PŘIROZENÉ JEDNOTKY, ZEJMÉNA ATOMOVÉ

F4110 Kvantová fyzika atomárních soustav

Eva Štipčáková

20.06.2012

Přirozená soustava jednotek

- Jsou založeny pouze na univerzálních fyzikálních konstantách
- Konstanty voleny tak, aby měly číselnou hodnotu 1
- Výhoda v jednoduchosti
- Nevýhodou ztráta porozumění (konstanty často vynechávány v rovnicích)

Přirozená soustava jednotek

- Jejich definice pochází pouze z přirozených vlastností přírody
- Přirozená jednotka např. elementární náboj *e*, rychlost světla *c*
- Nepřirozená jednotka např. kilogram (uměle vytvořený prototyp)

Přirozená soustava jednotek

- Existuje několik systémů přirozených jednotek
- Za „nejpřirozenější“ považována Planckova soustava jednotek

Planckova soustava jednotek

- Odvozena pouze z vlastností časoprostoru
- Základní jednotky – délka, hmotnost, čas, teplota, elektrický náboj

Výhody a nevýhody

- Zjednodušení rovnic, jednodušší na pochopení
- Zahrnuje rozměrovou analýzu
- Bez prototypů (př. kilogram, složitá reprodukovatelnost)
- Méně přesná měření
- Možná chybná interpretace rovnic

Atomové jednotky

- Výhodné pro fyziku mikrosvěta
- Dva druhy: Rydbergova soustava
  Hartreeova (Bohrova) soustava
- Stejně jako jednotky SI mají jednotky hmotnosti, délky…
- Liší se zápis

Atomové jednotky

- 4 základní konstanty – hmotnost elektronu, elementární náboj, redukovaná Planckova konstanta, Coulombova konstanta

Dimension	Name	Symbol/Definition	Value in SI units[5]
mass	electron rest mass	m_e	$9.109\,382\,91(40) \times 10^{-31}$ kg
charge	elementary charge	e	$1.602\,176\,565(35) \times 10^{-19}$ C
angular momentum	reduced Planck's constant	$\hbar = h/(2\pi)$	$1.054\,571\,726(47) \times 10^{-34}$ J·s
electric constant	Coulomb force constant	$1/(4\pi\epsilon_0)$	$8.987\,551\,787\,3681 \times 10^{9}$ kg·m^3·s^{-2}·C^{-2}

Atomové jednotky

- Zvláštní význam má konstanta jemné struktury *α*

$$\alpha = \frac{e^2}{(4\pi\epsilon_0)\hbar c} \approx 1/137$$

Name	Symbol/Definition	Value in atomic units
speed of light	c	$1/\alpha \approx 137$
classical electron radius	$r_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{e^2}{m_e c^2}$	$\alpha^2 \approx 5.32 \times 10^{-5}$
proton mass	m_p	$m_p/m_e \approx 1836$

Odvozené atomové jednotky

Dimension	Name	Symbol	Expression	Value in SI units	Value in more common units
length	Bohr radius	a_0	$4\pi\epsilon_0\hbar^2/(m_e e^2) = \hbar/(m_e c\alpha)$	$5.291\,772\,0859(36) \times 10^{-11}$ m	0.052 918 nm=0.529 18 Å
energy	Hartree energy	E_h	$m_e e^4/(4\pi\epsilon_0\hbar)^2 = \alpha^2 m_e c^2$	$4.359\,744\,17(75) \times 10^{-18}$ J	27.211 eV=627.509 kcal·mol^{-1}
time			$\hbar/E_h$	$2.418\,884\,326\,505(16) \times 10^{-17}$ s	
velocity			$a_0 E_h/\hbar = \alpha c$	$2.187\,691\,2633(73) \times 10^{6}$ m·s^{-1}	
force			E_h/a_0	$8.238\,7225(14) \times 10^{-8}$ N	82.387 nN=51.421 eV·Å^{-1}
temperature			E_h/k_B	$3.157\,7464(55) \times 10^{5}$ K	
pressure			$E_h/{a_0}^3$	$2.942\,1912(19) \times 10^{13}$ Pa	
electric field			$E_h/(ea_0)$	5.1421×10^{11} V·m^{-1}	5.1421 GV·cm^{-1}=51.421 V·Å^{-1}

Bohrův model v atomových jednotkách

- Atomové jednotky jsou voleny tak, aby odrážely vlastnosti atomů
- Nejjasnější u Bohrova modelau atomu vodíku v základním stavu

- Orbital velocity = 1
- Orbital radius = 1
- Angular momentum = 1
- Orbital period = 2π
- Ionization energy = $\frac{1}{2}$
- Electric field (due to nucleus) = 1
- Electrical attractive force (due to nucleus) = 1

Další soustavy jednotek

- Stoneyova soustava jednotek
- "Schrödingerova" soustava jednotek
- "Diracova" elektronická soustava jednotek
- Stilleova kvantově elektrodynamická soustava jednotek

Děkuji za pozornost