

Einstein e la **foto**chimica

Vincenzo Balzani

Dipartimento di Chimica “Giacomo Ciamician”
Facoltà di Scienze, Università di Bologna

E-mail: vincenzo.balzani@unibo.it

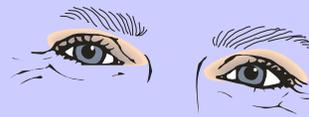


materia
vivente



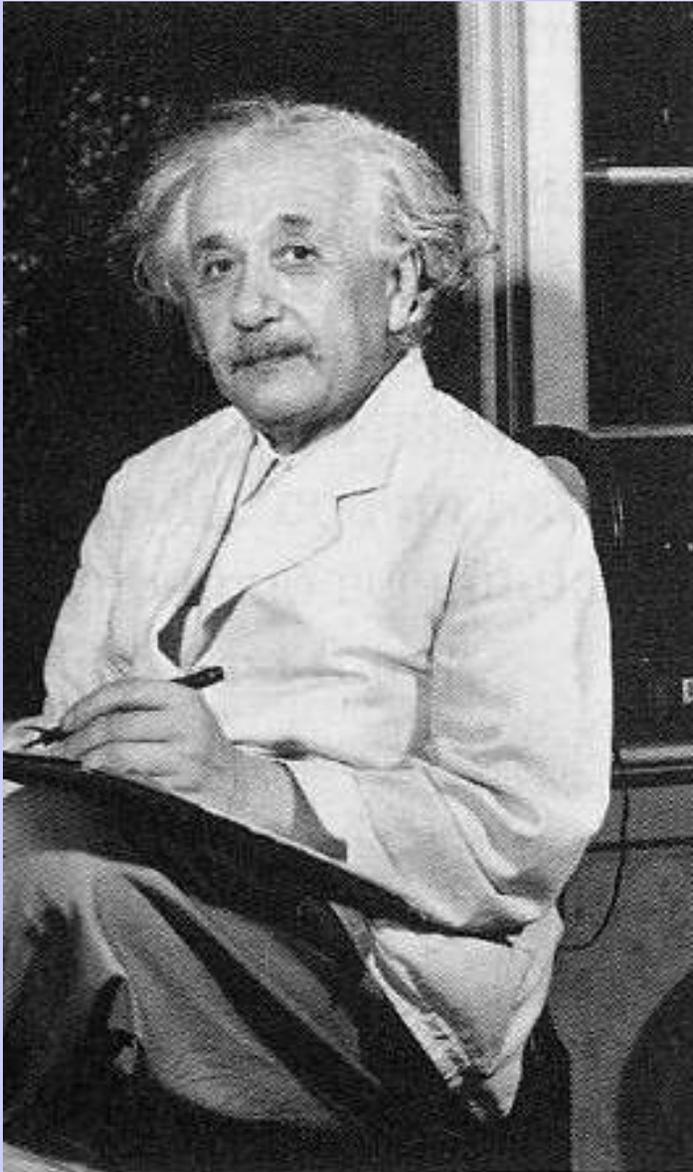
processi
fotosintetici

ENERGIA
per la vita



processi
legati alla visione

INFORMAZIONE
per la vita



Einstein 1879-1955



Ciamician 1857-1922

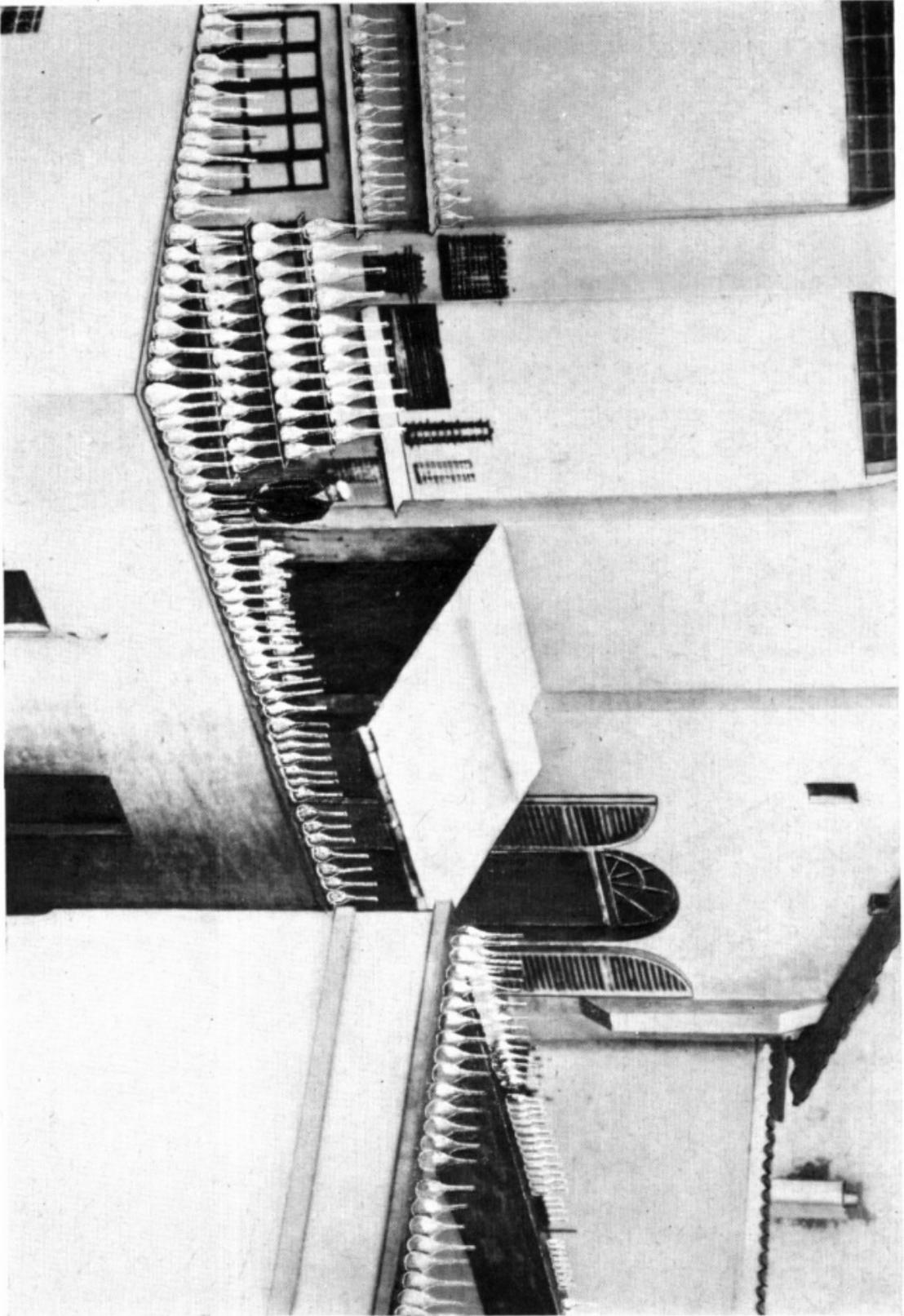
Ogni scoperta consiste
nel vedere
ciò che tutti hanno visto
e nel pensare
ciò che nessuno ha pensato

Albert Szent-Gyorgyi

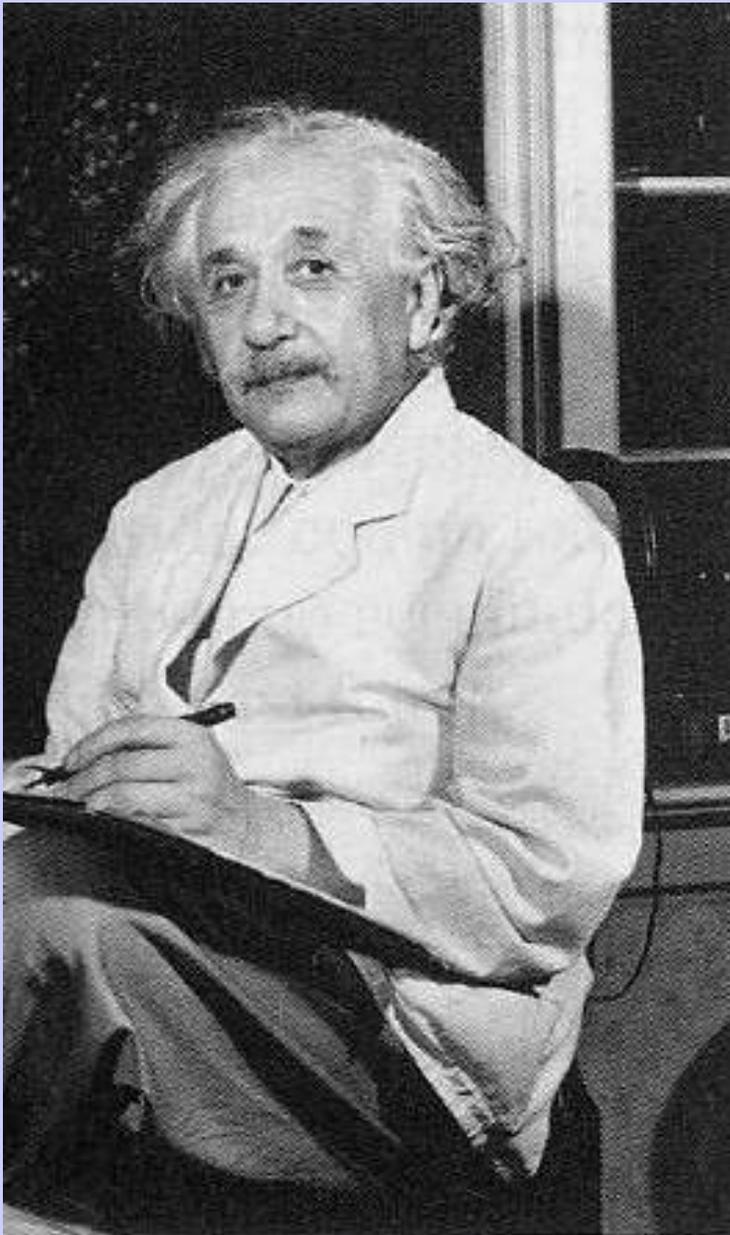
**A cosa serve
la luce?**



Ciamician 1857-1922



CIAMICIAN passant en revue les centaines de flacons exposés au soleil sur le toit de son laboratoire.



Einstein 1879-1955

Cos'è la luce?

Ad esempio, del concetto di tempo
Sant'Agostino diceva:

“Se nessuno me lo chiede, lo so; se voglio spiegarlo a chi me lo domanda non lo so più” .

S. Agostino, Confessioni, XI, 14

Cosa sono i quanti di luce?
Cinquant'anni di intensa
meditazione non mi hanno
permesso di rispondere a questa
domanda. Naturalmente oggi
tante persone superficiali
pensano di saperlo, ma
sbagliano.

A. Einstein, Lettera a N. Besso, 12 dicembre 1951

Maxwell, 1864: la luce è un fenomeno ondulatorio

lunghezza d'onda λ frequenza ν

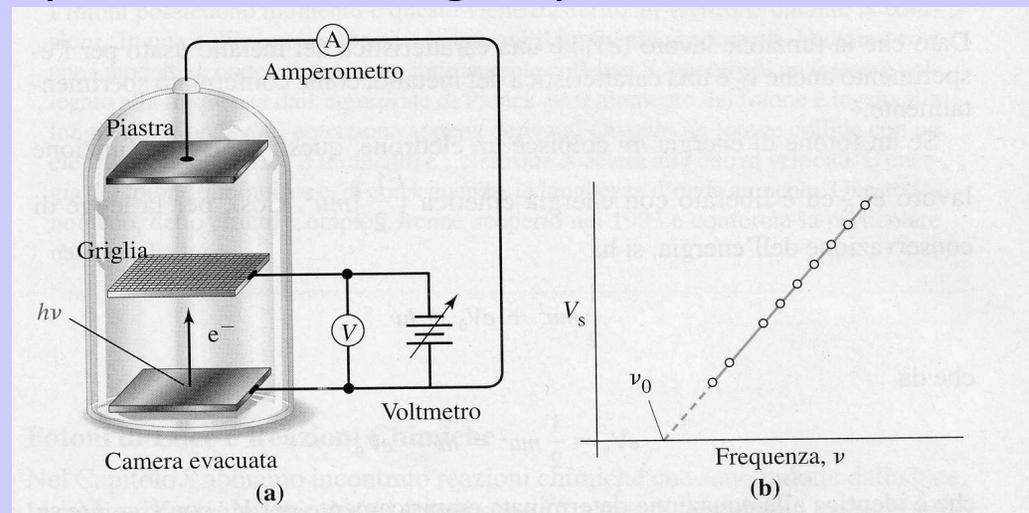
$$\lambda\nu = c \text{ velocità}$$

Planck, 1900: la luce è un insieme di “quanti”

energia E frequenza ν

quanto: $E = h\nu$ ($h = \text{cost. di Planck}$)

Effetto **foto**elettrico: alcuni metalli emettono elettroni quando sono illuminati con luce di certe lunghezze d'onda (valore di soglia)



Einstein (1905): l'emissione di elettroni non dipende dall'**intensità** della luce, ma dalla **frequenza**:

quanto: $E = h\nu$

$$h\nu_{\min} \geq E_{\min}$$

solo i quanti (**fotoni**) con E superiore a E_{\min} possono far emettere un elettrone

Legge dell'equivalente **fotochimico**

(estensione alle reazioni fotochimiche della spiegazione relativa all'effetto fotoelettrico)



Perché una reazione fotochimica avvenga è necessario che la molecola assorba un **fotone** avente un'energia $h\nu_{\min}$, superiore all'energia del legame, $h\nu_{\min} \geq E_{\min}$



A. Einstein, Ann. der. Physik., 37, 832, **1912**

“L’energia dei combustibili fossili è davvero l’unica che può soddisfare i bisogni della nostra civiltà? No, **il problema fondamentale è riuscire a fissare l’energia solare attraverso opportuni processi chimici** [...] Se la nostra civiltà nera e nervosa, basata sul carbone, sarà seguita da una civiltà più tranquilla, basata sull'utilizzo dell'energia solare, non ne verrà certo un danno al progresso e alla felicità umana.”

Giacomo Ciamician, "The Photochemistry of the Future",
VIII Congresso Internazionale di Chimica Applicata
New York, settembre 1912 (*Science* **1912**, 36, 385)

Rendimento quantico



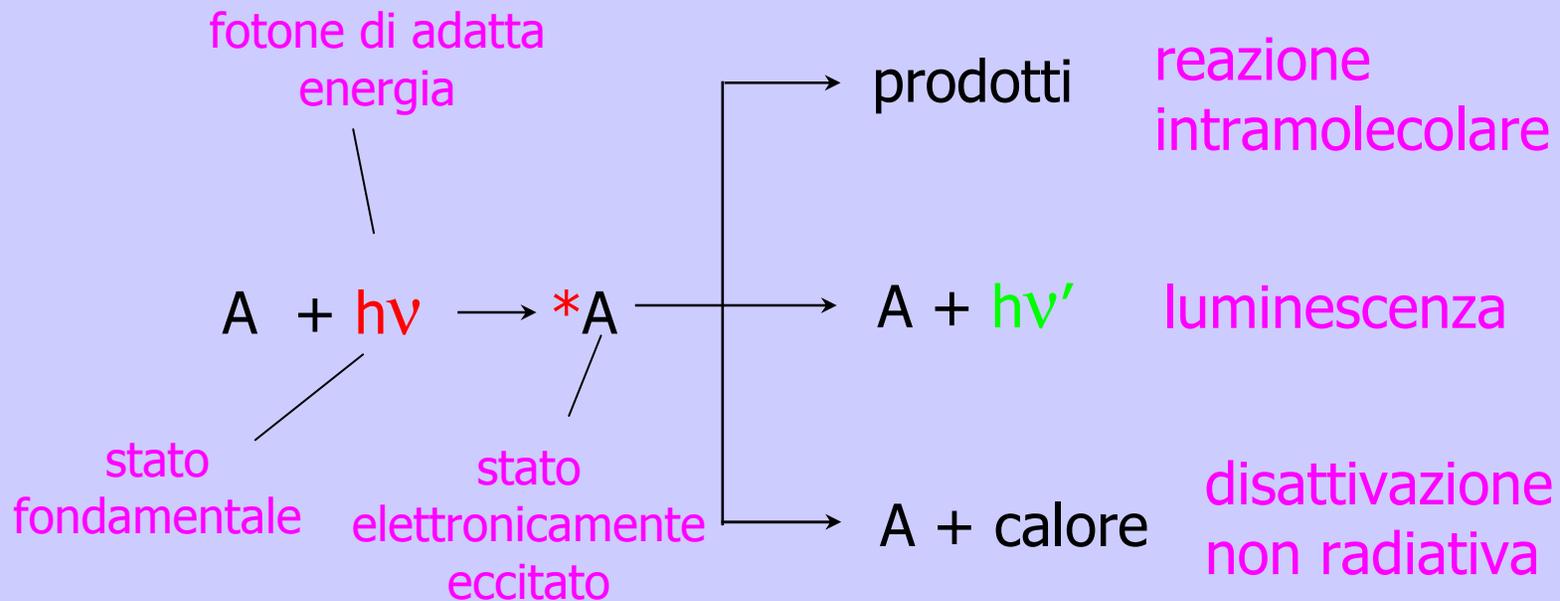
$$\Phi = \frac{\text{numero di molecole decomposte}}{\text{numero di fotoni assorbiti}} = 1$$

Φ non è sempre uguale ad 1!

Processi secondari:



$$\Phi = 2$$



Nella maggior parte delle reazioni fotochimiche il rendimento quantico è minore di 1

$$\Phi < 1$$

Una moderna applicazione
della **foto**chimica

**An Autonomous Artificial Nanomotor
Powered by Visible Light**

by

V. Balzani, A. Credi, B. Ferrer, M. Venturi,
A. H. Flood, J. F. Stoddart

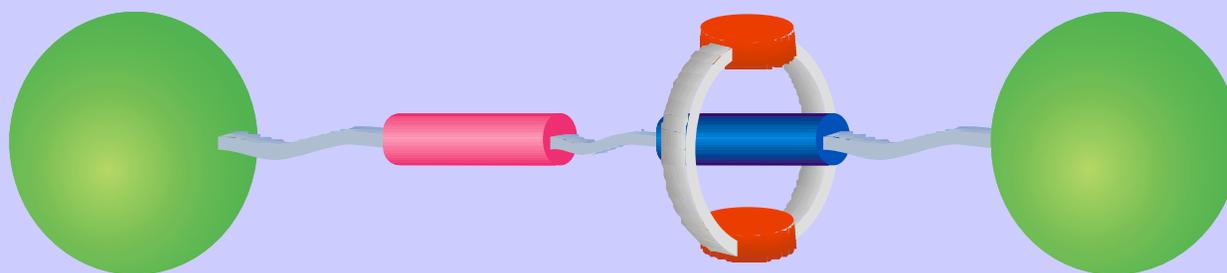
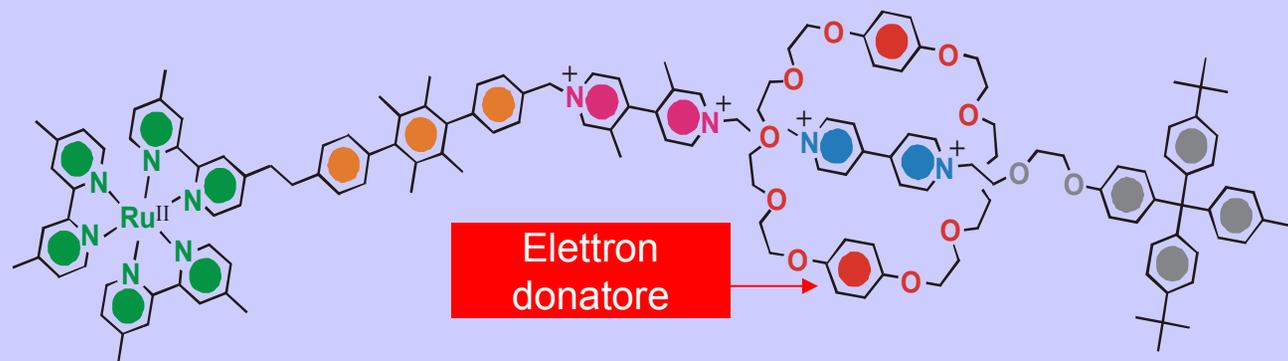
fotosensibilizzatore
voluminoso

spaziatore
rigido

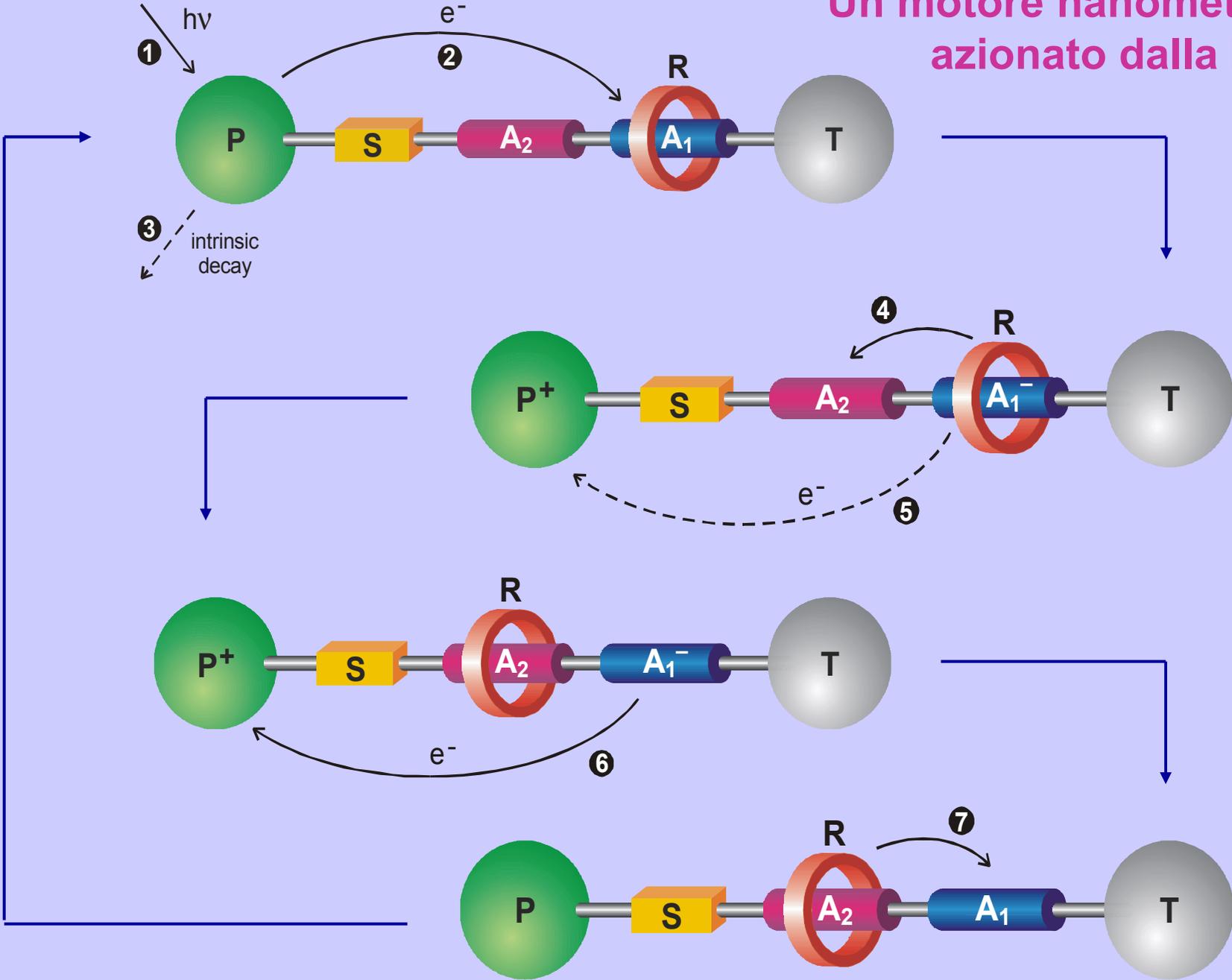
elettron
accettore A_2

elettron
accettore A_1

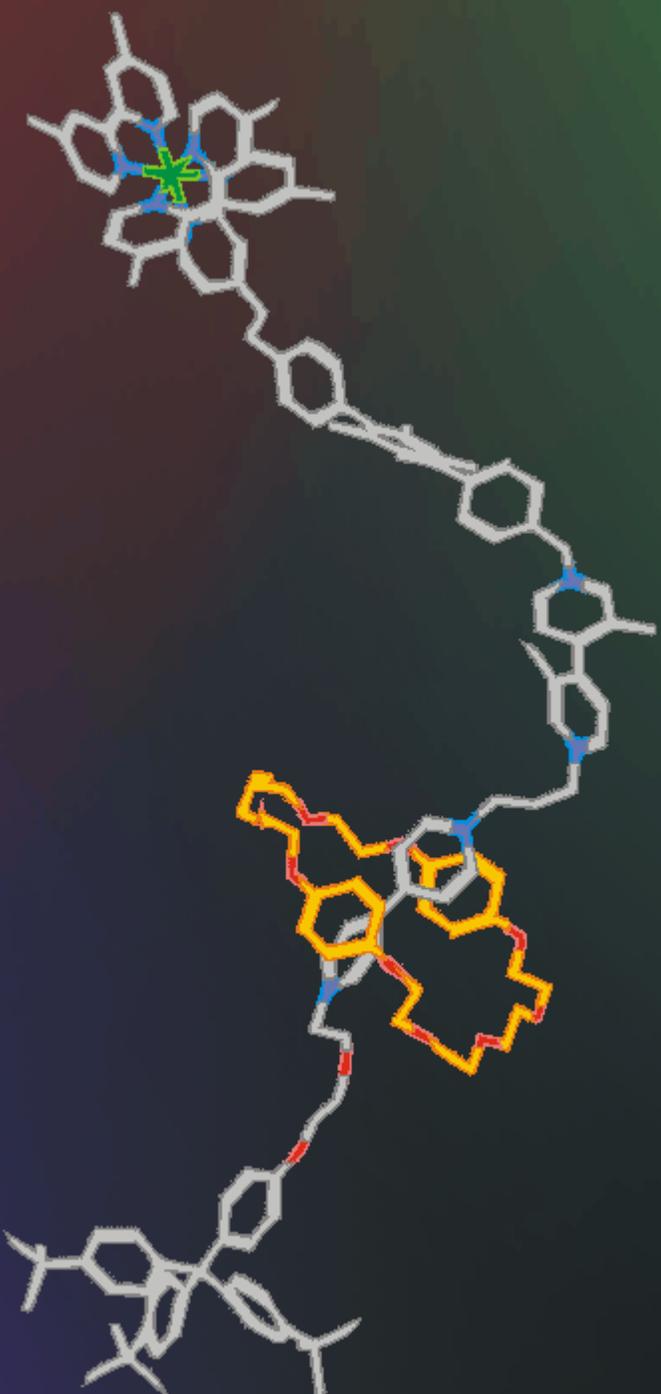
terminale
voluminoso



Un motore nanometrico azionato dalla luce



visible light irradiation



La più bella e profonda emozione che possiamo provare è il senso del mistero.

L'uomo che ha perso la facoltà di meravigliarsi e di umiliarsi davanti alla creazione è come un uomo cieco

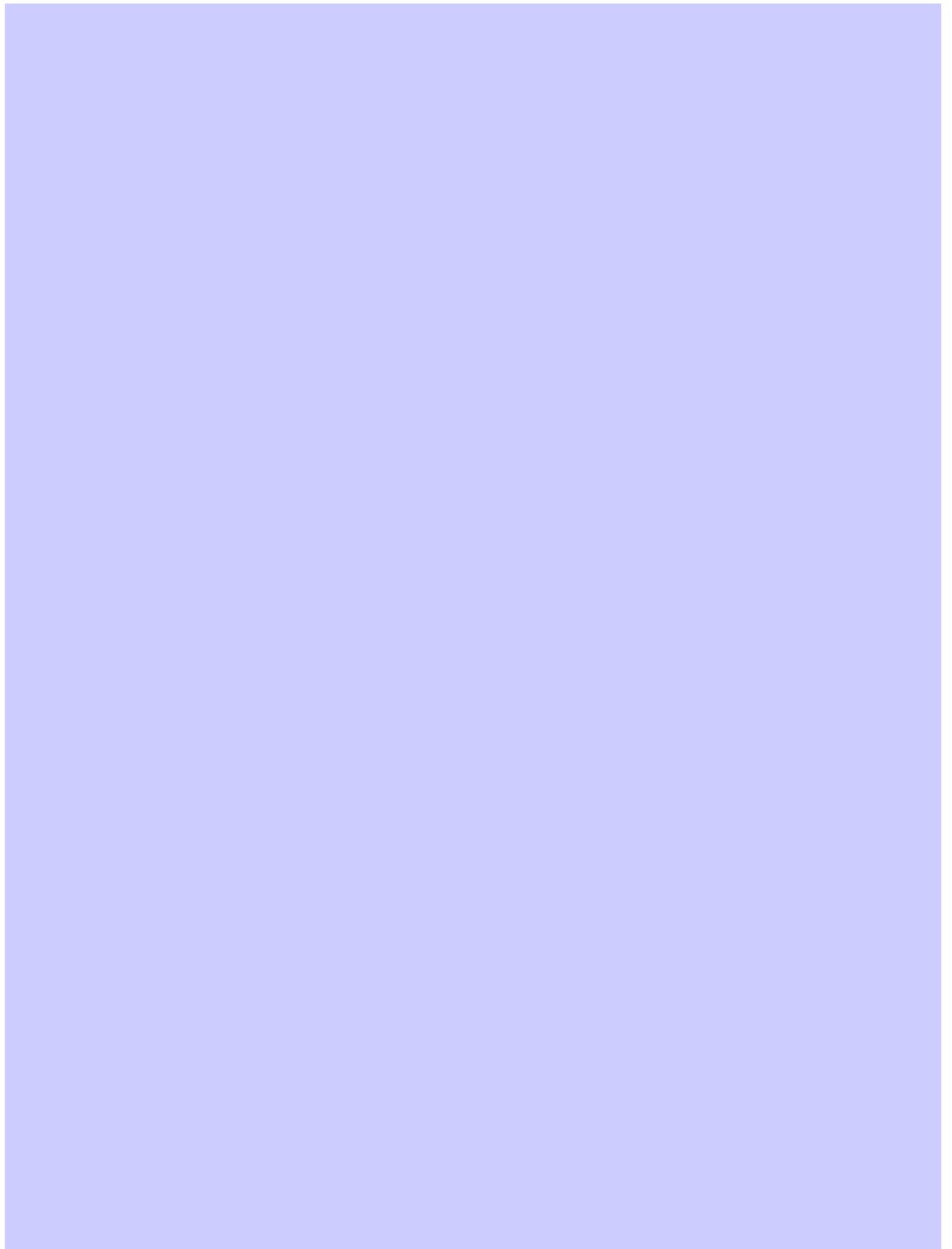
Albert Einstein

In D. Brian: *Einstein: A Life*, Wiley, NewYork 1966, p. 234

Lo scienziato ha il desiderio di contemplare l'armonia prestabilita con uno stato emotivo che è simile a quello delle persone religiose o innamorate.

Albert Einstein

A. Pais, *Sottile è il Signore*,
Boringhieri, Torino 1986, p. 40



Legge dell'equivalente **fotochimico** (Einstein)

Per **foto**dissociare una molecola è necessario che essa assorba un **fotone** di adatta energia:



Legge dell'equivalente **elettrochimico** (Faraday)

Per **ossidare** (**ridurre**) una molecola è necessario togliere (fornire) un **elettrone** mediante una adatta differenza di potenziale elettrico:



Legge dell'equivalente **fot**ochimico

La decomposizione di una mole (cioè di un numero di Avogadro di molecole) di ogni sostanza per effetto di luce di frequenza ν in un processo fotochimico richiede l'energia $E=Nh\nu$ (N numero di Avogadro)

$$E=1,198 \times 10^6 / \lambda(\text{\AA}) \text{ kJ per mol}$$

Legge dell'equivalente **elet**trochimico **Faraday**

$$E=96,6 \times V \text{ kJ per mol}$$

Che cosa ci spinge a elaborare
teoria dopo teoria? **Perché amiamo
comprendere.**

Esiste una passione per la
comprensione, proprio come esiste
una passione per la musica.

Albert Einstein

Le Scienze, n. 129, maggio 1979, pp. 6-7

L'eterno mistero del mondo è la
sua comprensibilità.

Il fatto che sia comprensibile è
davvero un miracolo.

La natura è un cruciverba ben
congegnato.

Albert Einstein

Pensieri degli anni difficili, Boringhieri, Torino, 1974. pp. 36-42

Tu ritieni che Dio giochi a dadi col mondo; io credo invece che tutto obbedisca a una legge, in un mondo di realtà oggettive che cerco di cogliere per via furiosamente speculativa.

Albert Einstein
Lettera a Max Born, , 1944

Un motore di dimensioni nanometriche manovrato con la luce

