



Scuola Politecnica e delle Scienze di base

Ingegneria Chimica Federico II

Processi chimici per il trattamento delle acque contaminate.

Spettroscopia e Spettrofotometria.

**Studentessa
Di Marino Rosalia
Matr. M55/441**

**Professore
Marotta Raffaele**

SPETTROSCOPIA E SPETTROFOTOMETRIA

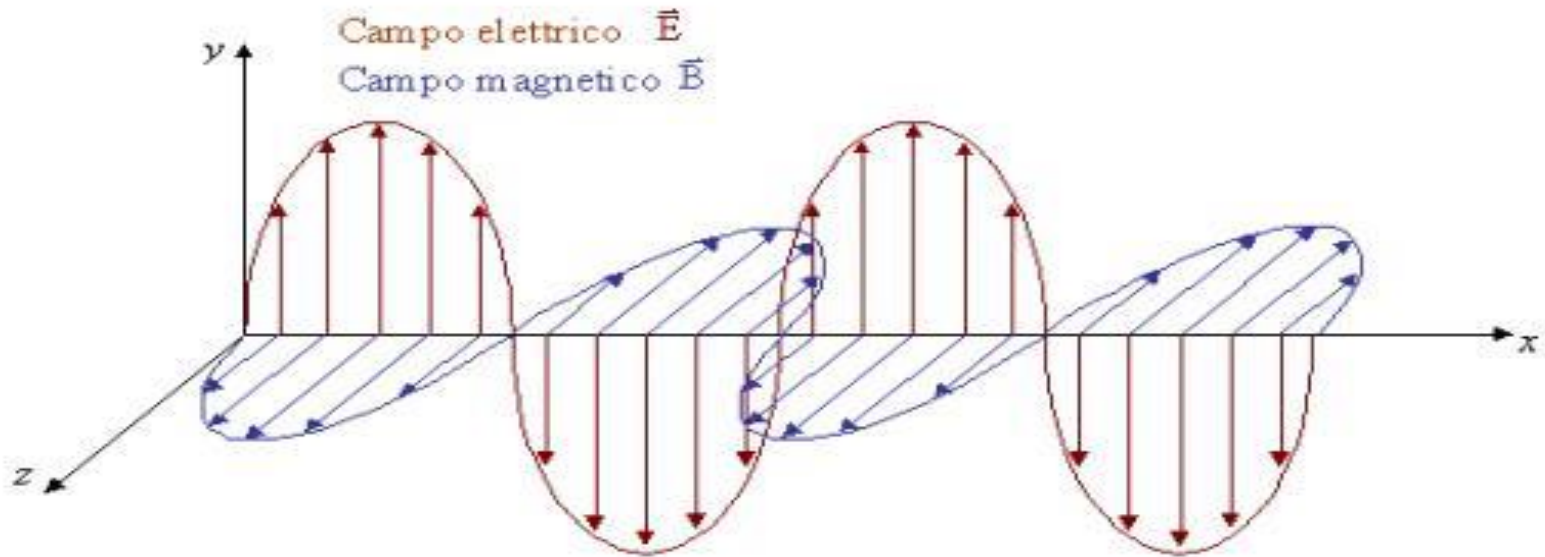


ONDA ELETTROMAGNETICA

Dualità delle radiazioni elettromagnetiche:

La radiazione come un' **onda elettromagnetica**, natura ondulatoria, e come una serie di pacchetti discreti di energia, i **fotoni**, natura corpuscolare.

Ogni onda è caratterizzata dall' avere una determinata frequenza, lunghezza, e energia.



ENERGIA DI UNA RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA

Una radiazione elettromagnetica consiste in pacchetti discreti di energia, chiamati fotoni la cui energia dipende della frequenza secondo l'equazione:

$$E = h \cdot \nu$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

L'energia è direttamente proporzionale alla frequenza e inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda.

ν è la frequenza: rappresenta il numero di vibrazioni nell'unità di tempo, si misura in $[\text{sec}^{-1}]$ chiamati più propriamente Hertz (Hz).

λ è la lunghezza d'onda, è la distanza tra due punti adiacenti in fase: due creste, o due gole, si misura in $[m]$, $[\mu m]$, $[nm]$.

h è la costante di Planck e vale

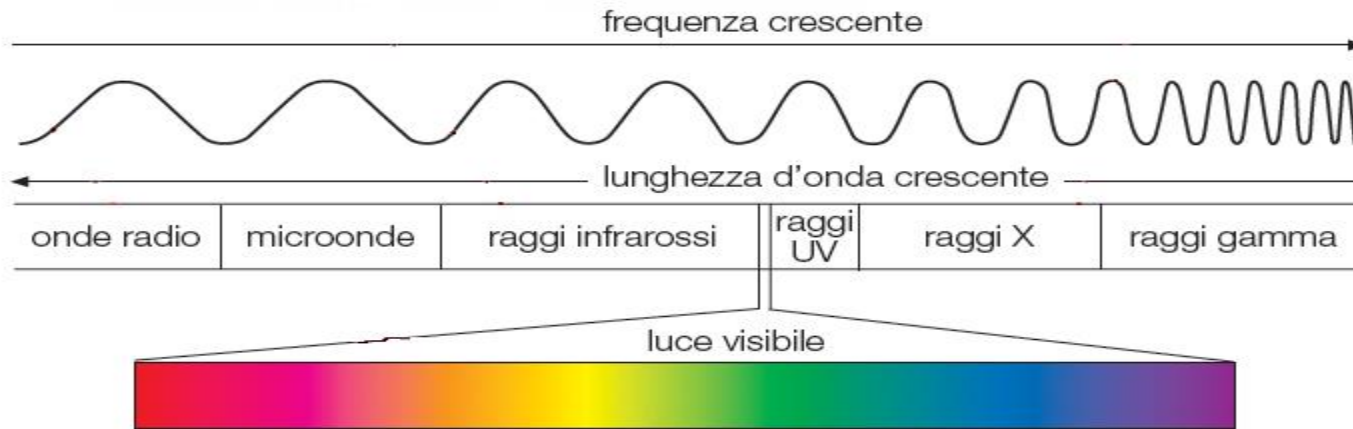
$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}.$$

c è la velocità di propagazione, dipende dal mezzo in cui propaga la radiazione, nel vuoto è di circa 300 000 km/s equivalente alla stima della velocità della luce.

I DIVERSI TIPI DI RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA

Esistono vari tipi di radiazione elettromagnetica, che differiscono per la loro lunghezza d'onda, e di conseguenza per la loro frequenza e energia.

SPETTRO DELLE RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE:



	<i>lunghezza d'onda(m)</i>	<i>frequenza (Hz)</i>	<i>energia(J)</i>
onde radio	$> 1 \times 10^{-1}$	$< 3 \times 10^9$	$< 2 \times 10^{-24}$
microonde	$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-1}$	$3 \times 10^9 - 3 \times 10^{11}$	$2 \times 10^{-24} - 2 \times 10^{-22}$
infrarosso	$8 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{11} - 4 \times 10^{14}$	$2 \times 10^{-22} - 3 \times 10^{-19}$
visibile	$4 \times 10^{-7} - 8 \times 10^{-7}$	$4 \times 10^{14} - 8 \times 10^{14}$	$3 \times 10^{-19} - 5 \times 10^{-19}$
ultravioletto	$1 \times 10^{-8} - 4 \times 10^{-7}$	$7.5 \times 10^{14} - 3 \times 10^{16}$	$5 \times 10^{-19} - 2 \times 10^{-17}$
raggi X	$1 \times 10^{-11} - 1 \times 10^{-8}$	$3 \times 10^{16} - 3 \times 10^{19}$	$2 \times 10^{-17} - 2 \times 10^{-14}$
raggi γ	$< 1 \times 10^{-11}$	$> 3 \times 10^{19}$	$> 2 \times 10^{-14}$

SPETTRO DELLE ONDE ELETTROMAGNETICHE

ONDE HERTZIANE: PRODOTTE CON DISPOSITIVI ELETTRONICI, USATE NELLE TRASMISSIONI RADIOFONICHE E TELEVISIVE.

MICROONDE: PRODOTTE CON DISPOSITIVI ELETTRONICI, USATE PRINCIPALMENTE PER COMUNICAZIONI E SISTEMI RADAR

INFRAROSSO: PRODOTTE DA CORPI CALDI, IN CUI LE MOLECOLE VENGONO ECCITATE TRAMITE GLI URTI CAUSATI DALL'AGITAZIONE TERMICA, UTILIZZATA IN MEDICINA, FOTOGRAFIA E NELLA **SPETTROSCOPIA VIBRAZIONALE**

LUCE VISIBILE: PRODOTTA DAI MOTI DI AGITAZIONE TERMICA AD ALTA TEMPERATURA, IN GENERALE DA PROCESSI IN CUI VENGONO ECCITATI GLI ELETTRONI PIU' ESTERNI DEGLI ATOMI. IL SOLE E' LA PIU' GRANDE FONTE DI LUCE VISIBILE.

ULTRAVIOLETTO: IL SOLE E' LA PIU' GRANDE SORGENTE DI RADIAZIONI UV, GRAN PARTE DI QUESTE ONDE VENGONO ASSORBITE DALLO STRATO DI OZONO.

RAGGI X: VENGONO COMUNEMENTE PRODOTTI DALLA DECELERAZIONE DEGLI ELETTRONI DI ALTA ENERGIA CHE BOMBARDANO UN BERSAGLIO METALLICO.

RAGGI γ : SONO PRODOTTI IN PROCESSI NUCLEARI, QUALI IL DECADIMENTO RADIOATTIVO E REAZIONI TRA NUCLEI, E NELLE REAZIONI E NEI DECADIMENTI DI PARTICELLE SUBNUCLEARI.

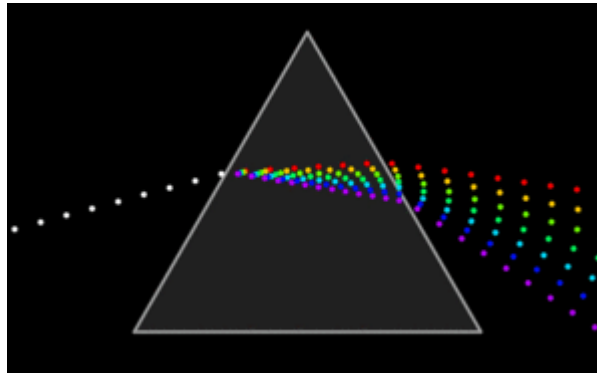
LUCE MONOCROMATICA E POLICROMATICA

E' noto che quando un raggio di luce bianca /VIS colpisce un prisma di vetro viene scomposto in diversi colori.

La scomposizione ,**dispersione** ,in diversi colori tramite un prisma si spiega in quanto:

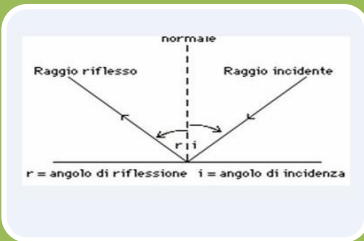
- la luce “bianca” si compone di radiazioni di diversa frequenza, corrispondente ai diversi colori.
- quando un raggio di luce passa da un mezzo ad un altro, l'angolo di incidenza cambia e l'entità della deviazione dipende dalla lunghezza d'onda del raggio incidente, in particolare è inversamente proporzionale alla stessa.

Una radiazione di un solo colore ottenuta tramite dispersione, caratterizzata da una ben precisa lunghezza d'onda, viene detta **MONOCROMATICA**. Più precisamente, si parla di fascio di luce monocromatica quando esso è costituito da radiazioni di una sola frequenza e/o lunghezza d'onda. Si parla invece di fascio di luce policromatica quando esso è costituito da radiazioni di frequenza e lunghezza d'onda diverse.



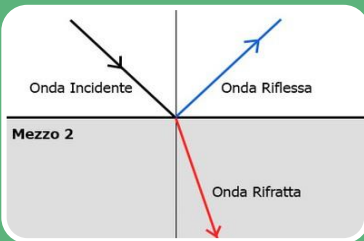
FENOMENI CONNESSI ALLA PROPAGAZIONE DELLE ONDE

RIFLESSIONE



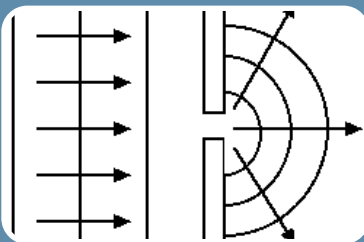
- Il raggio incidente, il raggio riflesso e la normale alla superficie di incidenza giacciono nello stesso semipiano
- L'angolo di incidenza è uguale all'angolo di riflessione

RIFRAZIONE



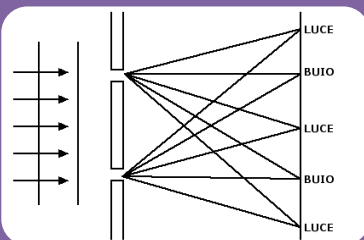
- Il raggio incidente, il raggio rifratto e la normale alla superficie di incidenza giacciono nello stesso piano.
- Il rapporto tra il seno dell'angolo di incidenza e il seno dell'angolo di rifrazione è costante.

DIFFRAZIONE



- Alterazione della forma dell'onda dovuta ad un ostacolo o ad un piccolo foro, le cui dimensioni sono paragonabili alla lunghezza d'onda stessa

INTERFERENZA



- Sovrapposizione di due o più moti ondulatori
- Interferenza costruttiva: sovrapposizione di onde in fase. (zona di luce)
- Interferenza distruttiva: sovrapposizione di onde in opposizione di fase. (zona di buio)

SPETTRI DI ASSORBIMENTO E/O EMISSIONE



- In uno **spettro continuo** sono presenti le radiazioni di tutte le frequenze; ad esempio la luce 'bianca' emessa da una comune lampadina a incandescenza ha uno spettro continuo (nel visibile).
- In uno **spettro discontinuo** si osserva invece la mancanza di alcune radiazioni, come accade ad esempio nello spettro di emissione del sodio, che presenta uno spettro discontinuo (a righe).

I metodi di analisi spettrochimici sono basati sull'analisi dello spettro delle sostanze, il quale può essere di emissione o di assorbimento:

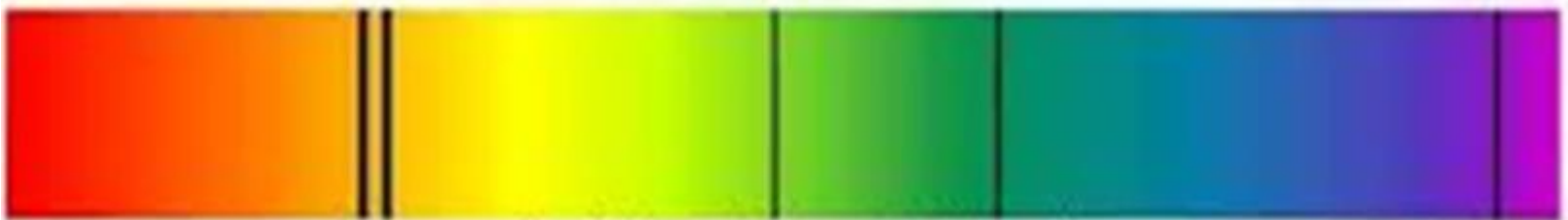
- si ottiene uno spettro di emissione quando si analizza un fascio di luce emesso, in opportune condizioni, da una sostanza;
- si ottiene uno spettro di assorbimento quando si analizza un fascio di luce dopo che ha attraversato una sostanza.

Per una stessa sostanza lo spettro di emissione e di assorbimento sono pressappoco come il positivo e il negativo di una fotografia, nel senso che una radiazione presente nello spettro di emissione sarà mancante in quello di assorbimento.

SPETTRI DI ASSORBIMENTO E/O EMISSIONE

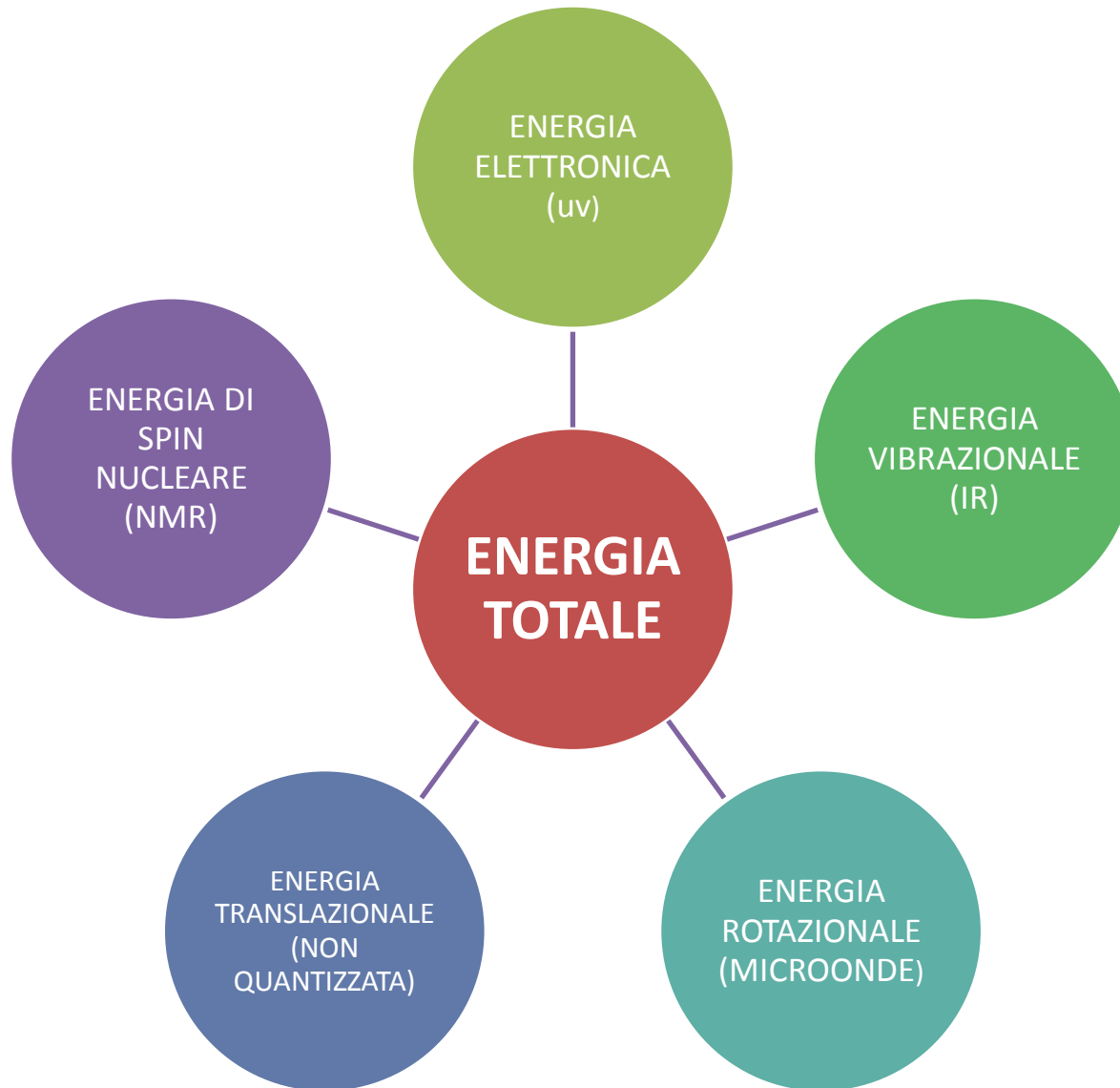


spettro di emissione del sodio



spettro di assorbimento del sodio

L'ENERGIA INTERNA DI UNA MOLECOLA



METODI SPETTROSCOPICI IN CHIMICA ORGANICA

SPETTROSCOPIA
VIS/UV

SPETTROSCOPIA
IR

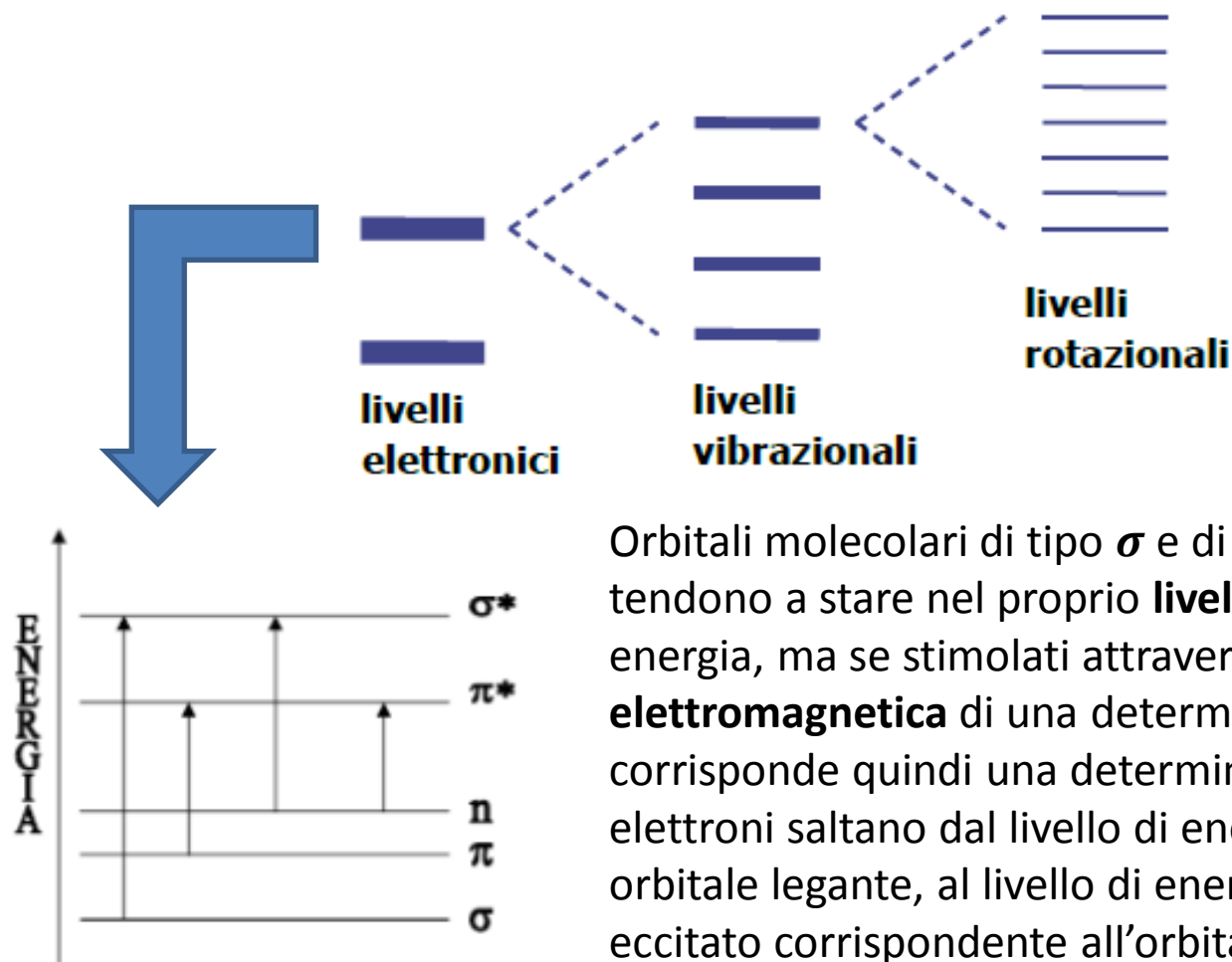
Risonanza
magnetica
nucleare
NMR

Spettroscopia
di massa
MS

SI UTILIZZA CON MOLECOLE CHE PRESENTANO GRUPPI INSATURI, **ANALISI QUALITATIVA** PREVEDE L'INVIO DI RAGGI POLICROMATICI PER IL RICONOSCIMENTO DELLA MOLECOLA. LO SPETTRO RISULTANTE DA TALE ANALISI MOSTRA L'ASSORBANZA AL VARIARE DELLA LUNGHEZZA D'ONDA. IN CORRISPONDENZA DEL MASSIMO DI VALUTERA' IL COEFFICIENTE DI ESTINZIONE MOLARE

SPETTROSCOPIA UV/VIS

L'energia di una molecola è quantizzata: esistono solo livelli energetici discreti, corrispondenti a diversi stati della molecola



Orbitali molecolari di tipo σ e di tipo π : gli elettroni tendono a stare nel proprio **livello fondamentale** di energia, ma se stimolati attraverso una **radiazione elettromagnetica** di una determinata frequenza, a cui corrisponde quindi una determinata energia, allora gli elettroni saltano dal livello di energia fondamentale, orbitale legante, al livello di energia dello stato eccitato corrispondente all'orbitale antilegante.

METODI SPETTROSCOPICI IN CHIMICA ORGANICA

SPETTROSCOPIA
VIS/UV

SPETTROSCOPIA
IR

Risonanza
magnetica
nucleare
NMR

Spettroscopia
di massa
MS

GLI ATOMI CON UN **LEGAME COVALENTE** HANNO DETERMINATI LIVELLI DI ENERGIA VIBRAZIONALE, E L'ECCITAZIONE DI UNA MOLECOLA DA UN LIVELLO VIBRAZIONALE AD UN ALTRO AVVIENE SOLAMENTE QUANDO IL COMPOSTO ASSORBE UNA RADIAZIONE **INFRAROSSA**. SI PUO' AVERE STRETCHING O PIEGAMENTO.

METODI SPETTROSCOPICI IN CHIMICA ORGANICA

SPETTROSCOPIA
VIS/UV

SPETTROSCOPIA
IR

Risonanza
magnetica
nucleare
NMR

Spettroscopia
di massa
MS

IL NUCLEO DELL'**IDROGENO** POSSIEDE PROPRIETA' MAGNETICHE, QUANDO UN COMPOSTO CONTENENTE IDROGENO E' INTRODOTTTO IN UN FORTE **CAMPO MAGNETICO** ED E' CONTEMPORANEAMENTE IRRADIATO CON UNA **RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA** I NUCLEI POSSONO ASSORBIRE ENERGIA E IL PROCESSO E' NOTO COME **RISONANZA MAGNETICA**. LA RADIAZIONE E' TENUTA COST, E SI FA VARIARE L'INTENSITA' DEL CAMPO MAGNETICO, QUANDO IL NUCLEO DI IDROGENO ASSORBE LA GIUSTA QUANTITA' DI ENERGIA, QUESTO SI TRAMUTA IN UN PICCO SULLO SPETTRO DI NMR CHE VA OPPORTUNAMENTE INTERPRETATO.

METODI SPETTROSCOPICI IN CHIMICA ORGANICA

SPETTROSCOPIA
VIS/UV

SPETTROSCOPIA
IR

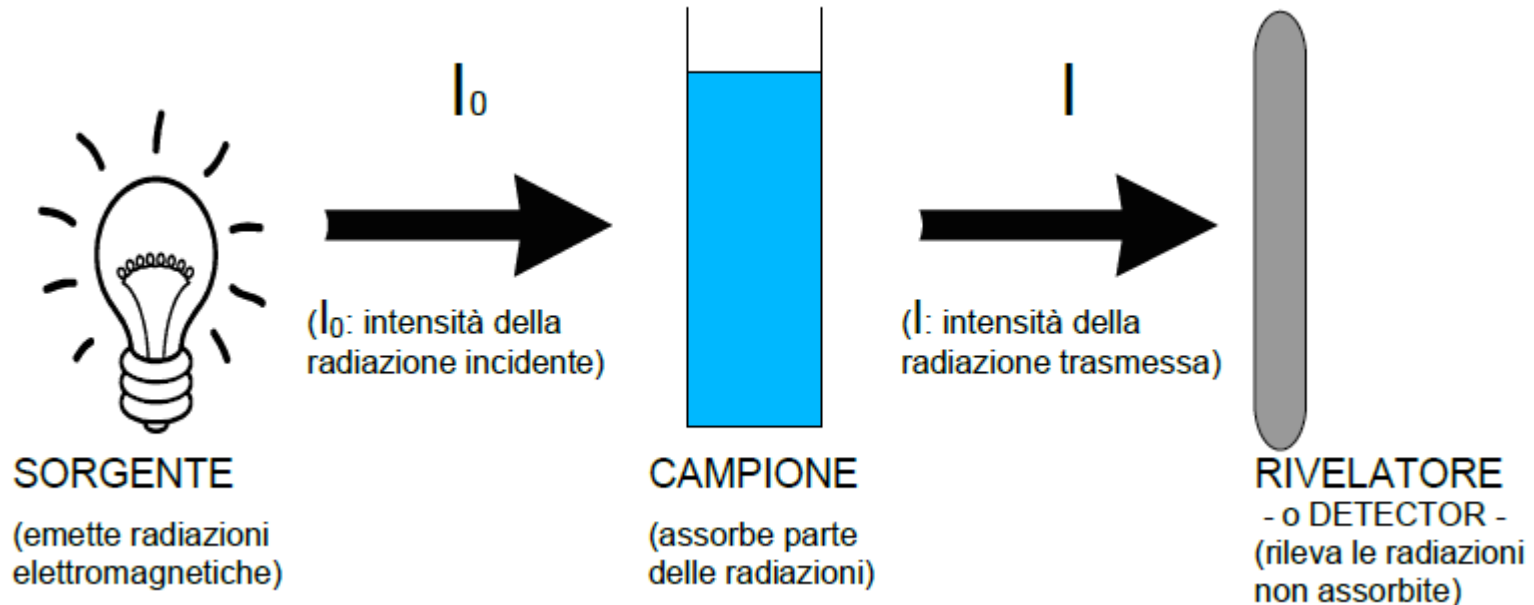
Risonanza
magnetica
nucleare
NMR

Spettroscopia
di massa
MS

RAPPRESENTA UN METODO FISICO DI INDAGINE CHE CONSISTE NEL MISURARE LE **MASSE** DEI FRAMMENTI DI MOLECOLE IN FASE GASSOSA, PRODOTTI PER BOMBARDAMENTO CON UN FASCIO DI ELETTRONI AD ALTA ENERGIA. LO SPETTROMETRO DI MASSA SEPARA I I CATIONI IN BASE AL LORO RAPPORTO **MASSA/CARICA**, OTTENIAMO SPETTRI **INTENSITA' vs m/e** E DALLA LETTURA DEGLI STESSI POSSIAMO DEDURRE LA STRUTTURA DI UN COMPOSTO.

SPETTROFOTOMETRIA

Le determinazioni quantitative sono basate sul fatto che, quando una radiazione attraversa una soluzione, viene assorbita più o meno intensamente a seconda della concentrazione; in altre parole ***l'assorbimento dipende dalla concentrazione***. Prendiamo in considerazione una cella, contenente una sostanza in soluzione, attraversata da un raggio di luce monocromatica:



Legge di Lambert-Beer

LA PROPORZIONALITA' DIRETTA TRA ASSORBANZA E CONCENTRAZIONE PERMETTE DI EFFETTUARE ANALISI QUANTITATIVE:

$$\text{Log} \frac{I_0}{I} = \varepsilon \cdot l \cdot [x]$$

$\text{Log} \frac{I_0}{I}$ è l'assorbanza;

I_0 è l'intensità del raggio incidente;

I è l'intensità del raggio trasmesso;

l è il cammino ottico;

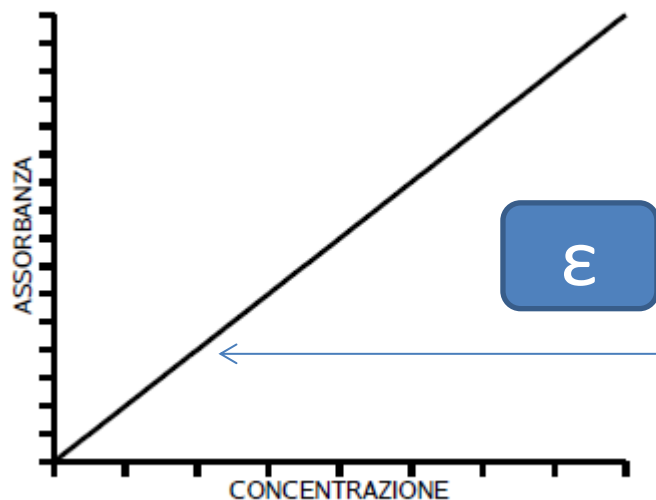
$[x]$ è la concentrazione della specie che assorbe la radiazione;

ε è il coefficiente di estinzione molare.

Validità della legge di Lambert-Beer

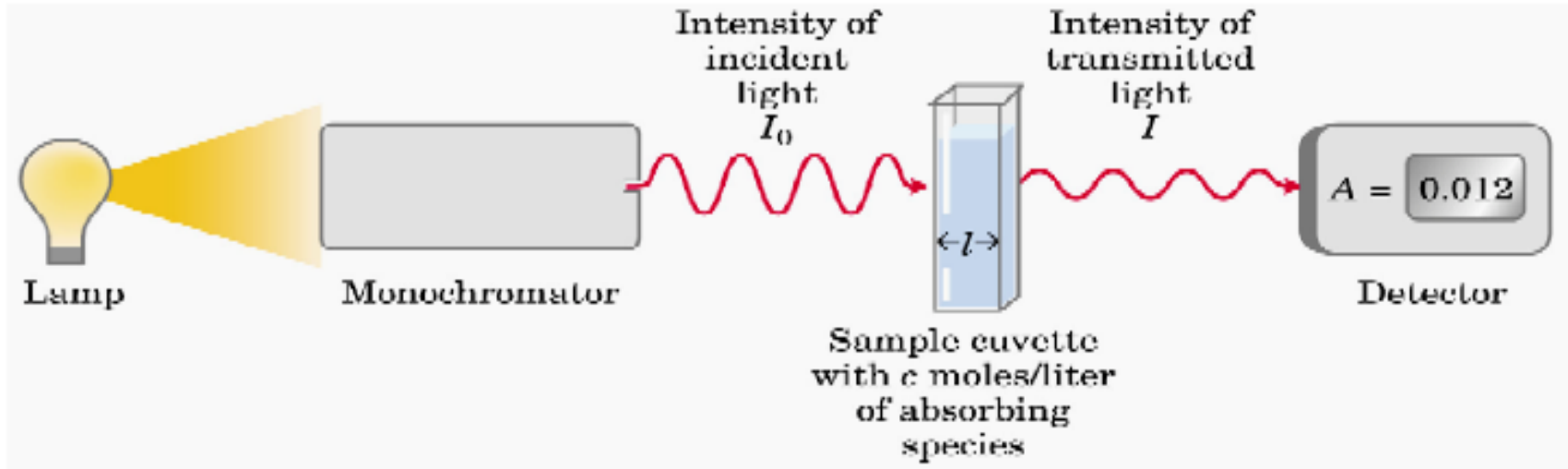
- la luce incidente è monocromatica
- l'assorbimento del solvente è trascurabile
- all'aumentare della concentrazione si ha un aumento dell'indice di rifrazione e quindi una maggior dispersione del raggio nell'attraversare la soluzione stessa
- non si verificano reazioni chimiche delle molecole del campione fra loro o con il solvente

.....capiamo meglio il significato di ϵ ...



Il coefficiente di estinzione molare è una proprietà fisica della specie assorbente la radiazione, posta in soluzione. Plottando l'assorbanza vs la concentrazione della specie, per soluzioni diluite, ad una determinata lunghezza d'onda il coefficiente angolare rappresenta il prodotto di $\epsilon \cdot l$. La lunghezza è nota, quindi ricavo ϵ .

Com'è fatto uno spettrofotometro?



Lo schema semplificato comprende:

- Una **SORGENTE** (tungsteno per il visibile, deuterio per l'UV)
- Un **MONOCROMATORE** o FILTRO (per selezionare una λ ben definita)
- Una **CELLA o COUVETTE** contenente il campione
- Un **DETECTOR** (trasforma il segnale luminoso in impulso elettrico)

SORGENTI



Lampada al tungsteno (comune lampadina)

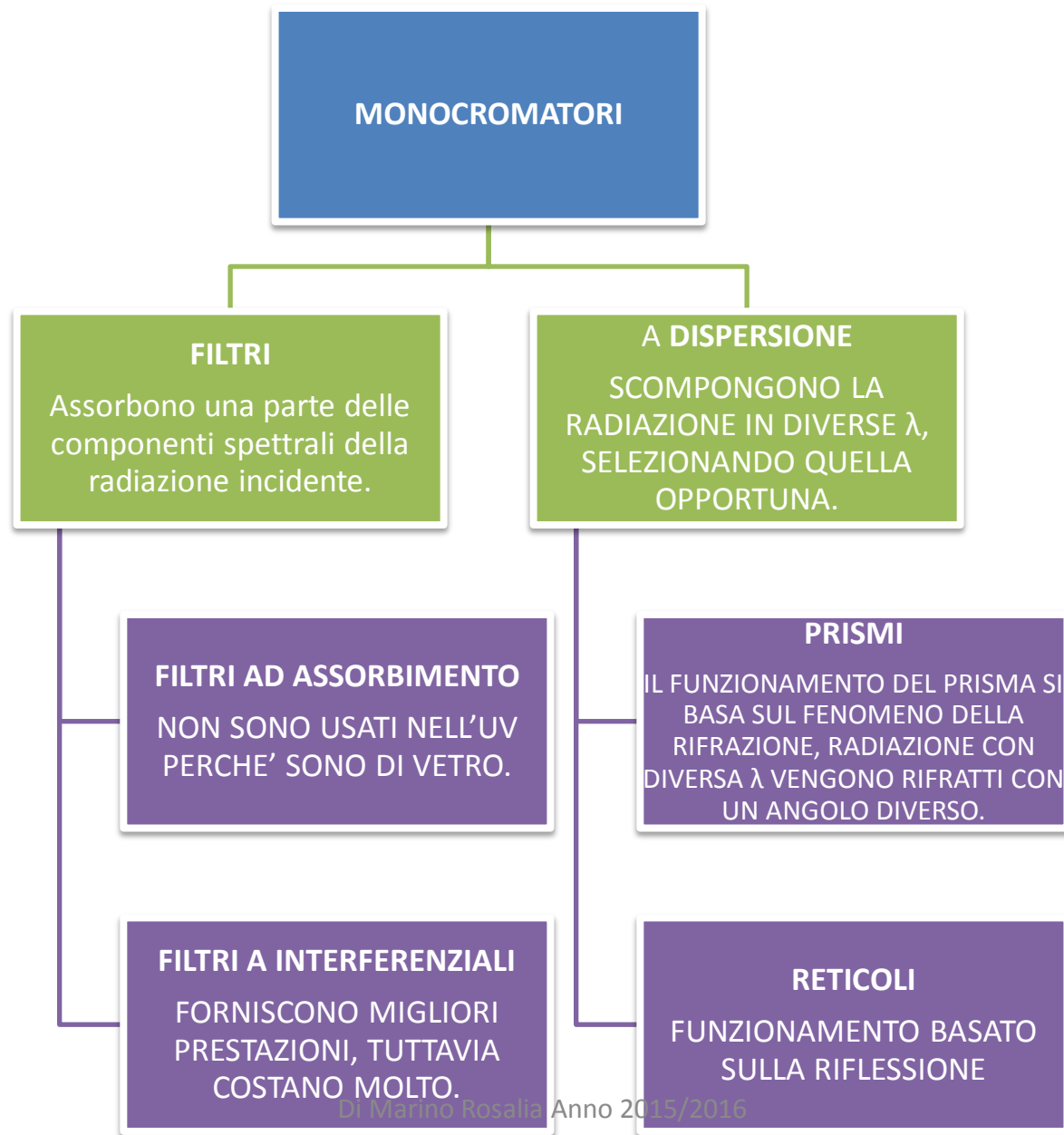
- Intervallo di utilizzazione:
 $\lambda=350-2200$ nm
- Utilizzabile per il **visibile** e il vicino infrarosso



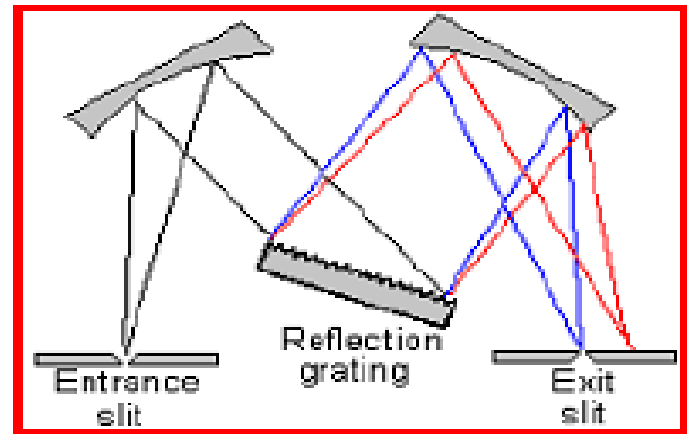
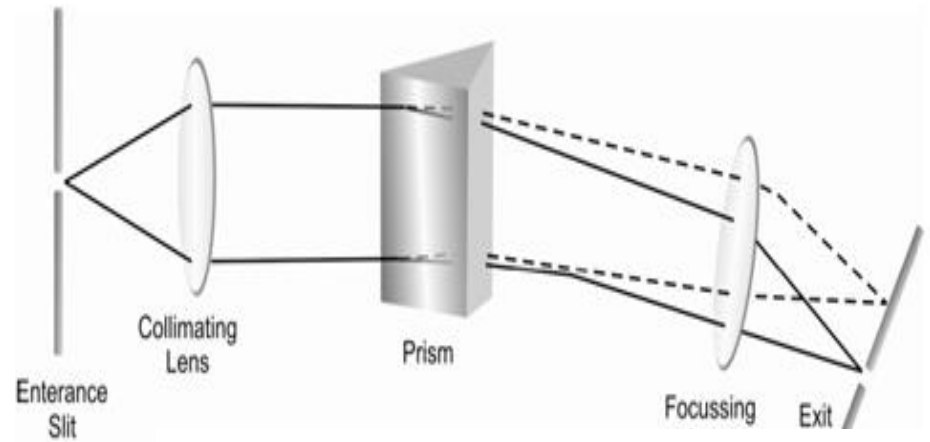
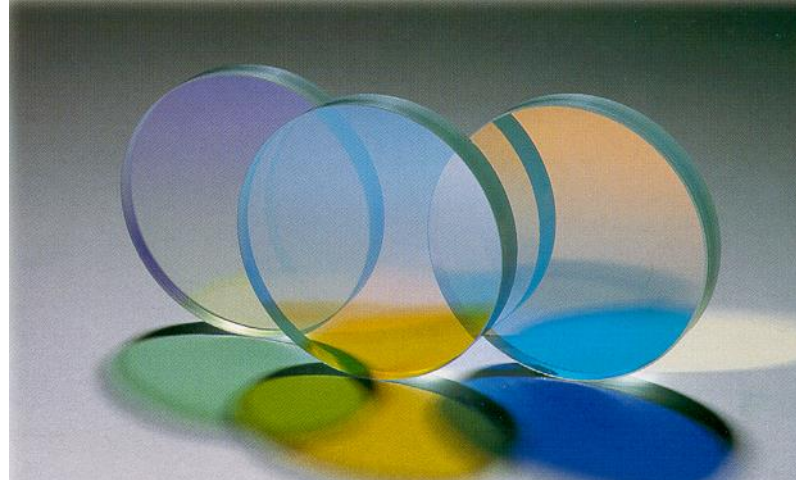
Lampada al Deuterio $D_2 \rightarrow \lambda$ nell'UV

- $D_2 + \text{energia elettrica} \rightarrow D_2^* \rightarrow D_2 + h\nu$
- Intervallo di utilizzazione:
 $\lambda = 160-380$ nm

MONOCROMATORI



MONOCROMATORI



Reticolo monocromatore di Czerny-Turner

CELLE O COUVETTE

Sono la componente destinata a contenere il campione da esaminare. Oltre ad essere **trasparenti** alla radiazione impiegata, devono avere un ben preciso cammino ottico (la lunghezza percorsa dalla radiazione nel campione) che dovrà essere sufficiente ad avere assorbimenti rilevabili dallo strumento.

In **UV** si utilizzano celle in **quarzo** (SiO_2).

Nel **visibile** in **vetro** o quarzo o alcuni materiali **plastici**.

In **IR** si rendono necessarie celle in NaCl, KBr, CaF_2 .



Intervallo di trasparenza:

- Silice 150-3000 nm
- Vetro 375-2000 nm
- Plastica 380-800 nm

AZZERAMENTO CONTRO IL BIANCO

Quando il raggio di luce monocromatica investe la celletta contenente il campione, avvengono diversi fenomeni: **riflessione**, **rifrazione**, **assorbimento** da parte delle pareti della celletta, del solvente e di tutti i reattivi aggiunti per formare il composto da esaminare.

L'assorbanza effettivamente misurata risentirebbe quindi di numerosi fattori non legati alla concentrazione della sostanza in esame, portando quindi ad errori nella determinazione della concentrazione di quest'ultima.

Per aggirare questo problema, prima di misurare l'assorbanza del campione in esame, **si azzerava l'assorbanza** introducendo il “**bianco**”, cioè una celletta identica a quella del campione e che contiene una soluzione il più possibile simile a quella del campione ma in cui è assente la sola sostanza in esame.

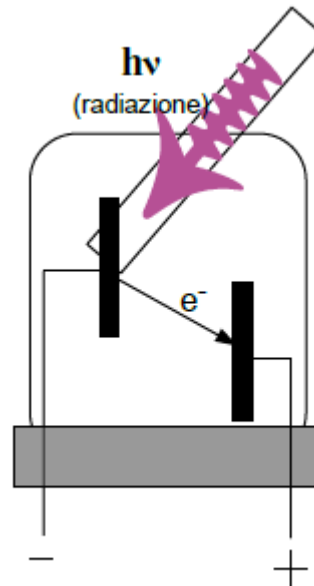


RIVELATORE O DETECTOR

Sono dispositivi capaci di produrre un segnale elettrico che dipende dall'energia delle radiazioni che lo investe. Tale segnale elettrico viene poi trasferito a un indicatore digitale o analogico.

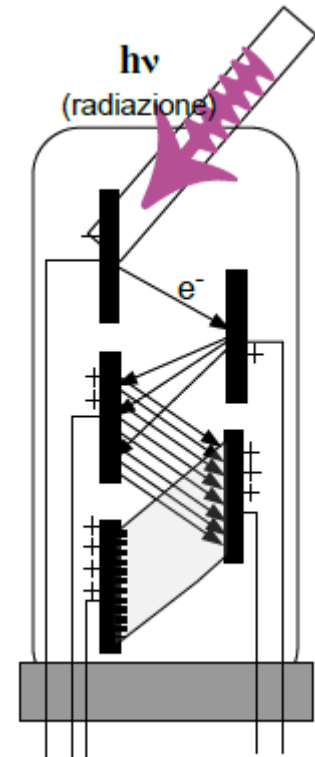
CELLE
FOTOVOLTAICHE

FOTOTUBI



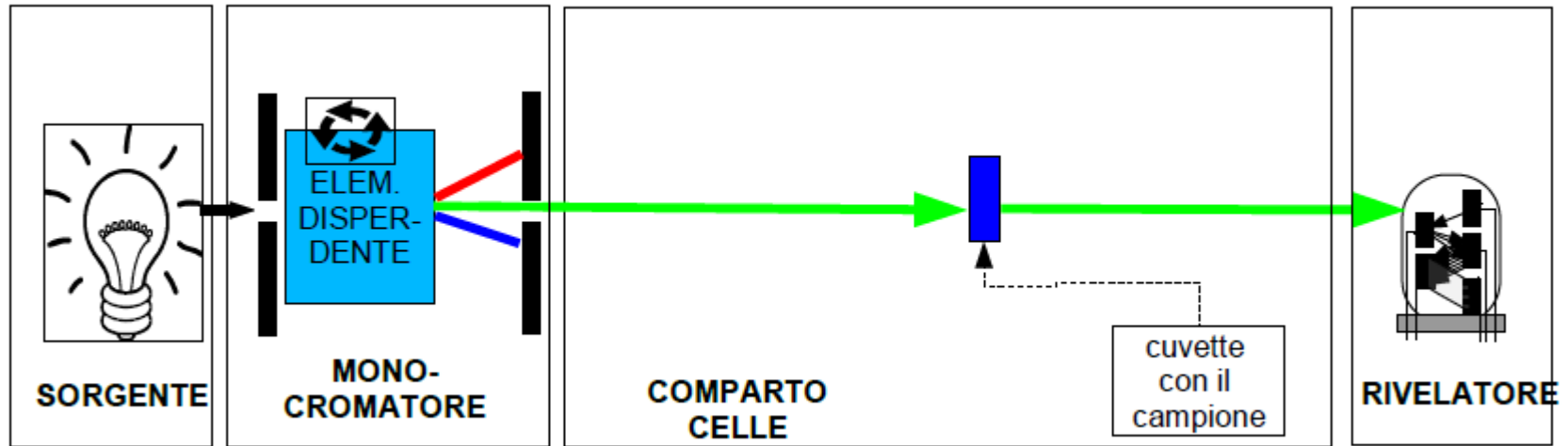
FOTODIODI

FOTO
MULTIPLICATORI



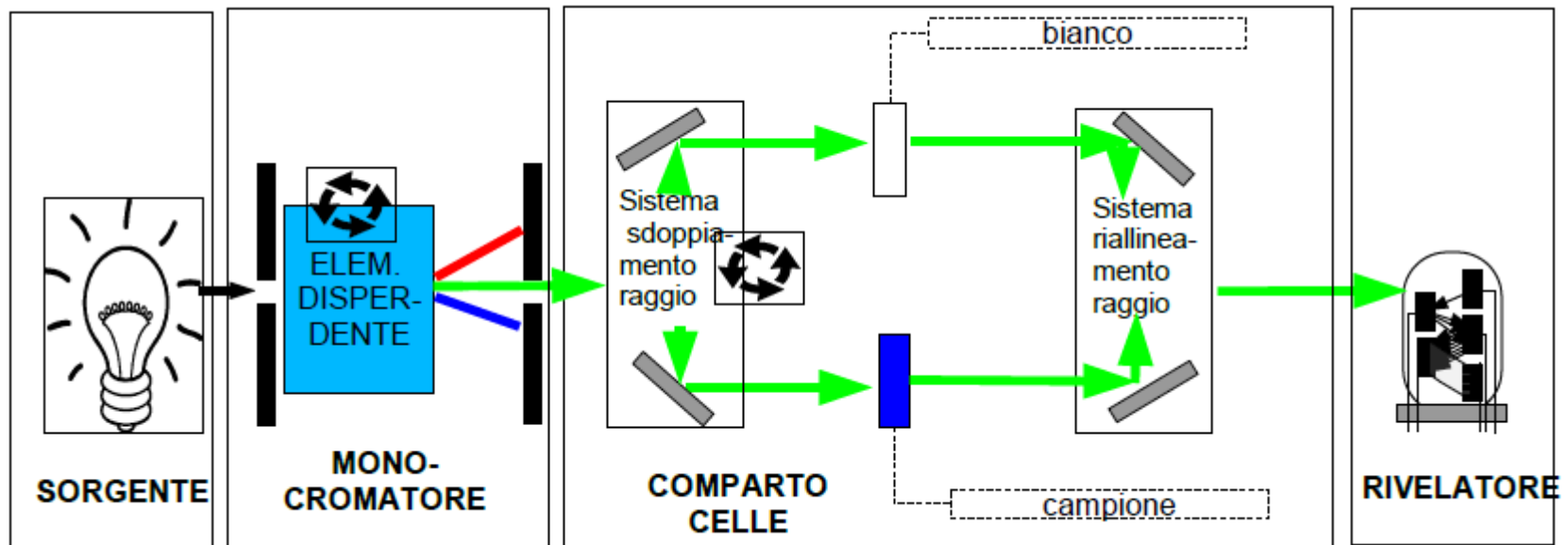
- Le celle **fotovoltaiche** e **fotoconduttive** sono basate su semiconduttori che generano ai loro capi una d.d.p. direttamente proporzionale all'intensità della radiazione incidente. Sono poco sensibili e non coprono tutto l'UV-visibile, tuttavia sono resistenti e poco costose: per questo motivo vengono utilizzate in colorimetri o semplici fotometri di basso prezzo.
- Il **fototubo** E' realizzato inserendo due elettrodi in una ampolla sotto vuoto, con una finestra (in quarzo) per il passaggio della radiazione luminosa. Il catodo (elettrodo negativo) e rivestito di un materiale fotosensibile che liberi facilmente elettroni (come il cesio), e tra anodo e catodo viene applicata una d.d.p.. Ha prestazioni superiori alle celle fotovoltaiche e fotoconduttive.
- Il **fotomoltiplicatore** E' una variante del fototubo, ma con un accorgimento per aumentarne notevolmente la sensibilità. Vi sono infatti una serie di elettrodi (dinodi) contrapposti, in opportuno materiale, ai quali vengono applicati potenziali crescenti. In questa maniera gli elettroni vengono accelerati da un dinodo all'altro e ad ogni urto liberano più elettroni, moltiplicando così gli effetti finali (con amplificazioni dell'ordine 10^6 - 10^9). Sono quindi molto sensibili (e costosi).
- I **fotodiodi**, infine, sono microscopici circuiti su chip di silicio o Germanio, che variano la loro d.d.p. se investiti da radiazioni luminose. Hanno sensibilità inferiore ai fotomoltiplicatori, ma presentano il vantaggio di poter essere inseriti in grande numero su un singolo chip di silicio, prestandosi così in modo efficace alla costruzione di *spettrofotometri a serie di diodi* .

SPETTROFOTOMETRO MONORAGGIO



Gli **spettrofotometri monoraggio**, sono usati prevalentemente in analisi quantitativa e non sono comodi per ottenere spettri di assorbimento. La difficoltà nell'ottenere uno spettro sta nel fatto che **per ogni misura ad ogni λ si deve ripetere l'azzeramento contro il bianco**, oppure registrare prima lo spettro del bianco, poi lo spettro del campione ed infine sottrarre al secondo il primo.

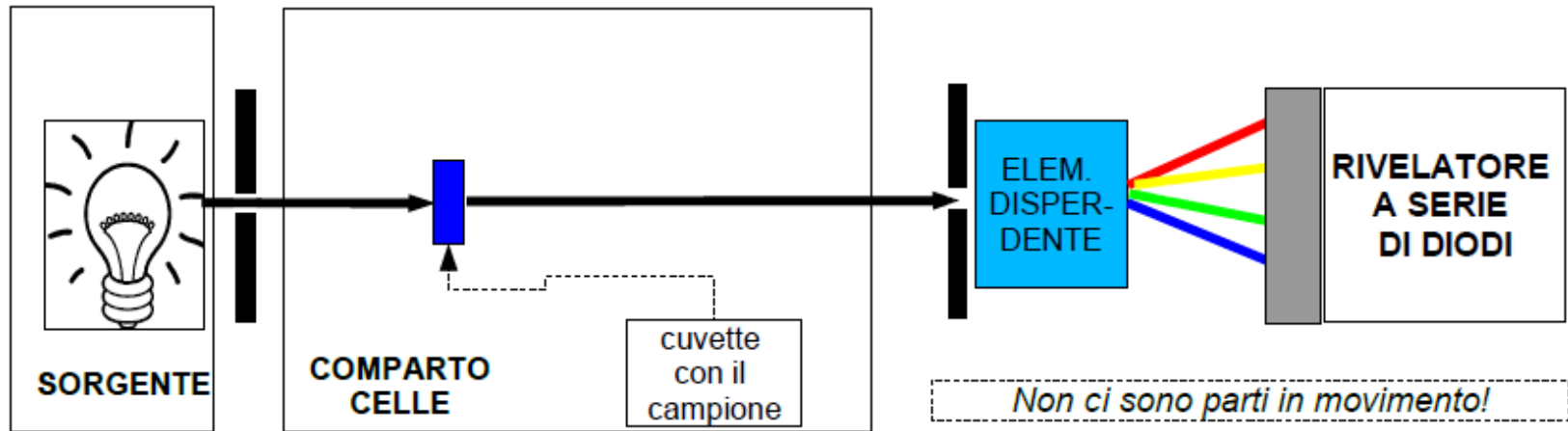
SPETTROFOTOMETRO DOPPIO RAGGIO



Negli **spettrofotometri a doppio raggio** si ha invece un sistema che invia due raggi, identici per frequenza e intensità, uno attraverso il campione e l'altro attraverso il bianco, per cui si ha un confronto continuo tra l'assorbanza del campione e quella del bianco.

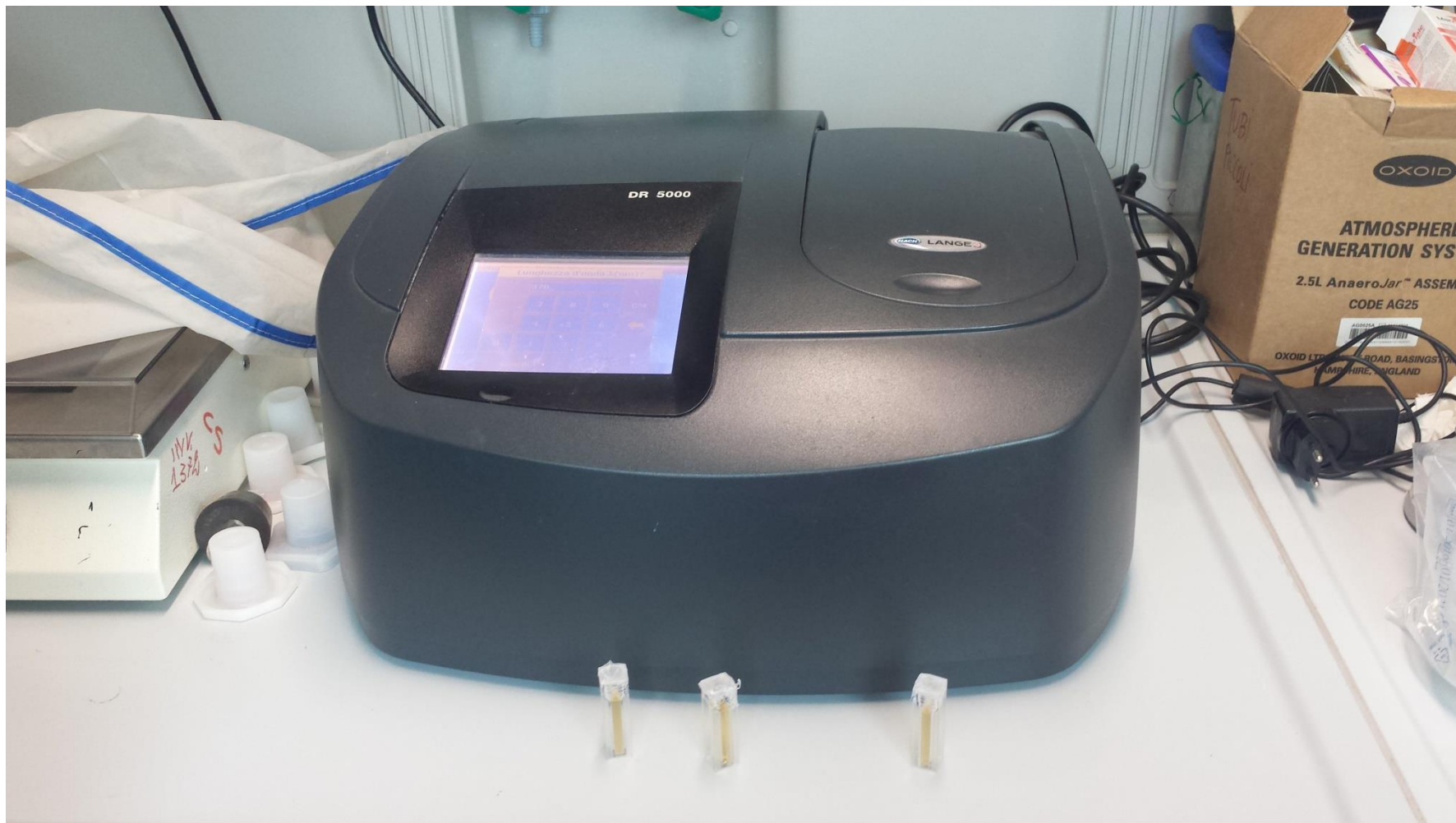
Grazie a queste caratteristiche è possibile effettuare misure direttamente a qualsiasi λ senza ripetere azzeramenti, e soprattutto registrare continuamente lo spettro di assorbimento fondamentale ai fini qualitativi.

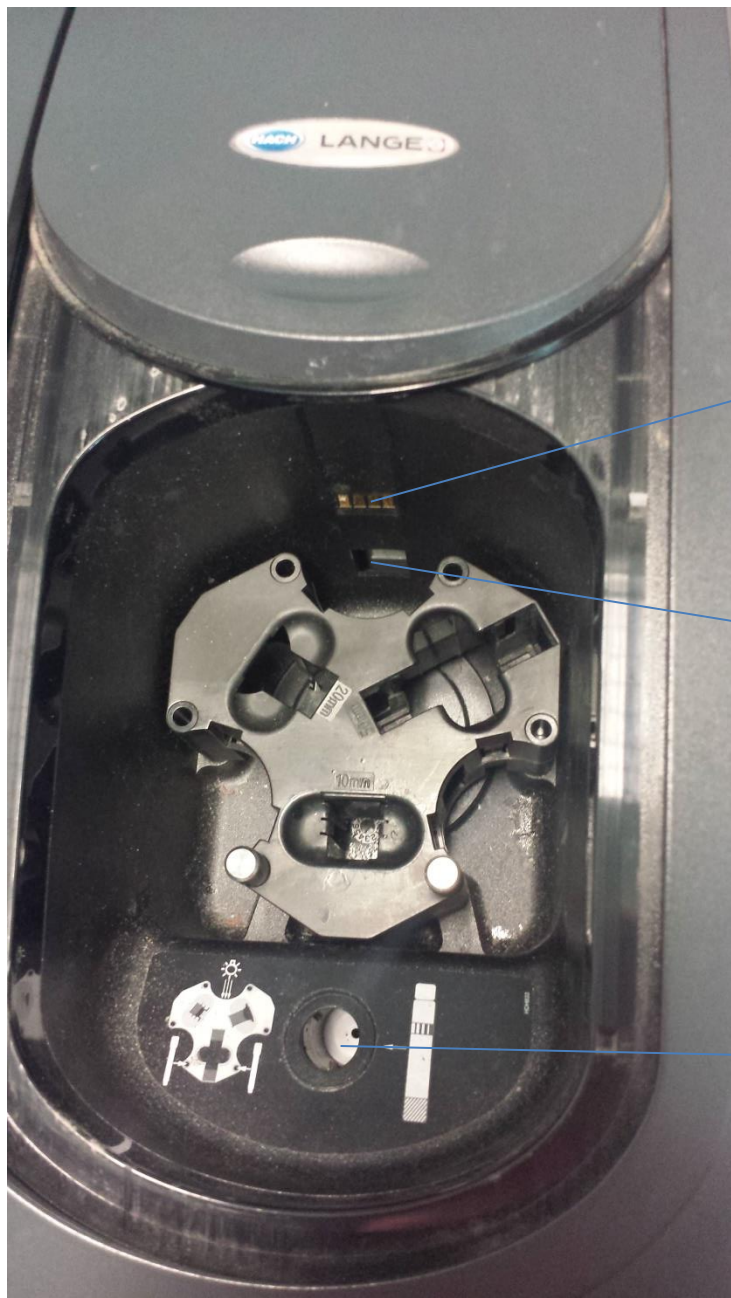
SPETTROFOTOMETRI A SERIE DI DIODI



Esistono poi **strumenti UV-visibile a serie di diodi**, in cui il rivelatore è costituito da un chip con centinaia di fotodiodi allineati, ognuno dei quali misura la particolare banda di radiazione inviata dall'elemento dispersivo. Tali strumenti non hanno una risoluzione elevata, ma presentano però una caratteristica notevole: registrano simultaneamente, in 1/10 di secondo, tutto lo spettro.

SPETTROFOTOMETRO HACH LANGE DR 5000





LETTORE CODICE A BARRE DI
«BIANCHI» TARATI
STANDARDIZZATI PER LO
STRUMENTO

INGRESSO RAGGIO INCIDENTE

SPAZIO PER L'INSERIMENTO DI
COUVETTE STANDARDIZZATE

VALUTAZIONE DI NITRATI

LCK 339

0.23 – 13.50 mg/L NO₃-N / 1 – 60 mg/L NO₃

Principio

Ioni nitrato reagiscono in soluzione di acido solforico-fosforico con 2.6-dimetilfenolo dando 4-nitro-2.6-dimetilfenolo.

Applicazione

Acque di scarico (v. "interferenze"), acqua potabile, acqua grezza, acque di superficie, terreni, substrati, soluzioni nutritive

Interferenze

Gli ioni elencati in **T1** sono stati verificati singolarmente fino alle concentrazioni specificate e non causano interferenze. Non sono stati verificati eventuali effetti cumulativi e l'influenza di altri ioni.

Con la presenza di sostanze organiche ossidabili (COD) in forti concentrazioni, il reattivo cambia colore e provoca risultati in eccesso. Per questo motivo, il test si può usare solamente per acque con concentrazioni di COD inferiori a 200 mg/L.

I risultati sono da verificare con un controllo (diluizione e/o soluzione additiva).

Eliminazione interferenze

Concentrazioni di nitriti superiori a 2.0 mg/L disturbano (valori in eccesso) e possono essere eliminati con l'aggiunta di acido amidosulfonico.

I cloruri vanno precipitati sottoforma di cloruri d'argento con solfato d'argento.

In caso di forti concentrazioni di calcio la soluzione si presenta torbida. Può essere letta legando il calcio con EDTA.

pH campione3 – 10

Temperatura campione/reagenti20 – 24°C

Variazioni della temperatura influenzano la correttezza del valore misurato.

Fra il prelievo del campione e l'analisi non devono passare più di 3 ore. **Mettere in fresco!**

T1

500 mg/L: K⁺, Na⁺, Cl⁻

100 mg/L: Ag⁺

50 mg/L: Pb²⁺, Zn²⁺, Ni²⁺, Fe³⁺, Cd²⁺, Sn²⁺, Ca²⁺, Cu²⁺

10 mg/L: Co²⁺, Fe²⁺

5 mg/L: Cr⁶⁺

Abbiamo preparato la **couvette LCK 339** caricando al suo interno 200 µl di 2,6 dimetilfenolo e 1ml del refluo di Nola di cui volevamo valutare la concentrazione in nitrati. Lo strumento ci ha restituito una concentrazione in Nitrati di circa 3,19 mg/l.

Ioni nitrato reagiscono in soluzione di acido solforico-fosforico con 2.6-dimetilfenolo dando 4-nitro-2.6-dimetilfenolo.

VALUTAZIONE DI NITRITI

LCK 341

0.015 – 0.6 mg/l NO₂-N / 0.05 – 2.0 mg/l NO₂

Principio

I nitriti reagiscono in soluzione acida con ammine aromatiche primarie formando sali di diazonio. Questi formano con complessi aromatici, contenenti un gruppo ammino o idrossilico, coloranti azoici intensamente colorati.

Applicazione

Acqua potabile, acqua da tavola, acqua minerale, acque di superficie, acque di scarico

Interferenze

Gli ioni elencati in **T1** sono stati verificati singolarmente fino alle concentrazioni specificate e non causano interferenze. Non sono stati verificati eventuali effetti cumulativi e l'influenza di altri ioni.

Ioni cromo(VI) disturbano.

Ioni rame(II) disturbano l'analisi anche in concentrazioni inferiori a 1 mg/l.

I risultati sono da verificare con un controllo (diluizione e/o soluzione additiva).

pH campione3 – 10

Temperatura campione/reagenti15 – 25°C

Fra il prelievo del campione e l'analisi non devono passare più di **3 ore**.

T1

2000 mg/l: Cl⁻, SO₄²⁻

1000 mg/l: K⁺, NO₃⁻

500 mg/l: NH₄⁺, PO₄³⁻, Ca²⁺

100 mg/l: Mg²⁺

50 mg/l: Cr³⁺


25 mg/l: Co²⁺, Zn²⁺, Cd²⁺, Mn²⁺, Hg²⁺

12 mg/l: Ni²⁺

10 mg/l: Ag⁺, Fe²⁺

5 mg/l: Sn⁴⁺, Fe³⁺

Abbiamo preparato la **cuvette LCK 341** caricando al suo interno 2ml di campione di refluo da analizzare, la cuvette di colora di rosa e mostra una concentrazione di Nitriti di 0,1002 mg/l.
I nitriti reagiscono in soluzione acida con ammine aromatiche primarie formando sali di diazonio. Questi formano con complessi aromatici, contenenti un gruppo ammino o idrossilico, coloranti azoici intensamente colorati.

A vibrant rainbow arches across a cloudy sky over a green field. The rainbow is the central focus, with its colors clearly visible. The sky is filled with dark, dramatic clouds, and the ground below is a lush green field. The overall scene is a classic representation of a rainbow after a storm.

“Non solo la potenza atomica verrà sprigionata, ma un giorno imbrighieremo la salita e la discesa delle maree e imprigioneremo i raggi del sole.”

Cit. THOMAS ALVA EDISON