

Modern fizika

Udvari Zsolt (www.uzsolt.hu)

2017. március 6.

Hőmérsékleti sugárzás

- testek részecskéi hőmozgást végeznek

Hőmérsékleti sugárzás

- testek részecskéi hőmozgást végeznek
- elektromos töltés \Rightarrow EM hullám kibocsátása

Hőmérsékleti sugárzás

- testek részecskéi hőmozgást végeznek
- elektromos töltés \Rightarrow EM hullám kibocsátása
- hőmérséklettől függő EM sugárzás: hőmérsékleti sugárzás

Hőmérsékleti sugárzás

- testek részecskéi hőmozgást végeznek
- elektromos töltés \Rightarrow EM hullám kibocsátása
- hőmérséklettől függő EM sugárzás: hőmérsékleti sugárzás
- törvényszerűségeinek magyarázata???

Max Planck (1858-1947)

- hőmérsékleti sugárzás energiája egy érték egész számú többszöröse



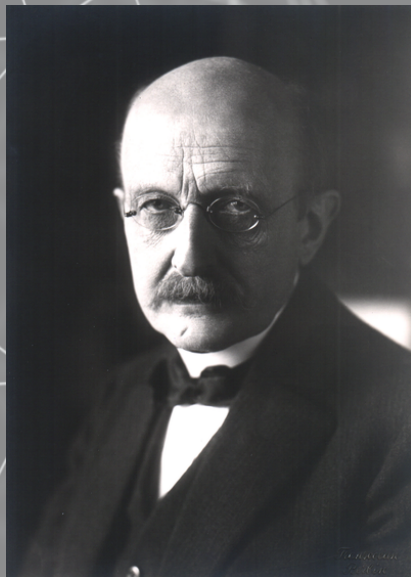
Max Planck (1858-1947)

- hőmérsékleti sugárzás energiája egy érték egész számú többszöröse
- hasonló, mint a töltés



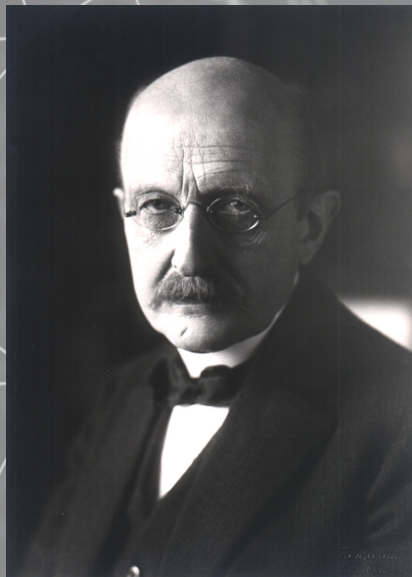
Max Planck (1858-1947)

- hőmérsékleti sugárzás energiája egy érték egész számú többszöröse
- hasonló, mint a töltés
- $\varepsilon = h \cdot f$



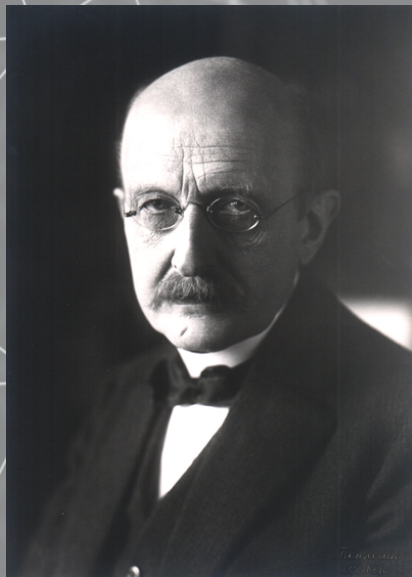
Max Planck (1858-1947)

- hőmérsékleti sugárzás energiája egy érték egész számú többszöröse
- hasonló, mint a töltés
- $\varepsilon = h \cdot f$
- $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js - Planck-állandó



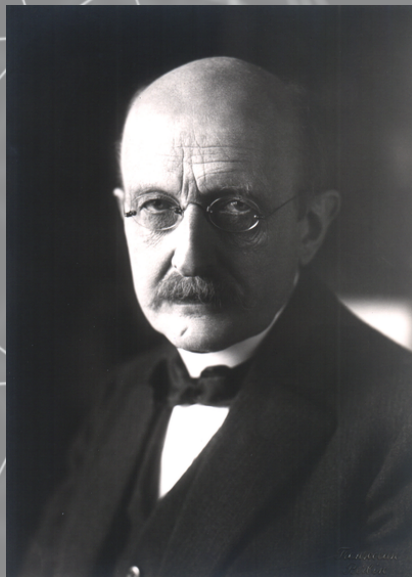
Max Planck (1858-1947)

- hőmérsékleti sugárzás energiája egy érték egész számú többszöröse
- hasonló, mint a töltés
- $\epsilon = h \cdot f$
- $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js - Planck-állandó
- energia „adagokban” („kvantumokban”) van jelen



Max Planck (1858-1947)

- hőmérsékleti sugárzás energiája egy érték egész számú többszöröse
- hasonló, mint a töltés
- $\varepsilon = h \cdot f$
- $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js - Planck-állandó
- energia „adagokban” („kvantumokban”) van jelen
- Nobel-díj, 1918.



Fényelektromos jelenség

- bizonyos fémekből megvilágítás hatására elektron lép ki (Wilhelm Hallwachs, Alexandr Szoletov, 1888)

Fényelektromos jelenség

- bizonyos fémekből megvilágítás hatására elektron lép ki (Wilhelm Hallwachs, Alexandr Szoletov, 1888)
- erősebb megvilágítás \Rightarrow több e^-

Fényelektromos jelenség

- bizonyos fémekből megvilágítás hatására elektron lép ki (Wilhelm Hallwachs, Alexandr Szoletov, 1888)
- erősebb megvilágítás \Rightarrow több e^-
- E_{mozg} csak f -től függ!

Fényelektromos jelenség

- bizonyos fémekből megvilágítás hatására elektron lép ki (Wilhelm Hallwachs, Alexandr Szoletov, 1888)
- erősebb megvilágítás \Rightarrow több e^-
- E_{mozg} csak f -től függ!
- $f < f_{\text{határ}} \Rightarrow$ nincs fotoeffektus!

Fényelektromos jelenség

- bizonyos fémekből megvilágítás hatására elektron lép ki (Wilhelm Hallwachs, Alexandr Sztoletov, 1888)
- erősebb megvilágítás \Rightarrow több e^-
- E_{mozg} csak f -től függ!
- $f < f_{\text{határ}} \Rightarrow$ nincs fotoeffektus!
- fényelektromos jelenség pillanatszerű (e^- nem „gyűjtögeti” az energiát)

Jelenség magyarázata

- A. Einstein, 1905.

Jelenség magyarázata

- A. Einstein, 1905.
- a fény kvantumokból áll („foton”)

Jelenség magyarázata

- A. Einstein, 1905.
- a fény kvantumokból áll („foton”)
- $h \cdot f = W_{\text{ki}} + E_{\text{mozg}}$

Jelenség magyarázata

- A. Einstein, 1905.
- a fény kvantumokból áll („foton”)
- $h \cdot f = W_{ki} + E_{mozg}$
- Nobel-díj, 1921., „az elméleti fizika területén szerzett érdemeiért, különös tekintettel a fényelektromos jelenség törvényszerűségeinek felismeréséért”

Elektron

- 1897: e^- felfedezése (Joseph John Thomson, Nobel-díj, 1906.)

Elektron

- 1897: e^- felfedezése (Joseph John Thomson, Nobel-díj, 1906.)
- 1924: Louis de Broglie: anyaghullám-hipotézis, $E = h \cdot f$

Elektron

- 1897: e^- felfedezése (Joseph John Thomson, Nobel-díj, 1906.)
- 1924: Louis de Broglie: anyaghullám-hipotézis, $E = h \cdot f$
- 1928: George Paget Thomson: e^- interferenciája (megosztott Nobel-díj, 1937.)

Elektron

- 1897: e^- felfedezése (Joseph John Thomson, Nobel-díj, 1906.)
- 1924: Louis de Broglie: anyaghullám-hipotézis, $E = h \cdot f$
- 1928: George Paget Thomson: e^- interferenciája (megosztott Nobel-díj, 1937.)
- elektronmikroszkóp: fénymikroszkóp $\times 1000$, atomok kontúrjai!

Thomson-féle atommodell

- 1897: e^- felfedezése \Rightarrow atom nem oszthatatlan

Thomson-féle atommodell

- 1897: e^- felfedezése \Rightarrow atom nem oszthatatlan
- pozitív töltésű „massza”, benne a negatív töltésű elektronok

Thomson-féle atommodell

- 1897: e^- felfedezése \Rightarrow atom nem oszthatatlan
- pozitív töltésű „massza”, benne a negatív töltésű elektronok
- puding-modell, görögdinnye-modell

Thomson-féle atommodell

- 1897: e^- felfedezése \Rightarrow atom nem oszthatatlan
- pozitív töltésű „massza”, benne a negatív töltésű elektronok
- puding-modell, görögdinnye-modell

Rutherford-féle atommodell

Thomson-féle atommodell

- 1897: e^- felfedezése \Rightarrow atom nem oszthatatlan
- pozitív töltésű „massza”, benne a negatív töltésű elektronok
- puding-modell, görögdinnye-modell

Rutherford-féle atommodell

- szórási kísérletek

Thomson-féle atommodell

- 1897: e^- felfedezése \Rightarrow atom nem oszthatatlan
- pozitív töltésű „massza”, benne a negatív töltésű elektronok
- puding-modell, görögdinnye-modell

Rutherford-féle atommodell

- szórási kísérletek
 - He^{2+} -mal vékony aranylemezt bombáztak

Thomson-féle atommodell

- 1897: e^- felfedezése \Rightarrow atom nem oszthatatlan
- pozitív töltésű „massza”, benne a negatív töltésű elektronok
- puding-modell, görögdinnye-modell

Rutherford-féle atommodell

- szórási kísérletek
 - He^{2+} -mal vékony aranylemezt bombáztak
 - legtöbb akadálytalanul áthaladt

Thomson-féle atommodell

- 1897: e^- felfedezése \Rightarrow atom nem oszthatatlan
- pozitív töltésű „massza”, benne a negatív töltésű elektronok
- puding-modell, görögdinnye-modell

Rutherford-féle atommodell

- szórási kísérletek
 - He^{2+} -mal vékony aranylemezt bombáztak
 - legtöbb akadálytalanul áthaladt
 - némelyik eltért

Thomson-féle atommodell

- 1897: e^- felfedezése \Rightarrow atom nem oszthatatlan
- pozitív töltésű „massza”, benne a negatív töltésű elektronok
- puding-modell, görögdinnye-modell

Rutherford-féle atommodell

- szórási kísérletek
 - He^{2+} -mal vékony aranylemezt bombáztak
 - legtöbb akadálytalanul áthaladt
 - némelyik eltért
 - ill. visszaverődött

Thomson-féle atommodell

- 1897: e^- felfedezése \Rightarrow atom nem oszthatatlan
- pozitív töltésű „massza”, benne a negatív töltésű elektronok
- puding-modell, görögdinnye-modell

Rutherford-féle atommodell

- szórási kísérletek
 - He^{2+} -mal vékony aranylemezt bombáztak
 - legtöbb akadálytalanul áthaladt
 - némelyik eltért
 - ill. visszaverődött
- 1911. Rutherford-féle atommodell

Thomson-féle atommodell

- 1897: e^- felfedezése \Rightarrow atom nem oszthatatlan
- pozitív töltésű „massza”, benne a negatív töltésű elektronok
- puding-modell, görögdinnye-modell

Rutherford-féle atommodell

- szórási kísérletek
 - He^{2+} -mal vékony aranylemezt bombáztak
 - legtöbb akadálytalanul áthaladt
 - némelyik eltért
 - ill. visszaverődött
- 1911. Rutherford-féle atommodell
- pozitív töltésű atommag körül elektronok keringenek

Thomson-féle atommodell

- 1897: e^- felfedezése \Rightarrow atom nem oszthatatlan
- pozitív töltésű „massza”, benne a negatív töltésű elektronok
- puding-modell, görögdinnye-modell

Rutherford-féle atommodell

- szórási kísérletek
 - He^{2+} -mal vékony aranylemezt bombáztak
 - legtöbb akadálytalanul áthaladt
 - némelyik eltért
 - ill. visszaverődött
- 1911. Rutherford-féle atommodell
- pozitív töltésű atommag körül elektronok keringenek
- Naprendszer-modell

Problémák a Naprendszer-modellel

- gyorsuló e^- sugároz \Rightarrow energiát veszít \Rightarrow atommagba zuhan

Problémák a Naprendszer-moddellel

- gyorsuló e^- sugároz \Rightarrow energiát veszít \Rightarrow atommagba zuhan
- vonalas színekép

Problémák a Naprendszer-moddellel

- gyorsuló e^- sugároz \Rightarrow energiát veszít \Rightarrow atommagba zuhan
- vonalas színekép

Bohr-féle atommodell, 1913.

Problémák a Naprendszer-moddellel

- gyorsuló e^- sugároz \Rightarrow energiát veszít \Rightarrow atommagba zuhan
- vonalas színekép

Bohr-féle atommodell, 1913.

- meghatározott pályák, nem sugároz

Problémák a Naprendszer-moddellel

- gyorsuló e^- sugároz \Rightarrow energiát veszít \Rightarrow atommagba zuhan
- vonalas színekép

Bohr-féle atommodell, 1913.

- meghatározott pályák, nem sugároz
- $h \cdot f = E_m - E_n$

Problémák a Naprendszer-moddellel

- gyorsuló e^- sugároz \Rightarrow energiát veszít \Rightarrow atommagba zuhan
- vonalas színekép

Bohr-féle atommodell, 1913.

- meghatározott pályák, nem sugároz
- $h \cdot f = E_m - E_n$
- hiányosság: elektron hullámtermészete

Problémák a Naprendszer-moddellel

- gyorsuló e^- sugároz \Rightarrow energiát veszít \Rightarrow atommagba zuhan
- vonalas színekép

Bohr-féle atommodell, 1913.

- meghatározott pályák, nem sugároz
- $h \cdot f = E_m - E_n$
- hiányosság: elektron hullámtermészete
- modell szerint a H-atom lapos

Kvantummechanikai atommodell

- elektronok állóhullámok

Kvantummechanikai atommodell

- elektronok állóhullámok
- n főkvantumszám, $n - 1$ csomópont, $n = 1, 2, \dots$

Kvantummechanikai atommodell

- elektronok állóhullámok
- n főkvantumszám, $n - 1$ csomópont, $n = 1, 2, \dots$
- l mellékkvantumszám, térbeli irányultság: $0 \leq l < n$

Kvantummechanikai atommodell

- elektronok állóhullámok
- n főkvantumszám, $n - 1$ csomópont, $n = 1, 2, \dots$
- l mellékkvantumszám, térbeli irányultság: $0 \leq l < n$
- m mágneses kvantumszám, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$

Kvantummechanikai atommodell

- elektronok állóhullámok
- n főkvantumszám, $n - 1$ csomópont, $n = 1, 2, \dots$
- l mellékkvantumszám, térbeli irányultság: $0 \leq l < n$
- m mágneses kvantumszám, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$
- s spinquantumszám, $s = \pm \frac{1}{2}$

Kvantummechanikai atommodell

- elektronok állóhullámok
- n főkvantumszám, $n - 1$ csomópont, $n = 1, 2, \dots$
- l mellékkvantumszám, térbeli irányultság: $0 \leq l < n$
- m mágneses kvantumszám, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$
- s spinkvantumszám, $s = \pm \frac{1}{2}$
- Pauli-elv: egy elektronpályán nincs két olyan elektron, amelyek minden kvantumszáma megegyezik.

Kvantummechanikai atommodell

- elektronok állóhullámok
- n főkvantumszám, $n - 1$ csomópont, $n = 1, 2, \dots$
- l mellékkvantumszám, térbeli irányultság: $0 \leq l < n$
- m mágneses kvantumszám, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$
- s spinkvantumszám, $s = \pm \frac{1}{2}$
- Pauli-elv: egy elektronpályán nincs két olyan elektron, amelyek minden kvantumszáma megegyezik.
- Hund-szabály: e^- -ok igyekeznek (spin-kvantumszám alapján) párosítatlanul elhelyezkedni

Elektronpályák telítettsége

Kvantumszámok

n	főkvantumszám	$1, 2, \dots$
l	mellékkvantumszám	$0, 1, 2, \dots, n - 1$
m	mágneses	$0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$
s	spin	$\pm \frac{1}{2}$

Elektronpályák telítettsége

n	l	m	s	elektronok száma
1				
2				

Elektronpályák telítettsége

Kvantumszámok

n	főkvantumszám	$1, 2, \dots$
l	mellékkvantumszám	$0, 1, 2, \dots, n - 1$
m	mágneses	$0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$
s	spin	$\pm \frac{1}{2}$

Elektronpályák telítettsége

n	l	m	s	elektronok száma
1	0			
2				

Elektronpályák telítettsége

Kvantumszámok

n	főkvantumszám	1, 2, ...
l	mellékkvantumszám	0, 1, 2, ..., n - 1
m	mágneses	0, ±1, ±2, ..., ±l
s	spin	$\pm \frac{1}{2}$

Elektronpályák telítettsége

n	l	m	s	elektronok száma
1	0	0		
2				

Elektronpályák telítettsége

Kvantumszámok

n	főkvantumszám	1, 2, ...
l	mellékkvantumszám	0, 1, 2, ..., n - 1
m	mágneses	0, ±1, ±2, ... ± l
s	spin	$\pm \frac{1}{2}$

Elektronpályák telítettsége

n	l	m	s	elektronok száma
1	0	0	$\pm \frac{1}{2}$	
2				

Elektronpályák telítettsége

Kvantumszámok

n	főkvantumszám	1, 2, ...
l	mellékkvantumszám	0, 1, 2, ..., n - 1
m	mágneses	0, ±1, ±2, ... ± l
s	spin	$\pm \frac{1}{2}$

Elektronpályák telítettsége

n	l	m	s	elektronok száma
1	0	0	$\pm \frac{1}{2}$	2
2				

Elektronpályák telítettsége

Kvantumszámok

n	főkvantumszám	1, 2, ...
l	mellékkvantumszám	0, 1, 2, ..., n - 1
m	mágneses	0, ±1, ±2, ... ± l
s	spin	$\pm \frac{1}{2}$

Elektronpályák telítettsége

n	l	m	s	elektronok száma
1	0	0	$\pm \frac{1}{2}$	2
2	0 1			

Elektronpályák telítettsége

Kvantumszámok

n	főkvantumszám	1, 2, ...
l	mellékkvantumszám	0, 1, 2, ..., n - 1
m	mágneses	0, ±1, ±2, ... ± l
s	spin	$\pm \frac{1}{2}$

Elektronpályák telítettsége

n	l	m	s	elektronok száma
1	0	0	$\pm \frac{1}{2}$	2
2	0	0		
	1			

Elektronpályák telítettsége

Kvantumszámok

n	főkvantumszám	1, 2, ...
l	mellékkvantumszám	0, 1, 2, ..., n - 1
m	mágneses	0, ±1, ±2, ... ± l
s	spin	$\pm \frac{1}{2}$

Elektronpályák telítettsége

n	l	m	s	elektronok száma
1	0	0	$\pm \frac{1}{2}$	2
2	0	0		
	1	0, ±1		

Elektronpályák telítettsége

Kvantumszámok

n	főkvantumszám	1, 2, ...
l	mellékkvantumszám	0, 1, 2, ..., n - 1
m	mágneses	0, ±1, ±2, ... ± l
s	spin	$\pm \frac{1}{2}$

Elektronpályák telítettsége

n	l	m	s	elektronok száma
1	0	0	$\pm \frac{1}{2}$	2
2	0	0	$\pm \frac{1}{2}$	
	1	0, ±1	$\pm \frac{1}{2}$	

Elektronpályák telítettsége

Kvantumszámok

n	főkvantumszám	$1, 2, \dots$
l	mellékvantumszám	$0, 1, 2, \dots, n - 1$
m	mágneses	$0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$
s	spin	$\pm \frac{1}{2}$

Elektronpályák telítettsége

n	l	m	s	elektronok száma
1	0	0	$\pm \frac{1}{2}$	2
2	0	0	$\pm \frac{1}{2}$	8
	1	$0, \pm 1$	$\pm \frac{1}{2}$	