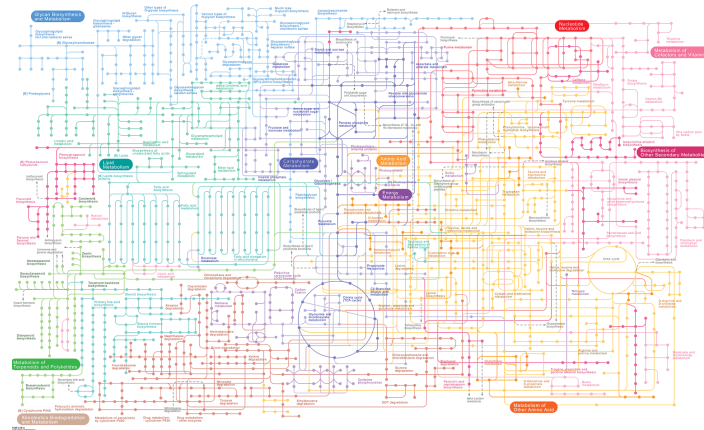


第三章 物质代谢 代谢总论

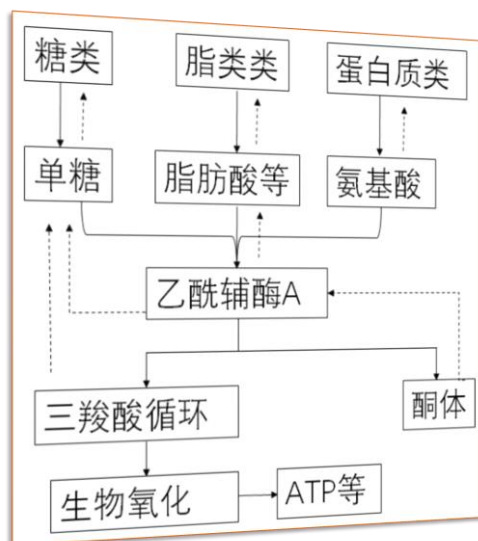
孔宇

西安交通大学生命科学与技术学院

2020年3月2日



内容简介



1. 代谢的特征

2. 生物能学

3. 高能物质



1.代谢的特征-代谢的定义(Metabolism)

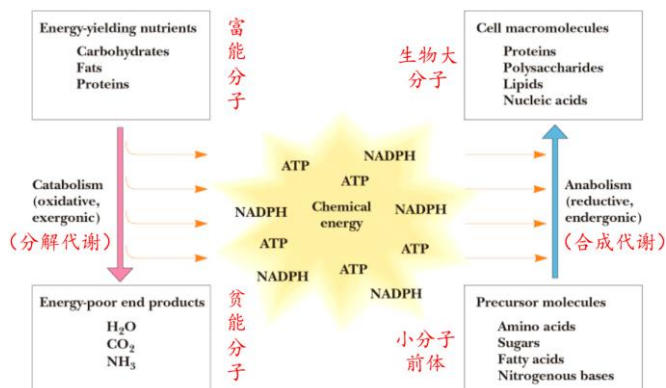
❖ 生物体内发生的所有生化反应

❖ 分解代谢

(Catabolism): 氧化&分解途径: 释放能量

❖ 合成代谢

(Anabolism): 还原&合成途径: 消耗能量



西安交通大学



以有氧代谢为例-三个阶段

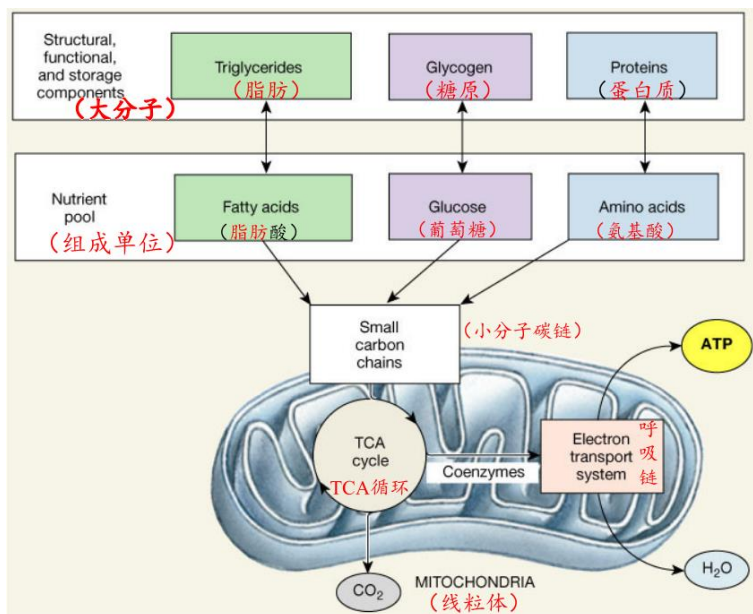
❖ 条件温和

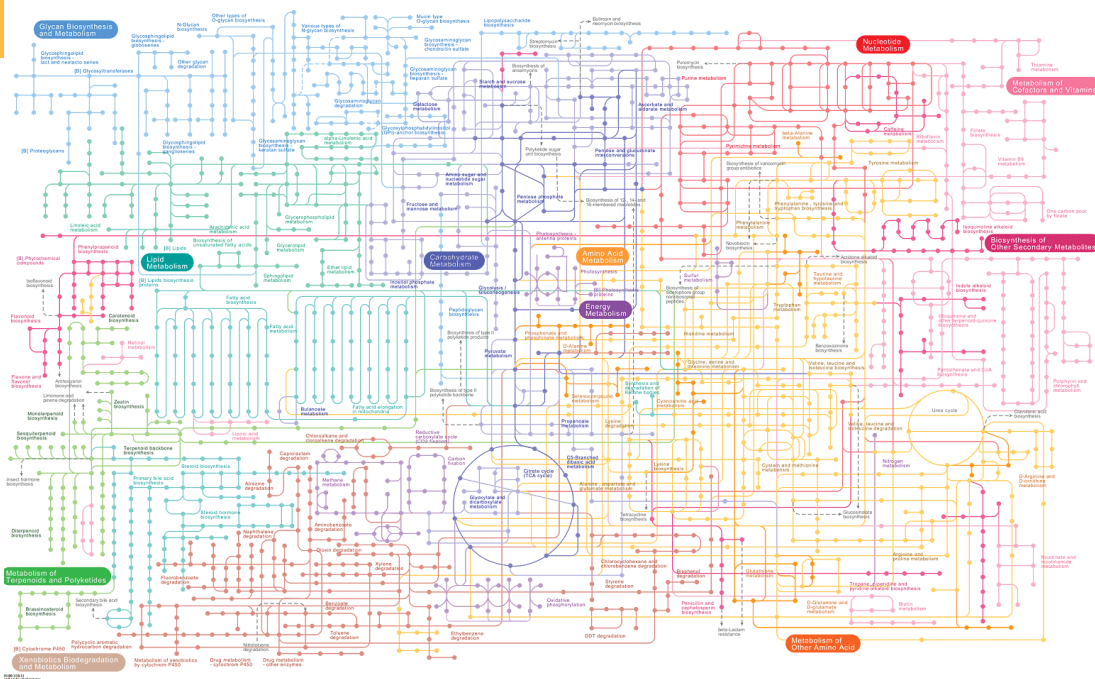
❖ 代谢途径不可逆(合成≠分解)

❖ 受到调控

❖ 高度分室化(真核)

❖ 物种间高度保守





西大

代谢途径的特征

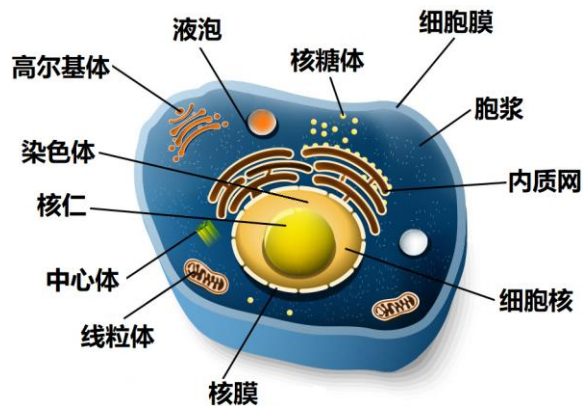
- ❖ 分室化，集成化
- ❖ 高度分化
- ❖ 网格化
- ❖ 循环/线性/分支...

西安交通大学



分室化

- ❖ **线粒体**：TCA循环、氧化磷酸化、脂肪酸氧化等
- ❖ **细胞质基质**：糖酵解、脂肪酸生物合成、磷酸戊糖途径等
- ❖ **细胞核**：DNA复制、转录和转录后加工等
- ❖ **内质网**：膜蛋白与分泌蛋白的合成、脂质合成等



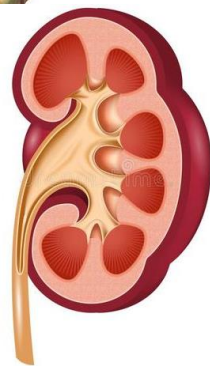
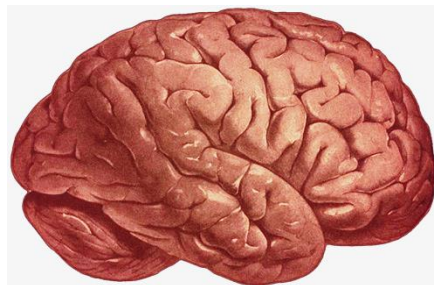
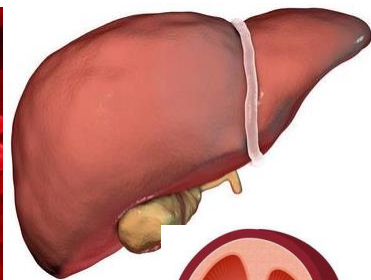
西安交通大学

7



高度分化

- ❖ **红细胞**：无核、无线粒体！
- ❖ **肝脏**：尿素循环
- ❖ **肾脏和肝脏**（糖异生）
- ❖ **肌肉+肝脏**：乳酸循环

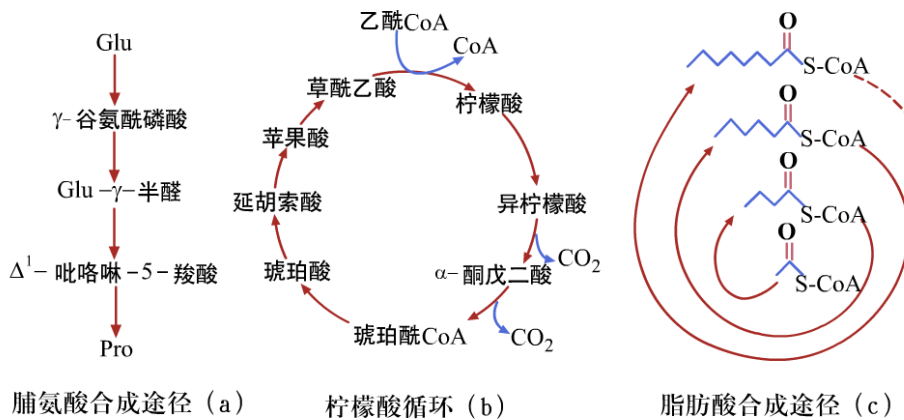


西安交通大学

8



线形、环形和螺旋形等代谢途径



一种物质，其分解代谢和合成代谢途径一般不相同；并分区域进行-优点？两/多用代谢途径和交叉点-TCA等

大学



研究代谢的方法

- ❖ 同位素标记-DNA的半保留复制
- ❖ 特殊的额标记物-苯环-脂肪酸 β 氧化；荧光标记
- ❖ 抑制剂
- ❖ 遗传缺陷-突变细胞系
- ❖ 基因组+生物信息学

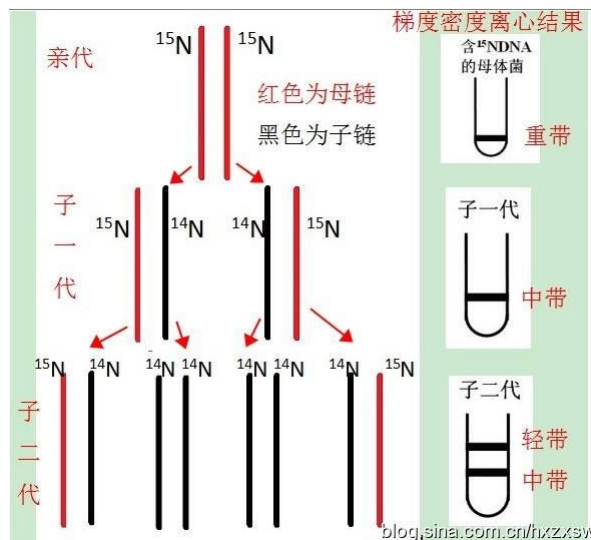
西安交通大学



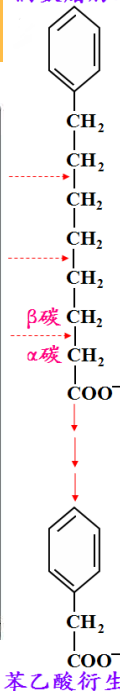
研究代谢的方法

❖ 同位素标记-DNA的半保留复制

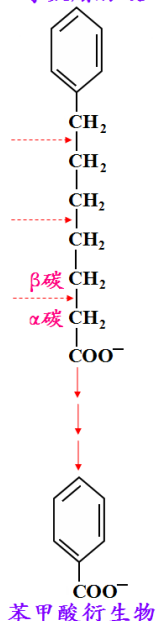
❖ 特殊的额标记物-苯环-脂肪酸β氧化；荧光标记



偶数脂肪酸



奇数脂肪酸

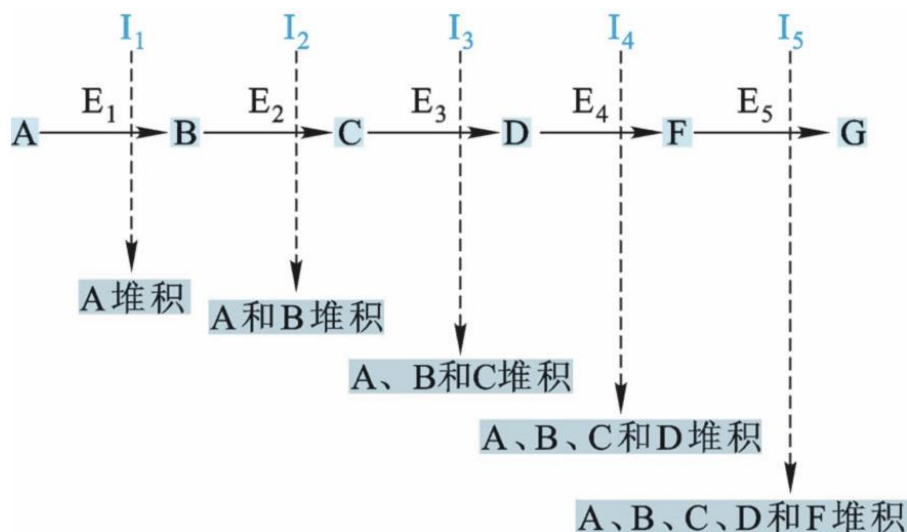


11



研究代谢的方法-抑制剂

❖ 代谢中间物的积累



突变酶亦可

西安交通大学

12



2.生物能学

- ❖ 生命系统
- ❖ 吉布斯方程
- ❖ 生化反应的标准条件
- ❖ 代谢的能学特点

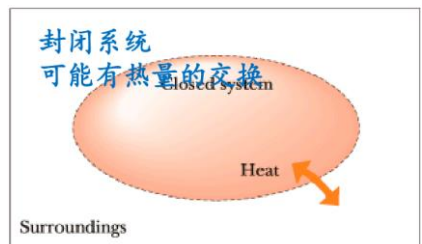
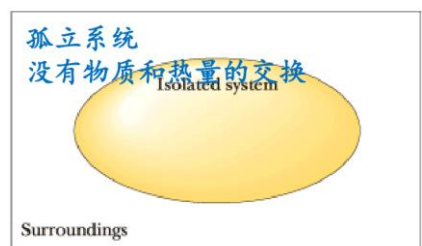
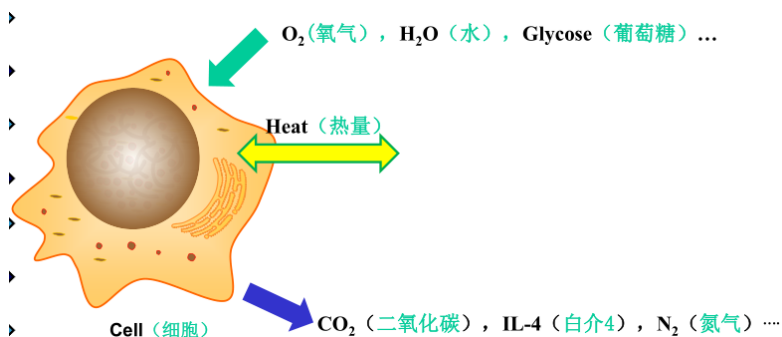
13

西安交通大学



生命体系

- ❖ 孤立系统;封闭系统;开放系统
- ❖ 生命体系是什么体系?



14

西安交通大学



吉布斯方程

- ❖ Free Energy 自由能, G
- ❖ $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
- ❖ Entropy 熵, S
- ❖ Enthalpy 焓, H



$$\Delta G = \Delta G^{\ominus'} + RT \ln \left(\frac{[C][D]}{[A][B]} \right)$$

$$\Delta G >$$

$$\Delta G <$$

$$\Delta G =$$

15

西安交通大学



标准条件-生命体内环境

标准条件

- ❖ 压强: 101kPa (1atm)
- ❖ 温度 = 298K (25°C)
- ❖ 浓度 = 1M

生命体内环境

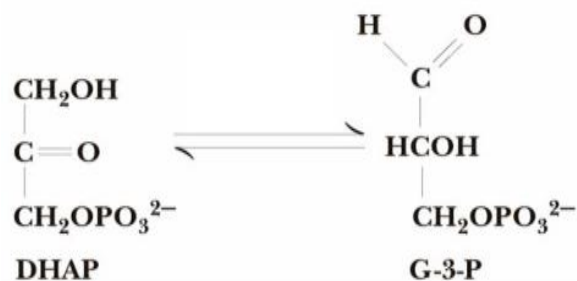
- ❖ 压强: 类似
- ❖ 温度: ~36°C
- ❖ 浓度: μ -m mol/L

16

西安交通大学



生理条件vs标准条件



$$K'_{eq}=0.475$$

$$\Delta G^{\Theta'} = -2.303RT \lg K'_{eq}$$

$$\Delta G^{\Theta'} = 1.92 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{DHAP}] &= 2 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \\
 [\text{G-3-P}] &= 2 \times 10^{-6} \text{ mol/L}
 \end{aligned}$$

$$\Delta G = \Delta G^{\Theta'} + RT \ln \left(\frac{[\text{G-3-P}]}{[\text{DHAP}]} \right)$$

$$\Delta G = -8.9 \text{ kJ/mol}$$

17

西安交通大学



热力学vs动力学



$$\Delta G^{\Theta'} = -5\,693 \text{ kJ/mol}$$

❖ 葡萄糖能否自燃？

18

西安交通大学



代谢的特征-汇总

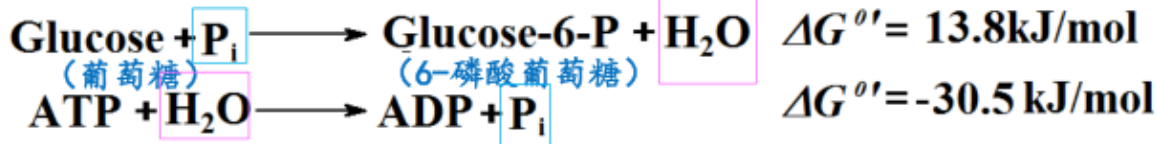
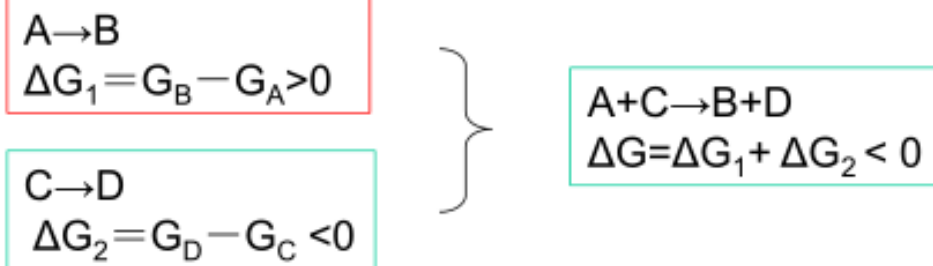
- ❖ (1) 反应条件一般较为温和。
- ❖ (2) 高度调控。
- ❖ (3) 每一条代谢途径都是不可逆的。
- ❖ (4) 一条代谢途径至少存在1个限速步骤。
- ❖ (5) 各种生物在基本的代谢途径上是高度保守的。
- ❖ (6) 代谢途径在真核细胞是高度分室化的。
- ❖ (7) 多细胞生物特别是高等生物由于细胞的分化，有的代谢途径只存在于某种或者某些类型的细胞。

19

西安交通大学



代谢的能学特点-偶联反应



西安交通大学



3.高能物质

❖ 定义：分子(反应)中，某个化学键变化释放(转移、蕴含)能量 $> 7.3\text{kcal/mol}$ 的分子

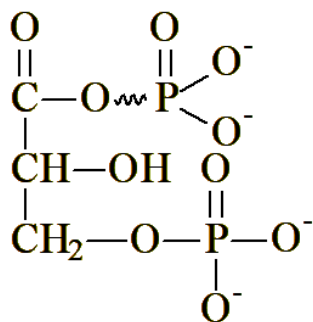
Compound	kcal mol ⁻¹	kJ mol ⁻¹
Phosphoenolpyruvate (磷酸烯醇丙酮酸盐)	14.8	-61.9
1,3-Bisphosphoglycerate (1,3-二磷酸甘油酸)	11.8	-49.4
Creatine phosphate (磷酸肌酸)	-10.3	-43.1
ATP (to ADP)	-7.3	-30.5
Glucose 1-phosphate (1-磷酸葡萄糖)	-5.0	-20.9
Pyrophosphate (焦磷酸盐)	-4.6	-19.3
Glucose 6-phosphate (6-磷酸葡萄糖)	-3.3	-13.8
Glycerol 3-phosphate (3-磷酸甘油)	-2.2	-9.2

21

大学

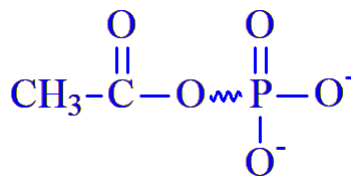


3.1.磷氧键型 (-O-P-) (1) 酰基磷酸化合物



1, 3-二磷酸甘油酸

11.8千卡/摩尔



乙酰磷酸

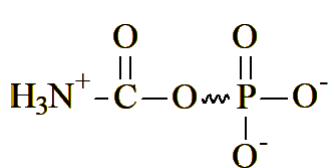
10.1千卡/摩尔

22

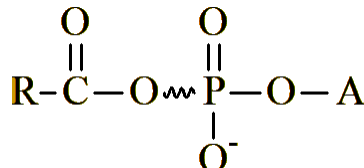
西安交通大学



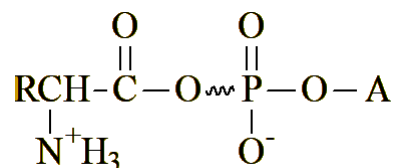
(1) 酰基磷酸化合物



氨甲酰磷酸



酰基腺苷酸
(acyl AMP)



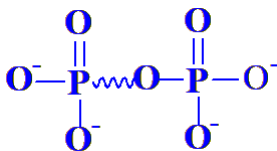
氨酰基腺苷酸

23

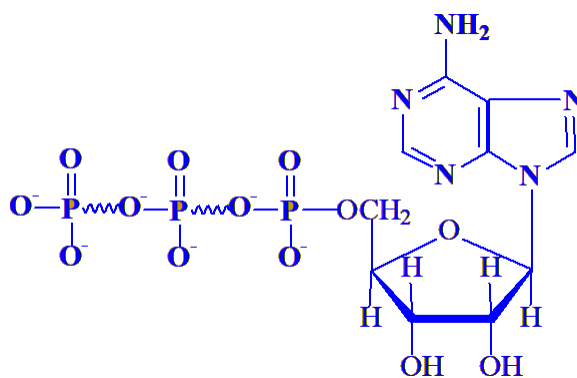
西安交通大学



(2) 焦磷酸化合物



焦磷酸



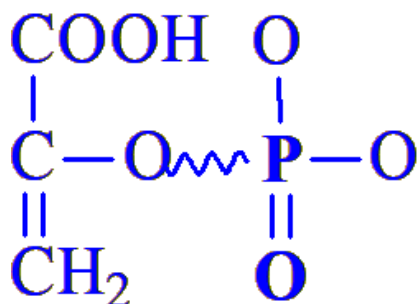
ATP (三磷酸腺苷) 7.3千卡/摩尔

24

西安交通大学



(3) 烯醇式磷酸化合物



磷酸烯醇式丙酮酸

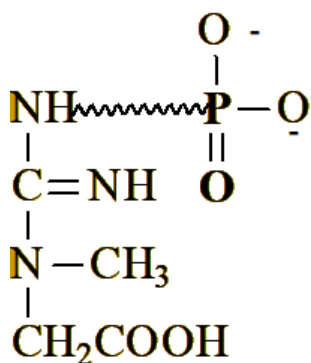
14.8千卡/摩尔

25

西安交通大学

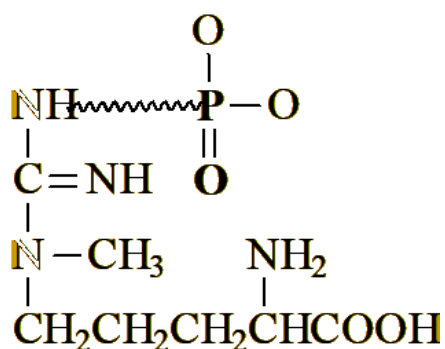


3.2、氮磷键型



磷酸肌酸

10.3千卡/摩尔



磷酸精氨酸

7.7千卡/摩尔

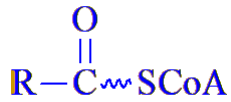
这两种高能化合物在生物体内起储存能量的作用。

26

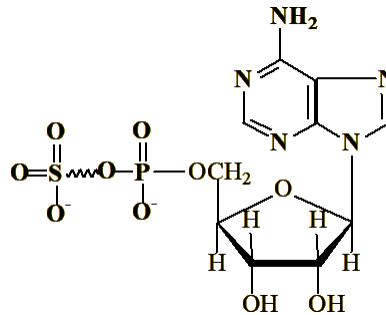
西安交通大学



3.3 硫酯键型



酰基辅酶A



3'-腺苷磷酸-5'-磷酰硫酸

27

西安交通大学



小结

- ❖ 理解 ΔG 的意义及其与反应自发与否的关系
- ❖ 掌握几种常见的高能物质
- ❖ 了解代谢的特征

28

西安交通大学