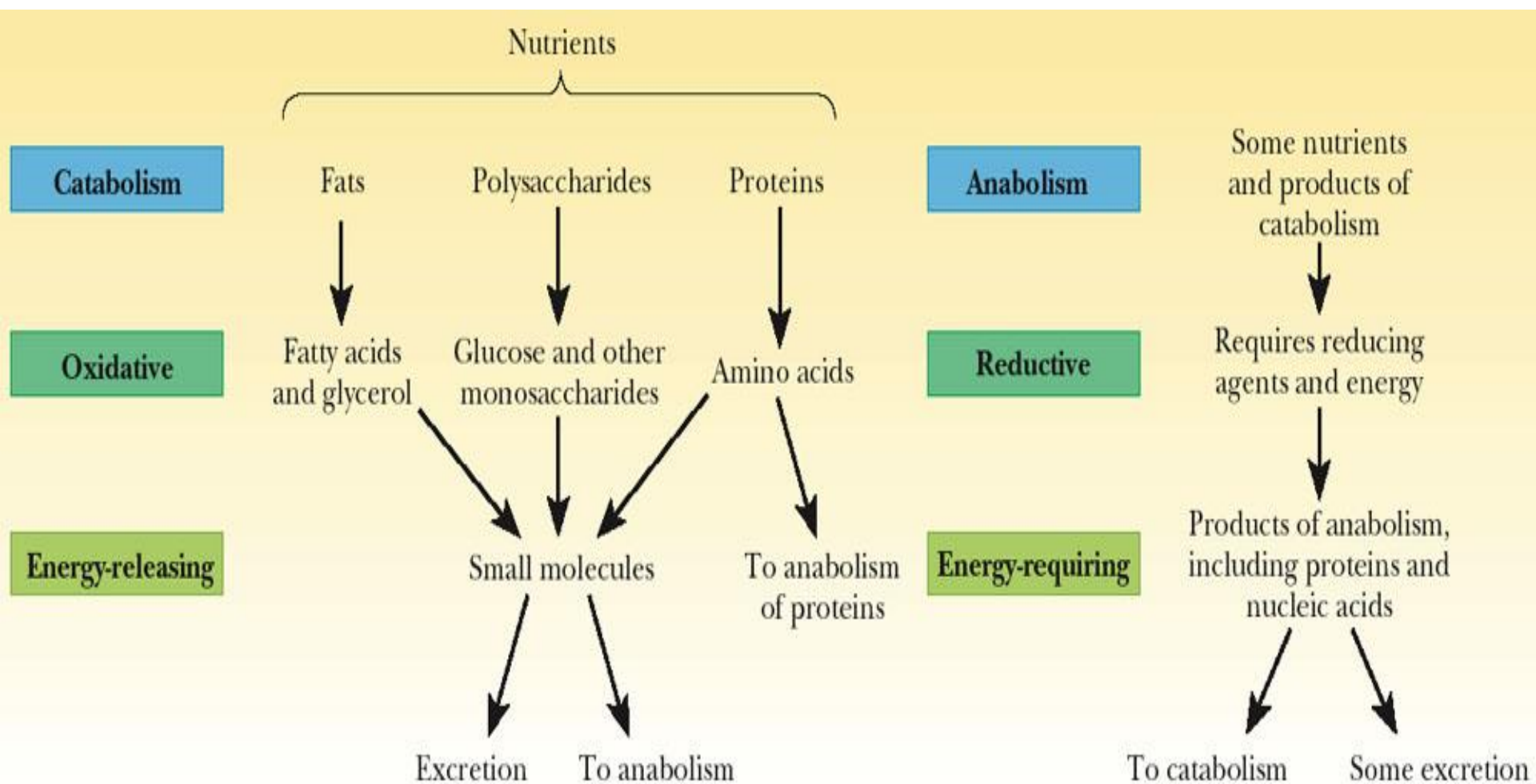


대사 (Metabolism)

1. 이화 (catabolism):

2. 동화 (anabolism) :



대 사 (Metabolism)

1. 이화 (catabolism):

degradation of molecules (분해과정)

oxidative process (산화과정)

에너지 생성 (ATP)

환원력 생성 (NADH, NADPH)

대 사 (Metabolism)

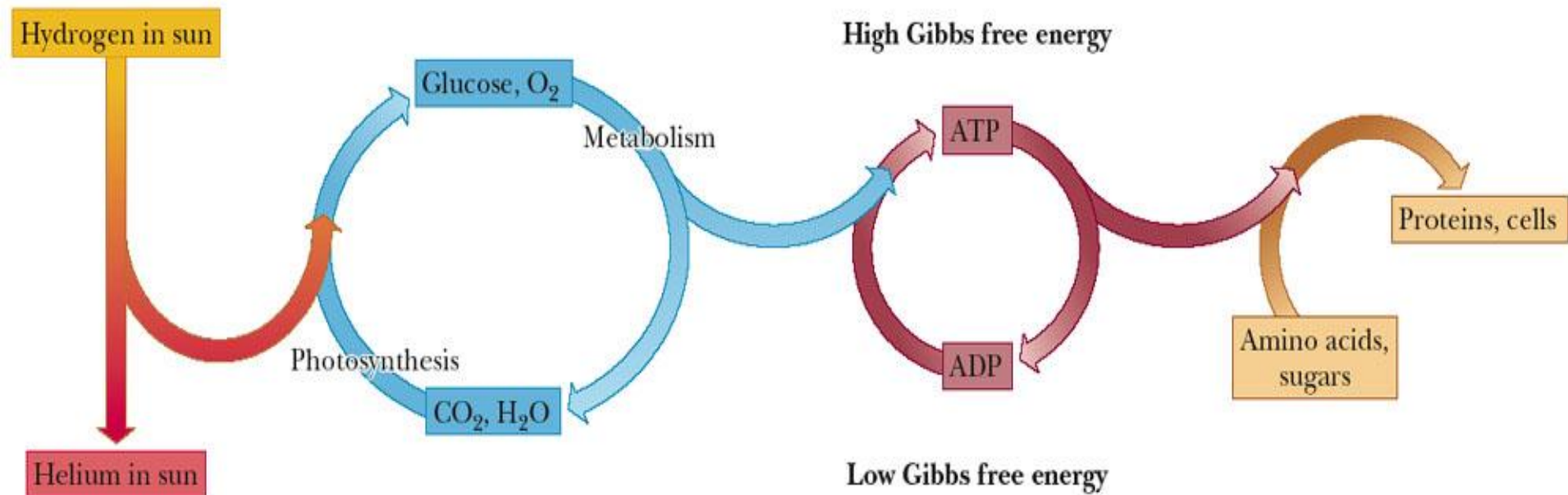
2. 동화 (anabolism) :

고분자물질의 합성, 유지

reductive process (환원과정)

requires energy (에너지 필요)

대사 (Metabolism)



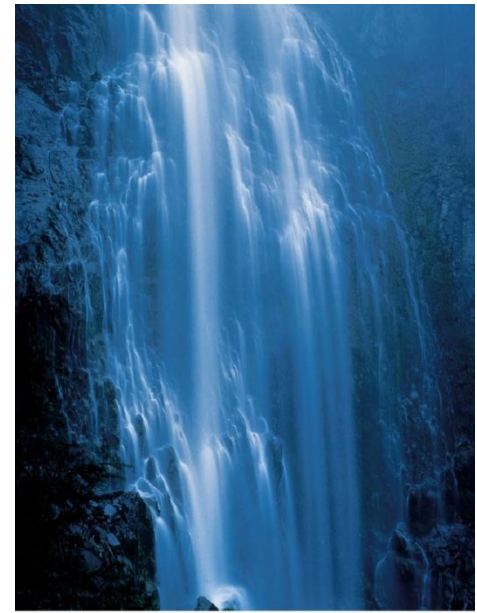
살아있는 생명체는 에너지를 필요로 한다.

• **Energy**는 일을 할 수 있는 능력이다.

- Maintenance of ionic gradients
(이온 경사 유지)
- Maintenance of adequate body temperature (체온 유지)
- Biosynthesis of macromolecules
(거대분자의 합성)
- Mechanical movements (운동)

Energy

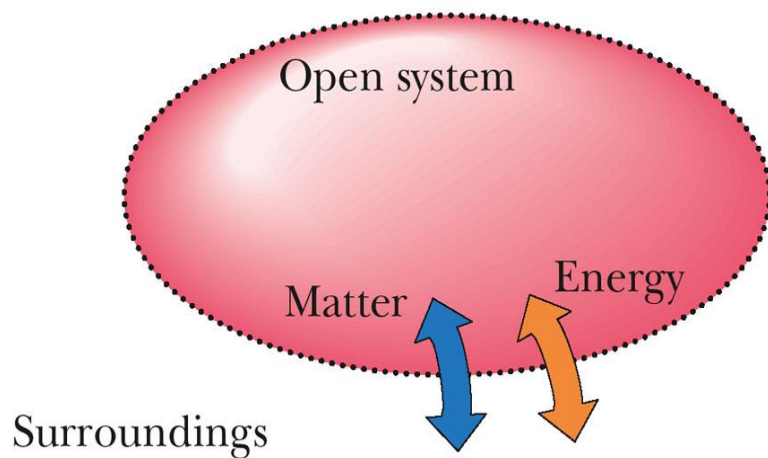
- 움직이는 물체의 에너지는 운동에너지(**kinetic energy**)라 불린다.
- 공을 높은 위치까지 들어올리기 위하여 우리가 하는 일은 공간에 에너지로서 저장된다. 이 저장된 에너지는 공이 아래로 떨어질 때 일을 할 수 있는 능력을 가지고 있다. 따라서 이 에너지는 위치에너지(**potential energy**)라 불린다.



© 2006 Brooks/Cole - Thomson

열화학 (Thermochemistry)

- 우리가 연구 대상으로 삼는 우주의 일부분은 **계(system)**라고 불리며, system과 상호작용을 하는 우주의 다른 부분은 **주위(surroundings)**라고 불린다.



Open system:
에너지와 물질의 교환이 일어난다

열화학(Thermochemistry)

- 상호작용(**Interactions**)은 계와 주위 간의 물질이나 에너지의 전달을 말한다. 에너지의 전달은 **heat** 또는 **work**의 형태를 취한다. 일이나 열의 형태로 일어나는 에너지의 전달은, **system** 안에 들어있는 전체 에너지, 즉 내부 에너지에 변화를 준다.
- 우리에게 관심의 대상이 되는 내부에너지는 **thermal energy (열에너지)**와 **chemical energy (화학적에너지)**가 있다.

열역학 제1법칙

에너지는 보존된다.

(예) 뜨거운 주전자를 찬물에 넣어두면
뜨거운 물은 식고 주변의 물이 따뜻해진다.

Question!

1. 주전자를 가열할 때 주전자 내의 반응은 발열반응인가 ? 흡열반응인가?
2. 뜨거운 주전자를 찬물에 식힐 때 주전자 내의 반응은 발열반응인가 ? 흡열반응인가?

엔탈피 (열 함량): H

엔탈피의 변화량은 계가 주변과 주고받은 에너지인 열량의 변화율을 나타낸다.

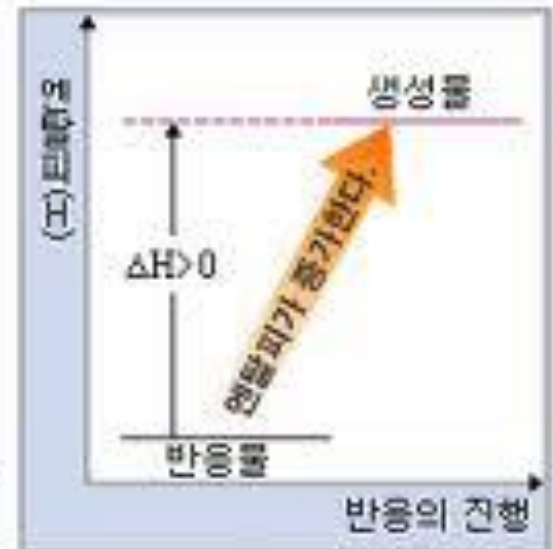
엔탈피의 변화량은 생성물의 엔탈피에서 반응물의 엔탈피를 뺀 값이다.

음수값: 발열반응
양수값: 흡열반응

발열반응과 흡열반응에서의 엔탈피 변화



발열 반응 : $\Delta H < 0$



흡열 반응 : $\Delta H > 0$

열역학 제2법칙

- 계와 주변의 무질서도 (entropy)가 > 0 일 때 반응은 **자발적**으로 일어난다.
- **Entropy(S)**는 계의 무질서한 정도를 나타내는 열역학적 성질이다.
- 무질서한 정도가 크면 클수록, entropy는 증가한다.

Spontaneous Change(자발적인 변화)

- 자연상태에서 일어나는 모든 변화들은 일정한 방향성을 가지고 있다.
- 예를 들어 쇠 조각은 항상 녹이 슬게 마련이다.
- 물론 반대쪽으로의 변화가 절대 불가능 한 것은 아니다. 녹슨 쇠 조각을 제련하여 원래의 쇠 조각으로 되돌릴 수도 있다. 다만 이때는 에너지의 공급이 필요하다.

- 자발적 변화는 엔탈피가 감소될 때 일어난다.
enthalpy가 감소한다는 것은 열이 계에서 주변으로 방출된다는 것을 의미한다.
- 사실 대부분의 발열반응들은 자발적으로 일어난다.
- 그러나 흡열반응이 저절로 일어나는 경우도 많이 알려져 있다. (melting of ice at room temperature)

자발적 반응의 요인

- 자발적인 변화는 두 가지 요인에 의해 영향을 받는다.
 1. 내부 에너지(엔탈피)의 감소(발열반응)
 2. 무질서도(엔트로피)의 증가가 자발적인 변화를 수반한다.

자유에너지 (Free energy)

어떤 시스템의 내부 에너지 중에서 실제로 일로 변환 가능한 자유로운 에너지

- **Gibbs** free energy
- $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 이다.
모든 양은 계에 대해 측정

H = enthalpy

T = 온도

S = entropy



자유에너지 (Free energy)와 자발성과의 관계

- 자유에너지의 변화량은, 반응의 방향에 대해 가르쳐준다.
 - * $\Delta G < 0$ (negative), spontaneous
 - * $\Delta G > 0$ (positive), nonspontaneous
 - * $\Delta G = 0$ (zero), at equilibrium 반응이 일어나지 않는다.

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

위 방정식에서 ΔG 값이 음이 되는 경우를 생각해보자.

자유에너지 (Free energy)와 자발성과의 관계

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$\Delta G < 0$ (negative), spontaneous

1. 발열반응(ΔH 음의 값)이면서 무질서가 증가하면 (ΔS 양의 값), $\Delta G < 0$ 이므로 당연히 자발적인 반응이다.
2. 흡열반응(ΔH 양의 값)이면서 무질서가 감소하면 (ΔS 음의 값), $\Delta G > 0$ 이므로 당연히 비자발적인 반응이다.
3. ΔH 와 ΔS 가 둘 다 음이거나, 둘 다 양의 값을 갖게 되면, 둘의 상대적인 크기에 의해 반응의 방향이 결정된다.
4. T 가 증가함으로 해서 $-T\Delta S$ 의 값이 큰 음의 값을 갖는다. 따라서, 낮은 온도에서는 온도만 높여주면 거의 모든 반응들이 자발적으로 일어난다

The natural tendency of the universe is in the direction of increasing disorder.

우주의 자연적 경향은 무질서가 증가하는 방향으로 진행된다.

- life is a violation of the second law
(생명체는 열역학 제2법칙을 위반한다)
- any living organism is a highly specific, organized, thoroughly nonrandom arrangement.
(생명체는 매우 특이적이고
구조화되어 있으며
계획적으로 배열되어진 것이다)

대 사 (Metabolism)

1. 이화 (catabolism):

degradation of molecules

oxidative process that releases energy

에너지 생성 (ATP)

환원력 생성(NADH, NADPH)

2. 동화 (anabolism) :

고분자물질의 합성, 유지

reductive process that requires energy

NADPH는 anabolic enzyme

산화·환원 반응

- 산화와 환원은 서로 반대 작용으로, 한쪽 물질에서 산화가 일어나면 반대쪽에서는 환원이 일어난다.
- **산화(Oxidation)**는 분자, 원자 또는 이온이 산소를 얻거나 수소 또는 전자를 '잃는' 것을 말한다.
- **환원(Reduction)**은 분자, 원자 또는 이온이 산소를 잃거나 수소 또는 전자를 '얻는' 것을 말한다.

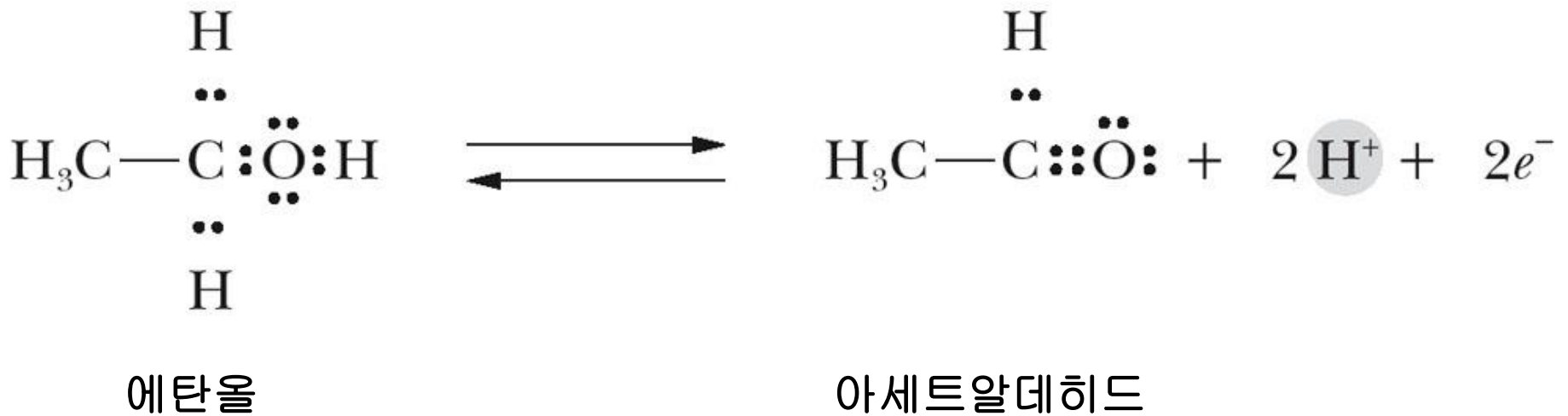
산화 환원반응

- $\text{Zn (S:고체)} + \text{Cu}^{2+} (\text{Aqueous : 수용액})$
 $\rightarrow \text{Zn}^{2+} (\text{aq}) + \text{Cu (S)}$
- $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ (산화)
- $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ (환원)
- 이 반응에서 산화제와 환원제는 각각 무엇인가?

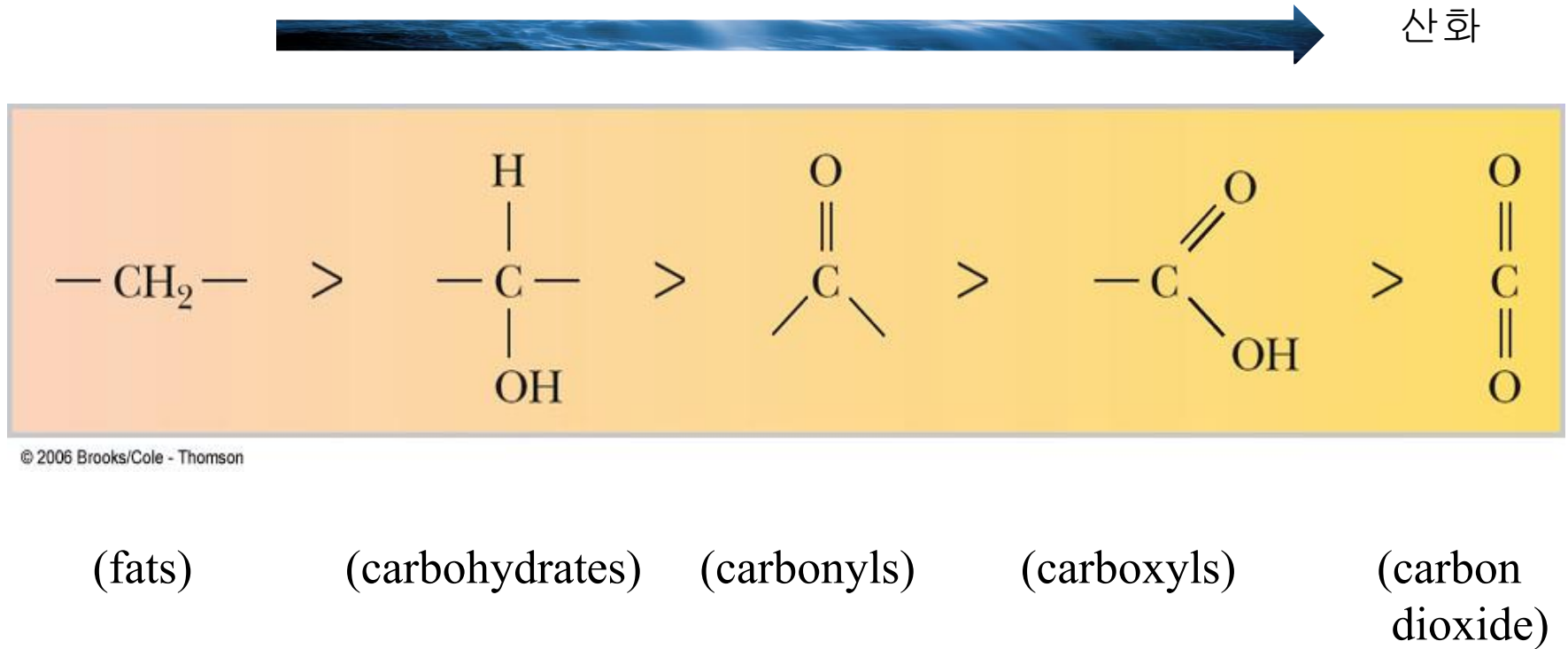
산화반응의 예



산화의 예시



Comparison of the state of reduction of carbon atoms in biomolecules

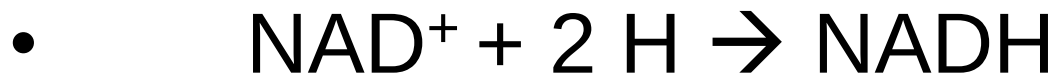


© 2006 Brooks/Cole - Thomson

산화.환원반응에 중요한 도우미 (보조효소)

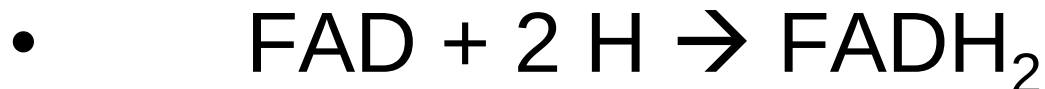
이화 (catabolism): 산화과정

환원력 생성- NADH (환원제)



산화형

화양홍



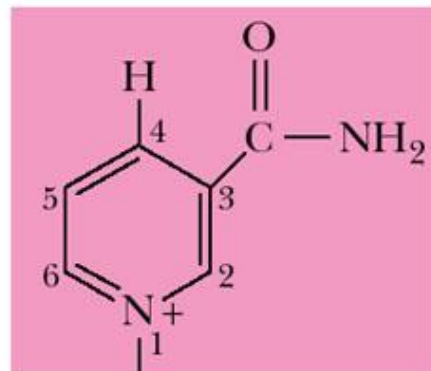
산화제와 환원제

- 환원제- 전자를 줄 수 있는 물질
electron donor
- 산화제- 전자를 얻는 물질
electron acceptor

Nicotinamide adenine dinucleotide, NAD^+

AMP

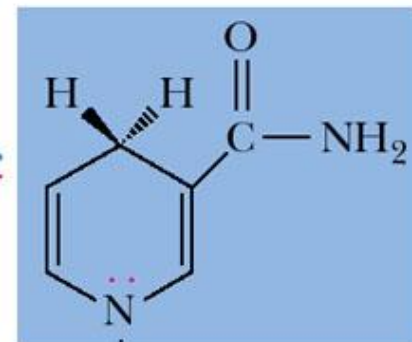
Nicotinamide
(oxidized form)



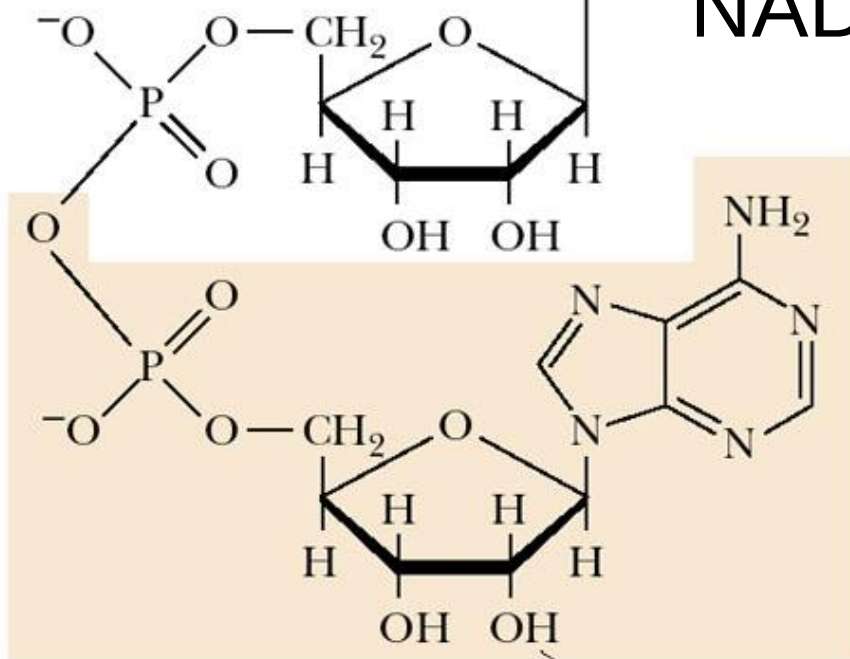
NAD^+

Hydride ion,
 H^-

Nicotinamide
(reduced form)



NADH



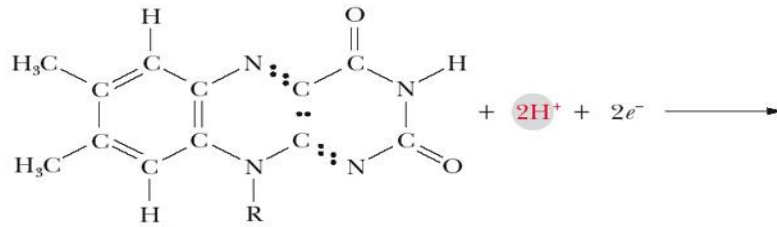
NADP^+ contains a 
on this 2'-hydroxyl

Fig. 15-3, p.421

FAD

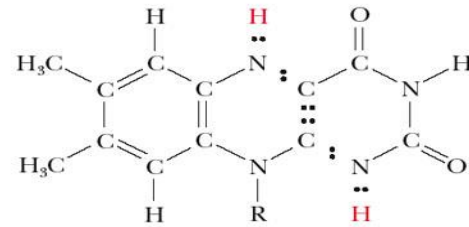
FADH₂

산화형



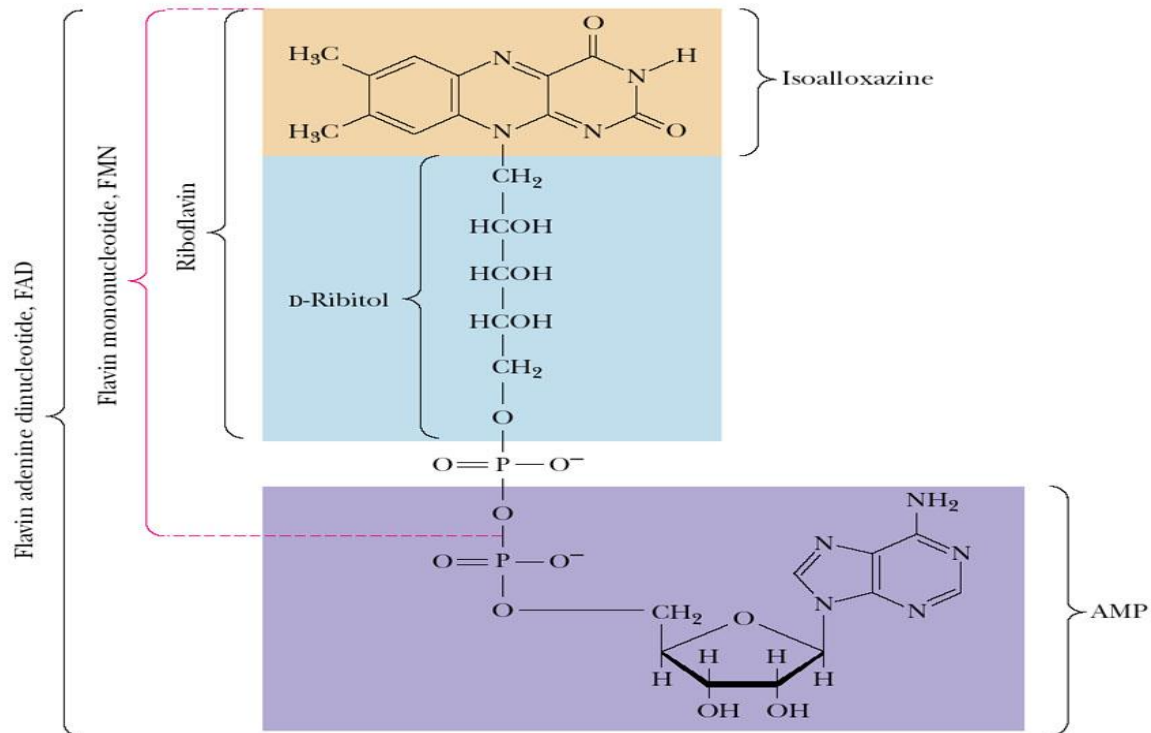
FAD oxidized form

환원형



FADH₂ reduced form

© 2006 Brooks/Cole - Thomson



© 2006 Brooks/Cole - Thomson

455쪽 문제풀이

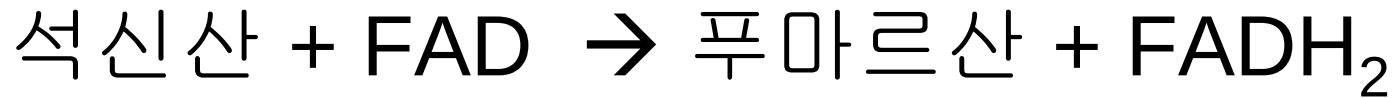
문제 24: NAD, NADP, FAD의 공통점은?

문제 25: NADH와 NADPH의 차이점은?

문제

- ① ATP생산은 이화과정에서 일어난다.
- ② 보조효소에는 인이나 황이 있다

- 문제 32번

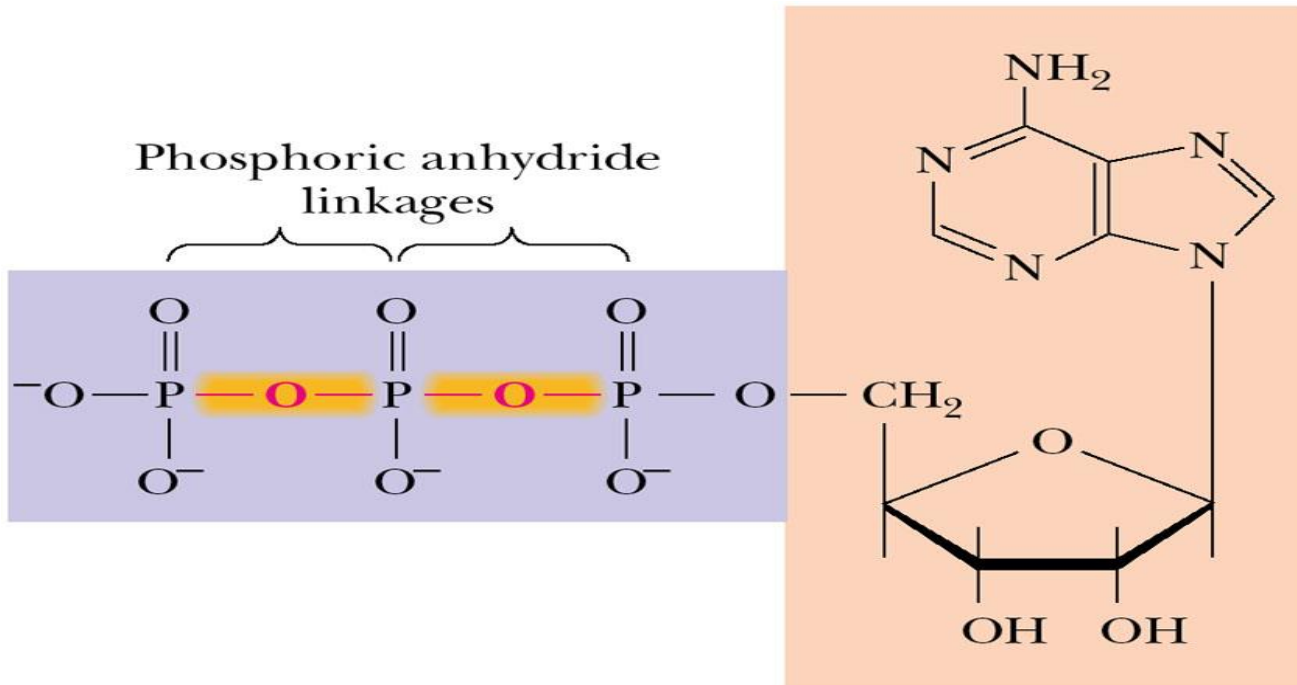


① 산화된 물질은?

② 어느 물질이 산화제인가?

화학적 에너지

- 분자 내의 결합이나 내적인 힘에 의해 생기는 에너지



ATP
(adenosine-5'-triphosphate)

고에너지 화합물

- 높은 인산기 전달 포텐셜을 가진 화합물
(High phosphate-group transfer potential)

ATP (보편적인 유통 수단)

Creatine phosphate

PEP (phosphoenolphosphate)

GTP

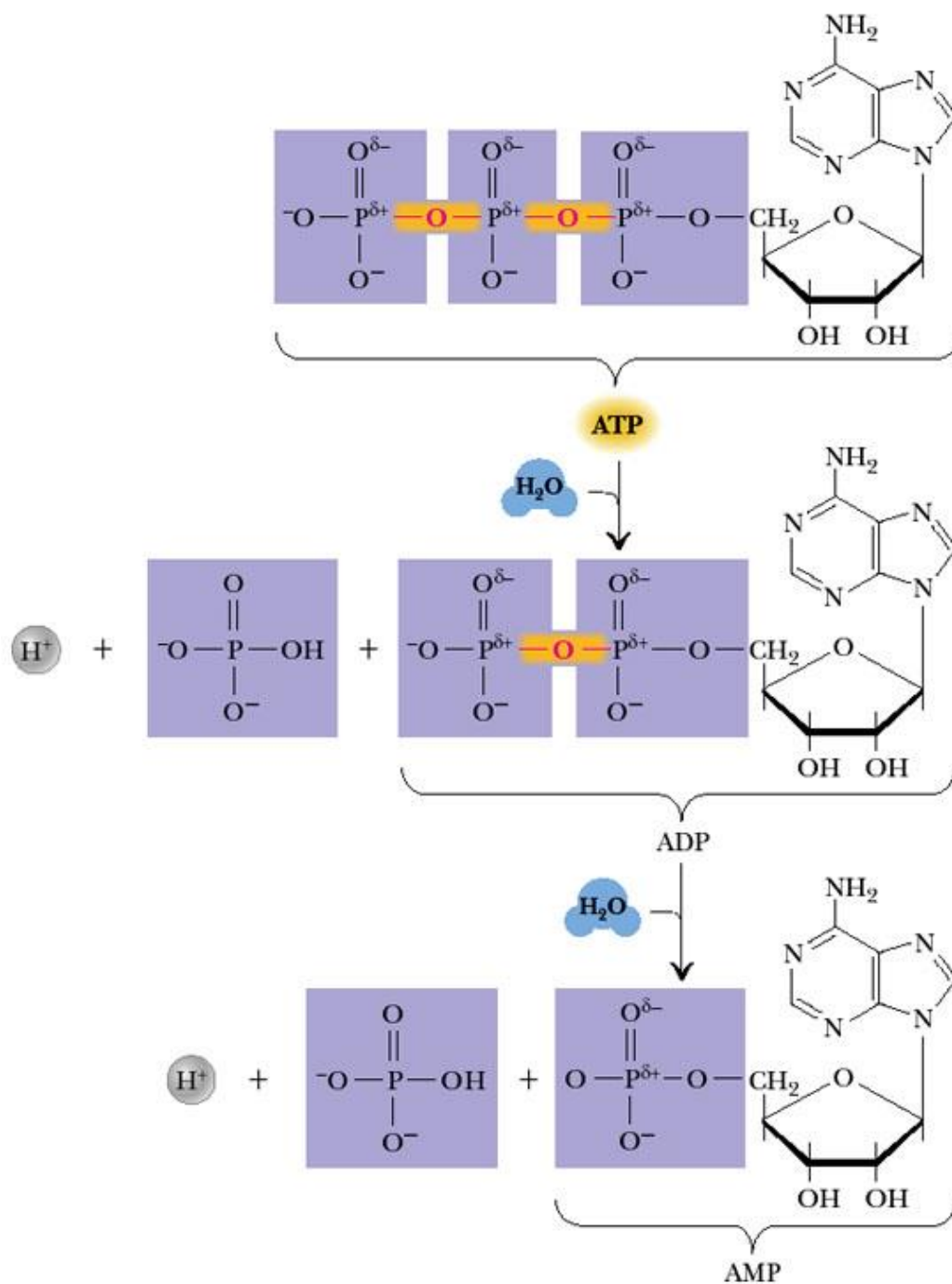


Fig. 15-7, p.424

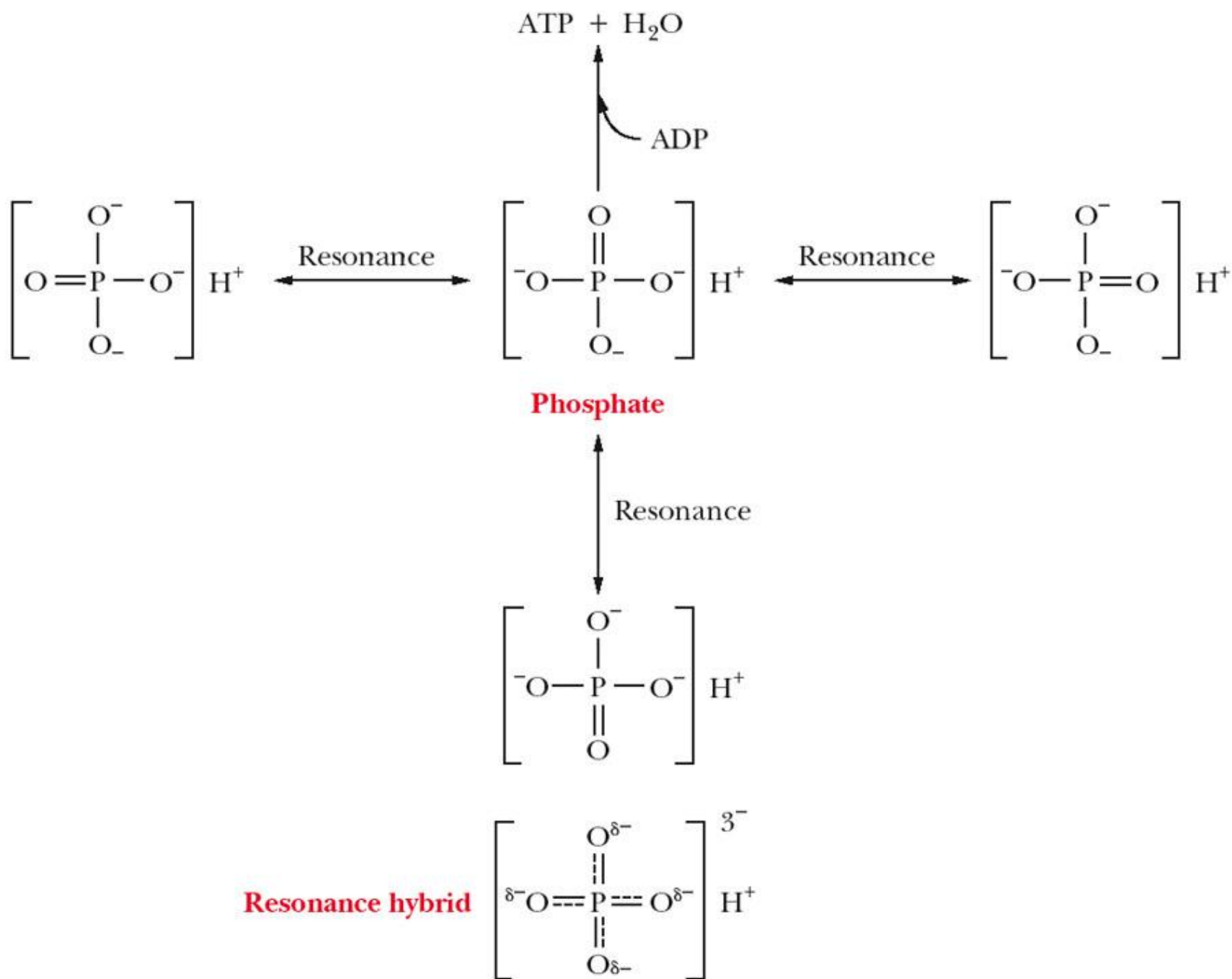


Fig. 15-6, p.423

Table 15.1**Free Energies of Hydrolysis of Selected Organophosphates**

Compound	$\Delta G^{\circ'}$	
	kJ mol^{-1}	kcal mol^{-1}
Phosphoenolpyruvate	−61.9	−14.8
Carbamoyl phosphate	−51.4	−12.3
Creatine phosphate	−43.1	−10.3
Acetyl phosphate	−42.2	−10.1
ATP (to ADP)	−30.5	−7.3
Glucose-1-phosphate	−20.9	−5.0
Glucose-6-phosphate	−12.5	−3.0
Glycerol-3-phosphate	−9.7	−2.3

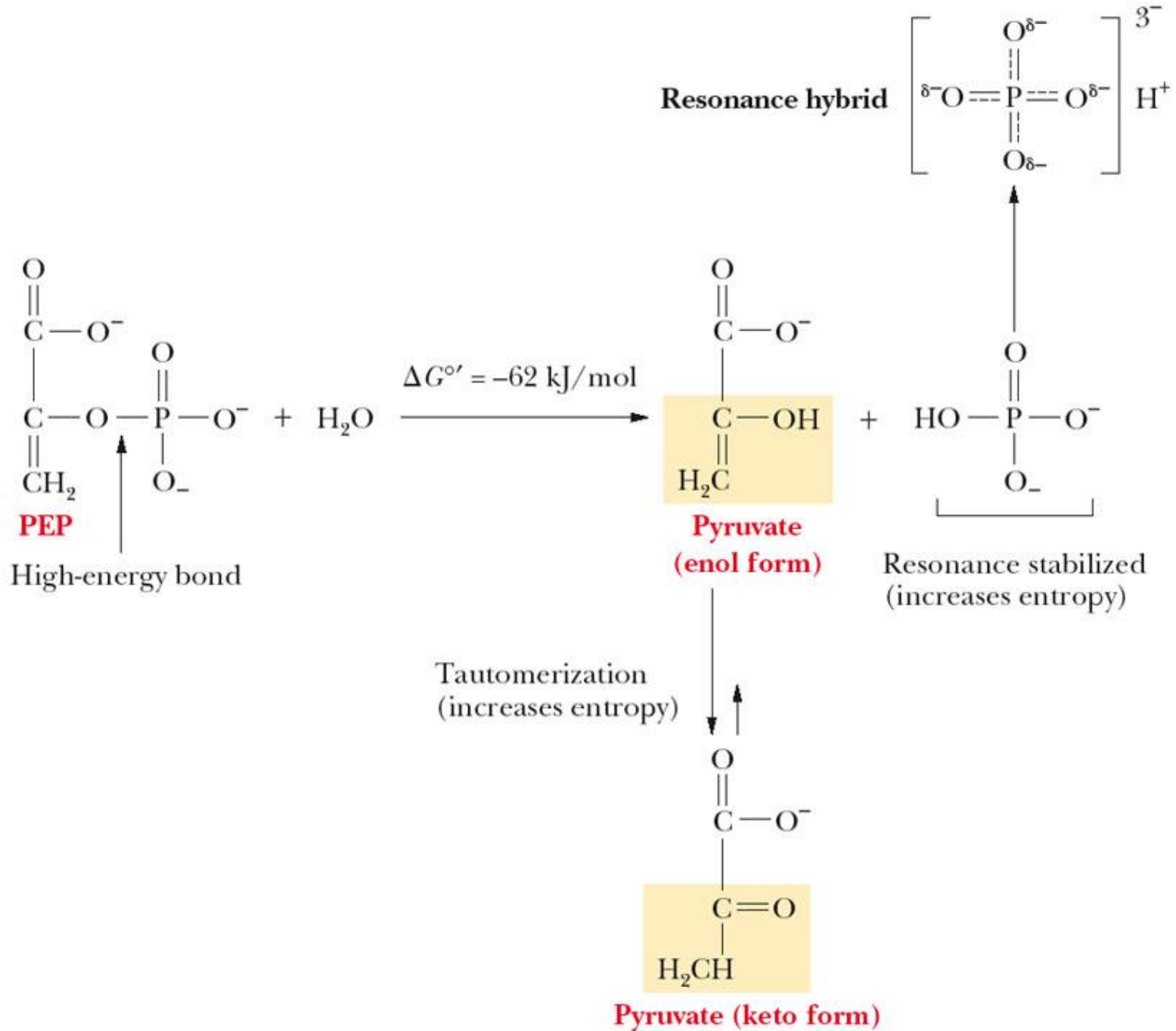


Fig. 15-8, p.425

에너지 부하 (charge)란 ?

세포의 고에너지 인산상태의 척도: 0 - 1

$$= \frac{\text{ATP} + 1/2 \text{ ADP}}{\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP}}$$

인체의 에너지 부하는 0.85 - 0.95 정도이다.

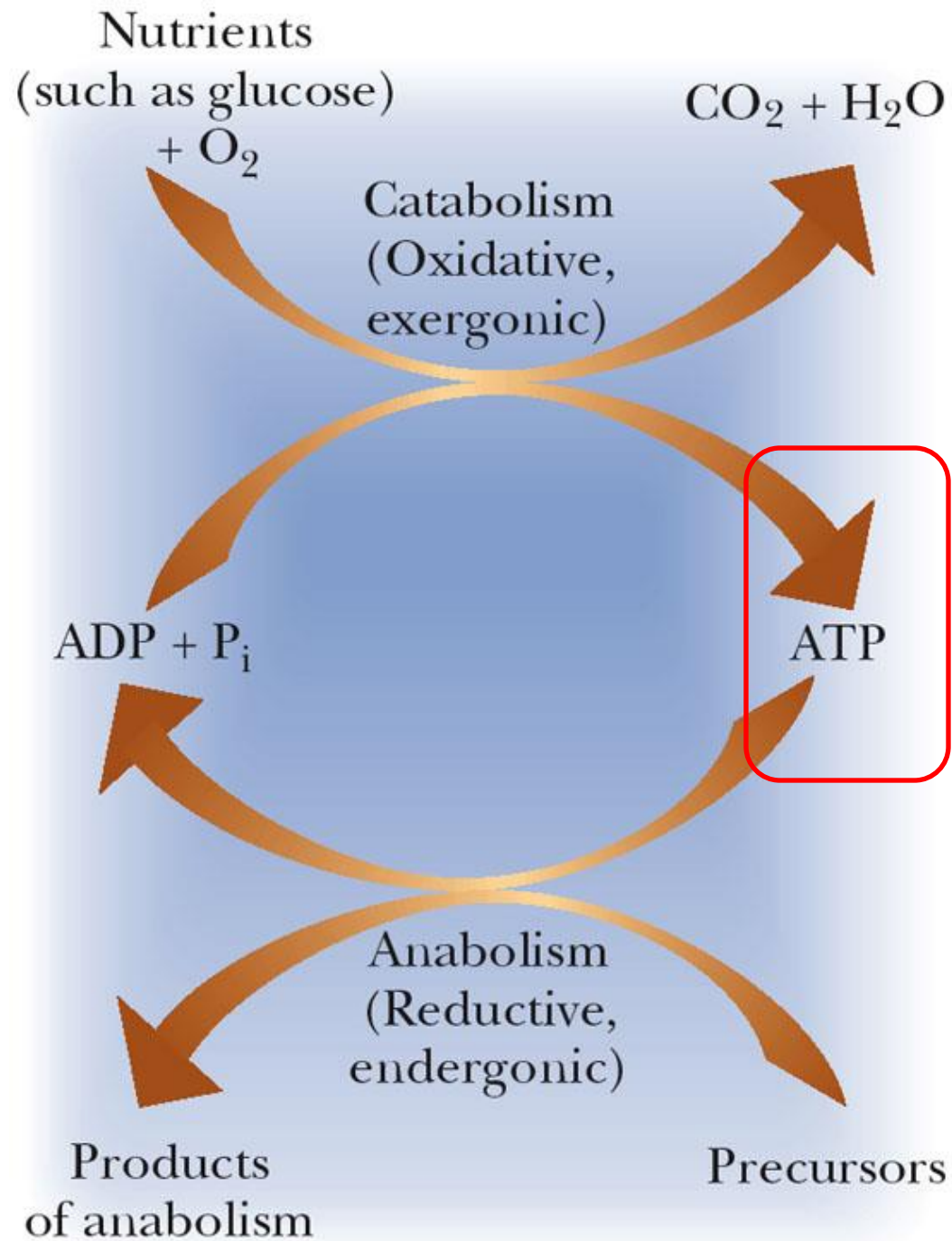
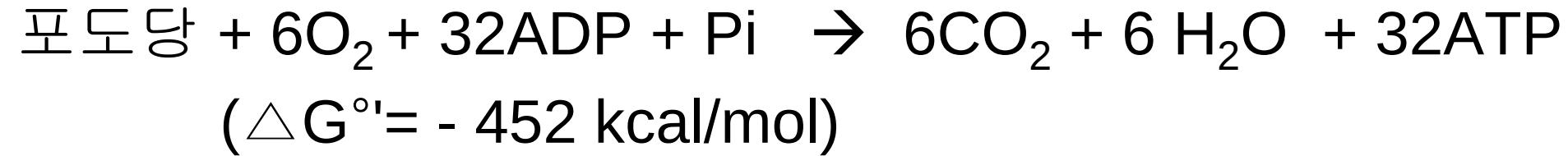


Fig. 15-9, p.426

포도당이 이산화탄소로 연소될 때의 자유 에너지

- 포도당 + $6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
($\Delta G^\circ = -685 \text{ kcal/mol}$)
- $32\text{ADP} + \text{Pi} \rightarrow 32\text{ATP}$ ($\Delta G^\circ = 233 \text{ kcal/mol}$)

포도당의 에너지효율 : $233/685 \times 100 = 34\%$



포도당의 분해는 에너지 생성과정이고 자발적반응이다.

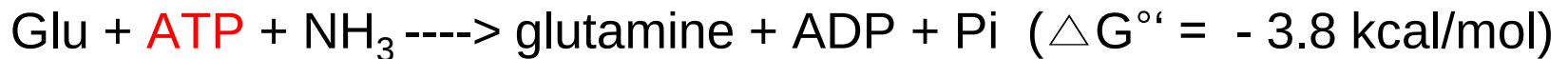
우리 몸의 모든 반응이
자발적으로 일어나는 것은
아니다.

불리한 반응은 유리한 반응에 의해 추진된다

1) hydrolytic coupling (가수분해 짝지움)



2) Mechanistic coupling (기전적 짝지움)

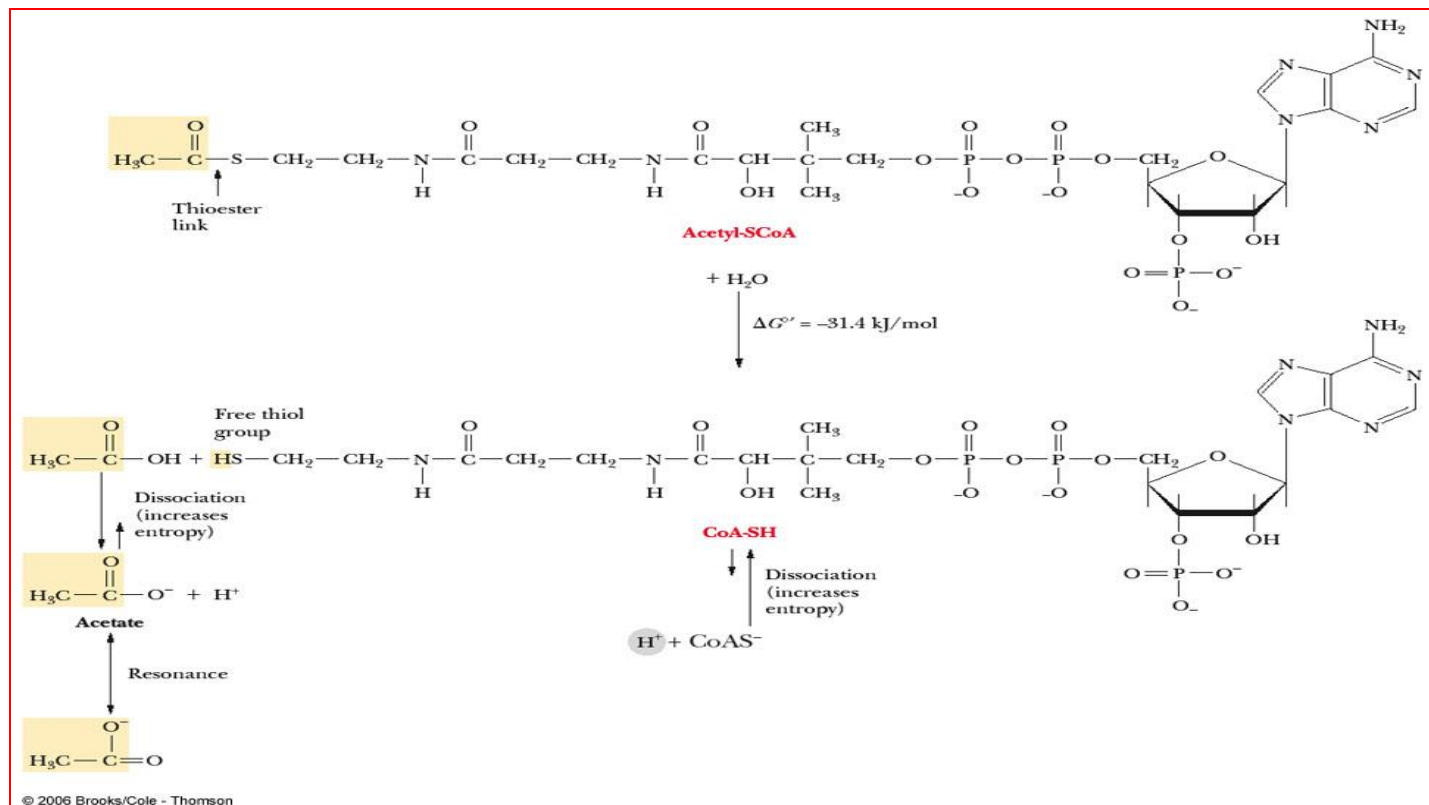


불리한 반응은 유리한 반응에 의해 추진된다

3) Activation by CoA

A + coenzyme ----> A-coenzyme (활성화 단계)

A-coenzyme + B ----> AB + coenzyme ---- $\Delta G < 0 \rightarrow$ 자발적 반응



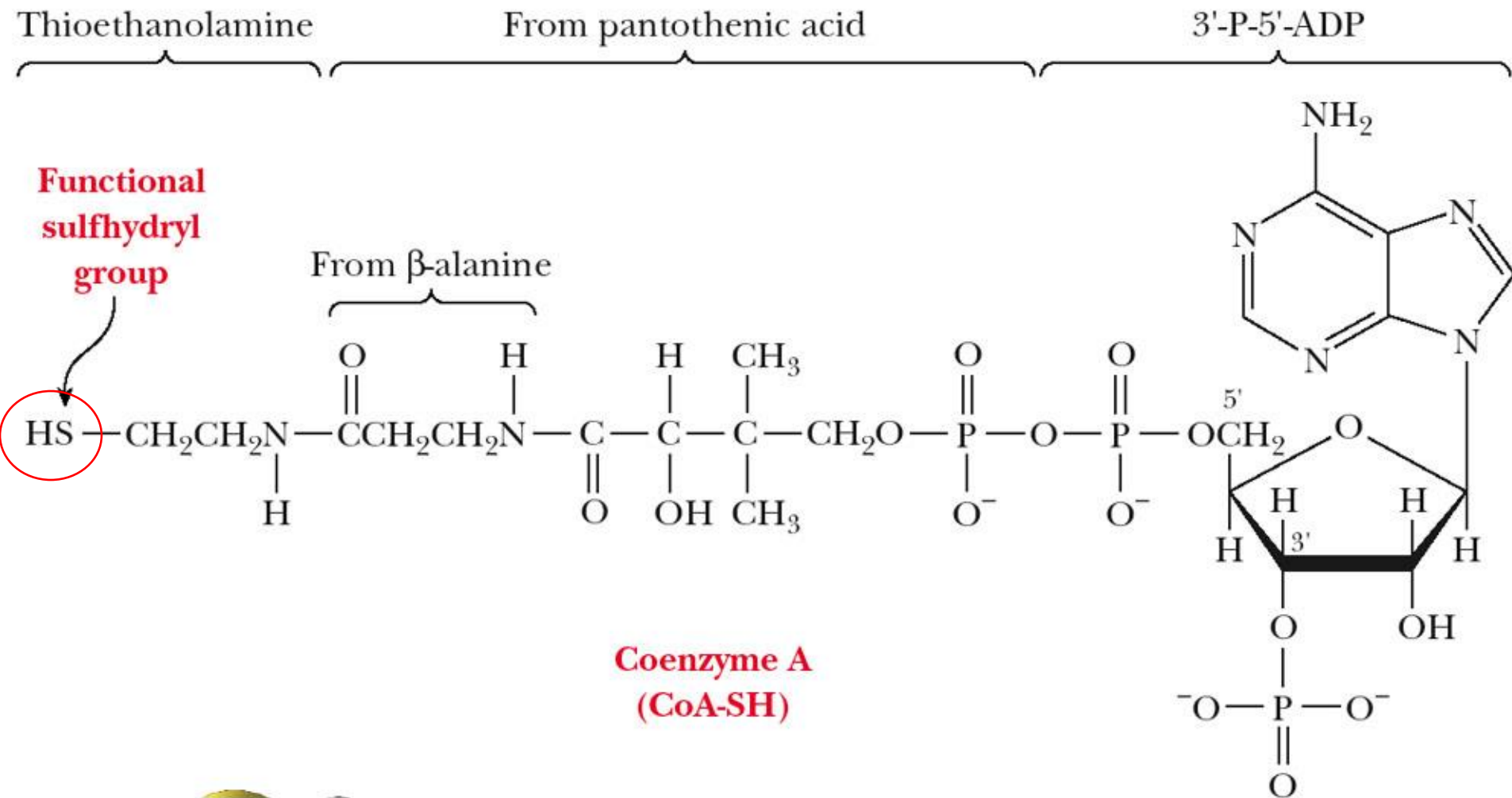


Fig. 15-10a, p.428

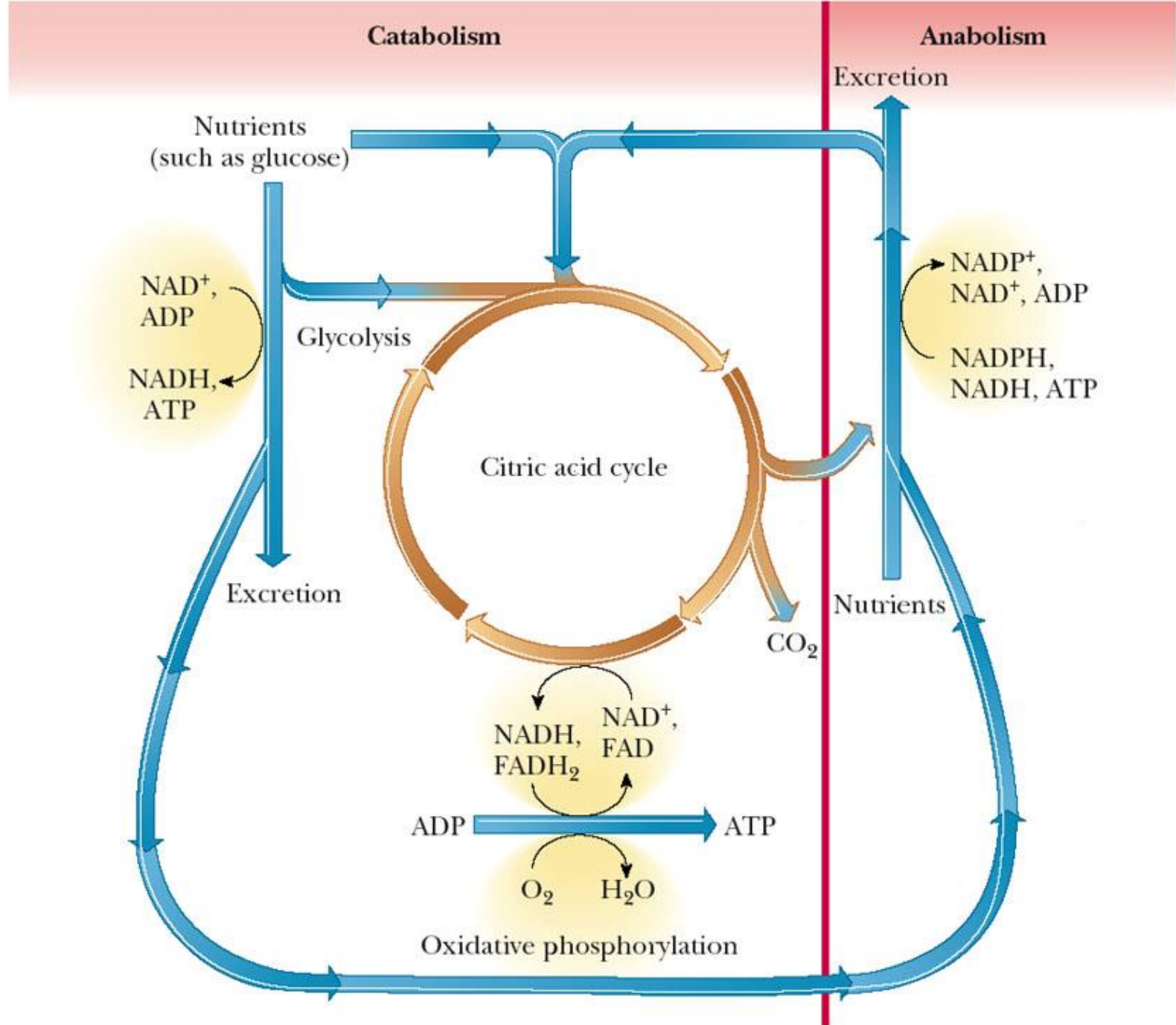


Fig. 15-12, p.430

대사과정의 조절

1) 분해와 합성과정은 서로 분리되어 있다.

2) 특정효소의 양을 조절

Feedback inhibition

Covalent modification

3) 에너지 부하에 의해 조절

에너지 부하가 높으면 **ATP** 생성경로 방해

Feedback inhibition

Covalent modification