

VI Scuola Nazionale di Didattica della Chimica *Giuseppe del Re*
XIII Scuola di Ricerca Educativa e Didattica Chimica *Ulderico Segre*
17 – 30 novembre 2021

**Le nanoscienze nell'insegnamento della Chimica di base.
Una sfida e una opportunità**

Dalla molecole alle macchine molecolari

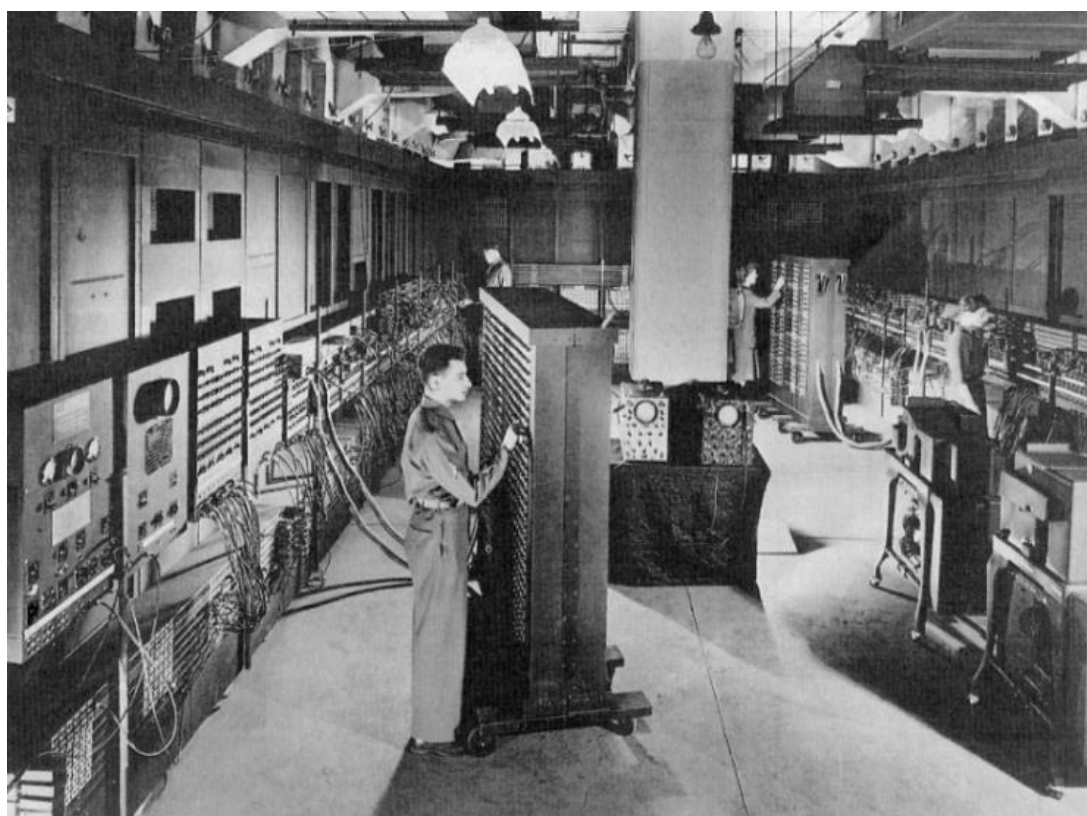
Vincenzo Balzani

Professore emerito, Università di Bologna

17 novembre 2021

ENIAC

Il primo computer elettronico (1944)



ca. 30 t 200.000 W
19.000 valvole

Computer oggi



<1 kg 50 W
100 milioni di
transistor

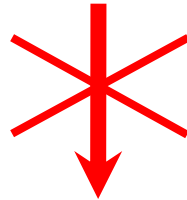
Materiali macroscopici



approccio “dall’alto”
(fisici, ingegneri)

MICRO TECNOLOGIA (10^{-6} m)

(ad es. microcircuiti)



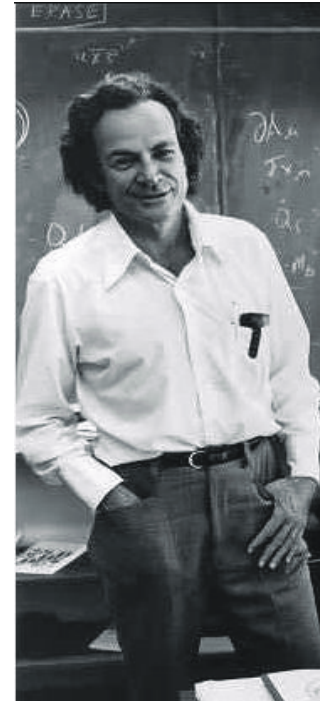
NANO TECNOLOGIA (10^{-9} m)

nuove tecnologie per l’informatica,
la medicina, la scienza dei materiali, ecc.



approccio “dal basso”
(chimici)

Molecole

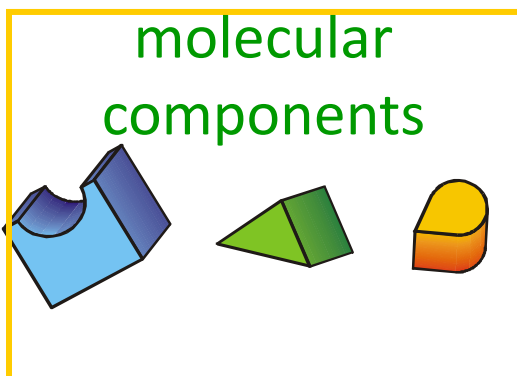
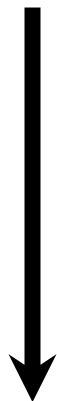


Richard Feynman

There is plenty
of room
at the bottom

Supramolecular chemistry

design +
synthesis

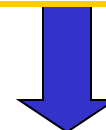
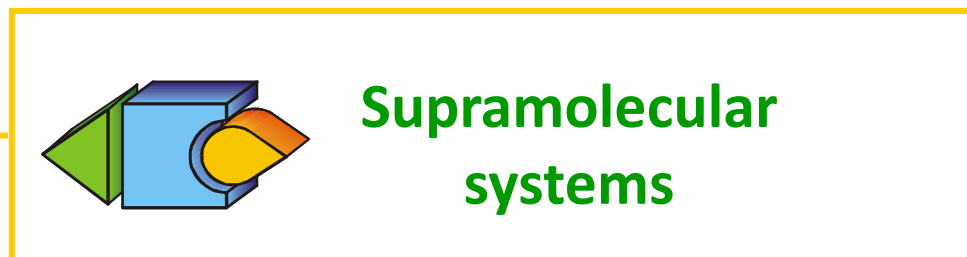


properties
(chemical,
photochemical,
redox, ...)

self-assembly,

or

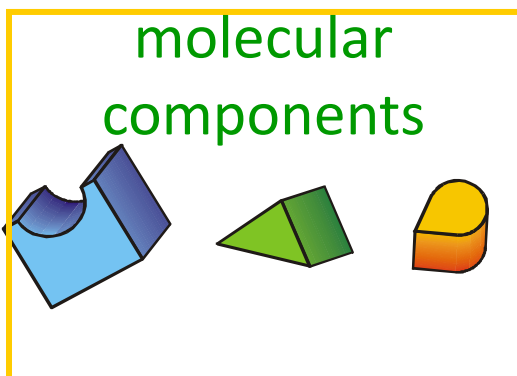
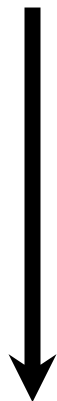
design +
synthesis



specific functions

Nanotechnology

design +
synthesis

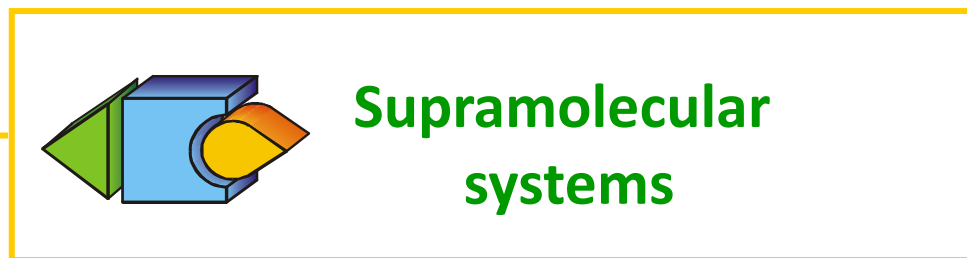


properties
(chemical,
photochemical,
redox, ...)

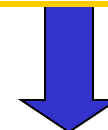
self-assembly,

or

design +
synthesis



specific functions



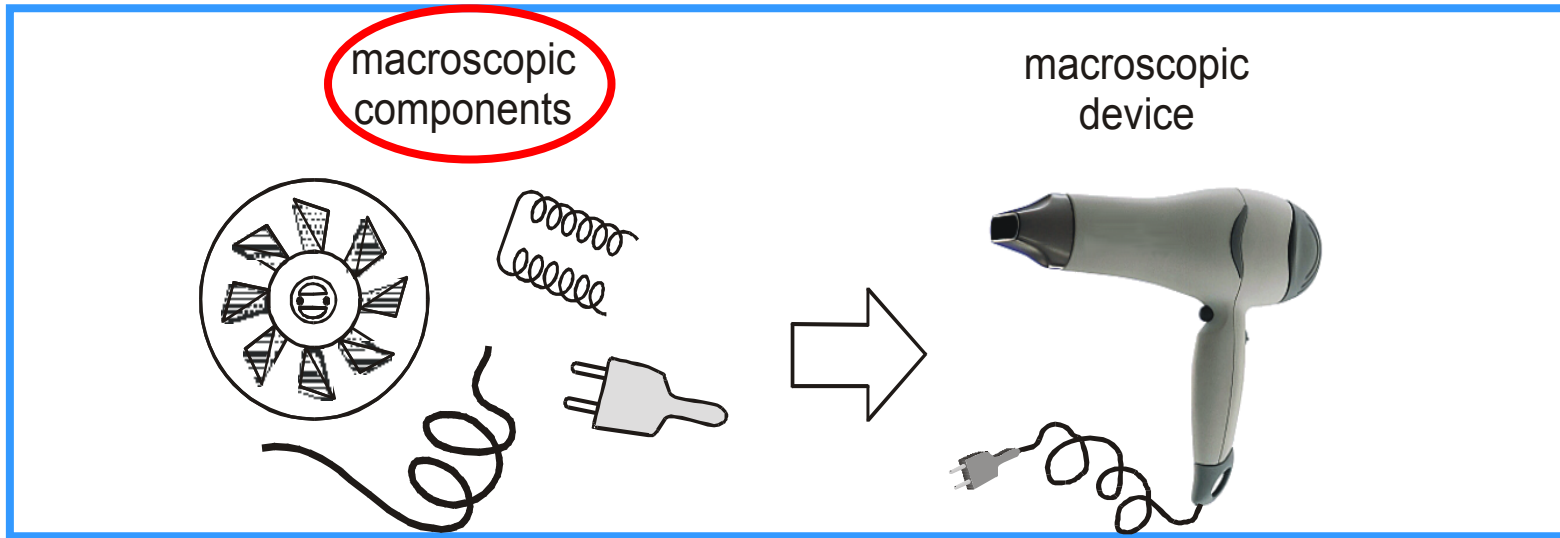
molecular devices and machines

Nanotechnology

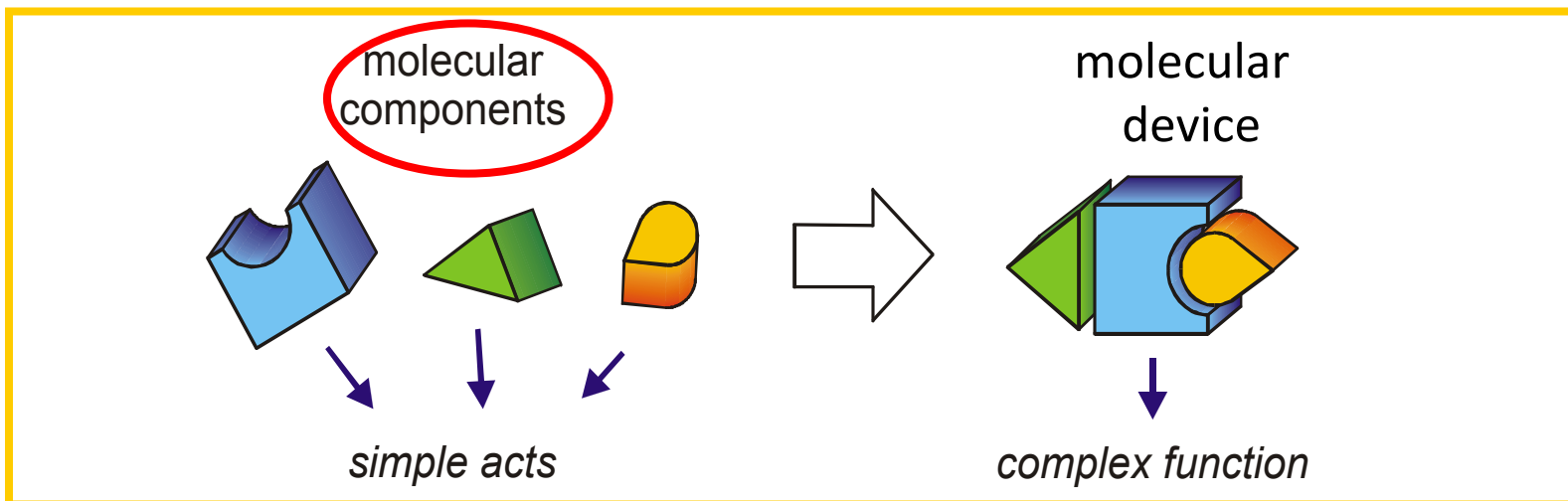
The marriage
of
the synthetic talent of Chemists
with
a “device driven” ingenuity

Roald Hoffmann

Macroscopic devices and machines (engineers)



Molecular devices and machines (chemists)



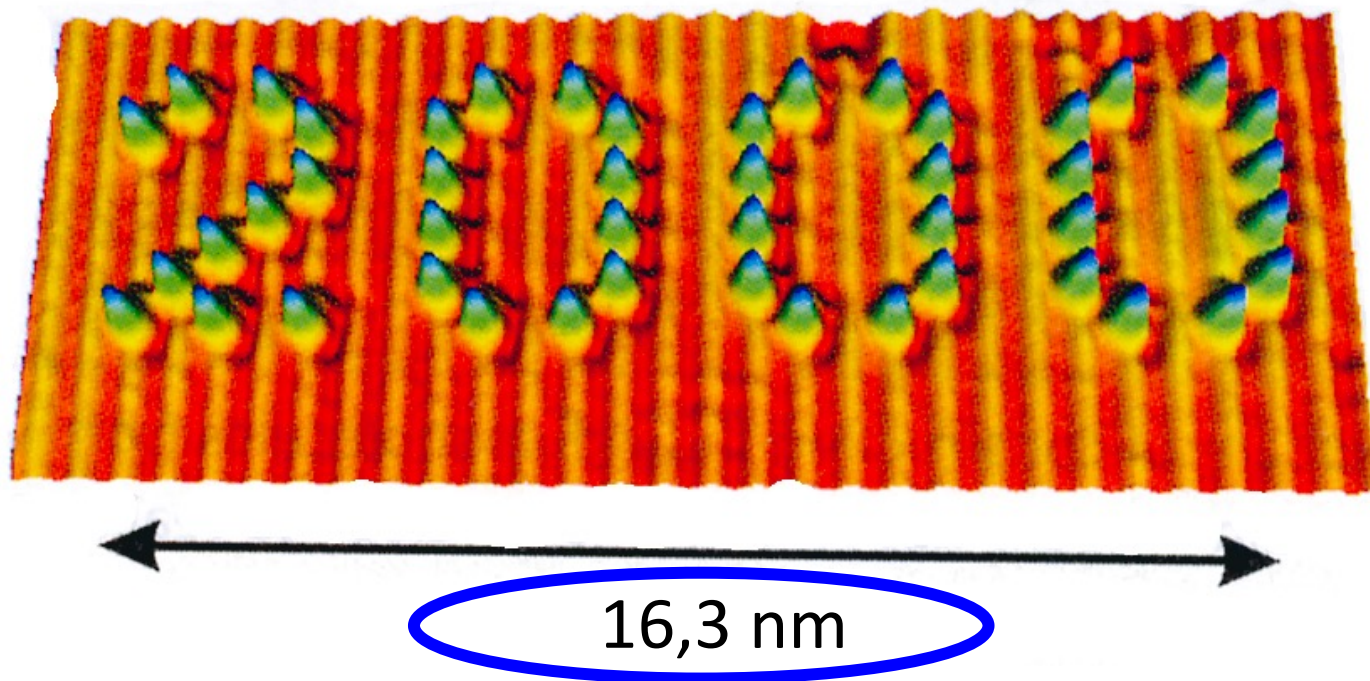
Primo Levi

La Chiave a Stella

Einaudi, 1978, p. 151

Noi chimici non abbiamo pinzette che ci permettano di prendere un segmento e di unirlo al segmento che è già montato.

Se quelle pinzette le avessimo (e non è detto che un giorno non le avremo) saremmo già riusciti a fare delle cose graziose che fin adesso le ha fatte solo il Padreterno, per esempio montare non dico un ranocchio, ma almeno un microbo.



La data celebrativa del nuovo millennio è stata ottenuta posizionando **47 molecole di ossido di carbonio, CO**, su una superficie di rame, mediante tecniche di microscopie a sonda

Fonte: *ChemPhysChem*, **2**, 2001, pag. 362



Mondo macroscopico

Cos'è una macchina
o un dispositivo?



Un “qualcosa” (materiale) che
usa **energia** per svolgere una
funzione



input
energia

Mondo
nanoscopico

output
funzione

chimica

elettrica

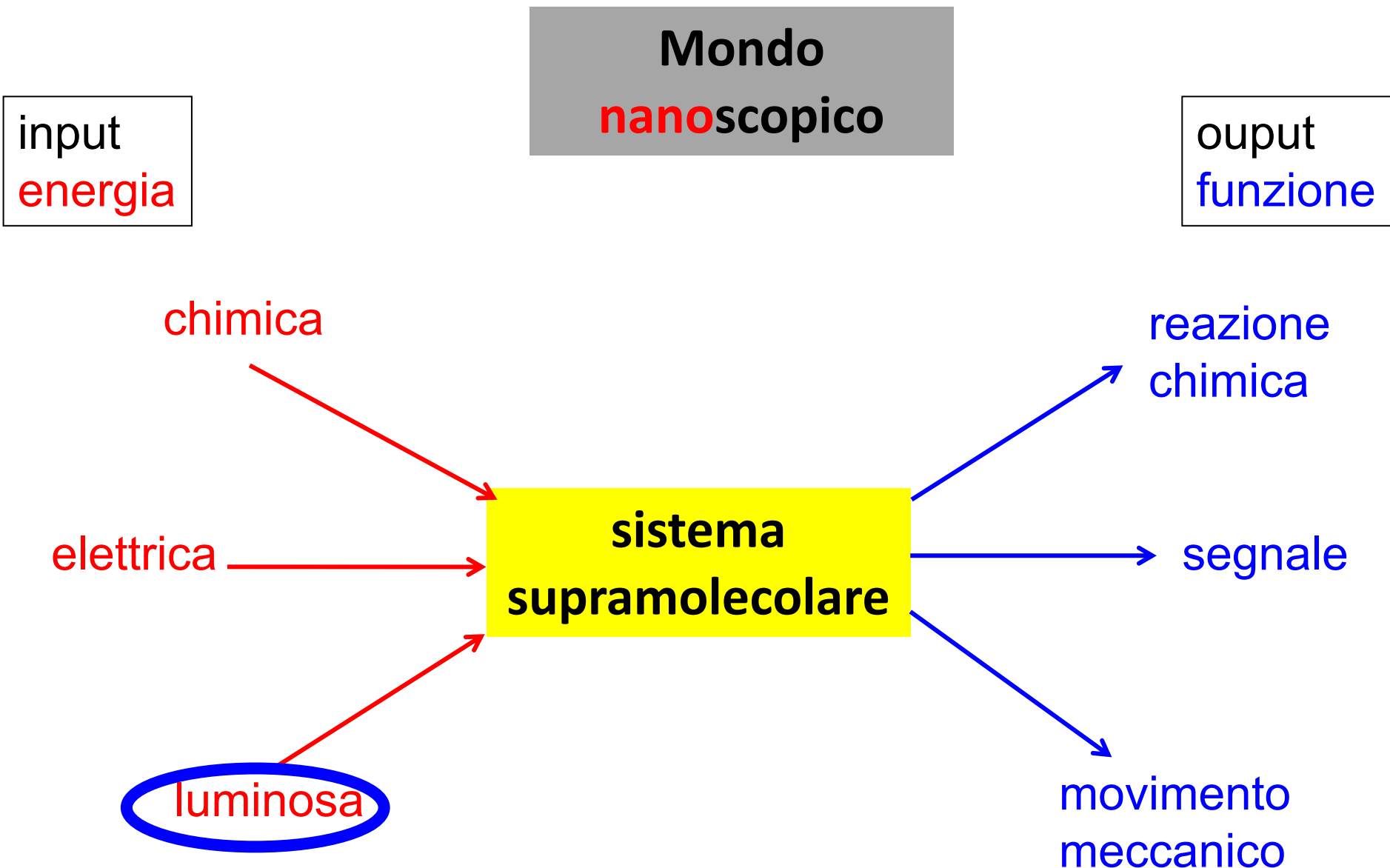
luminosa

sistema
supramolecolare

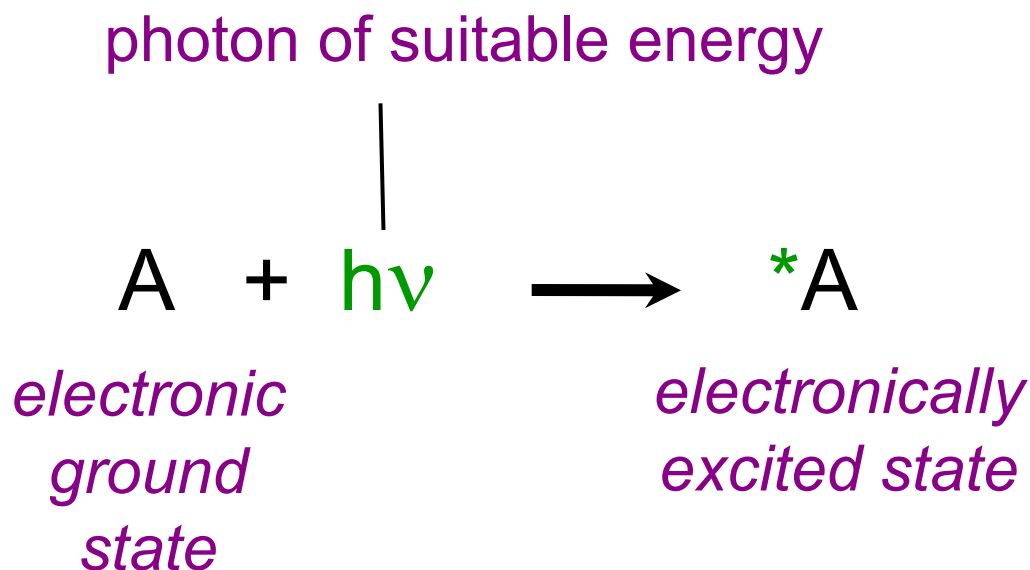
reazione
chimica

segnale

movimento
meccanico

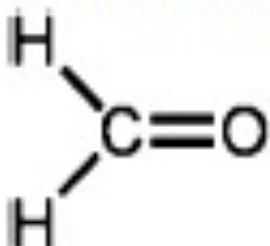
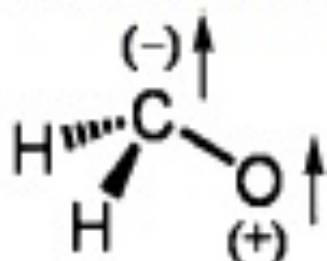


Photochemistry

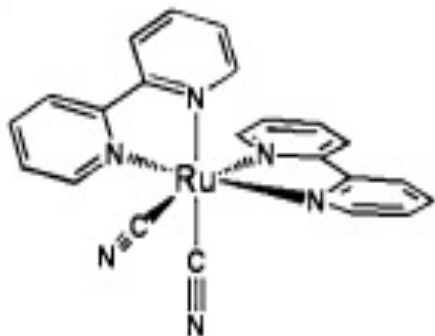


The excited state is **a new chemical species** that can exhibit properties very different from those of the ground state.

Comparison between ground and excited state properties of formaldehyde

	Ground state	Lowest excited state
		
Energy	0	+76 kcal/mol
Geometry	Planar	Pyramidal
Magnetism	Diamagnetic	Paramagnetic
Dipole moment	2.3 D	1.3 D
r_{CO}	1.22 Å	1.31 Å
ν_{CO}	1745 cm^{-1}	1180 cm^{-1}
lifetime	∞	$<10^{-3}$ s

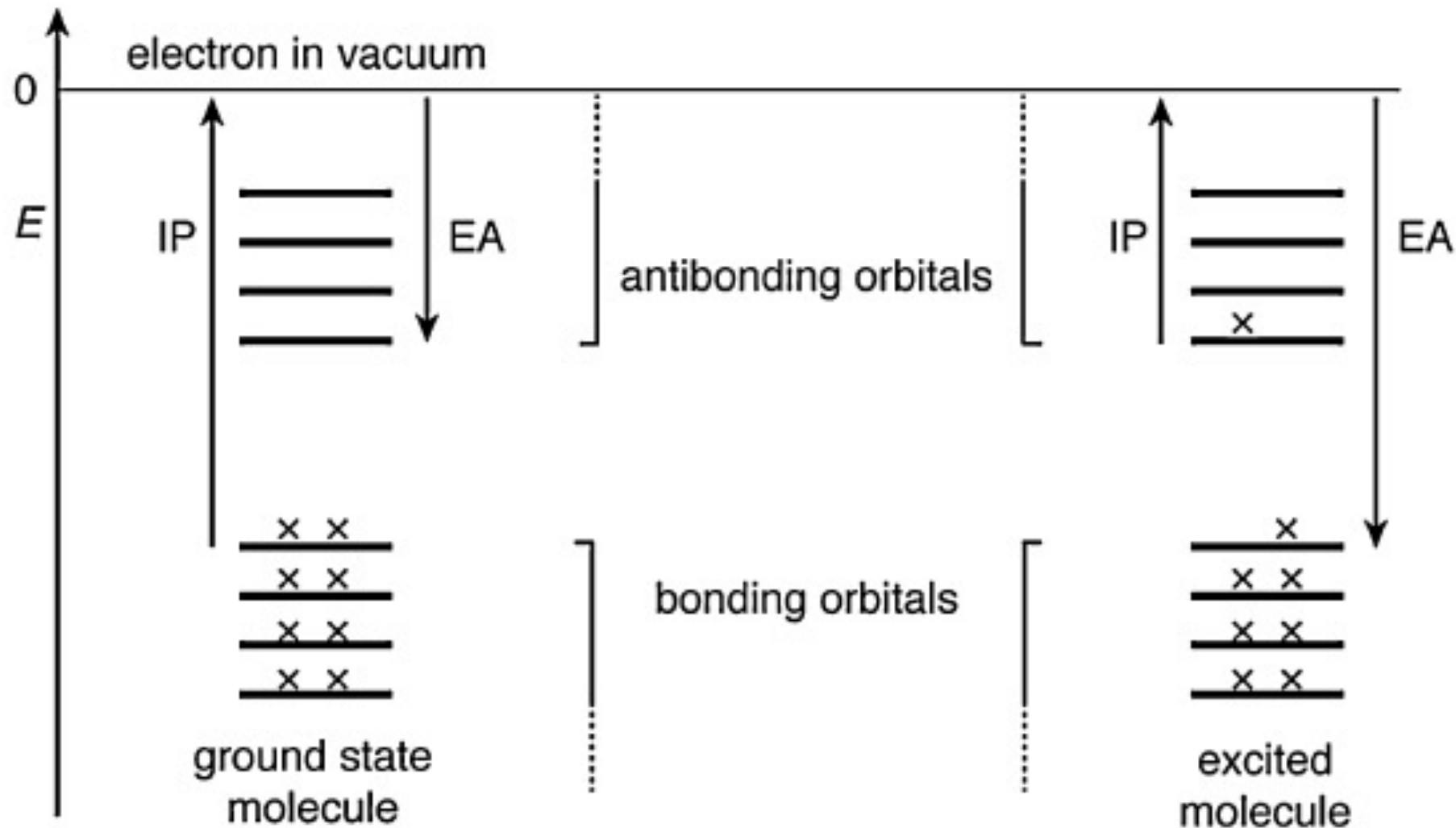
Comparison between ground and excited state properties of $[\text{Ru}(\text{bpy})_2(\text{CNH})_2]$



ground
state

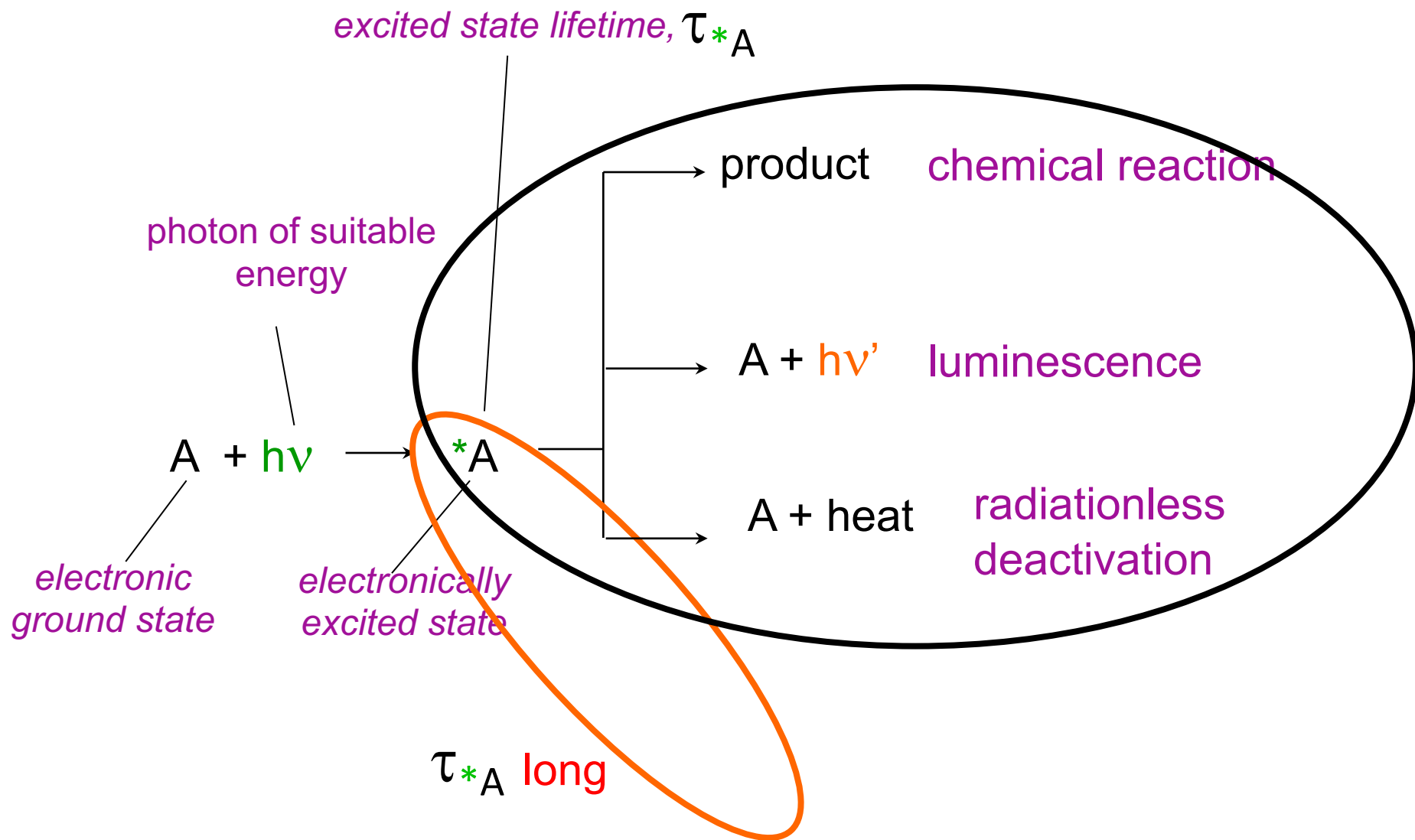
lowest
excited
state

	ground state	lowest excited state
Energy	0	+50 kcal/mol
Geometry	Slightly different	
Magnetism	Diamagnetic	Paramagnetic
Lifetime	∞	0.22 μs
E_{ox}	+1.09 V	-1.06 V
E_{red}	-1.30 V	+0.85 V
$\text{p}K_{\text{a}}^{\text{I}}$	-0.3	-8.3
$\text{p}K_{\text{a}}^{\text{II}}$	+0.12	-5.7

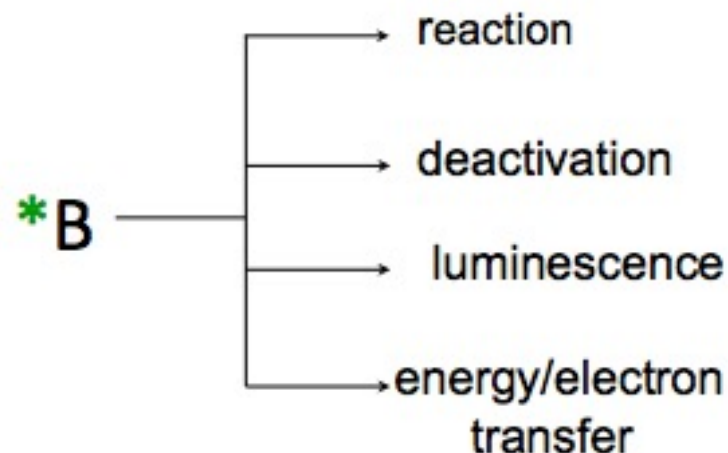


Uno stato eccitato è sempre un **miglior riducente** e un **miglior ossidante** del corrispondente stato fondamentale

Molecular Photochemistry



Energy and electron transfer processes between molecules (bimolecular processes in solution)



Energy and electron transfer processes between molecules (bimolecular processes in solution)



Energy and electron transfer processes in supramolecular or multicomponent systems

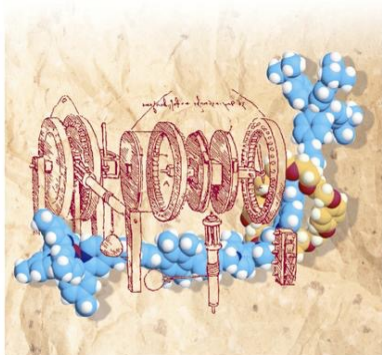
— : chemical bond



Molecular Devices and Machines

Concepts and Perspectives for the Nanoworld

Second Edition

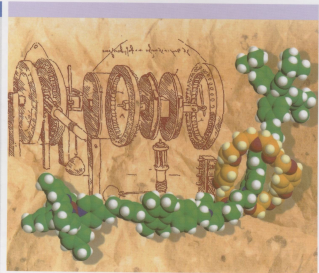


分子器件与分子机器

——纳米世界的概念和前景

(原著第二版)

[意]Vincenzo Balzani
[意]Alberto Credi 著
[意]Margherita Venturi
马 颖 田 禾 译



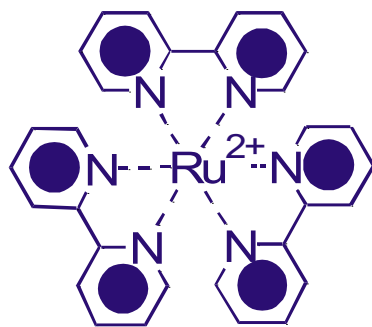
華夏理工大學出版社

Devices for signal processing

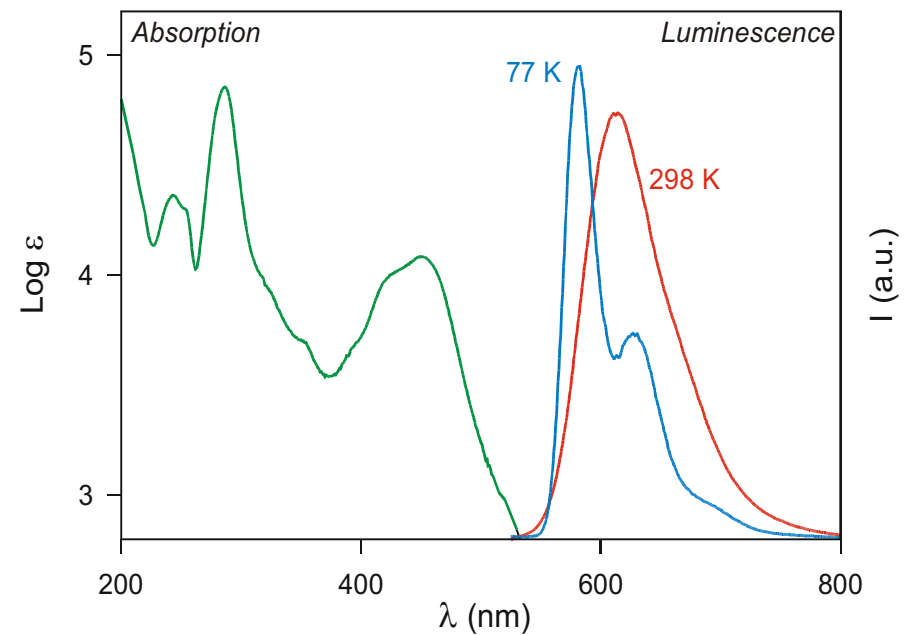
wires, switches, logic gates,
decoder, encoder, memory
elements,

System capable of mechanical movements (machines)

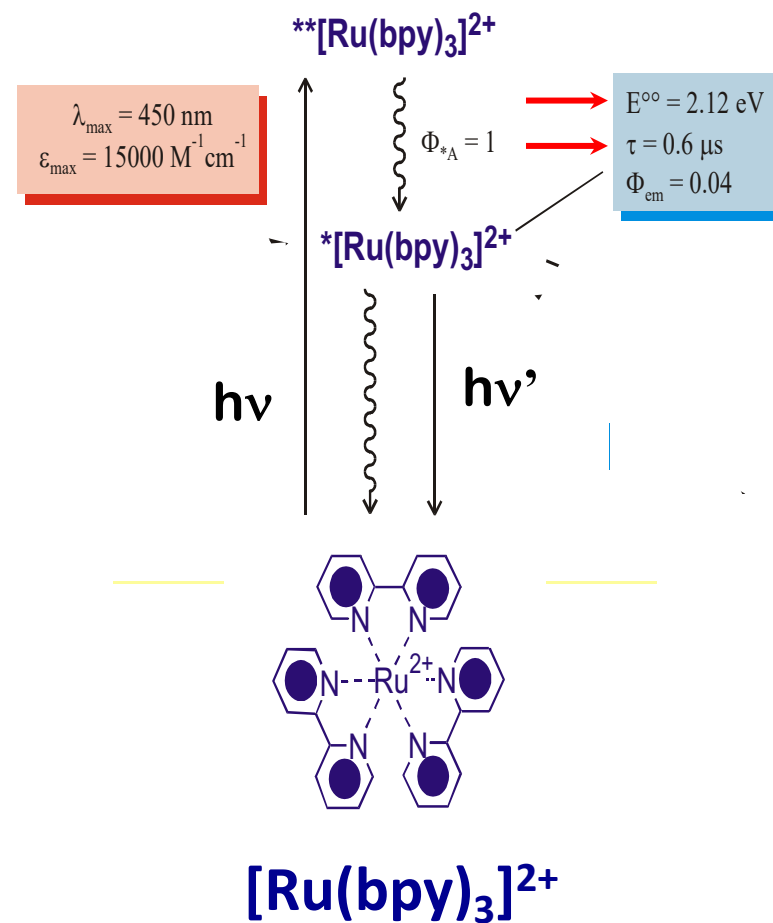
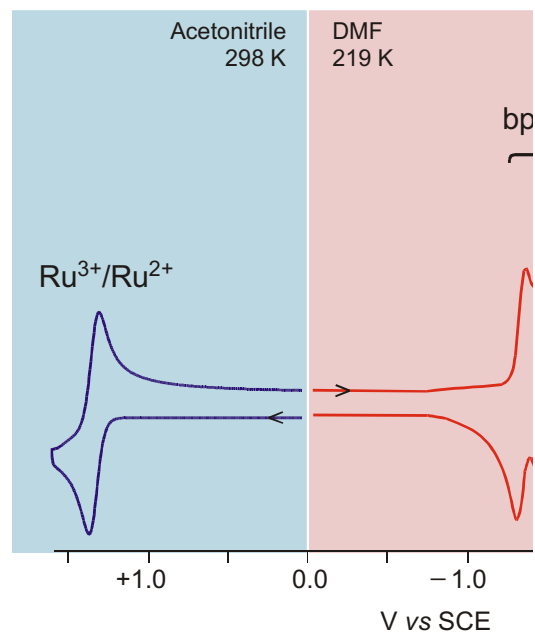
Tweezers, doors, boxes, ion
channels, lifts, linear motors,
rotary motors, ...

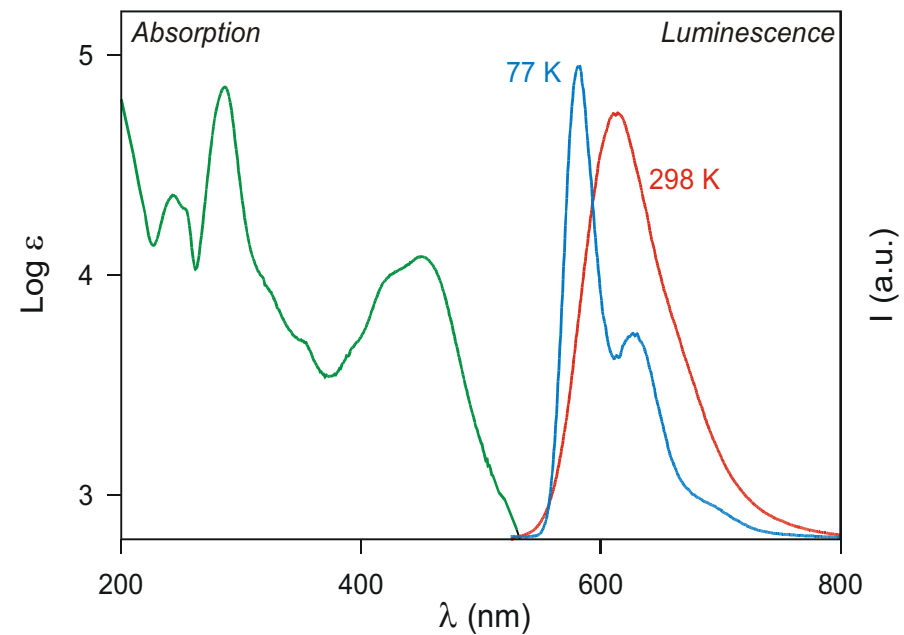


An ideal **molecule**,
for processing light signals

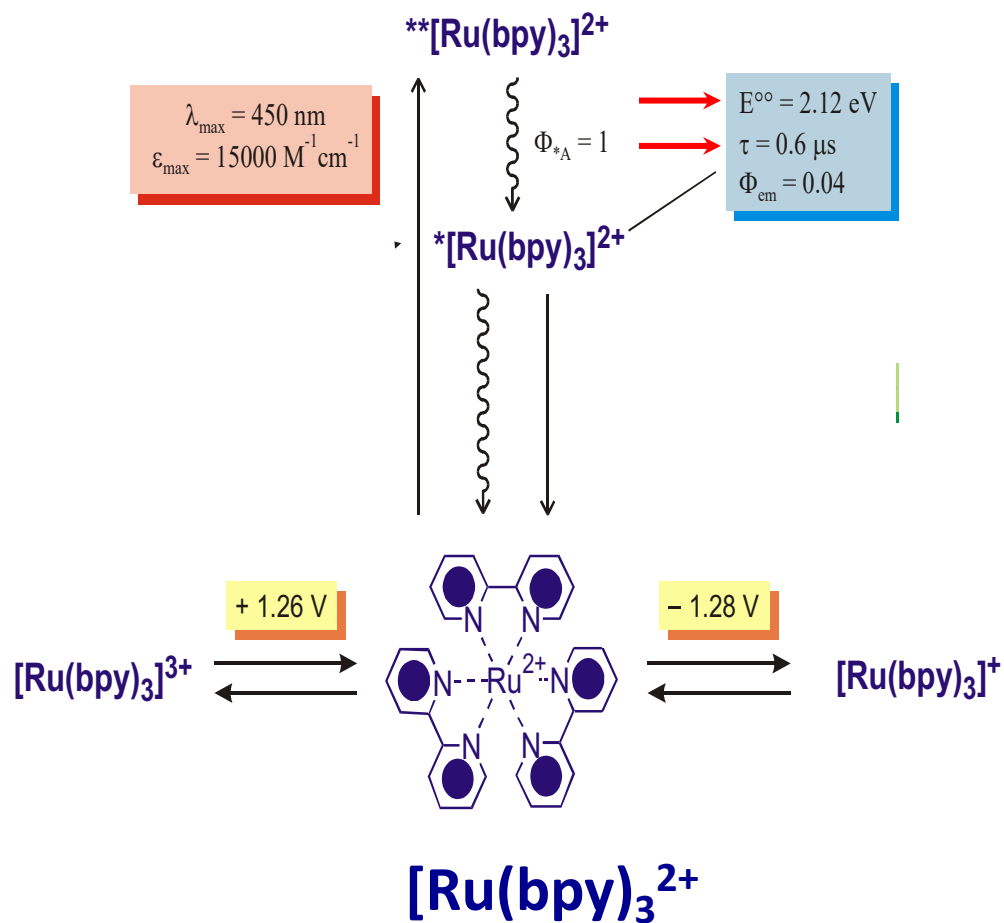
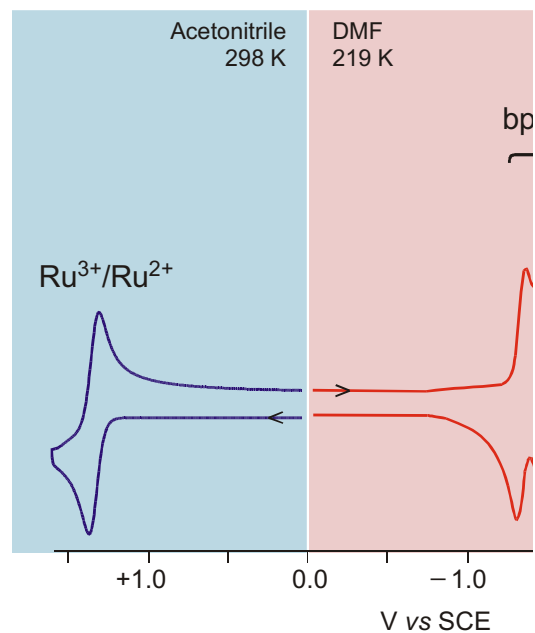


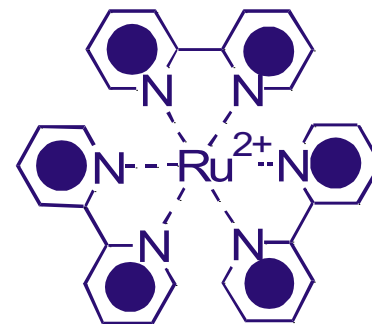
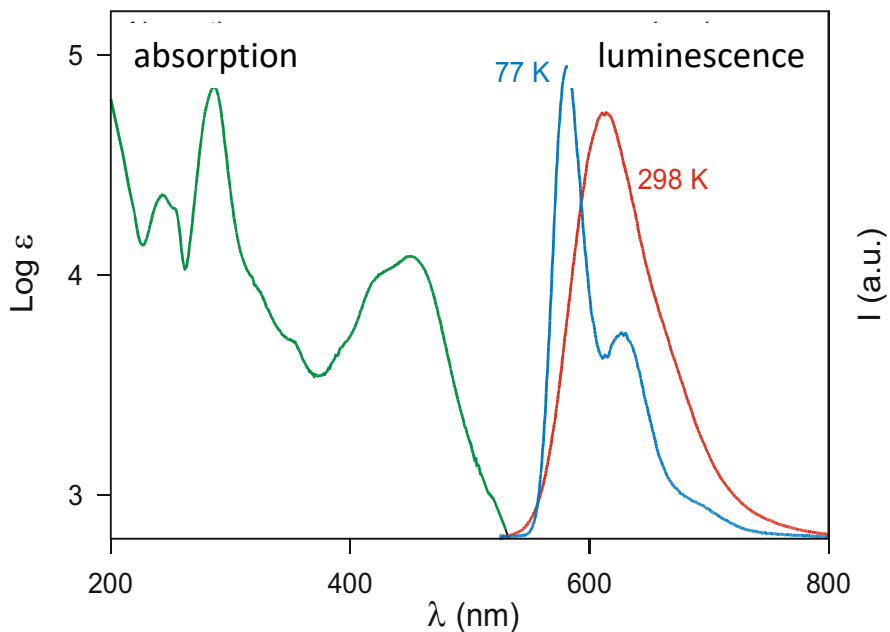
Cyclic Voltammetry





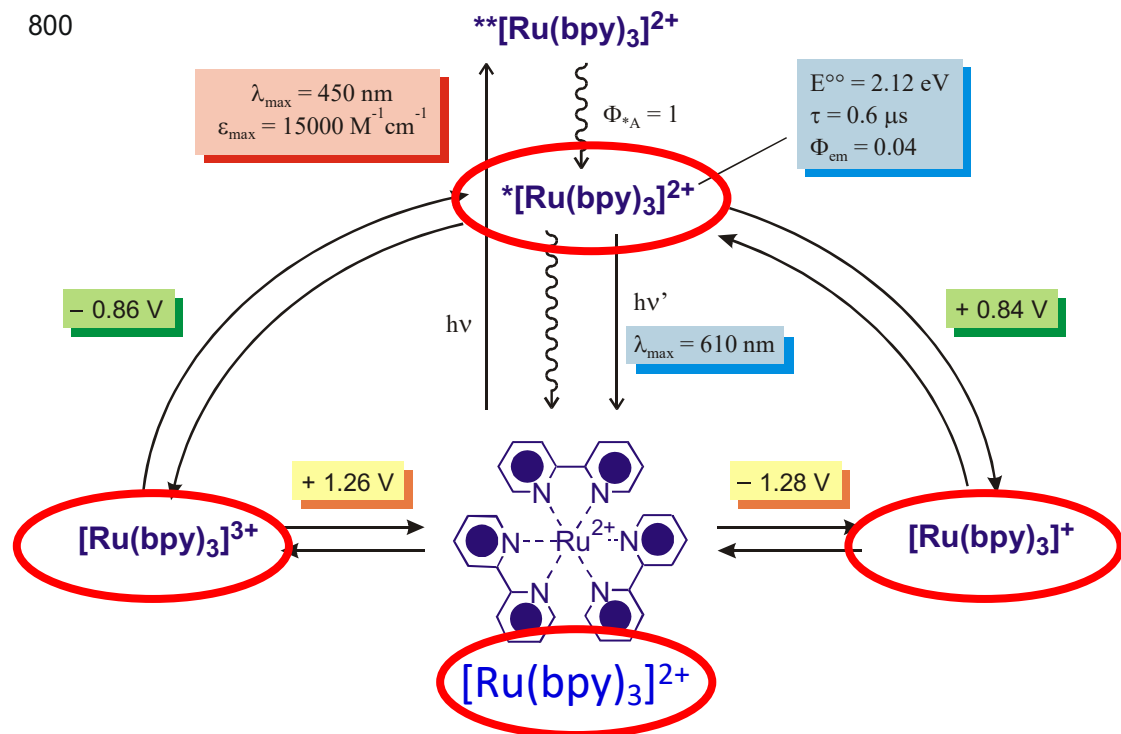
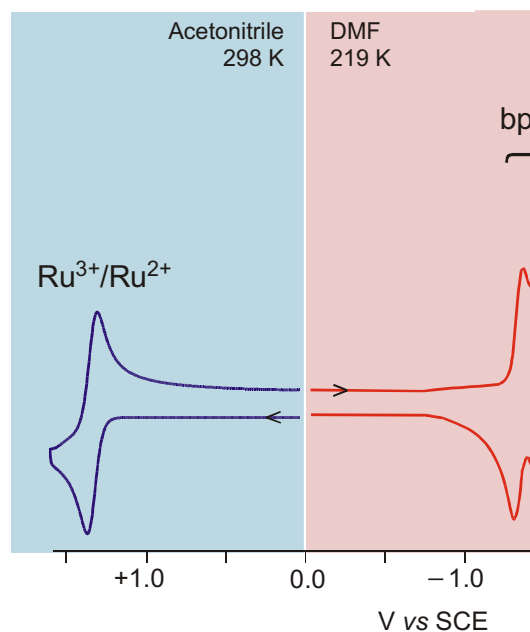
Cyclic Voltammetry



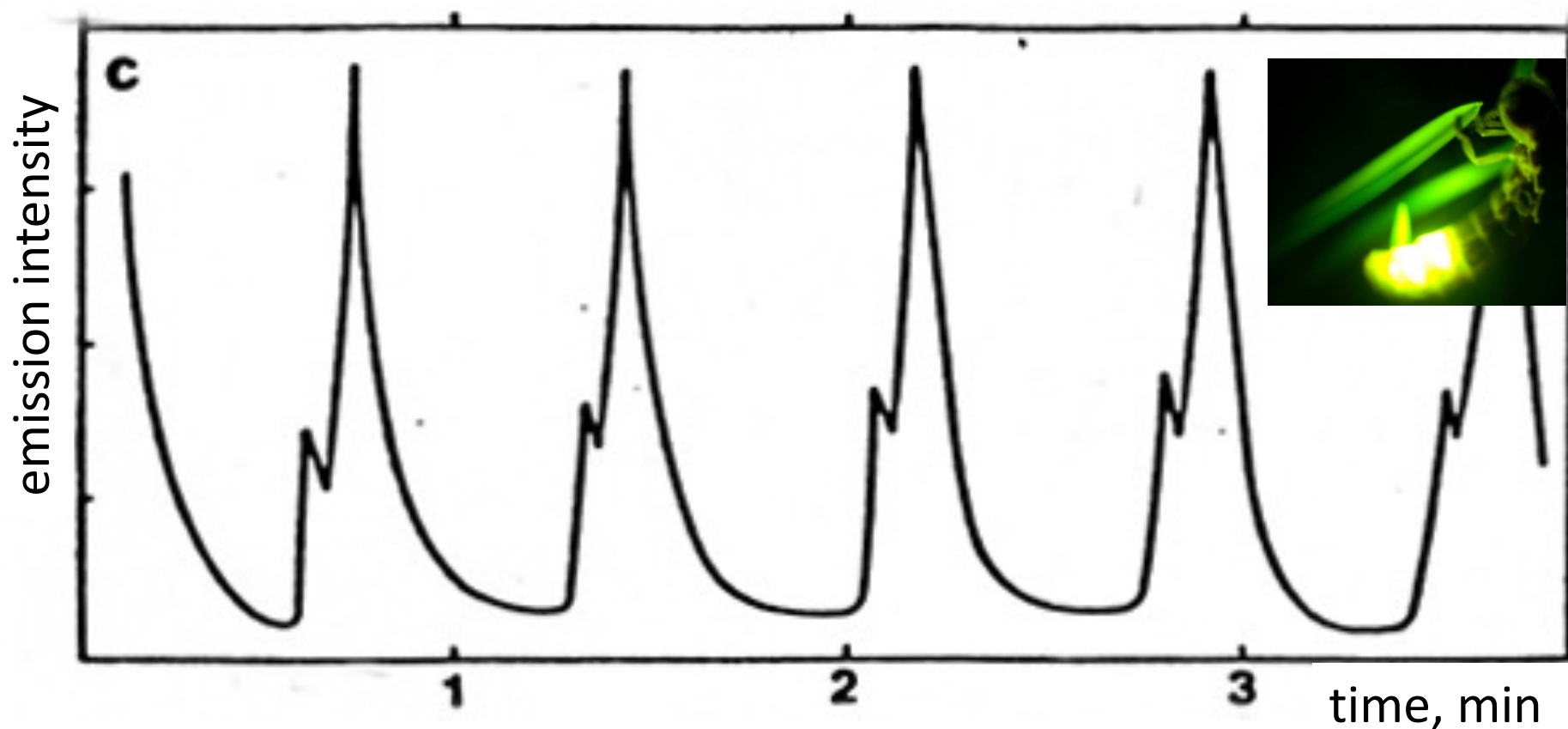


High stability toward
ligand dissociation

cyclicvoltammetry

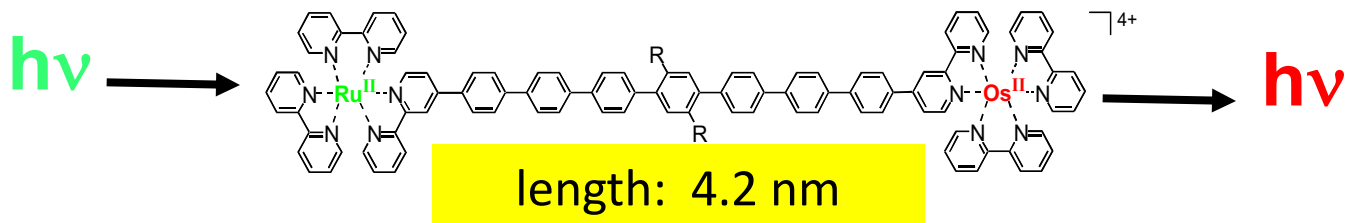
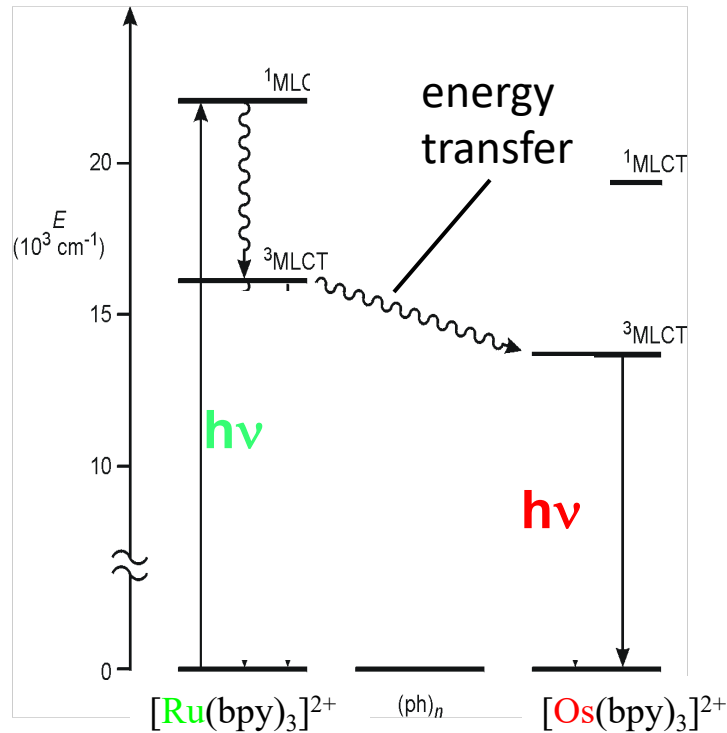


$[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$: an artificial molecular firefly

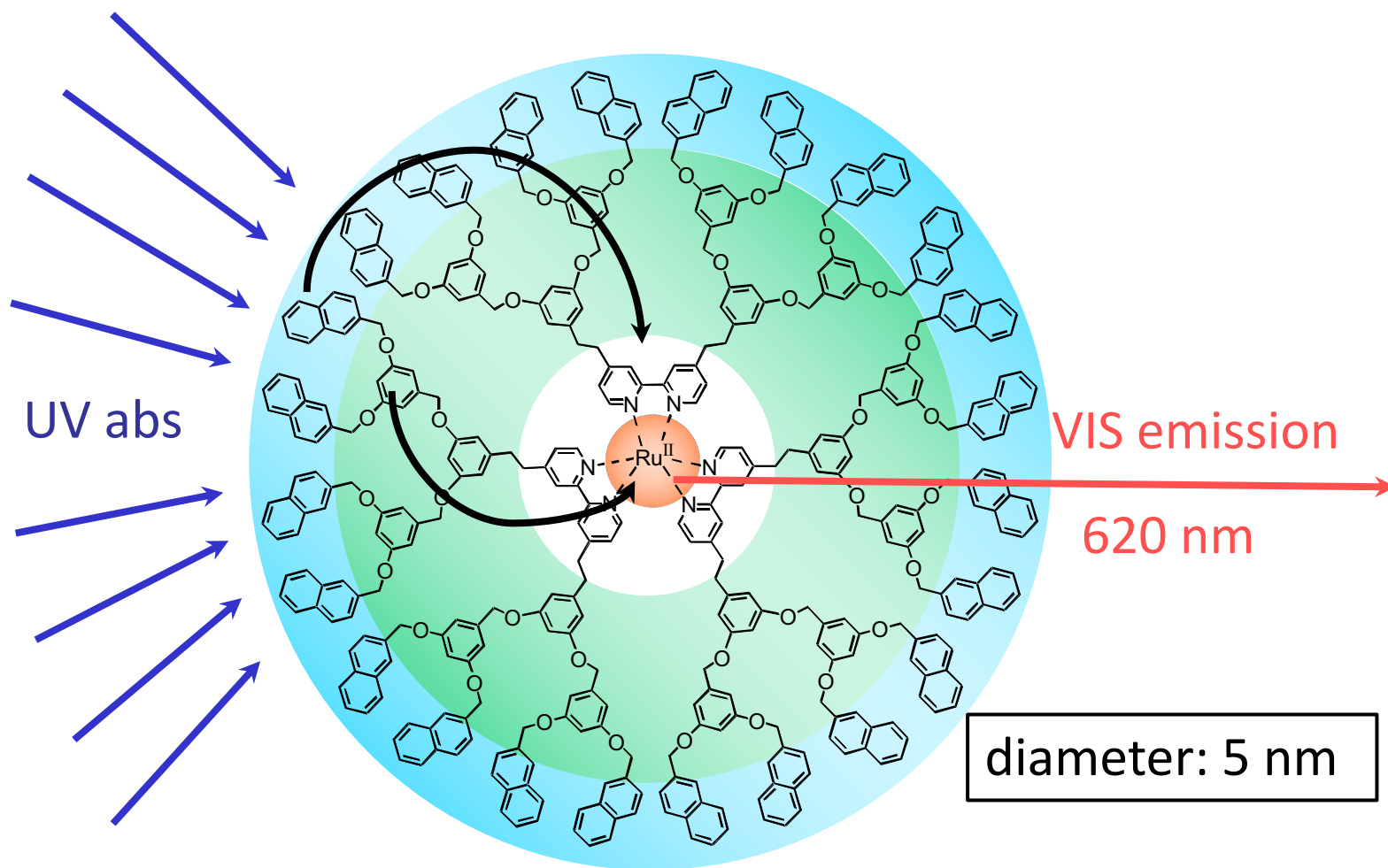


Oscillating chemiluminescence obtained from the Belusov-Zhabotinskii reaction catalyzed by $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$

Photonic molecular wires

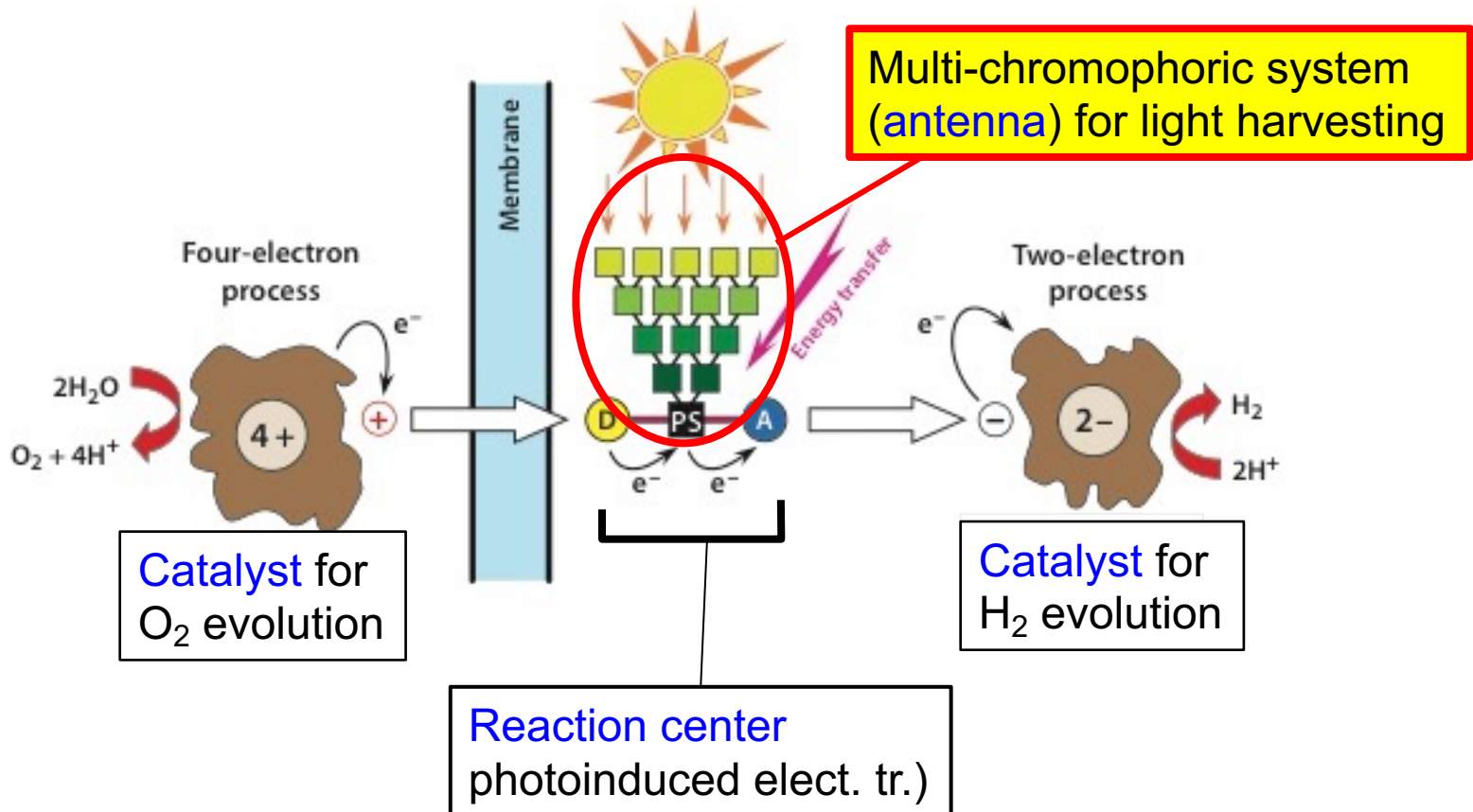
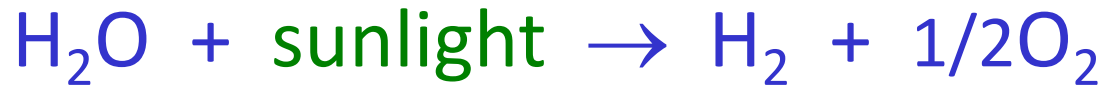


Antennas for light harvesting



A **dendrimer** made of 43 molecular components

Artificial Photosynthesis





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI CHIMICA
"GIACOMO CIAMICIAN"
VIA SELMI, 2 - 40126 BOLOGNA (ITALY)

VINCENZO BALZANI

Tel +39 051 2099560 Fax +39 051 2099456

E-mail: vincenzo.balzani@unibo.it



November 29, 1994

Department of the Army
Chemical and Biological Division
P.O. Box 12211
Triangle Park, N.C. 27709-2211
USA

Dear Dr. Kieserof,

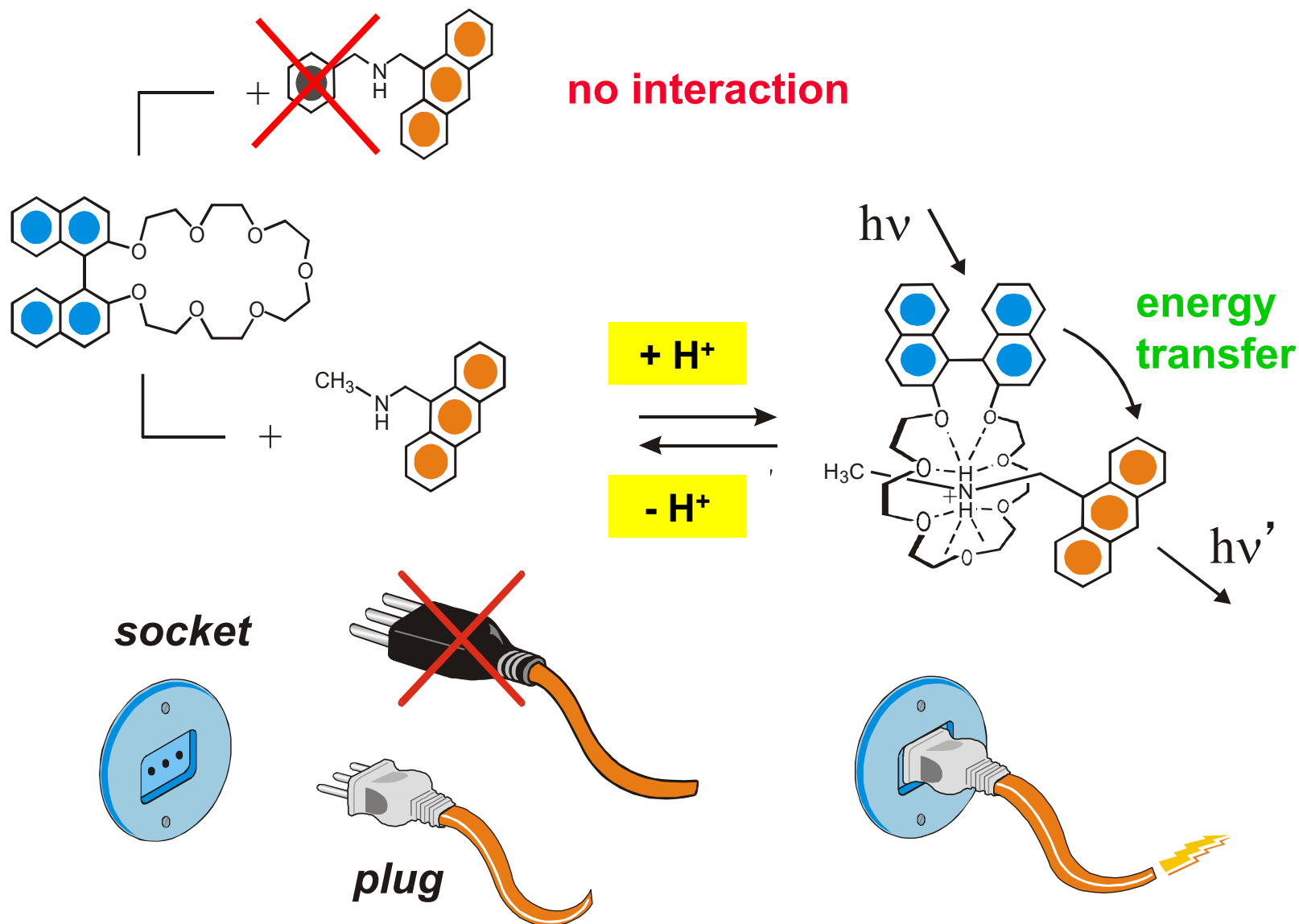
With reference to your fax of November 21, I would like to inform you that I am not interested to attend the workshop "**Dendrimer technology and its potential military applications to the US Army**"

I think, in fact, that dendrimer technology, as well as any other technology, should be developed for civil and peaceful applications and not for military purposes.

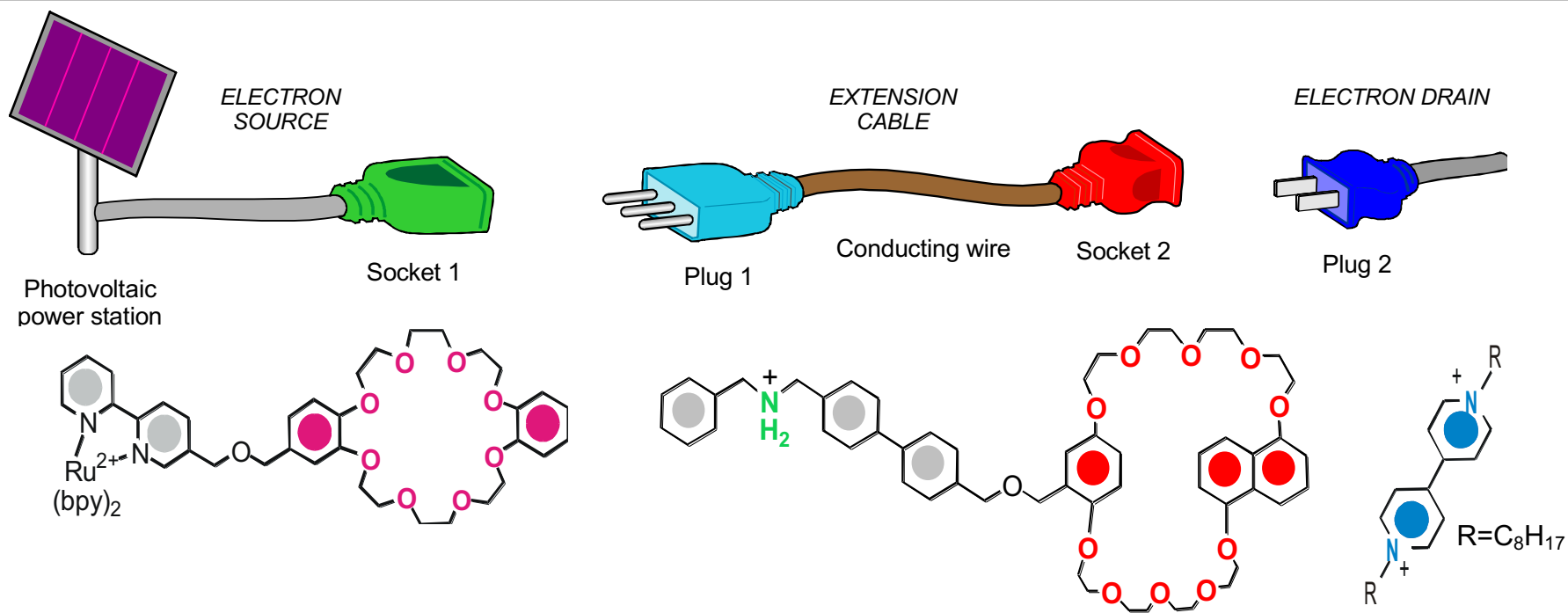
Best regards,

Vincenzo Balzani

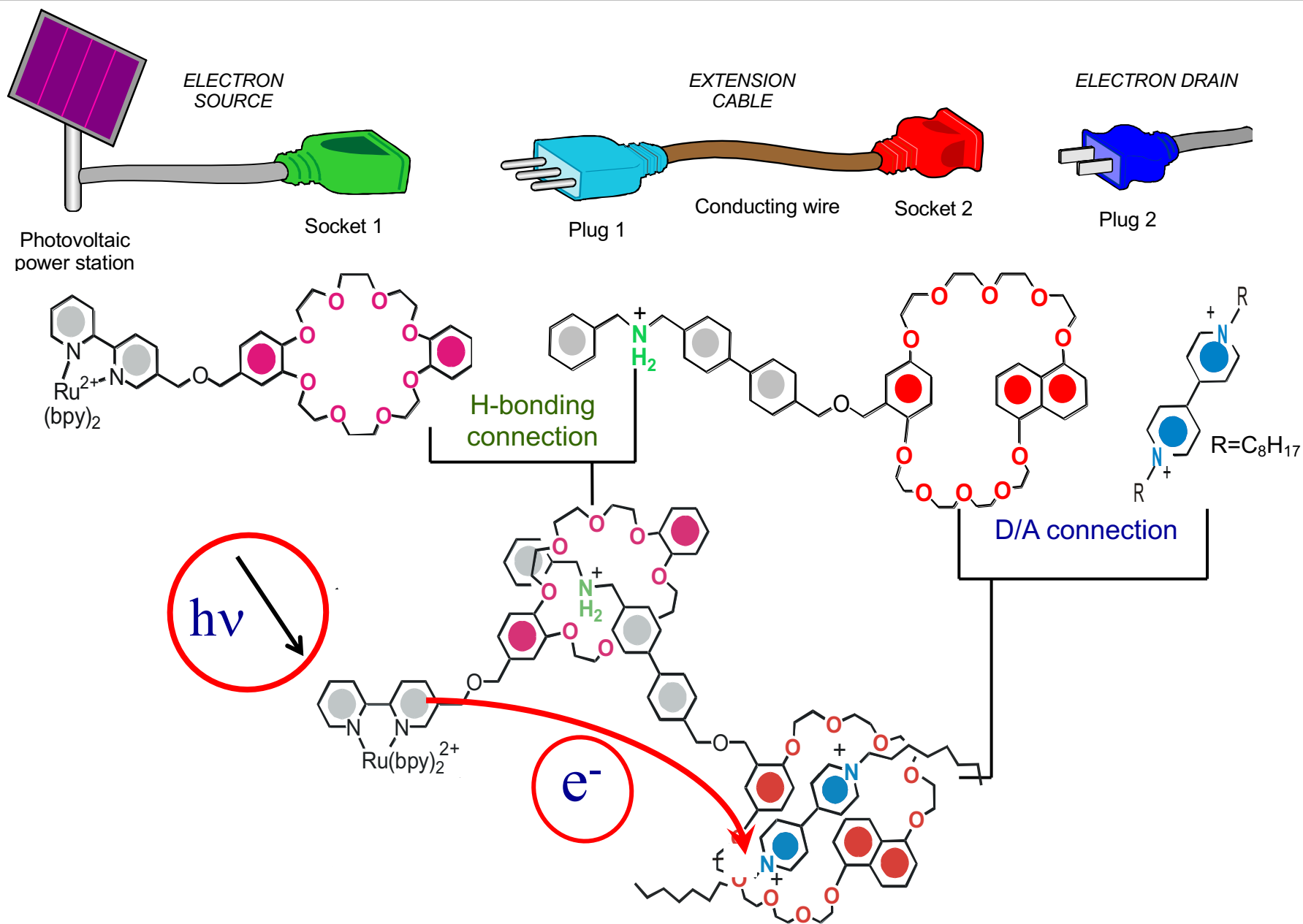
Molecular plug/socket systems

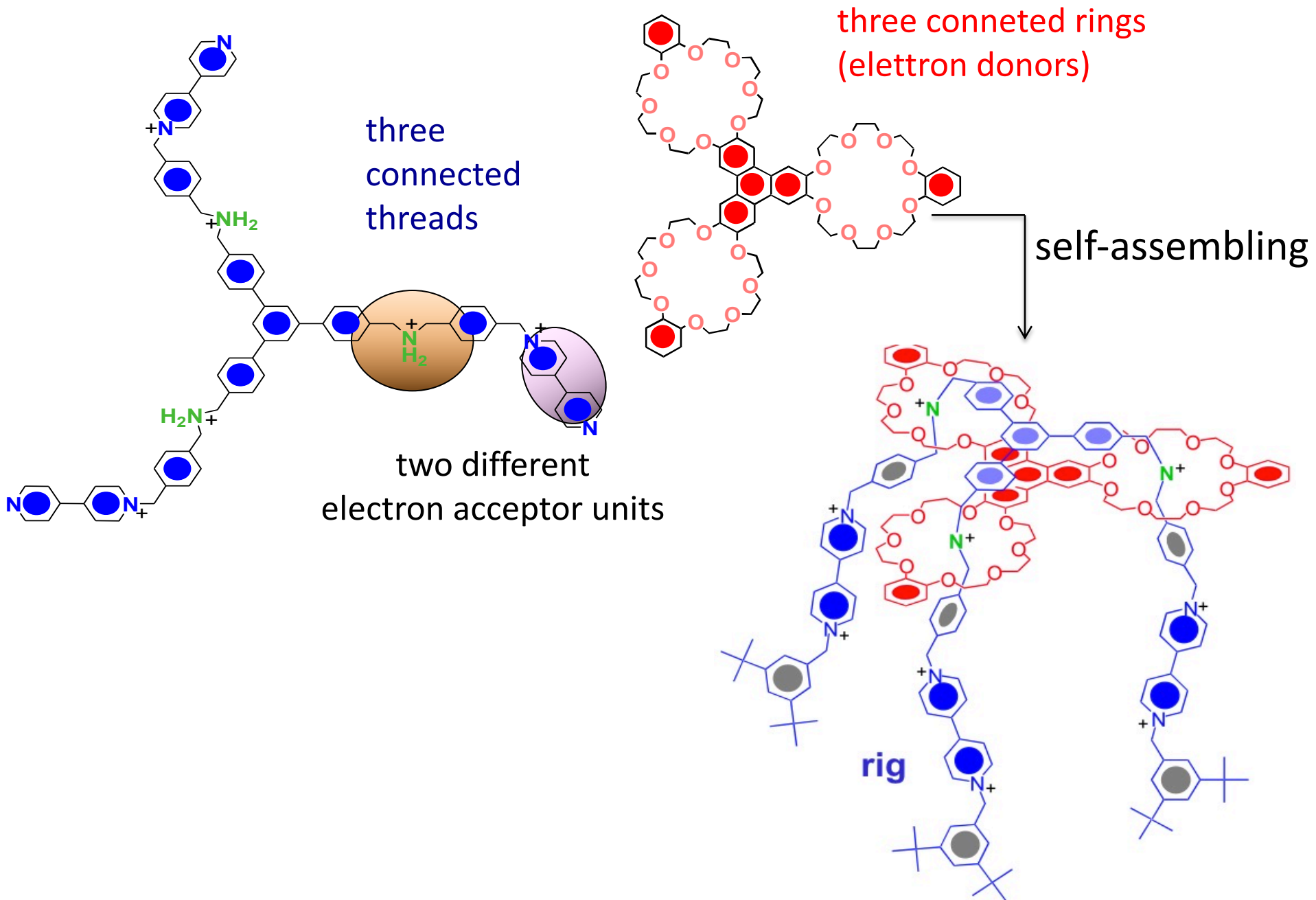


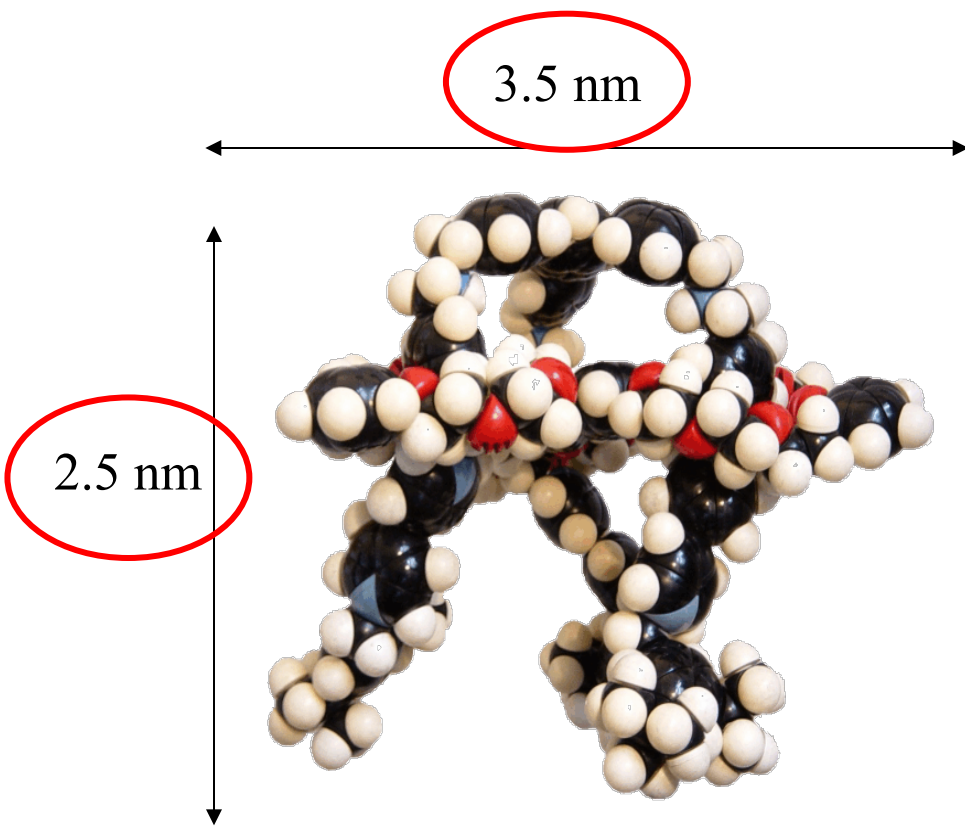
Molecular extension cable



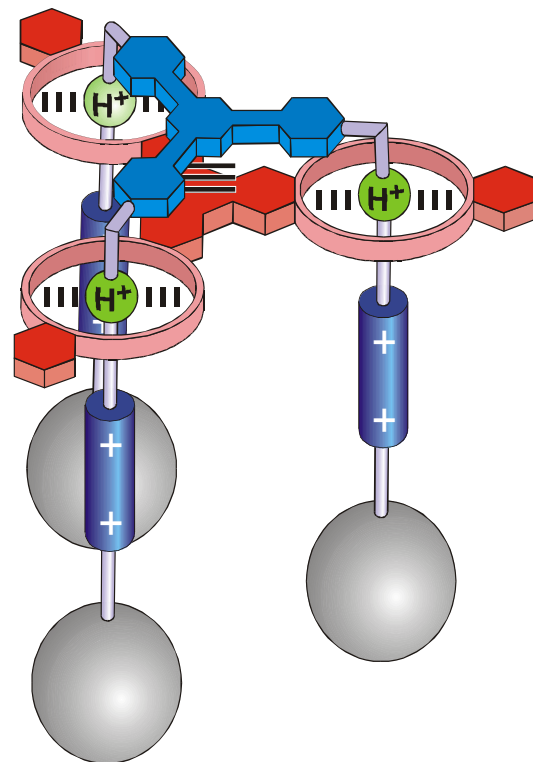
Molecular extension cable





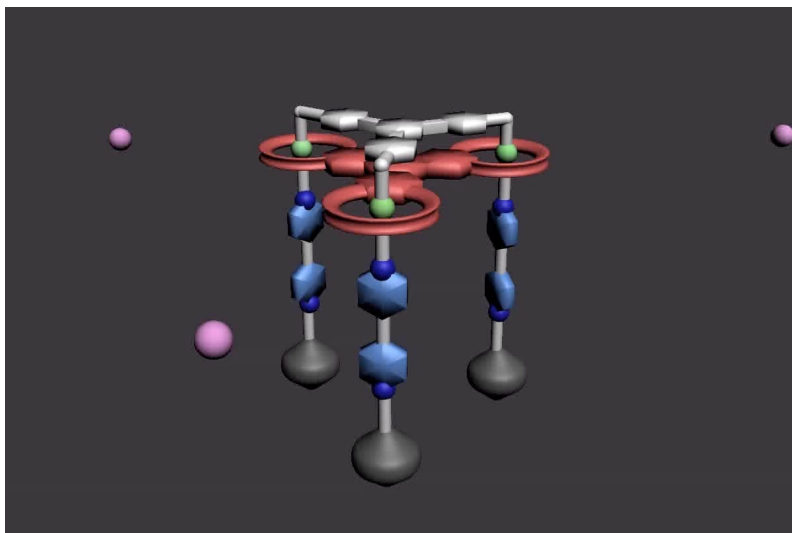
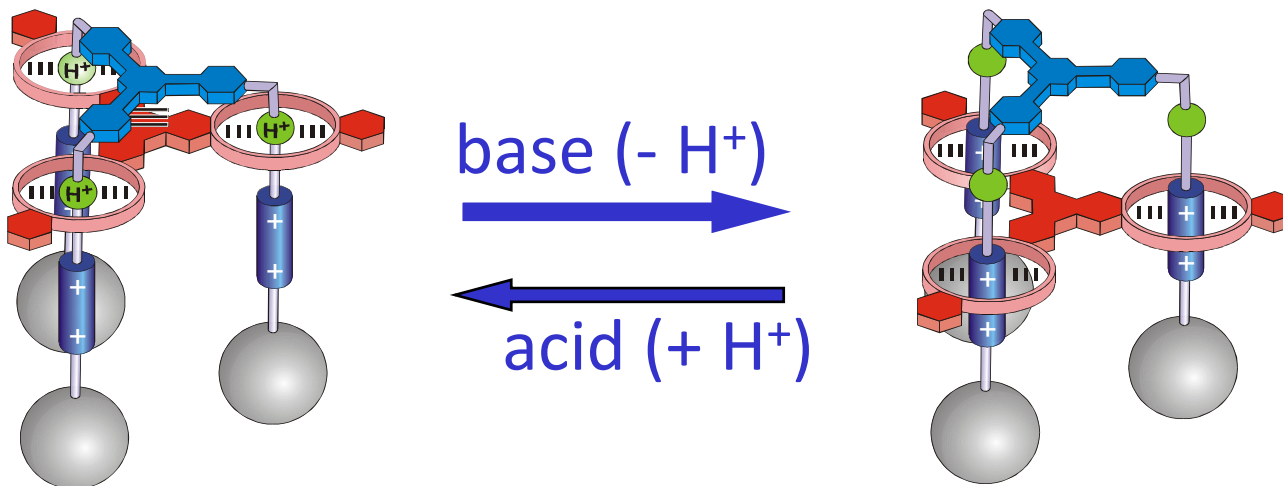


CPK molecular model



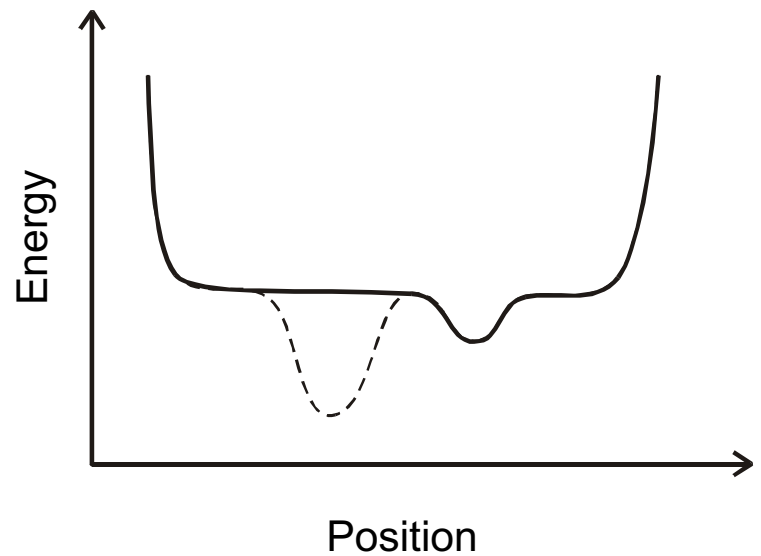
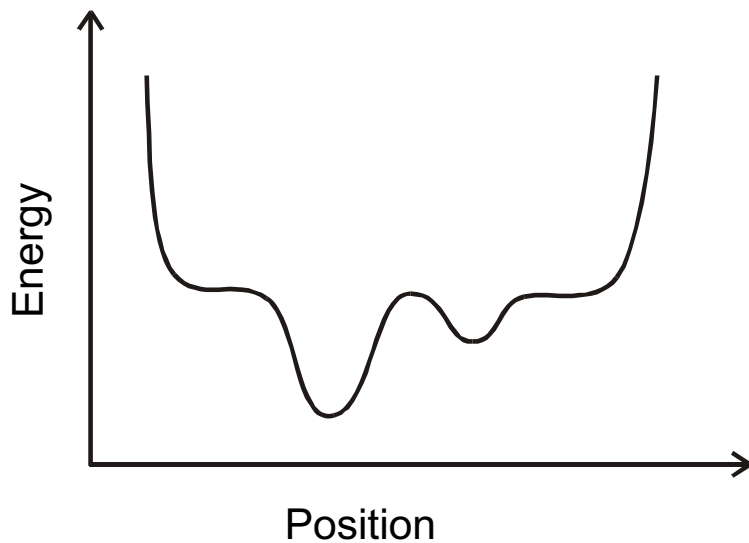
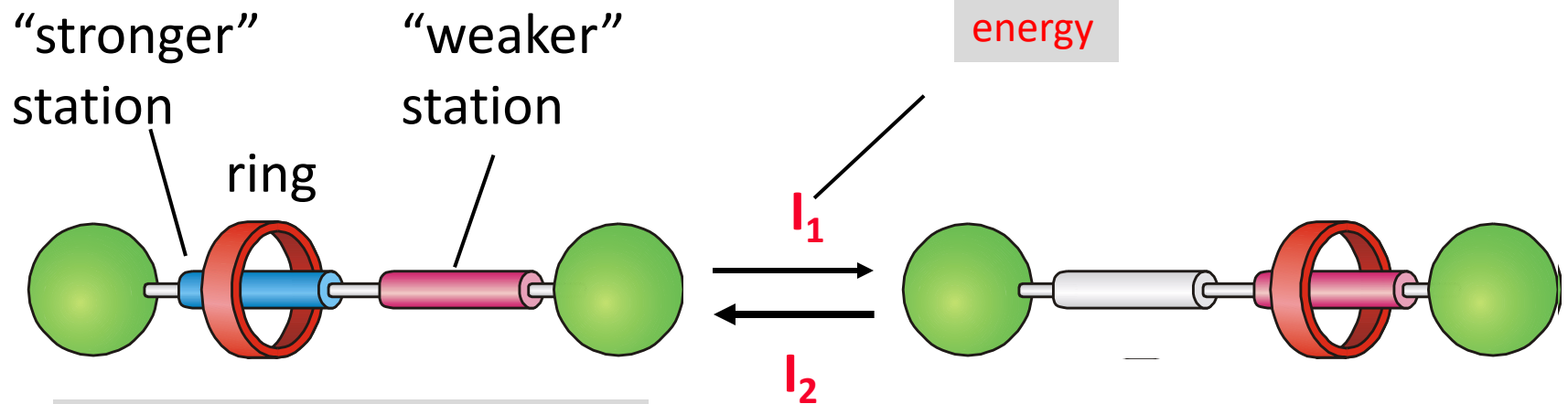
schematic representation

Molecular lift

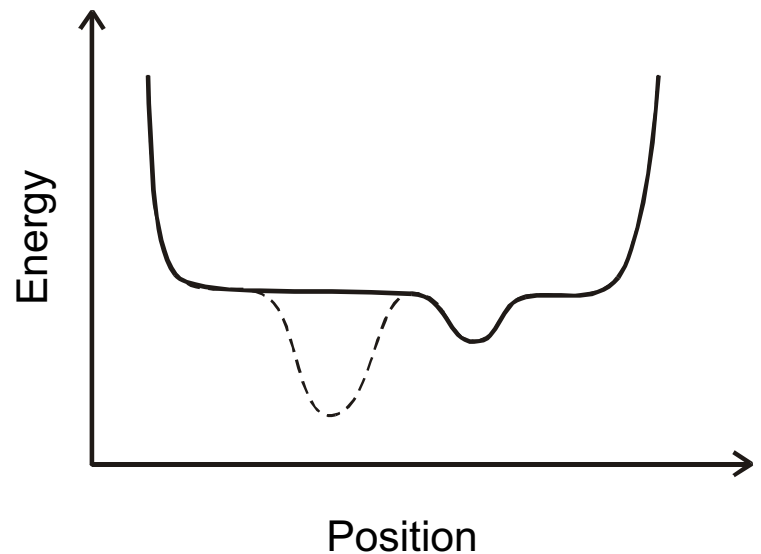
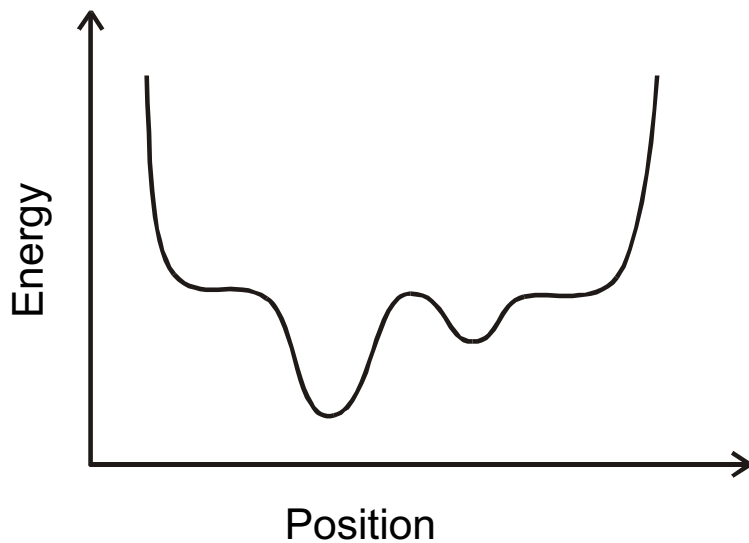
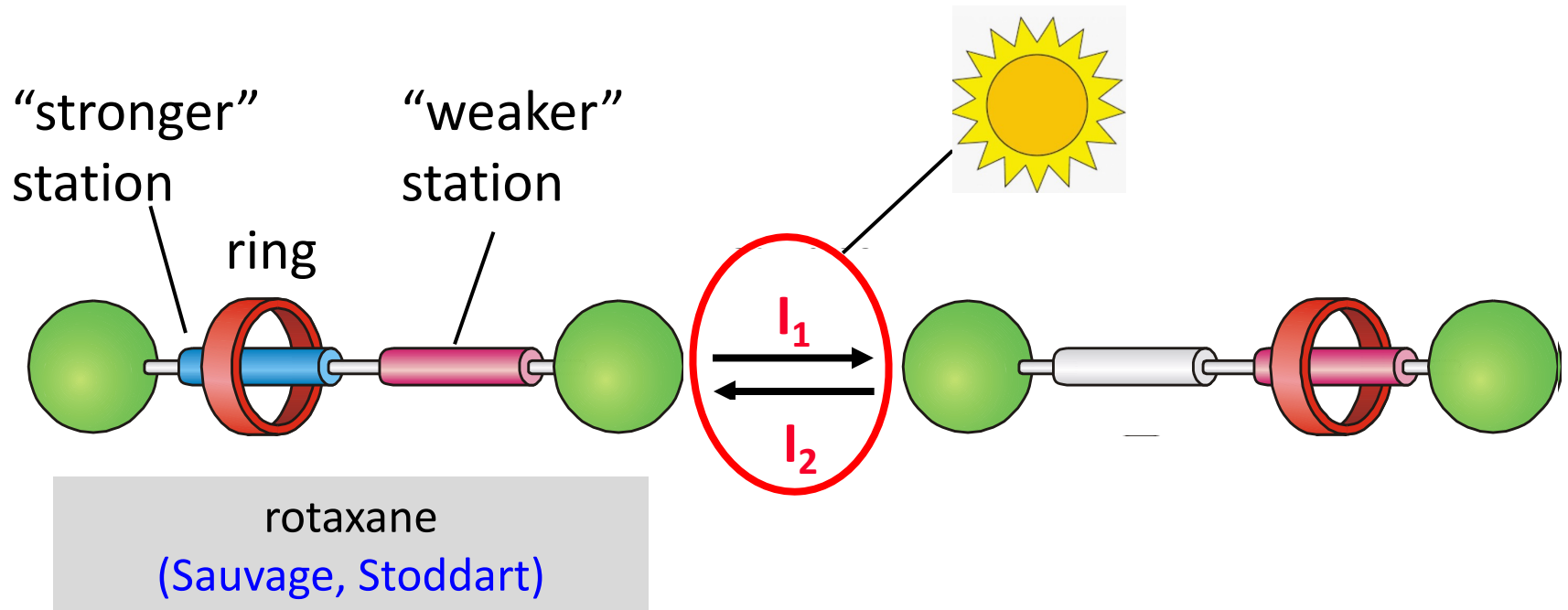


Powered by chemical energy (bases and acids), with unavoidable formation of “waste”.

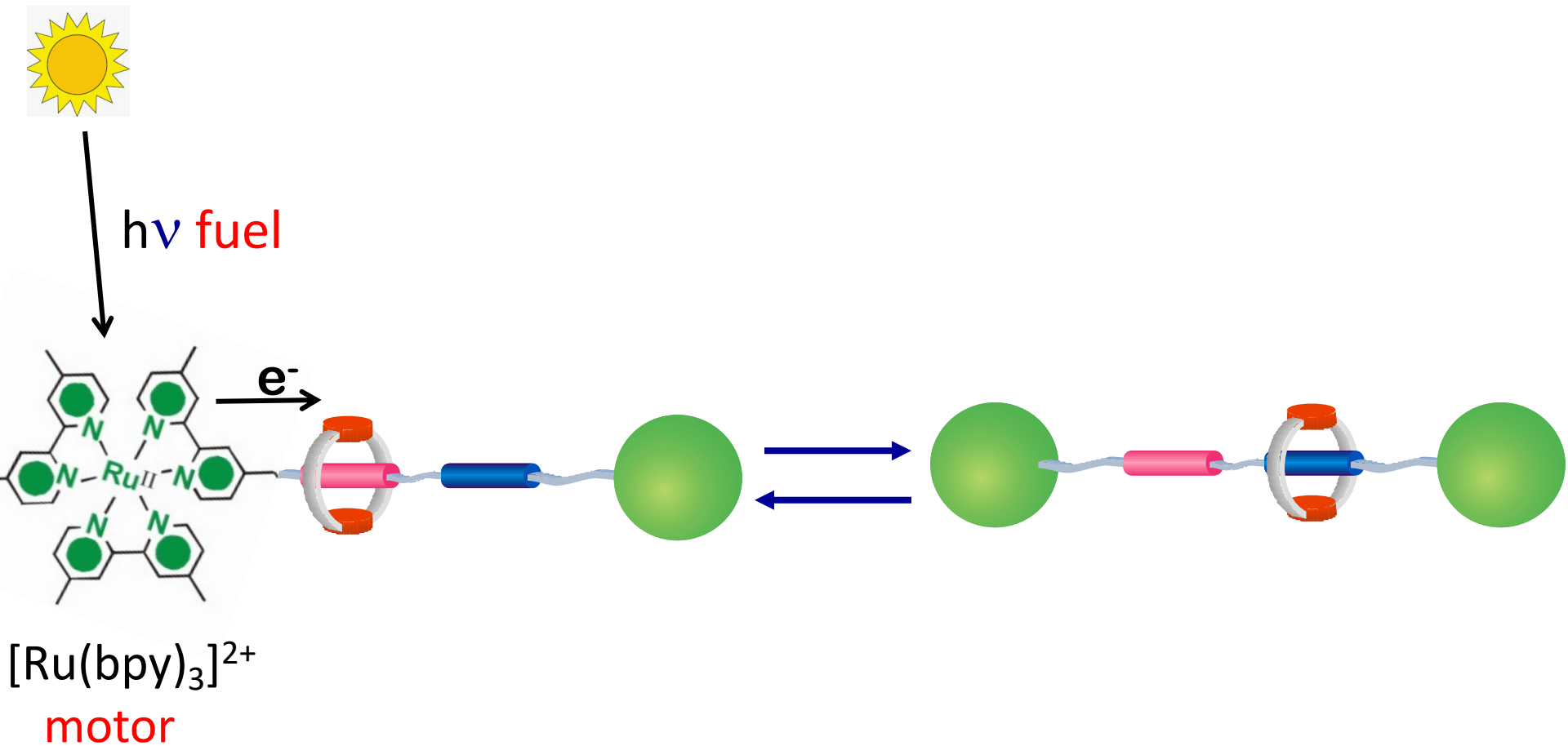
motions in rotaxanes



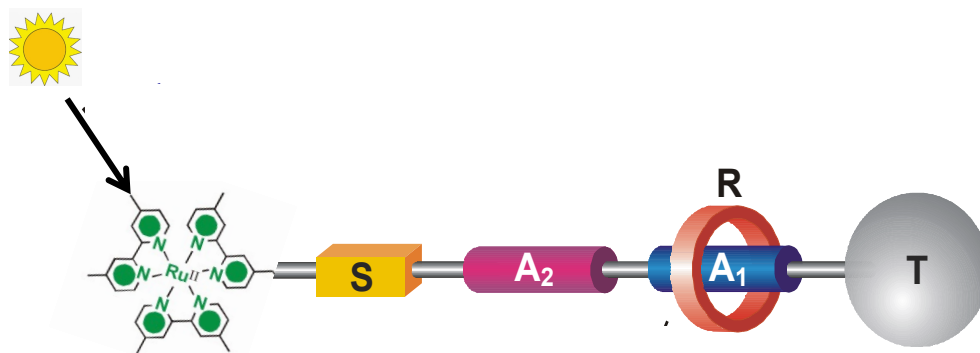
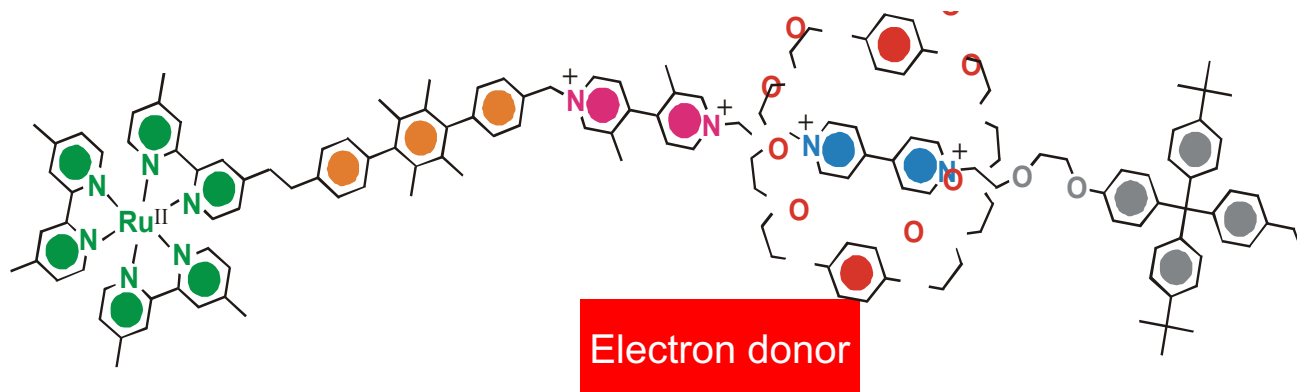
Photoinduced motions in rotaxanes



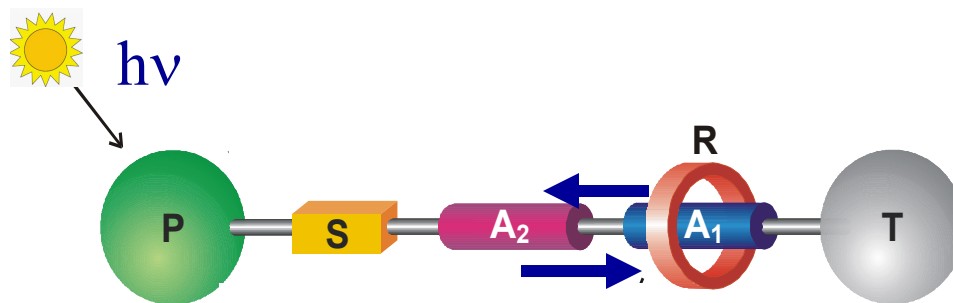
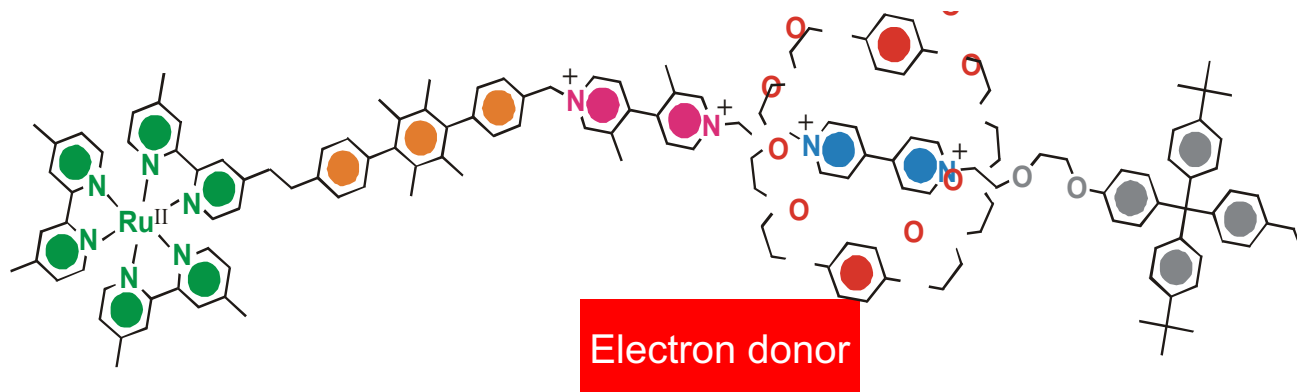
A light powered molecular motor

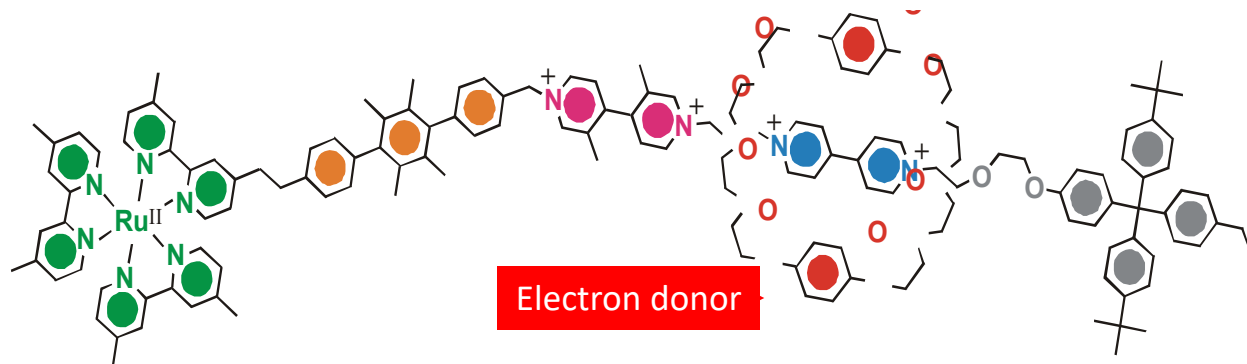


A light powered molecular motor

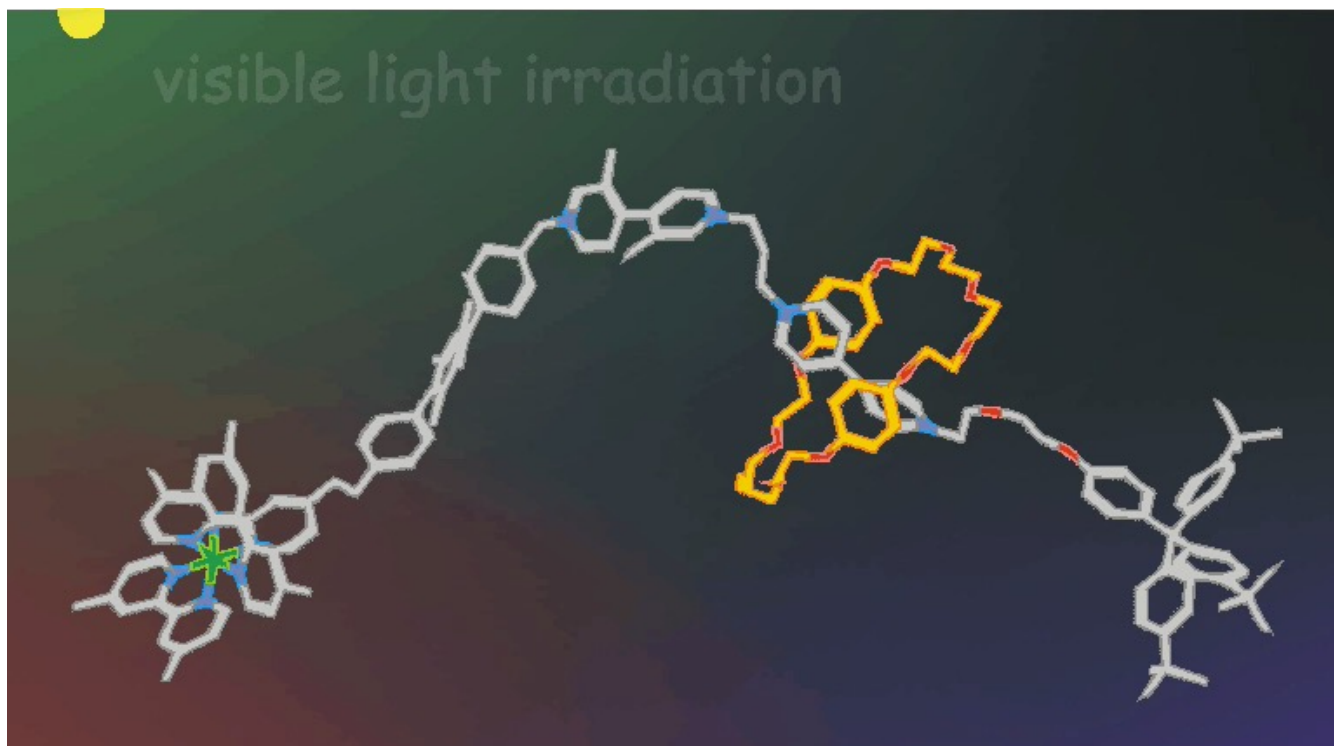


A light powered molecular motor





length: 6 nm



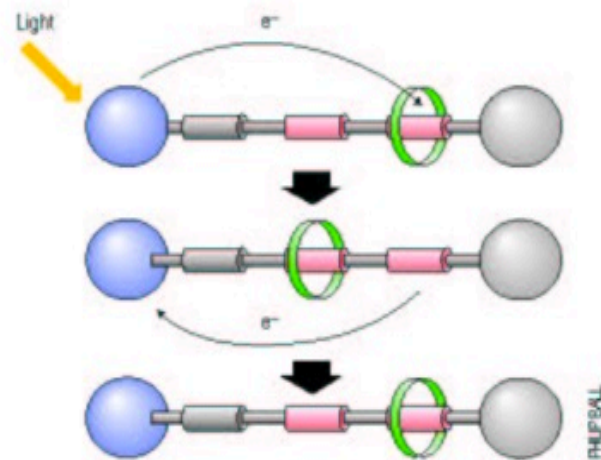
Conversion of
sunlight into
mechanical
movement

An artificial molecular motor powered by sunlight

Nature Materials

In contrast to motors in nature, artificial ones generally require one input to cause motion, followed by another to reset the motor. Often these inputs are chemical fuels, and therefore generate waste products, as well as requiring intervention at each stage. Now Balzani *et al.* report an autonomous motor powered simply with light (*Proc. Natl. Acad. Sci.* 103, 1178–1183; 2006). The motor consists of a rotaxane — a ring threaded around a dumbbell-shaped component of two electron-acceptor sites, or 'stations', for the ring to move between, with a bulky stopper group on each end. Absorption of a photon at

a stopper group initiates electron transfer to the station where the ring rests, causing displacement to the second station. An electron can then transfer back to the stopper group from the now-free first station, and the ring can return to its original position. The motor works analogously to a four-stroke engine, with fuel injection and combustion, piston displacement, exhaust removal and piston-replacement steps. The motors of Balzani *et al.* rely exclusively on intramolecular processes and light absorption, and therefore do not consume chemical fuel or produce waste.



PHILIP BAL

SMALL

Synthetic procedures

Nano Motor Powered by Solar Energy

Chemists at the University of Bologna (Italy), UCLA, and the California NanoSystems Institute (both USA) have designed and constructed a rotaxane-based molecular motor of nanometer size that is powered only by sunlight. The system is built up from a dumbbell-shaped component, which is more than 6 nm long, and a ring component of a diameter of approximately 1.3 nm. The ring component is trapped on the rod portion by two bulky stoppers, which are attached to the ends of the rod so that the ring cannot slip off. The rod portion of the dumbbell contains two "stations" that can be called "A" and "B". The absorption of sunlight by one of the two stoppers, a light-harvesting species, causes the transfer of one electron to station A, which is deactivated as far as wanting

DOI: 10.1002/sml.200600072

the ring to encircle it. As a consequence, the ring moves to its second port of call, station B. Station A is subsequently reactivated by the return of the transferred electron to the light-harvesting stopper, and the ring moves back to this station (see Figure 1). Ac-

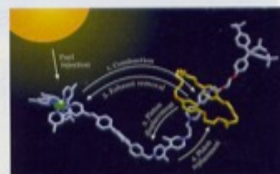


Figure 1. Molecular structure of the nano motor (image courtesy of the UCLA Newsroom).

cording to the scientists, possible areas for applications of these light-powered nanoscale motors are nanoelectronics, molecular computers, and valves that could perhaps be used for the delivery of anti-cancer drugs and other medications.

V. Balzani *et al.*, *Proc. Natl. Acad. Sci. (USA)* 2006, 10, 1178

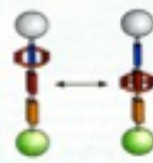
06 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, D-69451 Weinheim

small 2006, 2, No. 4, 446–447

Chem. & Eng. News

Light drives molecular motor

A molecular motor powered by sunlight alone has been prepared by chemists in Italy and in the U.S. (*Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2006, 103, 1178). Vincenzo Balzani and Alberto Credi of the University of Bologna, J. Fraser Stoddart of the University of California, Los Angeles, and their coworkers believe their device is unique for several reasons. Because it's powered solely by visible light, the motor's movement—the shuttling of a crown ether back and forth between two points on the handle of a dumbbell-shaped structure (shown)—requires no additional chemicals and produces no waste products. Also, the shuttle's movement relies on intramolecular processes, so it could, in principle, be operated at the single-molecule level. The motor moves when a ruthenium complex (green sphere) at one end of the dumbbell absorbs a photon and transfers an electron to a 4,4'-bipyridinium moiety (blue bar) within the dumbbell's handle. This reduction prompts the crown ether (pink circle) to move 1.3 nm to a 3,3'-dimethyl-4,4'-bipyridinium unit (red bar) in the compound. The crown ether moves back to its original position via a back electron-transfer process.



Nature

JRE [Vol. 440:36 March 2006

PHOTOCHEMISTRY

Lighting up nanomachines

Euan R. Kay and David A. Leigh

A cleverly engineered molecule uses light to generate a charge-separated state and so cause one of its components to move. It's the latest study of a molecular machine that exploits nature's most plentiful energy source.

Nature runs the nanomachinery that makes life possible using the last word in clean, free and readily available power sources — sunlight. In photosynthetic bacteria and green plants, photon absorption by chlorophyll generates a charge-separated state, from which the electron is quickly passed down a cascade of electron carriers, ultimately generating energy in a convenient chemical form. Can similar capabilities be engineered? An exemplary effort to do just this is given by Balzani *et al.*, who, writing in *Proceedings of the National Academy of Sciences*¹, describe photochemical experiments on an artificial machine that uses light to displace a fragment of its unimolecular structure.

Those who seek to harness the Sun's energy for synthetic molecular machines find that chemistry is always throwing up obstacles. In particular, charge recombination typically occurs thousands or millions of times faster than the nuclear movements on which such machines rely, making charge-separated states difficult to exploit. This problem can be overcome using bimolecular systems: here, the charged partners quickly diffuse apart so their charge can be used, for example, to achieve

switching in a rotaxane². This class of molecule, consisting of a ring that shuttles randomly and incessantly along a string, stopped only by bulky groups at the string's termini, is also that used by Balzani and colleagues³.

Their rotaxane³ (Fig. 1) incorporates two structurally different bipyridinium sites — 'stations' 1 and 2 — that allow the shuttling ring's motion through strong short-range electrostatic interactions. The ring thus divides its time between station 1, station 2 and the rest of the string in the ratio of around 95:5:1. At room temperature, the ring shuttles between the stations tens of thousands of times per second, but the net flux is zero. So no work can be done, or useful task performed, by the shuttling action (the 'principle of detailed balance').

One of the bulky end-groups of the rotaxane's string is a ruthenium trisbipyridine complex. This can absorb a photon of visible light and so form a reactive, excited state that donates an electron to the more easily reduced of the two bipyridinium sites — station 1, the ring's preferred binding site. One would normally expect the resulting charge imbalance to be corrected by back-transfer of an electron on

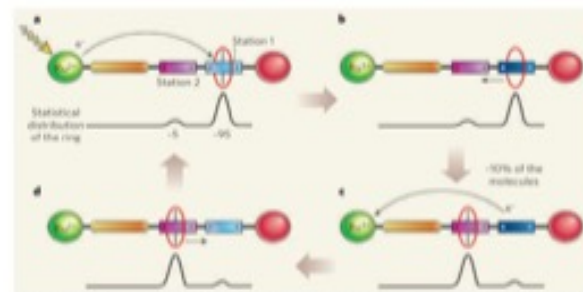


Figure 1 | Light-driven molecular shuttle. Balzani and colleagues' rotaxane³ consists of a molecular ring free to move along a molecular string. **a**, At equilibrium in the ground state, the ring spends most of the time over station 1, as a result of attractive, non-covalent interactions. But irradiation of the ruthenium complex (green) at one end of the string generates a highly reducing excited state, resulting in electron transfer to station 1, and the weakening of this station's electrostatic interactions with the ring. **b**, Normally, charge recombination is fast in comparison with nuclear motions, but here a delay allows approximately 10% of the molecules to undergo significant brownian motion, shifting the distribution of these rings to favour station 2. **c**, When charge recombination eventually does take place, the higher binding affinity of station 1 is restored, and **d**, the system relaxes to restore the original statistical distribution of rings.

©2006 Nature Publishing Group

La Stampa

tuttoScienzetecnologia

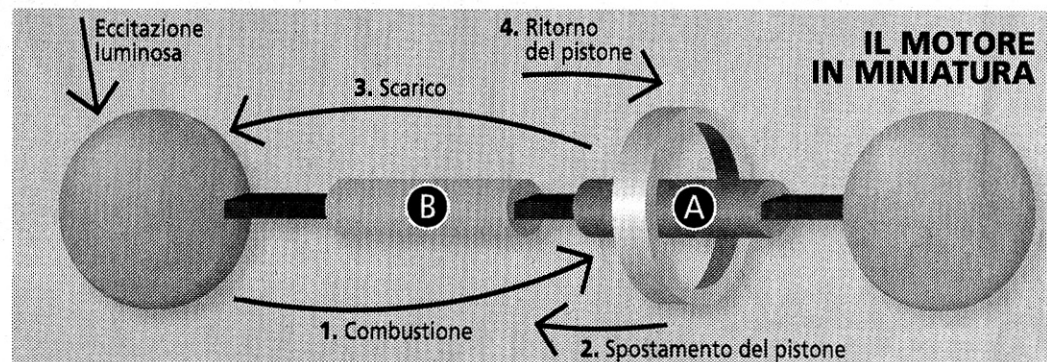
TECNOLOGIA

Il nanomotore è meglio di una Formula 1

DUE MOLECOLE CON IL SOLE COME CARBURANTE. TANTE APPLICAZIONI, DALLA MEDICINA ALL'INFORMATICA

UN motore di Formula 1 arriva a 20 mila giri al minuto. Questo supera i 60 mila. Piacebbe di sicuro a Schumacher, se non fosse piccolissimo: è un nanomotore formato da due molecole. Invisibile a occhio nudo. Ha però un vantaggio straordinario: non richiede benzina, lo fa girare la luce del sole. Per questo i ricercatori dell'Università di Bologna, che l'hanno realizzato con l'Università della California, lo chiamano «Sunny». La notizia è su «Pnas», la rivista dell'Accademia americana delle Scienze. Il gruppo italiano fa capo a Vincenzo Balzani, uno dei 50 chimici più citati nelle riviste scientifiche. Il laboratorio Nanofaber della Regione Emilia sta esplorandone le future applicazioni.

L'unità di misura delle nanotecnologie è il nanometro, il milionesimo di metro o - se preferite - il milionesimo di milli-



metro. Il motore «Sunny» è formato da una molecola sottile, lunga 6 nanometri, che funziona da asse di scorrimento, e da una molecola ad anello dal diametro di 1,3 nanometri, infilata nella prima. Sotto l'azione della luce l'anello scorre lungo la molecola mille volte al secondo. In sostanza, l'anello si muove come un pistone che trasforma l'energia

dei fotoni solari in lavoro utilizzabile. Esiste un altro motore molecolare concettualmente simile costruito all'Università di Groningen nei Paesi Bassi, ma impiega un'ora a completare un ciclo: quello bolognese è quasi 4 milioni di volte più veloce.

Tipica delle nanotecnologie è la trasversalità. Sono utilizzabili nei settori più diversi: farmacia,

elettronica, meccanica, chimica, fisica. Una possibile applicazione riguarda la salute: l'anello mobile funziona come un nastro trasportatore e, quindi, può far passare un farmaco attraverso la membrana delle cellule. Un altro uso potenziale riguarda l'informatica: si pensa a un computer chimico che sfrutti la logica binaria del nanomotore, fa-

cendo corrispondere lo 0 e l'1 alle due posizioni del pistone. Interessante è anche l'idea di far lavorare insieme un grande numero di questi motori, così da ottenere un lavoro significativo anche sulla scala della nostra vita quotidiana.

Come funziona «Sunny»? Un po' come un motore a quattro tempi, ma senza «scoppio». La molecola sottile alle estremità ha due blocchi che fermano l'anello. La luce solare fa passare un elettrone da uno dei due blocchi alla stazione A, dove all'inizio si trova l'anello (fase 1: combustione). Questo elettrone disattiva la stazione A: l'anello si sposta dunque nella stazione B (fase 2: movimento del pistone). L'elettrone ritorna, a questo punto, al blocco di partenza (fase 3: uscita dei gas di scarico) e l'anello recupera la posizione iniziale nella stazione A (fase 4: ritorno del pistone). Così in meno di un millesimo di secondo il sistema è pronto per un altro ciclo.

Ovviamente la luce-benzina non crea inquinanti. I nanomotori stanno dentro una soluzione a temperatura ambiente. Per farli partire basta esporli alla luce. [p.b.]

RIVOLUZIONARIO Ideato da un chimico italiano al quale il ministero della Moratti nega fondi per la ricerca

Ecco il motore perfettamente ecologico Per ora è una molecola, ma crescerà

di Pietro Greco

Come molti nobili, ha un doppio nome: «rotaxano» nel linguaggio specialistico dei chimici. Sunny per gli amici. È un nuovo motore con due caratteristiche: è del tutto ecologico, perché non produce scorie; agisce a scale piuttosto piccole, quelle dei nanometri (un miliardesimo di metro) in un processo interamente controllato dall'uomo. Ha la forma di una ciambella con un diametro di 1,3 nanometri che scende e sale ciclicamente lungo un asse lungo 6 nanometri, fermandosi solo a quattro stazioni. Il movimento è reversibile, sincronizzato e piuttosto veloce; andata e ritorno in un millesimo di secondo. Ovvero, 60.000 cicli in un minuto.

L'uomo che ha diretto l'operazione che lo ha messo a punto, Vincenzo Balzani - uno dei 50 chimici più citati al mondo, l'unico italiano nella classifica dei primi 100 - ne è molto orgoglioso. Non solo perché è una macchina molecolare frutto di oltre sei anni di intenso lavoro. Non solo perché è piuttosto veloce: compie 60.000 cicli in un minuto. Ma soprattutto perché è un motore integralmente ecologico: consuma solo energia solare e non produce scorie di sorta.

Finora di queste macchine molecolari a energia solare ne era stata messa a punto una sola, presso l'università di Groningen in Olanda. Ma era piuttosto lenta: per completare un ciclo impiegava

Funziona con la luce solare non produce nessuna scoria ed è molto veloce

un'ora. Sunny è tre milioni e seicentomila volte più veloce. E anche per questo che l'articolo con cui Vincenzo Balzani e i suoi collaboratori viene pubblicato domani in bella evidenza sulla rivista dell'Accademia nazionale delle scienze degli Stati Uniti (Pnas). Si tratta di un lavoro estremamente elegante di chimica di base. Progettato a Bologna, presso il

Dipartimento di Chimica dell'università felsinea da Vincenzo Balzani e da due suoi collaboratori, Alberto Credi e Margherita Venturi. Progettare una molecola, anzi una grossa molecola, e prevederne la struttura tridimensionale non è impresa facile. Ma Vincenzo Balzani è noto in tutto il mondo per essere uno dei più maggiori esperti di questa particolare branca della chimica, chiamata «chimica supramolecolare». Anche realizzare il progetto non è semplice: ci sono riusciti J. Fraser Stoddart e tre suoi collaboratori esperti di nanostrutture presso l'università di California a Los Angeles. Una volta messa a punto, sulle sponde del Pacifico, la supramolecola è tornata a Bologna, dove Balzani e i suoi sono riusciti ad accendere il motore



molecolare e a farlo funzionare. Con un combinato disposto di sette performance rendono davvero unico il rotaxano: funziona con la luce visibile (energia solare); ha un comportamento autonomo (come quei particolari motori che sono le proteine); non produce rifiuti; si fonda su un processo intramolecolare, che in principio può essere svolto da una singola molecola; funziona alla velocità di 1.000 cicli al secondo; funziona in un ambiente non estremo (in soluzione, a temperatura ambiente); è stabile per oltre 1.000 cicli. Insomma, se un giorno si potrà costruire un sistema macroscopi-

co fondato sul rotaxano giungeremo molto vicini a un motore ecologico perfetto. Naturalmente non sappiamo se e quando questo nanomotore diventerà un motore e se e quando questo motore potrà essere commercializzato. Tuttavia il lavoro di Vincenzo Balzani e del suo gruppo italo-americano conferma che le nanotecnologie, le tecnologie sviluppate alla dimensione in cui iniziano a diventare rilevanti i fenomeni quantistici, sono un settore davvero promettente. Anche da un punto di vista applicativo. La ricerca dimostra anche che in Italia abbiamo ottime competenze in questo settore.

Peccato che le ricerche di Vincenzo Balzani e del suo gruppo non siano rientrate tra i 47 progetti di chimica finanziati dal Ministero dell'Università e della Ricerca diretto da Letizia Moratti. Evidentemente il fatto che queste ricerche siano state proposte da uno dei 50 chimici più citati al mondo (unico italiano tra i primi cento), che si sviluppino in un settore di punta della ricerca fondamentale e applicata, che i risultati vengano giudicati di primaria importanza da riviste internazionali di grande prestigio, come Pnas e Science, non conta nulla.

MADE IN ITALY IL PIÙ ECOLOGICO E VELOCE DEL MONDO

Un nanomotore a «benzina» solare

Chimici bolognesi hanno costruito una macchina microscopica azionata dalla luce, che non genera alcun prodotto di scarto

DI LARA RICCI

Un motore portentoso: funziona a energia solare, è velocissimo e pulito, non emette prodotti di scarto. «Sunny» è un macchinario al confine dell'altro mondo, quello invisibile, dell'ultrapiccolo, dove le leggi sono quelle della fisica quantistica. Ha quattro tempi come il motore a scoppio, ma è molto diverso, a partire dalle dimensioni: l'asse più lungo misura sei nanome-

tri, impossibile da vedere, difficile da immaginare. Un nanometro, cioè un milionesimo di metro, è circa 80mila volte più piccolo del diametro di un capello umano, o ancora, è uno spessore centomila volte minore di quello di un foglio di carta. La velocità di Sunny è sbalorditiva: un milione di volte maggiore dell'unico altro esempio al mondo di motore molecolare a catalizzatore pulito costruito dall'uomo.

Altra particolarità: per ora il motore non

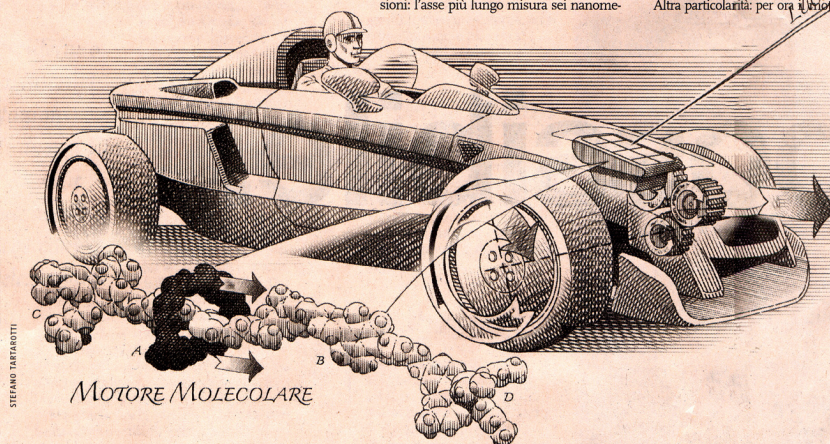
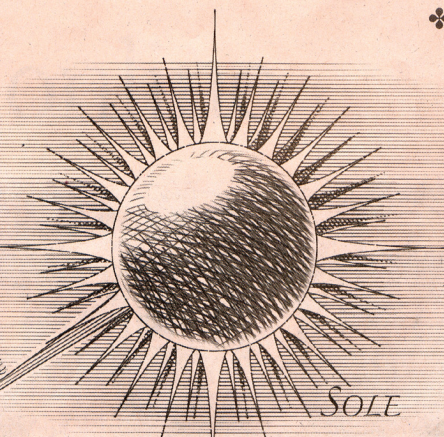
porta da nessuna parte, ma fa correre la fantasia. Lo hanno costruito tre chimici del gruppo di Fotochimica e chimica supramolecolare del dipartimento «Giacomo Ciamician» dell'Università di Bologna: Vincenzo Balzani, Alberto Credi e Margherita Venturi, con ricercatori dell'Università della California. Un gruppo di «ingegneri» dell'ultrapiccolo, i cui materiali di costruzione non sono mattoni o pistoni, ma le molecole. Nel 2004, per esempio, avevano costruito un «ascensore» molecolare che era anche la nanomacchina più forte sviluppata fino a quel momento. Ora il laboratorio si è arricchito di quest'altro gioiellino, capace di trasformare direttamente l'energia solare in energia meccanica. Sunny è composto da due molecole, una ad anello che scorre su un'altra filiforme (che si comporta da asse). Quando la luce (un fotone) colpisce la prima, infatti, questa assume un'altra forma — trasferisce un elettrone, il che può essere paragonato alla combustione —, e si

sposta lungo l'asse, movimento che può essere fatto corrispondere allo spostamento del pistone. Quando poi viene colpita da un altro fotone, l'elettrone viene eliminato e l'anello torna alla posizione di partenza. I quattro passaggi sono i «quattro tempi». E il tutto molto velocemente: la distanza, inferiore al nanometro, è completata in meno di un millesimo di secondo, continuando l'analogo con il motore a scoppio si può parlare di 60mila giri al minuto.

Ma cosa faremo di questo «nanolavoro»? «Questo è il problema — risponde Balzani, professore all'università di Bologna e uno dei 50 chimici più citati al mondo —. È una ricerca di base. In una soluzione acquosa ci sono milioni di questi nanomotori, che lavorano all'unisono, ma in modo incoerente. Se riuscissimo ad allinearli su una superficie (ed è possibile, ci sono gruppi di ricerca che lo sanno fare) avremmo in teoria milioni di molecole che si alzano e si abbassano insieme e una

❖ Come funziona

Metti il sole nel motore. Per motore molecolare si intende un sistema di molecole in grado di compiere lavoro meccanico, in modo controllato dall'uomo. Il nostro motore molecolare super-veloce è composto da due molecole: una filiforme lunga circa 6 nanometri che funziona da asse di scorrimento; l'altra ad anello con un diametro di circa 1,3 nanometri infilata nella prima. Quando il motore è in funzione l'anello scorre avanti e indietro lungo l'asse con estrema rapidità. Andata e ritorno in meno di un millesimo di secondo. Vale a dire una frequenza di 1000 hertz o, per analogia con il motore a scoppio, 60mila giri al minuto. Ad oggi esiste un solo altro motore molecolare ecologico costruito dall'uomo. È stato realizzato da alcuni scienziati dell'Università di Groningen nel Paese Bassi ma è notevolmente più lento. Per completare un ciclo impiega infatti un'ora.



Il Sole 24 ore



Nanoingegneri. Da sinistra, Alberto Credi, Vincenzo Balzani e Margherita Venturi. In mano hanno il loro trattato sulle macchine molecolari che è stato tradotto anche in cinese

Mentre lo intervistiamo, Balzani butta un occhio al computer e legge l'e-mail di un collega che lo informa che il presidente della Repubblica, Carlo Azeglio Ciampi, lo ha appena nominato «Grande Ufficiale», con 16 altri membri del Gruppo 2003, gli scienziati italiani più citati nelle riviste scientifiche internazionali firmatari del «Manifesto del Gruppo 2003: per una rinascita della ricerca scientifica in Italia». Ironia della sorte, il progetto sulle macchine molecolari che il gruppo bolognese aveva presentato in collaborazione con le università di Pavia, Parma, Padova e Pisa non ha ricevuto i finanziamenti 2005-2006 del ministero per l'Università e la ricerca. «In Italia sono stati finanziati 47 progetti, non il nostro — dice Balzani —. Prima ci hanno detto che era troppo ambizioso, poi che non era abbastanza nuovo e infine che chiedevamo troppi soldi. Quest'anno ripetiamo la domanda e intanto ci arrangiamo con un po' di fondi ricevuti dalla Commissione europea».

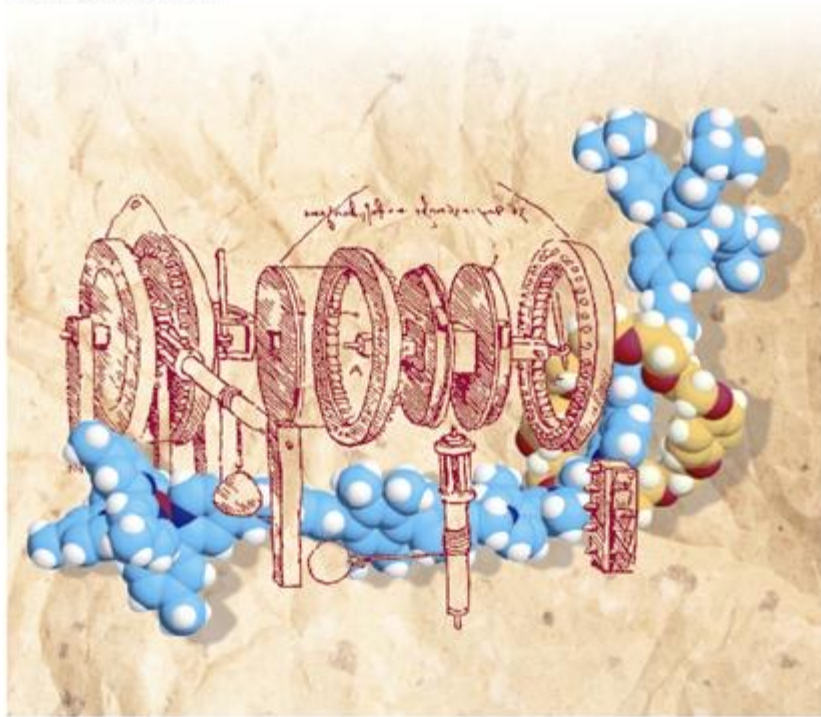
Vincenzo Balzani, Alberto Credi,
and Margherita Venturi

WILEY-VCH

Molecular Devices and Machines

Concepts and Perspectives for the Nanoworld

Second Edition



English Edition

· 当代化学译丛 ·

分子器件与分子机器

——纳米世界的概念和前景

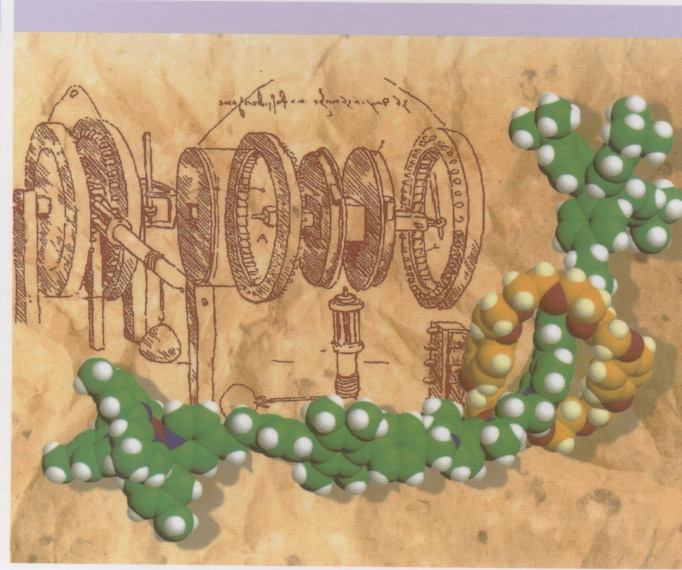
(原著第二版)

[意]Vincenzo Balzani

[意]Alberto Credi 著

[意]Margherita Venturi

马 骧 田 禾 译



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

Chinese Edition

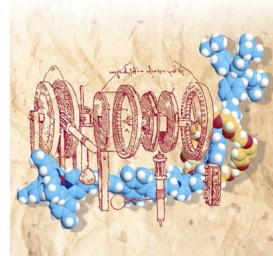
The Role of Science in Our Time

Vincenzo Balzani, Alberto Credi,
and Margherita Venturi

WILEY-VCH

Molecular Devices and Machines

Concepts and Perspectives for the Nanoworld
Second Edition



- 17.1 Introduction
- 17.2 A fragile world
- 17.3 An unsustainable growth
- 17.4 – An unequal world
- 17.5 – The role of scientists
- 17.6 – Conclusion

17.1

Introduction

This book deals with science, mostly with basic science; therefore, it could (some readers will say it should) have ended with the previous chapter. But, nowadays, can science be treated as a separate, neutral, and aseptic item? Can a scientist ignore the problems of the human society and isolate himself in an ivory tower? We believe not. We believe that there is a great need to debate the role of science and scientists in our society, and that a scientific book offers an opportunity that should not be missed concerning this problem [1].

Social responsibility of scientists

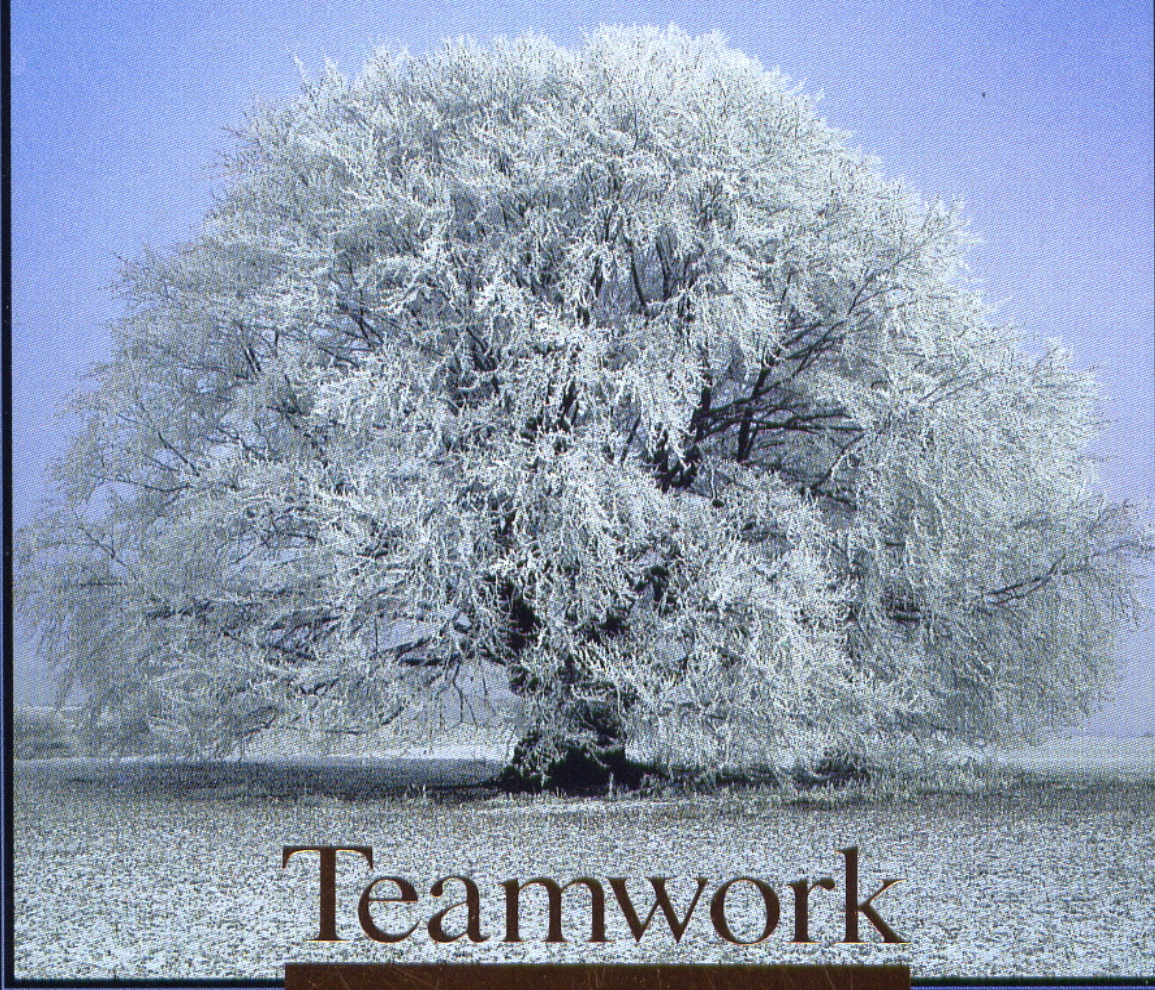
Scientists must carefully control that science and technology are used:

For peace, not for war

For preserving the planet on which we live,
not for destroying it

For reducing, not for increasing the gap between
developed and underdeveloped countries

For alleviating poverty,
not for maintaining privileges



Teamwork

Snowflakes are one of nature's most fragile things, but just look at what they can do when they stick together.