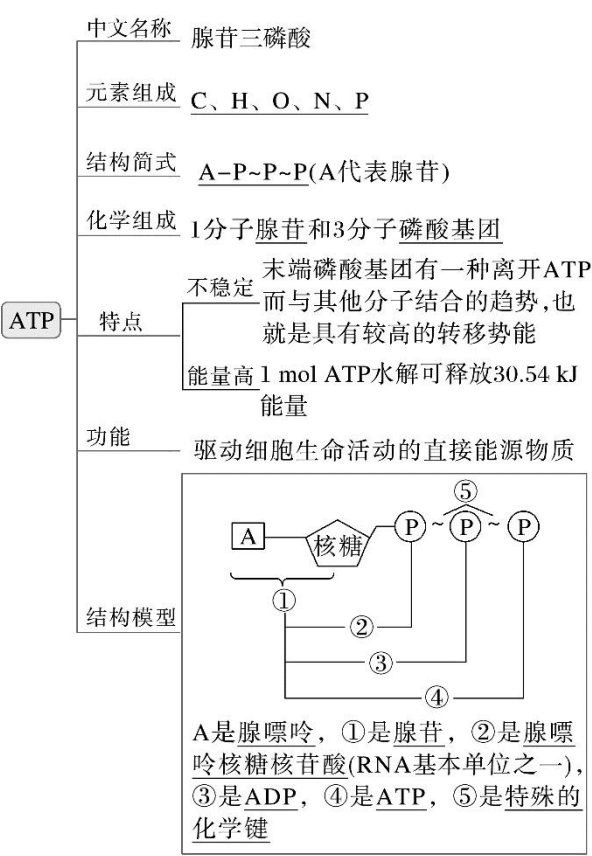


第 10 课时 细胞的能量“货币”ATP

课标要求	解释 ATP 是驱动细胞生命活动的直接能源物质。
考情分析	1.ATP 与 ADP 的相互转化：2024·全国甲·T2 2022·江苏·T8 2021·北京·T1 2021·海南·T14
	2.ATP 的利用：2025·河北·T1 2025·浙江 1 月选考·T4 2023·天津·T1 2021·湖南·T5

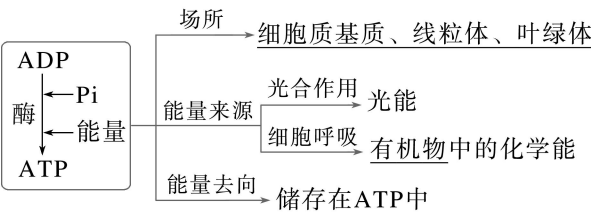
整合 · 必备知识

1. ATP 是一种高能磷酸化合物



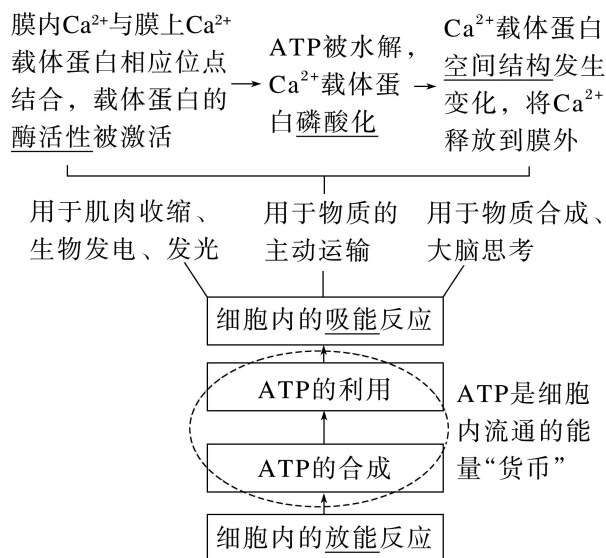
2. ATP 的合成和利用

(1)ATP 的合成



(2)ATP 的利用

①ATP 是细胞内的能量“货币”



②ATP 供能机制

ATP 水解释放的磷酸基团使蛋白质等分子磷酸化，这些分子被磷酸化后，空间结构发生变化，活性也被改变，因而可以参与特定的化学反应。

■ 自我诊断 ■

(1)ATP 转化为 ADP 可为离子的主动运输提供能量(2024·全国甲，2A)(√)

(2)线粒体、叶绿体和高尔基体都是合成 ATP 的场所(2019·全国III，1C)(×)

提示 高尔基体不能合成 ATP。

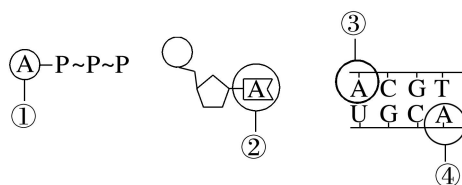
(3)唾液淀粉酶水解淀粉的过程需 ATP 水解提供能量(2019·天津，2A)(×)

提示 淀粉水解不需要消耗 ATP。

形成·解题能力

一、ATP 结构辨析

1. 请写出图中标出的“A”的含义。



①腺苷；②腺嘌呤；③腺嘌呤脱氧核苷酸；④腺嘌呤核糖核苷酸。

2. 科学家发现，一种化学结构与 ATP 相似的物质 GTP(鸟苷三磷酸)也能为细胞的生命活动提供能量，请从化学结构的角度解释 GTP 也可以供能的原因：GTP 含有两个特殊的化学键，远离鸟苷的那个特殊的化学键容易水解断裂，释放能量。

拓展延伸 如果将 ATP 中的 A 替换为 G、U、C，分别为鸟苷三磷酸、尿苷三磷酸和胞苷三磷酸，一起组成 NTP 家族，其脱去核糖第二位 C 上的 O 原子后组成 dNTP 家族，均为高能化合物。

二、ATP 的合成和利用

1. 萤火虫发光需要 ATP 提供能量，其发光机制是尾部发光细胞中含有荧光素和荧光素酶，荧光素接受 ATP 提供的能量后就被激活，生成的荧光素化腺苷酸(腺嘌呤核糖核苷酸简称腺苷酸)与氧气在荧光素酶的催化下反应形成发光物质虫荧光酰腺苷酸。

(1)将 ^{32}P 标记的磷酸注入活细胞内，随后迅速分离细胞内的 ATP，发现细胞内的 ATP 含量不变，但 ATP 中末端磷酸基团已被 ^{32}P 所标记。该实验的结论为 ATP 和 ADP 在细胞内快速相互转化，细胞内 ATP 维持动态平衡。

(2)将 α 、 β 、 γ 位置分别被 ^{32}P 标记的 ATP($\text{A}-\text{P}_\alpha\sim\text{P}_\beta\sim\text{P}_\gamma$)注入不同的发光细胞内，只有注入 α 位置被标记的 ATP 的细胞，在形成的发光物质虫荧光酰腺苷酸中检测到放射性。由此推测发光细胞以这种方式利用 ATP 的生物学意义是 ATP 水解成腺苷酸，不仅为发光物质的合成提供能量，同时也提供原料。

2. 研究者发现 ATP 在神经系统的信息传递中可以作为一种兴奋性的神经递质发挥作用，并且在内脏、中枢及外周神经系统等多个部位的细胞膜上发现了 ATP 受体，可见 ATP 还是一种能在细胞间传递信息的信号分子。

强化·迁移应用

考向一 ATP 的结构及其特点

1. (2025·银川检测)如图所示为 ATP 的结构及 ATP 与 ADP 之间的相互转化过程，下列说法正确的是()

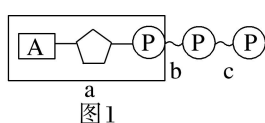


图1

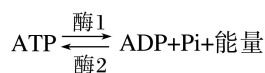


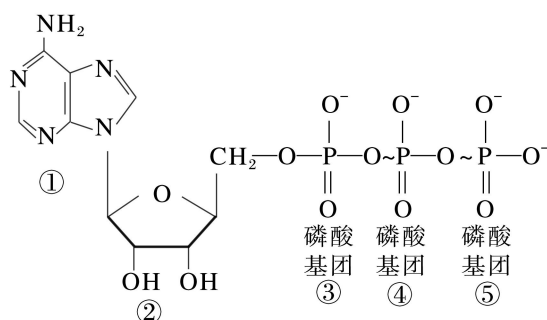
图2

- A. 图1中的a代表腺苷，A代表的是腺嘌呤
- B. 某些载体蛋白可催化ATP水解
- C. ATP与ADP相互转化过程，虽不是可逆的，但物质和能量是可循环利用的
- D. 酶1和酶2调节作用的机理是降低反应的活化能

答案 B

解析 图1中的a是由腺嘌呤(A)、核糖和磷酸组成的，代表腺嘌呤核糖核苷酸，A代表腺嘌呤，A错误； Ca^{2+} 载体蛋白可发挥ATP水解酶的作用，B正确；ATP与ADP相互转化过程中物质是可以循环利用的，但能量不可循环利用，C错误；酶1和酶2作为催化剂，其作用是催化而非调节，D错误。

2. (2024·东莞三校联考)将标记的 ^{32}P 注入活细胞内,随后迅速分离细胞内的 ATP,测定其放射性,如图代表 ATP 的结构。下列叙述不正确的是()



- A. ④和⑤之间化学键的形成过程总是与放能反应相关联
- B. ①代表 ATP 中的“A”, ATP 脱去④⑤成为腺嘌呤核糖核苷酸
- C. ATP 中磷酸基团⑤很快就会被 ^{32}P 标记,但是 ATP 的含量基本不变
- D. 细胞癌变后 ATP 末端磷酸基团被取代的速率加快

答案 B

解析 ①代表腺嘌呤,而 ATP 中的“A”代表腺苷, B 错误;ATP 中远离腺苷的化学键容易断裂和生成,但是 ATP 的含量基本不变,故磷酸基团⑤很快就会被 ^{32}P 标记, C 正确;细胞癌变后细胞代谢增强,ATP 和 ADP 的转化加快,ATP 末端磷酸基团被取代的速率加快, D 正确。

考向二 ATP 的合成和利用

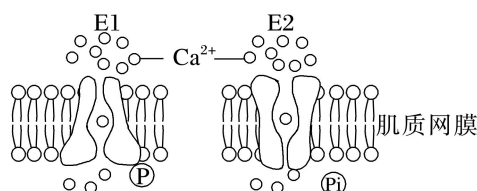
3. (2025·河北,1)ATP 是一种能为生命活动供能的化合物,下列过程不消耗 ATP 的是()

- A. 肌肉的收缩
- B. 光合作用的暗反应
- C. Ca^{2+} 载体蛋白的磷酸化
- D. 水的光解

答案 D

解析 肌肉收缩需要 ATP 水解供能, A 不符合题意;光合作用暗反应中 C_3 的还原需要消耗 ATP(来自光反应产生的 ATP), B 不符合题意;ATP 为主动运输供能时载体蛋白空间结构发生变化, Ca^{2+} 载体蛋白磷酸化需要 ATP 水解提供磷酸基团和能量, C 不符合题意;水的光解发生在光反应阶段,由光能驱动,不消耗 ATP,反而生成 ATP, D 符合题意。

4. (2023·福建,14)肌细胞质基质中 Ca^{2+} 浓度升高将引起肌收缩,静息状态下,肌细胞质基质 Ca^{2+} 浓度极低,此时胞内 Ca^{2+} 主要存储于肌质网中(一种特殊的内质网)。肌质网膜上存在一种 Ca^{2+} 载体,能催化水解 ATP 实现 Ca^{2+} 逆浓度跨膜运输,该载体转运过程中的两个状态(E1 和 E2)如图所示。下列相关叙述错误的是()



- A. 该载体对 Ca^{2+} 的转运过程利用了 ATP 水解所释放的能量
- B. E2 中该载体通过构象变化向细胞质基质运输 Ca^{2+} 导致肌收缩
- C. 若该载体数量不足或功能减弱可导致肌收缩的停止发生异常
- D. 随着待转运 Ca^{2+} 浓度的增加，该载体的运输速率先增大后稳定

答案 B

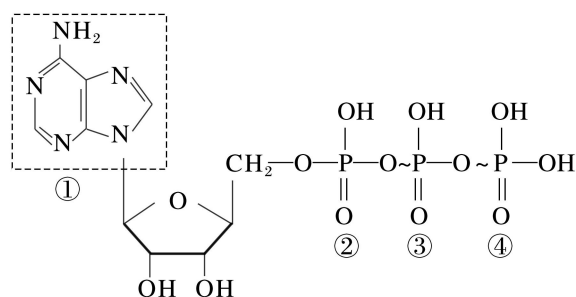
解析 根据题干信息可知，该载体对 Ca^{2+} 的转运方式是主动运输，A 正确；图示中载体的 E1 状态是载体蛋白的磷酸化，通过其空间结构改变完成 Ca^{2+} 的逆浓度梯度运输，E2 是去磷酸化状态，恢复为可以重新结合 Ca^{2+} 的状态，因此这个主动运输过程是把 Ca^{2+} 向肌质网中运输，降低了肌细胞质基质中 Ca^{2+} 浓度，肌细胞由收缩恢复为舒张状态，B 错误；肌质网膜上的 Ca^{2+} 载体数量不足或功能减弱，不利于肌质网回收 Ca^{2+} ，使肌细胞质基质中 Ca^{2+} 维持较高浓度，引起肌细胞持续收缩，C 正确；主动运输中，在一定范围内随着待转运 Ca^{2+} 浓度的增加，该载体的运输速率增大，但受到载体数量的限制，达到最大速率后保持稳定，D 正确。

课时精练

选择题 1~10 题，每小题 8 分，共 80 分。

一、选择题

1. 如图表示 ATP 分子的结构式，下列相关叙述正确的是()



- A. ①与 ATP 中的“A”具有相同的含义
- B. 病毒不需要 ATP 就可完成各项生命活动
- C. ATP 脱去④的过程常与放能反应相联系
- D. ATP 脱去③④后的产物可用于合成某些酶

答案 D

解析 ①为腺嘌呤，ATP 中的“A”为腺苷，由腺嘌呤和核糖构成，A 错误；病毒没有细胞

结构，需要寄生在活细胞中才能生存，各项生命活动的进行需要 ATP，B 错误；ATP 脱去④的过程释放能量，因此常与吸能反应相联系，C 错误；ATP 脱去③④后的产物为腺嘌呤核糖核苷酸，是构成 RNA 的基本单位之一，而酶的化学本质是蛋白质或 RNA，因此 ATP 脱去③④后的产物可用于合成某些酶，D 正确。

2. (2021·北京，1)ATP 是细胞的能量“货币”，下列关于 ATP 的叙述错误的是()

- A. 含有 C、H、O、N、P
- B. 必须在有氧条件下合成
- C. 胞内合成需要酶的催化
- D. 可直接为细胞提供能量

答案 B

解析 无氧呼吸过程中也能合成少量 ATP，B 错误。

3. (2024·肇庆期末)据测算，一个人在剧烈运动的状态下，每分钟约有 0.5 kg 的 ATP 转化成 ADP，释放能量，供运动所需。生成的 ADP 又可在一定条件下转化成 ATP。下列相关叙述错误的是()

- A. ADP 是比 ATP 稳定的化合物，其分子中不含特殊化学键
- B. 正常生活的细胞中，ATP 和 ADP 的相互转化处于动态平衡
- C. ATP 和 ADP 相互转化的供能机制体现了生物界的统一性
- D. ADP 转化成 ATP 的过程中，所需的能量可来自细胞呼吸

答案 A

解析 ADP 分子中也含特殊化学键，A 错误。

4. (2025·深圳中学月考)Gabija 细菌防御系统具有抗病毒作用，其防御作用与 GajA 酶有关。正常浓度的 ATP 会抑制 GajA 酶的活性，病毒侵入后高强度的转录会激活 GajA 酶，激活的 GajA 酶能对外来病毒的核酸进行切割，从而抵抗病毒的感染。下列有关叙述错误的是()

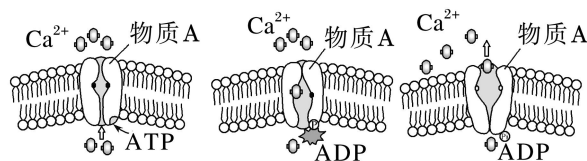
- A. 激活的 GajA 酶能破坏病毒核酸分子的磷酸二酯键
- B. GajA 酶被激活的原因是高强度的转录消耗大量 ATP
- C. 病毒的入侵会显著降低细菌细胞中 ADP/ATP 的值
- D. 病毒入侵后，激活的 GajA 酶的空间结构会发生改变

答案 C

解析 依据题干信息可知，激活的 GajA 酶能对外来病毒的核酸进行切割，核苷酸之间通过磷酸二酯键进行连接，故激活的 GajA 酶能破坏病毒核酸分子的磷酸二酯键，A 正确；正常浓度的 ATP 会抑制 GajA 酶的活性，高强度的转录消耗大量 ATP，会导致 ATP 低于正常水平，激活 GajA 酶，B 正确；病毒的入侵会导致 ATP 消耗增多，故会提高细菌细胞中 ADP/ATP 的值，C 错误；病毒入侵后，GajA 酶被激活，即由抑制状态变为激活状态，

激活的 GajA 酶的空间结构会发生改变，D 正确。

5. (2025·惠州调研)ATP 为 Ca^{2+} 跨膜运输供能的过程如图所示，下列相关叙述错误的是()

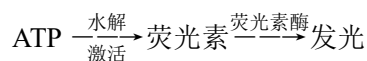


- A. 图中物质 A 既具有物质运输功能，又具有催化功能
- B. 载体蛋白磷酸化伴随着能量的转移，载体蛋白活性也被改变
- C. Ca^{2+} 与物质 A 结合后，最终导致物质 A 的空间结构发生变化
- D. 加入蛋白质变性剂会提高 Ca^{2+} 的跨膜运输速率

答案 D

解析 由图可知， Ca^{2+} 的跨膜运输过程需要载体和能量，载体的化学本质是蛋白质。若加入蛋白质变性剂，则载体蛋白的结构和功能会发生改变， Ca^{2+} 的跨膜运输速率将降低，D 错误。

6. 科学家培育出一种含转荧光素酶基因的“荧光树”，用荧光素浇灌后，“荧光树”能发光，原理如图。以下说法正确的是()



- A. 荧光素酶和 ATP 为荧光素的发光反应提供了能量
- B. “荧光树”能持续发光与细胞内 ATP 的含量较高密切相关
- C. ATP 彻底水解后可以得到三种小分子有机物
- D. 荧光素发光反应前后，荧光素酶的结构相同

答案 D

解析 酶的作用是降低化学反应的活化能，不能提供能量，A 错误；ATP 在细胞内的含量较低且稳定，“荧光树”能持续发光依靠的是 ATP 和 ADP 之间的快速转化，B 错误；ATP 彻底水解后可以得到磷酸、核糖、腺嘌呤三种小分子物质，但磷酸不属于有机物，C 错误。

7. cAMP(环化一磷酸腺苷)是由 ATP 脱去两个磷酸基团后缩合环化而成的一种细胞内信号分子。下列有关叙述正确的是()

- A. cAMP 与核酸的组成元素不同
- B. cAMP 中的 A 与 ATP 中的 A 含义相同
- C. 接收 cAMP 信号的受体为糖被
- D. ATP 缩合形成 cAMP 的场所在核糖体

答案 B

解析 cAMP 与核酸的组成元素都为 C、H、O、N、P，A 错误；cAMP 中的 A 与 ATP 中的 A 均代表腺苷，B 正确；糖被在细胞表面，cAMP 为胞内信号分子，C 错误；氨基酸脱水缩合的场所为核糖体，cAMP 作为 ATP 转化而来的胞内信号分子，其形成过程通常发生在细

胞质基质中，D 错误。

8. (2025·佛山 15 校联盟联考)Arf 家族蛋白是分泌、内吞等过程的关键引发因子，Arf 家族蛋白在与 GDP 结合的非活性状态和与 GTP 结合的活性状态之间循环(GTP 和 ATP 的结构和性质相似，仅是碱基 A 被 G 替代)。活性状态的 Arf 家族蛋白能募集胞质蛋白进入囊泡，然后运输到特定的亚细胞位点。以下叙述正确的是()

- A. GDP 是由鸟嘌呤、核糖和 3 个磷酸基团结合而成
- B. Arf 由非活性状态转化为活性状态，其空间结构不会发生改变
- C. Arf 由非活性状态转化为活性状态是一个吸能反应
- D. 运输货物蛋白的囊泡可能来自核糖体、内质网或高尔基体

答案 C

解析 GTP 中 G 表示鸟苷，P 表示磷酸基团，其结构式是 $G-P \sim P \sim P$ ，则 GTP 是由鸟嘌呤、核糖和 3 个磷酸基团结合而成，A 错误；Arf 由结合 GDP 的非活性状态转化为结合 GTP 的活性状态，其空间结构发生改变，该过程需要储存能量，属于吸能反应，B 错误，C 正确；核糖体是无膜结构细胞器，无法形成囊泡，运输货物蛋白的囊泡可能来自内质网或高尔基体，体现了膜的流动性，D 错误。

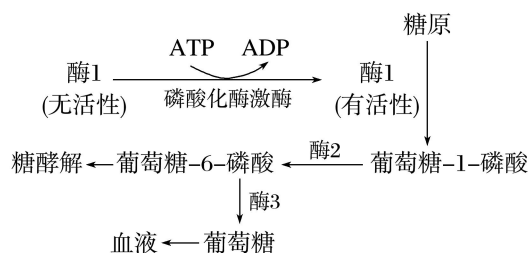
9. (2024·茂名期中)磷酸肌酸($C \sim P$)是一种存在于肌肉和其他兴奋性组织(如脑和神经)中的高能磷酸化合物，它和 ATP 在一定条件下可以相互转化。细胞在急需供能时，在酶的催化下，磷酸肌酸的磷酸基团转移到 ADP 分子上，余下部分为肌酸(C)，这样可以在短时间内维持细胞中 ATP 含量的相对稳定。下列叙述错误的是()

- A. 肌肉收缩时，ATP 的含量保持相对稳定
- B. 磷酸肌酸可作为能量的存储形式，但不能直接为肌肉细胞供能
- C. 剧烈运动时，肌肉细胞中磷酸肌酸与肌酸含量的比值会有所升高
- D. 细胞中的磷酸肌酸对于维持 ATP 含量的相对稳定具有重要作用

答案 C

解析 剧烈运动时，消耗 ATP 加快，ADP 转化为 ATP 的速率也加快，磷酸肌酸的磷酸基团转移到 ADP 分子上，产生肌酸，导致磷酸肌酸与肌酸含量的比值下降，C 错误。

10. (2024·茂名二模)动物体内部分酶的活性受磷酸化的影响，进而影响细胞代谢，如图。下列相关叙述错误的是()



- A. ATP 水解释放的磷酸基团使酶 1 磷酸化

- B. 肝细胞和肌肉细胞中均有酶 1、酶 2、酶 3 分布
- C. 胰高血糖素作用于靶细胞，使磷酸化酶激酶的活性增强
- D. 磷酸化会改变酶的空间结构并改变其活性，有利于细胞代谢

答案 B

解析 ATP 水解产生 ADP 的同时也会产生磷酸，可以为酶 1 的磷酸化提供磷酸基团，A 正确；胰高血糖素作用于靶细胞，使磷酸化酶激酶的活性增强，从而促进糖原水解，使血糖升高，C 正确；磷酸化会改变酶的空间结构，并改变酶的活性，图中酶 1 有活性后有利于细胞代谢的进行，D 正确。

二、非选择题

11. (20 分)(2025·中山联考)ATP 是细胞内流通的能量“货币”，是驱动细胞生命活动的直接能源物质。回答下列问题：

(1)植物细胞合成 ATP 的场所包括线粒体、_____。

(2)线粒体是细胞的“动力车间”，能及时将合成的 ATP 转运至细胞质基质供各种细胞结构利用。线粒体内膜上存在丰富的 ATP/ADP 转运蛋白体(AAC)，AAC 具有同时结合 ATP 和 ADP 的位点，可同时反向运输 ATP 和 ADP。AAC 的 ATP 结合位点主要分布于_____ (填“线粒体基质侧”或“细胞质基质侧”)，这种反向运输的机制有利于_____。

(3)在无氧情况下，酵母菌线粒体上的 AAC 也能将细胞质基质中的 ATP 运输到线粒体内。推测 ATP 进入线粒体用于_____ (答出两点即可)等大分子物质的合成。

(4)(4 分)泡发过久的黑木耳会被椰毒假单胞菌污染，该细菌会分泌毒性极强的米酵菌酸，研究发现米酵菌酸可以竞争性地结合在 AAC 上，食用被椰毒假单胞菌污染的黑木耳，严重者会引发人体中毒死亡，引起人体死亡的原因可能是_____。

答案 (1)叶绿体和细胞质基质 (2)线粒体基质侧 保障线粒体内 ATP 的再生 (3)DNA、RNA、蛋白质 (4)米酵菌酸可以竞争性地结合在 AAC 上，从而抑制 ADP 和 ATP 的转换，导致人体细胞严重缺少能量而死亡