



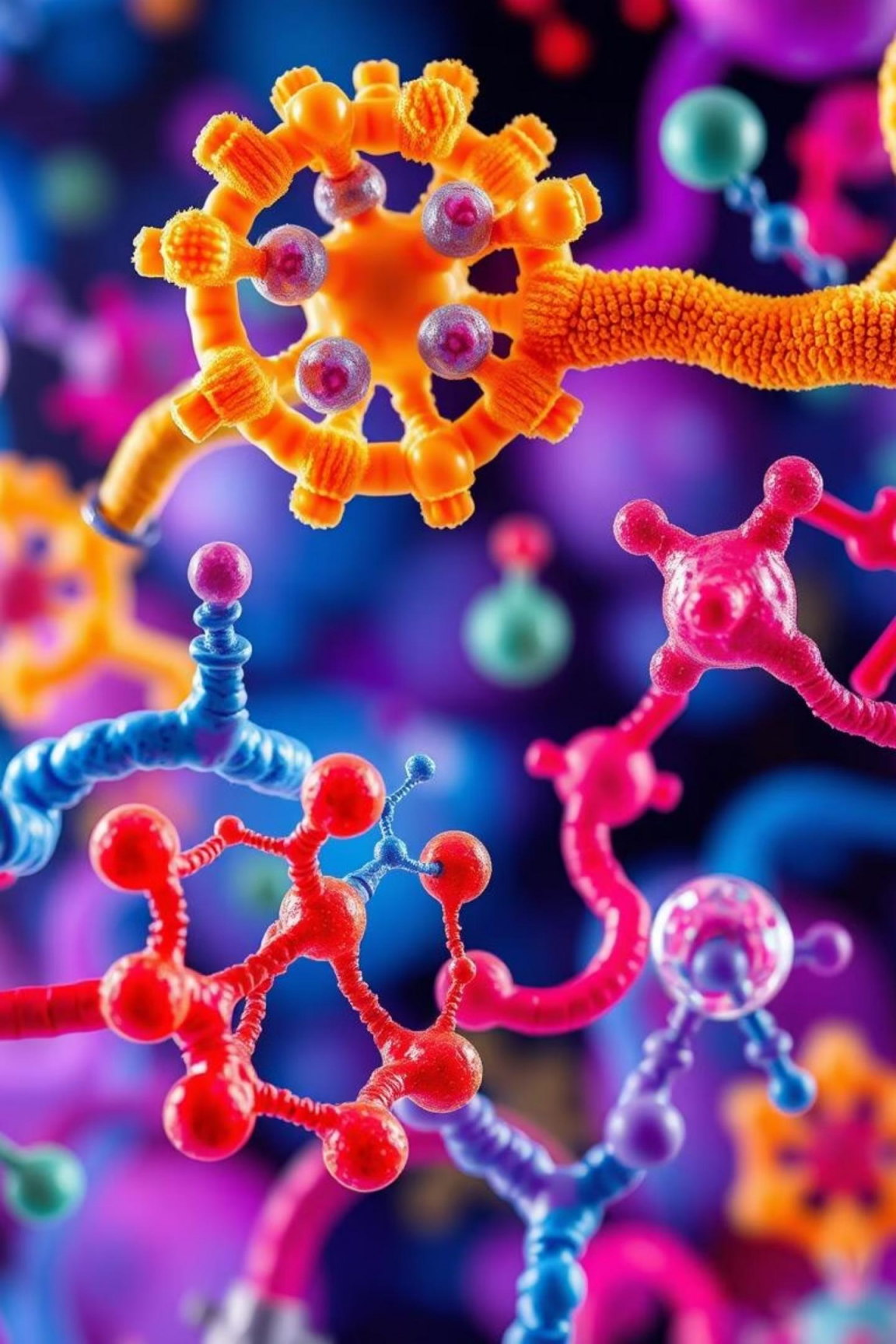
به نام خدا

بیوشمی ۱

آنزیم‌ها

دکتر محمد درویش خادم
D.V.M., Ph.D. of Biochemistry

دانشکده دامپزشکی دانشگاه سمنان



آنزیم‌ها: کاتالیزورهای حیات

آنزیم‌ها مولکول‌های بیولوژیکی هستند که **سرعت** واکنش‌های بیوشیمیایی را افزایش می‌دهند و به عنوان بیوکاتالیزور عمل می‌کنند. آنزیم‌ها در طی واکنش مصرف نمی‌شوند و در انتهای واکنش، بدون تغییر باقی می‌مانند.

اکثر آنزیم‌ها ساختمان پروتئینی دارند. اما آنزیم‌هایی هم از جنس RNA داریم که به آن‌ها ریبوزیم (Ribozyme) می‌گویند.

ساختار و انواع آنزیم‌ها

آنزیم‌های مرکب

علاوه بر پروتئین،
دارای بخش غیر پروتئینی (کوفاکتور)

آپوآنزیم + کوفاکتور = هولوآنزیم

آنزیم‌های ساده

فقط ساختمان پروتئینی دارند.

کوفاکتور

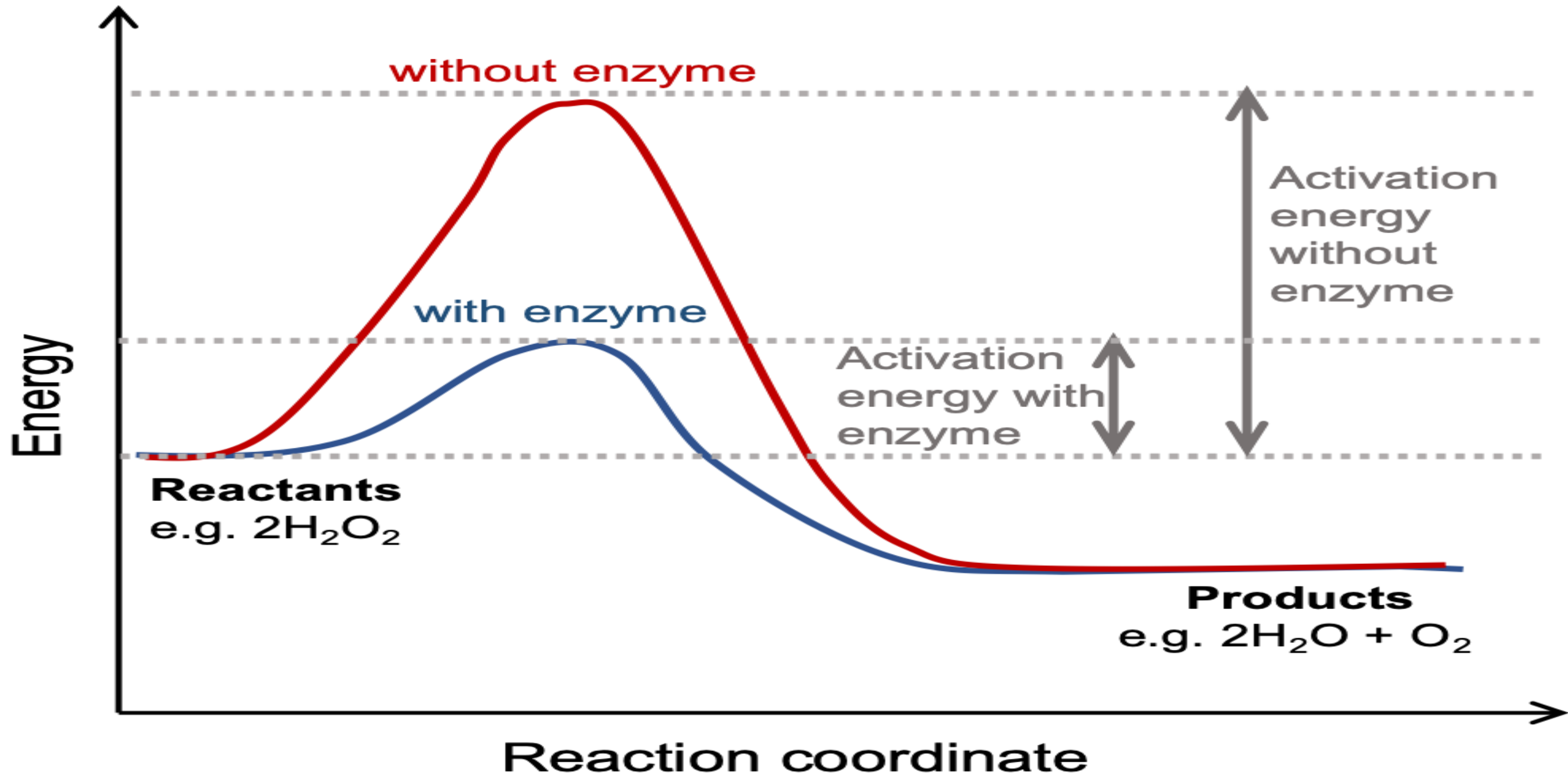
یون فلزی (مثل Mg^{2+})

کوفاکتور

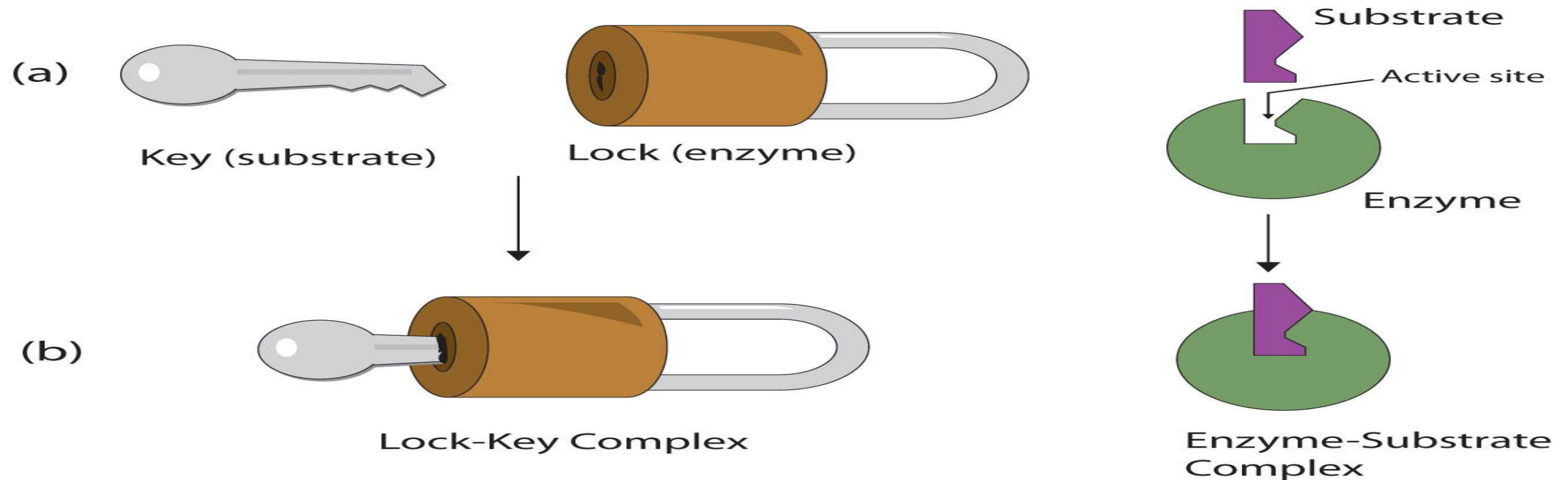
کوآنزیم

مولکول آلی مانند مشتقات
ویتامین‌ها

کوآنزیم‌ها معمولاً با پیوندهای ضعیف به آنزیم متصل هستند ولی در بعضی موارد **کوآنزیم** به طور **محکم** به آنزیم متصل است
مانند FAD، در این گونه موارد، به کوآنزیم گروه **پروستتیک** می‌گویند.



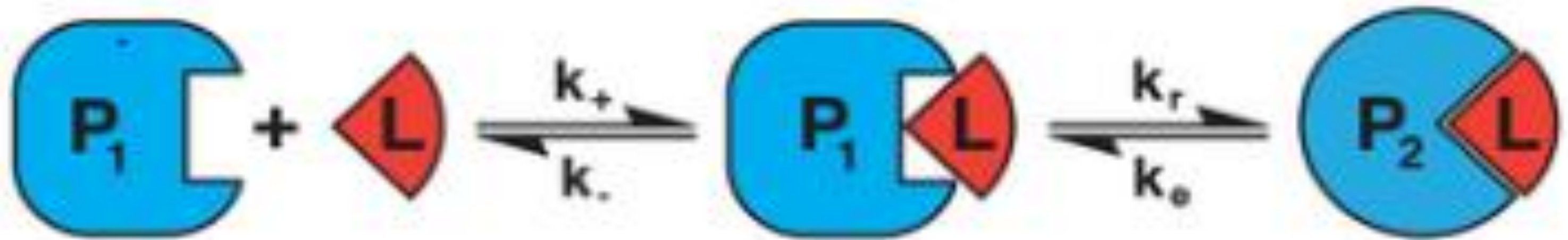
جایگاه فعال آنزیم



نظریه قفل و کلید
جایگاه فعال آنزیم مکمل **سوبسترا** است و کاملاً
تخصصی عمل می کند.

جایگاه فعال آنزیم

(a) induced-fit binding mechanism



نظریه جورشدن القایی (Induced fit)

جایگاه فعال در ابتدا مکمل نیست، اما با اتصال سوپرسترا تغییر می کند و مکمل می شود.

نظریه قفل و کلید

جایگاه فعال آنزیم مکمل سوپرسترا است و کاملاً تخصصی عمل می کند.

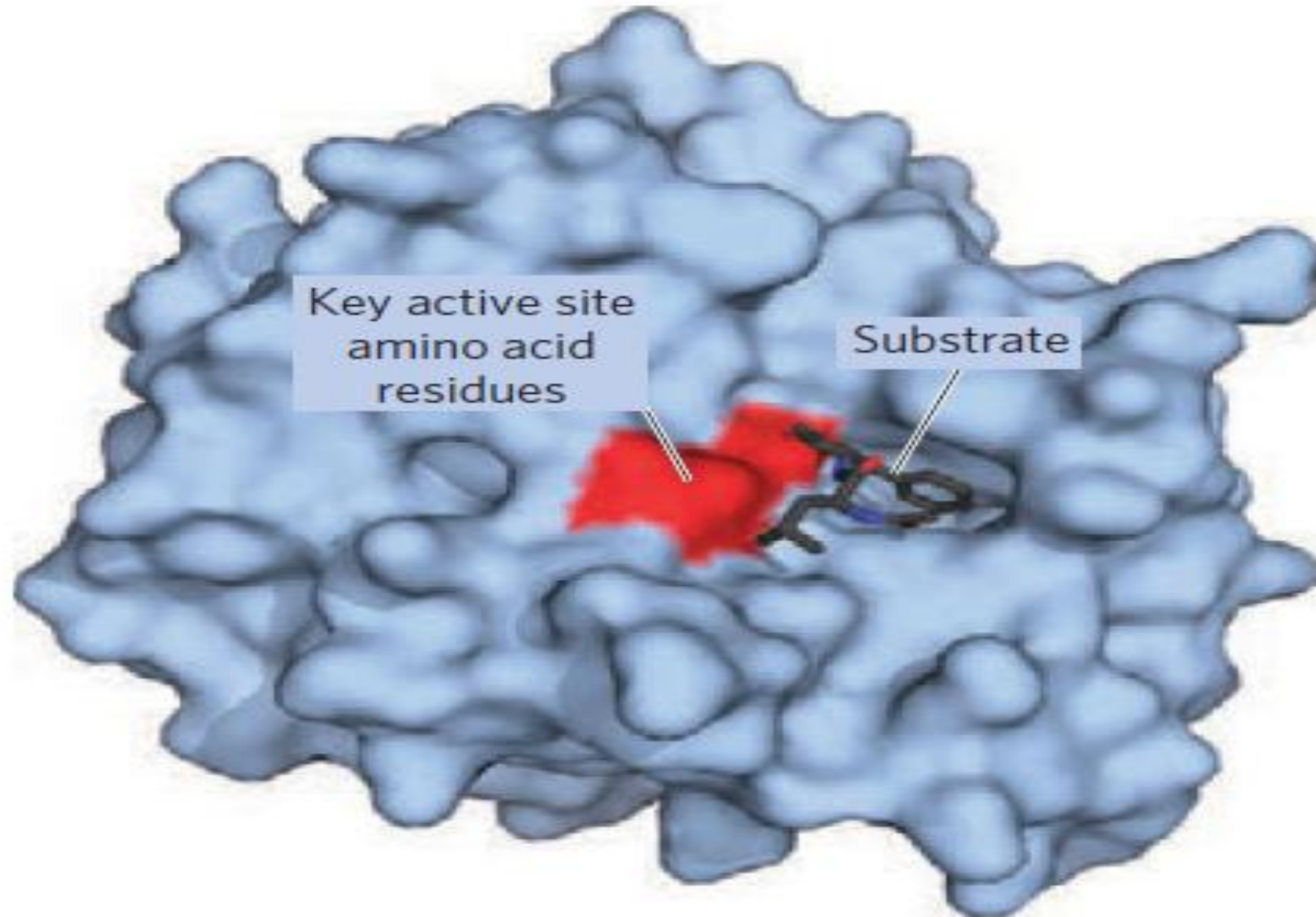
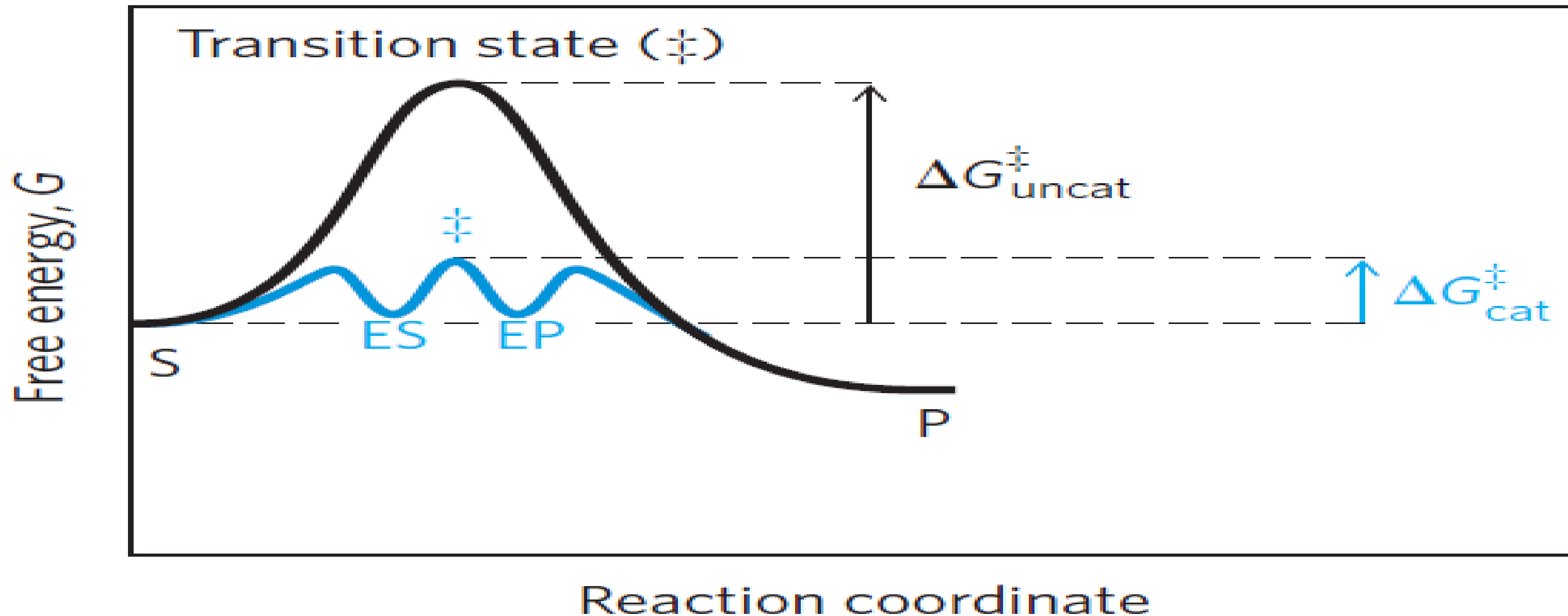


FIGURE 6-1 Binding of a substrate to an enzyme at the active site.

مکانیسم کاتالیزوری آنزیم‌ها

آنزیم‌ها با کاهش انرژی فعال‌سازی ($\Delta G^\ddagger$)، سرعت واکنش‌های بیوشیمیایی را افزایش می‌دهند. آنها بر ثابت تعادل یا انرژی آزاد واکنش تأثیری ندارند.



Free energy, G

Transition state ($\ddagger$)

$$\Delta G_{S \rightarrow P}^{\ddagger}$$

$$\Delta G_{P \rightarrow S}^{\ddagger}$$

$$\Delta G'^{\circ}$$

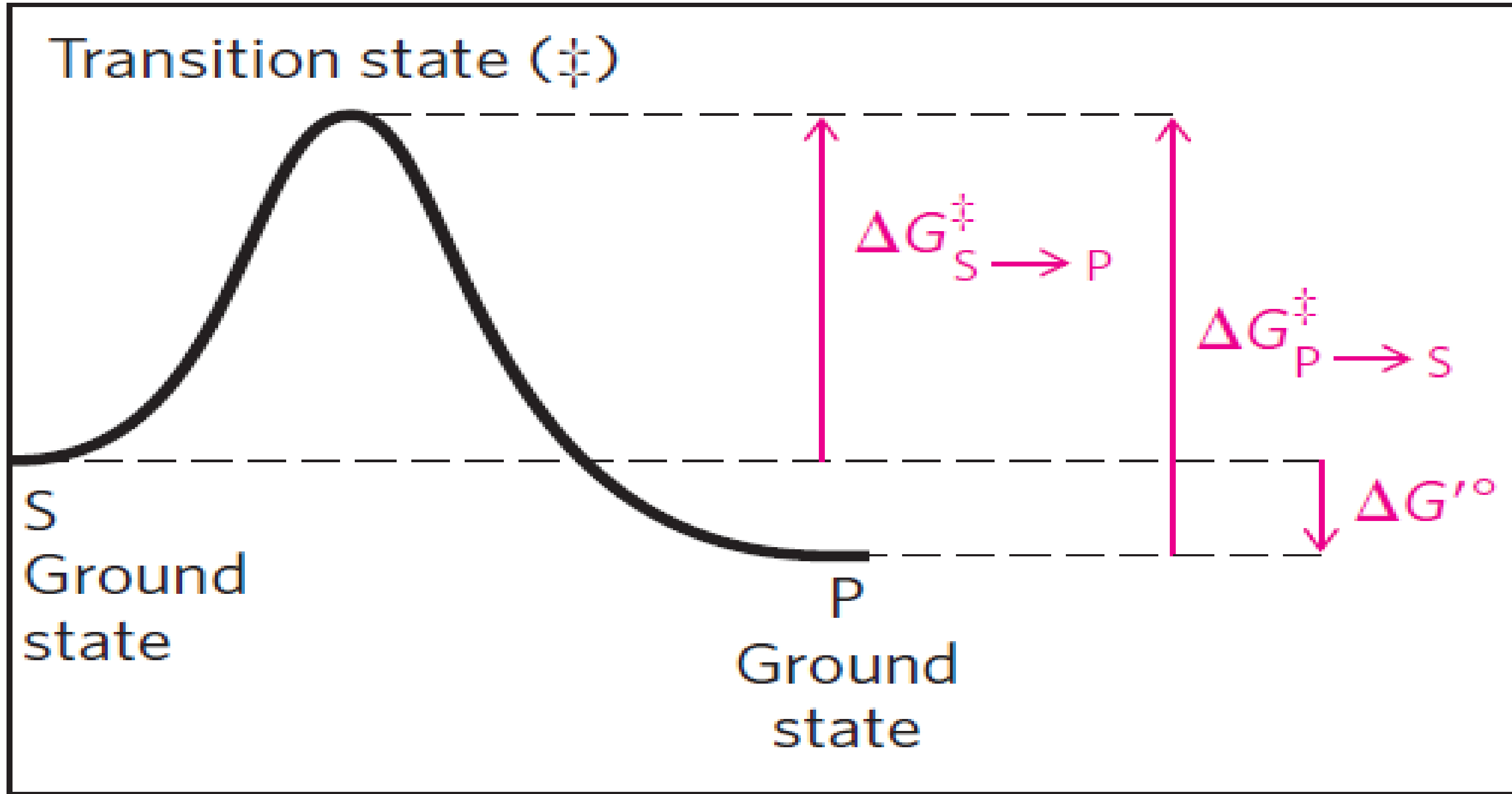
S

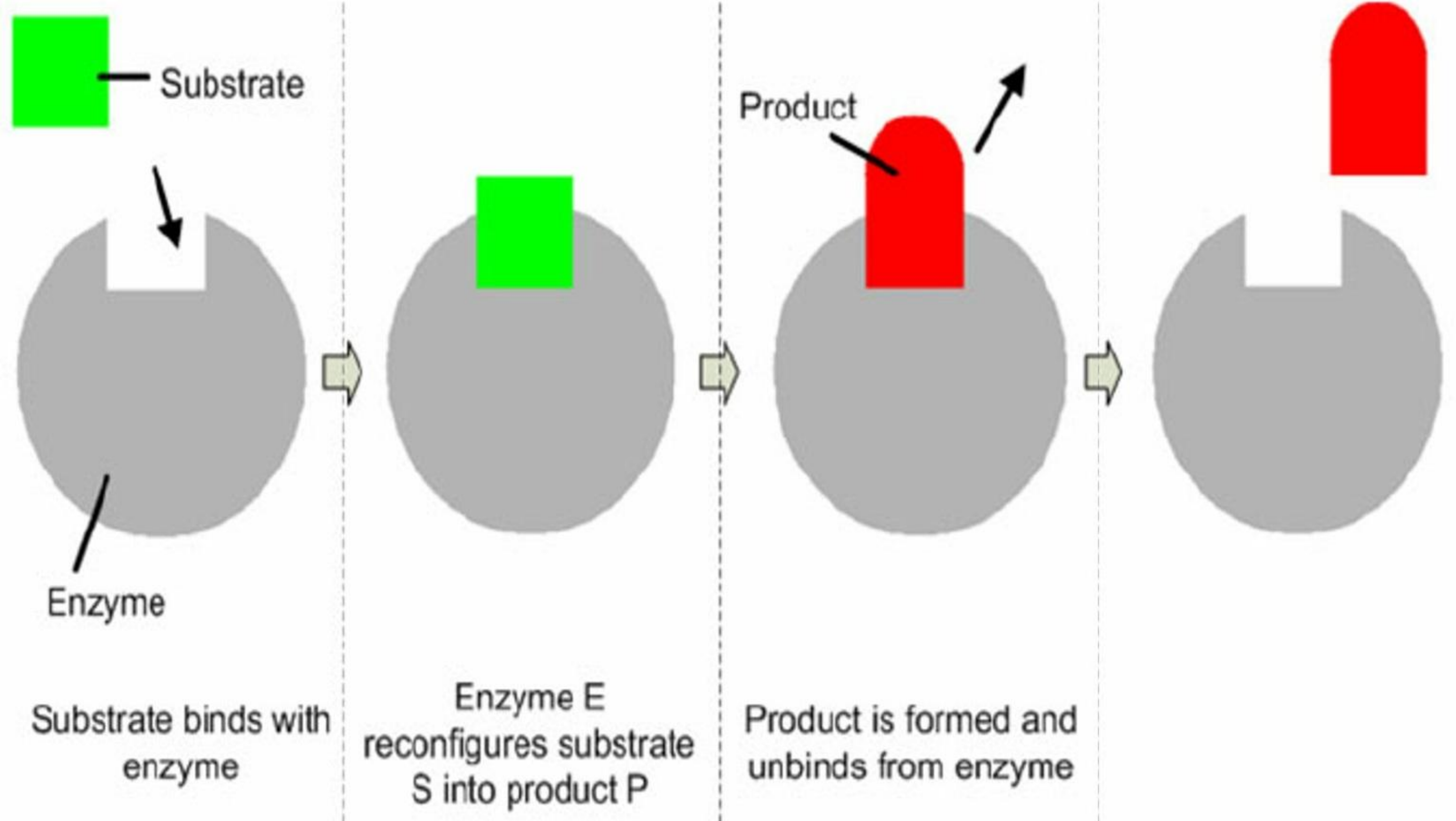
Ground
state

P

Ground
state

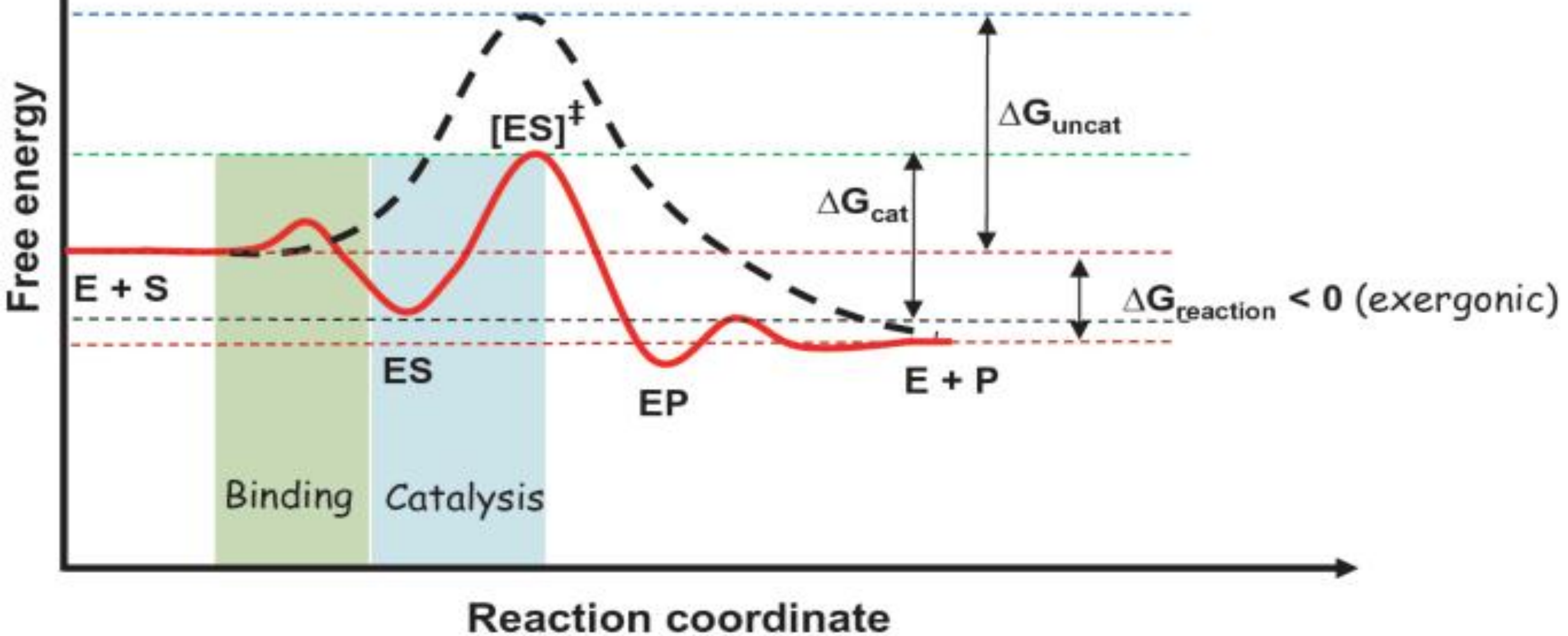
Reaction coordinate





(ES)(Enzyme-Substrate)

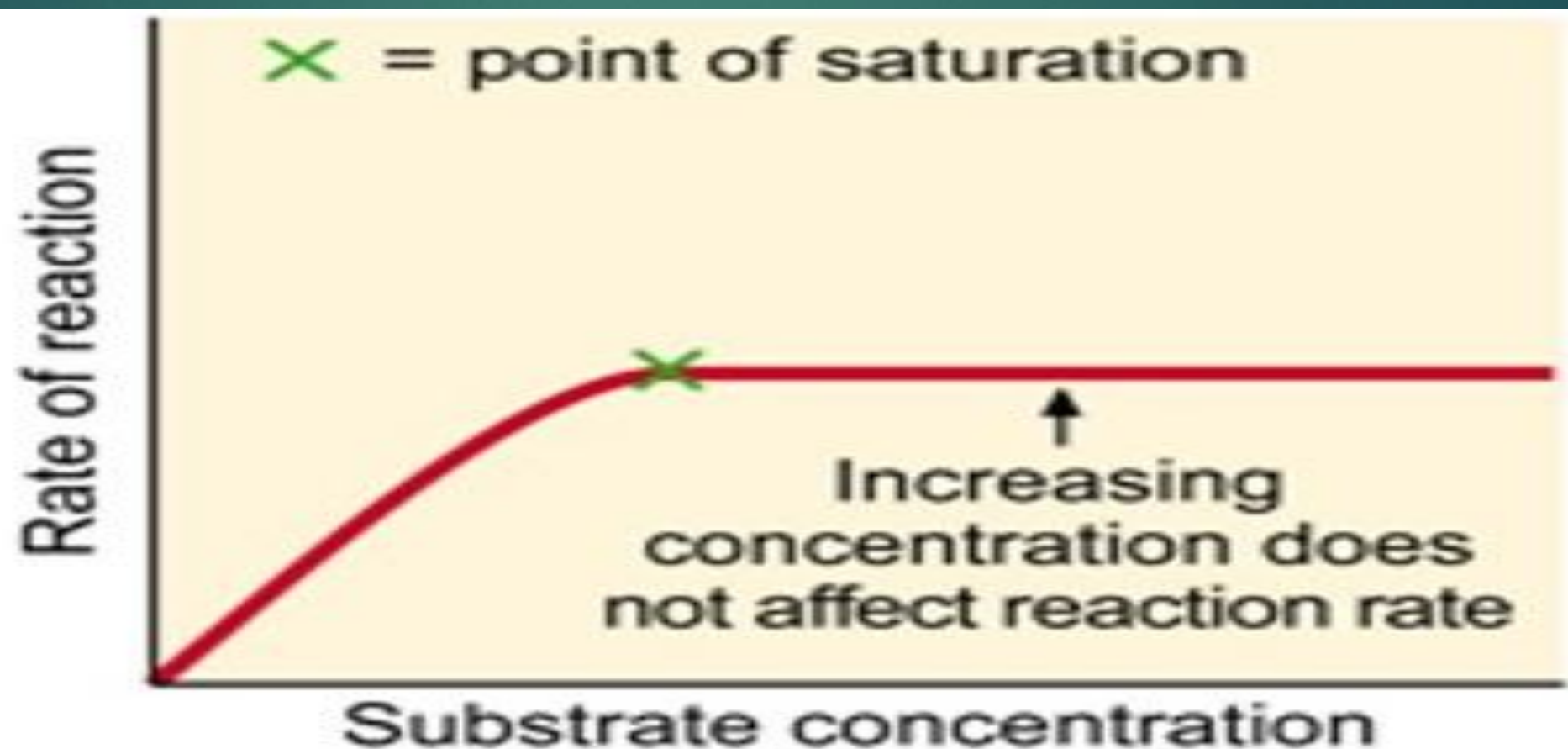
(EP) (Enzyme-Product)



عوامل موثر بر فعالیت آنزیم‌ها

غلظت سوبسترا

با افزایش غلظت سوبسترا، سرعت واکنش آنزیمی بیشتر می‌شود تا به سرعت ماکزیم ($V_{\max}$) برسد. از این به بعد، هر چه غلظت سوبسترا بیشتر شود، سرعت واکنش آنزیمی تغییر نمی‌کند، زیرا جایگاه‌های فعال آنزیم از سوبسترا اشباع می‌شوند.



عوامل موثر بر فعالیت آنزیم‌ها

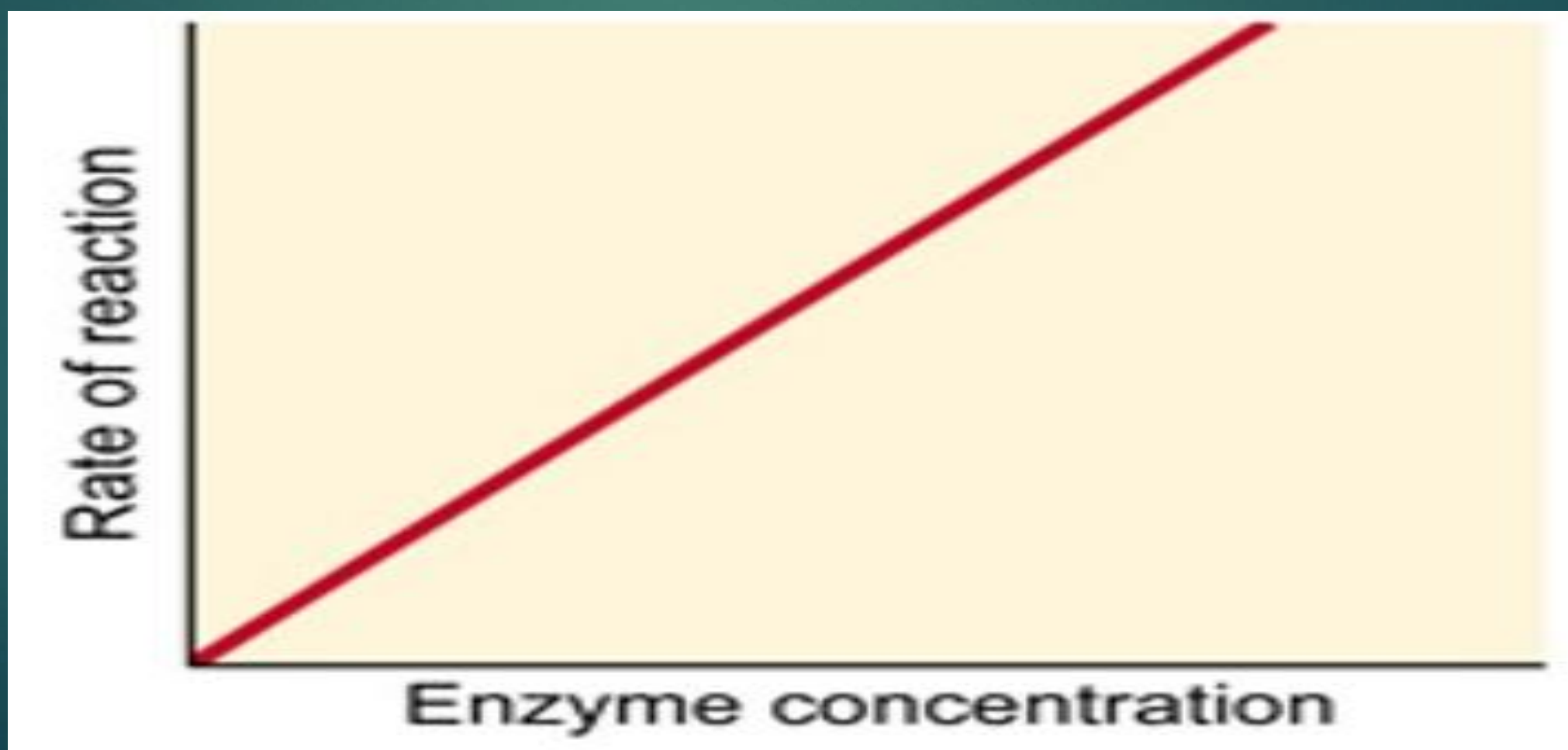
دما

pH

غلظت آنزیم

غلظت سوبسترا

با افزایش غلظت آنزیم (در صورت زیاد بودن سوبسترا)، سرعت واکنش متناسب با غلظت آنزیم خواهد بود و فعالیت آنزیمی نیز زیادتر می‌شود.



عوامل موثر بر فعالیت آنزیم‌ها

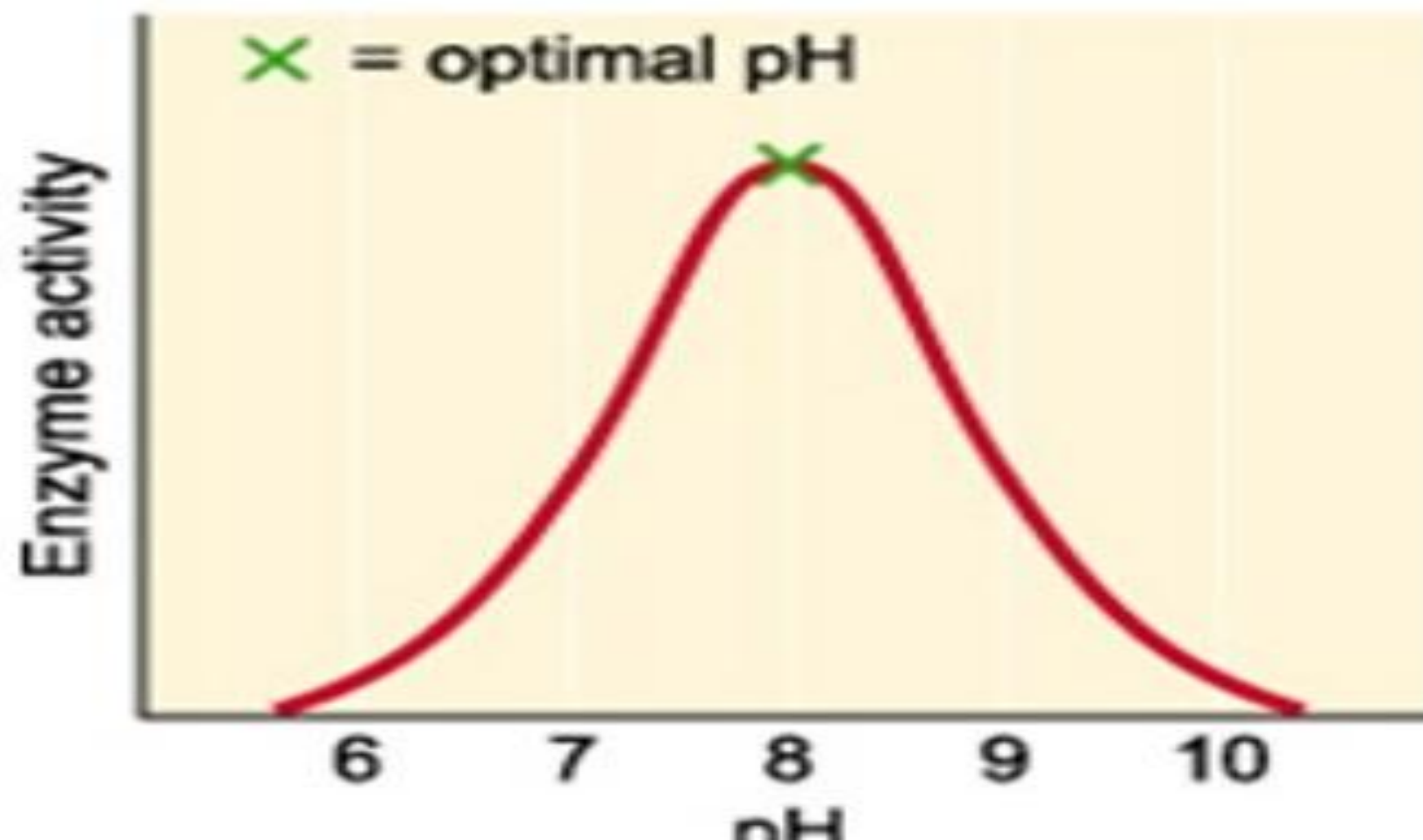
دما

pH

غلظت آنزیم

غلظت سوبسترا

هر آنزیمی در یک pH معین (pH اپتیمم) حداکثر فعالیت را دارد.



عوامل موثر بر فعالیت آنزیم‌ها

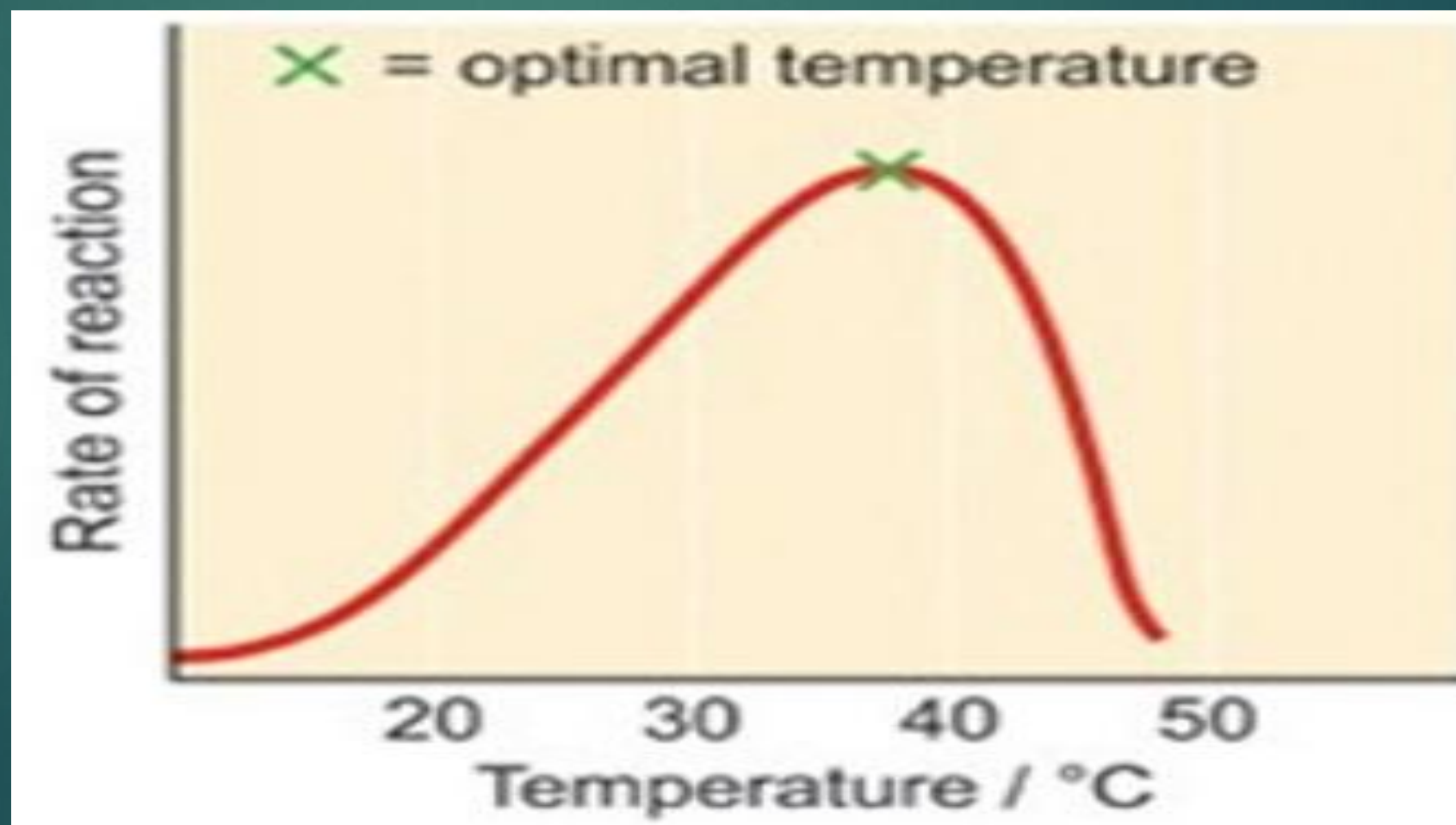
دما

pH

غلظت آنزیم

غلظت سوبسترا

افزایش دما سرعت را زیاد می‌کند، اما دمای بالا باعث دناتوره شدن و کاهش فعالیت می‌شود.



معادلات سینتیک آنزیمی

معادله میکائیلیس-منتن



رابطه بین غلظت سوبسترا $[S]$ ، سرعت واکنش اولیه $[V_0]$ و سرعت ماکزیمم $[V_{max}]$ را بیان می‌کند.

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

$$K_m = \frac{k_2 + k_{-1}}{k_1}$$

ثابت میکائیلیس (K_m): غلظت سوبسترا که در آن سرعت واکنش به نصف سرعت حداکثر می‌رسد.
 K_m کمتر نشان‌دهنده آنزیم قوی‌تر است.

Michaelis-Menten

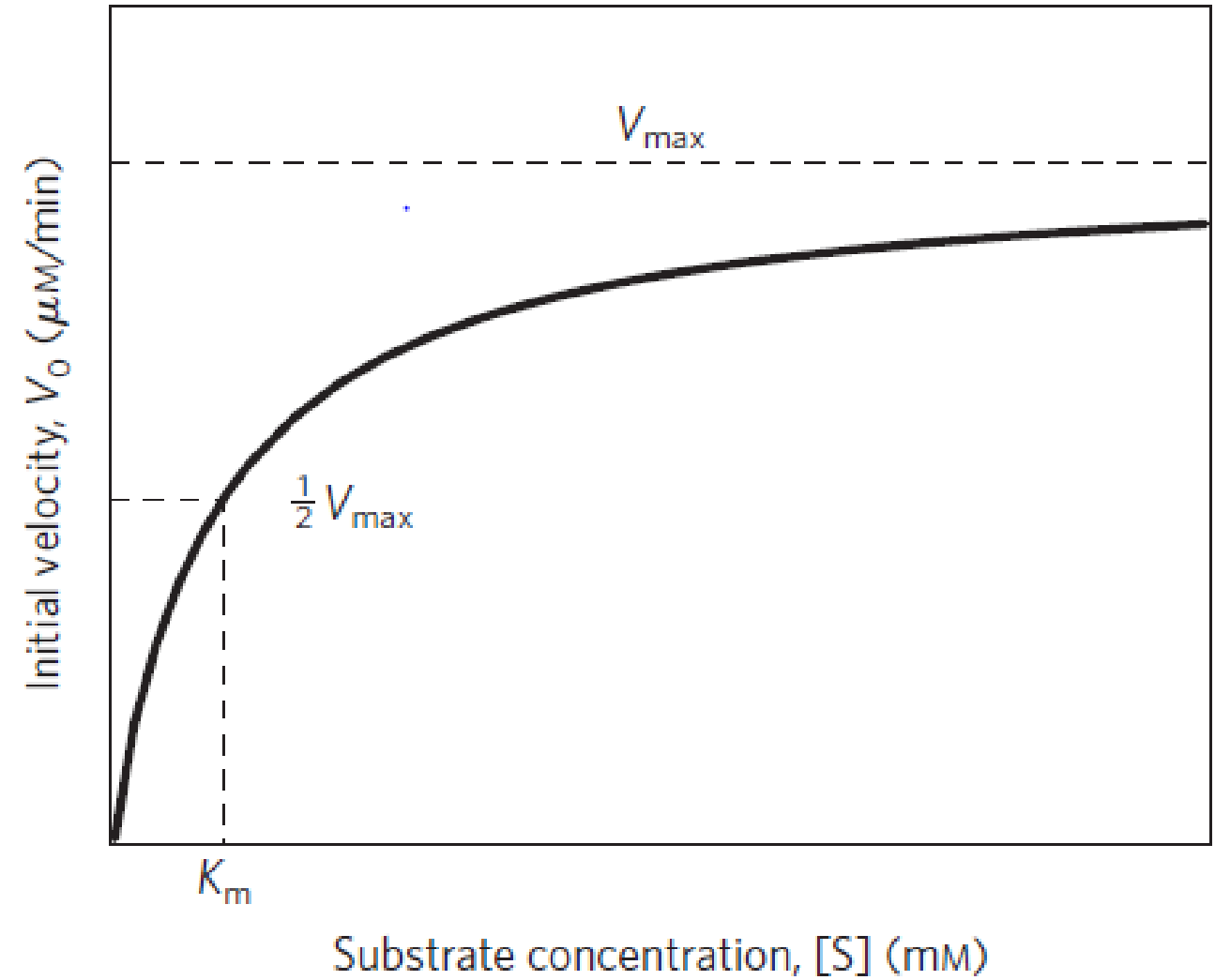
V_0 = سرعت اولیه

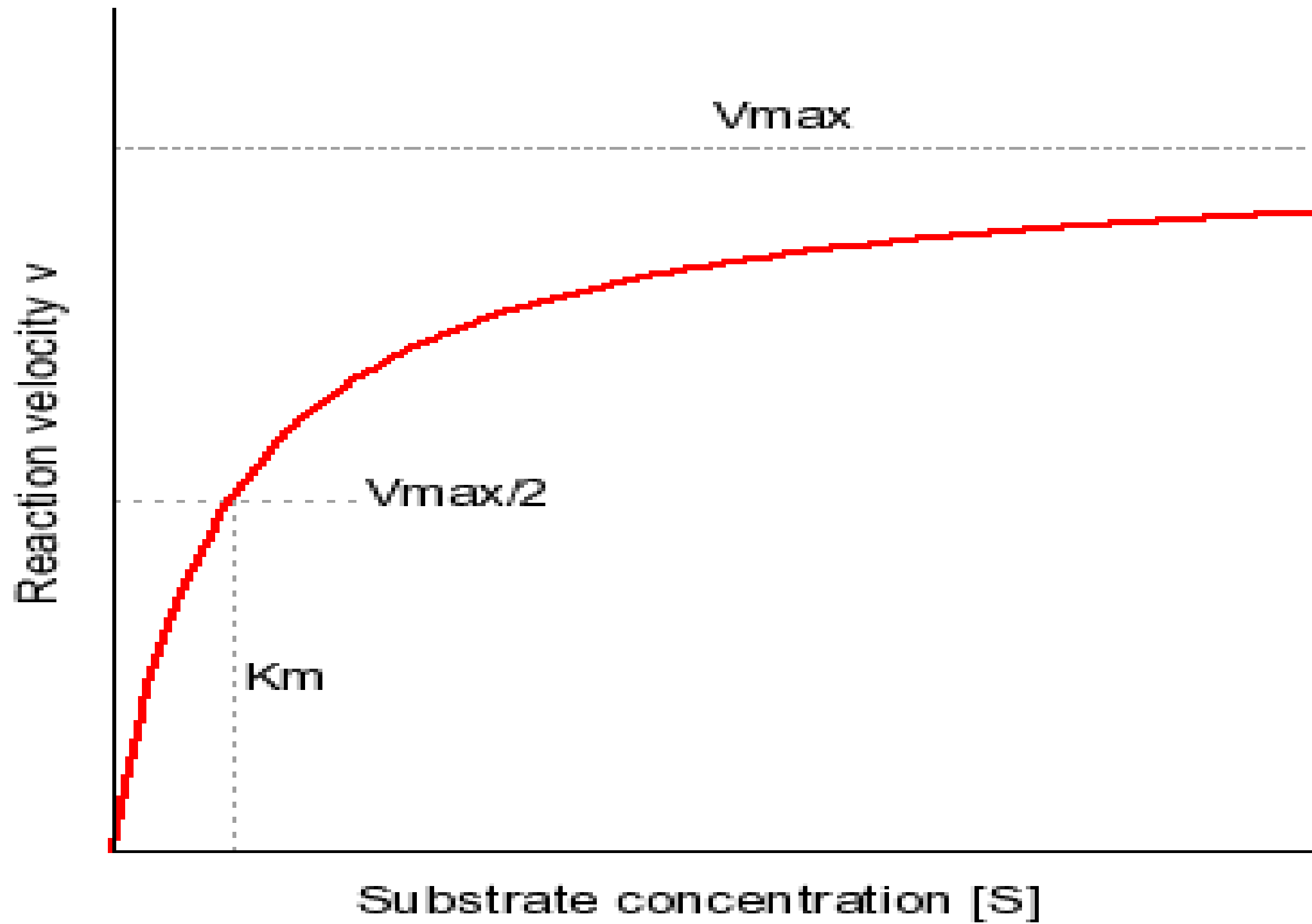
V_{max} = سرعت ماکزیمم

K_m = ثابت میکائلیس

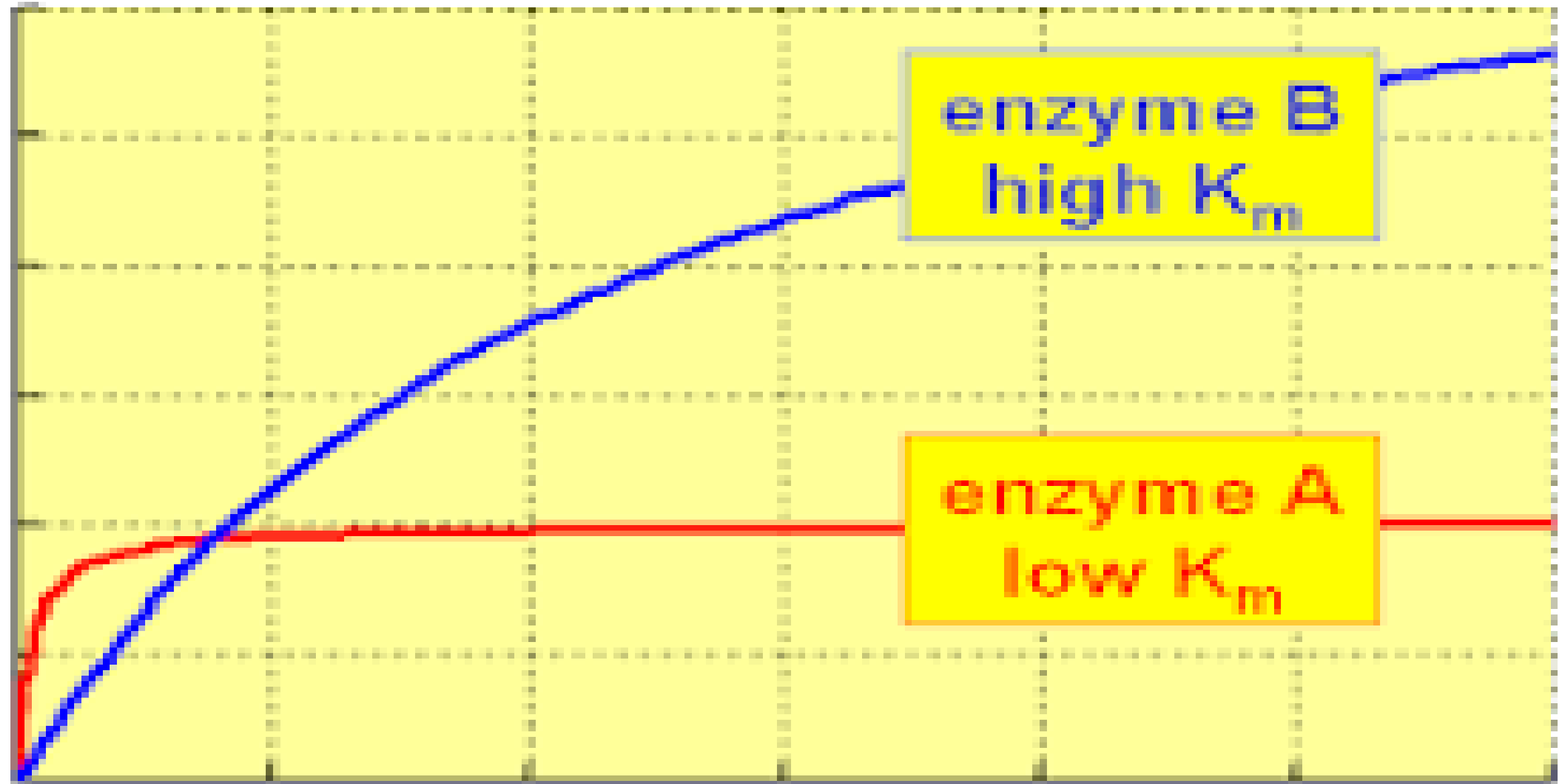
S = غلظت سوبسترا

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





rate of reaction



enzyme B
high K_m

enzyme A
low K_m

substrate concentration

۱- هنگامی که غلظت سوبسترا خیلی کم است، می‌توان سوبسترا (S) را از مخرج کسر حذف نمود. بنابراین:

$$V_o = \frac{V_{\max} \cdot |s|}{K_m + |s|} \Rightarrow V_o = \frac{V_{\max}}{K_m} \cdot |s| \Rightarrow \frac{V_{\max}}{K_m} = K \Rightarrow V_o = K \cdot |S|$$

۲- در شرایطی که غلظت سوبسترا زیاد باشد، از K_m صرف نظر می‌شود در نتیجه:

یعنی در غلظت‌های بالای سوبسترا، تمام مولکول‌های آنزیم اشباع شده ($E = ES$) و سرعت واکنش به ماکزیمم خود می‌رسد.

$$V_o = \frac{V_{\max} \cdot |s|}{K_m + |s|} \Rightarrow V_o = \frac{V_{\max} \cdot |s|}{|s|} \Rightarrow V_o = V_{\max}$$

$$V_o = \frac{V_{\max} \cdot |s|}{K_m + s} \Rightarrow V_o = \frac{V_{\max} \cdot |S|}{2|S|} \Rightarrow V_o = \frac{V_{\max}}{2}$$

۳- اگر $K_m = s$ باشد:

TABLE 6–6 K_m for Some Enzymes and Substrates

Enzyme	Substrate	K_m (mM)
Hexokinase (brain)	ATP	0.4
	D-Glucose	0.05
	D-Fructose	1.5
Carbonic anhydrase	HCO_3^-	26
Chymotrypsin	Glycyltyrosinylglycine	108
	<i>N</i> -Benzoyltyrosinamide	2.5
β -Galactosidase	D-Lactose	4.0
Threonine dehydratase	L-Threonine	5.0

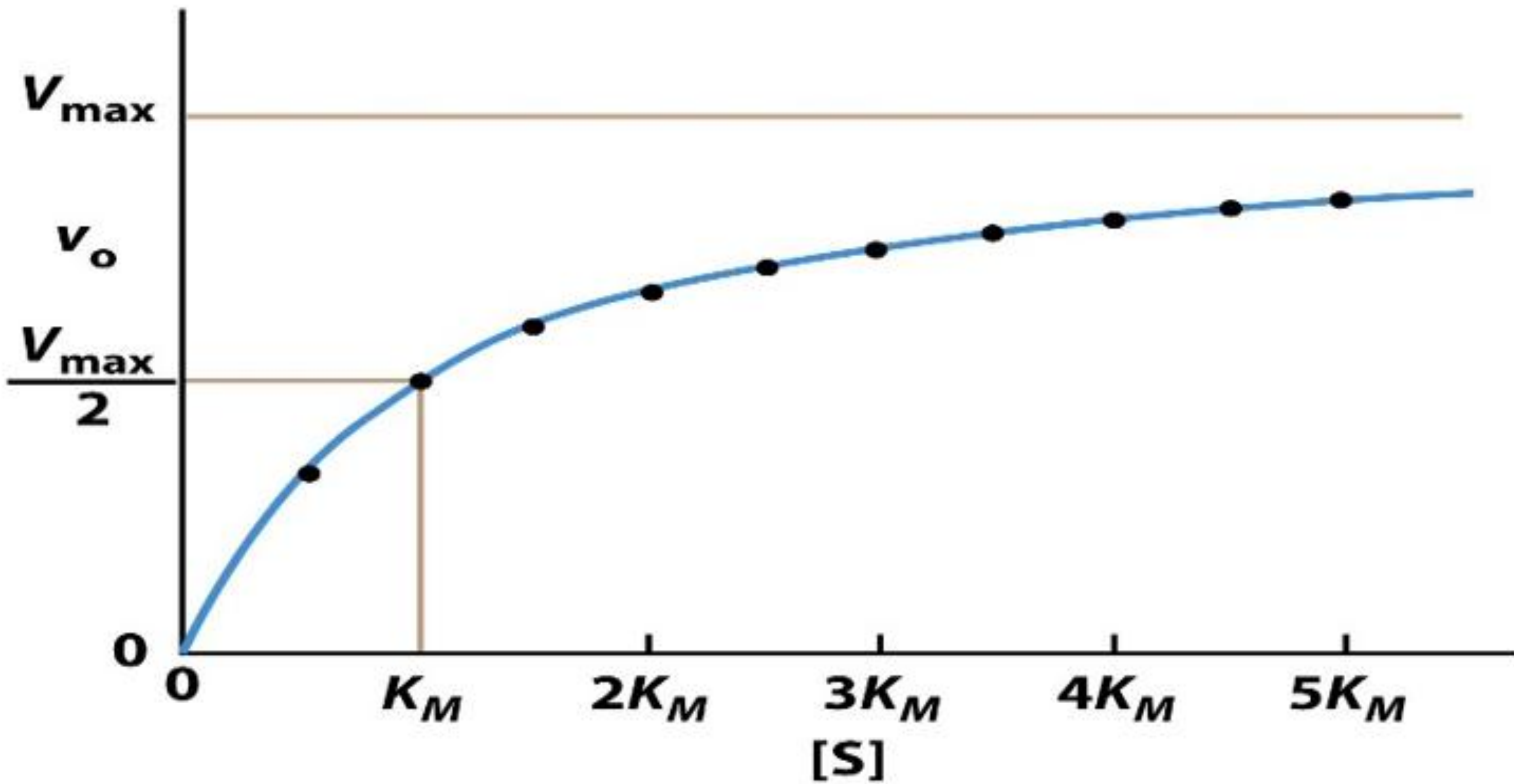


Figure 12-3 Fundamentals of Biochemistry, 2/e
© 2006 John Wiley & Sons

معادلات سینتیک آنزیمی

معادله لینویر-برک

معکوس معادله میکائیلیس-منتن است و برای محاسبه دقیق V_{max} و K_m استفاده می‌شود.

+ Lineweaver-Burk Plot



Hans Lineweaver

1934



Dean Burk

Lineweaver-Burk equation:

$$\frac{1}{v_0} = \left(\frac{K_m}{V_{max}} \right) \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{max}}$$

$$y = mx + b$$

Double reciprocal of
M-M equation

$$\frac{1}{V_0} = \frac{K_m + [S]}{V_{\max}[S]}$$

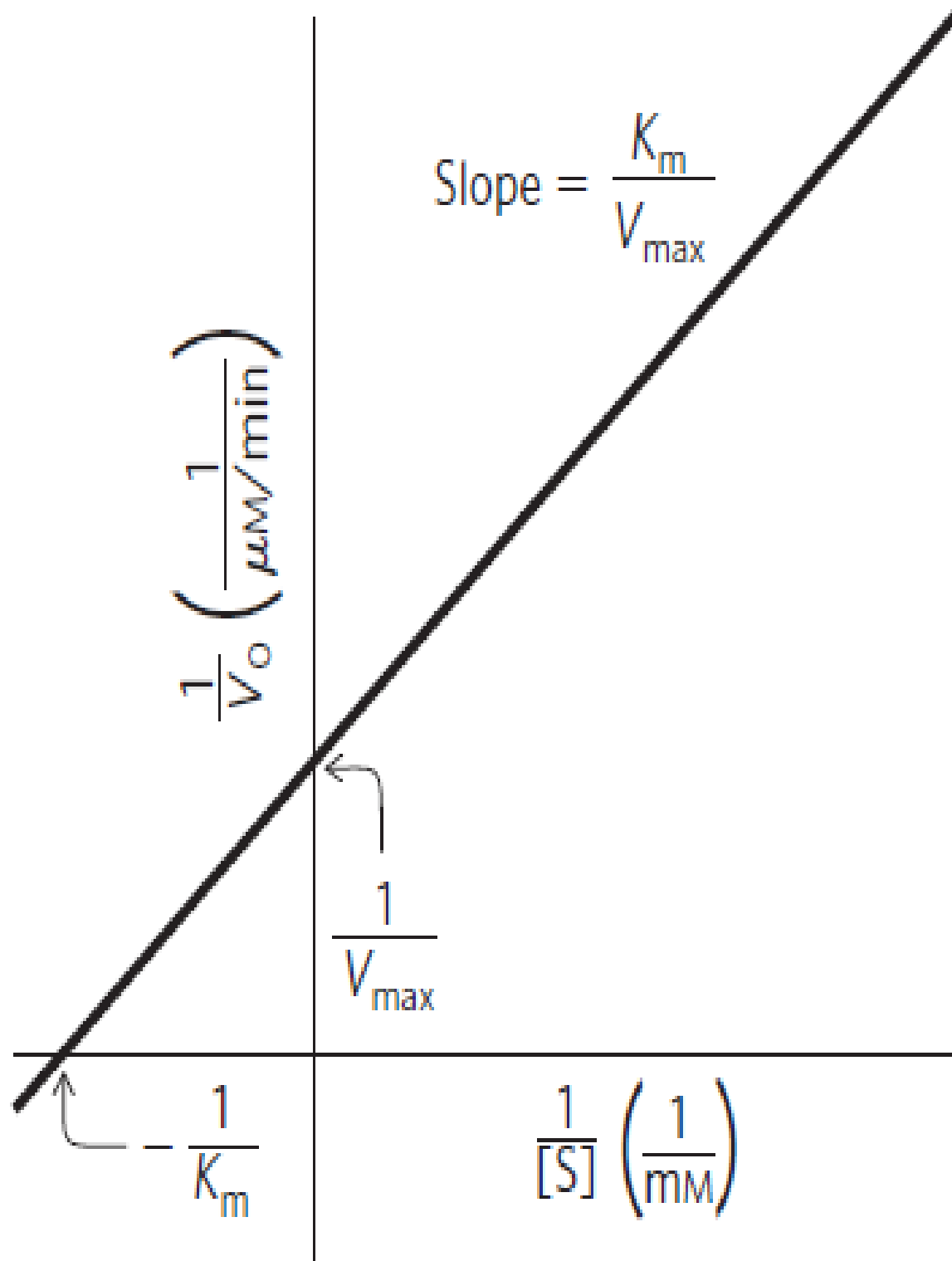
Separating the components of the numerator on the right side of the equation gives

$$\frac{1}{V_0} = \frac{K_m}{V_{\max}[S]} + \frac{[S]}{V_{\max}[S]}$$

which simplifies to

$$\frac{1}{V_0} = \frac{K_m}{V_{\max}[S]} + \frac{1}{V_{\max}}$$





From the class handout, you derived the classic **Michaelis-Menten equation**:

$$\frac{1}{v_0} = \left(\frac{K_M}{V_{\max}} \right) \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{\max}}$$

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

which has the form $y = mx + b$; in other words, a **line**, if you plot $1/[S]$ as the independent variable and $1/v_0$ as the dependent variable

FIGURE 1 A double-reciprocal or Lineweaver-Burk plot.

تعیین فعالیت آنزیم‌ها

به جای اندازه‌گیری غلظت آنزیم، فعالیت آن محاسبه می‌شود، زیرا غلظت آنزیم‌ها با فعالیت آن‌ها نسبت مستقیم دارد.

۱

واحد بین‌المللی (IU)

مقدار آنزیمی که یک میکرومول سوبسترا را در یک دقیقه، در شرایط معین دما و pH، به محصول تبدیل می‌کند.

تعیین فعالیت آنزیم‌ها

به جای اندازه‌گیری غلظت آنزیم، فعالیت آن محاسبه می‌شود، زیرا غلظت آنزیم‌ها با فعالیت آن‌ها نسبت مستقیم دارد.

۲

فعالیت ویژه آنزیم

فعالیت آنزیم تقسیم بر میزان پروتئین (بر حسب میلی گرم) موجود در نمونه آنزیمی. واحد فعالیت ویژه معمولاً IU/mg است.

$$\text{فعالیت ویژه} = \frac{(IU) \text{ فعالیت آنزیم}}{(mg) \text{ مقدار پروتئین}}$$

۱

واحد بین‌المللی (IU)

مقدار آنزیمی که یک میکرومول سوبسترا را در یک دقیقه، در شرایط معین دما و pH، به محصول تبدیل می‌کند.

Activity Vs. Specific Activity

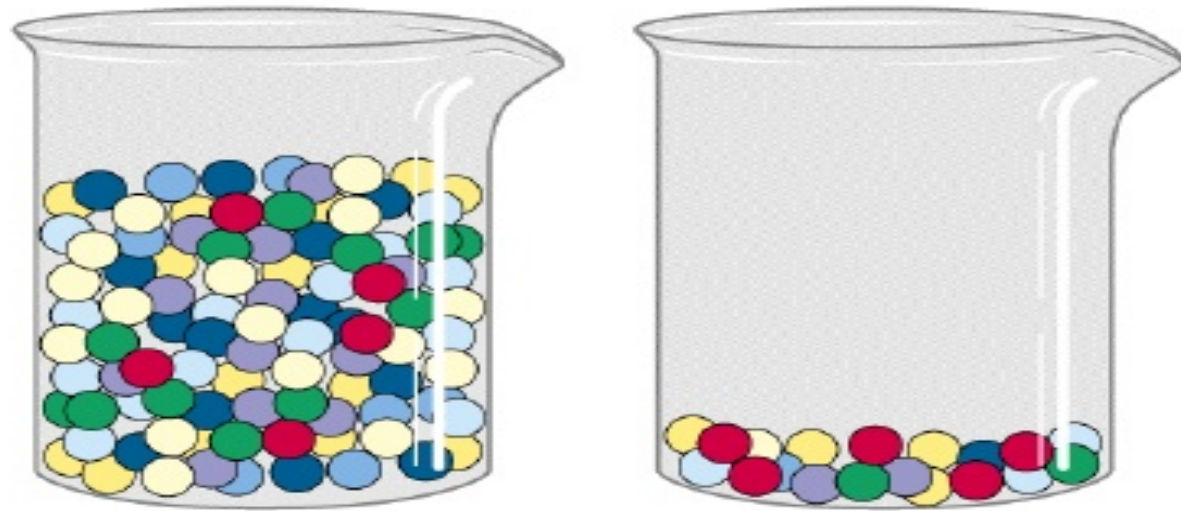


table 5-5

A Purification Table for a Hypothetical Enzyme*

Procedure or step	Fraction volume (ml)	Total protein (mg)	Activity (units)	Specific activity (units/mg)
1. Crude cellular extract	1,400	10,000	100,000	10
2. Precipitation with ammonium sulfate	280	3,000	96,000	32
3. Ion-exchange chromatography	90	400	80,000	200
4. Size-exclusion chromatography	80	100	60,000	600
5. Affinity chromatography	6	3	45,000	15,000

*All data represent the status of the sample after the designated procedure has been carried out. Activity and specific activity are defined on page 137.

- Unit: amount of enzyme causing transformation of 1 μ mole of substrate per min. at 25 °C under optimal conditions
- Activity: Total units of enzyme (U).
- Specific activity: (U/mg) of total protein

تعیین فعالیت آنزیم‌ها

به جای اندازه‌گیری غلظت آنزیم، فعالیت آن محاسبه می‌شود، زیرا غلظت آنزیم‌ها با فعالیت آن‌ها نسبت مستقیم دارد.

۳

عدد نوسازی (K_{cat}) (Turnover Number)

تعداد مولکول‌های سوبسترای که در واحد زمان توسط یک مولکول آنزیم به محصول تبدیل می‌گردد.

در مورد carbonic anhydrase، فعالیت مولکولی برابر ۴۰۰ هزار می‌باشد. بدین معنا که هر مولکول آنزیم در واحد زمان، ۴۰۰ هزار مولکول سوبسترا را تبدیل به محصول می‌کند.

۲

فعالیت ویژه آنزیم

فعالیت آنزیم تقسیم بر میزان پروتئین (بر حسب میلی‌گرم) موجود در نمونه آنزیمی.

۱

واحد بین‌المللی (IU)

مقدار آنزیمی که یک میکرومول سوبسترا را در یک دقیقه، در شرایط معین دما و pH، به محصول تبدیل می‌کند.

TABLE 6–7

Turnover Number, k_{cat} , of Some Enzymes

Enzyme	Substrate	k_{cat} (s^{-1})
Catalase	H_2O_2	40,000,000
Carbonic anhydrase	HCO_3^-	400,000
Acetylcholinesterase	Acetylcholine	14,000
β -Lactamase	Benzylpenicillin	2,000
Fumarase	Fumarate	800
RecA protein (an ATPase)	ATP	0.5

TABLE 6–8

Enzymes for Which k_{cat}/K_m Is Close to the Diffusion-Controlled Limit (10^8 to $10^9 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$)

Enzyme	Substrate	k_{cat} (s^{-1})	K_m (M)	k_{cat}/K_m ($\text{M}^{-1}\text{s}^{-1}$)
Acetylcholinesterase	Acetylcholine	1.4×10^4	9×10^{-5}	1.6×10^8
Carbonic anhydrase	CO_2	1×10^6	1.2×10^{-2}	8.3×10^7
	HCO_3^-	4×10^5	2.6×10^{-2}	1.5×10^7
Catalase	H_2O_2	4×10^7	1.1×10^0	4×10^7
Crotonase	Crotonyl-CoA	5.7×10^3	2×10^{-5}	2.8×10^8
Fumarase	Fumarate	8×10^2	5×10^{-6}	1.6×10^8
	Malate	9×10^2	2.5×10^{-5}	3.6×10^7
β -Lactamase	Benzylpenicillin	2.0×10^3	2×10^{-5}	1×10^8

Source: Fersht, A. (1999) *Structure and Mechanism in Protein Science*, p. 166, W. H. Freeman and Company, New York.

K_{cat}/k_m
کارایی کاتالیتیکی آنزیم
(Catalytic Efficiency)

K_{cat}/k_m هرچه مقدار
بیشتر باشد، آنزیم کارآمدتر است

این پارامتر برای مقایسه کارایی آنزیم‌های
مختلف یا
یک آنزیم با سوبستراهای مختلف استفاده
می‌شود.

مهار آنزیمی

مهارکننده‌های آنزیمی با اتصال به آنزیم، مانع فعالیت کاتالیزوری آن می‌شوند و واکنش‌ها را آهسته یا متوقف می‌کنند.

مهارکننده‌های برگشت‌ناپذیر

مهارکننده‌های برگشت‌پذیر

• رقابتی (Competitive)

• غیررقابتی (Non-competitive)

• نارقابتی (Un-competitive)

انواع مهارکننده‌های برگشت‌پذیر

مهارکننده رقابتی (competitive)

از نظر **ساختاری** شبیه **سوبسترا** است و برای اتصال به جایگاه فعال آنزیم رقابت می‌کند.

با افزایش غلظت سوبسترا قابل غلبه است.

مثال: مالونات مهارکننده سوکسینات دهیدروژناز.

مهارکننده غیررقابتی (Mixed)

مهارکننده نارقابتی

(a) Competitive inhibition

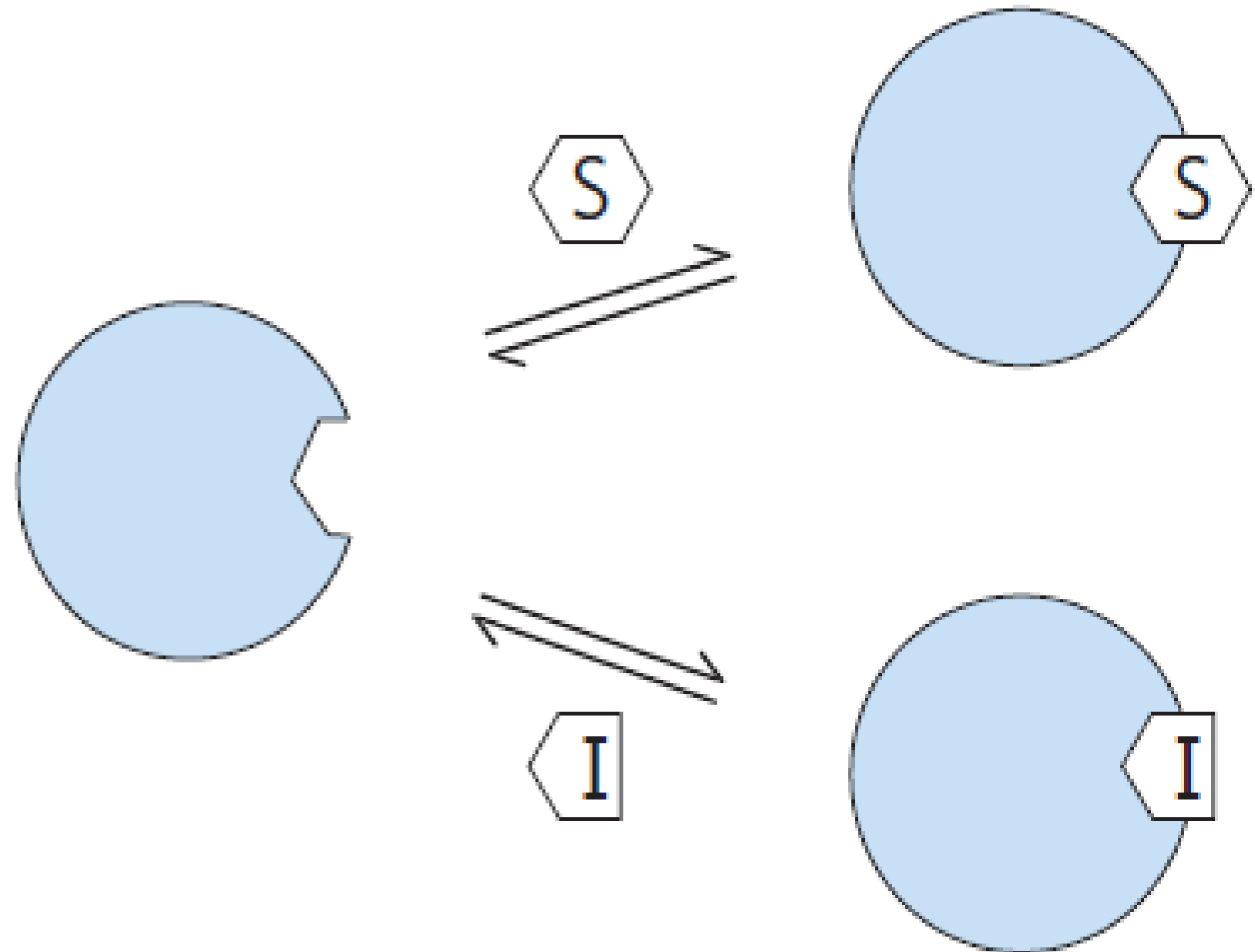


+

I



EI



انواع مهارکننده‌های برگشت‌پذیر

مهارکننده نارقابتی

مهارکننده غیر رقابتی (Mixed) (non-competitive)

به محلی غیر از جایگاه فعال آنزیم متصل شده و با تغییر شکل آنزیم، آن را غیر فعال می‌کند.
 V_{max} کاهش می‌یابد اما K_m ثابت می‌ماند.

مثال: فلوراید مهارکننده آنولاز.

مهارکننده رقابتی (competitive)

از نظر ساختاری شبیه سوبسترا است و برای اتصال به جایگاه فعال آنزیم رقابت می‌کند.
با افزایش غلظت سوبسترا قابل غلبه است.

مهارکننده رقابتی، به جایگاه آنزیم وصل می‌شود. بنابراین، باعث افزایش K_m (کاهش تمایل سوبسترا) خواهد بود در حالی که به روی V_{max} اثری نخواهد داشت.

مثال: مالونات مهارکننده سوکسینات دهیدروژناز.

(c) Mixed inhibition

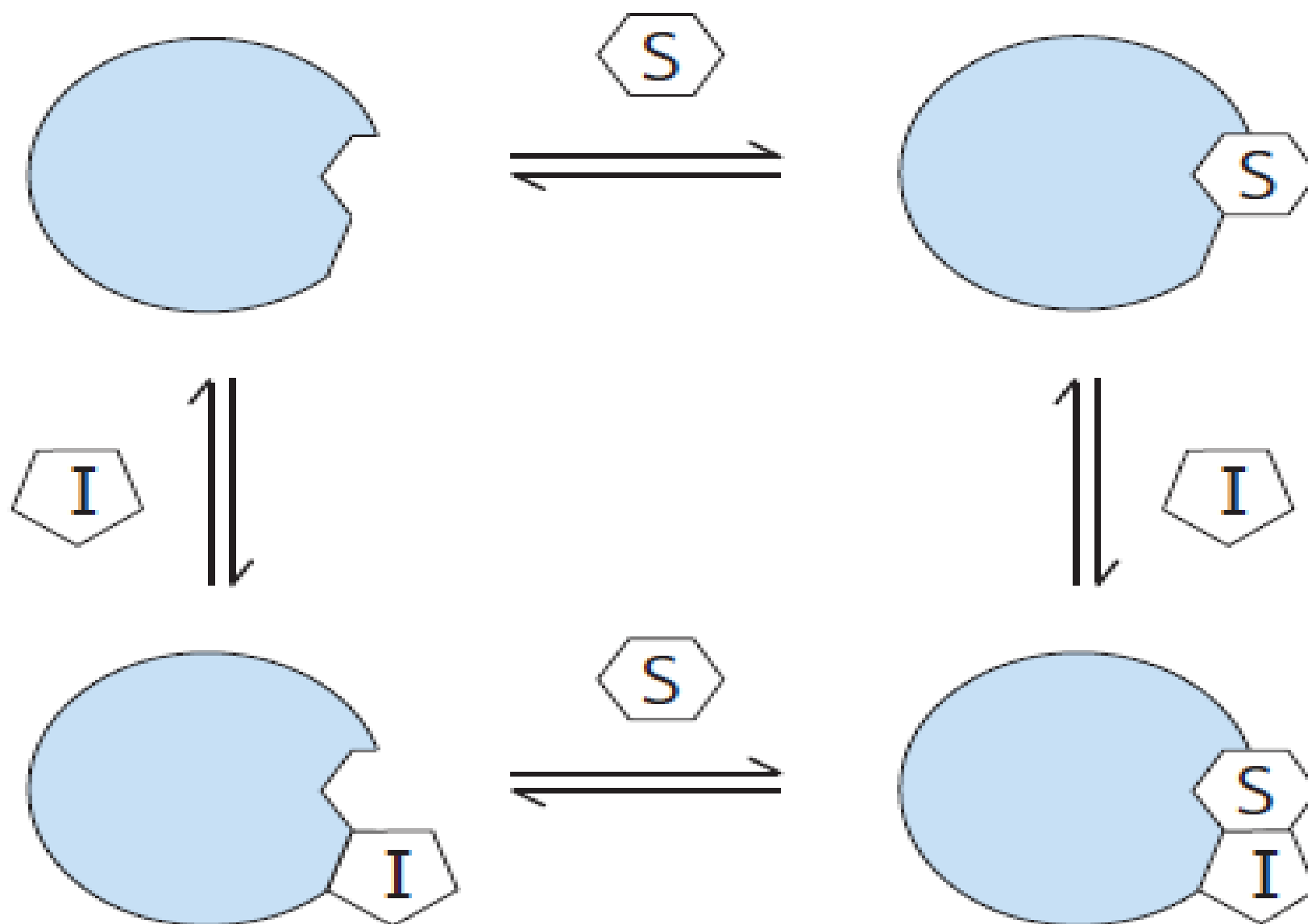
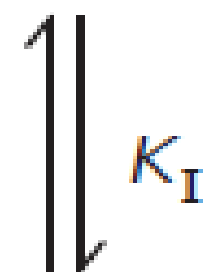


+

+

I

I



انواع مهارکننده‌های برگشت‌پذیر

مهارکننده نارقابتی (un-competitive)

فقط به کمپلکس آنزیم-سوبسترا (ES) متصل می‌شود.
هم V_{max} و هم K_m کاهش می‌یابند.

مهارکننده غیررقابتی (Mixed) (non-competitive)

به محلی غیر از جایگاه فعال آنزیم متصل شده و با تغییر شکل آنزیم، آن را غیرفعال می‌کند.
 V_{max} کاهش می‌یابد اما K_m ثابت می‌ماند.

مثال: فلوراید مهارکننده انولاز.

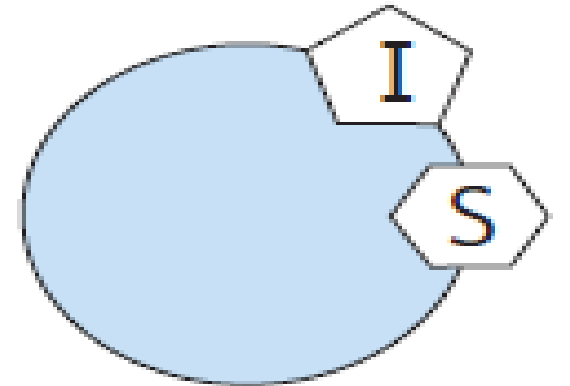
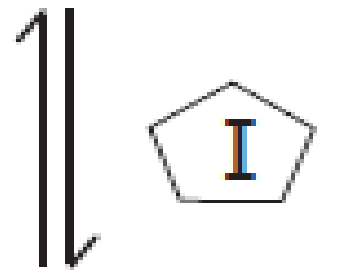
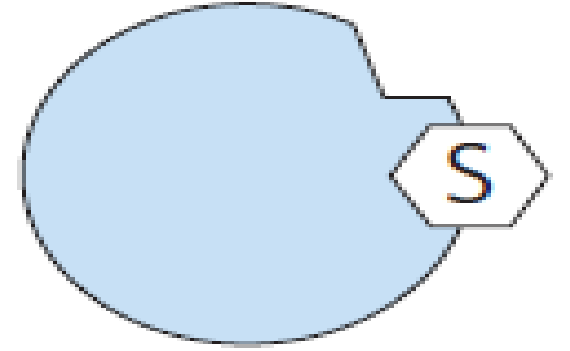
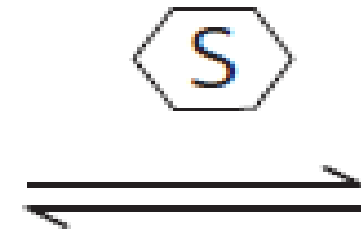
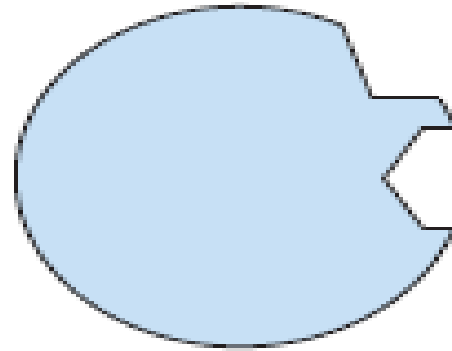
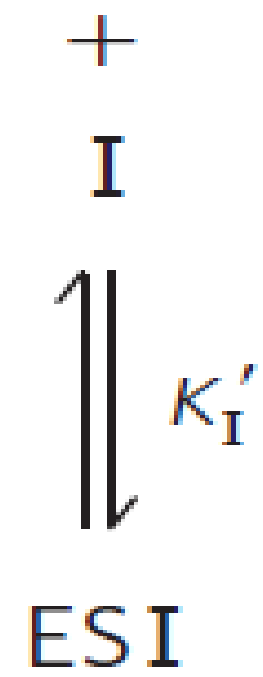
مهارکننده رقابتی (competitive)

از نظر ساختاری شبیه سوبسترا است و برای اتصال به جایگاه فعال آنزیم رقابت می‌کند.

با افزایش غلظت سوبسترا قابل غلبه است.

مثال: مالونات مهارکننده سوکسینات دهیدروژناز.

(b) Uncompetitive inhibition



نوع مهار کننده	Vmax	Km	خصوصیات
رقابتی	بدون تغییر	زیاد می شود	مهار کننده فقط می تواند به مولکول های آنزیم متصل شود
غیر رقابتی	کم می شود	بدون تغییر	مهار کننده هم به آنزیم و هم به کمپلکس آنزیم-سوبسترا (ES) متصل می شود
نارقیابتی	کم می شود	کم می شود	فقط به کمپلکس آنزیم-سوبسترا (ES) متصل می شود

مهارکننده‌های برگشت‌ناپذیر

با گروه‌های عاملی در آنزیم پیوند قوی کووالانسی تشکیل می‌دهند یا شکل پایدار غیر کووالانسی ایجاد می‌کنند.

مثال: یدواستامید با گروه SH-سیستئین واکنش می‌دهد

ترکیبات ارگانوفسفره مانند DEP (دی‌ایزوپروپیل فلوروفسفات) می‌توانند با گروه‌های OH اسید آمینه سرین در جایگاه فعال آنزیم‌ها واکنش دهند.

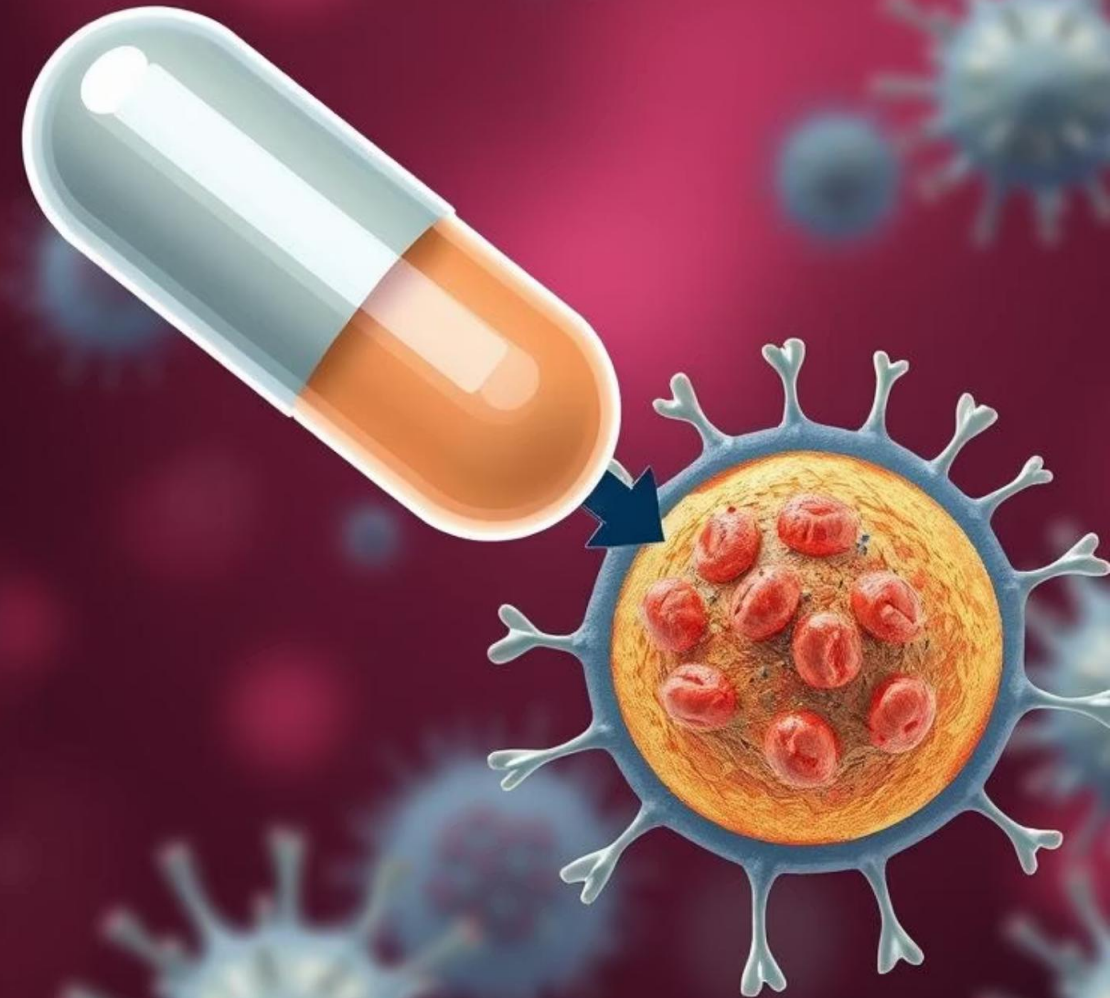
آرسنیک، گازهای جنگی و خیلی از ترکیبات دیگر می‌توانند به طور برگشت‌ناپذیر، آنزیم‌ها را مهار کنند.

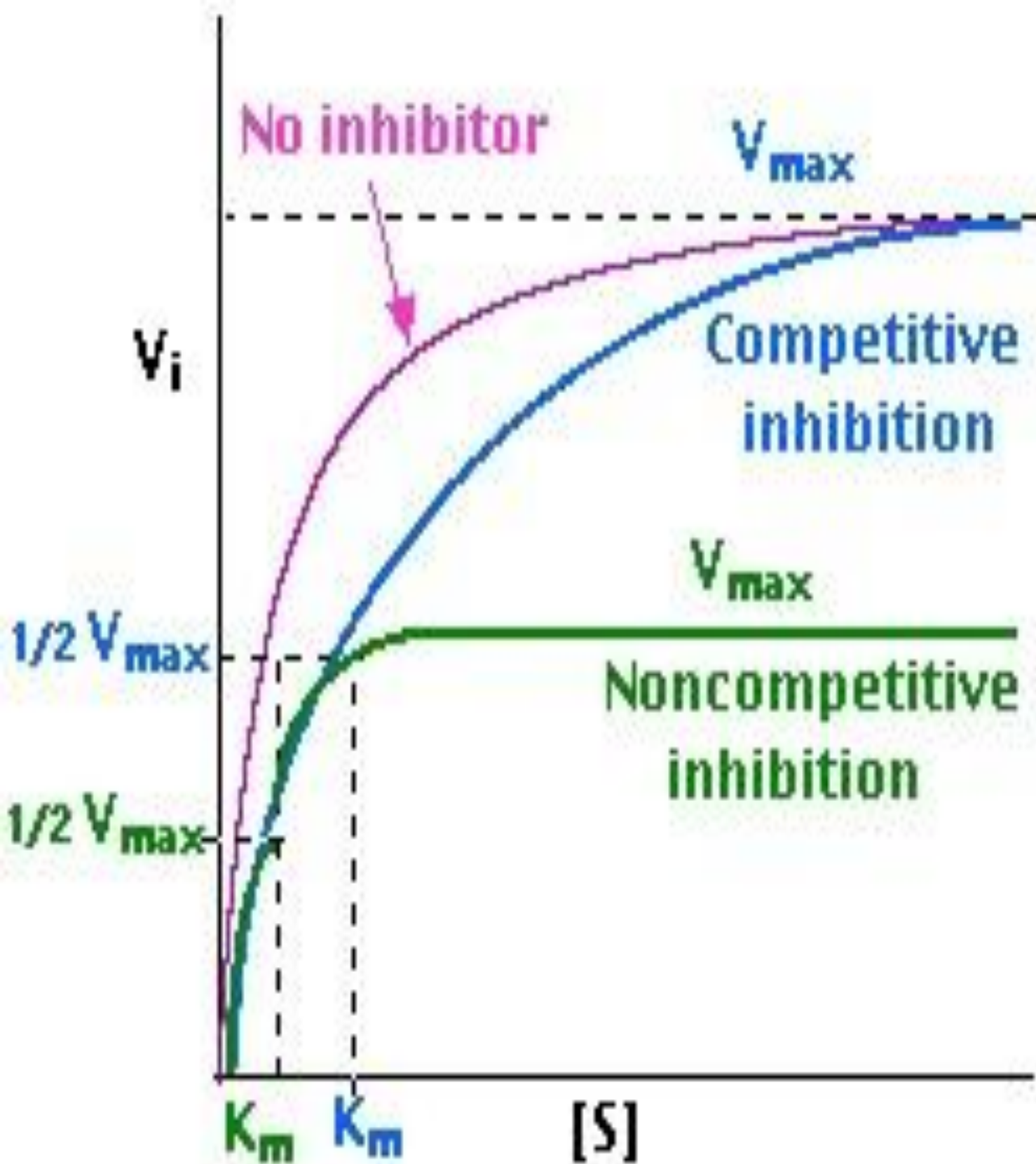
کاربرد مهارکننده‌ها

بسیاری از مهارکننده‌ها خاصیت دارویی، سمی یا آفت‌کش دارند.

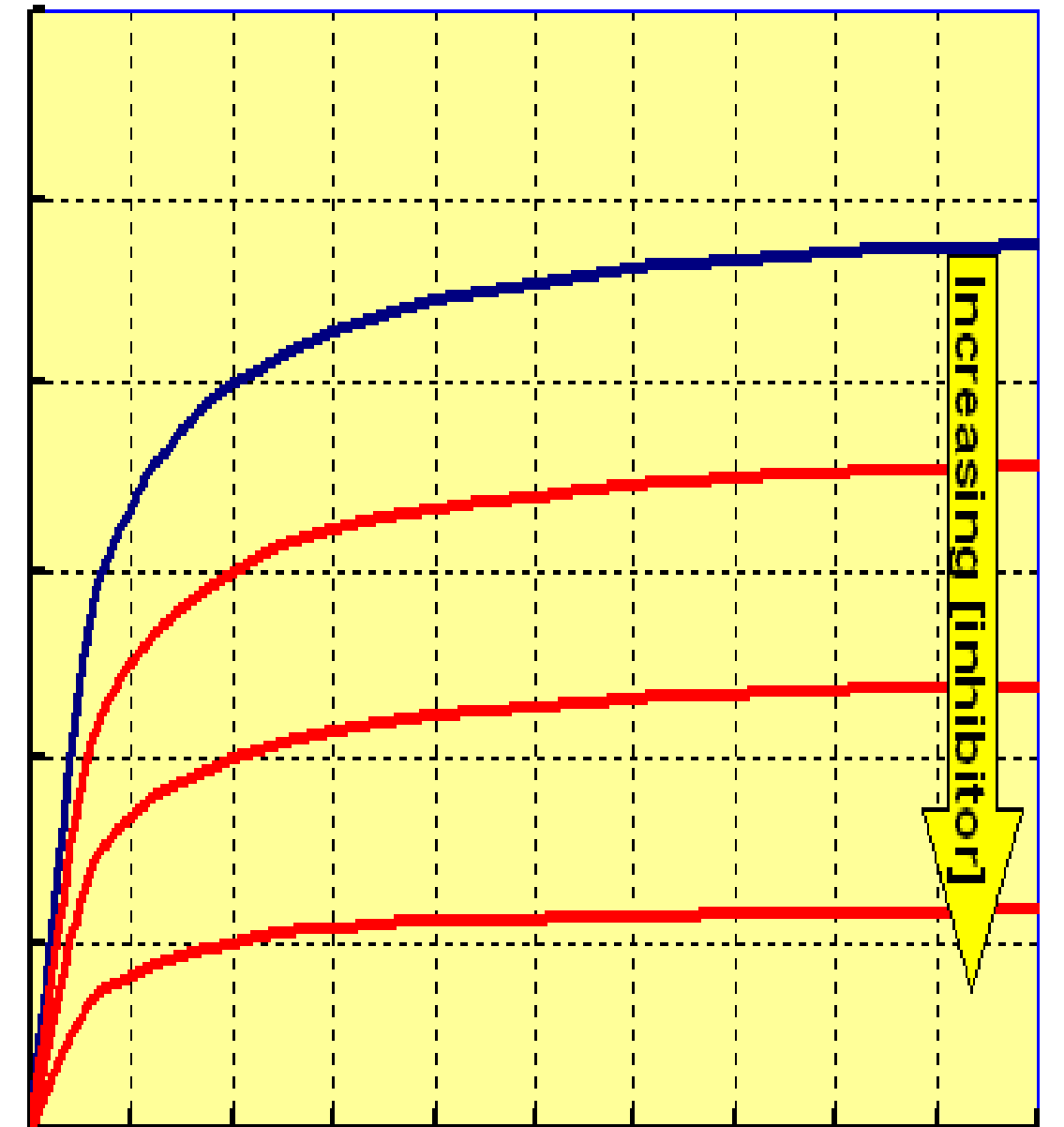
مثال: سولفونامیدها به عنوان مهارکننده رقابتی، مانع سنتز اسید فولیک در باکتری‌ها شده و خاصیت ضد میکروبی دارند.

سوبسترای این مسیر آنزیمی، اسیدپاراآمینوبنزوئیک (PABA) است. سولفونامیدها، شباهت ساختمانی با اسیدپاراآمینوبنزوئیک دارند.





rate of reaction



substrate concentration

ایزوآنزیم‌ها (ایزوزیم‌ها)

اشکال مختلف یک آنزیم که واکنش‌های یکسانی را کاتالیز می‌کنند اما از نظر توالی اسید آمینه و pH ایزوالکتریک متفاوتند.

تفاوت در توالی اسید آمینه و pH ایزوالکتریک، امکان جداسازی با الکتروفورز را فراهم می‌کند.

کراتین فسفوکیناز (CPK)

دارای ۳ ایزوآنزیم

MM در عضله،

BB در مغز،

MB در قلب

CPK و LDH1 در تشخیص سکته قلبی اهمیت دارند.

لاکتات دهیدروژناز (LDH)

دارای ۵ ایزوآنزیم (LDH1-5) که از زیرواحدهای H و M

تشکیل شده‌اند.

LDH1 (H4) در سکته قلبی و

LDH5 (M4) در بیماری‌های کبدی/عضلانی افزایش می‌یابد.

تغییرات میزان آنزیم‌ها در سکته قلبی به صورت زیر است:

از ۶ ساعت پس از حمله قلبی، آنزیم CPK افزایش می‌یابد و در روز سوم به حد ماکزیمم می‌رسد. از روز سوم، فعالیت لاکتات دهیدروژناز (LDH1) به تدریج افزایش می‌یابد و در روز هفتم به حد ماکزیمم می‌رسد. میزان LDH در روز چهاردهم به حد نرمال می‌رسد. اندازه‌گیری میوگلوبین و تروپونین C نیز در تشخیص سکته قلبی اهمیت دارد.

Isoenzyme name	Composition	Composition	Present in	Elevated in
LDH ₁	(H ₄)	HHHH	Myocardium , RBC	myocardial infarction
LDH ₂	(H ₃ M ₁)	HHHM	Myocardium , RBC	
LDH ₃	(H ₂ M ₂)	HHMM	Kidney, Skeletal muscle	
LDH ₄	(H ₁ M ₃)	HMMM	Kidney, Skeletal muscle	
LDH ₅	(M ₄)	MMMM	Skeletal muscle, Liver	Skeletal muscle and liver diseases

ایزومرهای کراتین فسفوکیناز (CPK)

Isoenzyme name	Composition	Present in	Elevated in
CK-1	BB	Brain	CNS diseases
CK-2	MB	Myocardium / Heart	Acute myocardial infarction
CK-3	MM	Skeletal muscle, Myocardium	

تنظیم عملکرد آنزیمی

حفظ همئوستاز از طریق تنظیم فعالیت آنزیم‌ها در پاسخ به نیازهای فیزیولوژیک.

۱ آنزیم‌های آلوستریک

فعالیت آن‌ها توسط مولکول‌های افکتور در جایگاه‌های تنظیمی (غیر از جایگاه فعال) تنظیم می‌شود. اغلب چند زیرواحدی هستند.

افکتور مثبت: افزایش فعالیت

افکتور منفی: کاهش فعالیت (مهار پس‌نورد)

۲ تنظیم از طریق واکنش‌های کووالانسی

تغییرات کووالانسی (مانند فسفریلاسیون) توسط پروتئین کینازها و (دفسفریلاسیون) توسط پروتئین فسفاتازها، فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها را تنظیم می‌کند.

۳ تنظیم و کنترل در سطح بیان ژن

۴ آنزیم‌های زیموژن

پروآنزیم‌ها (زیموژن‌ها)

آنزیم‌هایی که ابتدا به صورت غیرفعال ساخته و ترشح می‌شوند و سپس با شکسته شدن پیوندهای پتیدی فعال می‌گردند.

Trypsinogen
(inactive)



Trypsin
(active)



هدف: محافظت بافت‌ها در برابر خودهضمی.

مثال: آنزیم‌های شیره گوارشی و سیستم انعقاد خون.

آنزیم‌شناسی بالینی

اندازه‌گیری آنزیم‌های سرمی برای تشخیص و پیگیری بیماری‌ها

انفارکتوس میوکارد

آسپاراتات آمینوترانسفراز (AST)، لاکتات دهیدروژناز (LDH)

پانکراتیت حاد، اوریون

آمیلاز

اختلالات عضلانی، انفارکتوس میوکارد

کراتین کیناز (CPK)

کارسینوم متاستازی پروستات

فسفاتاز اسیدی

پانکراتیت

لیپاز

اختلالات استخوانی، انسداد کبد

فسفاتاز قلیایی (آلکالین فسفاتاز) (ALP)

کولین استراز

در مسومیت با حشره کش‌ها

کاربرد تشخیصی عمده	آنزیم سرمی
انفارکتوس میوکارد	اسپاراتات آمینو ترانسفراز (AST یا SGOT)
پانکراتیت حاد، اوریون	آمیلاز
دژنراسیون کبد و عدسی (بیماری ویلسون)	سرو لوپلاسمین
اختلالات عضلانی و انفارکتوس میوکارد مانند دیسترونی عضلانی دوشن	کراتین کیناز
بیماری های مختلف کبد، انسداد صفراوی، افراد الکلی	γ- گلو تامیل ترانس پتیداز (GGT)
انفارکتوس میوکارد	لاکتات دهیدروژناز (ایزوزیم ها)
پانکراتیت	لیپاز
کارسینوم متاستازی پروستات	فسفات تاز اسیدی
اختلالات، استخوانی، بیماری های انسداد کبد	فسفاتاز قلیایی
در مسومیت با حشره کش ها	کولین استراز
کم خونی پرنیشیوز، لوسمی	گلوکز ۶ فسفات دهیدروژناز

نام‌گذاری و طبقه‌بندی آنزیم‌ها

قبلاً آنزیم‌ها با افزودن پسوند "از" به نام سوپسترا نام‌گذاری می‌شدند. امروزه، انجمن بین‌المللی بیوشیمی و بیولوژی مولکولی (IUBMB) آنزیم‌ها را بر اساس نوع واکنش به ۶ گروه اصلی طبقه‌بندی کرده است.

Enzyme Classification

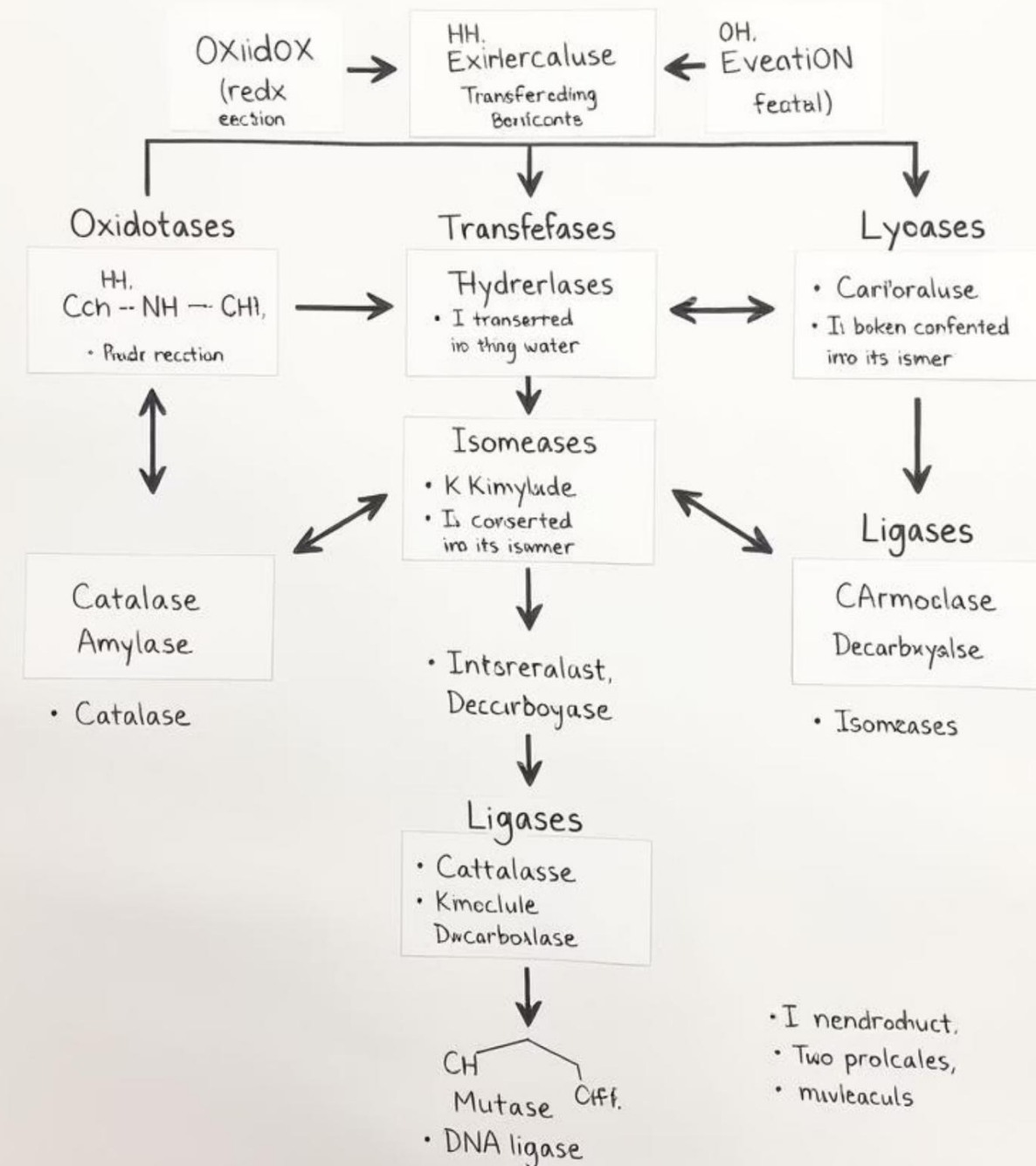


TABLE 6–3 International Classification of Enzymes

Class no.	Class name	Type of reaction catalyzed
1	Oxidoreductases	Transfer of electrons (hydride ions or H atoms)
2	Transferases	Group transfer reactions
3	Hydrolases	Hydrolysis reactions (transfer of functional groups to water)
4	Lyases	Cleavage of C—C, C—O, C—N, or other bonds by elimination, leaving double bonds or rings, or addition of groups to double bonds
5	Isomerases	Transfer of groups within molecules to yield isomeric forms
6	Ligases	Formation of C—C, C—S, C—O, and C—N bonds by condensation reactions coupled to cleavage of ATP or similar cofactor

شش گروه اصلی آنزیم‌ها

۱. اکسیدوردوکتازها

در واکنش‌های اکسیداسیون و احیاء شرکت می‌کنند.

۲. ترانسفرازها

در انتقال گروه‌های شیمیایی نقش دارند (مانند کینازها)

۳. هیدرولازها

با افزودن آب، پیوندها را می‌شکنند (مثل تریپسین)

۴. لیازها

پیوندها را به روشی غیر از هیدرولیز جدا می‌کنند.

۵. ایزومرازها

یک ماده شیمیایی را به ایزومر آن تبدیل می‌کنند.

۶. لیگازها

با جدا کردن پیوند پرانرژی، پیوند جدید تشکیل می‌دهند.

شاد و پیروز باشید...