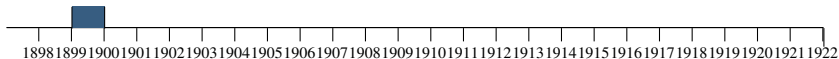
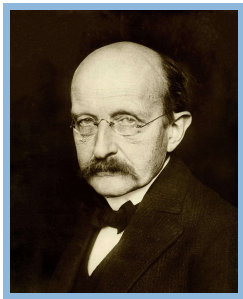


# Il meraviglioso mondo quantistico

Gianluigi Filippelli

Liceo "C. Cavalleri", Parabiago (Milano). 09/02/2018

# Quando inizia il XX secolo della fisica



# La costante di Planck

Il valore di  $h$

$$h = 6.626070 \cdot 10^{-34} J \cdot s$$

# La costante di Planck

## Radiazione di corpo nero

$$B_\nu = \frac{8\pi h}{c^3} \nu^3 \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

Cos'è un corpo nero?

# La costante di Planck

## Radiazione di corpo nero

$$B_\nu = \frac{8\pi h}{c^3} \nu^3 \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

Cos'è un corpo nero?

- ① Emettitore ideale: ad ogni frequenza, emette molta più energia di qualunque altro corpo alla stessa temperatura.

# La costante di Planck

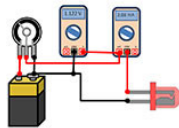
## Radiazione di corpo nero

$$B_\nu = \frac{8\pi h}{c^3} \nu^3 \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

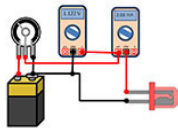
Cos'è un corpo nero?

- 1 Emettitore ideale: ad ogni frequenza, emette molta più energia di qualunque altro corpo alla stessa temperatura.
- 2 Emettitore diffuso: la radiazione è emessa isotropicamente

# Misurare la costante di Planck



# Misurare la costante di Planck

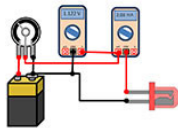


## Materiali

- 4 LED di 4 colori differenti (rosso, arancione, verde, blu)



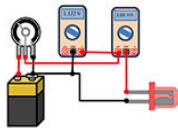
# Misurare la costante di Planck



## Materiali

- 4 LED di 4 colori differenti (rosso, arancione, verde, blu)
- una batteria

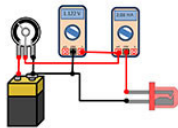
# Misurare la costante di Planck



## Materiali

- 4 LED di 4 colori differenti (rosso, arancione, verde, blu)
- una batteria
- un tester (da utilizzare una volta come voltmetro e un'altra come amperometro)

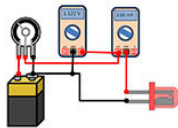
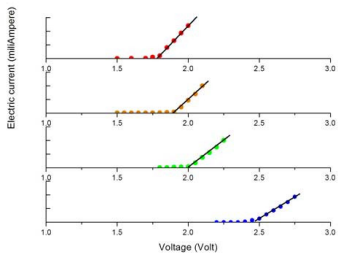
# Misurare la costante di Planck



## Materiali

- 4 LED di 4 colori differenti (rosso, arancione, verde, blu)
- una batteria
- un tester (da utilizzare una volta come voltmetro e un'altra come amperometro)
- un potenziometro da  $1k\Omega$

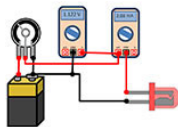
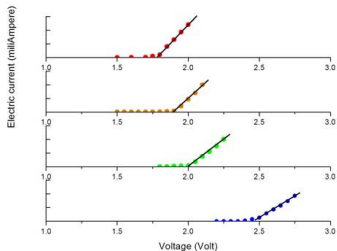
# Misurare la costante di Planck



## Materiali

- 4 LED di 4 colori differenti (rosso, arancione, verde, blu)
- una batteria
- un tester (da utilizzare una volta come voltmetro e un'altra come amperometro)
- un potenziometro da  $1k\Omega$

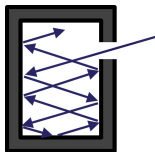
# Misurare la costante di Planck



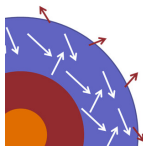
## Riferimenti

- Classroom fundamentals: measuring the Planck constant

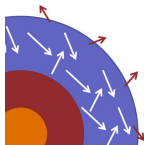
# Visualizzare il corpo nero



# Visualizzare il corpo nero



# Visualizzare il corpo nero

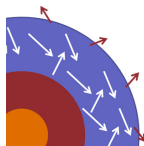


## L'influenza di $h$ nell'universo

Se  $h$  fosse dieci volte più piccola, delle semplici braci emetterebbero luce 1000 più intensa e a frequenze ultraviolette



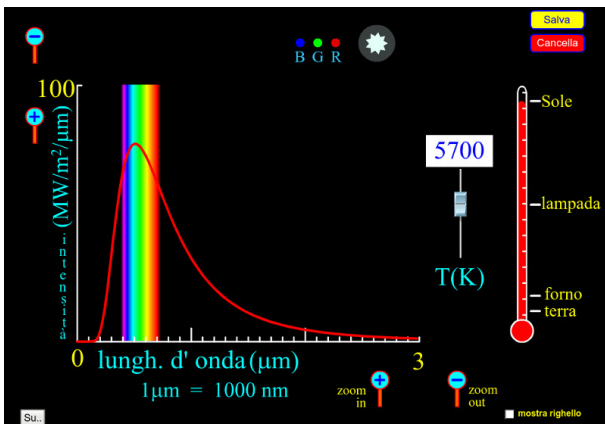
# Visualizzare il corpo nero



## L'influenza di $h$ nell'universo


Se  $h$  fosse dieci volte più piccola, l'idrogeno non sarebbe più in grado di fondere in deuterio e produrre l'elio

# Il corpo nero a scuola



- Blackbody spectrum - PhET Interactive Simulations


# Il corpo nero a scuola



Two jars, one light-colored and one dark-colored, are exposed to a heat source

Students graph temperature with time

Concepts illustrated:  
albedo: reflectivity, brightness of an object (white things have higher albedos, absorb less energy)



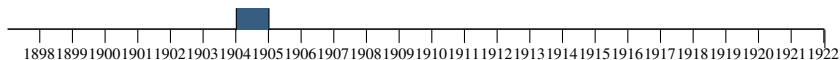
**Jar Activity**

<http://earthref.org/SCC>
Scrrips Classroom Connection

- Electromagnetic Radiation in the Atmosphere: Reflection, Absorption, and Scattering

# Gli articoli di Einstein

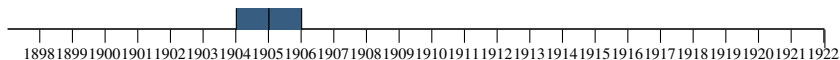
$$E = h\nu$$



- Equazione di Planck-Einstein

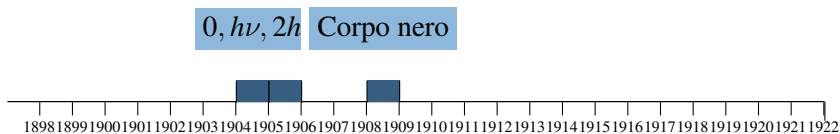
# Gli articoli di Einstein

$0, h\nu, 2h\nu, \dots$



- Marzo 1906: quantizzazione energia oscillatore materiale
- Novembre 1906: la quantizzazione dell'energia degli oscillatori materiali spiega alcuni calori specifici

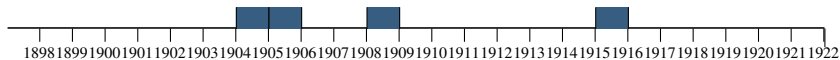
# Gli articoli di Einstein



- Le fluttuazioni nella densità di energia emessa da un corpo nero confermano la doppia natura della luce

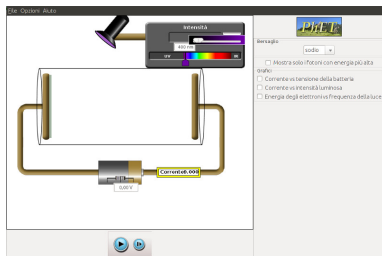
# Gli articoli di Einstein

$0, h\nu, 2h$  Corpo n  $E_m - E_n = h\nu_{mn}, p_{mn} = h\nu_{mn}/c$



- Effetto fotoelettrico
- Casualità

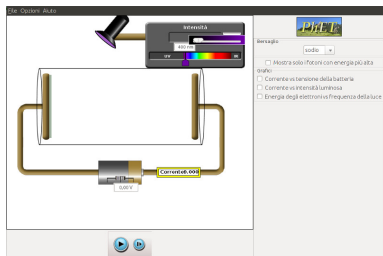
# L'effetto fotoelettrico a scuola



- **Effetto fotoelettrico - PhET Interactive Simulations:**  
applicazione Java

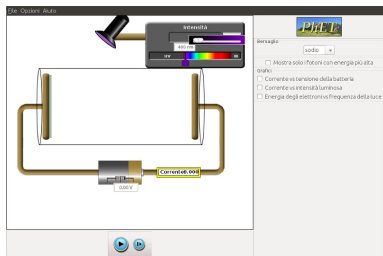


# L'effetto fotoelettrico a scuola



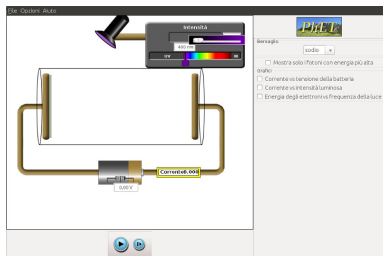
- **Effetto fotoelettrico - PhET Interactive Simulations:**  
applicazione Java
- Problem solving:

# L'effetto fotoelettrico a scuola



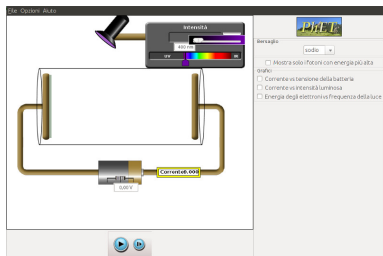
- **Effetto fotoelettrico - PhET Interactive Simulations:**  
applicazione Java
- Problem solving:
- Stabilire le ipotesi/raccogliere informazioni

# L'effetto fotoelettrico a scuola



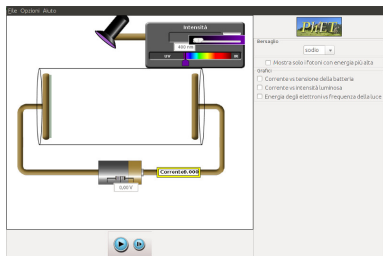
- **Effetto fotoelettrico - PhET Interactive Simulations:**  
applicazione Java
- Problem solving:
- Stabilire le ipotesi/raccogliere informazioni
- Analisi/controllo concettuale

# L'effetto fotoelettrico a scuola



- **Effetto fotoelettrico - PhET Interactive Simulations:**  
applicazione Java
- Problem solving:
- Stabilire le ipotesi/raccogliere informazioni
- Analisi/controllo concettuale
- Verifica e valutazione

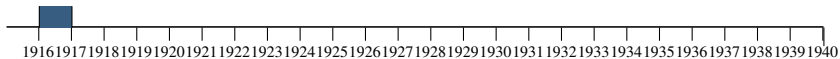
# L'effetto fotoelettrico a scuola



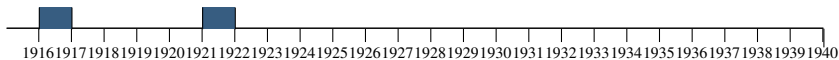
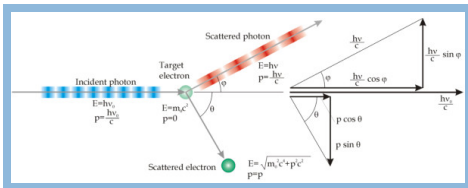
Teaching the photoelectric effect inductively

- Effetto fotoelettrico - PhET Interactive Simulations: applicazione Java
- Problem solving:
- Stabilire le ipotesi/raccogliere informazioni
- Analisi/controllo concettuale
- Verifica e valutazione

# L'esperimento di Millikan

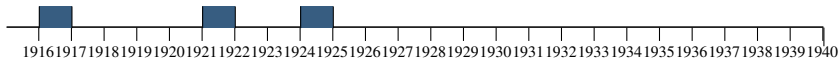
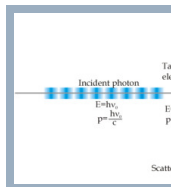


# L'esperimento di Compton



- $\lambda = \frac{h}{mc}$

# Onde di materia

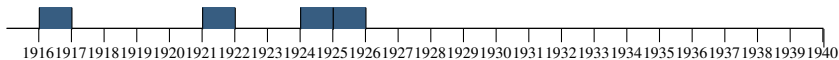
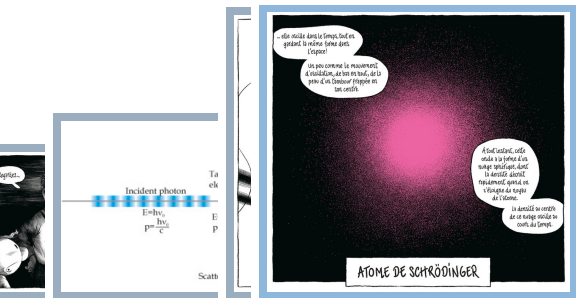


- Articoli indipendenti di Einstein e de Broglie

- $\nu = \frac{E}{c}, \lambda = \frac{h}{p}$

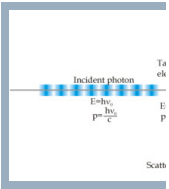


# Onde di materia



- Equazione di Schroedinger

# Onde di materia



Incident photon

$E = h\nu_i$   
 $p = \frac{h\nu_i}{c}$

Scatt

Ta  
ek  
E  
p

... elle s'écoule dans le temps, tout en gardant la même forme dans l'espace!

Un peu comme le mouvement d'un ballon, de haut en bas, de la tête d'un Dombasle fuyante en son centre.

A tout instant, cette onde a la forme d'un nuage qui s'étend dans la densité, alors qu'elle avance, ainsi que l'étoile de temps de l'étoile.

la densité se corrige de ce nuage onde en cours de temps.

## Esperimento di Davisson e Germer

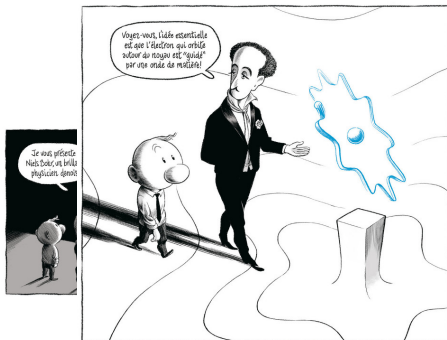


- Un fascio di elettroni attraversa un cristallo di nichel

# Modelli



# Modelli









## Risorse didattiche

- Esperimento della doppia fenditura - Scienza per tutti



# Risorse didattiche

- Esperimento della doppia fenditura - Scienza per tutti
  - Young's double slit experiment introduction worksheet for 6th form AS Physics

# Risorse didattiche

- Esperimento della doppia fenditura - Scienza per tutti
  - Young's double slit experiment introduction worksheet for 6th form AS Physics
  - The Original Double Slit Experiment

# Risorse didattiche

- Esperimento della doppia fenditura - Scienza per tutti
  - Young's double slit experiment introduction worksheet for 6th form AS Physics
  - The Original Double Slit Experiment
- Rompiamo le particelle - astroEDU

