

LA FISICA QUANTISTICA E IL MISTERO DELLA VITA

Di e con **Oriano Spazzoli e Claudio Casali**



IN SIEME
SEDE

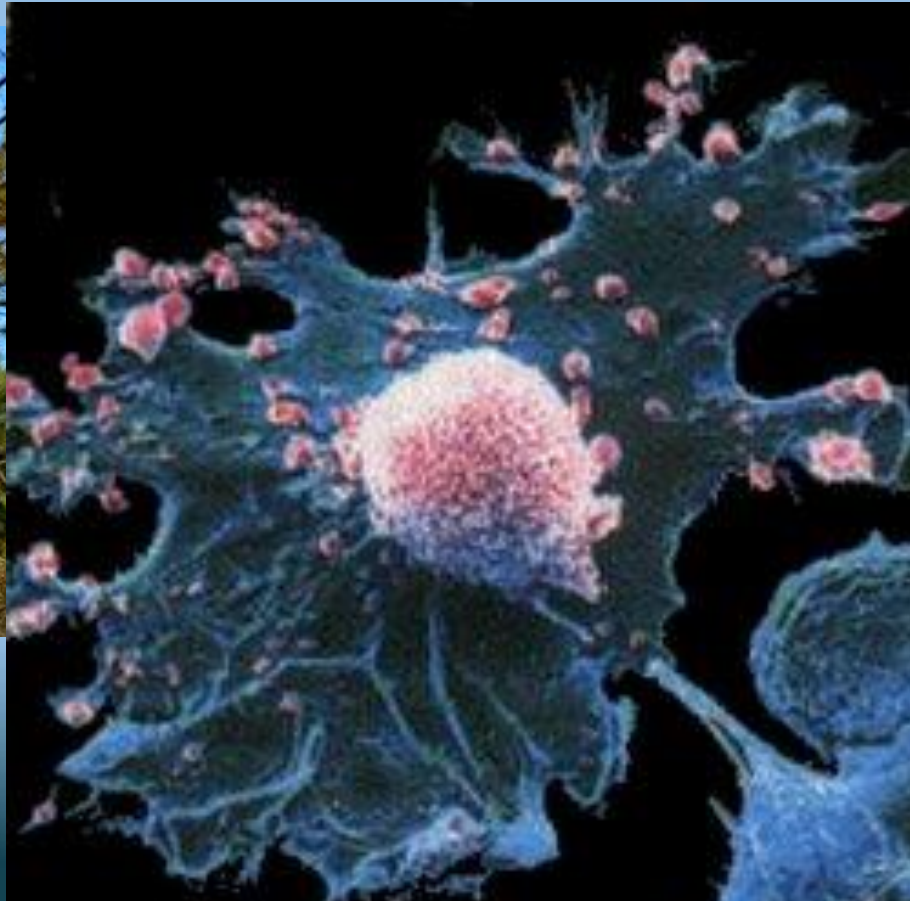


ASSOCIAZIONE
NUOVA CIVILTÀ
DELLE MACCHINE

03 DICEMBRE 2024

FISICA QUANTISTICA e BIOLOGIA

COS'È LA VITA?





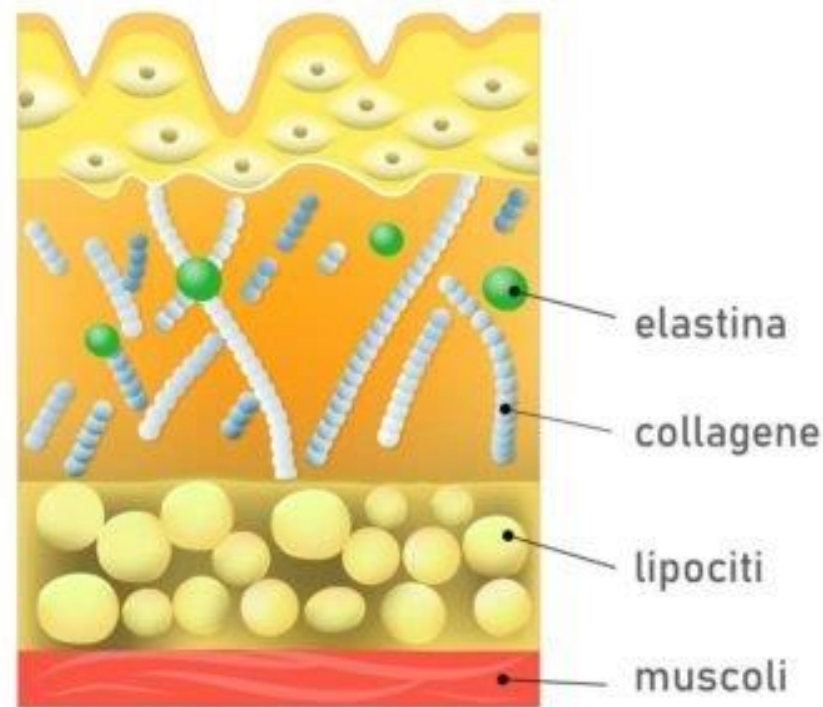
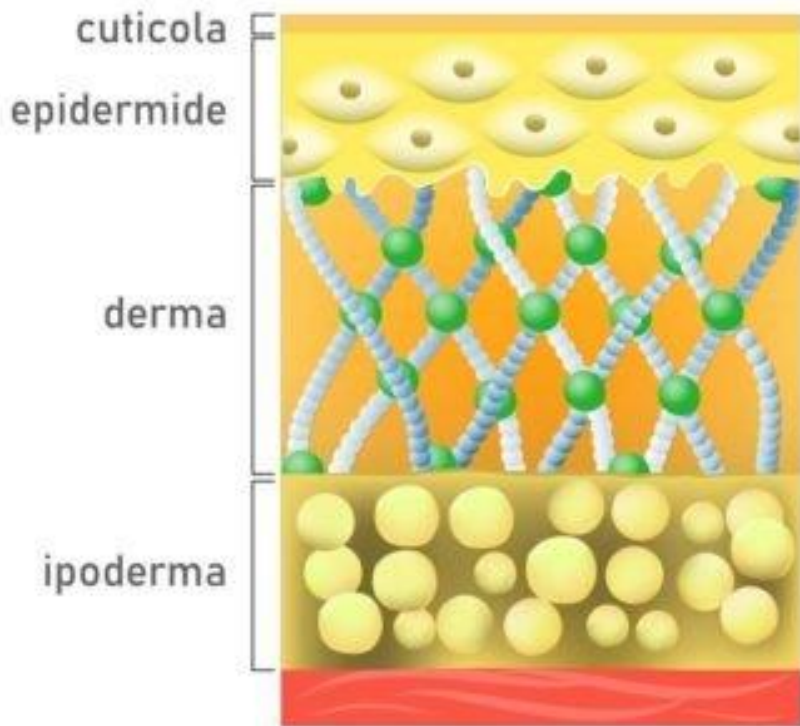
METAMORFOSI



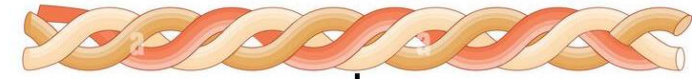
COLLAGENE e COLLAGENASI

PELLE GIOVANE

PELLE VECCHIA



Collagen fibre



ENZIMA = *CATALIZZATORE biologico*

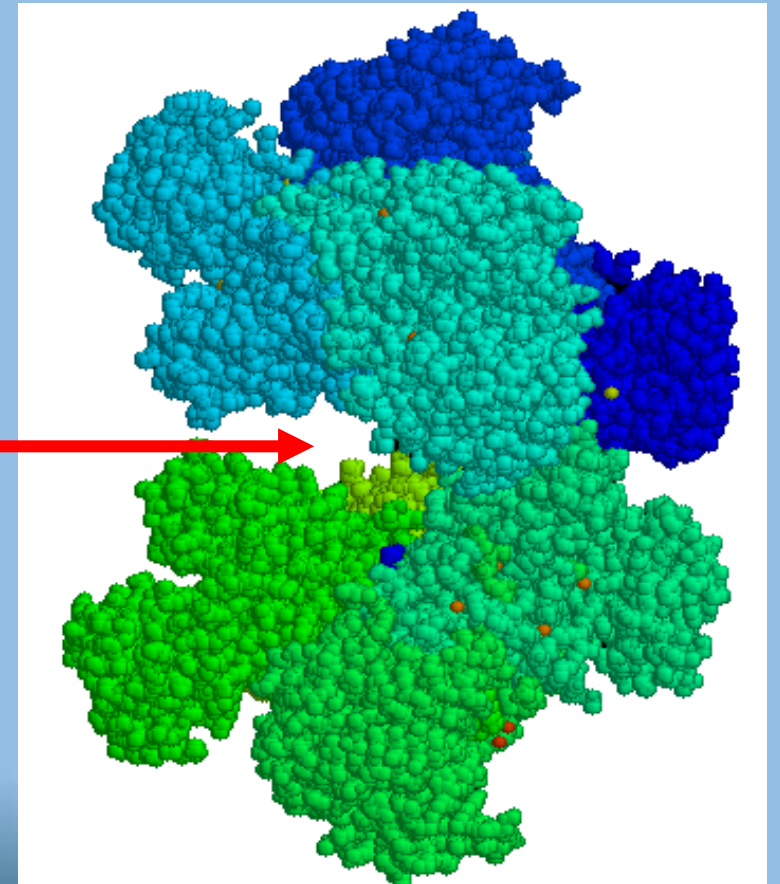
catalizzatore

sostanza che interviene durante lo svolgimento di una reazione chimica e ne aumenta la **velocità** rimanendo inalterato al termine della stessa

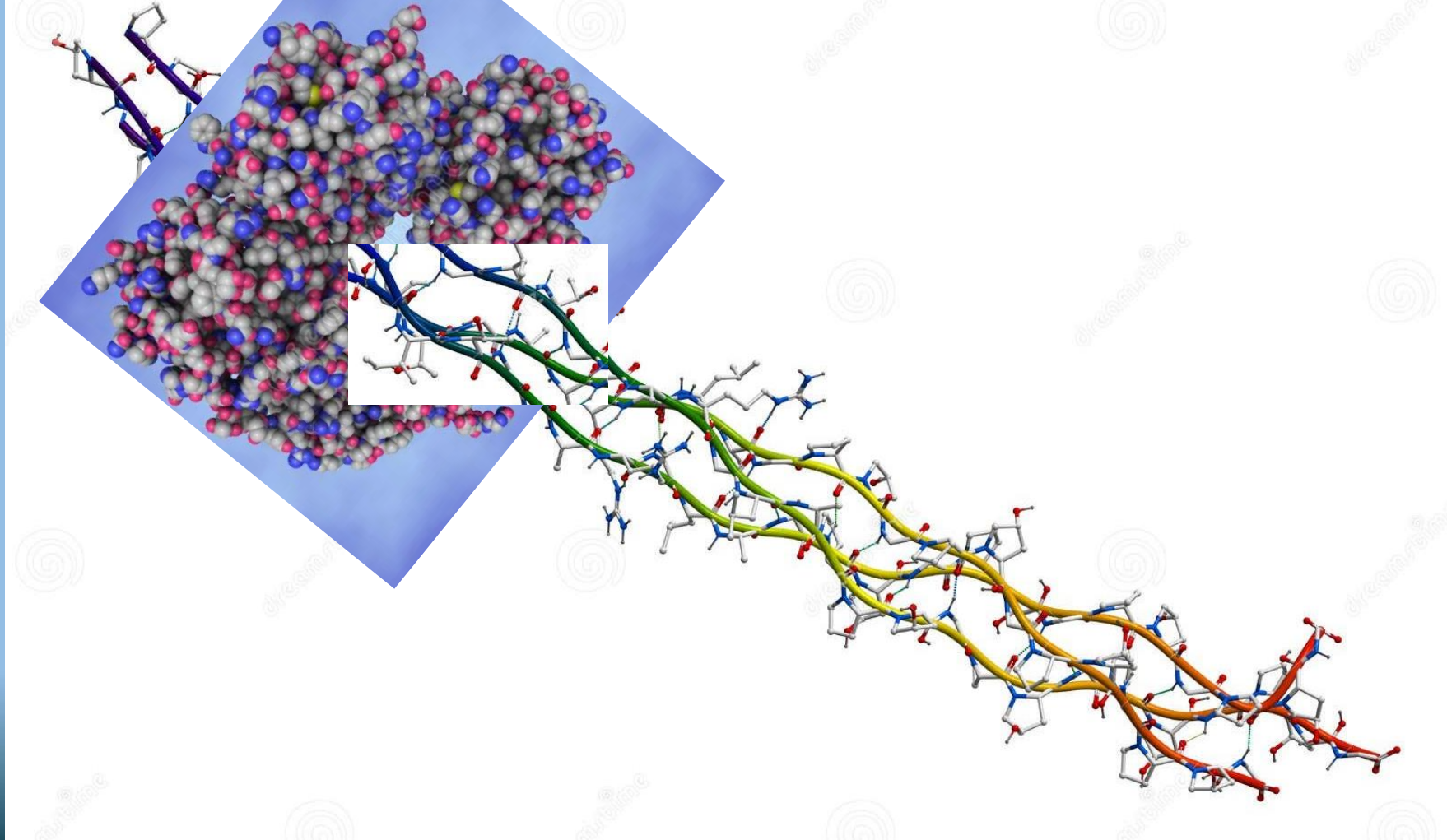
Presentano una (o più) cavità

SITO ATTIVO

Normalmente sono grosse proteine ad alto peso molecolare molto complesse come struttura



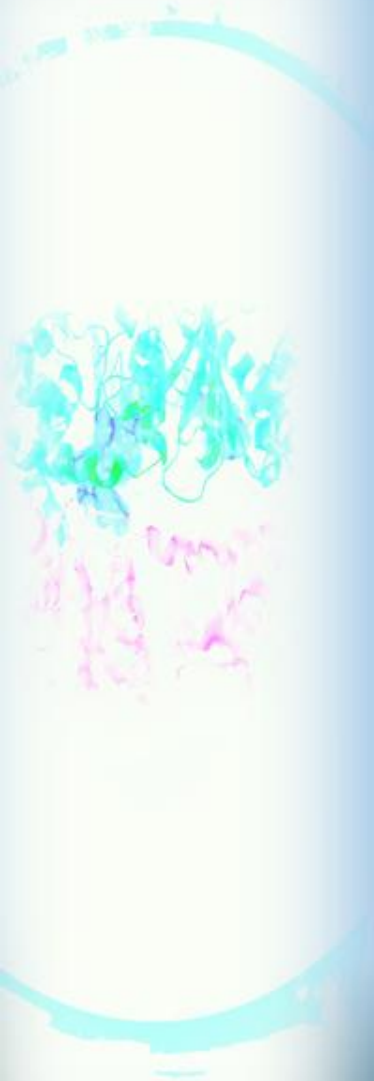
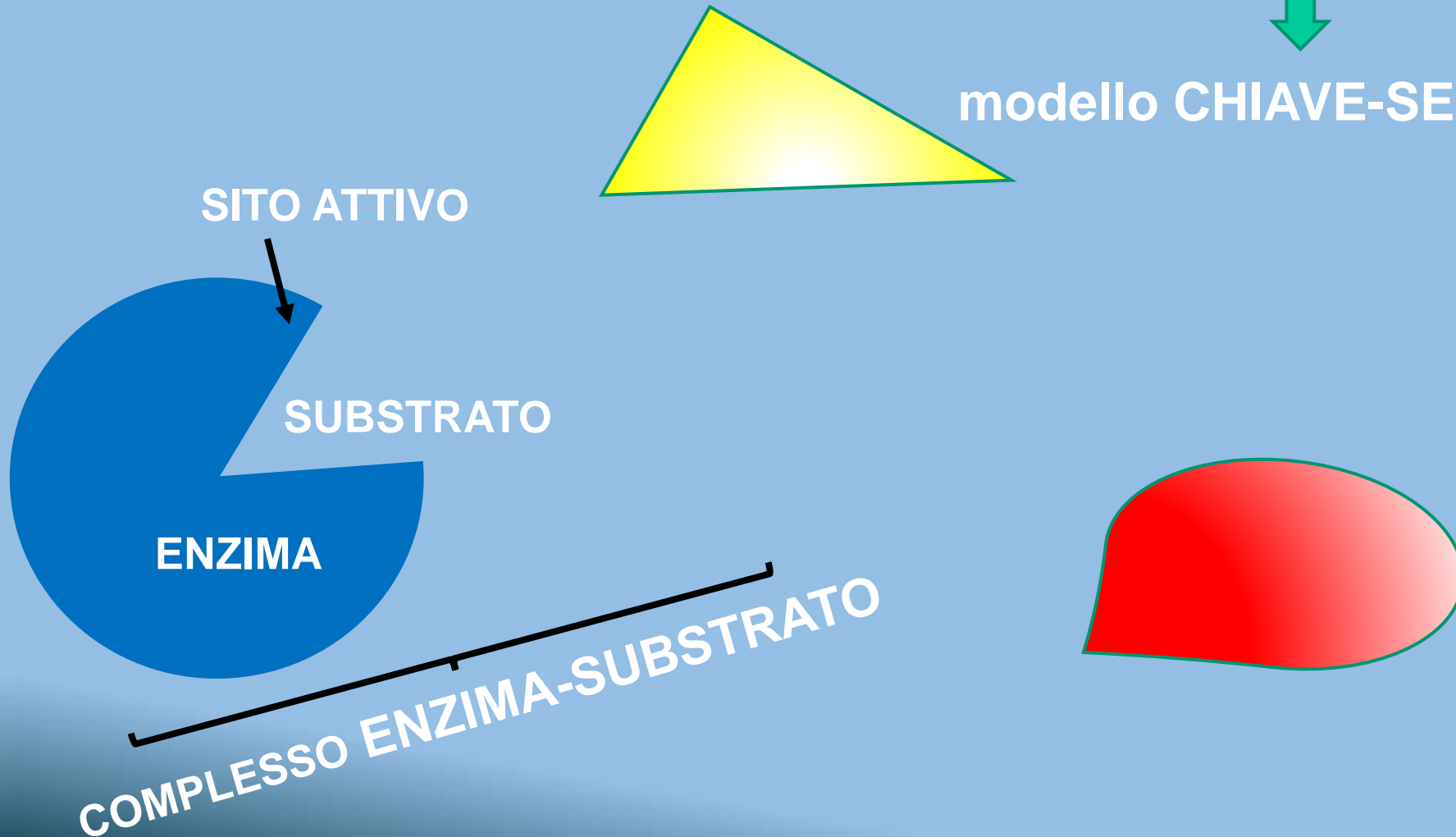
COLLAGENE e COLLAGENASI



Gli enzimi sono **SPECIFICI** cioè in grado di legarsi ad un solo substrato

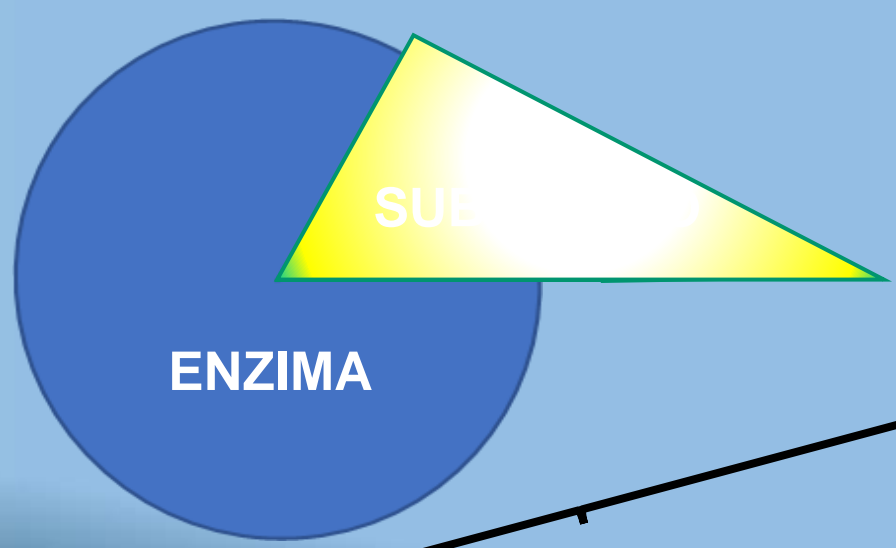


modello **CHIAVE-SERRATURA**



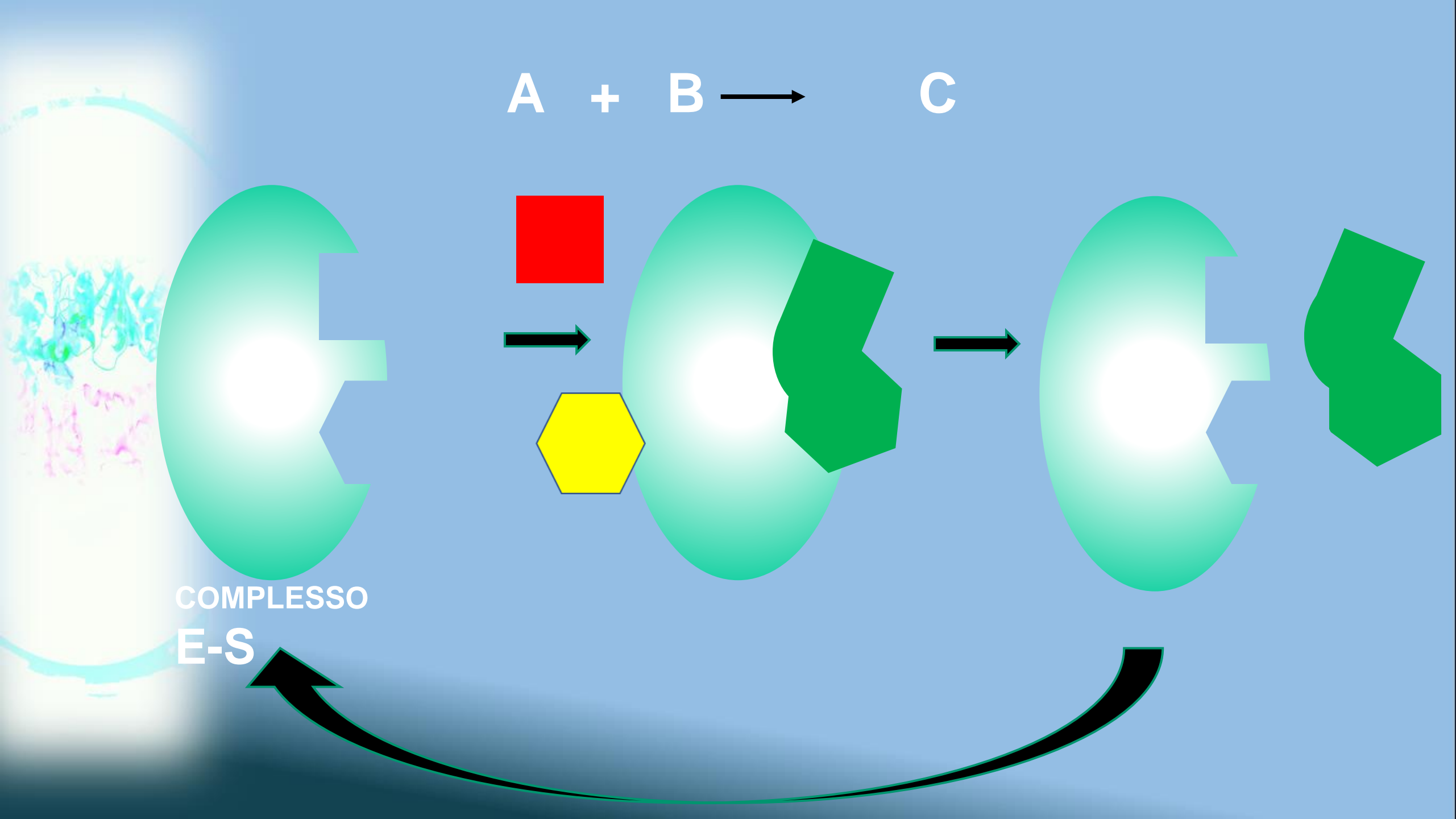


P₁



P₂

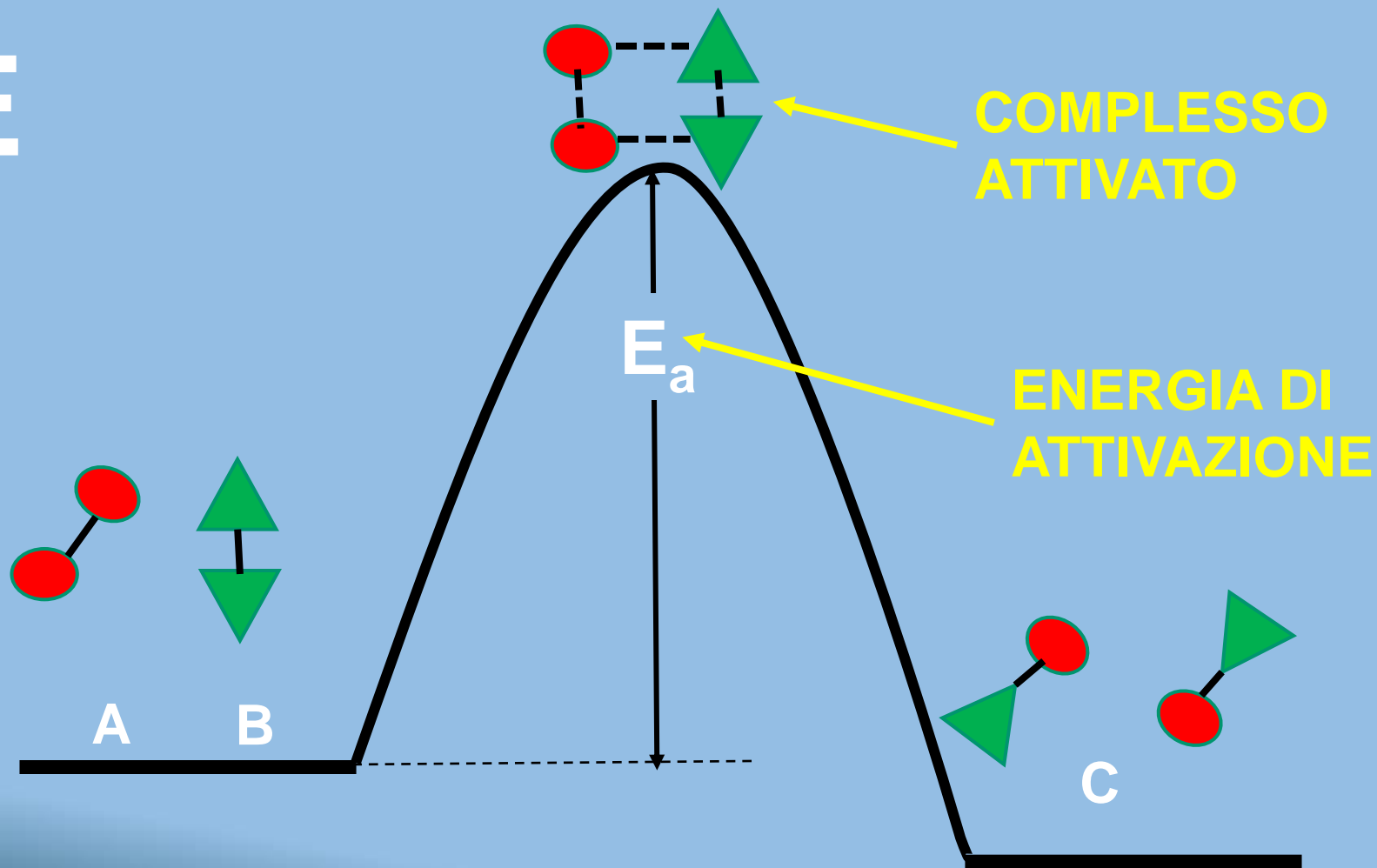
COMPLESSO
E-S



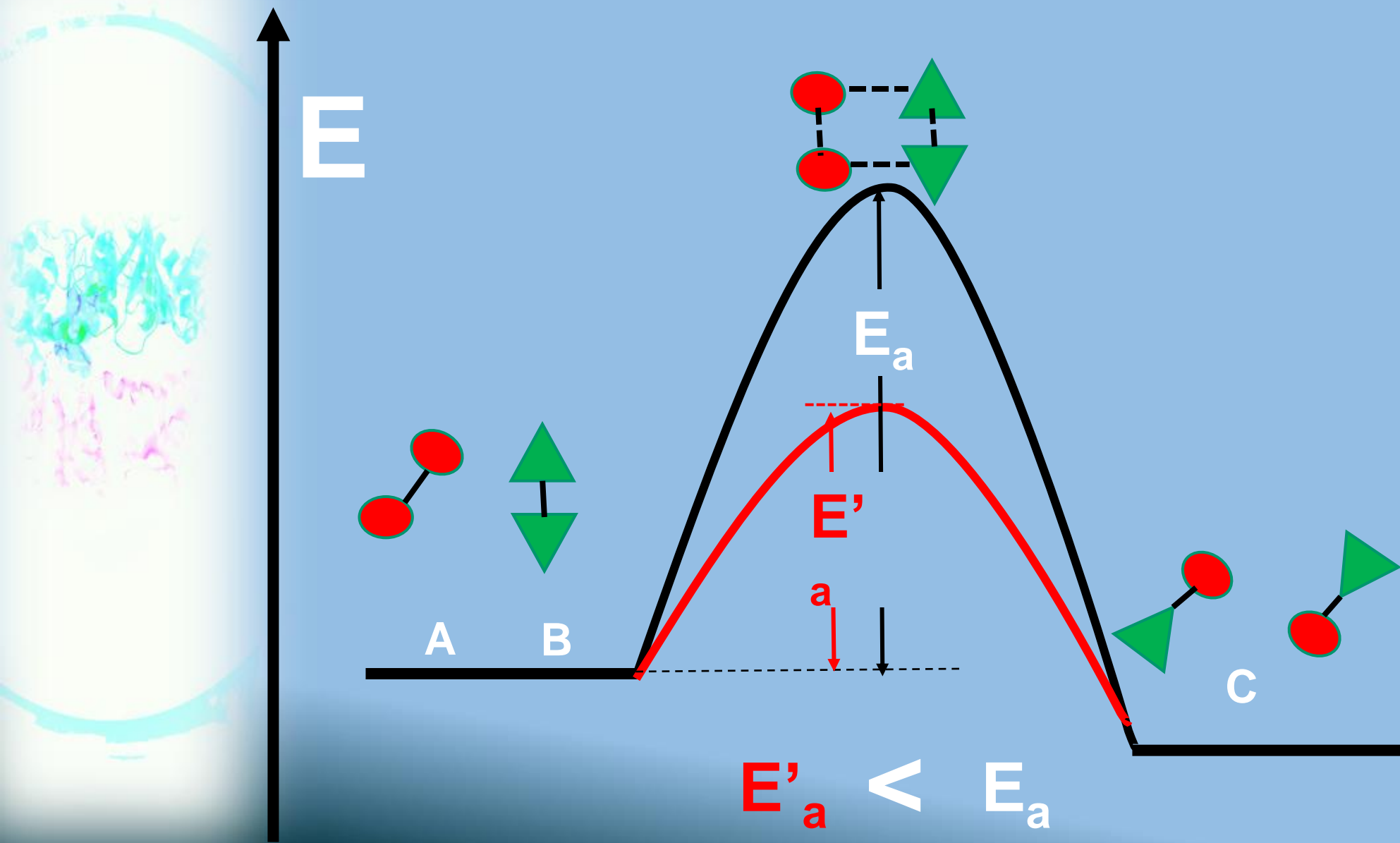
COMPLESSO
E-S

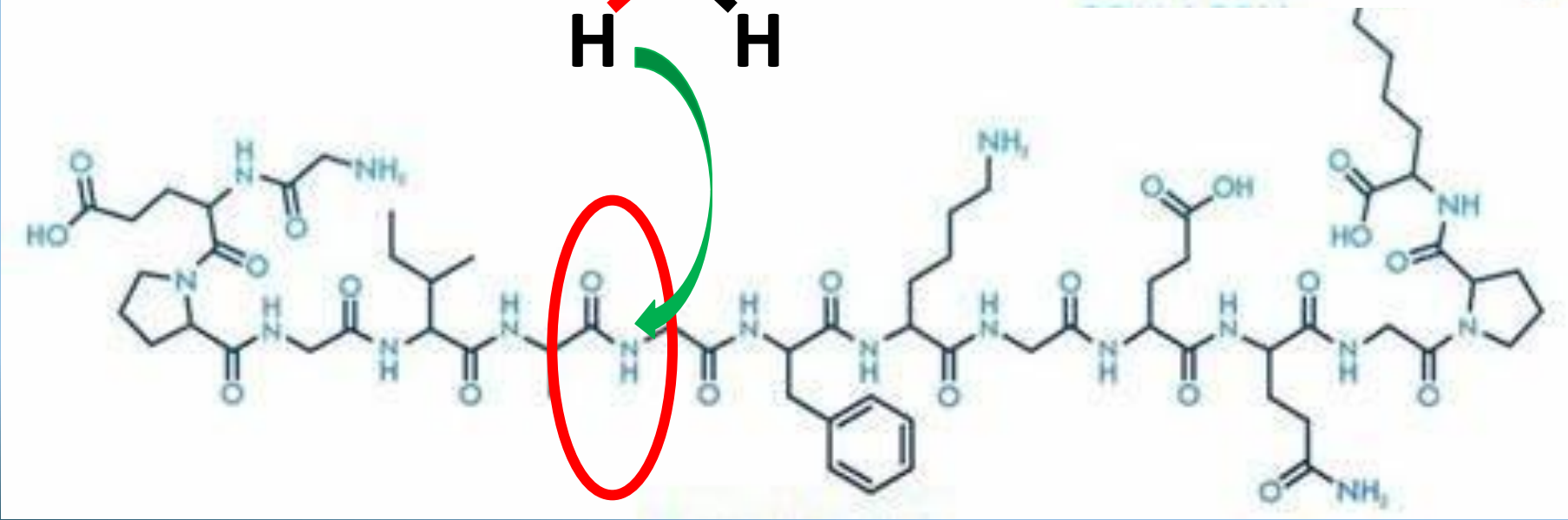
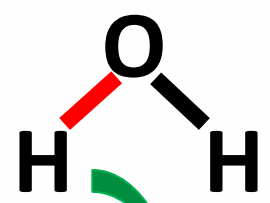
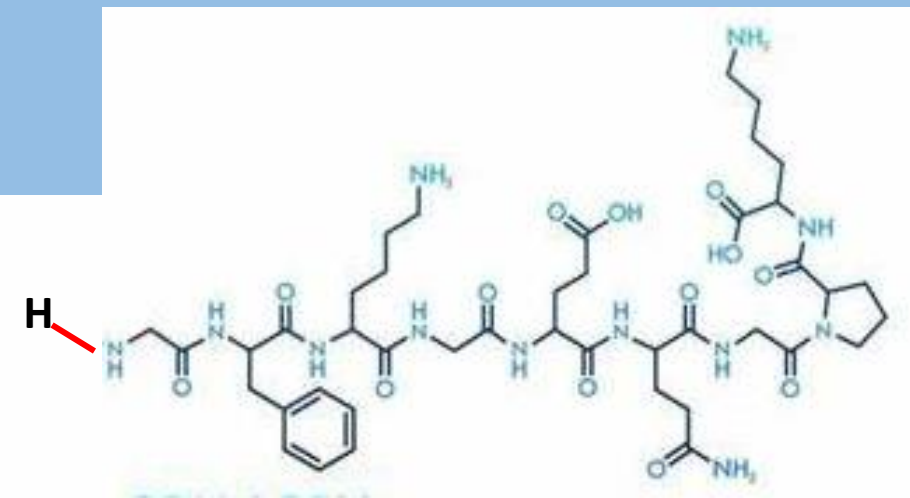
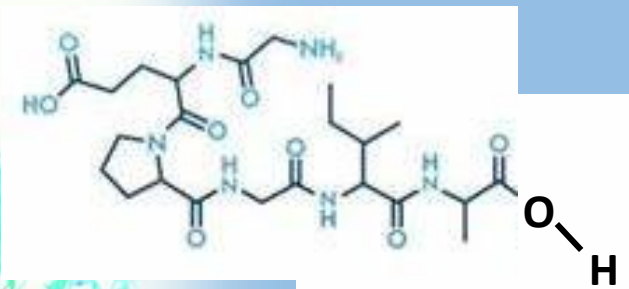
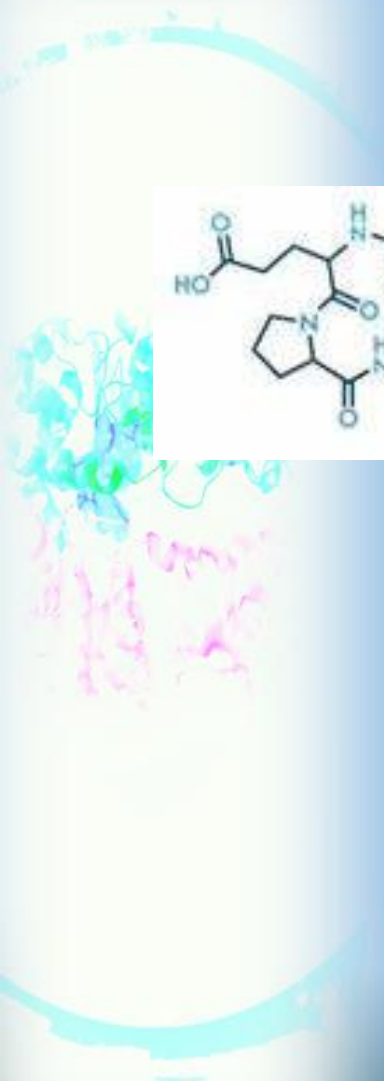
Affinché una reazione chimica possa avvenire è necessario fornire energia

E



COME AGISCE UN ENZIMA?





Fattori che influenzano l'attività degli enzimi

- Concentrazione di enzimi
- Concentrazione di substrato
- Concentrazione del prodotto
- pH
- Temperatura
- Attivatori
- Inibitori

La temperatura influisce sulla velocità delle reazioni enzimatiche e, a temperature elevate, può causare la denaturazione degli enzimi. L'intervallo di attività degli enzimi è compreso tra la temperatura di solidificazione e quella di ebollizione dell'acqua. Una temperatura troppo bassa rallenta la reazione, mentre temperature troppo elevate possono inattivare gli enzimi.




Esperimenti chiave

Don De Vault, Britton Chance (1967):

il trasferimento degli elettroni dall'enzima respiratorio “citocromo” all'ossigeno nel batterio *Chromatium vinosum* avveniva anche a temperature di -190°C . La velocità restava costante fino a -238°C .

Judith Klinman (1989):

esperimento sull'effetto isotopico cinetico nel trasferimento di protoni dal ADH (alcol-deidrogenasi) al NAD^+ per formare NADH



**I BIOLOGI PARLANO DI ATOMI E DI LEGAMI, CIOÈ DI
ELETTRONI, CHE SI SPOSTANO.....**

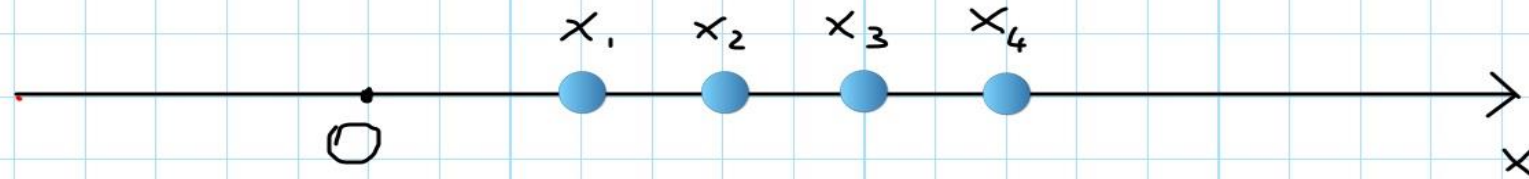
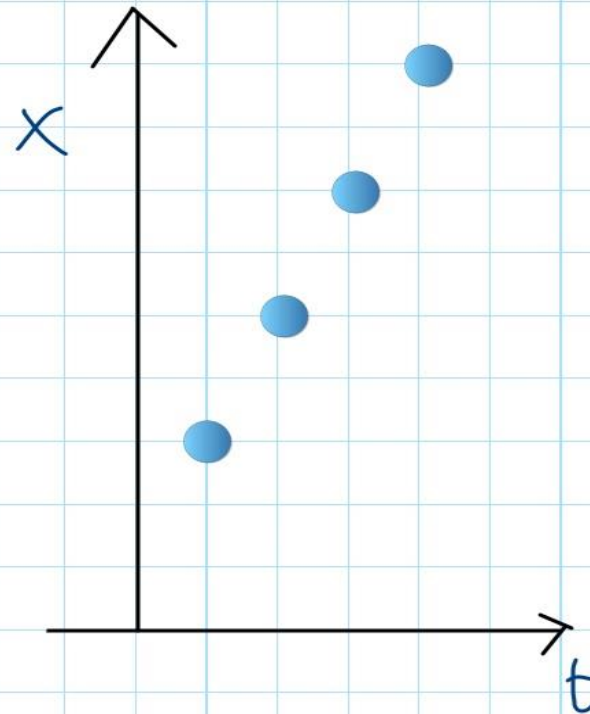
MA...

**....LA FISICA QUANTISTICA CI DICE CHE GLI
ATOMI E GLI ELETTRONI SONO ALTRE COSE.....**

Natura corpuscolare: il moto di un punto materiale (conoscenza esatta della posizione e del tempo)

Corpuscolo

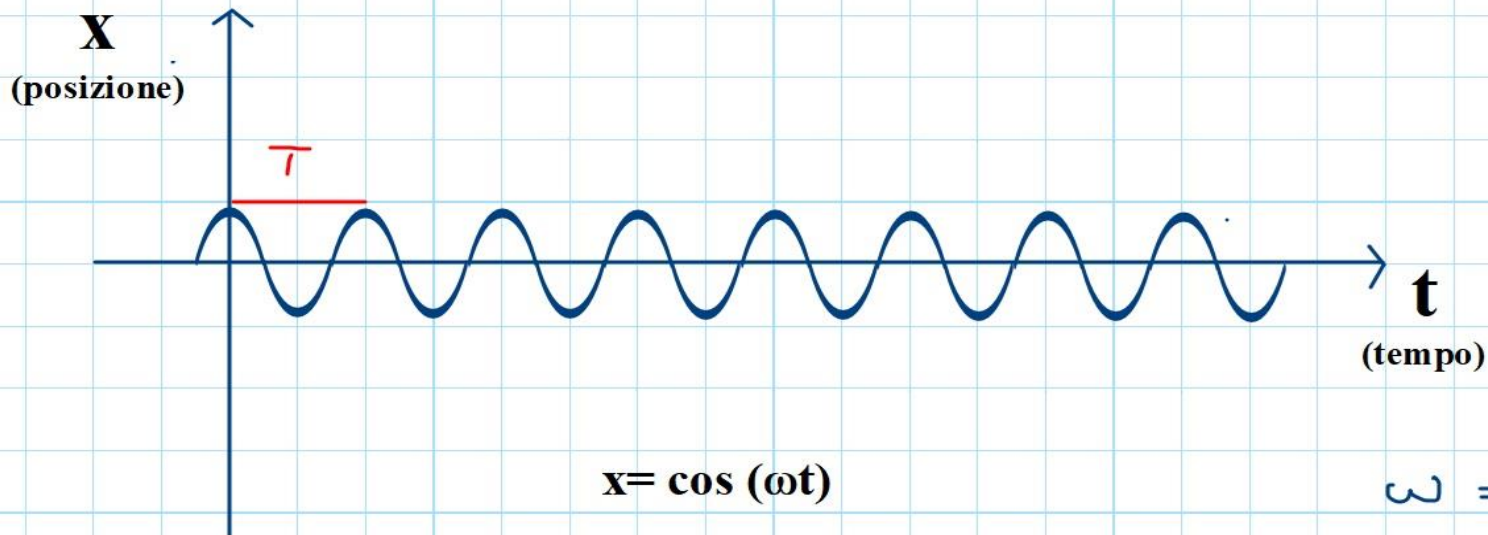
t (tempo in s)	x (posizione in m)
1	$x_1 = 3$
2	$x_2 = 5$
3	$x_3 = 7$
4	$x_4 = 9$



La descrizione fisica dei mezzi continui: dalle oscillazioni alle onde



Oscillazione armonica



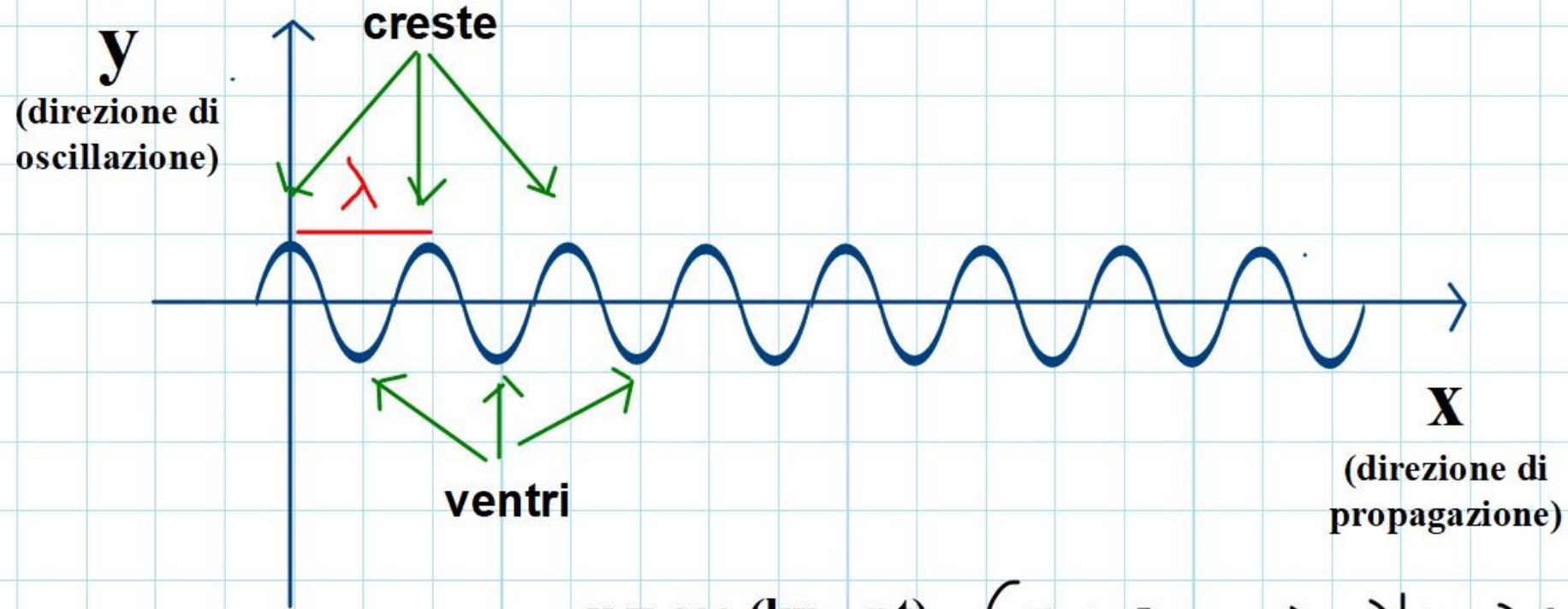
$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$T = \text{PERIODO}$$

$$\nu = \frac{1}{T}$$

FREQUENZA

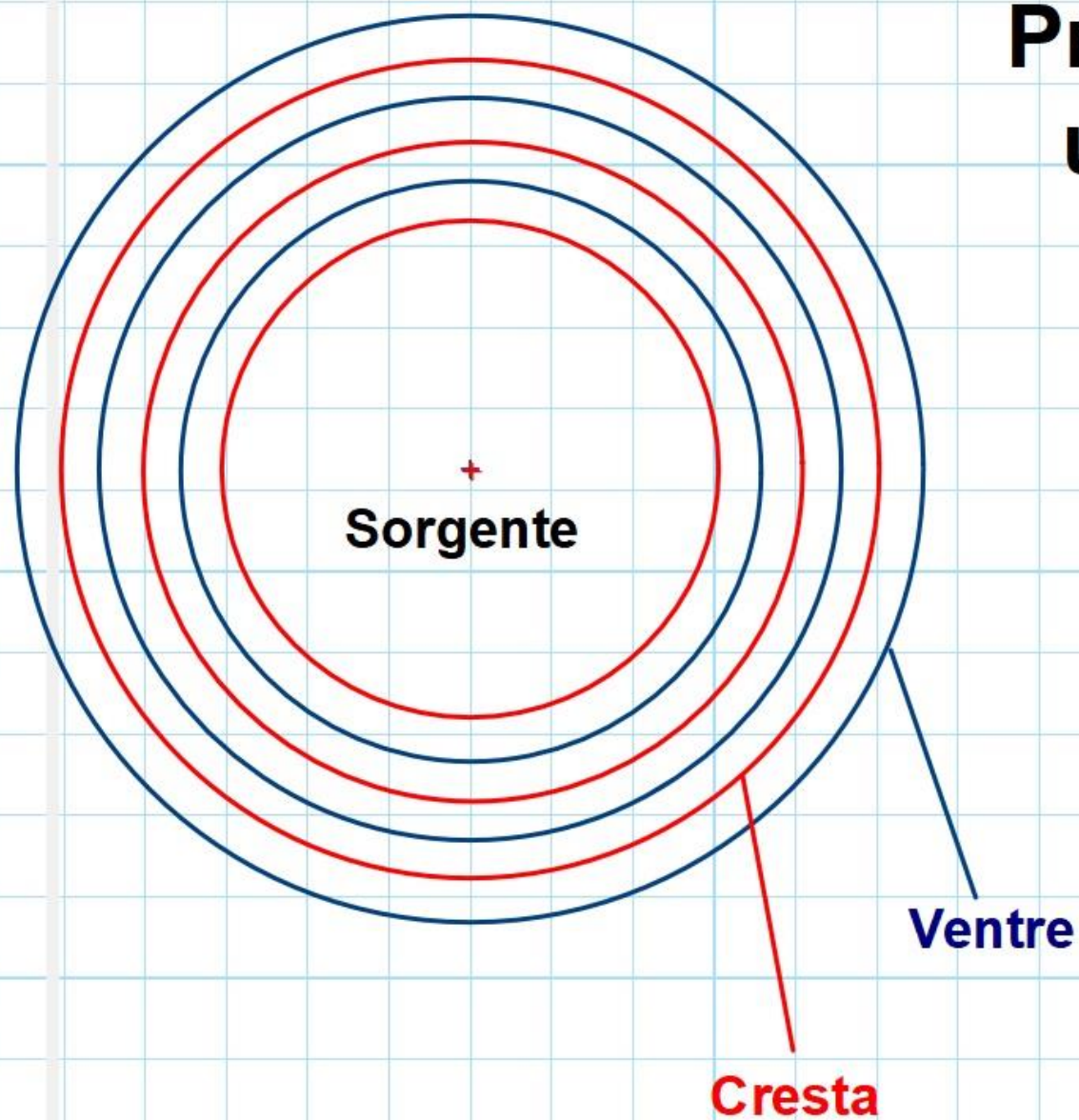
Onda armonica



$$y = \cos(kx - \omega t) \quad (\text{FUNZIONE D'ONDA})$$

λ = LUNGHEZZA D'ONDA

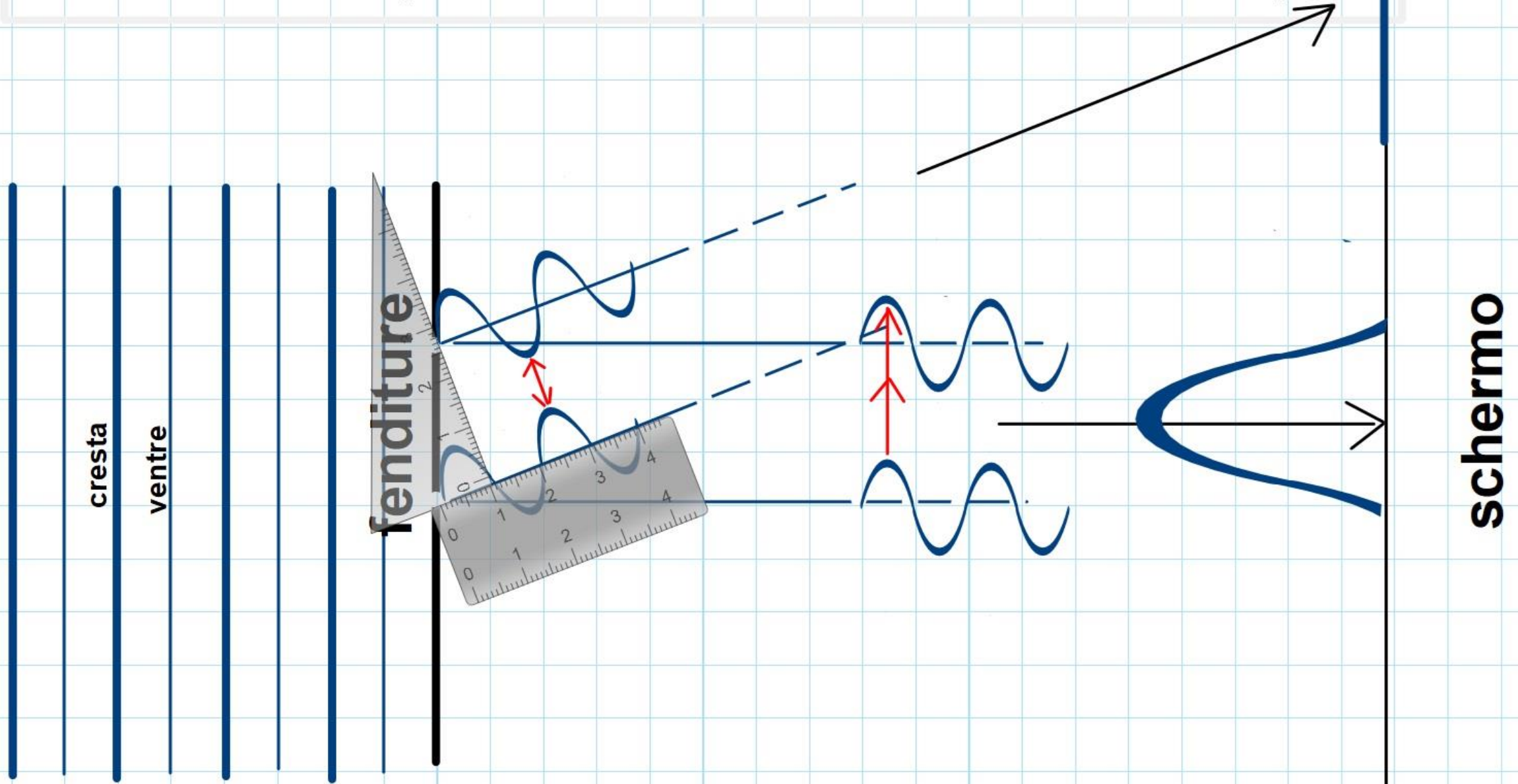
$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \text{NUMERO D'ONDA}$$



Propagazione di un'onda nello spazio

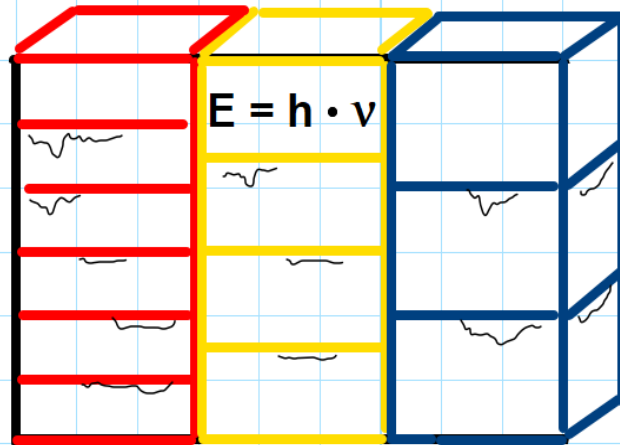
Un'onda nello spazio è dappertutto!
L'onda è completamente **delocalizzata**

L'esperimento della doppia fenditura (interferenza costruttiva e distruttiva)



Le basi della Fisica quantistica

La soluzione si chiama "radiazione quantizzata": ogni modo di oscillazione può assorbire e cedere soltanto radiazione in quantità multipla di un valore fondamentale direttamente proporzionale alla frequenza). Nasce la "Legge di Planck" (dicembre 1900).

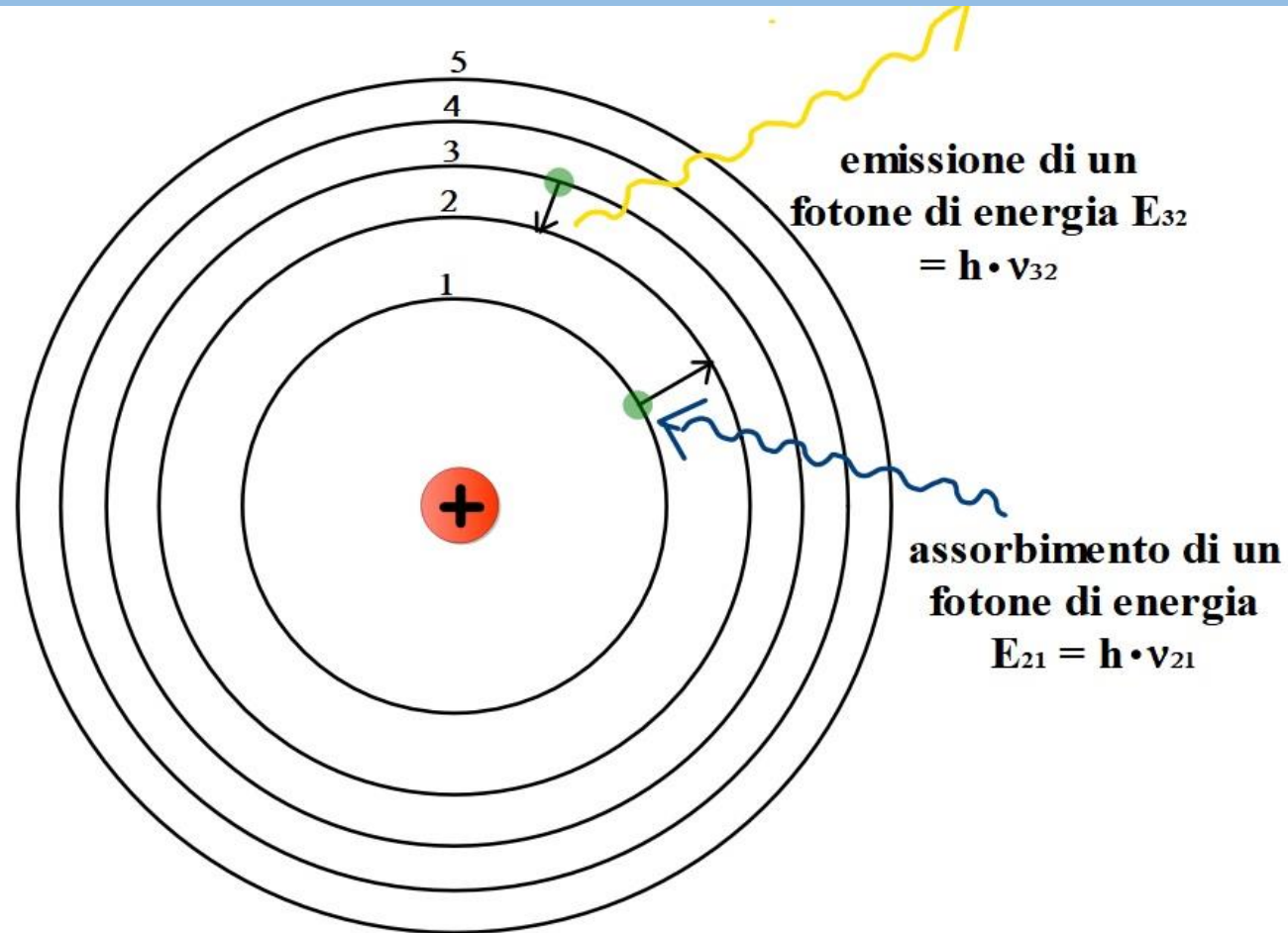


$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Joule} \cdot \text{sec}$$



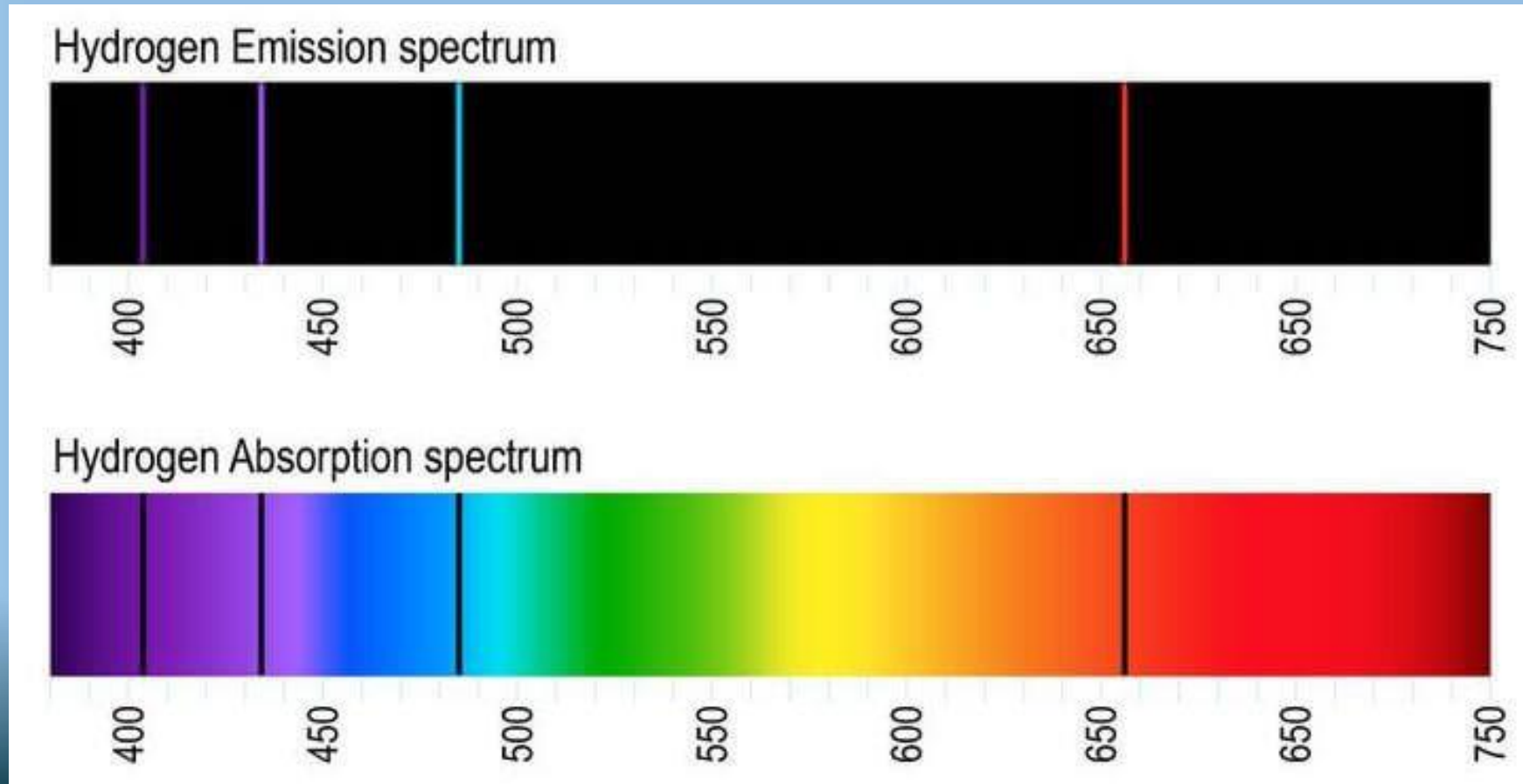
MAX
PLANCK (1858-1947)

Dai fotoni alla materia: atomo “quantizzato” e particelle – onde

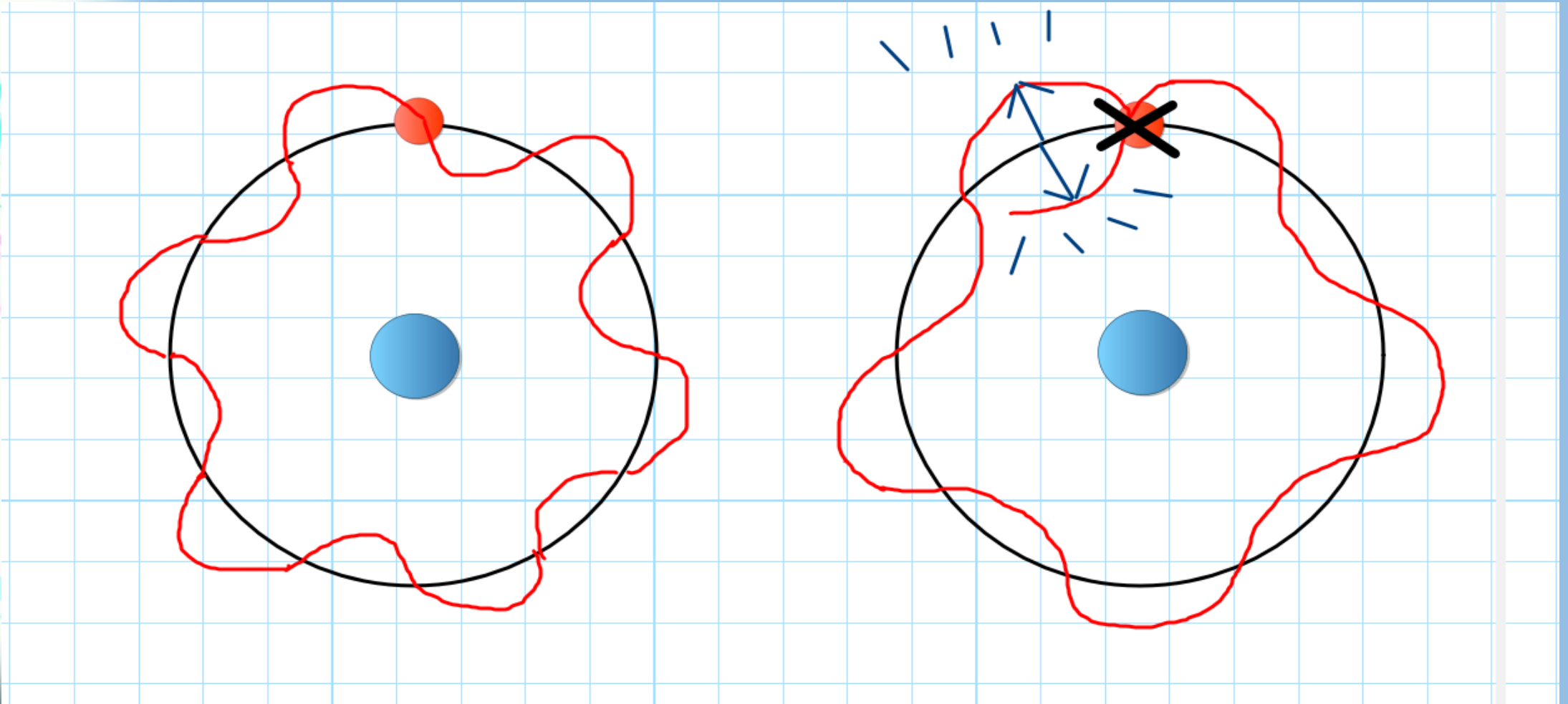


Così si spiegano:

- (1) luce a fluorescenza (spettri a righe di emissione)**
- (2) Spettri di assorbimento**



La ragione dell'atomo quantizzato: il comportamento ondulatorio degli elettroni dentro alla "buca di potenziale" del nucleo



RELAZIONI DI DE BROGLIE

$$\left(\begin{array}{l} \text{LUNGHEZZA} \\ \text{D'ONDA} \end{array} \right) \lambda = \frac{h}{p}$$

$$p = \frac{h}{\lambda} \quad \left(\begin{array}{l} \text{QUANTITÀ} \\ \text{DI} \\ \text{MOTO} \end{array} \right)$$

$$\left(\text{FREQUENZA} \right) \nu = \frac{E}{h}$$

$$E = h\nu \quad \left(\text{ENERGIA} \right)$$

LE PARTICELLE DIVENTANO
ONDE.

- Nasce il dualismo “onda – corpuscolo”: serve un principio fondamentale per la nuova Fisica delle particelle – onde.
- Il Principio di Indeterminazione di W. Heisenberg

p = QUANTITÀ DI MOTO
 q = POSIZIONE

$$q \cdot p \neq p \cdot q$$

$$q p - p q = \frac{h}{2\pi i}$$

PRINCIPIO
 DI
 INDETERMINAZIONE
 DI
 HEISENBERG
 (1926)

Significato: il risultato della misura dipende dalla modalità della misura. In pratica la descrizione del mondo elementare dipende dall'osservatore (sorgono dubbi sull'esistenza di una realtà oggettiva).

Formulazione ondulatoria del principio di indeterminazione (E. Schroedinger 1927)



Un impulso di lunghezza Δx si può scomporre in un "pacchetto d'onde" continuo con lunghezze d'onde distribuite su di un intervallo $[\lambda_{\min}, \lambda_{\max}]$

$$\Delta x \cdot \Delta k = 1$$

LEGGI DI
DE BROGLIE

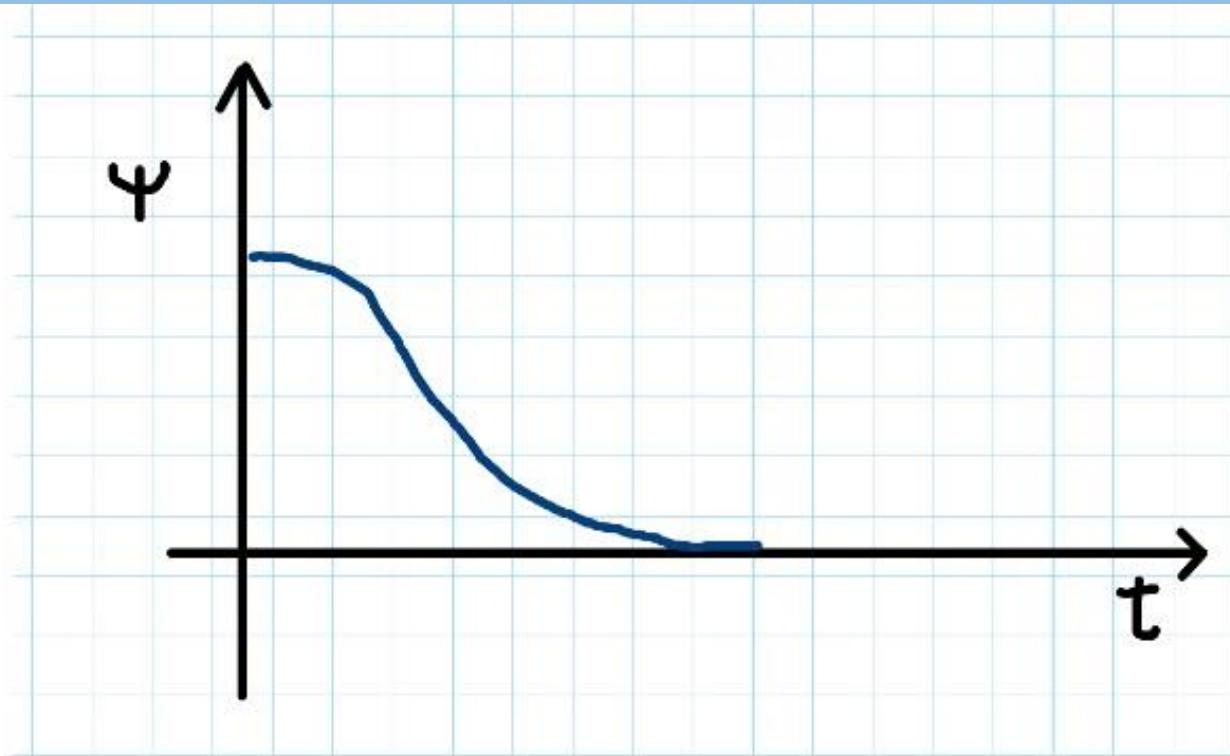
$$p = \frac{h}{\lambda} = h k$$

$$\textcircled{h} \Delta x \cdot \textcircled{\Delta k} = h$$

$$\Delta x \cdot \Delta p = h$$

FORMA
ONDULATORIA
DEL PRINCIPIO
DI INDETERMINAZIONE

Indeterminazione energia – tempo



Allo stesso modo un impulso di lunghezza Δt si può scomporre in un "pacchetto d'onde" continuo con frequenze distribuite su di un intervallo $[\nu_{\min}, \nu_{\max}]$

$$\Delta t \cdot \Delta \nu = 1$$

LEGGI DI

DE BROGLIE

$$E = h\nu$$

$$\textcircled{h} \Delta t \cdot \textcircled{\Delta \nu} = h$$

$$\Delta t \cdot \Delta E = h$$

FORMA
ONDULATORIA
DEL PRINCIPIO
DI INDETERMINAZIONE
ENERGIA - TEMPO

Relazioni di indeterminazione

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \approx \hbar$$

$$\Delta y \cdot \Delta p_y \approx \hbar$$

$$\Delta z \cdot \Delta p_z \approx \hbar$$

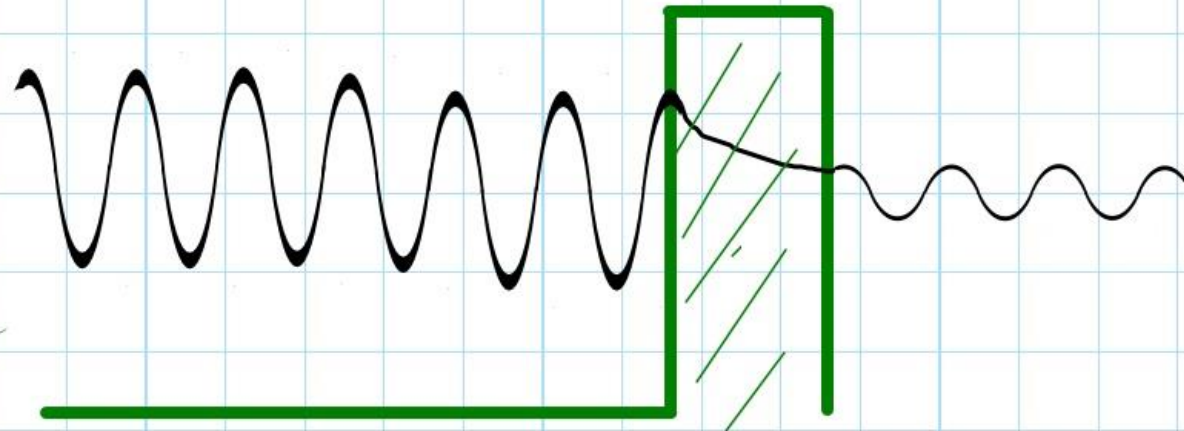
$$\Delta E \cdot \Delta t \approx \hbar$$



Roba da pazzi? Eppure funziona!

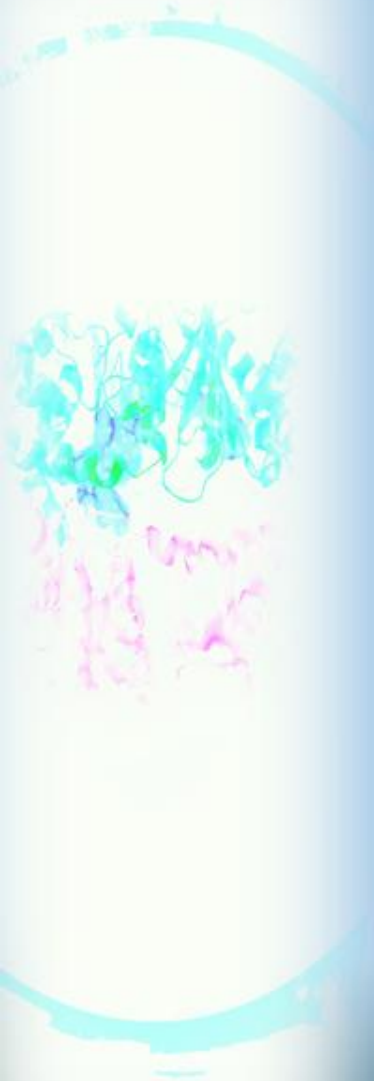
Saltare un ostacolo? No, passarci attraverso! Un'onda può!

Onda - particella e barriera di potenziale: l'effetto "tunnel"



Ma che cos'è una misura quantistica?

- Qualsiasi interazione di può considerare una misura quantistica.
- In un sistema fisico soggetto a interazioni da un ambiente “agitato” e caotico, ogni sua parte risponde alle sollecitazioni esterne in modo caoticamente disorganizzato (incoerenza)
- In un sistema fisico però può rispondere alle sollecitazioni esterne in modo ordinato: ciò succede se le parti del sistema sono legate tra di loro da qualche forma di organizzazione interna (**coerenza**)



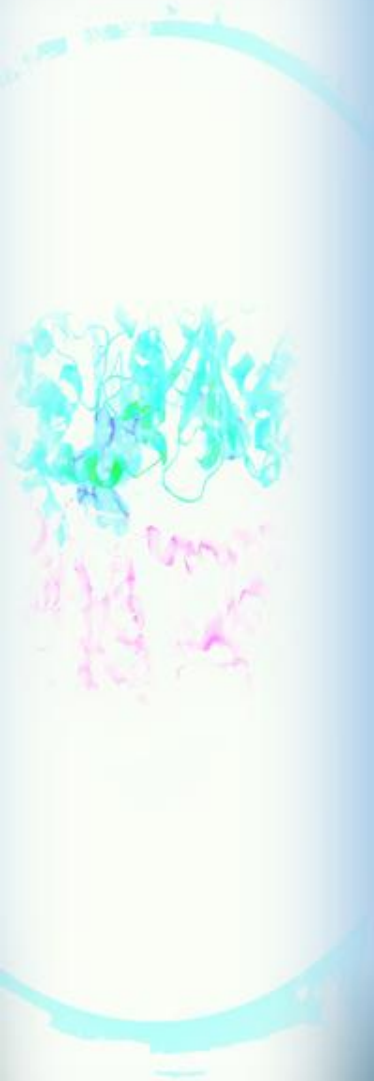
- **Coerenza: relazione di fase costante tra sorgenti di onde (è necessaria per la formazione delle figure di diffrazione e interferenza tra onde)**

- **La *coerenza* di una molecola: lo stato di tutte le sue parti è definita da una sola equazione d'onda**

- In meccanica quantistica si dice che *un sistema è coerente se la sua funzione d'onda è autofunzione dell'operatore di annichilazione*

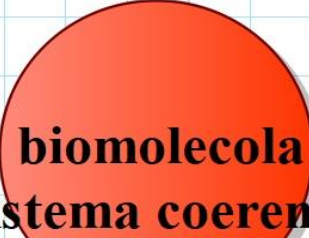

- Ciò significa che se si elimina una particella qualunque lo stato non cambia.

- **L'orchestra suona la stessa sinfonia anche se si elimina uno strumento**



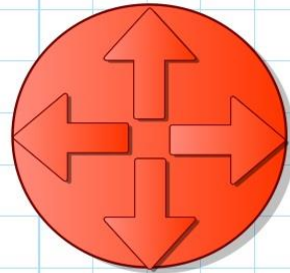
- **Come fa una biomolecola costituita da parte parti diverse e immersa in un ambiente umido e caldo (con moti termici caotici) ad essere un sistema “coerente”?**
- **Una felice combinazione di particelle e legami tra di loro che è il risultato di una lunga serie di tentativi andati a vuoto finché non si è ottenuta una molecola in grado di ... autoreplicarsi!**

La vita come lotta tra ordine e disordine ("l'ordine dall'ordine" di E. Schroedinger)

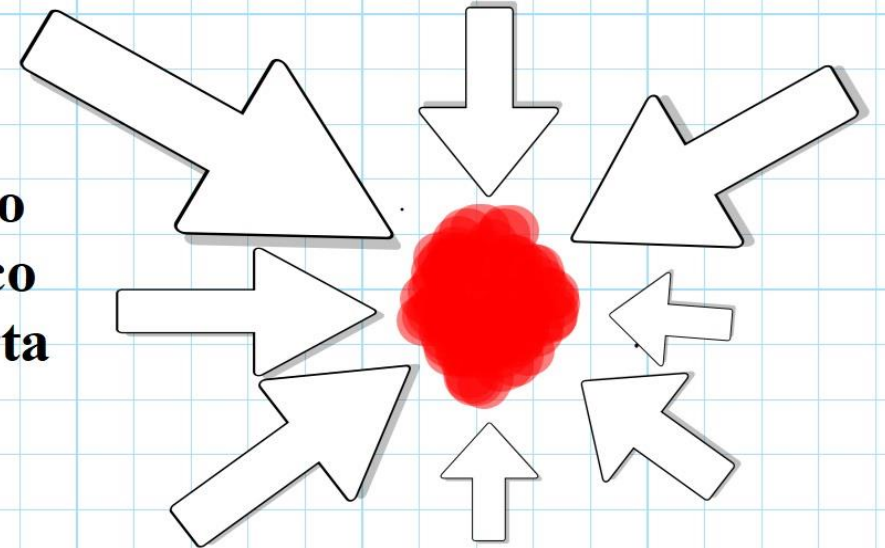


**biomolecola
(sistema coerente)**

**Rumore colorato
(rumore della rete
di interazioni
interne coerenti
che tende a
mantenere
l'ordine)**



**Rumore bianco
(rumore termico
esterno che porta
disordine)**



Le prove sperimentali

L'EFFETTO ISOTOPICO CINE

Chi dei due fa più fatica a passare sotto al reticolato?



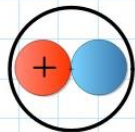
"Slim"



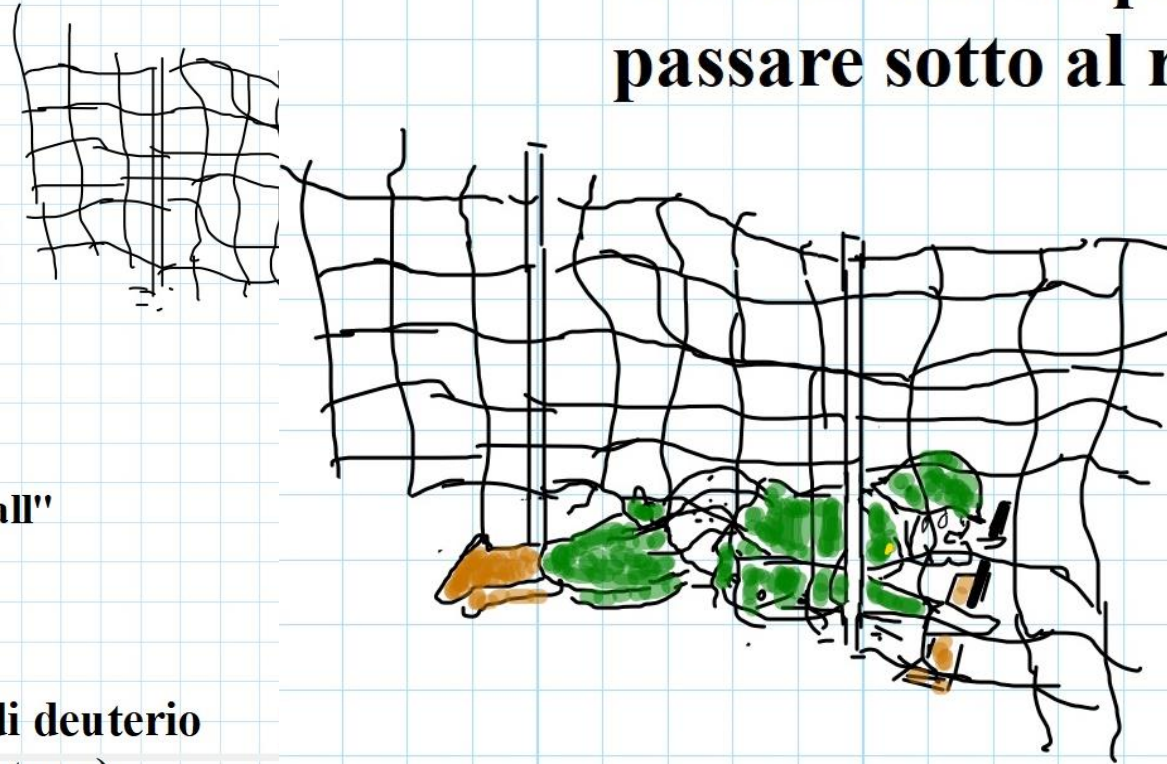
"Butterball"



Nucleo di idrogeno
(protone)

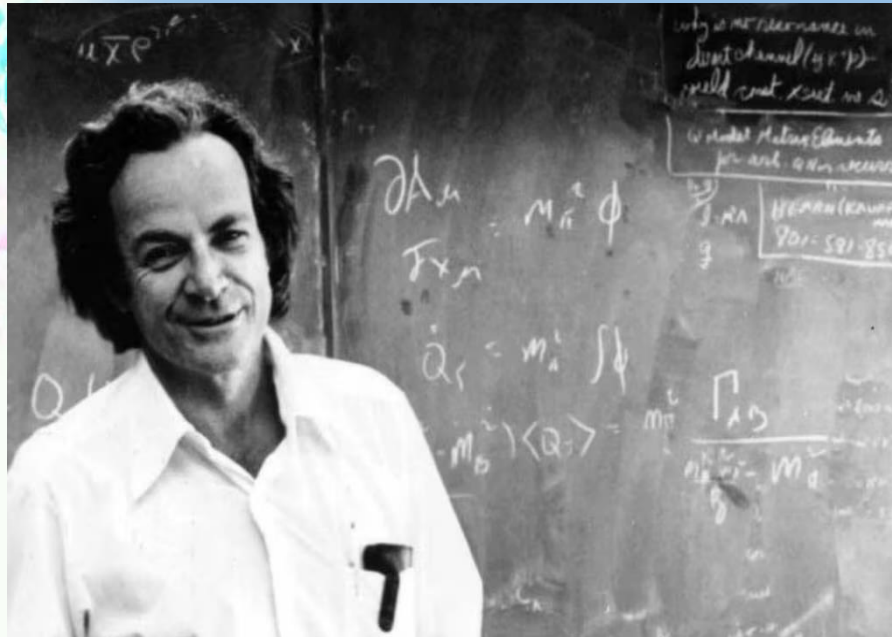


Nucleo di deuterio
(deutone)



Due indizi fanno una prova?

"Quello che non posso creare, non lo saprò mai capire" (R. Feynman)



La biologia quantistica per ora è solo un tentativo di comprendere il mistero della vita nei suoi meccanismi principali. Vero o no, un fatto è certo: se non siamo in grado di generare la vita è perché non l'abbiamo capita veramente fino in fondo. Questo deve essere il motivo principale per continuare provarci in ogni modo.

GRAZIE!!

