供求平衡, 说明其调节属于负反馈调节, C 错误; 运动时肌细胞消耗 ATP 增多, 细胞中 ATP 减少, ADP 和 AMP 会增多, 使 AMP 与 PFK1 结合增多, 细胞呼吸速率加快, 导致细胞中 ATP 含量增加, 从而维持能量供应, D 正确。

5. (2025·广东广信中学检测)研究发现, FCCP 能作用于线粒体内膜, 使线粒体内膜上释放的能量不变, 但不合成 ATP; 抗霉素 A 是有氧呼吸第三阶段的抑制剂, 能完全阻止线粒体耗氧。下列叙述正确的是()

- A. NAD^+ 是氧化型辅酶 I, 其还原的场所只有线粒体基质
B. 加入 FCCP, 耗氧量增加, 细胞产生的能量均以热能形式释放
C. 加入抗霉素 A, 细胞只能进行无氧呼吸, 无法产生 NADH
D. 加入 FCCP 后, 细胞完成正常生命活动消耗的葡萄糖量增加

答案 D

解析 NAD^+ 是氧化型辅酶 I, 其还原的场所有细胞质基质和线粒体基质, A 错误; FCCP 作用于线粒体内膜, 使线粒体内膜上释放的能量不变, 但不合成 ATP, 也就是说线粒体内膜上产生的能量均以热能形式释放, 但是第一、二阶段释放的能量可以有一部分储存在 ATP 中, B 错误; 抗霉素 A 是有氧呼吸第三阶段的抑制剂, 能完全阻止线粒体耗氧, 有氧呼吸第一阶段反应不受影响, 能产生 NADH, C 错误; 加入 FCCP 后, 有氧呼吸第三阶段释放的能量不能用于合成 ATP 为生命活动供能, 所以需要消耗更多的葡萄糖为生命活动供能, D 正确。

6. (2023·山东, 4)水淹时, 玉米根细胞由于较长时间进行无氧呼吸导致能量供应不足, 使液泡膜上的 H^+ 转运减缓, 引起细胞质基质内 H^+ 积累, 无氧呼吸产生的乳酸也使细胞质基质 pH 降低。pH 降低至一定程度会引起细胞酸中毒。细胞可通过将无氧呼吸过程中的丙酮酸产乳酸途径转换为丙酮酸产酒精途径, 延缓细胞酸中毒。下列说法正确的是()

- A. 正常玉米根细胞液泡内 pH 高于细胞质基质
B. 检测到水淹的玉米根有 CO_2 的产生不能判断是否有酒精生成
C. 转换为丙酮酸产酒精途径时释放的 ATP 增多以缓解能量供应不足
D. 转换为丙酮酸产酒精途径时消耗的 H 增多以缓解酸中毒

答案 B

解析 玉米根细胞由于较长时间进行无氧呼吸导致能量供应不足, 使液泡膜上的 H^+ 转运减缓, 引起细胞质基质内 H^+ 积累, 说明细胞质基质内 H^+ 转运至液泡需要消耗能量, 为主动运

输，逆浓度梯度运输，液泡中 H^+ 浓度高，故正常玉米根细胞液泡内 pH 低于细胞质基质，A 错误；如果玉米根部短时间水淹，根部 O_2 含量少，部分根细胞可以进行有氧呼吸产生 CO_2 ，因此检测到水淹的玉米根有 CO_2 的产生不能判断是否有酒精生成，B 正确；无氧呼吸第二阶段不产生 ATP，C 错误；丙酮酸产酒精途径时消耗的 H 量与丙酮酸产乳酸途径时消耗的 H 量相同，D 错误。

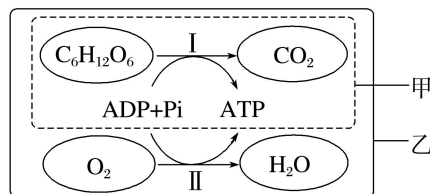
7. (2024·广东，5)研究发现，敲除某种兼性厌氧酵母(WT)*sqr* 基因后获得的突变株 Δ *sqr* 中，线粒体出现碎片化现象，且数量减少。下列分析错误的是()

- A. 碎片化的线粒体无法正常进行有氧呼吸
- B. 线粒体数量减少使 Δ *sqr* 的有氧呼吸减弱
- C. 有氧条件下，WT 比 Δ *sqr* 的生长速度快
- D. 无氧条件下，WT 比 Δ *sqr* 产生更多的 ATP

答案 D

解析 有氧呼吸的主要场所为线粒体，碎片化的线粒体无法为有氧呼吸提供场所，不能正常进行有氧呼吸，A 正确； Δ *sqr* 中正常线粒体数量减少，导致其有氧呼吸减弱，B 正确；与 Δ *sqr* 相比，WT 的正常线粒体数量更多，有氧条件下，WT 有氧呼吸比 Δ *sqr* 的强，能获取更多的能量，故 WT 的生长速度比 Δ *sqr* 快，C 正确；无氧呼吸的场所为细胞质基质，与线粒体无关，所以无氧条件下，WT 和 Δ *sqr* 只进行无氧呼吸产生 ATP，两者产生的 ATP 的量应相同，D 错误。

8. (2025·珠海月考)如图为细胞呼吸过程简图，甲、乙方框表示不同呼吸方式，I、II 表示相关生理过程。下列相关分析错误的是()



- A. 酵母细胞中发生 I 过程的场所是细胞质基质
- B. 在紫色洋葱根细胞中甲、乙两种方式均可发生
- C. 伤口较深时用透气纱布包扎的主要目的是抑制甲
- D. 乙过程的中间产物可将糖类、脂质等代谢联系起来

答案 A

解析 图中 I 过程可表示产物为酒精和 CO_2 的无氧呼吸，也可表示有氧呼吸的第一、二阶段，故酵母菌若通过无氧呼吸发生 I 过程，则其场所为细胞质基质，若通过有氧呼吸发生 I 过程，则场所为细胞质基质和线粒体基质，A 错误。

9. 细胞呼吸除了能为生物体提供能量外，还是生物体代谢的枢纽，如细胞呼吸过程中产生的中间产物可转化为甘油、氨基酸等非糖物质，而非糖物质又可以通过一系列反应转化为葡萄糖

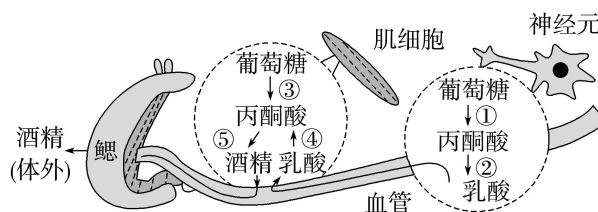
糖。下列有关说法正确的是()

- A. 细胞中的物质都可作为细胞呼吸的底物, 为生物代谢提供能量
- B. 脂类物质转化为葡萄糖时, 元素组成和比例均不发生改变
- C. 与燃烧相比, 有氧呼吸释放的能量有一部分储存在 ATP 中
- D. 在人体细胞中, 细胞呼吸的中间产物可能转化为必需氨基酸

答案 C

解析 细胞中, 不是所有物质都可作为细胞呼吸的底物, 如核糖、脱氧核糖等物质不能作为细胞呼吸的底物, A 错误; 与糖类相比, 脂类物质中 O 的含量低, 而 C、H 的含量高, 且糖类一般只含有 C、H、O 三种元素, 而脂类中不仅含有 C、H、O 三种元素, 有的还含有 N、P, 故脂类物质转化为葡萄糖时, 元素组成和比例均可能发生改变, B 错误; 与燃烧相比, 有氧呼吸释放出的能量大部分以热能的形式散失, 小部分储存在 ATP 中, C 正确; 人体细胞不能合成必需氨基酸, 必须从食物中获取, D 错误。

10. (2024·惠州一模) 金鱼能在冬季冰封池塘、极度缺氧的环境下存活数月。研究发现, 金鱼具有把乳酸转变成酒精排出体外的能力。如图为金鱼在低氧条件下的部分代谢途径, 下列说法正确的是()

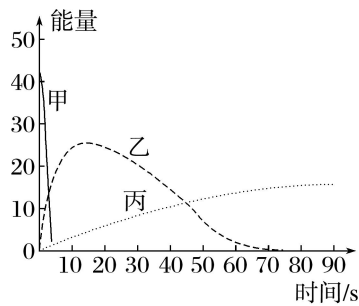


- A. 金鱼进行无氧呼吸时, 葡萄糖中的能量最终全部储存在乳酸和酒精中
- B. 肌细胞与神经元无氧呼吸产物不同的根本原因是两种细胞中的基因种类不同
- C. 金鱼把乳酸转化成酒精, 能降低血液中因 CO_2 过多而导致的呼吸性酸中毒
- D. 若催化过程④的酶活性降低, 会降低金鱼在低氧条件下的存活时间

答案 D

解析 无氧呼吸时, 葡萄糖中的化学能大部分储存在乳酸或酒精中, 少部分释放出来, 释放出来的能量中大部分以热能的形式散失, 少部分转移至 ATP 中, A 错误; 同一个体不同细胞的基因相同, 由于基因的选择性表达使无氧呼吸产物不同, B 错误; 若催化过程④的酶活性降低, 则金鱼把乳酸转变成酒精排出体外的量减少, 导致乳酸在体内积累过多而导致酸中毒, 对神经组织造成损害, 会降低金鱼在低氧条件下的存活时间, C 错误, D 正确。

11. (2024·广东六校一联) 图中甲、乙、丙三条曲线为某滑雪运动员在高强度运动过程中肌肉消耗能量的情况, 其中, 甲表示存量 ATP 变化, 乙和丙表示两种类型的细胞呼吸。下列叙述正确的是()



- A. 肌肉收缩最初所消耗的能量主要来自细胞中的线粒体
- B. 乙表示有氧呼吸，丙表示无氧呼吸
- C. 乙表示的呼吸类型发生在细胞质基质，最终有 H 的积累
- D. 丙表示的呼吸类型的能量转化效率大于乙表示的呼吸类型的能量转化效率

答案 D

解析 曲线甲表示存量 ATP 的含量变化，肌肉收缩最初存量 ATP 快速下降，是其能量的主要来源，A 错误；曲线乙表示的呼吸类型是在较短时间内提供能量，但随着运动时间的延长无法持续提供能量，为无氧呼吸，曲线丙表示的呼吸类型可以持续为人体提供稳定的能量供应，为有氧呼吸，无氧呼吸发生在细胞质基质中，该过程的 H 在第一阶段产生，在第二阶段被消耗，没有 H 的积累，B、C 错误；有氧呼吸(曲线丙)过程中有机物彻底氧化分解，无氧呼吸(曲线乙)过程中有机物氧化分解不彻底，能量绝大多数储存在有机物中，故曲线丙表示的呼吸类型的能量转化效率大于曲线乙表示的呼吸类型的能量转化效率，D 正确。

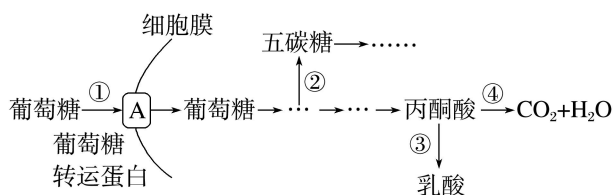
12. (2022·山东, 4)植物细胞内 10%~25%的葡萄糖经过一系列反应，产生 NADPH、CO₂ 和多种中间产物，该过程称为磷酸戊糖途径。该途径的中间产物可进一步生成氨基酸和核苷酸等。下列说法错误的是()

- A. 磷酸戊糖途径产生的 NADPH 与有氧呼吸产生的还原型辅酶不同
- B. 与有氧呼吸相比，葡萄糖经磷酸戊糖途径产生的能量少
- C. 正常生理条件下，利用 ¹⁴C 标记的葡萄糖可追踪磷酸戊糖途径中各产物的生成
- D. 受伤组织修复过程中所需要的原料可由该途径的中间产物转化生成

答案 C

解析 正常生理条件下，只有 10%~25%的葡萄糖参加了磷酸戊糖途径，其余的葡萄糖会参与其他代谢反应，如有氧呼吸，所以用 ¹⁴C 标记葡萄糖，除了追踪到磷酸戊糖途径的含碳产物外，还会追踪到参与其他代谢反应的含碳产物，C 错误。

13. (2025·东莞四中月考)癌细胞即使在氧气充足的条件下也主要依赖无氧呼吸产生 ATP，这种现象称为“瓦堡效应”。研究表明，癌细胞和正常分化的细胞在有氧条件下产生的 ATP 总量没有明显差异，但癌细胞从内环境中摄取并用于细胞呼吸的葡萄糖的量和正常细胞不同。如图是癌细胞在有氧条件下葡萄糖的部分代谢过程，下列叙述正确的是()



- A. 癌细胞中丙酮酸转化为乳酸的过程会生成少量的 ATP
- B. 过程②③发生在细胞质基质中，过程④发生在线粒体内
- C. 发生“瓦堡效应”的癌细胞吸收的葡萄糖比正常细胞的少，且过程③④可同时进行
- D. 若研制药物抑制癌症患者体内细胞的异常代谢途径，可选用图中过程①④为作用位点

答案 B

解析 丙酮酸转化为乳酸的过程属于无氧呼吸的第二阶段，该阶段不会生成 ATP，A 错误；过程②表示葡萄糖进入细胞后转化成五碳化合物，过程③表示癌细胞无氧呼吸，两者发生在细胞质基质中，过程④表示癌细胞的有氧呼吸第二、三阶段，将丙酮酸转化为 CO_2 和 H_2O ，发生在线粒体内，B 正确；根据题干信息分析，发生“瓦堡效应”的癌细胞主要进行无氧呼吸，产生 ATP 总量没有明显差异时，癌细胞吸收的葡萄糖比正常细胞的多，C 错误；图中过程①④是正常细胞生命活动所必须的，不宜选为作用位点，D 错误。

14. (2025·广州阶段考)乳酸循环是人体代谢中一个重要的循环过程，包括骨骼肌细胞无氧呼吸生成乳酸，乳酸通过血液进入肝细胞中，经过糖异生作用重新生成葡萄糖，葡萄糖通过血液又被肌肉细胞摄取，具体过程如图。下列叙述正确的是()



- A. 肌肉细胞生成乳酸常发生于剧烈运动时，场所是线粒体基质
- B. 肌肉细胞中不能进行糖异生作用，根本原因是缺乏酶 3
- C. 由图可知糖异生作用是一个放能过程，与 ATP 的水解相联系
- D. 乳酸循环既可防止乳酸过多导致稳态失调，又可避免能量浪费

答案 D

解析 剧烈运动时，肌肉细胞主要进行无氧呼吸产生乳酸，场所是细胞质基质，A 错误；乳酸在肝细胞中进行糖异生作用时，需要酶 3 的参与，骨骼肌细胞中不能进行糖异生作用，直接原因是缺乏酶 3，根本原因是基因的选择性表达，即与酶 3 合成有关的基因不表达，B 错误；分析题图可知，肝细胞中进行糖异生作用需要消耗 ATP，是一个吸能过程，与 ATP 的水解相联系，C 错误。

二、非选择题

15. (22 分)(2024·广东省实验中学月考)图 1 为某些原核细胞鞭毛(可摆动使个体运动)附近发

生的有氧呼吸过程，膜结构 2 为细胞壁中以类脂 A 所组成的膜结构；图 1 过程中，通过电子传递链的运输，周质空间中 H^+ 浓度高于细胞内。图 2 为某些原核细胞发生的生理过程，过程中产生的 NADH 被复合体 I 氧化后产生的电子经过一系列复合体传递给复合体 IV，最终将 O_2 还原(即途径一，原核细胞无途径二)，该过程同时向膜外运输 H^+ ， H^+ 顺浓度梯度运输驱动 ATP 合成酶合成 ATP。据图回答以下问题：

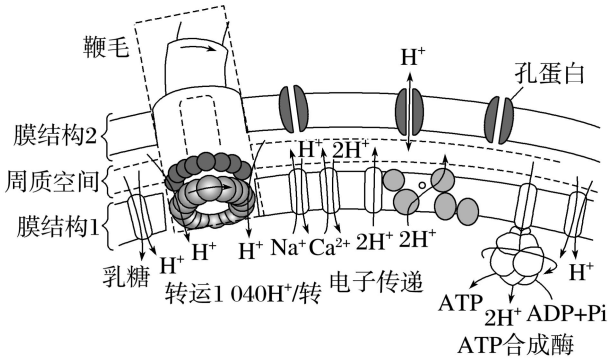


图 1

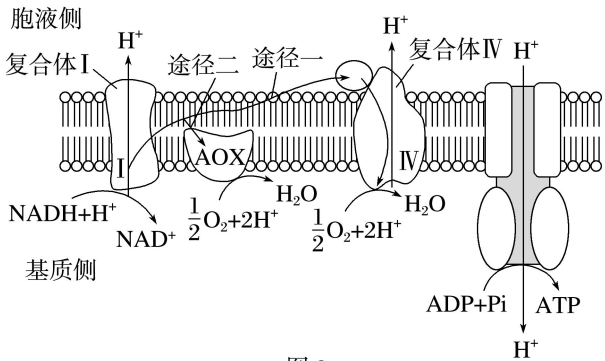


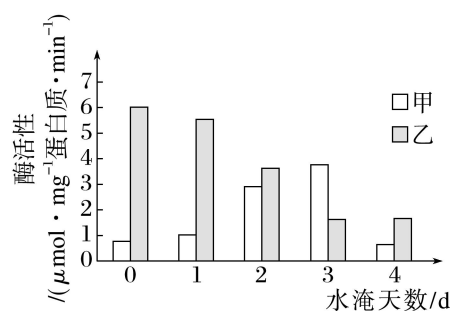
图 2

- (1)图 1 过程中，通过电子传递链的运输，周质空间中 H^+ 浓度高于细胞内，而后 H^+ 化学势能转化为_____，进而使个体运动，还给_____过程供能，同时还转化为 ATP 中的化学能。
- (2)图 1 中膜结构 1 为原核生物的_____ (填细胞结构)，图示功能可以验证内共生学说中线粒体_____ (填“内膜”或“外膜”)来自原核生物。
- (3)(8 分)某些植物细胞的生物膜上存在交替氧化酶(AOX)，该酶能直接利用复合体 I 传递的电子催化 O_2 的还原，即途径二。途径一和二虽然都将电子传递给 O_2 并与 H^+ 生成了 H_2O ，但与途径一相比，途径二的主要区别是_____，途径_____可将更多的能量转移到 ATP 中。含有途径二的图 2 细胞的生物膜为_____。
- (4)(6 分)复合体 IV 向膜外运输 H^+ 的方式是_____。据图分析，复合体 IV 与 ATP 合成酶的作用有哪些共同点？_____ (至少答出两点)。

答案 (1) 鞭毛转动的动能 乳酸和 Na^+ 等物质运输 (2) 细胞膜 内膜 (3) 途径二向膜外运输 H^+ 较少 (4) 线粒体内膜 (5) 主动运输 都能运输 H^+ ，都可以作为酶起到催化作用

解析 (1) 根据图 1 分析，通过电子传递链的运输，周质空间中 H^+ 浓度高于细胞内，而后 H^+ 顺浓度梯度转运至细胞内，该过程中 H^+ 的梯度势能驱动了 ATP 的产生，同时也推动了鞭毛的运动，即 H^+ 的化学势能转化为 ATP 中的化学能和鞭毛转动的动能，且 H^+ 的梯度势能还能给乳酸、 Ca^{2+} 和 Na^+ 等物质运输过程供能(协同转运)。(2) 原核生物没有核膜和细胞器膜，图中的膜结构 1 为原核生物的细胞膜；图示功能显示的是在膜上产生 ATP 的过程，相当于有氧呼吸的第三阶段，所以图中的原核生物的细胞膜相当于线粒体的内膜，该信息可为验证内共生学说提供依据，即线粒体的内膜来自原核生物。(3) 图 2 中的途径一是 NADH 被复合体 I 氧化后产生的电子经过一系列复合体传递给复合体 IV 最终将 O_2 还原，该过程同时向膜外运输 H^+ ， H^+ 顺浓度梯度运输驱动 ATP 合成酶合成 ATP。途径二是交替氧化酶(AOX)直接利用复合体 I 传递的电子催化 O_2 的还原，该途径电子经复合体 IV 的传递量减少，致使膜外 H^+ 浓度减小，驱动 ATP 合成酶合成 ATP 减少；因此与途径一相比，途径二的主要区别是途径二向膜外运输 H^+ 较少，途径一可将更多的能量转移到 ATP 中。图示过程中有还原氢的氧化过程以及 ATP 的生成，发生的是有氧呼吸的第三阶段，说明图示细胞的生物膜为线粒体内膜。(4) 根据“ H^+ 顺浓度梯度运输驱动 ATP 合成酶合成 ATP”可知，图中胞液侧 H^+ 浓度高于基质侧，所以复合体 IV 向膜外运输 H^+ 是逆浓度梯度进行的，其运输方式为主动运输。据图分析，复合体 IV 能作为 H^+ 逆浓度梯度转运的载体，且能催化 H^+ 氧化成水的过程，而 ATP 合成酶不仅能顺浓度梯度转运 H^+ ，还能催化 ATP 的合成，二者的共同点可总结为都能运输 H^+ ，且都可以作为酶起到催化作用。

16. (14 分)(2024·贵州, 17) 农业生产中，旱粮地低洼处易积水，影响作物根细胞的呼吸作用。据研究，某作物根细胞的呼吸作用与甲、乙两种酶相关，水淹过程中其活性变化如图所示。



回答下列问题：

(1)(6 分) 正常情况下，作物根细胞的呼吸方式主要是有氧呼吸，从物质和能量的角度分析，其代谢特点有_____；

参与有氧呼吸的酶是_____(填“甲”或“乙”)。

(2) 在水淹 0~3 d 阶段，影响呼吸作用强度的主要环境因素是_____；水淹第 3 d 时，经

检测，作物根的 CO_2 释放量为 $0.4 \mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ， O_2 吸收量为 $0.2 \mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，若不考虑乳酸发酵，无氧呼吸强度是有氧呼吸强度的_____倍。

(3)(4 分)若水淹 3 d 后排水，植物长势可在一定程度上得到恢复，从代谢角度分析，原因是

_____(答出 2 点即可)。

答案 (1)将有机物彻底氧化分解、释放能量、生成大量 ATP 乙 (2) O_2 的含量 3 (3)无氧呼吸积累的乙醇量较少，对细胞毒害较小；0~3 d 细胞呼吸产生的能量维持了植物基本的生命活动；有氧呼吸酶活性并未完全丧失

解析 (2)在水淹 0~3 d 阶段，随着水淹天数的增加， O_2 含量减少，有氧呼吸减弱，无氧呼吸增强。 CO_2 释放量为 $0.4 \mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ， O_2 吸收量为 $0.2 \mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，有氧呼吸过程中，葡萄糖的消耗量、 O_2 吸收量和 CO_2 释放量的比例为 1:6:6，所以有氧呼吸过程中葡萄糖消耗 $1/30 \mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ；无氧呼吸过程中，葡萄糖的消耗量和 CO_2 释放量的比例为 1:2，无氧呼吸产生 $0.2 \mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} \text{CO}_2$ ，消耗葡萄糖为 $1/10 \mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，所以无氧呼吸强度是有氧呼吸强度的 3 倍。