

# Enzimologia

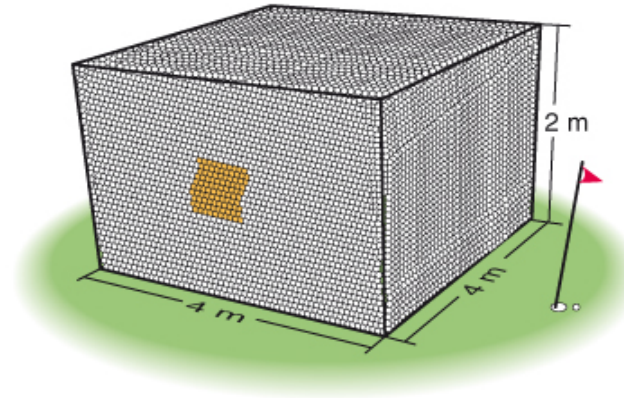
# Le proprietà generali degli enzimi

## Concetti chiave

- Un catalizzatore è una molecola in grado di abbassare l'energia di attivazione di una reazione. Gli enzimi sono proteine con attività catalitica.
- Gli enzimi si differenziano dai catalizzatori chimici di uso comune per velocità, condizioni, specificità e controllo della reazione.
- Le proprietà fisiche e chimiche uniche del sito attivo limitano l'attività degli enzimi a substrati e reazioni specifiche.
- Gli enzimi vengono classificati in 6 famiglie principali in relazione alla reazione che catalizzano (Commissione per gli Enzimi, EC).

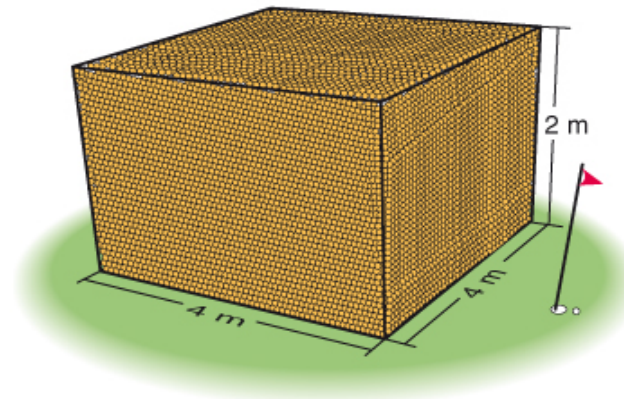
# Il fattore $10^{11}$

Dopo 1 anno  
in assenza di enzima



100 palline/anno

Dopo 1 secondo  
con una molecola di enzima

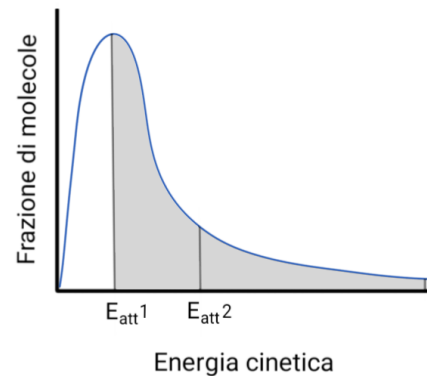
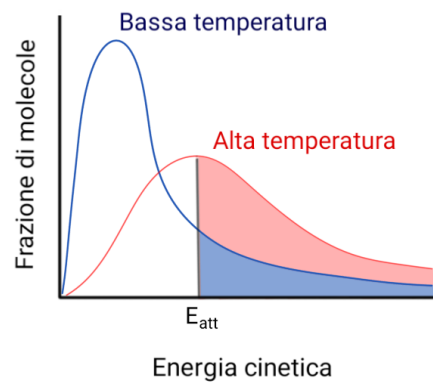
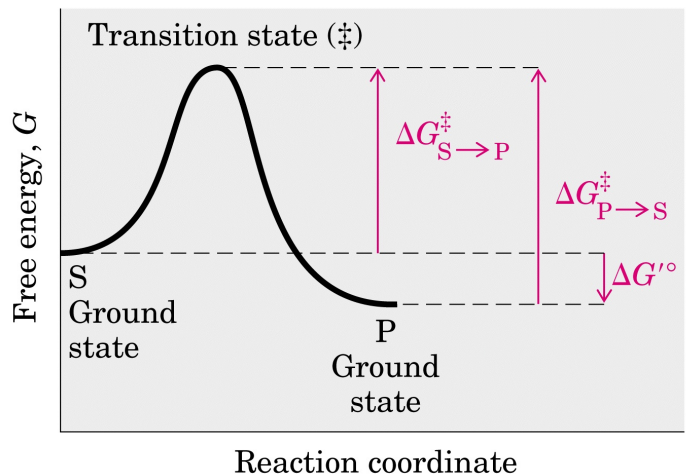


400000 palline/s

M. Lieberman **Marks Biochimica medica** Copyright 2010 C.E.A. Casa Editrice Ambrosiana

NB: Una pallina da golf ha un diametro di 4,3 cm

Ci sono enzimi con poteri catalitici anche dell'ordine di  $10^{14}$ !



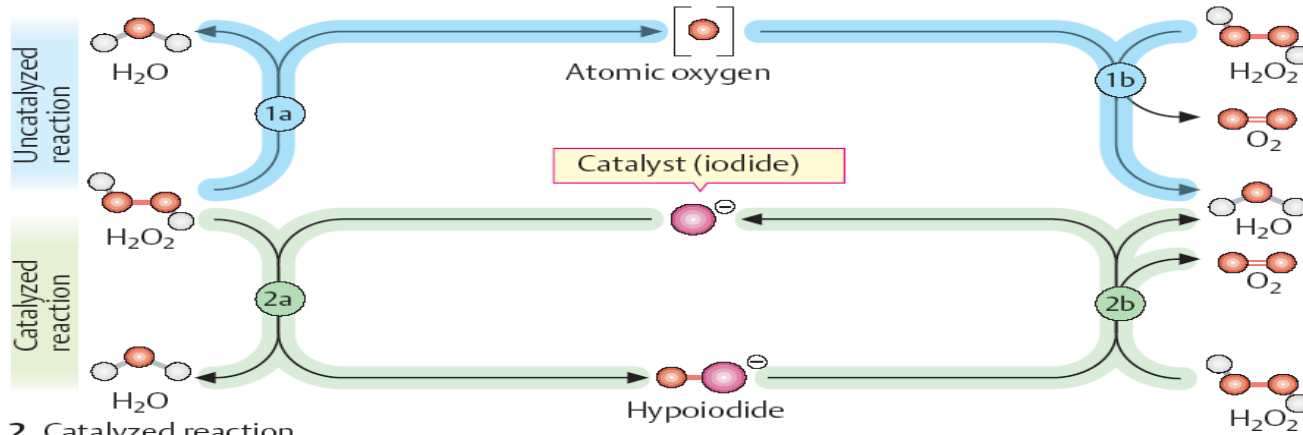
Gli enzimi accelerano le reazioni chimiche in condizioni fisiologiche. Un enzima non può alterare l'equilibrio di una reazione, ma solo accelerarne il raggiungimento, diminuendone l'energia di attivazione.

# Catalisi Chimica vs Enzimatica

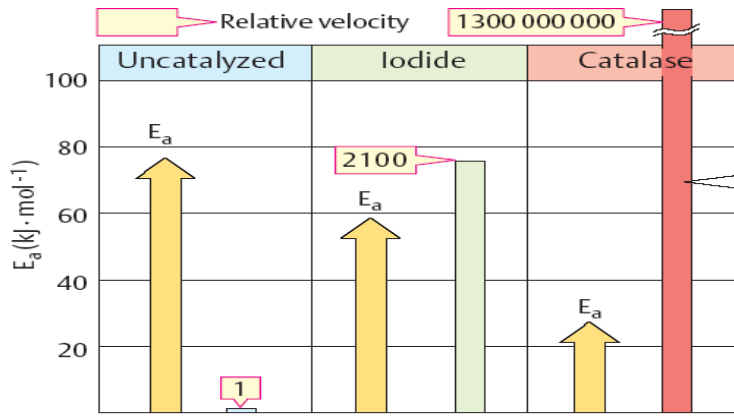
## B. Catalysis of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – breakdown by iodide



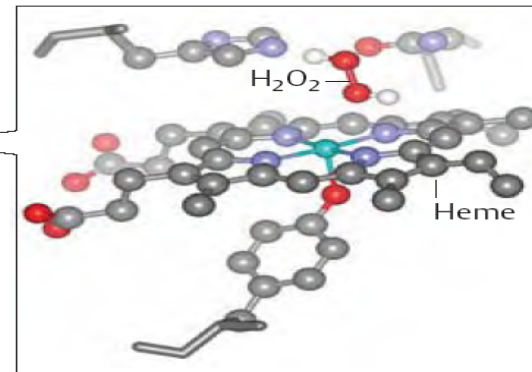
### 1. Breakdown of hydrogen peroxide



### 2. Catalyzed reaction



### 3. Activation energies



Active center of catalase

# Le velocità delle reazioni catalizzate dagli enzimi sono elevate

TABELLA 11.1 Potere catalitico riferito ad alcuni enzimi

Enzima	Velocità della reazione non enzimatica ( $s^{-1}$ )	Velocità della reazione enzimatica ( $s^{-1}$ )	Accelerazione della velocità
Anidrasi carbonica	$1,3 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^6$	$7,7 \times 10^6$
Corismato mutasi	$2,6 \times 10^{-5}$	50	$1,9 \times 10^6$
Triosio fosfato isomerasi	$4,3 \times 10^{-6}$	4300	$1,0 \times 10^9$
Carbossipeptidasi A	$3,0 \times 10^{-9}$	578	$1,9 \times 10^{11}$
Nucleosidasi AMP	$1,0 \times 10^{-11}$	60	$6,0 \times 10^{12}$
Nucleosidasi di stafilococco	$1,7 \times 10^{-13}$	95	$5,6 \times 10^{14}$

Fonte: Radizcka, A., Wolfenden, R. (1995). *Science* 267, 91.

# Unità di attività enzimatica e dosaggio degli enzimi

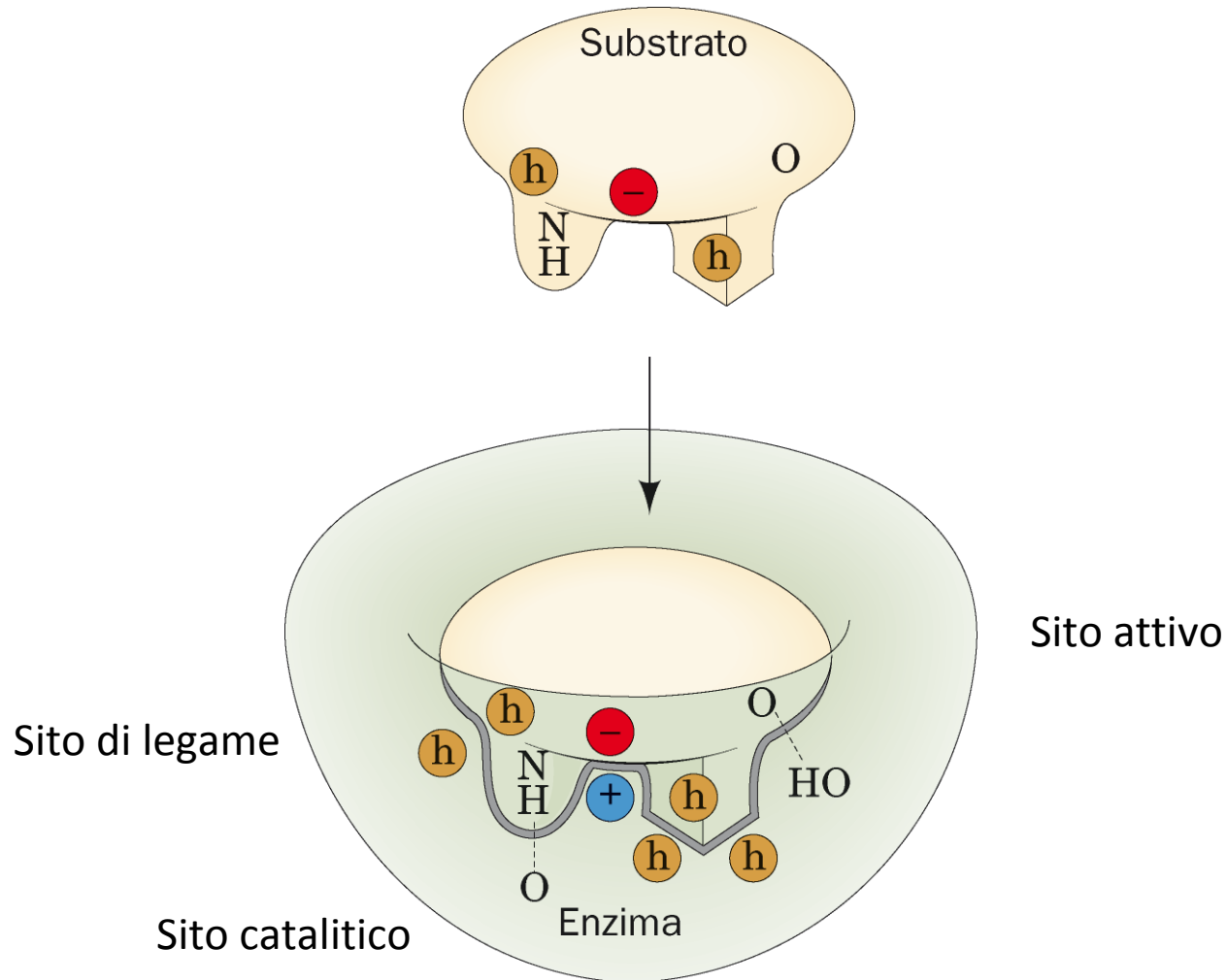
**Catal (kat, nel sistema SI):** è la quantità di enzima che converte 1 mole di reagente nel prodotto in 1 secondo nelle condizioni di reazione standard (ottimali).

**L'Unità internazionale (U o UI):** corrisponde alla quantità di enzima che converte 1  $\mu$ mole di reagente nel prodotto in 1 minuto, nelle condizioni di reazione standard (ottimali).

Poiché  $1 \mu\text{mole}/\text{min} = 1,67 \times 10^{-8} \text{ moli}/\text{s}$ ,  
 $1\text{U} = 1,67 \times 10^{-8} \text{ kat}$ .

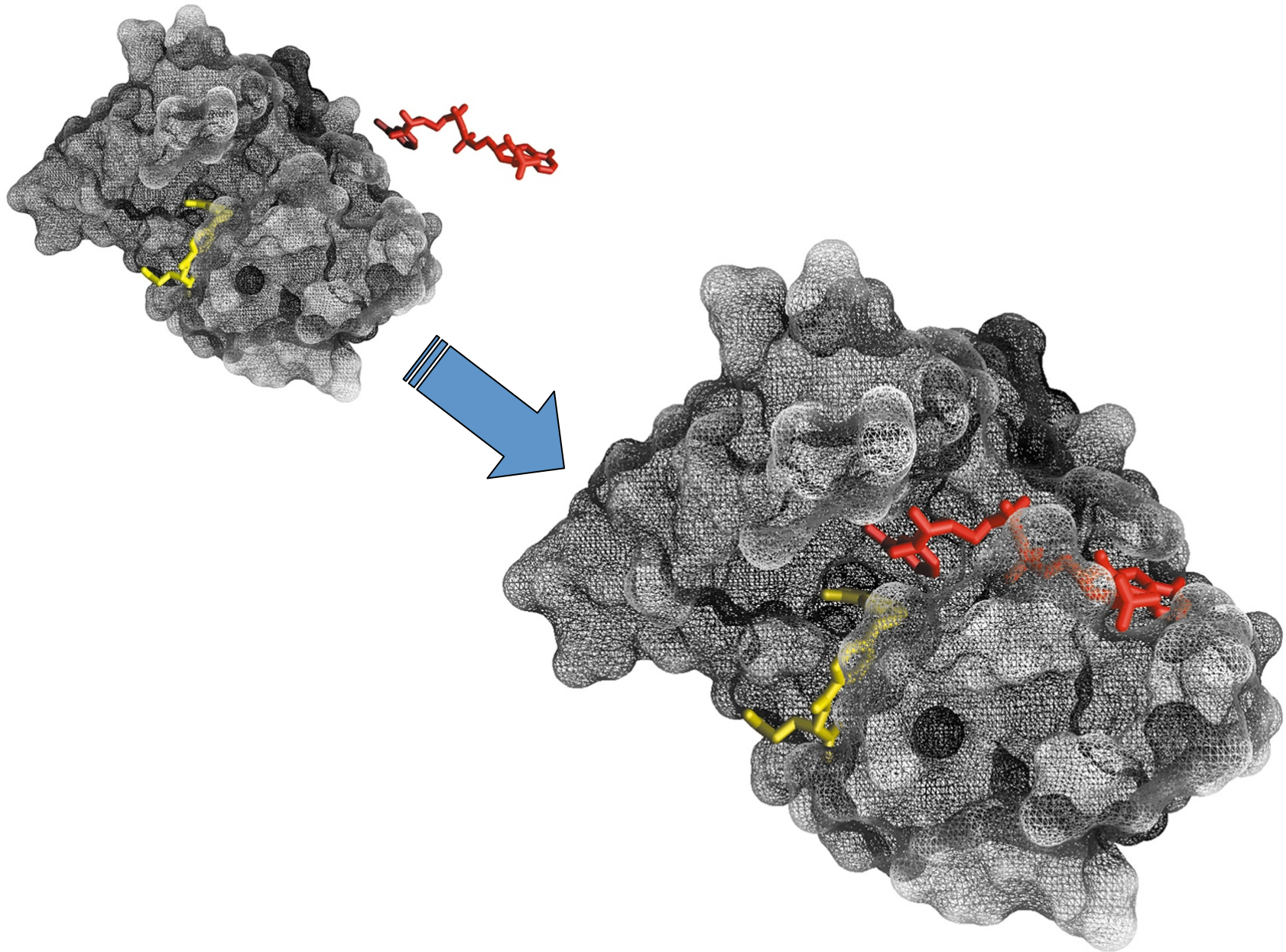
**L'attività specifica:** è il rapporto tra il numero di U o di kat e il volume che la contiene (U/mL) o la quantità totale di proteina espressa in milligrammi (U/mg).

# Gli enzimi agiscono su substrati specifici

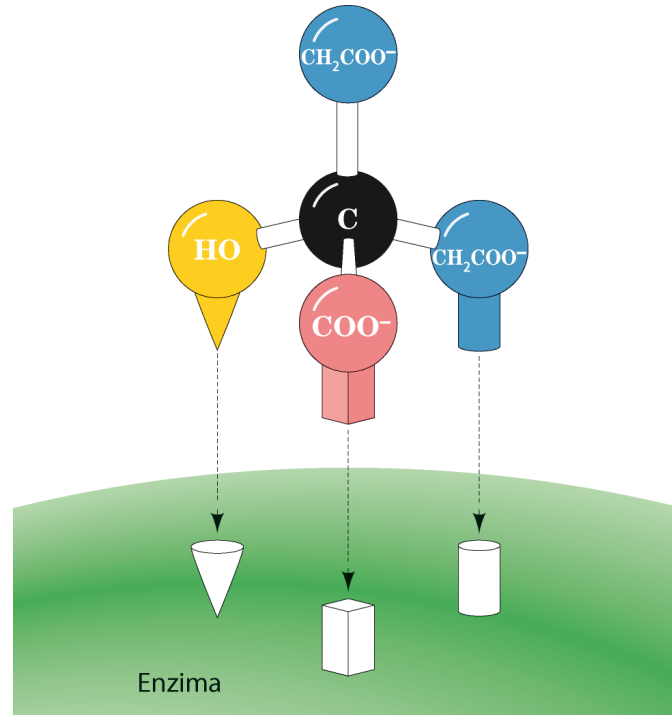
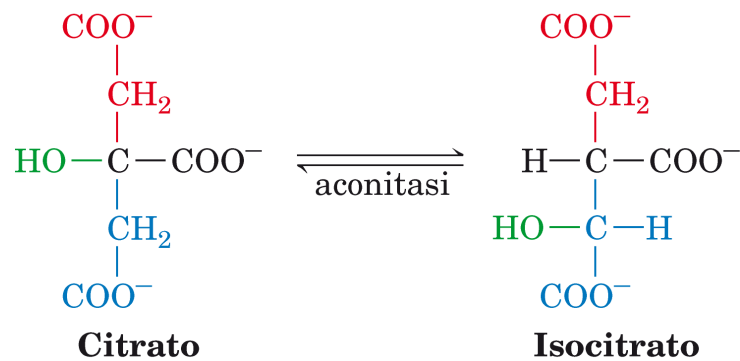




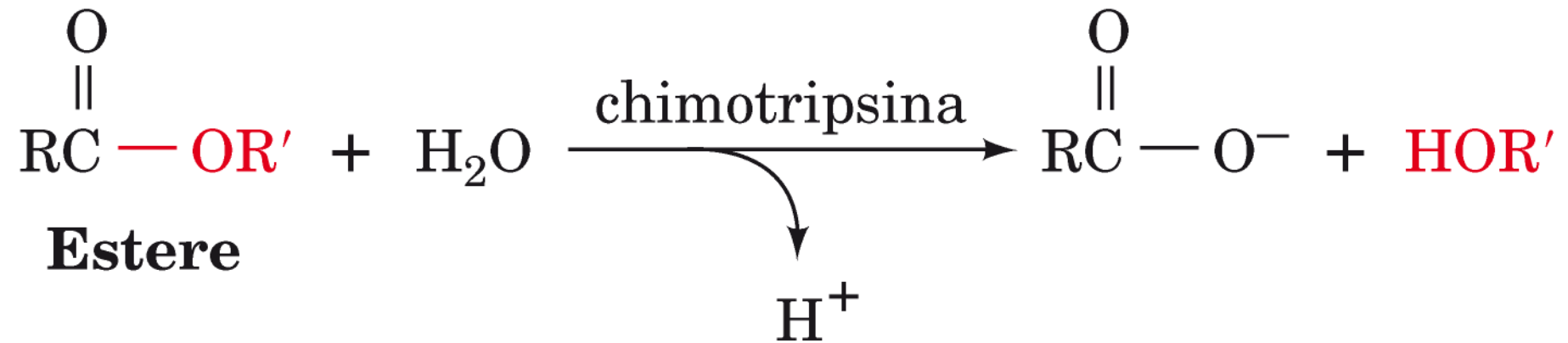
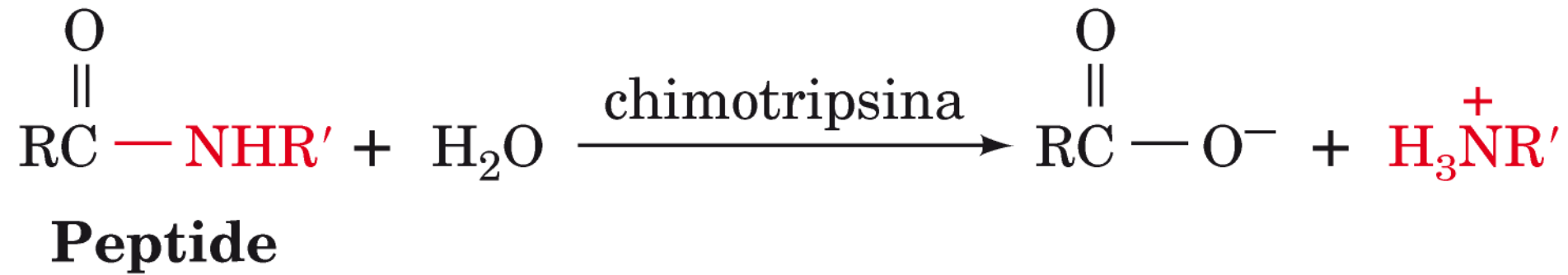
# Gli enzimi sono macchine molecolari



# Alcuni enzimi catalizzano reazioni altamente stereospecifiche



# Alcuni enzimi sono più permissivi



# Gli enzimi sono classificati in base al tipo di reazione che catalizzano

TABELLA 11.2 Classificazione degli enzimi in base al tipo di reazione

<b>Classificazione</b>	<b>Tipo di reazione catalizzata</b>
1. Ossidoriduttasi	Reazioni di ossidoriduzione
2. Transferasi	Trasferimento di gruppi funzionali
3. Idrolasi	Reazioni di idrolisi
4. Liasi	Eliminazione di gruppi per generare doppi legami
5. Isomerasi	Isomerizzazione
6. Ligasi	Formazione di legami accoppiata all'idrolisi di ATP

# Classificazione degli Enzimi

<http://www.expasy.org/enzyme>

C. The enzyme classes

Class	Reaction type	Important subclasses
1 Oxidoreductases	<p>O = Reduction equivalent</p> <p>A<sub>red</sub> + B<sub>ox</sub> ⇌ A<sub>ox</sub> + B<sub>red</sub></p>	Dehydrogenases Oxidases, peroxidases Reductases Monooxygenases Dioxygenases
2 Transferases	<p>A-B + C ⇌ A + B-C</p>	C <sub>1</sub> -Transferases Glycosyltransferases Amino transferases Phosphotransferases
3 Hydrolases	<p>A-B + H<sub>2</sub>O ⇌ A-H + B-OH</p>	Esterases Glycosidases Peptidases Amidases
4 Lyases ("synthases")	<p>A + B ⇌ A-B</p>	C-C-Lyases C-O-Lyases C-N-Lyases C-S-Lyases
5 Isomerases	<p>A ⇌ Iso-A</p>	Epimerases <i>cis trans</i> Isomerases Intramolecular transferases
6 Ligases ("synthetases")	<p>A + B + XTP ⇌ A-B + XDP</p> <p>X = A, G, U, C</p>	C-C-Ligases C-O-Ligases C-N-Ligases C-S-Ligases

**Nome raccomandato e nome sistematico.**

**Numero di Classificazione:**

**Numero a quattro cifre preceduto da EC (Enzyme Commission: la prima cifra indica la classe, la seconda la sotto-classe, la terza la sotto-sotto-classe, la quarta il numero seriale dell'enzima specifico).**