

بسمه تعالی



# بیوشیمی عمومی

## آنزیم ها

ابراهیم قاسمی

---



## □ مطالب

■ انجام واکنش و سرعت واکنش بیوشیمیایی!

■ کینتیک آنزیمی!

■ عوامل موثر بر کینتیک آنزیمی؟

■ نامگذاری آنزیم ها



## □ چه واکنشهایی انجام پذیرند؟

■ برای انجام یک واکنش بایستی تغییرات انرژی آزاد واکنش منفی باشد

$$\Delta H = H_{\text{پایانی}} - H_{\text{آغازی}}$$

$$\Delta S = S_{\text{پایانی}} - S_{\text{آغازی}}$$

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

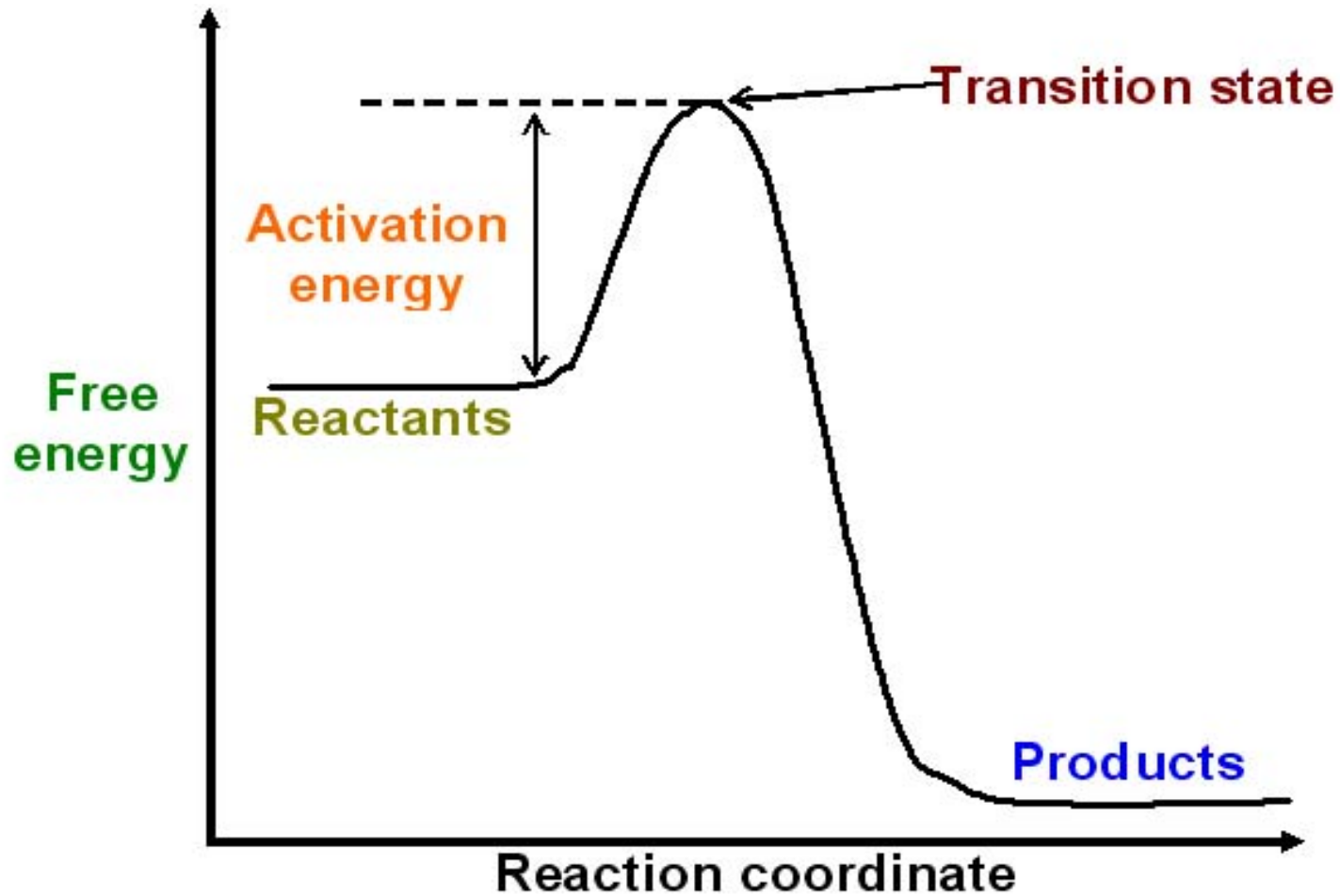


## □ سوال؟

■ چرا یک کیسه قند را سال ها بدون تغییر می توان نگه داشت!



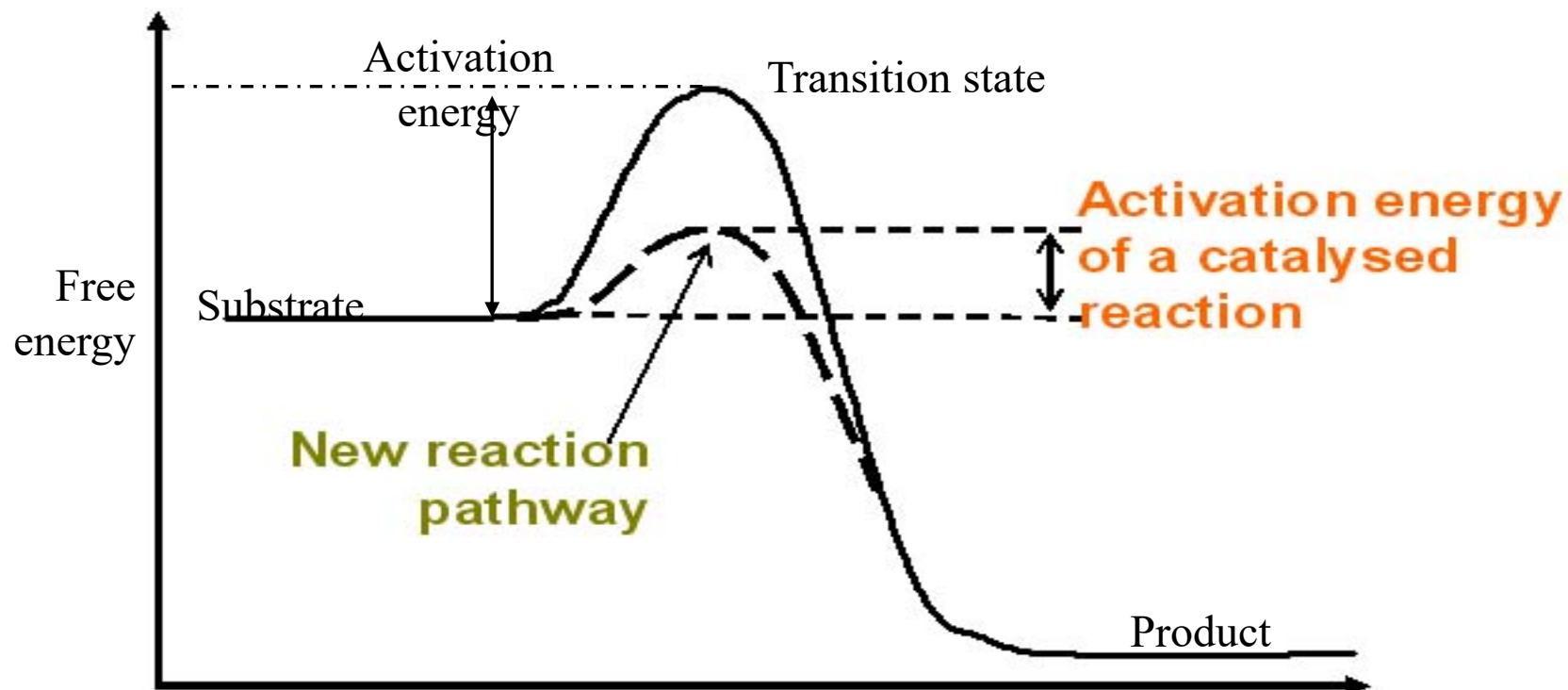
# مسیر واکنش □





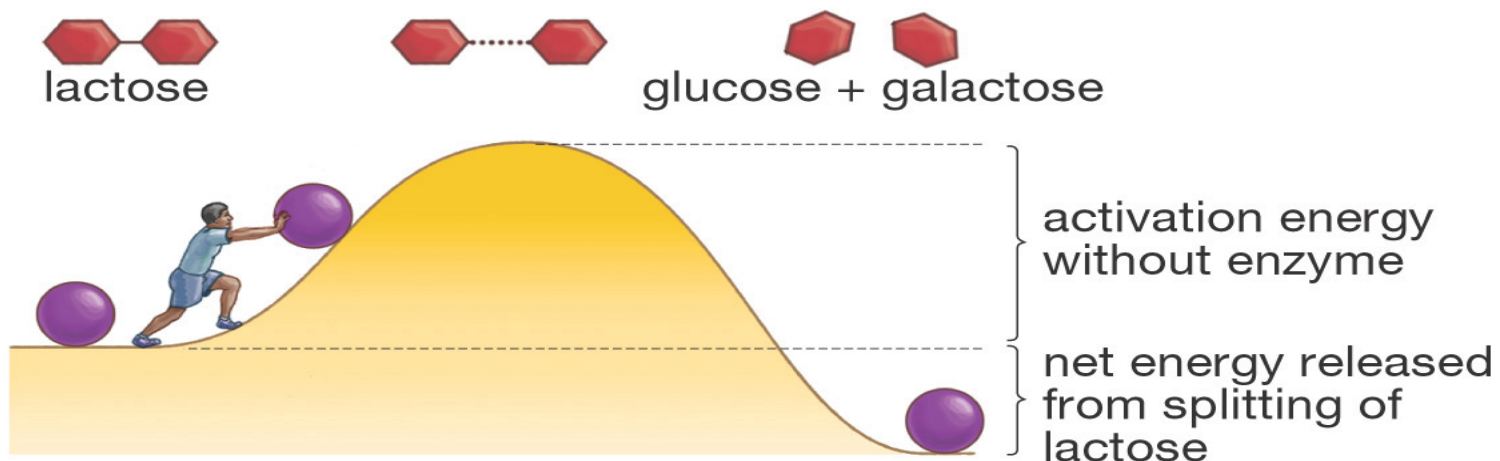
# □ آنزیم ها

■ اثری بر جهت واکنش ندارند و تنها سرعت رسیدن به تعادل را افزایش می دهند

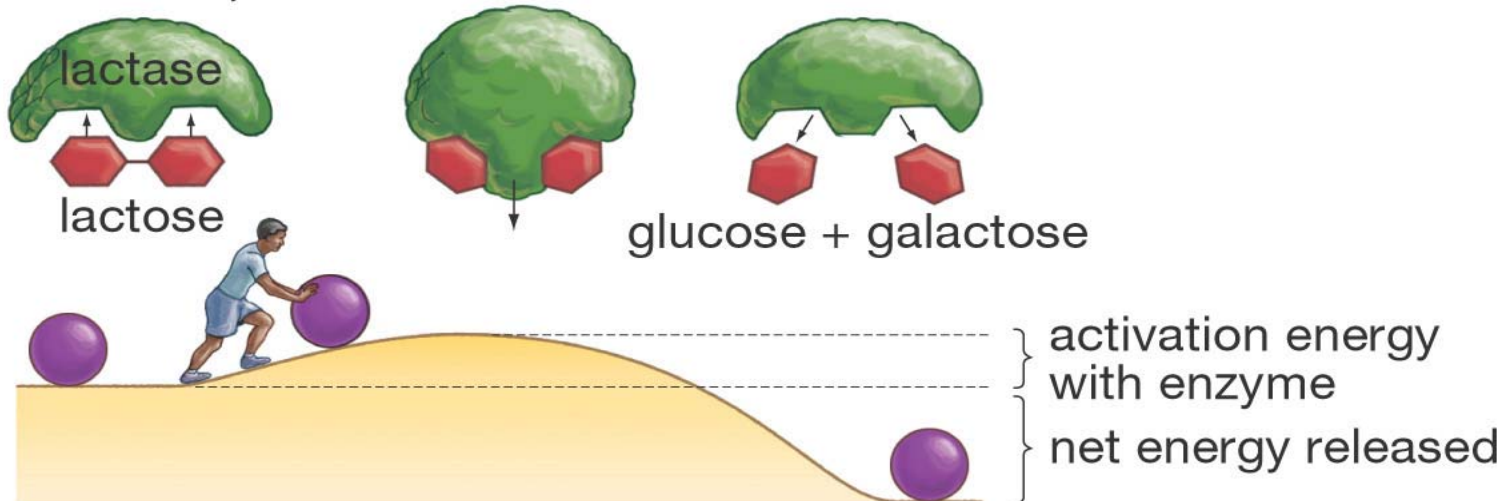




(a) Without enzyme



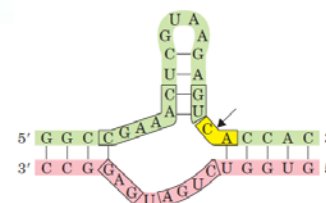
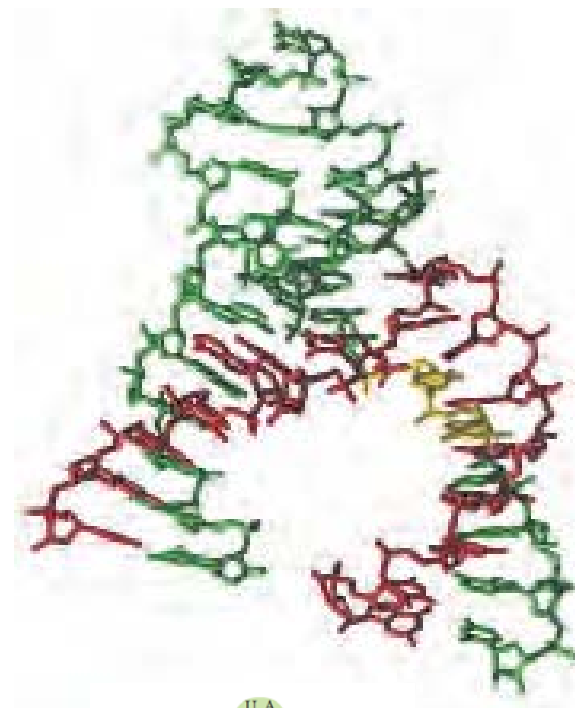
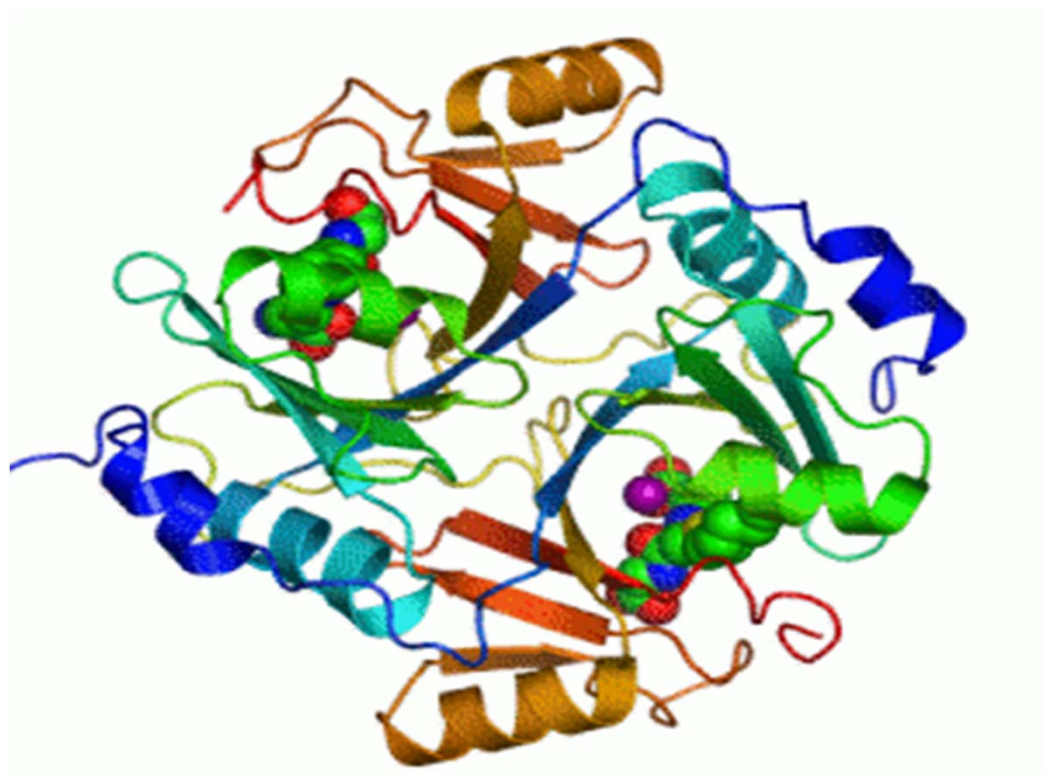
(b) With enzyme





## □ آنزیم ها

◀ اکثر آنزیم ها از جنس پروتئین (برخی RNA)

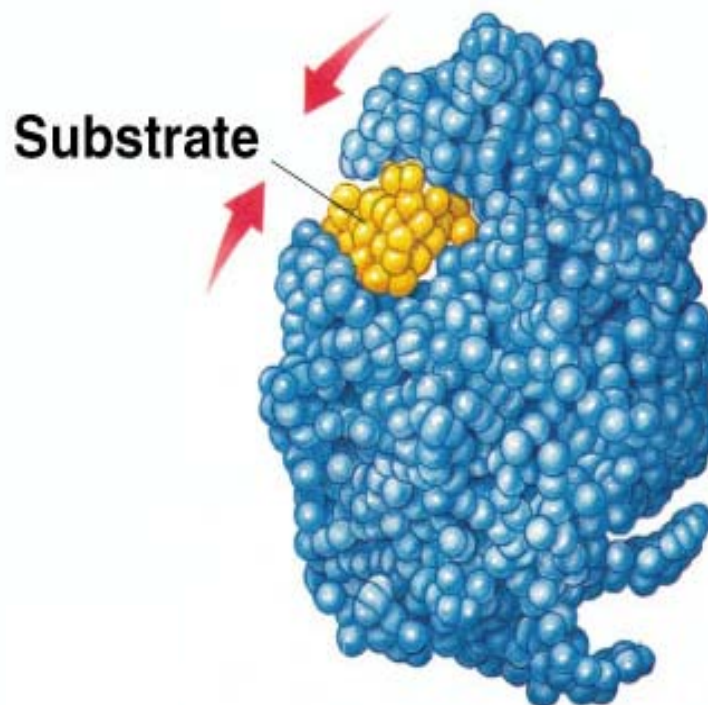
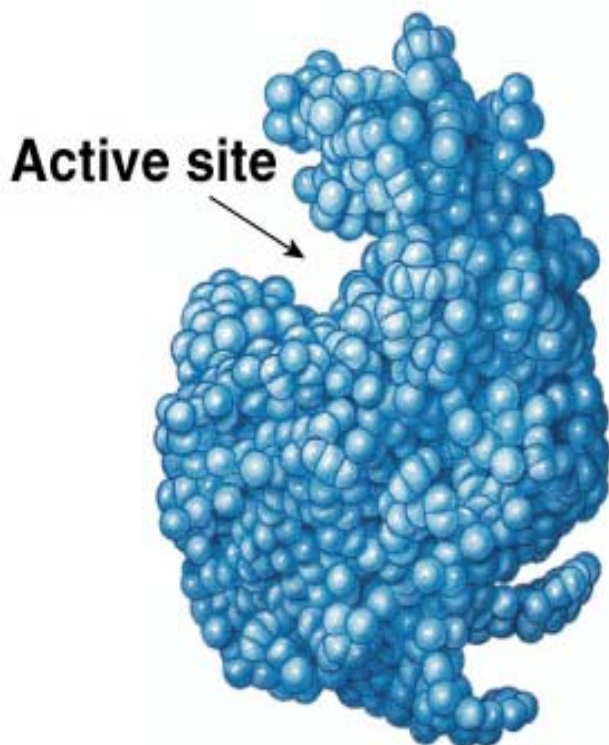






## □ ... آنزیم ها

■ اختصاصی برای سوبسترا (جایگاه فعال)





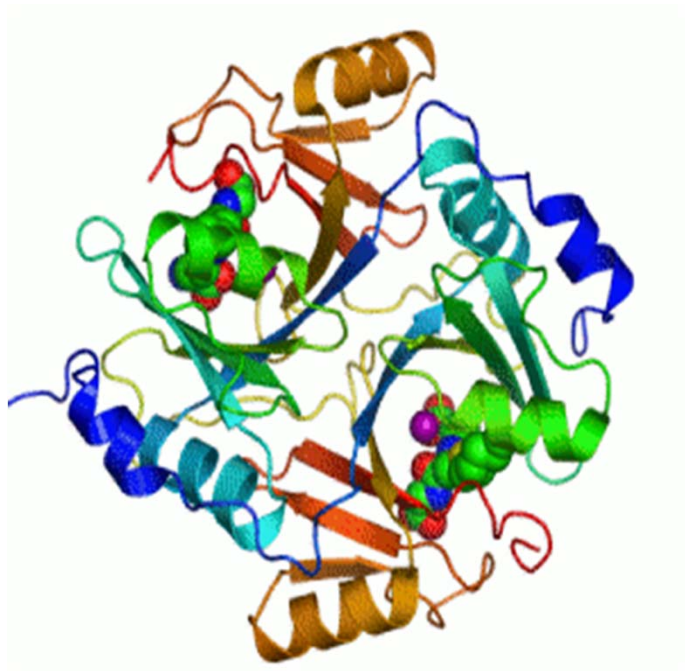
## □ کینتیک آنزیمی

■ مطالعه سرعت واکنش آنزیمی و عوامل موثر بر آن

$$\text{Average Rate} = \frac{\Delta[A]}{\Delta t}$$



# □ عوامل موثر بر سرعت واکنش آنزیمی



◀ غلظت آنزیم

◀ غلظت سوبسترا

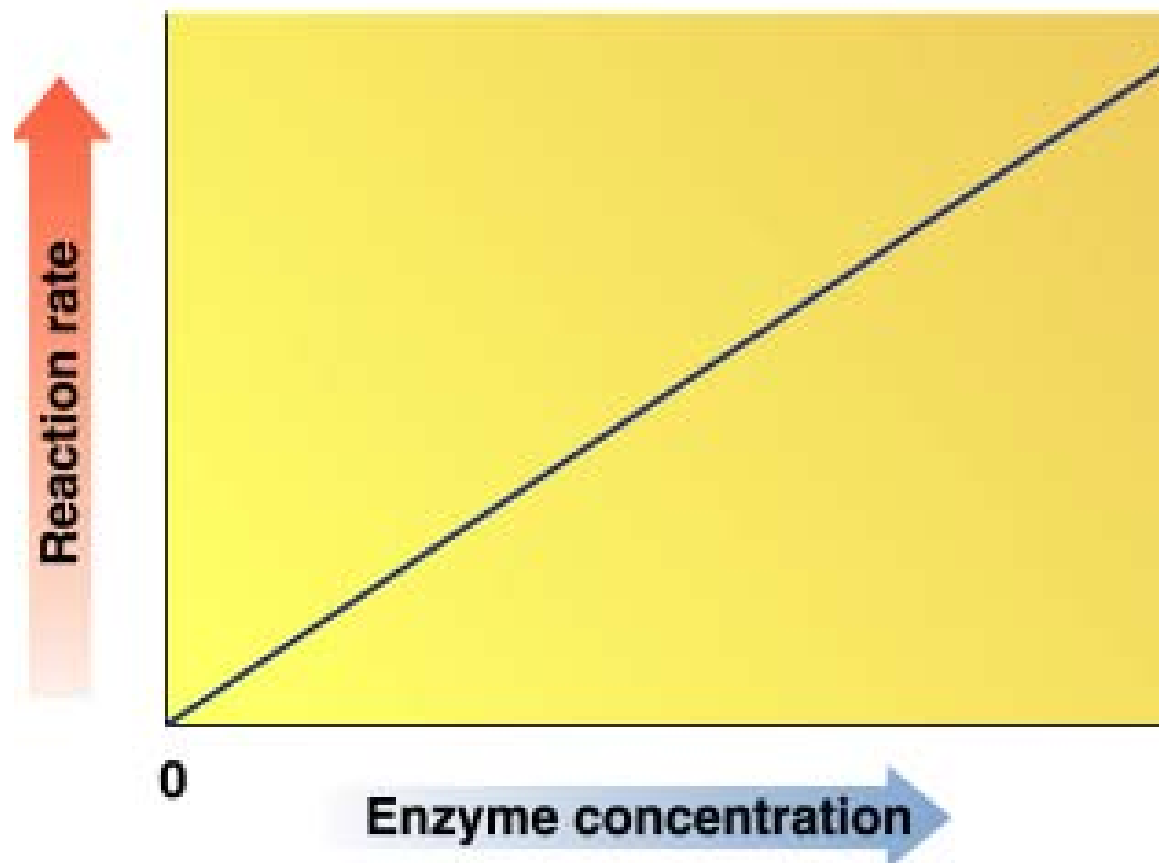
◀ شرایط محیطی

- دما
- pH
- غلظت یونی یا نمک
- فعال کننده و مهارکننده ها
- کوفاکتورها



## □ مقدار یا غلظت آنزیم

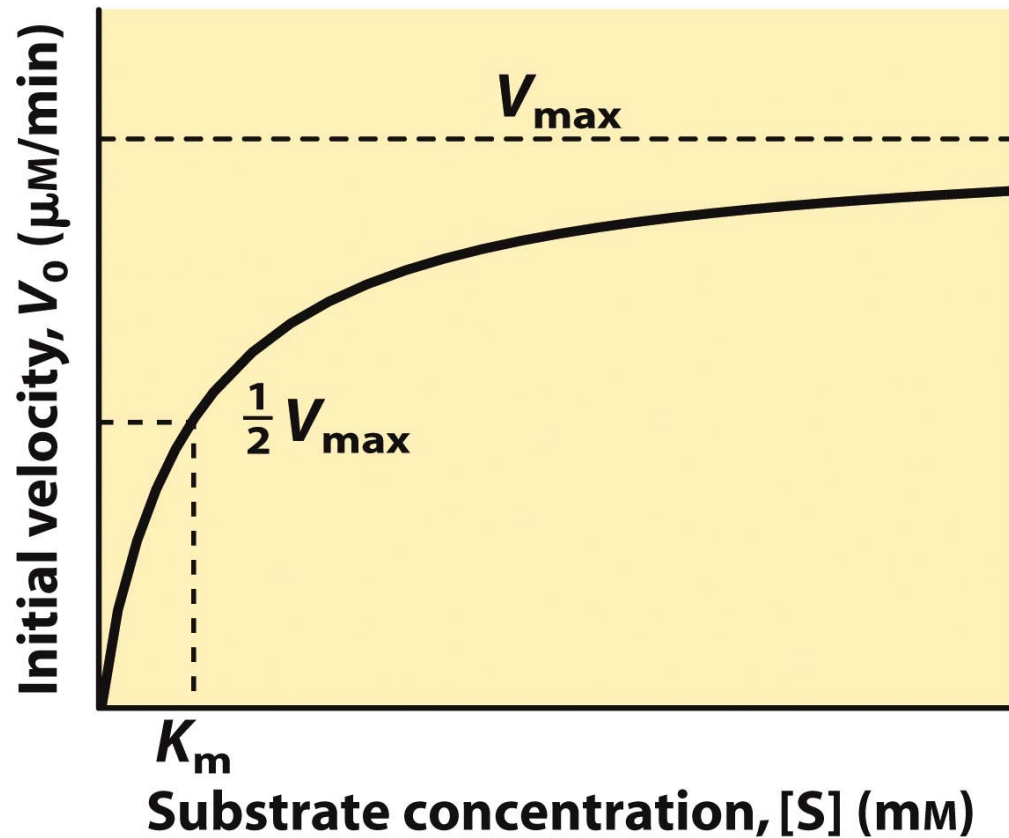
- یک واحد آنزیمی (U) برابر با مقدار آنزیمی که سبب تبدیل  $1 \mu\text{mol}$  سوبسترا به محصول در مدت زمان واحد (۱ دقیقه) می شود





# تشریح رابطه سرعت واکنش آنزیمی با غلظت سوبسترا

معادله میکائلیس-منتون



Leonor Michaelis  
1875-1949



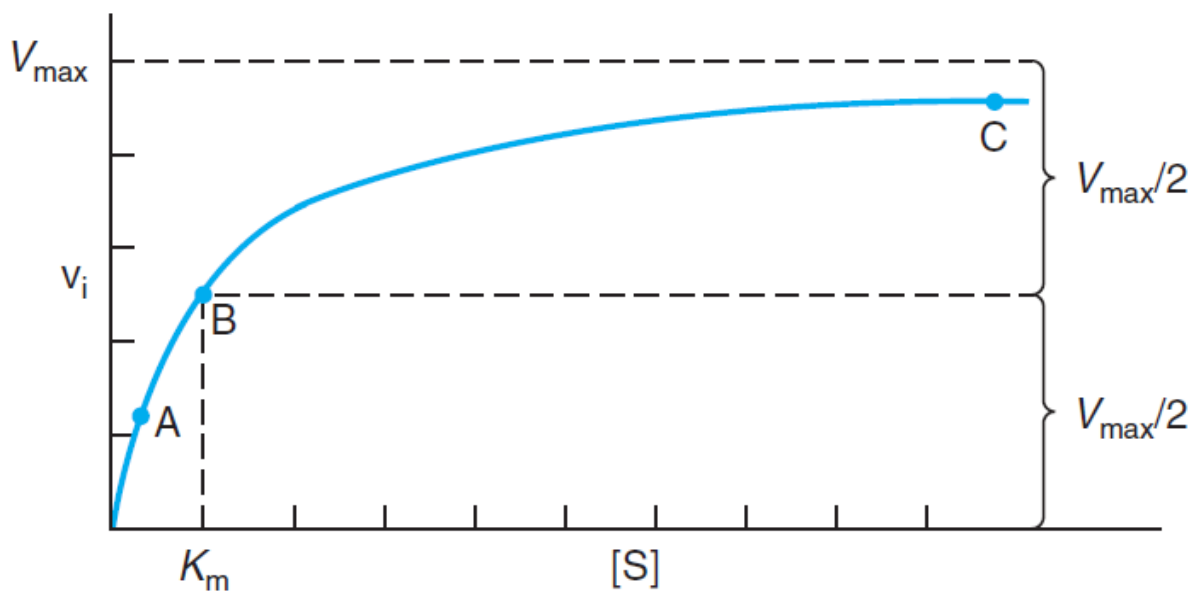
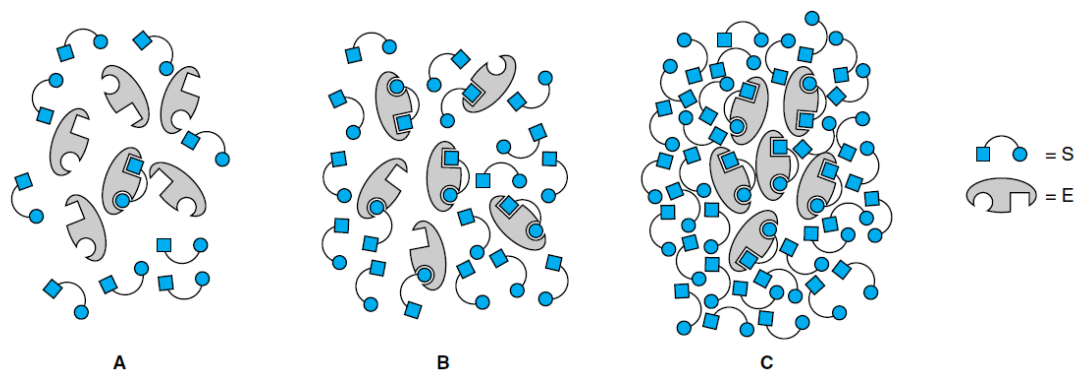
Maud Menten  
1879-1960

$$V_0 = \frac{V_{\text{max}} [S]}{K_m + [S]}$$

Figure 6-11  
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition  
© 2008 W.H. Freeman and Company



# غلظت سوبسترا، $K_m$ و اشباع شدن آنزیم





**TABLE 6–6**  $K_m$  for Some Enzymes and Substrates

<i>Enzyme</i>	<i>Substrate</i>	$K_m$ (mM)
Hexokinase (brain)	ATP	0.4
	D-Glucose	0.05
	D-Fructose	1.5
Carbonic anhydrase	$\text{HCO}_3^-$	26
Chymotrypsin	Glycyltyrosinylglycine	108
	<i>N</i> -Benzoyltyrosinamide	2.5
$\beta$ -Galactosidase	D-Lactose	4.0
Threonine dehydratase	L-Threonine	5.0



## تمرین

■ اگر غلظت سوبسترا در یک واکنش آنزیمی ۲ Km باشد سرعت اولیه؟

$$\frac{1}{4} V_{max} \triangleleft$$

$$\frac{1}{2} V_{max} \triangleleft$$

$$V_{max} \triangleleft$$

$$\frac{2}{3} V_{max} \triangleleft$$



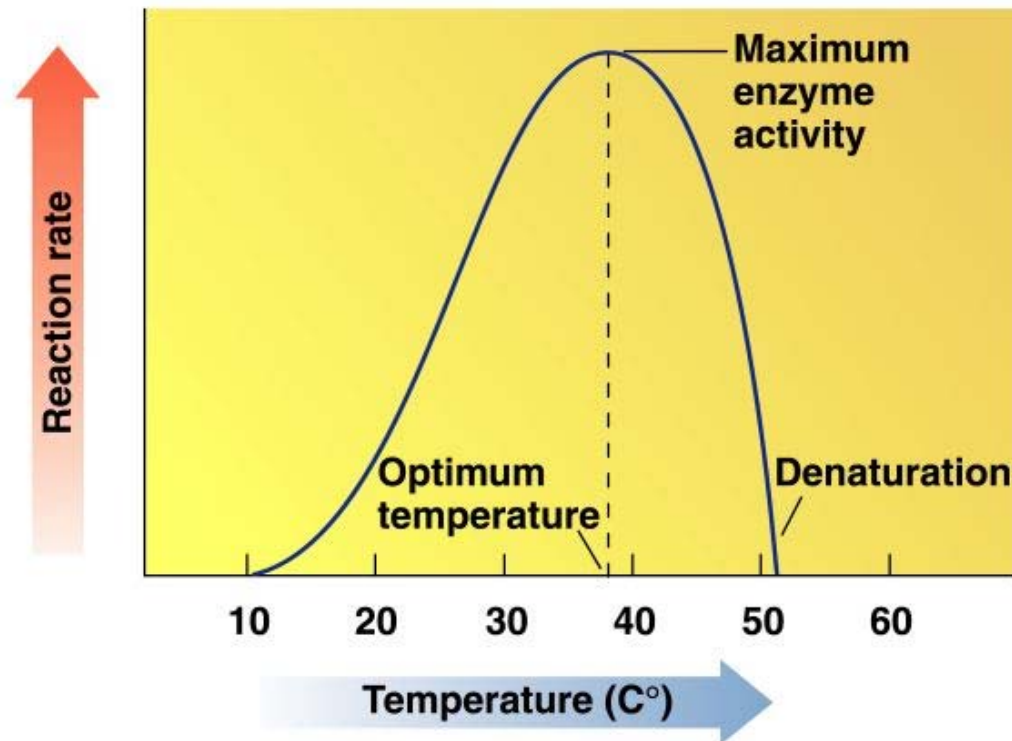


- Estimate the  $V_{max}$  and  $K_m$  of the enzyme-catalyzed reaction for which the following data were obtained

[S] (M)	$V_0$ ( $\mu\text{M}/\text{min}$ )
$2.5 \times 10^{-6}$	28
$4.0 \times 10^{-6}$	40
$1 \times 10^{-5}$	70
$2 \times 10^{-5}$	95
$4 \times 10^{-5}$	112
$1 \times 10^{-4}$	128
$2 \times 10^{-3}$	139
$1 \times 10^{-2}$	140



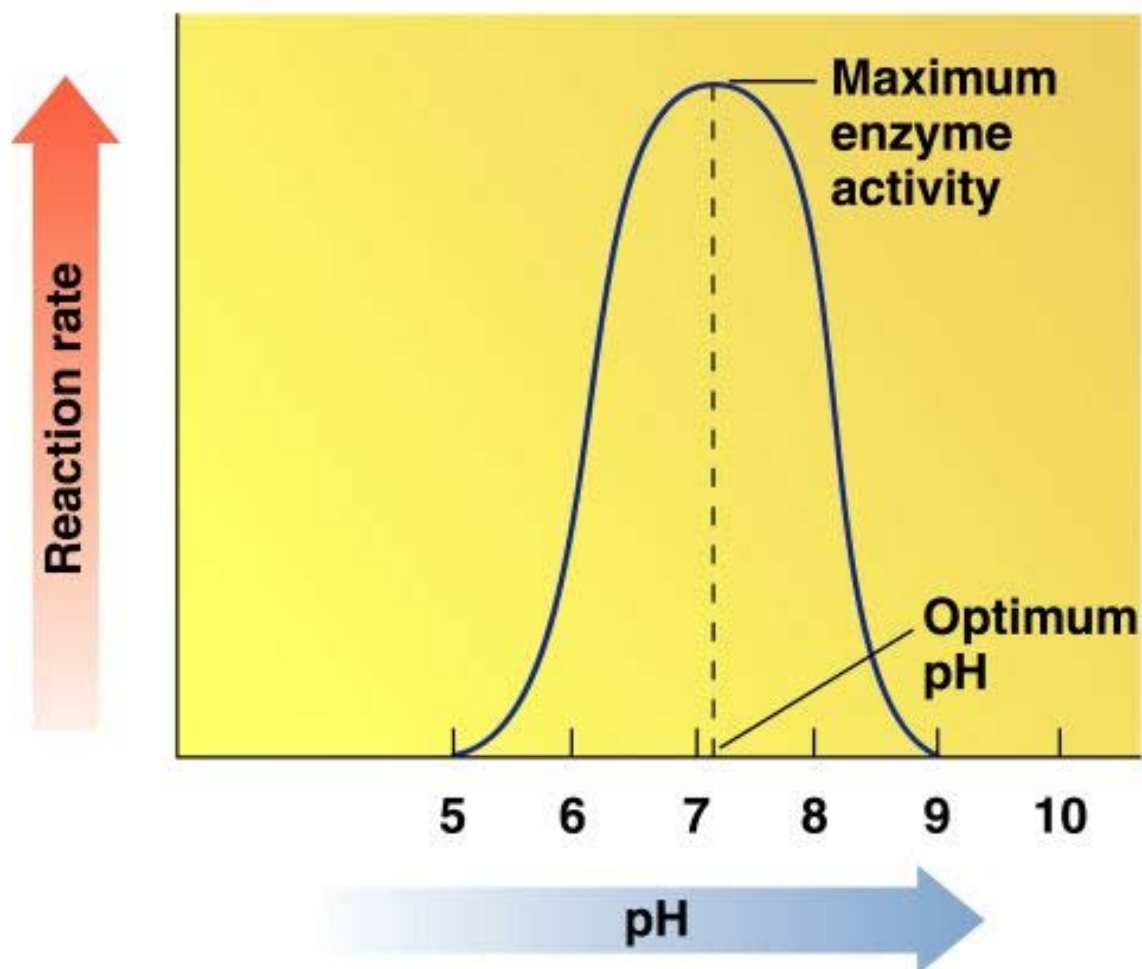
■ اکثر آنزیم ها در دمای ۳۷ درجه بیشترین فعالیت را دارند



Timberlake, *General, Organic, and Biological Chemistry*. Copyright © Pearson Education Inc., publishing as Benjamin Cummings



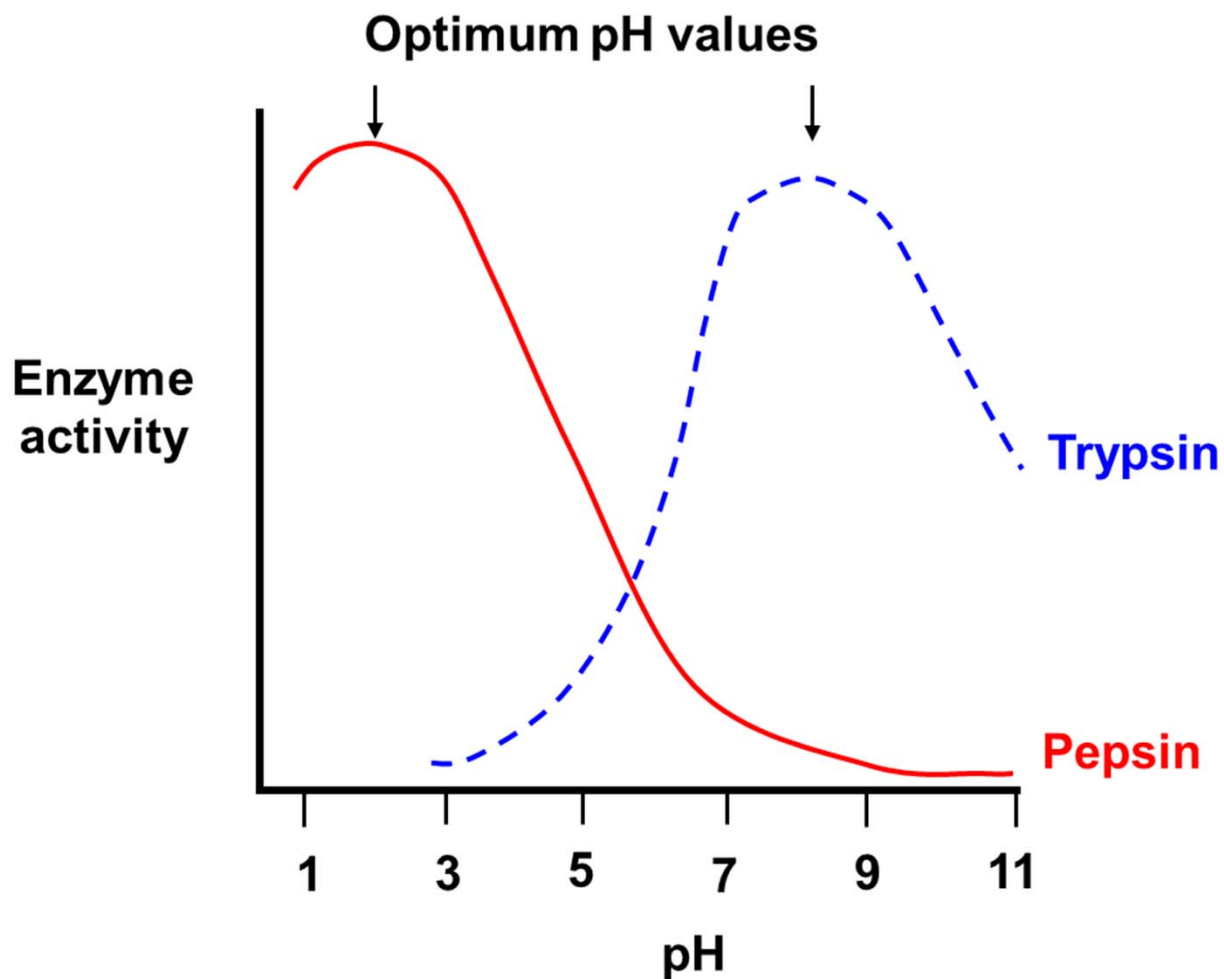
# □ اکثر آنزیم های درون سولی pH بهینه ۷



Timberlake, *General, Organic, and Biological Chemistry*. Copyright © Pearson Education Inc., publishing as Benjamin Cummings



# □ برخی آنزیم ها pH بهینه اسیدی یا بازی

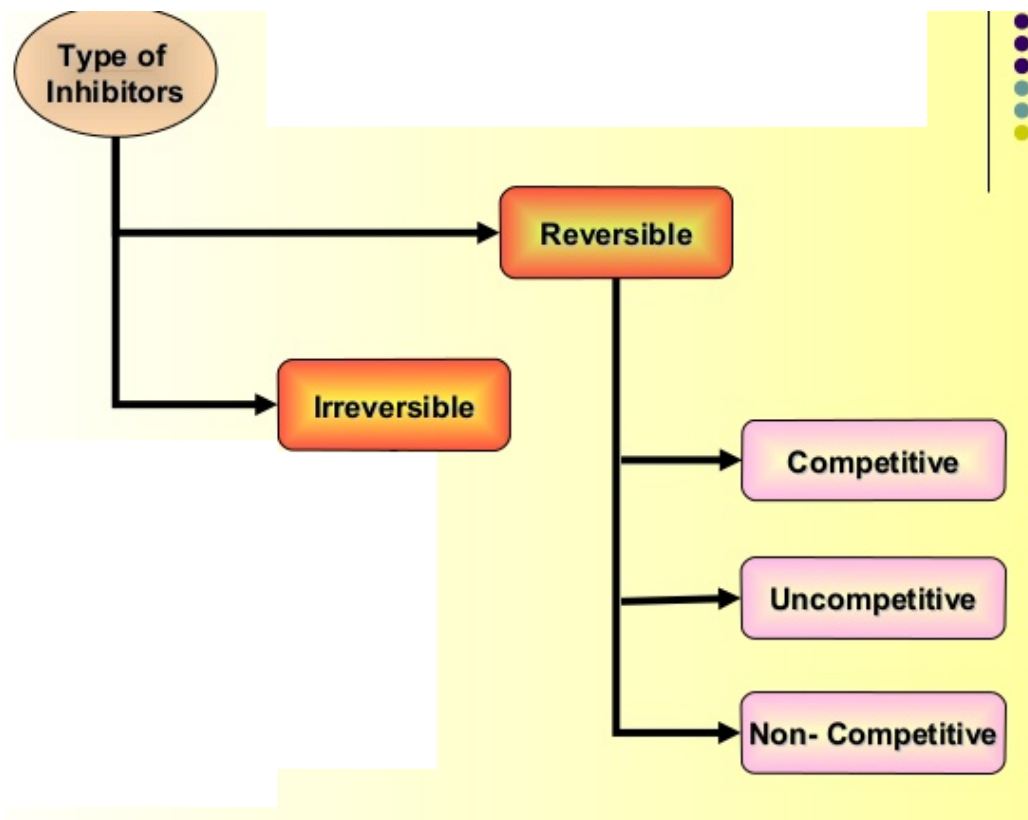




# □ مهارکننده یا بازدارنده های آنزیمی

## ■ مهارکننده ها

◀ مواد شیمیایی که باعث تداخل در کاتالیز آنزیمی و باعث آهسته یا توقف واکنش





# □ متوتروکسات و دی هیدروفولات

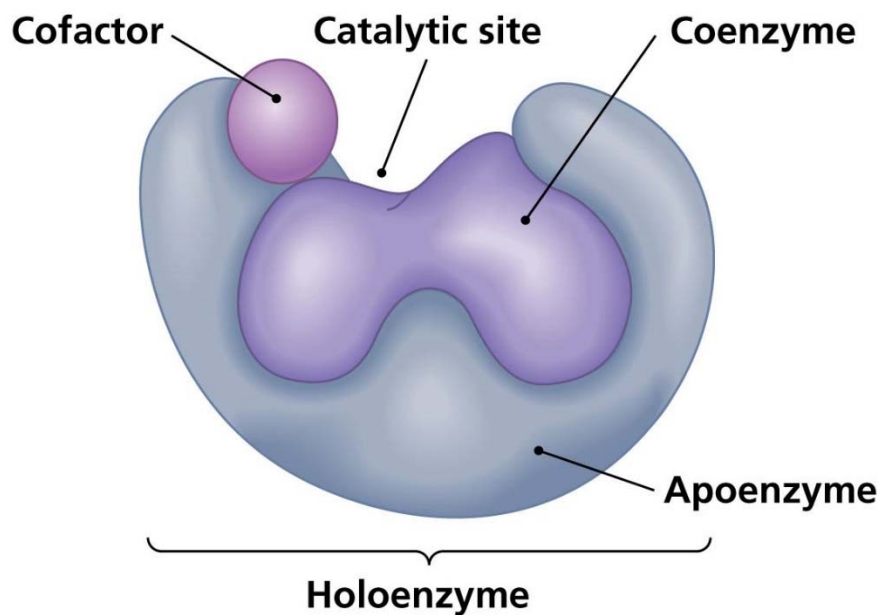
## Clinically useful Competitive Inhibition

Drugs	Target Enzyme	Therapeutic Use
<b>STATINS</b> - Atorvastatin , simvastatin	HMG CoA reductase	Decrease plasma <b>Cholesterol</b> level - <b>Antihyperlipidemic agents</b>
Allopurinol	Xanthine oxidase	Gout
Methotrexate	Dihydrofolate reductase	Cancer
Captopril & Enalapril	Angiotensin converting enzyme	High blood pressure
Dicoumarol	Vit.K-epoxide-reductase	Anti-coagulant



## □ آنزیم ها

■ بسیاری از آنزیم ها علاوه بر بخش پروتئین حاوی بخش غیرپروتئینی

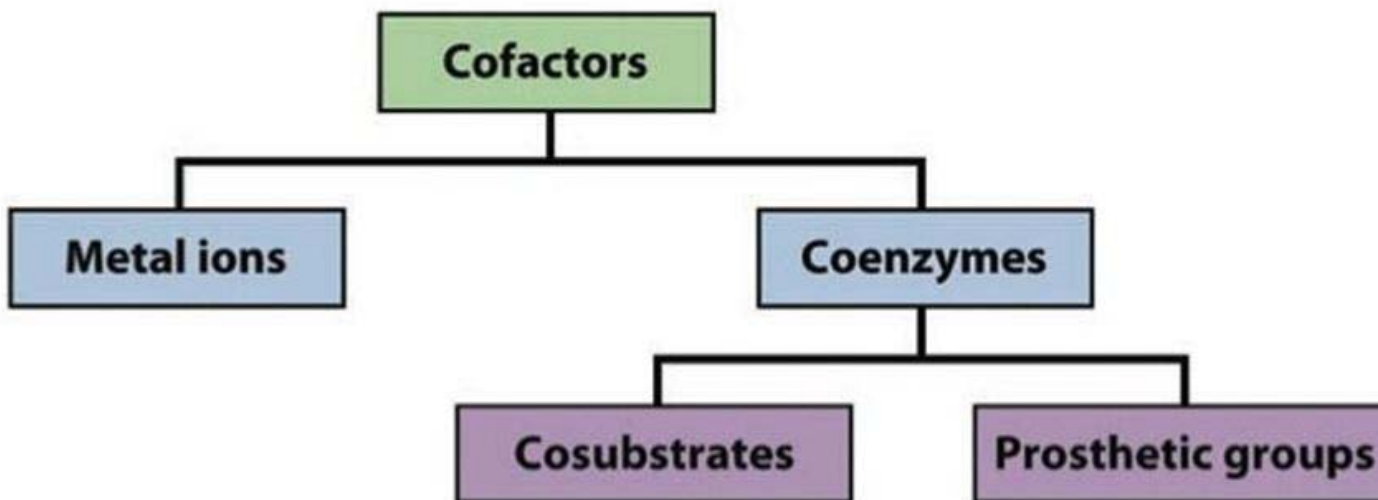


Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



# □ کوفاکتورها (کمک آنزیم ها)

Figure 3.3 Enzyme cofactor classification



© 2008 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.





## یونهای فلزی بعنوان کوفاکتورها □

Metal Ions and Some Enzymes That Require Them	
Metal Ion	Enzyme
$Fe^{2+}$ or $Fe^{3+}$	Cytochrome oxidase Catalase Peroxidase
$Cu^{2+}$	Cytochrome oxidase
$Zn^{2+}$	DNA polymerase Carbonic anhydrase Alcohol dehydrogenase
$Mg^{2+}$	Hexokinase Glucose-6-phosphatase
$Mn^{2+}$	Arginase
$K^{+}$	Pyruvate kinase (also requires $Mg^{2+}$ )
$Ni^{2+}$	Urease
Mo	Nitrate reductase
Se	Glutathione peroxidase



## □ کو آنزیم ها (انتقال گروه های شیمیایی)

Related vitamin	Coenzyme	Chemical reaction
Niacin	NAD <sup>+</sup> , NADP <sup>+</sup>	Oxidation-reduction
Riboflavin (B <sub>2</sub> )	FAD	Oxidation-reduction
Thiamine (B <sub>1</sub> )	Thiamine pyrophosphate	Decarboxylation and two carbon transfer
Pantothenate	Coenzyme A	Acyl group transfer
Folate	Tetrahydrofolate	Transfer of one-carbon groups
Biotin	Biotin	Carboxylation
Pyridoxal (B <sub>6</sub> )	Pyridoxal phosphate	Transamination



۶۸- ساختمان نوع دوم پروتئین به کدام یک اطلاق می گردد؟

- (۱) پیچ خوردگی منظم نواحی مختلفی از زنجیره پلی پپتیدی
- (۲) ساختار سه بعدی تمامی اسیدهای آمینه در زنجیره پلی پپتیدی
- (۳) پروتئینی که از بیش از یک زنجیره پلی پپتیدی ساخته شده است.
- (۴) توالی خطی اسیدهای آمینه که با پیوند پپتیدی به هم متصل شده اند.

۶۹- ترکیبی با فرمول روبرو چه نام دارد؟  
 $\Delta_{6,9,12,15}$   
 $20:4$   
 (۱) DHA  
 (۲) اسید گاما لینولنیک  
 (۳) اسید آلفا لینولنیک  
 (۴) اسید آراشیدونیک

۷۰- کیناز چه نوع آنزیمی است؟

- (۱) گروه های فسفات را از سوبسترا جدا می نماید.
- (۲) با حذف یک ملکول آب، پیوند دو گانه ایجاد می نماید.
- (۳) با مصرف ATP یک گروه فسفات به سوبسترا اضافه می کند.
- (۴) از  $H^+$  و NADH استفاده می کند تا وضعیت اکسیداسیون سوبسترا را تغییر دهد.

۲۷۵- فرم زوئتریون در کدام یک از ترکیبات زیر وجود دارد؟

- (۱) گلوکز
- (۲) اسید لینولنیک
- (۳) آلانین
- (۴) گلیسرول

۱۱۶- سرعت واکنش کدام یک از آنزیم های زیر بیشتر است؟

- (۱)  $KM_1 = 2/3$
- (۲)  $KM_2 = 3/4$
- (۳)  $KM_3 = 4/3$
- (۴)  $KM_4 = 7$



## □ نامگذاری آنزیم ها

### ■ عمومی

◀ آنزیم های هیدرولیز کننده (هضم):

• نام سوبسترا+آز ( لیپاز، سوکراز، لاکتاز)

- sucrase breaks down sucrose
- protease breaks down protein
- lipase breaks down lipid

◀ آنزیم های درگیر در متابولیسم

• نام سوبسترا+عمل آنزیم+آز (پيروات دهیدروژناز، DNA پلیمراز)

- DNA polymerase builds DNA
- Pyruvate dehydrogenase oxidase pyruvate



# نامگذاری بین المللی (عدد گروه آنزیمی EC)

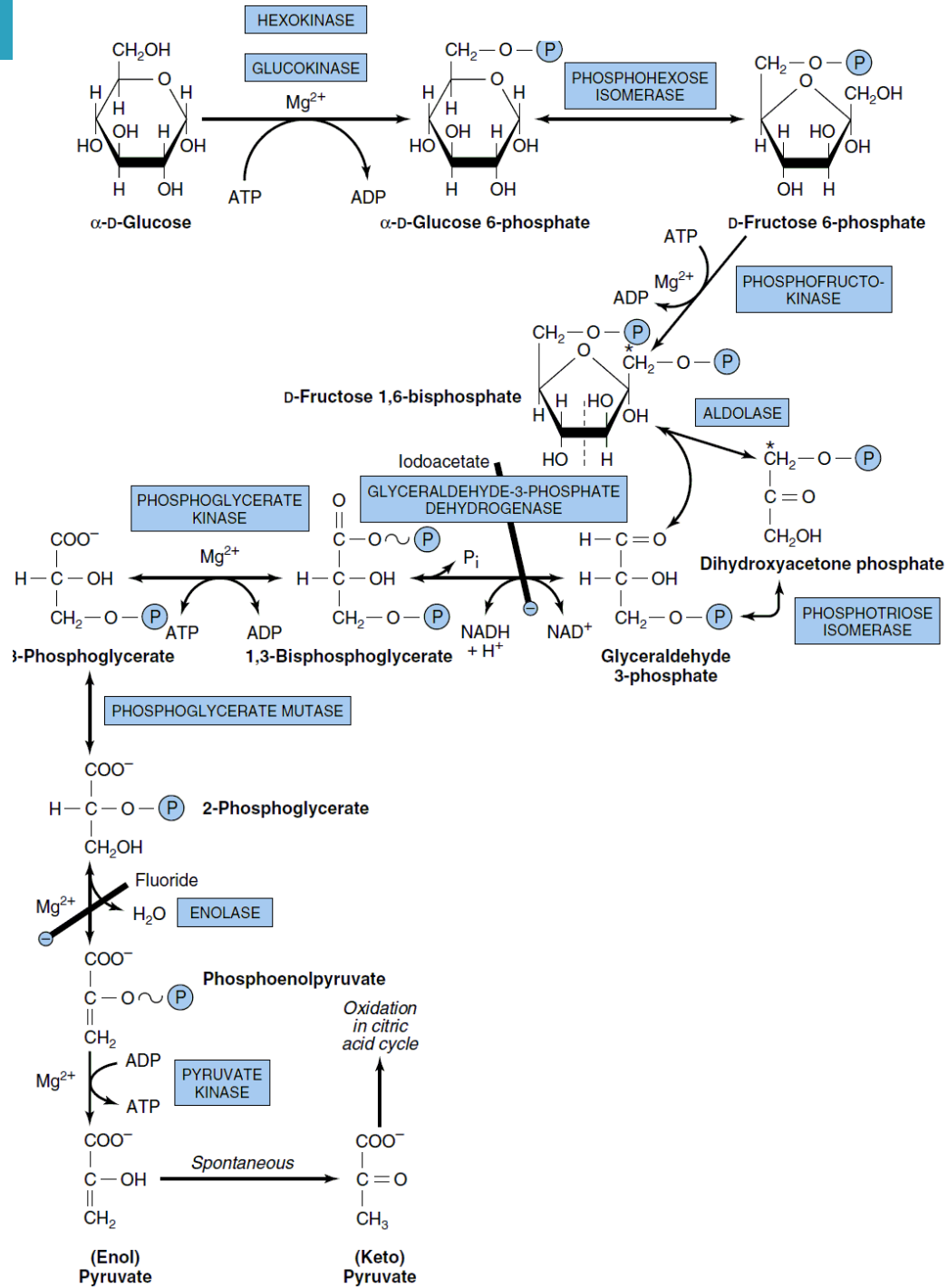


◀ هر آنزیم از ۴ عدد

◀ عدد اول مربوط به نوع واکنش : ۶ طبقه اصلی آنزیمی

کاتالیز واکنش	طبقه
اکسیداسیون و احیا	اکسیدوردوکتازها
انتقال گروه از یک سوبسترا به دیگری	ترانسفرازها
تجزیه یک مولکول با حضور آب	هیدرولازها
واکنش حذفی یا افزایشی (اضافه کردن یا برداشتن یک گروه برداشت و یا تشکیل پیوند دوگانه)	لیازها
نوآرایی درون مولکولی	ایزومرازها
ترکیب دو مولکول با مصرف ATP	لیگازها

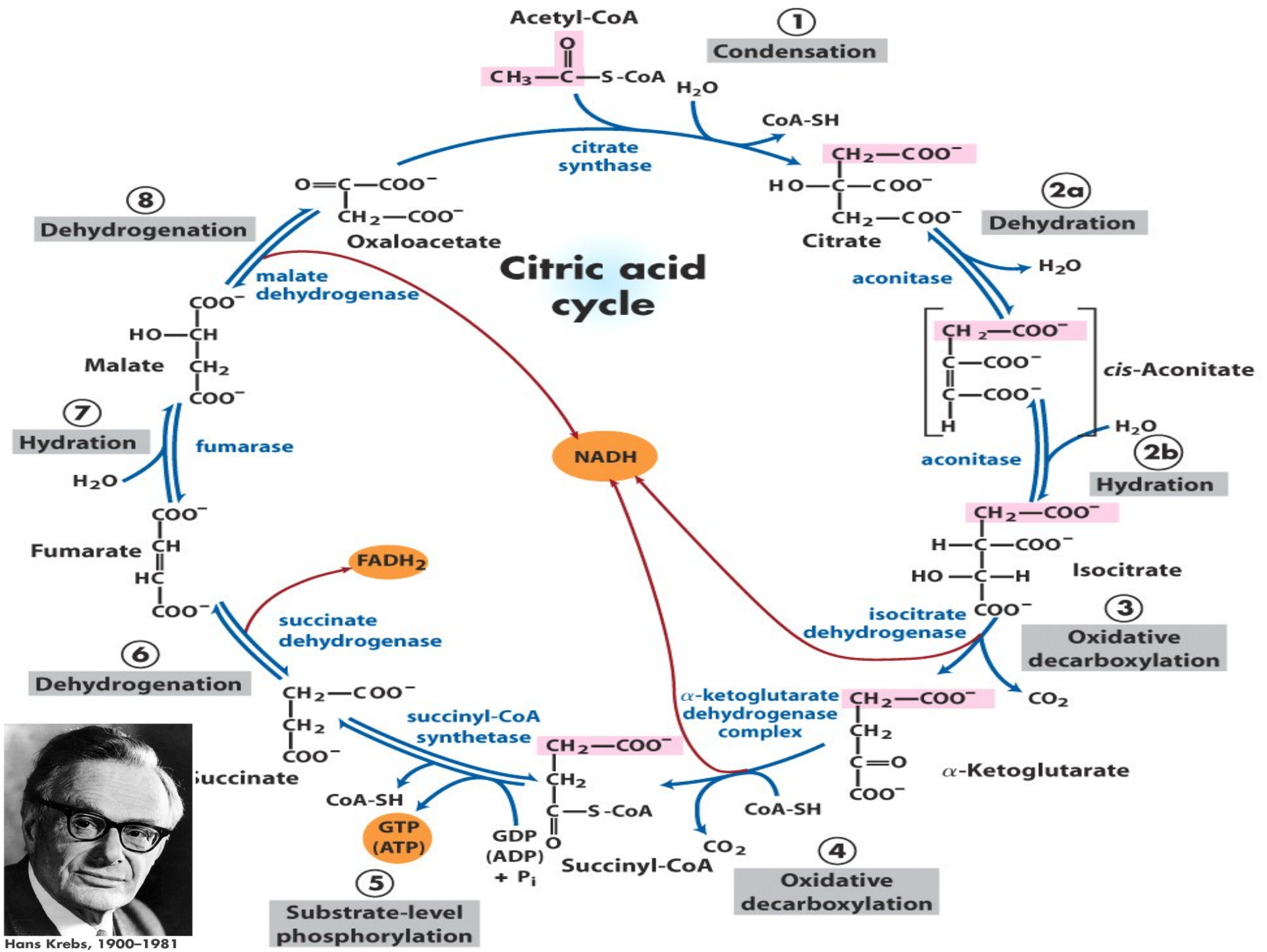
# آنزیم ها



# گلیکولیز



# Citric acid cycle



Hans Krebs, 1900-1981