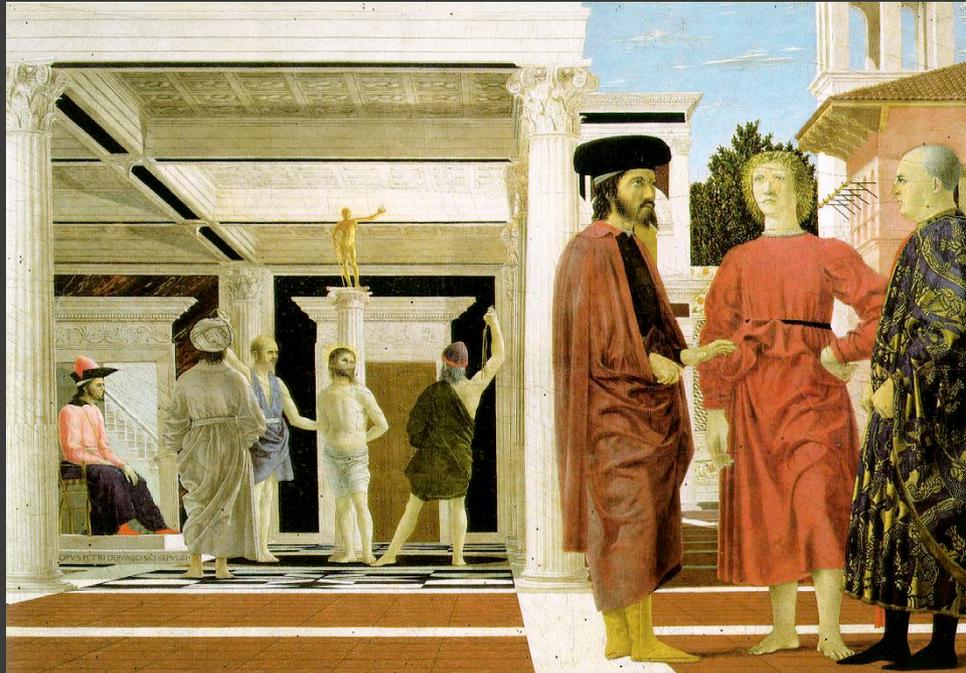


Arte della Scienza e con la Scienza: colore e nero

Paolo Strolin (Univ. Federico II e INFN, Napoli)



Piero della Francesca, *La flagellazione di Cristo* (1464)
Galleria Nazionale delle Marche, Urbino

ICONA DI INTEGRAZIONE ARTE - SCIENZA
(prospettiva geometrica)

ARTE DELLA SCIENZA

La Scienza é un'Arte ?

| ARTE SCIENZA | Creatività | Entusiasmo | Metodologia | Tecnica | Bellezza |
|-----------------|------------|------------|-------------|---------|----------|
| Creatività | ✓ | | | | |
| Entusiasmo | | ✓ | | | |
| Metodologia | | | ✓ | | |
| Tecnica | | | | ✓ | |
| Bellezza | | | | | ✓ |

Stessi ingredienti, in misura diversa

Formazione

| | ARTE | Istruzione | “Andare a bottega” |
|----------------|------|------------|--------------------|
| SCIENZA | | | |
| Istruzione | | ✓ | |
| Lavoro di Tesi | | | ✓ |

Il padre Lodovico mette “a bottega” Michelangelo Buonarroti :

”Onde Lodovico, avendo amistà con Domenico Ghirlandai pittore, andatosene a la sua bottega, gli ragionò a lungo di Michele Agnolo. Perché Domenico, visto alcuni suoi fogli imbrattati, giudicò essere in lui ingegno da farsi in questa arte mirabile e valente.

.....

Prese Domenico il fanciullo per tre anni”

(G. Vasari, *Le vite de' piú eccellenti architetti, pittori, et scultori italiani*, Firenze, 1550)

Arte, Scienza e Artigianato



Esperimento Borexino al Laboratorio INFN del Gran Sasso

Immagine da *Expedition Zukunft*

http://de.expedition-zukunft.org/alias/Jubilaeumsfeier:_Die_Woche_der_Astroteilchenphysik/1010594.html

**PUNTO DI INCONTRO:
PASSIONE E IMPEGNO PER CREAZIONE DI BELLEZZA**

ARTE CON LA FISICA: VIAGGIO NEI COLORI

“Colore oggettivo” in fisica classica

Teoria tricromatica: “astrazione” che unisce

Dall’Impressionismo a Matisse

“Colore soggettivo” nella percezione visiva

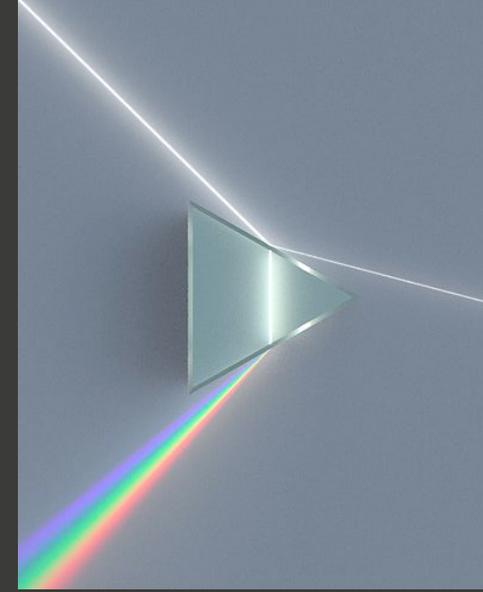
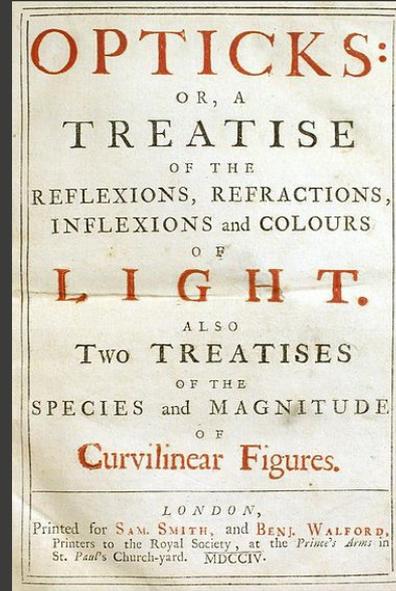
Tecnologia del colore

“Colore dei quarks”

ARTE CON LA FISICA: VIAGGIO NEI COLORI

Colore “oggettivo” in fisica classica

Dispersione cromatica per “rifrazione”



LA LUCE SOLARE È UN MISCUGLIO DI COLORI

- svelato da rifrazione in un prisma ottico (Newton, 1672)
- visto nell'arcobaleno (goccioline d'acqua nell'atmosfera)

COLORE STRETTAMENTE COLLEGATO ALLA “LUNGHEZZA D'ONDA” DELLA LUCE: “COLORE OGGETTIVO”

Arte per la Fisica



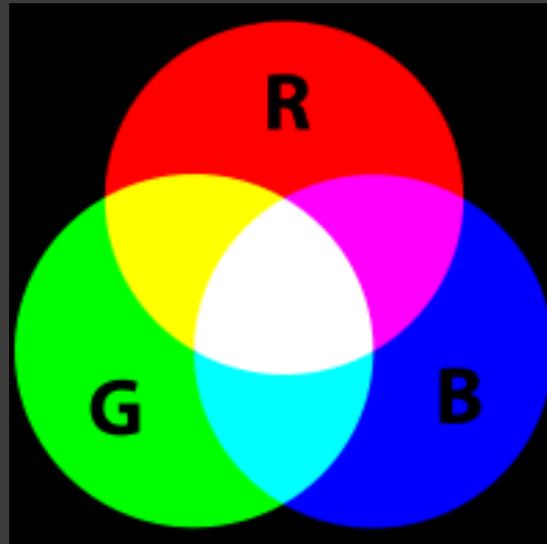
Luigi Ghirri, dalla Mostra *Viaggio in Italia*, Bari (1984)
Museo di Fotografia Contemporanea, Milano

**DA UN'UMILE POZZANGHERA PUÒ PROIETTARSI VERSO IL
CIELO UN ARCOBALENO**

ARTE CON LA FISICA: VIAGGIO NEI COLORI

**Teoria tricromatica del colore:
“astrazione” che unisce
(come la matematica)**

Teoria tricromatica del colore



TUTTI I COLORI DELLA TAVOLOZZA SONO
“SINTETIZZABILI” COME MISCUGLI DEI 3 “COLORI BASE”
ROSSO, **VERDE** E **BLU**

IL “COLORE BIANCO” (NEUTRO) È UN LORO MISCUGLIO IN
PARTI EGUALI

Astrazione che unisce (come la Matematica)

*La Matematica è una “astrazione”:
porta il contingente sul piano del generale
e lo elabora con le sue potenti regole*

2 x 2 = 4 si può riferire a mele, cocomeri o ...

Abbiamo smesso di usare “pallottoliere”

La Teoria del colore unisce Arte e Scienza

ARTE CON LA FISICA: VIAGGIO NEI COLORI

Dall'Impressionismo a Matisse

L'Arte impara la Fisica: "Impressionismo"

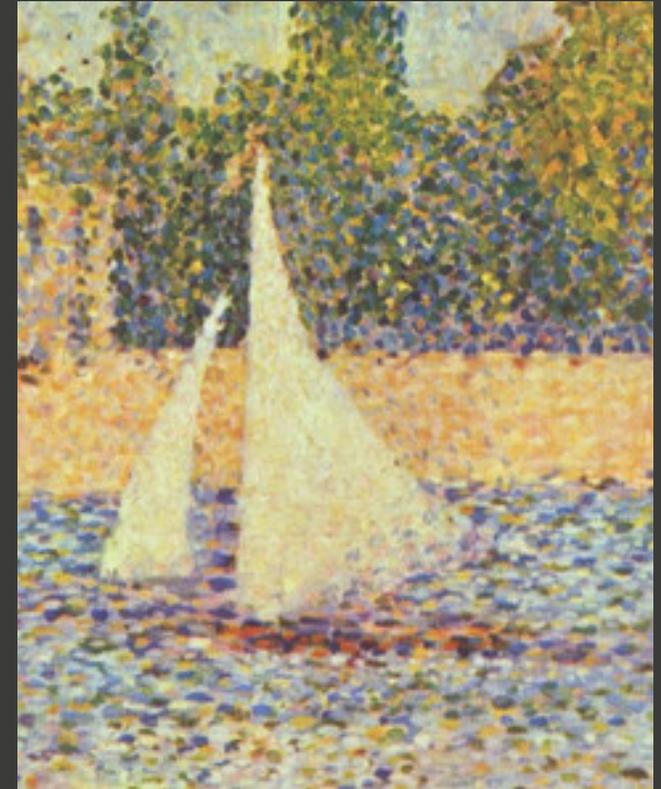


Claude Monet, *Regata ad Argenteuil* (1872)
Musée d'Orsay, Parigi

"TOCCHI-COLORE"

Luminosità ottenuta scomponendo la luce
"Impressione" dall'immagine ricomposta nel cervello

L'Arte impara la Fisica: “Puntinismo”



Georges Seurat, *La Senna alla Grande Jatte – Primavera* (1888)
Musées Royaux des Beaux Arts de Belgique, Bruxelles

“PUNTI-COLORE”

Scienza e manierismo artistico

L'Arte libera il colore: "Fauvisme"



Georges Braque, *Baia a La Ciotat* (1907)
Musée National d'Art Moderne, Centre Pompidou, Parigi

"TOCCHI-COLORE LIBERI"

Ma ancora in funzione di uno scopo descrittivo

L'Arte libera forme-colore: Matisse



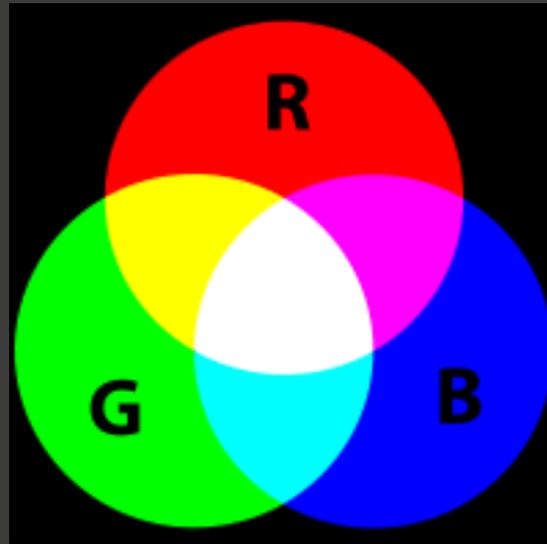
Henri Matisse, *Il parrocchetto e la sirena* (1952)
Stedelijk Museum, Amsterdam

“FORME-COLORE”
Libere e autonome
In una “composizione” con valenza intrinseca

ARTE CON LA FISICA: VIAGGIO NEI COLORI

**Colore “soggettivo”
nella percezione visiva**

Visione: sintesi del colore



RETINA: TRE RECETTORI, SENSIBILI A ROSSO, VERDE E BLU
(verificata l'Ipotesi di Young, 1807)

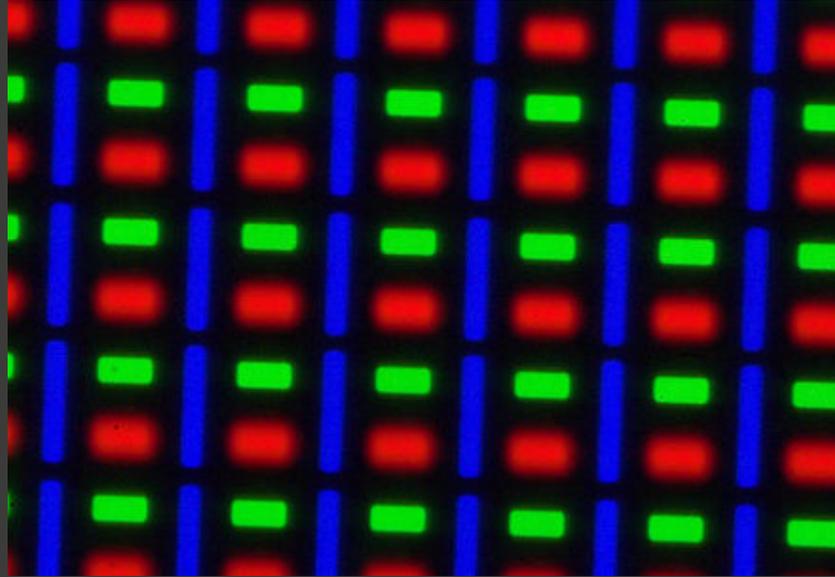
CERVELLO: OPERA UNA SINTESI CROMATICA

“COLORE SOGGETTIVO”: lo dimostra il daltonismo

ARTE CON LA FISICA: VIAGGIO NEI COLORI

Tecnologia del colore

Telefonino al microscopio: “pixels-colore”



TECNOLOGIA LED (LIGHT EMITTING DIODES)

“PIXELS” CON **ROSSO**, **VERDE** E **BLU** (CIRCA 0.1 x 0.1 mm²)

NON DISTINGUIBILI: SINTESI CROMATICA

ARTE CON LA FISICA: VIAGGIO NEI COLORI

“Colore dei quarks”

Forze e cariche

GRAVITAZIONE: “CARICA DI MASSA” +

Newton: $F = \text{costante} \times mM / r^2$

→ coesione pulviscolo galassie

ELETTRO-MAGNETISMO: “CARICA ELETTRICA” + o -

Coulomb: $F = \text{costante} \times qQ / r^2$

→ coesione atomi, molecole, ...

FORZA NUCLEARE

“CARICA DI COLORE”: ROSSO, VERDE o BLU

→ 3 quarks “confinati” entro protone e neutrone

→ coesione di protoni e neutroni in nuclei



I perché della forza nucleare

QUARKS CON “CARICA DI COLORE”

ROSSO, **VERDE** o **BLU**

oltre a carica elettrica



J-M Folon

PERCHE' UNA “SUA” CARICA ?

Perché no? La hanno le altre forze

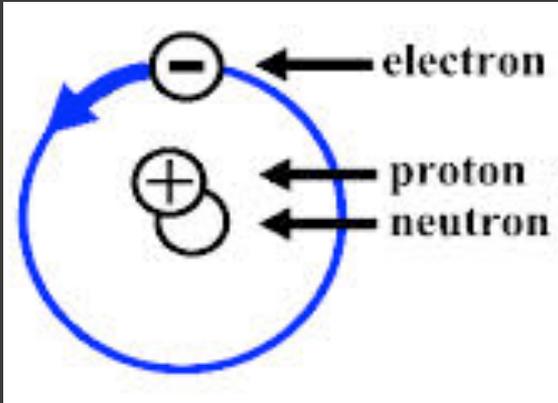
PERCHE' 3 QUARKS NEL PROTONE ?

PERCHE' “CONFINATI” ?

PERCHE' “CARICA DI COLORE” ?

PERCHE' **ROSSO**, **VERDE** o **BLU** ?

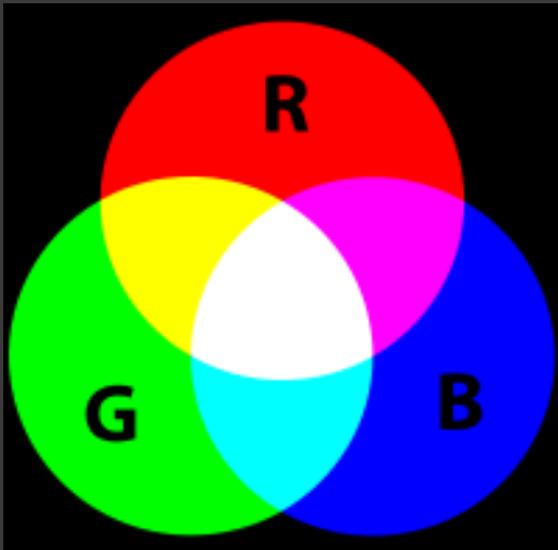
La carica totale è sempre neutra



ATOMO

carica elettrica $+Z -Z = 0$

NEUTRO



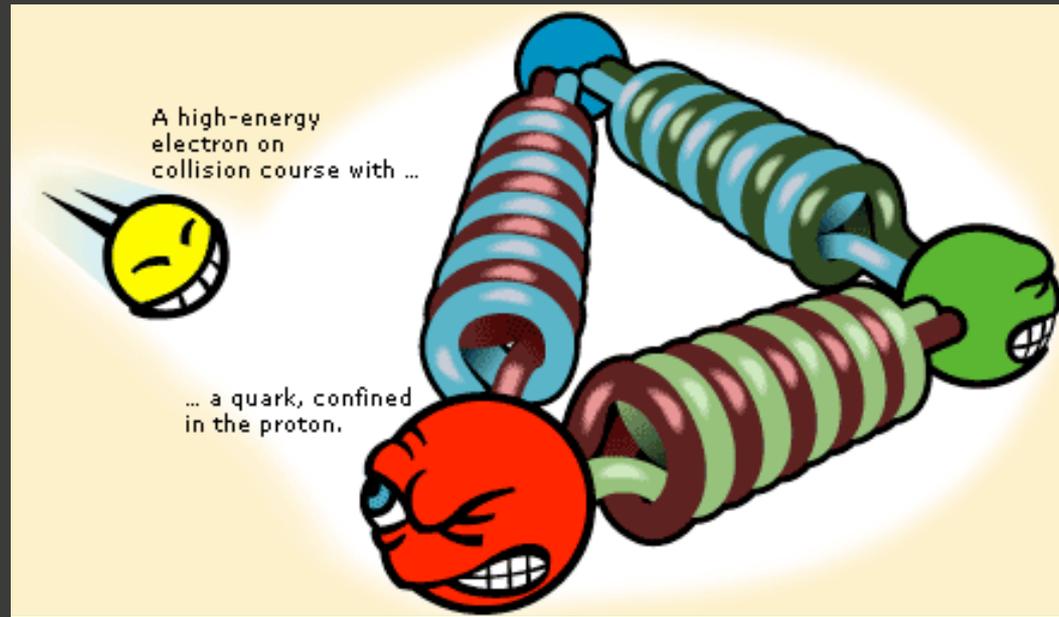
PROTONE e NEUTRONE

TRE QUARKS DI COLORE **D**IVERSO **I**VERSO **S**UO



COLORE TOTALE NEUTRO

Quarks confinati entro protone/neutrone



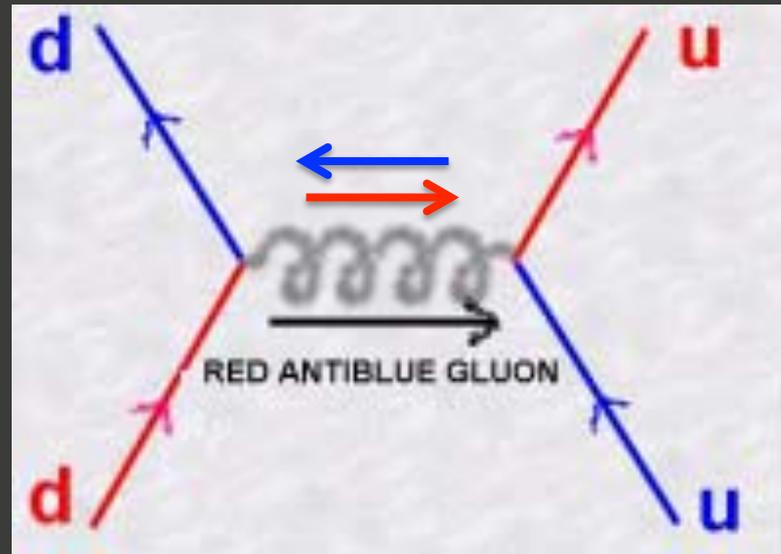
Da sito Web Premio Nobel per la Fisica 2004

**Quarks “come se” legati da forti molle
F aumenta con r**

(in elettrostatica diminuisce $F = \text{cost} \times 1/r^2$)

Le molle sono dette “gluoni” (glue=colla)

Perché i gluoni agiscono come una molla?



UN ESEMPIO

*Interazione di un quark rosso con uno blu
Mediante il gluone, i quarks si scambiano il colore*

**I gluoni trasportano colore:
non hanno colore neutro**

(i “fotoni” sono elettricamente neutri)

Vogliamo parlare del nero?

(assorbimento totale della luce)

DALLE

LINEE NERE DI FRAUNHOFER

NELLO SPETTRO DELLA LUCE SOLARE

ALLA

ESPANSIONE DELL'UNIVERSO

Una linea nera è Arte

(*“Espressionismo astratto”*)



Mark Rothko (1903-70)

Senza titolo (violetto, nero, arancione, giallo su bianco e rosso), 1949

Guggenheim Museum, New York

E ORA LINEE NERE IN:

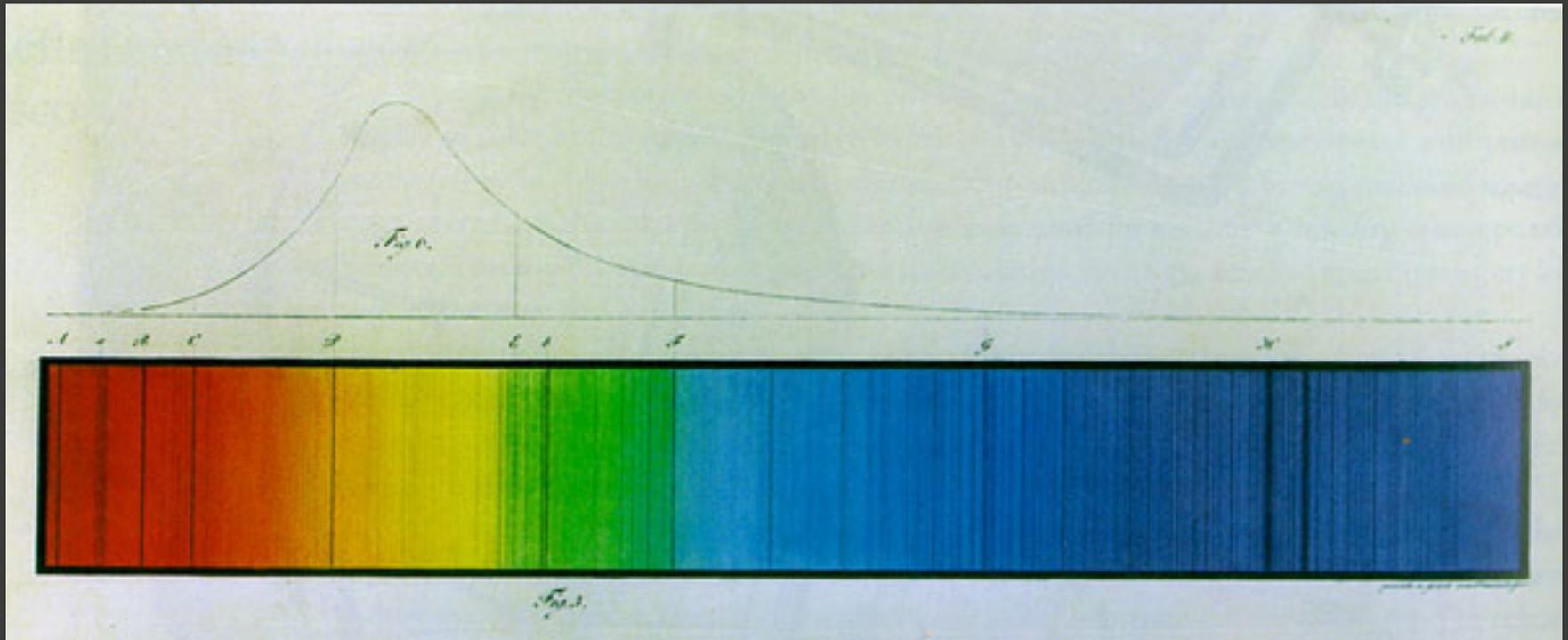
FISICA

CHIMICA

ASTROFISICA

COSMOLOGIA

Linee di Fraunhofer (1814)



Lo spettro della luce solare mostra delle righe nere
La luce emessa attraversa gas meno caldi negli strati più
esterni del Sole

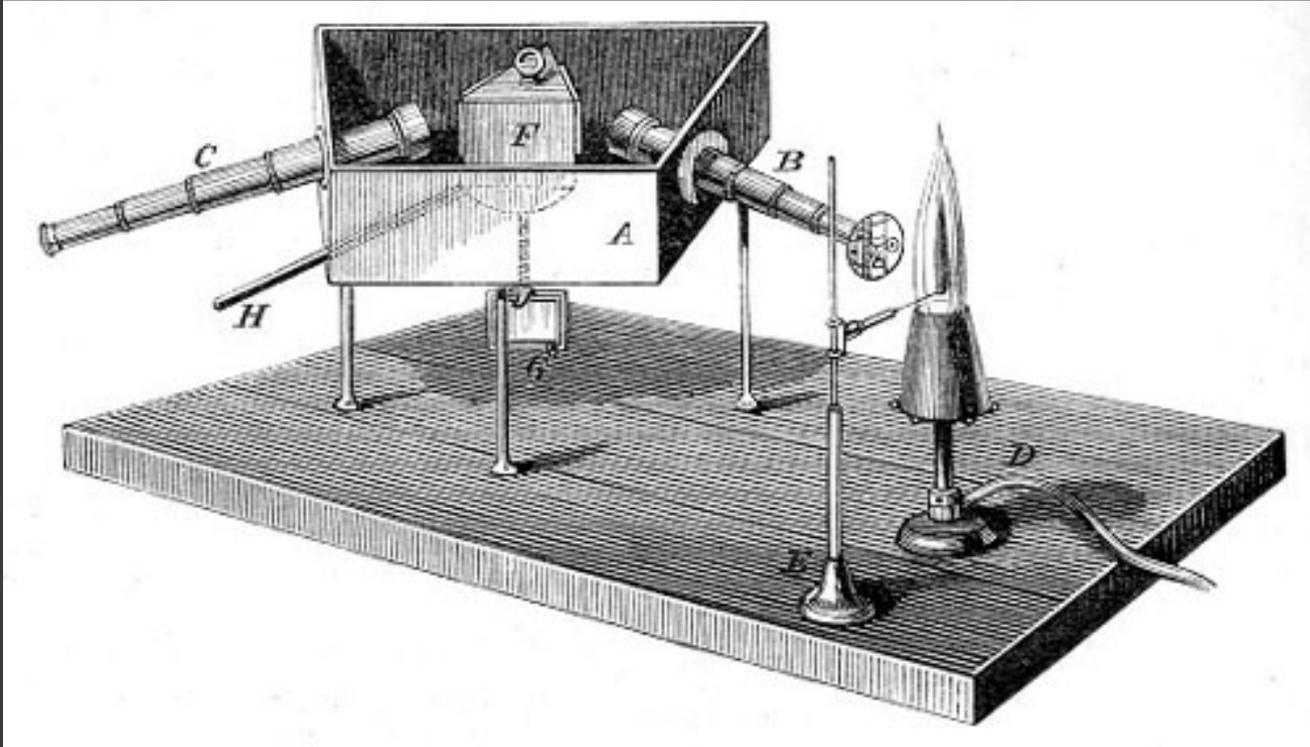
Assorbimento per determinate lunghezze d'onda λ

???

Spettroscopio di Fraunhofer (1814)



Spettroscopio di Kirchoff-Bunsen (1860)

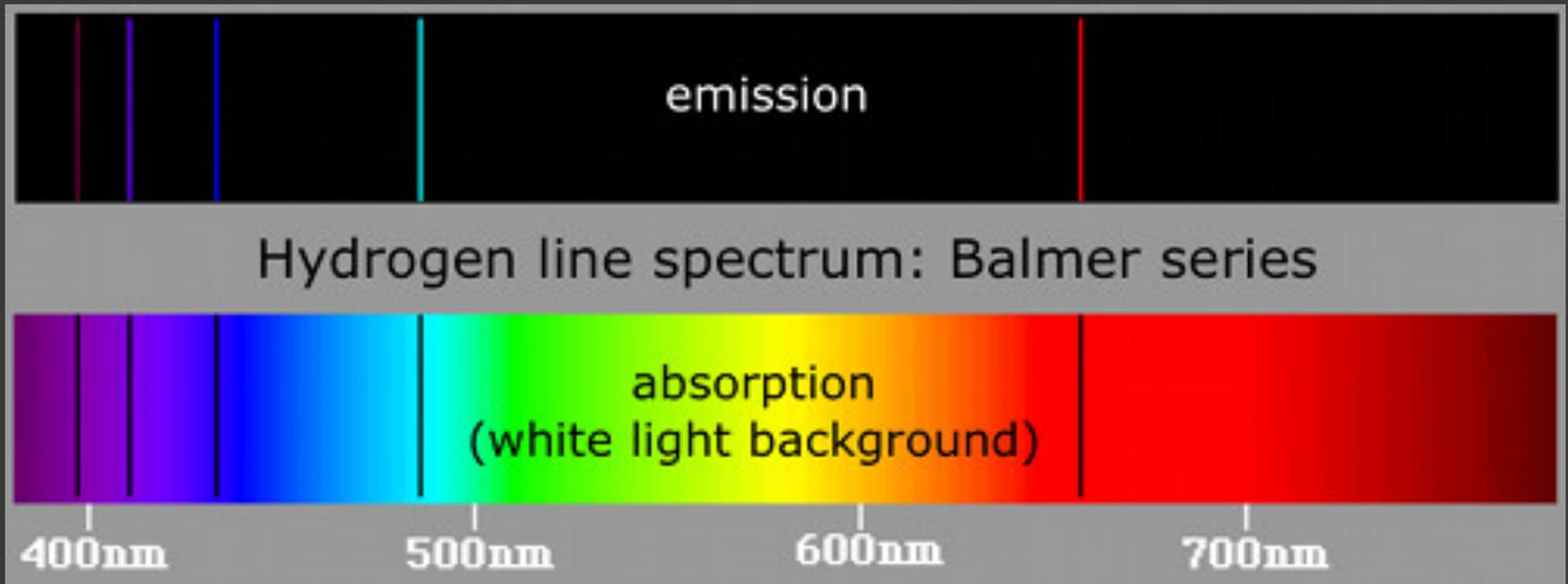


Studio di:

Linee assorbimento nello spettro della luce solare

Linee di emissione da parte di elementi chimici

Le linee colorate di emissione e nere di assorbimento coincidono



Le linee nere di assorbimento dipendono dalla
composizione chimica

Nasce l'analisi chimica spettroscopica: anche a distanza !

LINEE DI FRAUNHOFER

Astrofisica e Cosmologia

Spettroscopia: analisi chimica del Sole

“Se potessimo andare sul Sole e riportarne alcuni campioni per analizzarli nei nostri laboratori, non potremmo esaminarli più accuratamente di quanto possiamo fare con questo nuovo metodo di analisi spettrale”

(Warren De la Rue, intervento alla Chemical Society, 1861)

Spettroscopia: analisi chimica delle stelle

Le stelle non sono più solo
punti luminosi nel cielo

Le prime classificazioni delle
stelle (Angelo Secchi, 1870)

Fig. 1. (*1st type: Sirius, Vega, Altair, Regulus, etc.*)

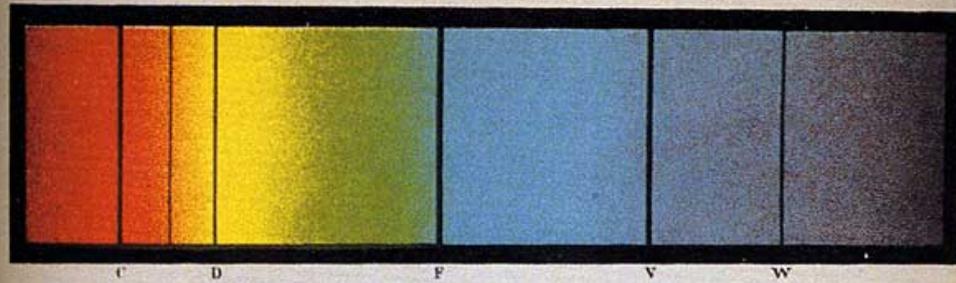


Fig. 2. (*2nd type: Sun, Pollux, Arcturus, Procyon, etc.*)

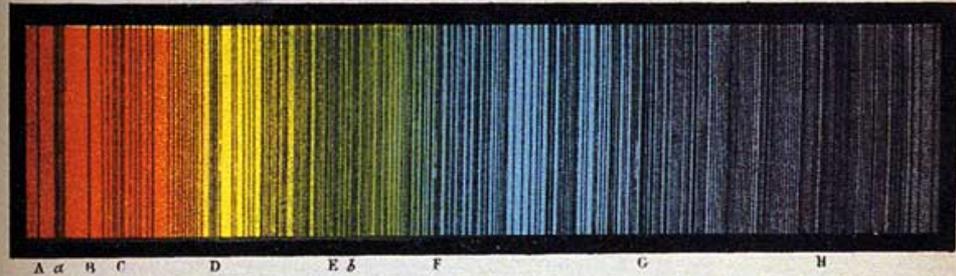


Fig. 3. (*3rd type: alpha Hercules, beta Pegasus, alpha of Orion, Antares, etc.*)

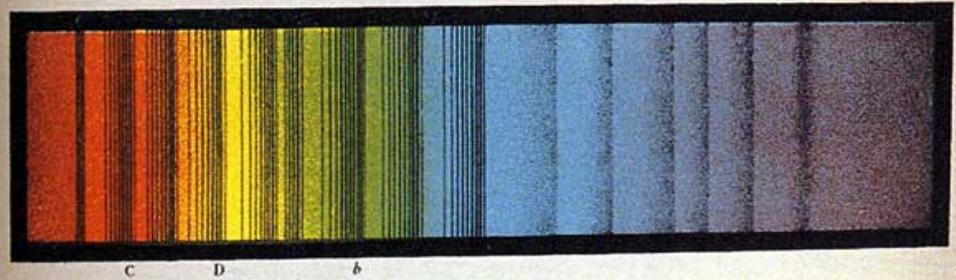
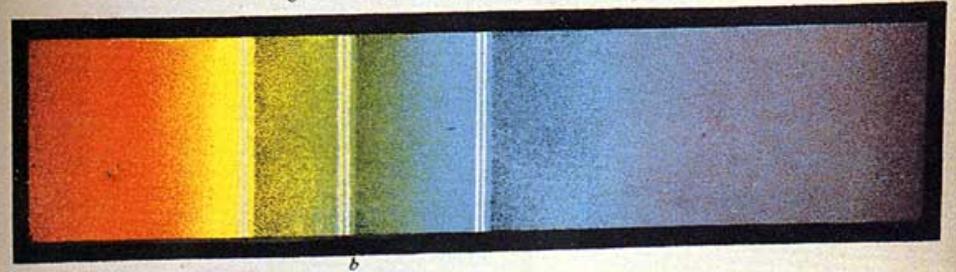


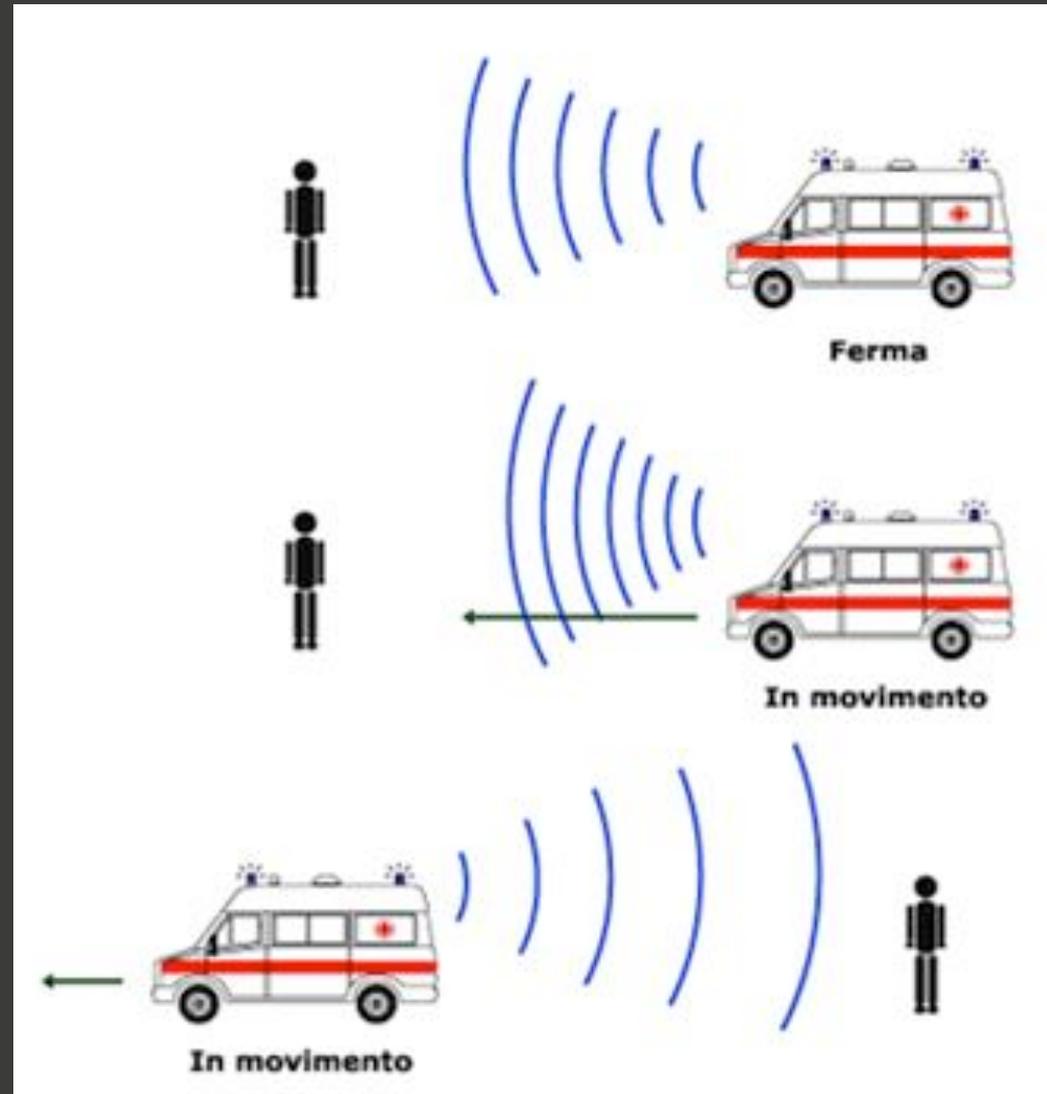
Fig. 4. (*4th type: 15c of Schjellerup.*)



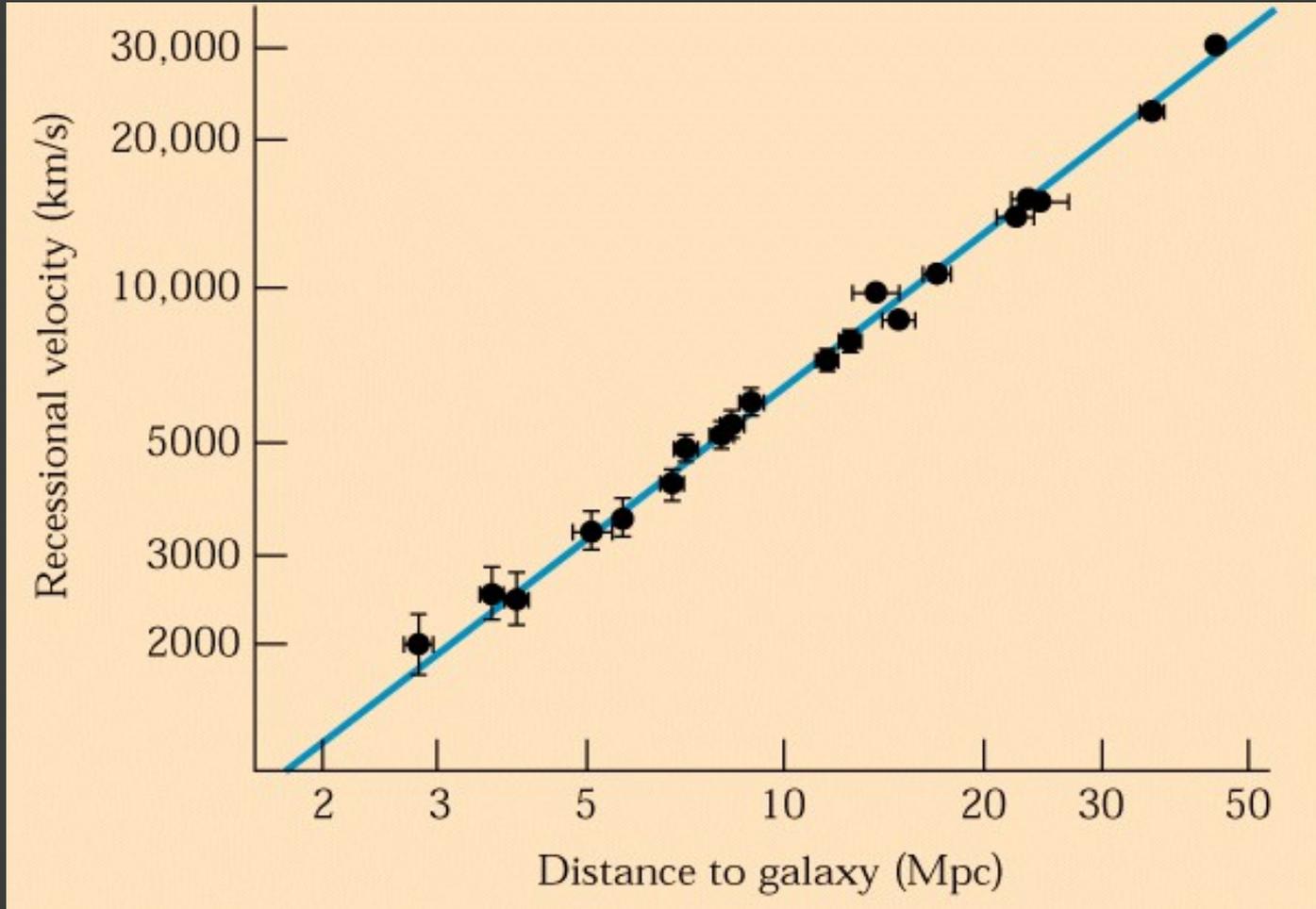
L'effetto Doppler vale anche per le stelle

La lunghezza d'onda e la frequenza dipendono dalla velocità della sorgente rispetto all'osservatore

Lo spostamento delle linee nere nello spettro permette di misurare la velocità delle stelle rispetto a noi



La legge di Hubble (1929)



Le stelle si allontanano da noi con una velocità tanto più grande quanto maggiore è la distanza da noi

L'Universo è in espansione (1)

Il colpo finale
all'Universo con
“stelle fisse” di
Aristotele

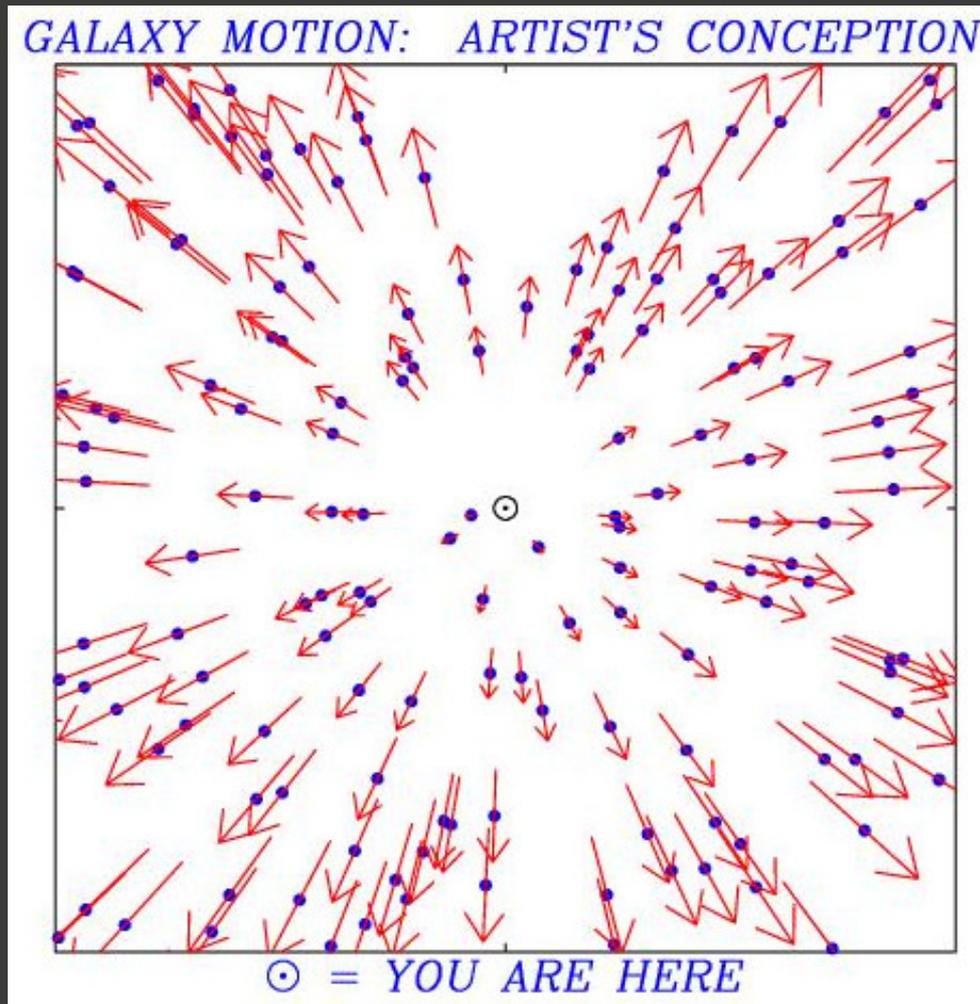
Evrart de Conty, *Livre des échecs amoureux moralisés*
(circa 1400)

Dettaglio di manoscritto
miniato (circa 1490)

Bibliothèque Nationale de
France, Paris



L'Universo è in espansione (2)



➔ Teoria del Big Bang

LINEE DI FRAUNHOFER

Fisica Quantistica

Le regolarità delle linee spettrali sono segnali di Fisica Quantistica (inizi '900)

Serie di Balmer per l'Idrogeno (1885), ...

Formula generale di Rydberg (1888)

(λ = lunghezza d'onda, $n_2 > n_1$)

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

n_1 e n_2 sono collegati alla quantizzazione dei livelli energetici degli elettroni nell'atomo

Modello planetario dell'atomo

1909: Rutherford scopre che la massa dell'atomo è concentrata in un nucleo (100.000 volte più piccolo dell'atomo)

Nasce il "Modello planetario": nucleo come Sole, elettroni come pianeti

In fisica classica le particelle cariche perdono energia percorrendo una traiettoria carica: gli elettroni dovrebbero perdere energia e cadere a spirale sul nucleo

Il modello planetario non regge

???

Atomo di Bohr (1913)

Misteriosi fatti sperimentali:

- Regolarità delle linee spettrali (formula di Rydberg)
- Effetto fotoelettrico e quantizzazione dell'energia emessa o assorbita
 $E = \text{Costante di Planck } h \times \text{frequenza}$



Orbite magiche

Gli elettroni sono stabili solo su determinate orbite, spaziate in energia in modo tale che le transizioni da una all'altra siano rappresentate dalla formula di Rydberg

W. Kandinsky (1913): orbite magiche?



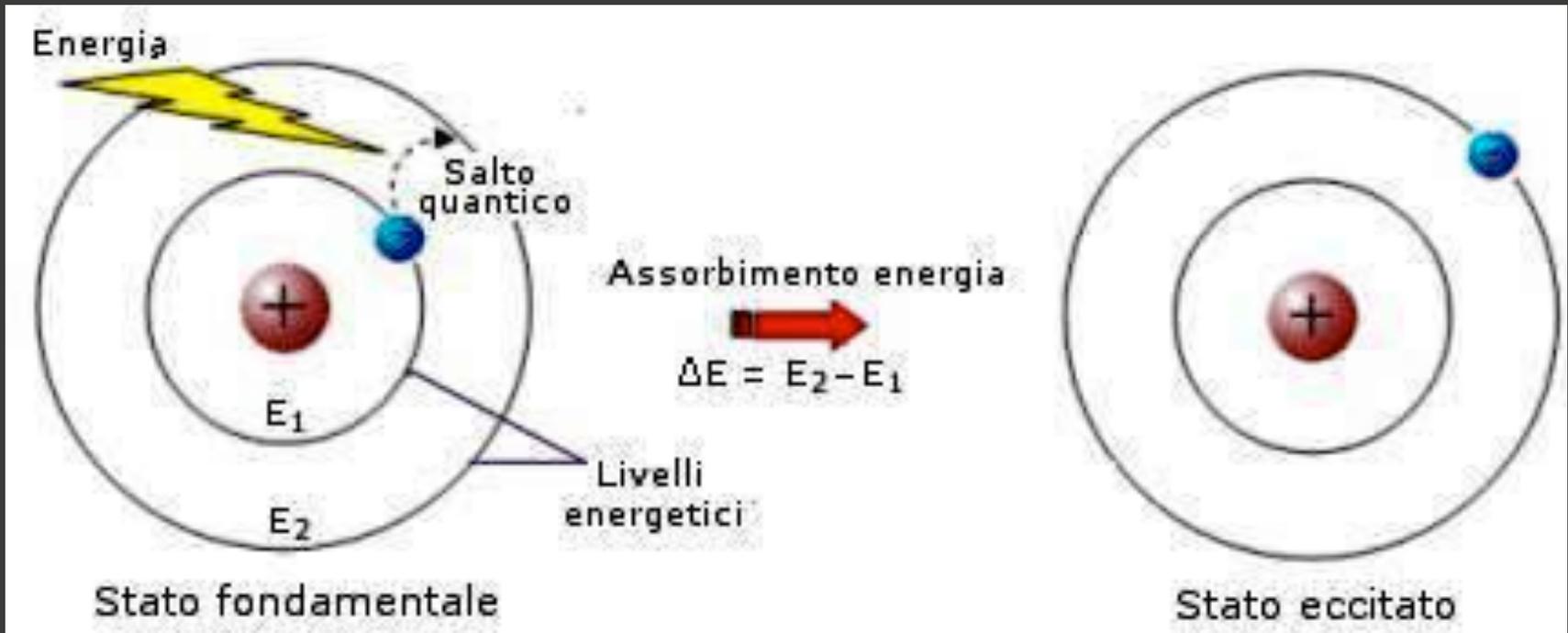
“Quadrati con anelli concentrici
Städtische Galerie im Lenbachhaus, Munich

Seguiva i progressi della Scienza

Della scoperta (1909) del nucleo atomico disse:

“Il collasso del modello atomico equivalse, nel mio spirito, a un collasso del mondo intero”

Le Linee di Fraunhofer corrispondono a “salti quantici”



Assorbimento: elettrone salta a energia superiore

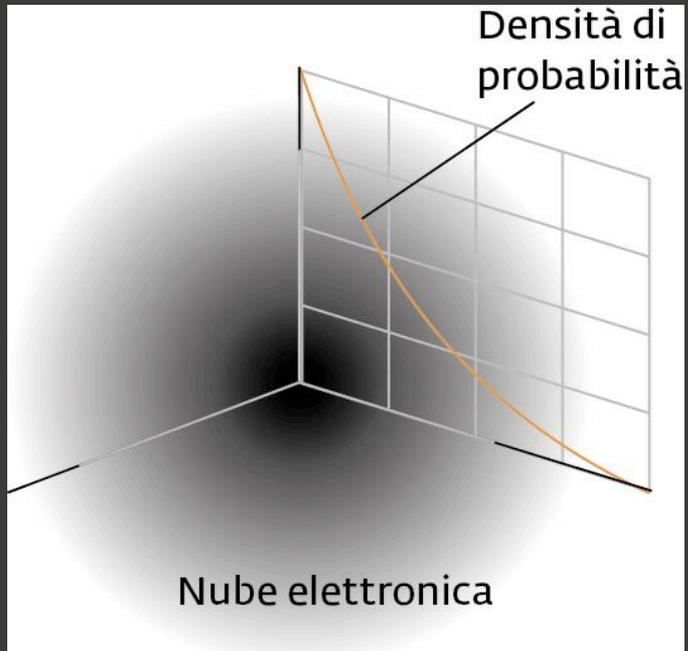
Emissione: da elettrone eccitato che torna ad energia inferiore

Da orbite magiche a “orbitali”

1924: Onde e particelle sono solo diverse rappresentazioni (de Broglie)

1927: Principio di indeterminazione (Heisenberg) per posizione e quantità di moto

1927: Equazione di Schrödinger per descrivere il comportamento delle particelle



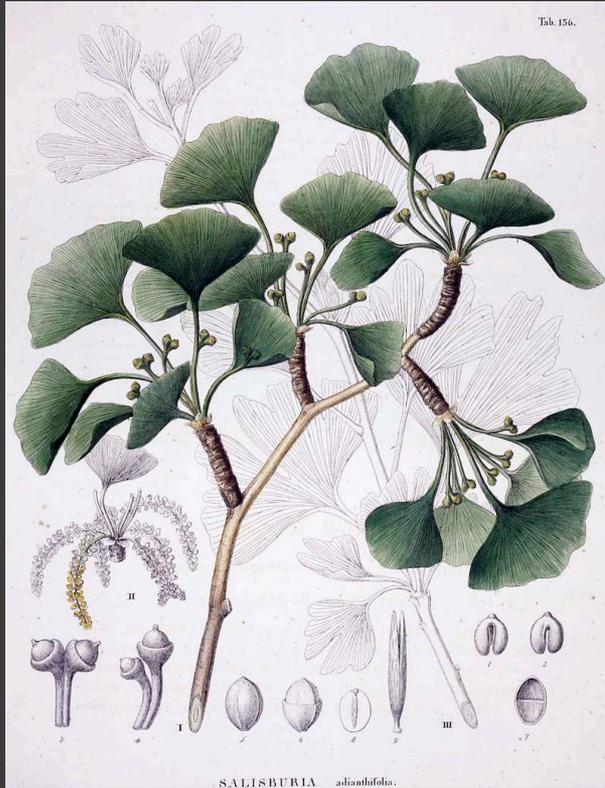
Energie quantizzate come per Bohr: “stati quantici”

Quindi posizione e orbita non possono essere definite

Per ogni stato quantico si dà la distribuzione di probabilità per la posizione dell’elettrone: “orbitale”

**... tutta la fisica moderna
e oltre**

Dalle Linee di Fraunhofer cresce una larga e grande pianta di Scienza



Von Siebold e Zuccarini
Flora Japonica (1835)



Kitakanegasawa no Ichou, Kitakanegasawa (Giappone)
circa 1000 anni di età

Seme e pianta di Ginkgo Biloba

SERVE ANCHE IL NERO

Per approfondimenti
Saggi tematici “Viaggio nei colori” e “Linee di Fraunhofer”
su sito Web

PROGETTO SCIENZA E SCUOLA

Scienza

Natura
Cultura
Società
Sport



Studenti
Docenti
Ricercatori

Stesso
impegno e
passione

<http://scienzaescuola.fisica.unina.it>

***“La mente non è un vaso
da riempire, ma un
fuoco da accendere”***

Plutarco (ca. 46-127)

De recta audiendi - *L'arte di ascoltare*

Scenario mondiale

Nuovi paesi emergono con determinazione

“Vecchi paesi” in difficoltà:

costo mano d'opera

Emigrazione della produzione industriale

Un futuro così



ci va bene?

**Scienza-Tecnologia-Educazione:
la nostra risorsa**