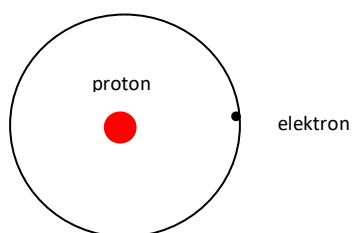


38–TEORIA BOHRA ATOMU WODORU. PROMIENIOWANIE ATOMU WODORU. WIDMA



ładunek elektronu $q = -e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

ładunek protonu $q = +e = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

masa elektronu $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

masa protonu $m_p = 1835,5 m_e = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Energia kinetyczna elektronu

$$F_{\text{dośrodkowa}} = F_{\text{kulombowska}}$$

$$\frac{mv_n^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r_n^2} \quad / \cdot \frac{r_n}{2}$$

$$E_{kn} = \frac{mv_n^2}{2} = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r_n} = \frac{ke^2}{2r_n}$$

Energia potencjalna elektronu

$$E_{pn} = k \frac{Qq}{r}$$

$$E_{pn} = \frac{-e^2}{4\pi\epsilon_0 r_n} = \frac{-ke^2}{r_n}$$

Energia całkowita elektronu

$$E_n = E_{kn} + E_{pn} = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r_n} + \frac{-e^2}{4\pi\epsilon_0 r_n} = \frac{-e^2}{8\pi\epsilon_0 r_n} = \frac{-ke^2}{2r_n}$$

I postulat Bohra

Elektron nie może krążyć po dowolnych orbitach w atomie wodoru lecz tylko po takich, na których moment pędu elektronu jest równy całkowitej wielokrotności stałej Plancka podzielonej przez 2π .

$$mv_n r_n = n \frac{h}{2\pi} \quad n = 1, 2, 3, \dots - \text{numer orbity}$$

Promienie orbit dozwolonych

z I postulatu Bohra po podniesieniu do kwadratu $v_n = \frac{nh}{2\pi mr_n}$ (1)

po podniesieniu do kwadratu $v_n^2 = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m^2 r_n^2} \cdot \frac{m}{2}$

$$\frac{mv_n^2}{2} = \frac{n^2 h^2}{8\pi^2 m r_n^2} \text{ a to jest energią kinetyczną } \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r_n}$$

$$\frac{n^2 h^2}{8\pi m r_n^2} = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r_n} \cdot 8\pi r_n$$

$$\frac{n^2 h^2}{\pi m r_n} = \frac{e^2}{\epsilon_0}$$

i stąd $r_n = n^2 \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi m e^2} = n^2 \frac{4\pi h^2}{m e^2}$ (2)

$$r_1 = \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi m e^2} = \frac{4\pi h^2}{m e^2}$$

$$r_n = n^2 r_1 \quad r_1 = 0,53 \text{ nm}$$

Prędkości dozwolone

Podstawiając wzór (2) do (1)

$$v_n = \frac{nh}{2\pi m \frac{n^2 h^2 \epsilon_0}{\pi m e^2}} = \frac{e^2}{2nh\epsilon_0}$$

$$v_n = \frac{1}{n} \cdot \frac{e^2}{2\epsilon_0 h} = \frac{2\pi k e^2}{nh}$$

$$v_1 = \frac{e^2}{2\epsilon_0 h} = \frac{2\pi k e^2}{h}$$

$$v_n = \frac{v_1}{n} \quad v_1 = 2170 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

Energie dozwolone

$$E_n = \frac{-e^2}{8\pi\epsilon_0 r_n}$$

po podstawieniu wzoru (2) $E_n = \frac{-e^2}{8\pi\epsilon_0 \frac{n^2 h^2 \epsilon_0}{\pi m e^2}} = -\frac{m e^4}{8n^2 \epsilon_0^2 h^2} = -\frac{2\pi^2 k^2 m e^4}{n^2 h^2}$

$$E_n = \frac{1}{n^2} \cdot \frac{-me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} = \frac{1}{n^2} \cdot \frac{-2\pi^2 k^2 me^4}{h^2}$$

$$E_1 = \frac{-me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} = \frac{-2\pi^2 k^2 me^4}{h^2}$$

$$E_n = \frac{1}{n^2} \cdot E_1 \quad E_1 = -2,14 \cdot 10^{-18} J = -13,6 \text{ eV}$$

Poziomy energetyczne

	E _{w nieskończoności} = 0
	3. E ₃ = E ₁ /9
	2. E ₂ = E ₁ /4

	1 E ₁
--	------------------

II Postulat Bohra

$$h\nu = \Delta E_{mn}$$

$$h\nu = \frac{-me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{k^2} - \left(\frac{-me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2} \right) = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right) = -E_1 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

$$h\nu = -E_1 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

n – numer serii i orbity na którą elektron spada w zjawisku emisji i z której przeskakuje na wyższą w zjawisku absorpcji

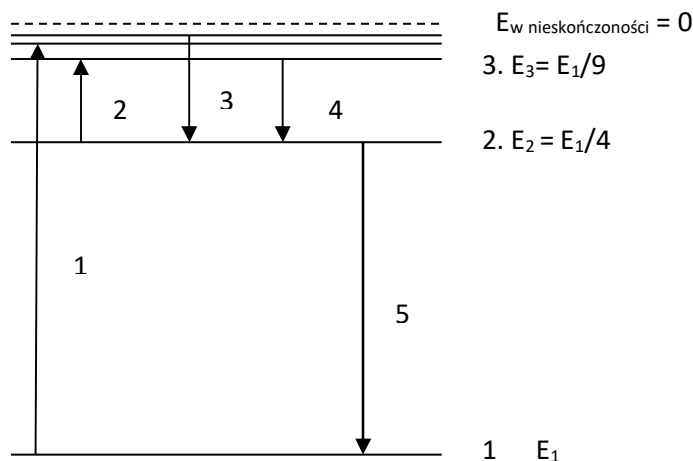
k – numer serii i orbity z której elektron spada w zjawisku emisji i na którą przeskakuje z niższej w zjawisku absorpcji

W niektórych podręcznikach, by uniknąć znaku minus w ostatnim wzorze, autorzy wprowadzają stałą

$$A = \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2}$$

nie wspominając, że $A = -E_1$

Emisja – absorpcja energii - przykłady



1 – absorpcja – przejście z orbity 1 na 4 $-\Delta E = E_1/16 - E_1 = -15E_1/16$ – seria Lymana

2 – absorpcja – przejście z orbity 2 na 3 $-\Delta E = E_1/9 - E_1/4 = -5E_1/36$ – seria Balmera

3 – emisja – przejście z orbity 5 na 2 $-\Delta E = E_1/25 - E_1/4 = -21E_1/100$ – seria Balmera

4 – emisja – przejście z orbity 3 na 2 $-\Delta E = E_1/9 - E_1/4 = -5E_1/36$ – seria Balmera

5 – emisja – przejście z orbity 4 na 1 $-\Delta E = E_1/4 - E_1 = -3E_1/4$ – seria Lymana

Uogólniony wzór Rydberga

$$\nu = cR \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

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

n – numer serii i orbity na którą elektron spada w zjawisku emisji i z której przeskakuje na wyższą w zjawisku absorpcji

k – numer serii i orbity z której elektron spada w zjawisku emisji i na którą przeskakuje z niższej w zjawisku absorpcji

Teoria Bohra a uogólniony wzór Rydberga

Z uogólnionego wzoru Rydberga

$$\nu = cR \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right) \quad \text{wzór R}$$

Z teorii Bohra

$$h\nu = \Delta E_{nm} = E_1 \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right) = -\frac{me^4}{8k^2\epsilon_0^2 h^2} - \left(-\frac{me^4}{8n^2\epsilon_0^2 h^2} \right) = \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right) \quad \text{wzór B}$$

czyli po podzieleniu przez h

$$\nu = \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^3} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

Po porównaniu wzoru R i wzoru B

$$R = \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^3 c}$$

Stała Rydberga znana bez żadnej znajomości teorii Bohra wynosi $R = 1,0974 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{m}}$

a obliczona z porównania $R = 1,0898 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{m}}$

Długości fal obliczone z teorii Bohra i uogólnionego wzoru Rydberga

Polecam moją stronę:

http://www.voltwo.webd.pl/dydaktyczne/raj_NEW.php

1.		seria Lymana	
		długość fali [nm]	
z orbity	z	z	
	wz.Rydberg	wz. II post. Bohra	
	a		
	2	121,21	123,74
	3	102,27	104,40
	4	96,97	98,99
	5	94,70	96,67
	6	93,51	95,46
	7	92,80	94,74
	8	92,35	94,28
	9	92,05	93,96
	10	91,83	93,74
	11	91,67	93,58
granica krótkofalowa		90,91	92,80



2.		seria Balmera	
		długość fali [nm]	
z orbity	z	z	
	wz.Rydberga	wz. II post. Bohra	
	3	654,55	668,19
	4	484,85	494,95
	5	432,90	441,92
	6	409,09	417,62
	7	395,96	404,21
	8	387,88	395,96
	9	382,53	390,50
	10	378,79	386,68
	11	376,07	383,91
	12	374,03	381,82
granica krótkofalowa		363,64	371,21



3. seria Paschena

z orbity	długość fali [nm]	
	z wz. Rydberga	z II post. Bohra
4	1870,13	1909,11
5	1278,41	1305,05
6	1090,91	1113,64
7	1002,27	1023,16
8	952,07	971,91
9	920,45	939,64
10	899,10	917,84
11	883,93	902,35
12	872,73	890,92
13	864,20	882,22
granica krótkofalowa	818,18	835,23



4. seria Bracketta

z orbity	długość fali [nm]	
	z wz. Rydberga	z II post. Bohra
5	4040,40	4124,61
6	2618,18	2672,75
7	2159,78	2204,79
8	1939,39	1979,81
9	1812,59	1850,36
10	1731,60	1767,69
11	1676,19	1711,12
12	1636,36	1670,47
13	1606,65	1640,14
14	1583,84	1616,85
granica krótkofalowa	1454,55	1484,86



5. seria Pfunda

z orbity	długość fali [nm]	
	z wz. Rydberga	z II post. Bohra
6	7438,02	7593,03
7	4640,15	1023,16
8	3729,60	971,91
9	3287,34	939,64
10	3030,30	917,84
11	2864,58	902,35
12	2750,19	890,92
13	2667,30	882,22
14	2605,00	875,43
15	2556,82	870,04
granica krótkofalowa	2272,73	2320,09



6. seria Humphreysa

z orbity	długość fali [nm]	
	z wz. Rydberga	z II post. Bohra
7	12335,66	12592,75
8	7480,52	7636,42
9	5890,91	6013,68
10	5113,64	5220,21
11	4658,82	4755,92
12	4363,64	4454,58
13	4158,58	4245,25
14	4009,09	4092,64
15	3896,10	3977,30
16	3808,26	3887,63
granica krótkofalowa	3272,73	3340,93

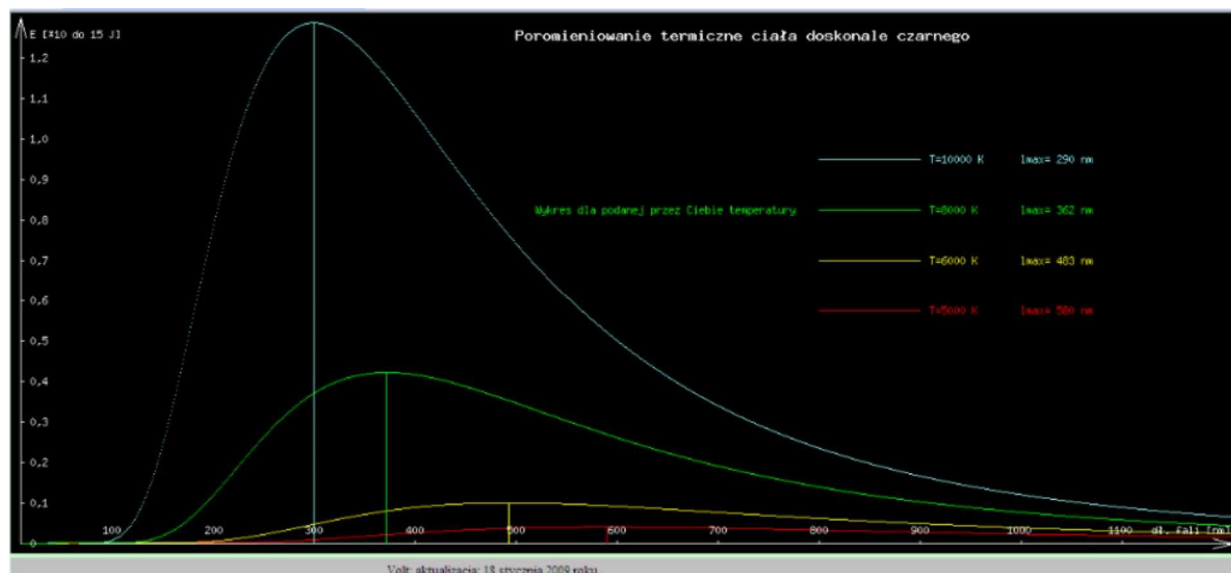


Polecam moją stronę:

Widma. Widma emisyjne i absorpcyjne. Widma liniowe – atomy, pasmowe – cząsteczki, ciągłe

Promieniowanie termiczne – prawo Wiena

Polecam moją stronę: <http://www.voltwo.webd.pl/dydaktyczne/widmomax.php>



Zadanie

Oblicz długości fal 1, 2, 3 i 4 serii Balmera i granicę krótkofalową tej serii stosując:

- uogólniony wzór Rydberga
- II postulat Bohra

Prędkość światła w próżni $c = 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$

Stała Plancka $h = 6,62 \cdot 10^{-34}\text{ Js}$

Stała Rydberga $R = 1,1 \cdot 10^7\text{ m}^{-1}$

Energia elektronu na 1- szej orbicie $E = -2,14 \cdot 10^{-18}\text{ J}$

Odpowiedzi: Wyniki porównaj z danymi na stronie 4