



Katedra fyzikální chemie

Přírodovědecká fakulta, [Univerzita Palackého v Olomouci](#)
17. listopadu 12, 771 46 Olomouc
Tel.: 585 634 756
Fax: 585 634 761
Web: <http://fch.upol.cz>

Jsme součástí:
Centra excelence
[Centra kompetence](#)
[RCPTM](#)



Aktuální informace

- 15. 02. 2014** **Upozornění pro studenty KFC/OSE2(4) a KFC/CHS:** Ve středu se studenti místo semináře zúčastní Současné chemie.
- 12. 02. 2014** **Upozornění pro studenty KFC/CMMV:** Cvičení z předmětu KFC/CMMV začne v pondělí dne 17. 3. 2014 v 15.00 v seminární místnosti nové budovy RCPTM (č. 314), 3. patro, Šlechtitelů 11, Olomouc-Holice. Cvičení začne s měsíčním zpožděním z důvodu nepřítomnosti vyučující. Výuka bude nahrazena po dohodě s vyučující.
- 27. 01. 2014** **Současná chemie 2014** Kapacita pro předmět Současná chemie 2014 je následující: Bc obory chemie - 120 studentů, NMgr obory chemie - 20 studentů, ostatní - 70 studentů. Po naplnění těchto kvót nebude již kapacita navyšována.
- 21. 01. 2014** Výsledky kolokvia z Jaderné chemie (KFC/JC) ze dne 20. 1. 2013 naleznete [zde](#).
- 07. 01. 2014** **Výsledky kolokvia KFC/UCH** ze dne 6.1.2014 naleznete [zde](#).
- 19. 12. 2013** Mgr. Marie Zgarbová, Ph.D. získala postdoktorský grant [GAČR](#), jehož řešení bude zahájeno v roce 2014. Gratulujeme!
- 19. 12. 2013** Tým prof. RNDr. Radka Zbořila, Ph.D. se od roku 2014 zapojí do řešení druhého [Centra kompetence](#). Gratulujeme!
- 18. 12. 2013** **Výsledky kolokvia KFC/UCH** ze dne 12.12.2013 naleznete [zde](#).
- 10. 12. 2013** **Zápočtový test KFC/SEM a KFC/SEMA** Zápočtový test se bude psát v pondělí 16.12.2013 v 15:00 v místnosti 3.003, tř. 17. listopadu 12, Olomouc.
- 09. 09. 2013** Katedra fyzikální chemie nabízí aktualizovaný přehled doporučených předmětů pro Bc. obory Aplikovaná chemie [zde](#) a Ekochemie [zde](#).
- 06. 09. 2013** **Bc. SZZ - lednový termín 2014** Dne 21.1.2014 proběhnou na Katedře fyzikální chemie SZZ (opakovací) oboru Aplikované chemie. Zkouška začne v 9:00 v seminární místnosti KFC 3.031.
- 13. 03. 2012** Rámcová [témata](#) Ph.D. prací pro doktorské studium z fyzikální chemie pro rok 2013/14, máte-li zájem o Ph.D. studium fyzikální chemie na naší katedře kontaktujte jednotlivé [školitele](#) nebo vedoucího pracoviště prof. Otyepku. Termín podání přihlášek k doktorskému studiu je do 15. dubna 2013. Jednotliví školitelé nabízí přifinancování stipendií, prosím informujte se o aktuálních stipendijních možnostech u jednotlivých školitelů.
- 11. 03. 2013** **Témata bakalářských a diplomových** prací pro aktuální akademický rok. Pokud máte zájem o práce na KFC, kontaktujte školitele prací.
- 06. 03. 2013** [Reportáž \(cca 4:00 min.\)](#) České televize z KFC/RCPTM o využití nanomateriálů při čištění vod.
- 06. 02. 2013** V roce 2013 proběhne již **8. ročník cyklu přednášek "Současná chemie"** se společným jmenovatelem "Chemie v lékařství". Cyklus opět povede nositel národní ceny Česká hlava a profesor Katedry fyzikální chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci prof. Ing. Pavel Hobza, DrSc., dr.h.c., FRSC. Přednášet budou přední odborníci z České republiky a první přednáška proběhne dne 6.3.2013 v aule (učebna 2.001) PŘF na tř. 17. listopadu 12 v Olomouci od 15:00. Více informací o celém cyklu získáte [zde](#).

[archiv aktualit](#)

[nahoru](#) ↑

Fyzikální chemie I

prof. RNDr. Michal Otyepka, Ph.D.

doc. RNDr. Pavel Banáš, Ph.D.

Physical chemistry is the study of macroscopic, atomic, subatomic, and particulate phenomena in chemical systems in terms of laws and concepts of physics.

Schéma výuky FCh na KFC – Bc.

Matematika

Obecná chemie
AFC

Struktura atom...
KFC/SAM

Fyzika

Fyzikální chemie I
KFC/FC1

Seminář

Fyzikální chemie II
KFC/FC2

Seminář

Cvičení z FCh
KFC/FCC

Vybrané kapitoly z FCh
KFC/FCH3

Kapitoly z FCh
KFC/KFCH

Koloidní chemie
KFC/KOCH

Chemická struktura
KFC/CHST

Základy FCHM
KFC/ZFCM

Jaderná chemie
KFC/JC

Úvod do pev. Látek
KFC/UFMC

Introduction to Ph. Chem.
KFC/IPCH

Fotochemie v ŽP
KFC/FZP

Molekulové modelování
KFC/MOMO

Metody studia reakč. mech.
KFC/MSRM

Schéma výuky FCh na KFC – Mgr.

Elektrochemie
KFC/FLC

Pokročilé kapitoly z FCh
KFC/PFCH

Kvantová chemie
KFC/QCh

Pokročilé cvičení z FCh I a II
KFC/POK1(POK2)

Spektroskopické metody 1 a 2
KFC/SPM1(SPM2)

Statistická termodynamika
KFC/STD

Studium povrchů
KFC/SP

Heterogenní systémy
KFC/HS

Nanomateriály I a II
KFC/NNM1(NNM2)

Fotochemie a fotoelch.
KFC/FF

Mechanické vlastnosti mat.
KFC/MVM

Nekovalentní interakce
KFC/NEK

Biofyzikální chemie
KFC/BFCH

Molekulové modelování
KFC/MOM

Modelování mat. a nanomat.
KFC/MOMAT

Metody studia povrch. nap.
KFC/VVL

Chemie kryst. mater.
KFC/KM

Reakční kin. v pevné fázi
KFC/RKPF

Přehled

- **Struktura hmoty**
 - Atomy, molekuly a kondenzované fáze
- **Interakce hmoty s el. mag. zářením**
- **Termodynamika – FC1, doc. Banáš**
- **Kinetika – FC1**
- **Fázové rovnováhy – FC2**
- **Elektrochemie – FC2**
- **Koloidní chemie – FC2**

vysvětlivky

- Doporučená literatura
 - Peter Atkins, Julio de Paula
Fyzikální chemie, VŠCHT,
Praha 2013 (překlad z EN)
 - 10 ks v knihovně
 - x ks v prodejně skript



**odkaz na
kapitolu z
Atkinse**



Katedra fyzikální chemie

Přírodovědecká fakulta, [Univerzita Palackého v Olomouci](http://www.upol.cz)
17. listopadu 12, 771 46 Olomouc
Tel.: 585 634 756
Fax: 585 634 761
Web: <http://fch.upol.cz>

Jsme součástí:
Centra excelence
[Centra kompetence](#)
[RCPTM](#)



Aktuální informace

- 15. 02. 2014** **Upozornění pro studenty KFC/OSE2(4) a KFC/CHS:** Ve středu se
- 12. 02. 2014** **Upozornění pro studenty KFC/CMMV:** Cvičení z předmětu KFC/C
- 27. 01. 2014** **Současná chemie 2014** Kapacita pro předmět Současná chemie 2
- 21. 01. 2014** Výsledky kolokvia z Jaderné chemie (KFC/JC) ze dne 20. 1. 2013 n
- 07. 01. 2014** **Výsledky kolokvia KFC/UCH** ze dne 6.1.2014 naleznete [zde](#).
- 19. 12. 2013** Mgr. Marie Zgarbová, Ph.D. získala postdoktorský grant [GAČP](#), je
- 19. 12. 2013** Tým prof. RNDr. Radka Zbořila, Ph.D. se od roku 2014 zapojí do Fe
- 18. 12. 2013** **Výsledky kolokvia KFC/UCH** ze dne 12.12.2013 naleznete [zde](#).
- 10. 12. 2013** **Zápočtový test KFC/SEM a KFC/SEMA** Zápočtový test se bude p
- 09. 09. 2013** Katedra fyzikální chemie nabízí aktualizovaný přehled doporučených
- 06. 09. 2013** **Bc. SZZ - lednový termín 2014** Dne 21.1.2014 proběhne na Kate
- 13. 03. 2012** Rámcová [témata](#) Ph.D. prací pro doktorské studium z fyzikální chemie
- 11. 03. 2013** **Témata bakalářských a diplomových** prací pro aktuální akademický
- 06. 03. 2013** [Reportáž \(cca 4:00 min.\)](#) České televize z KFC/RCPTM o využití r
- 06. 02. 2013** V roce 2013 proběhne již **8. ročník cyklu přednášek "Současná chemie"** Česká hlava a profesor Katedry fyzikální chemie Přírodovědecké fakulty přední odborníci z České republiky a první přednáška proběhne dnem 6. února 2013. Celým cyklem získáte [zde](#).

[archiv aktualit](#)

Výukové materiály

- [Angličtina](#)
- [Bezpečnostní předpisy v chemii](#)
- [Bioinformatika a výpočetní biologie \(BIN\)](#)
- [Cvičení z vybraných fyzikálně-chemických metod](#)
- [Drug design - Racionální návrh léčiv \(DD\)](#)
- [Fyzikální chemie](#)
- [Heterogenní systémy](#)
- [Chemická struktura](#)
- [Chemický software](#)
- [Chemický seminář](#)
- [Internet a zdroje](#)
- [Jaderná chemie \(JC\)](#)
- [Kapitoly z fyzikální chemie \(KFCH\)](#)
- [Koloidní chemie](#)
- [Laboratorní technika](#)
- [Metody studia koloidních soustav](#)
- [Molekulové modelování](#)
- [Pokročilá cvičení z fyzikální chemie 1](#)
- [Pokročilá cvičení z fyzikální chemie 2](#)
- [Právní minimum vysokoškolačka](#)
- [Prezentační software pro chemii](#)
- [Programování pro chemiky](#)
- [Seminář z matematiky](#)
- [Současná chemie](#)
- [Statistická termodynamika \(STD\)](#)
- [Struktura atomů a molekul](#)
- [Strukturální bioinformatika \(STB\)](#)
- [Technologie vody](#)
- [Úvod do chemie](#)
- [Základy chemie léčivých látek](#)
- [Základy práce s PC](#)
- [Základy zpracování dat \(ZZD\)](#)
- [Základy fyzikálně-chemických metod \(ZFCM\)](#)
- [Základy obecné a fyzikální chemie \(ZOCH\)](#)
- [Okruhy ke zkoušce z elektrochemie](#)
- [ZVEM a FCC v angličtině](#)

Skripta vydaná od roku 2000

Skripta lze zakoupit v [prodejně](#) či [internetovém obchodě](#).

- Bačík, P., Zlámal, J. Základy firemních financí, VUP Olomouc 2013; ISBN 978-80-244-3511-4
- Bellová, J., Zlámal, J. Základy účetnictví, VUP Olomouc, 2013; ISBN 978-80-244-3508-4
- Bellová J., Musilová S., Zlámal J. Základy ekonomie, VUP Olomouc, 2013; ISBN 978-80-244-3509-1
- Hrbáč J. Základy práce s PC, VUP Olomouc, 2007; ISBN: 978-80-244-1934-3
- Hrbáč J. Aplikace počítačů v měřicích systémech pro chemiky, VUP Olomouc, 2013, ISBN: ISBN 978-80-244-3753-8
- Keprtová L. Základy chemie léčivých látek 1, VUP Olomouc, 2013, ISBN 978-80-244-3797-2
- Kvítek L., Panáček A. Základy koloidní chemie, VUP Olomouc, 2007; ISBN: 978-80-244-1669-4

Struktura hmoty









Standardní model částic a interakcí






- Veškerá známá hmota ve vesmíru se skládá ze šesti druhů **kvarků** a šesti druhů **leptonů** a všechny jevy, které ve vesmíru pozorujeme, dovedeme vysvětlit pomocí **čtyř druhů interakcí**. (Bajer J. Mechanika 1. UP Olomouc, 2004)
- Vychází z kvantové teorie pole a je konzistentní s kvantovou mechanikou a spec. teorií relativity (nezahrnuje gravitaci – otevřený problém fyziky)

Částice

Leptons

	Electric Charge		Electric Charge
Tau	 -1	Tau Neutrino	 0
Muon	 -1	Muon Neutrino	 0
Electron	 -1	Electron Neutrino	 0

Quarks

	Electric Charge		Electric Charge
Bottom	 -1/3	Top	 2/3
Strange	 -1/3	Charm	 2/3
Down	 -1/3	Up	 2/3

each quark: ●R, ●B, ●G 3 colors

Interakce

Strong

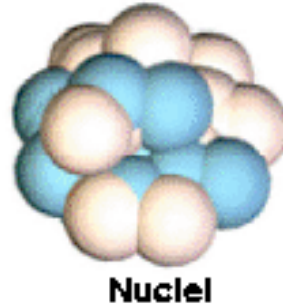
Gluons (8)



Quarks



Mesons
Baryons



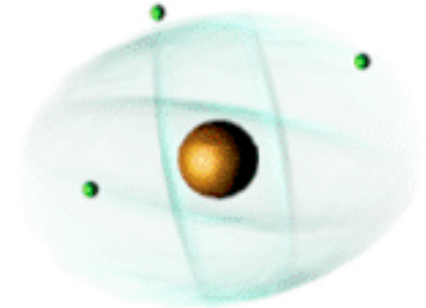
Nuclei

Electromagnetic

Photon



Atoms
Light
Chemistry
Electronics



Gravitational

Graviton ?

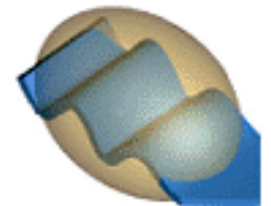


Solar system
Galaxies
Black holes

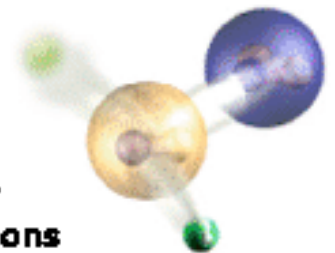


Weak

Bosons (W,Z)



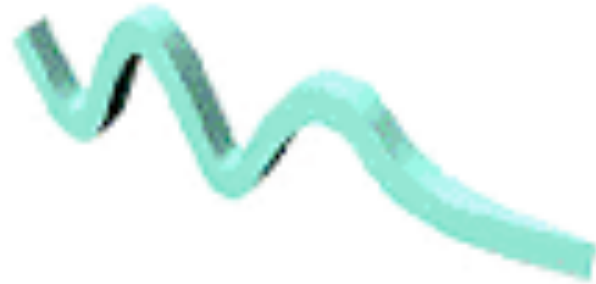
Neutron decay
Beta radioactivity
Neutrino Interactions
Burning of the sun



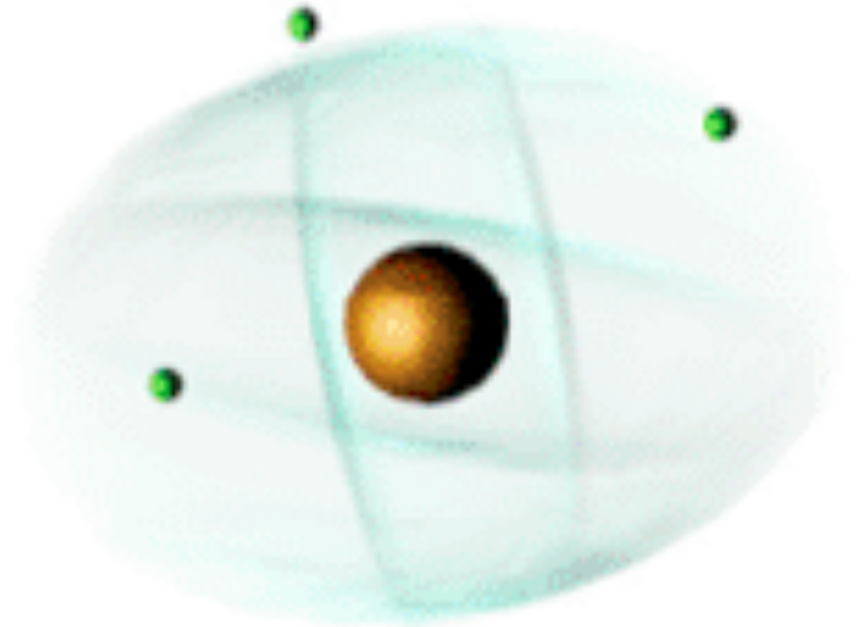
Electromagnetic

Interakce

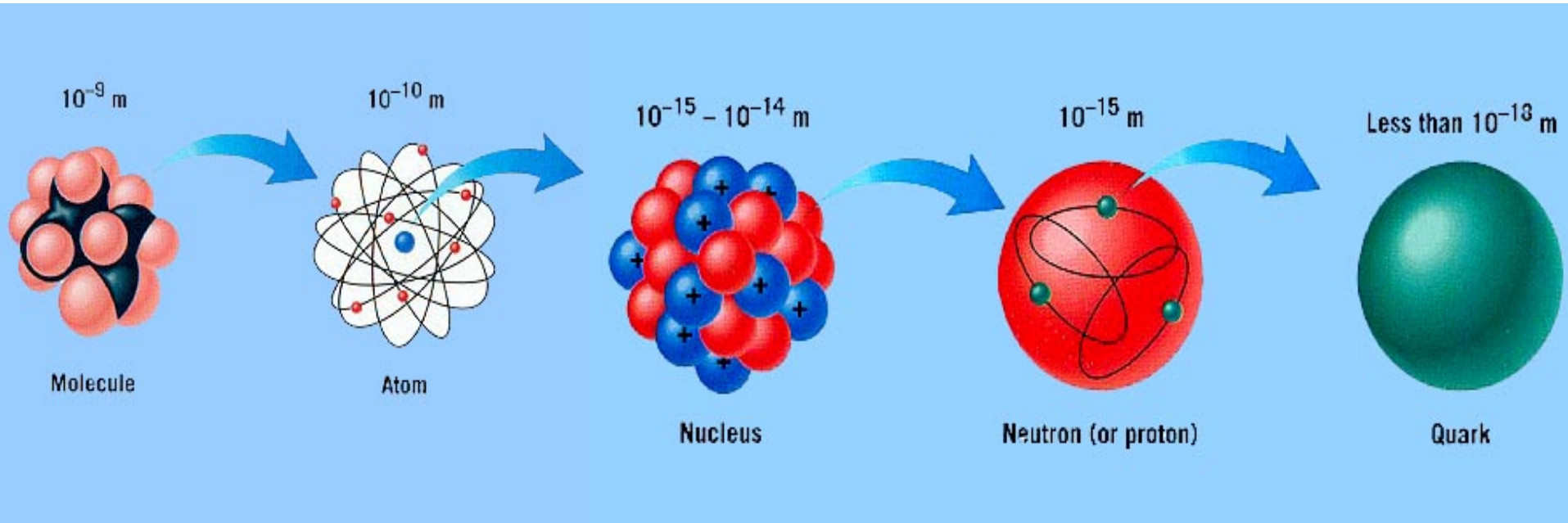
Photon



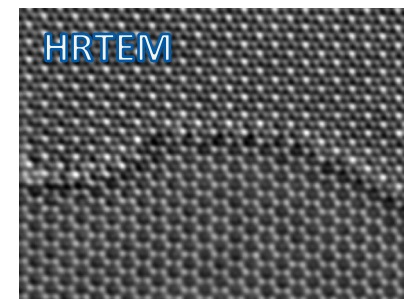
Atoms
Light
Chemistry
Electronics



Atom



Cesta do nitra hmoty



Relative Sizes and Detection Devices

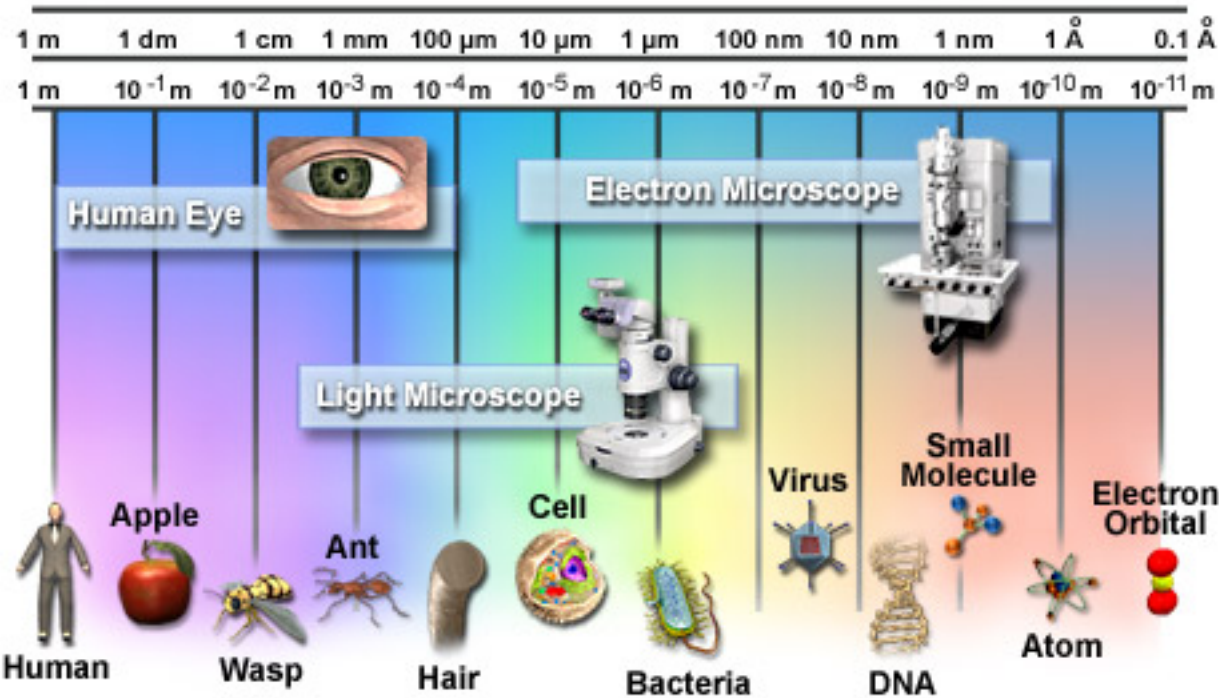
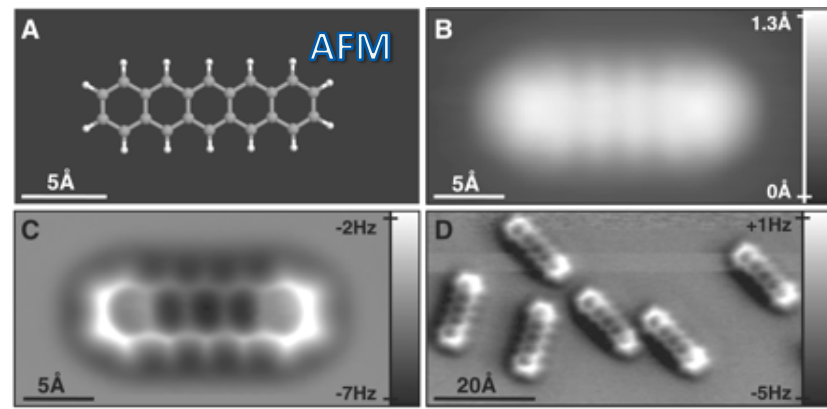
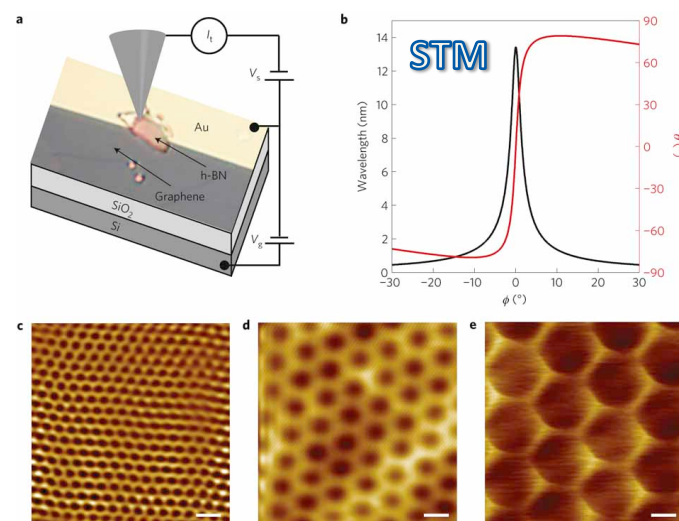
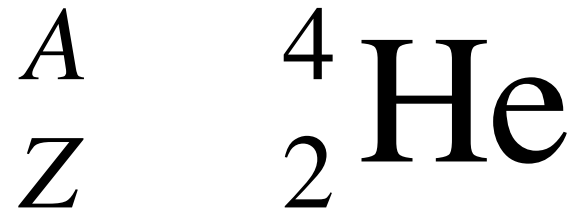
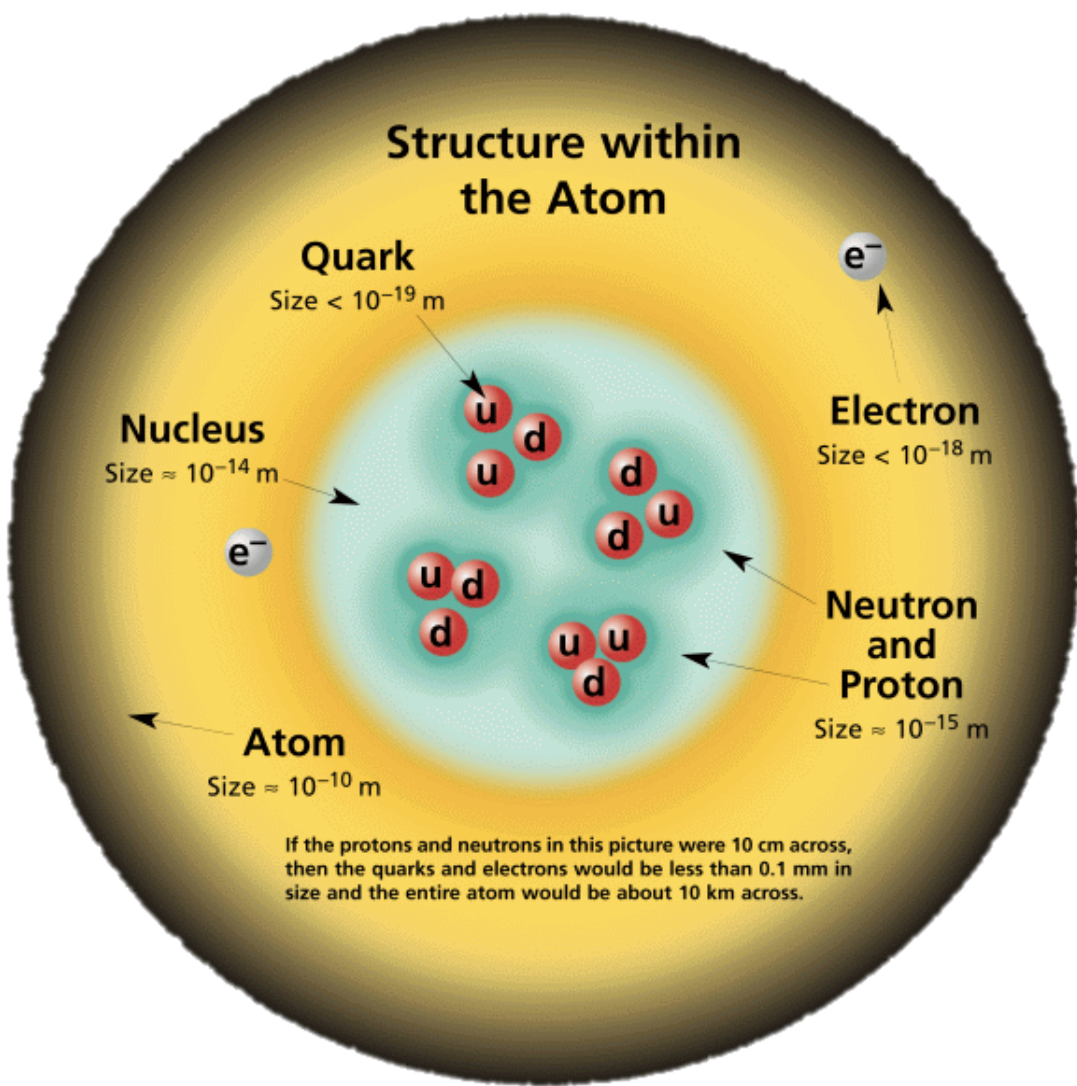


Figure 1





jádro je ve skutečnosti asi o ~ 5 řádů menší než atom

Smallest particle still characterizing a chemical element. It consists of a **nucleus** of a positive charge (Z is the proton number and e the elementary charge) carrying almost all its mass (more than 99.9%) and Z electrons determining its size. (IUPAC Gold Book)

Subatomární částice

- **Elektron**

- $-1.602177 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
 - považuje se za elementární náboj, značí se e
- hmotnost $m_e = 9.10939 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$... lepton
- spinové kvantové číslo „spin“ $\frac{1}{2}$... fermion

- **Proton**

- $+1.602177 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- hmotnost $m_p = 1.67262 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$... baryon, hadron; $m_p = 1836 m_e$
- spinové kvantové číslo „spin“ $\frac{1}{2}$... fermion
- tvoří jej tři kvarky – up, up, down

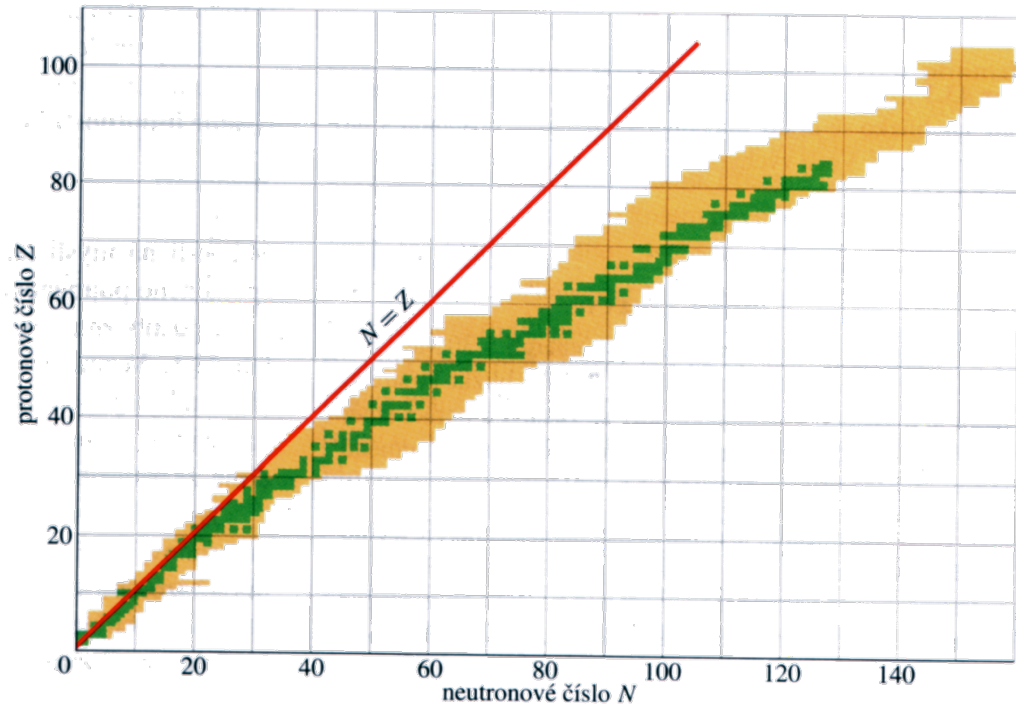
- **Neutron**

- 0 C
- hmotnost $m_n = 1.67493 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$... baryon, hadron; $m_n = 1839 m_e$
- spinové kvantové číslo „spin“ $\frac{1}{2}$... fermion
- tvoří jej tři kvarky – up, down, down
- volný neutron se rozpadá (poločas $\sim 15 \text{ min}$) na proton, elektron a elektronové antineutrino

Jádro

- malé (fm), těžké, tvořeno p a n, může mít jaderný spin (0-9), může být nestabilní
- nestálá jádra – spontánní jaderný rozpad
 - emise α -, β - či γ - záření
 - α - emise jader ${}^4\text{He}$
 - β - emise elektronů
 - γ - emise fotonu

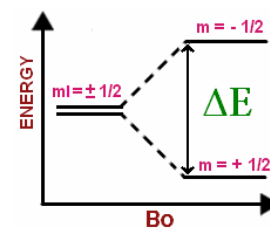
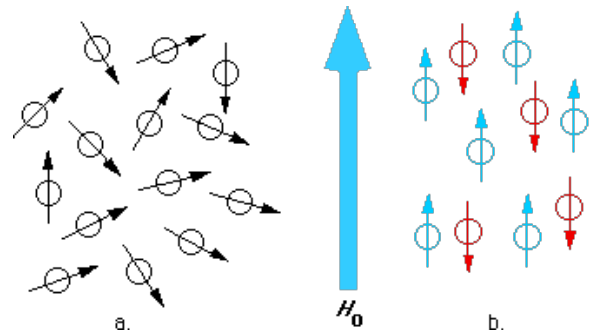
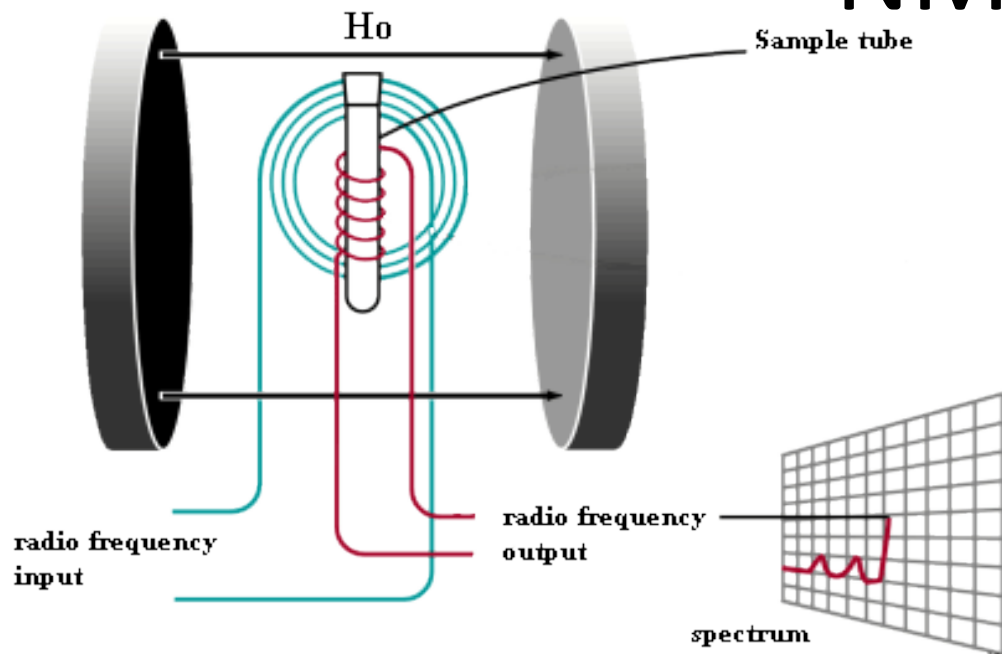
graf známých nuklidů,
zelené – stabilní, béžové
radioaktivní (Fyzika)



Kde chemik potká jádro?

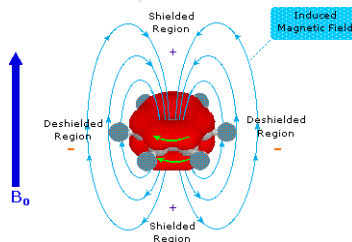
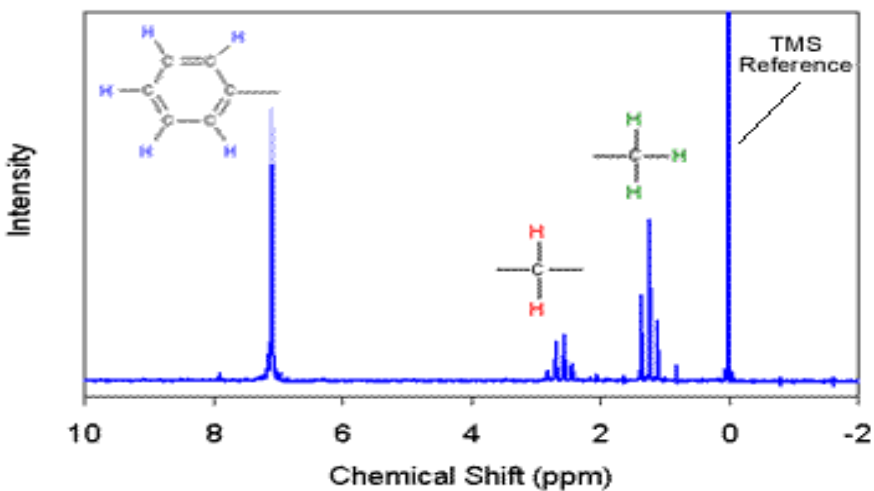
- Jaderná energetika (zatím štěpení)
- Jaderná chemie (KFC/JC)
- Izotopické značení
 - Sledování biotransformací
 - Kinetický izotopový efekt
- Analýza struktury molekul (~~X~~/NMR, KFC/SPM1)
 - Nukleární magnetická rezonance (NMR)
 - Využívá magnetického momentu jádra a jeho stínění magnetickým momentem elektronů
 - Využití v medicíně – Magnetic Resonance Imaging (MRI)

NMR



Pro spin $\frac{1}{2}$, třeba H
 $\Delta E = \gamma \hbar B$

1H NMR Spectrum of Ethylbenzene



Elektronový obal

- Kvantově mechanický model
 - Řešení stacionární Schrödingerovy rovnice
 - operátor celkové energie (hamiltonián), vlnová funkce

$$\hat{H}\Psi = E\Psi \quad \Psi_{nlm}(r, \varphi, \theta) = R_{nl}(r) Y_{lm}(\varphi, \theta)$$

- Energetické stavy atomu (elektronů) jsou kvantovány (diskretizace stavů)

pro vodík

- Atomové orbitaly
- Kvantová čísla $n, l, m + s$

$$E_n = -\frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2 n^2} = -\frac{13.60569172(53)}{n^2} \text{ eV} = -\frac{1}{n^2} \text{ Ry}$$

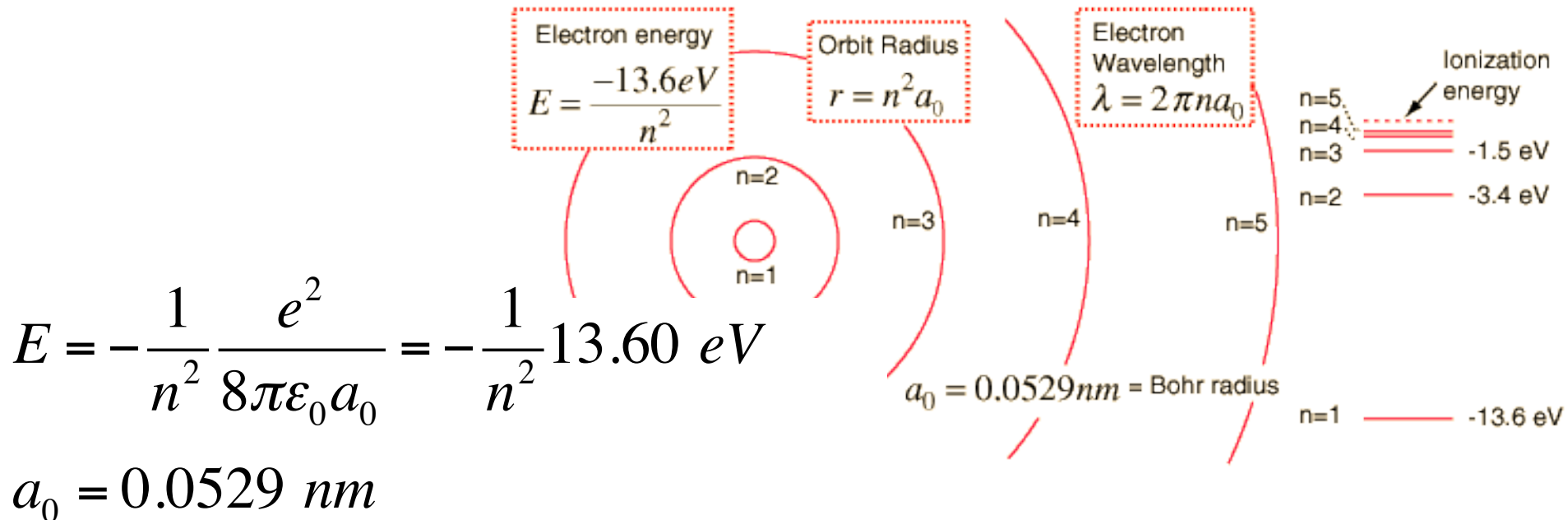
Hraje to s experimentem?

- Vodík má jeden elektron
- Nejnižší en. stav má energii -13.6 eV, nejvyšší 0 eV (elektron opouští atom/proton)



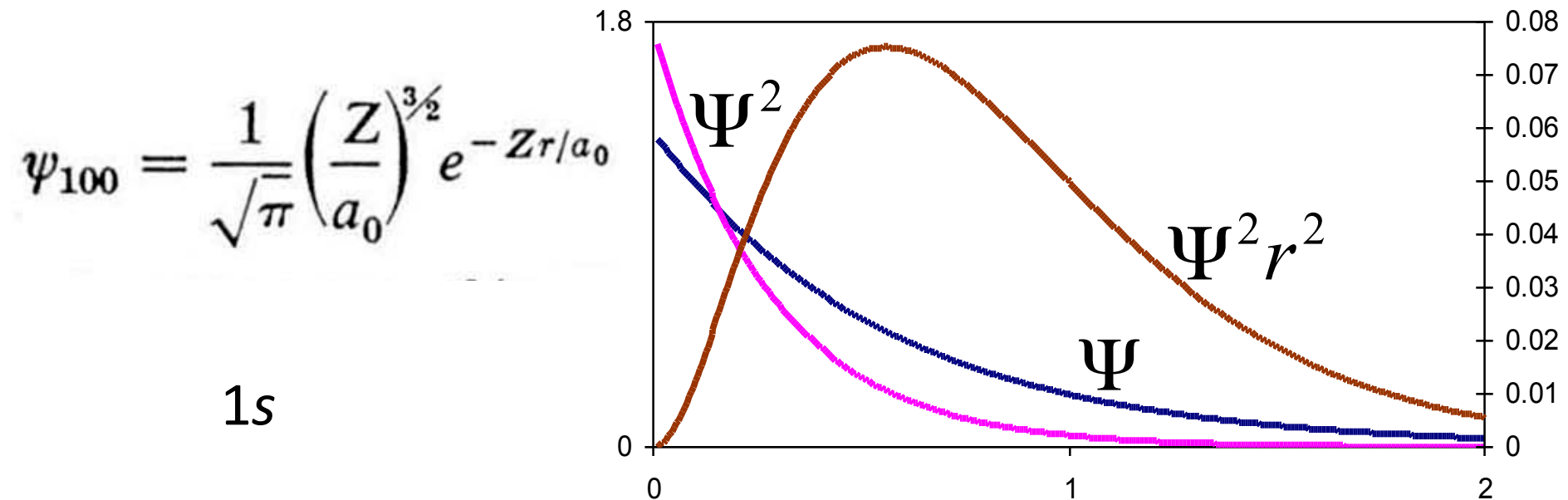
http://www.nist.gov/pml/data/ion_energy.cfm

$$E_\infty - E_1 = 0 - (-13.60) = 13.60 \text{ eV}$$



Atomové orbitaly

- Stavy elektronů v atomu
- Vlnová funkce nemá fyz. interpretaci
- Čtverec vlnové funkce – hustota pravděpodobnosti



$m = -3$

$m = -2$

$m = -1$

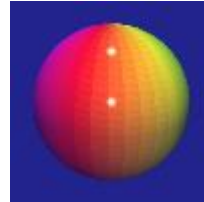
$m = 0$

$m = 1$

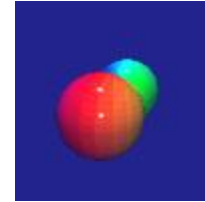
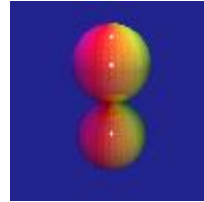
$m = 2$

$m = 3$

$l = 0$ *s-orbital*



$l = 1$ *p-orbitals*
2 lobes

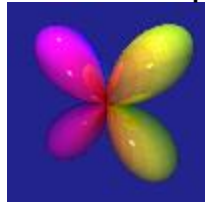
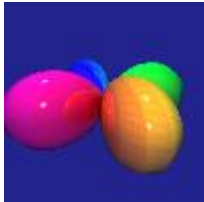


$\sin\theta \sin\phi$

$\cos\theta$

$\sin\theta \cos\phi$

$l = 2$ *d-orbitals*
4 lobes



$\sin^2\theta \sin 2\phi$

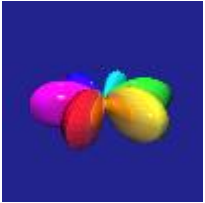
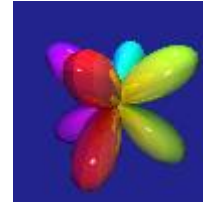
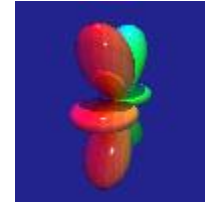
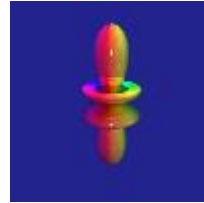
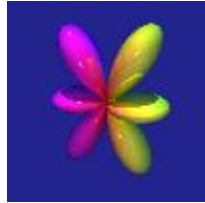
$\sin\theta \cos\theta \sin\phi$

$3\cos^2\theta - 1$

$\sin\theta \cos\theta \cos\phi$

$\sin^2\theta \cos 2\phi$

$l = 3$
6 lobes



$\sin^3\theta \sin 3\phi$

$\sin^2\theta \cos\theta \sin 2\phi$

$\sin\theta(5\cos^2\theta - 1) \sin\phi$

$5\cos^3\theta - 3\cos\theta$

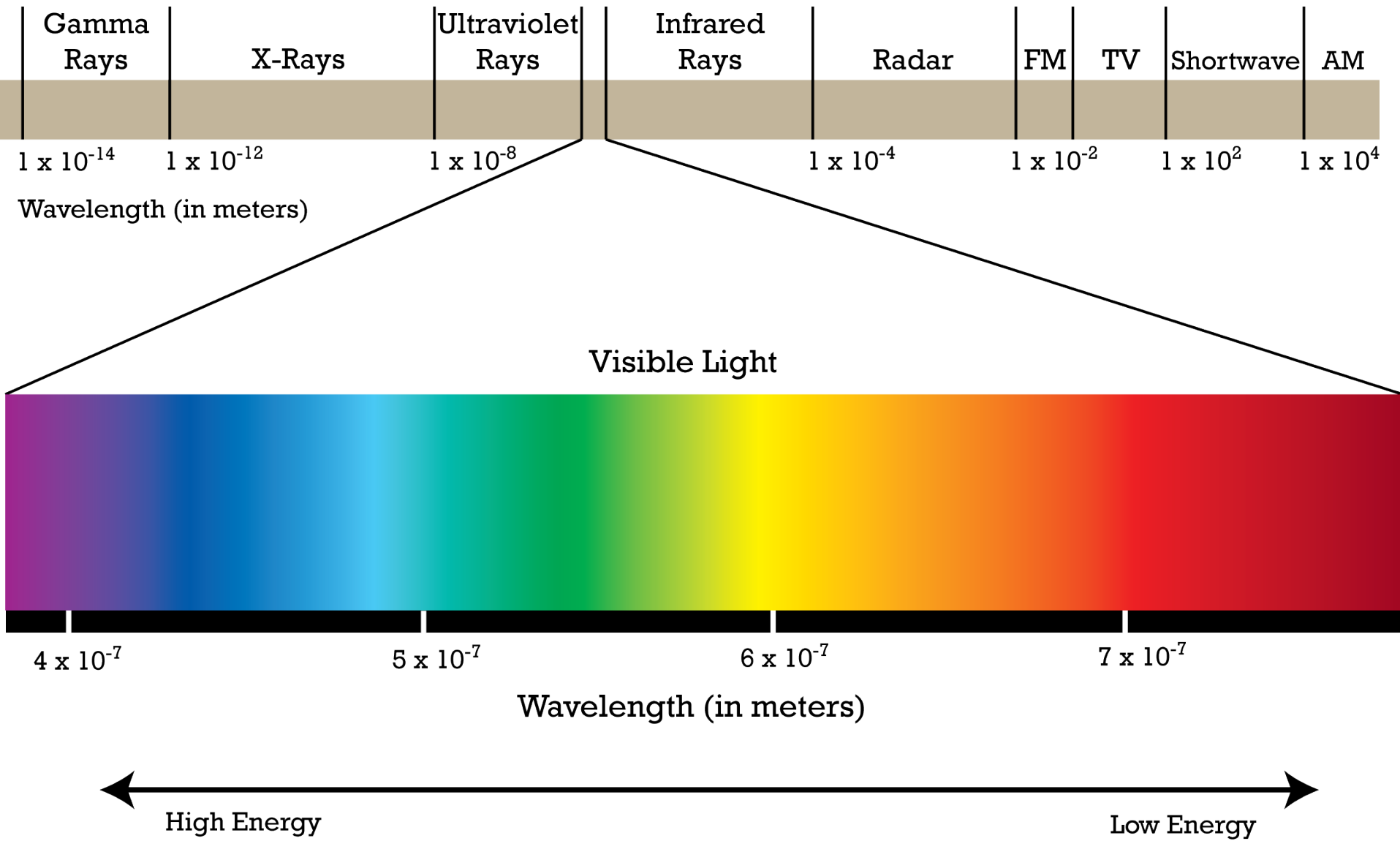
$\sin\theta(5\cos^2\theta - 1) \cos\phi$

$\sin^2\theta \cos\theta \cos 2\phi$

$\sin^3\theta \cos 3\phi$

Plot real combs: $S_{lm} = (Y_{lm} + Y_{l,-m})/\sqrt{2}$, $S_{l0} = Y_{l0}$, $S_{l,-m} = (Y_{lm} - Y_{l,-m})/i\sqrt{2}$

El. mag. spektrum



Hraje to s experimentem?

- Energie fotonu podle Plancka

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = hc\tilde{\nu} = \hbar\omega$$

h Planckova konstanta, $6.62606957(29)\times 10^{-34}$ Js ($\hbar = h/2\pi$)

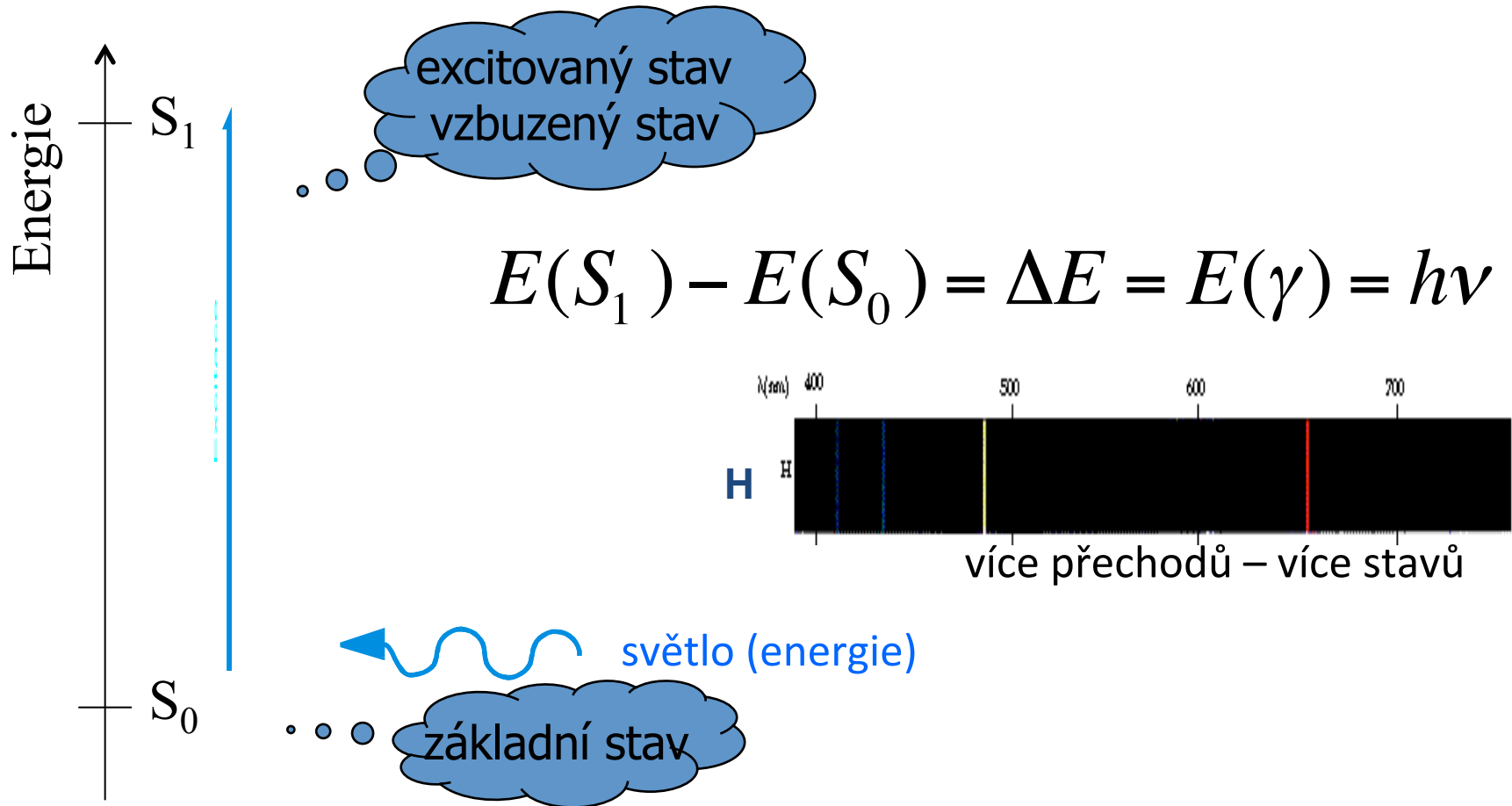
c rychlost světla ve vakuu, $299\,792\,458$ m.s⁻¹

Atom je schopen foton pohltit

$$E_a - E_b = \Delta E = h\nu$$

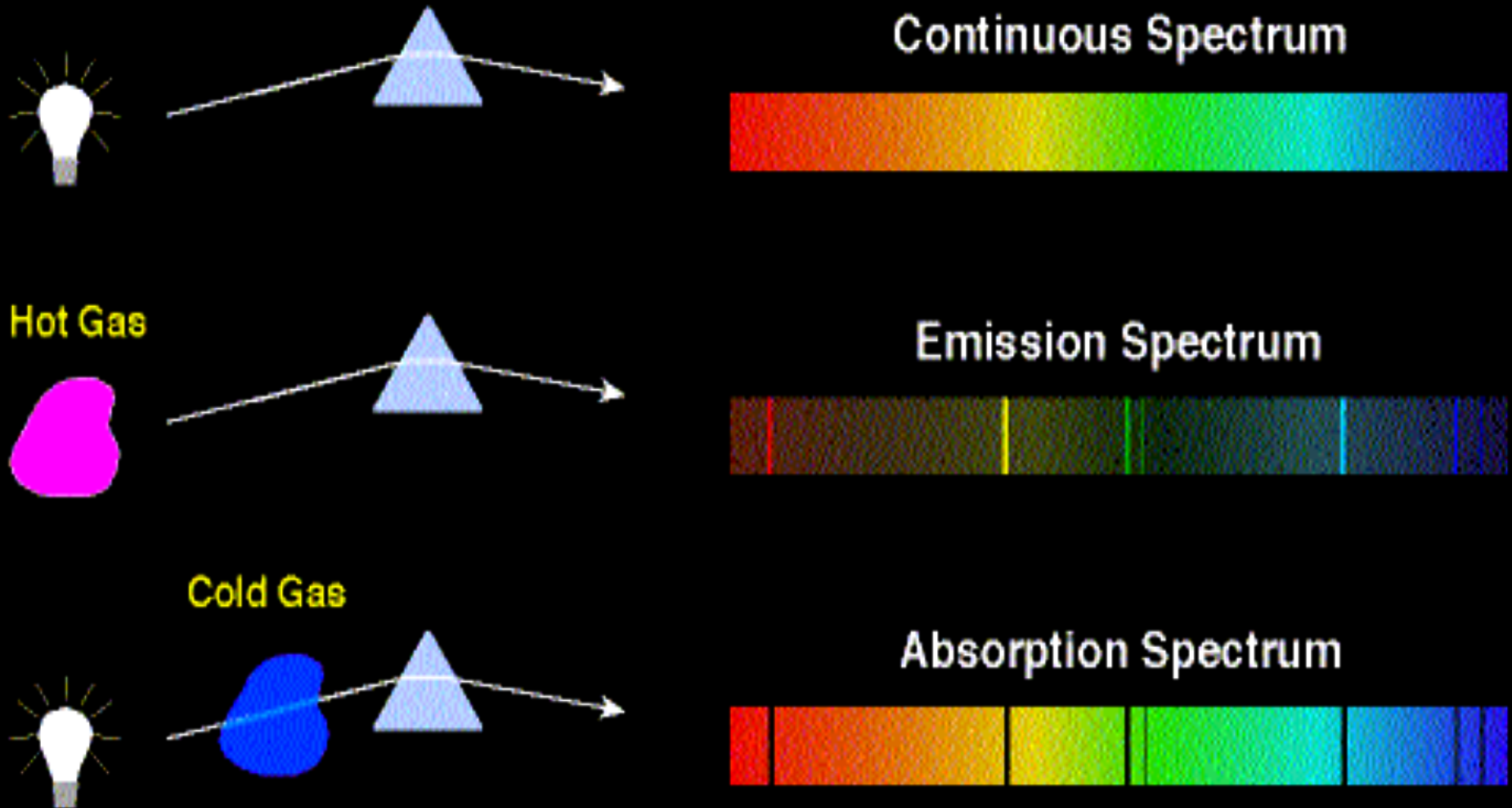
Atom se při absorpci fotonu excituje

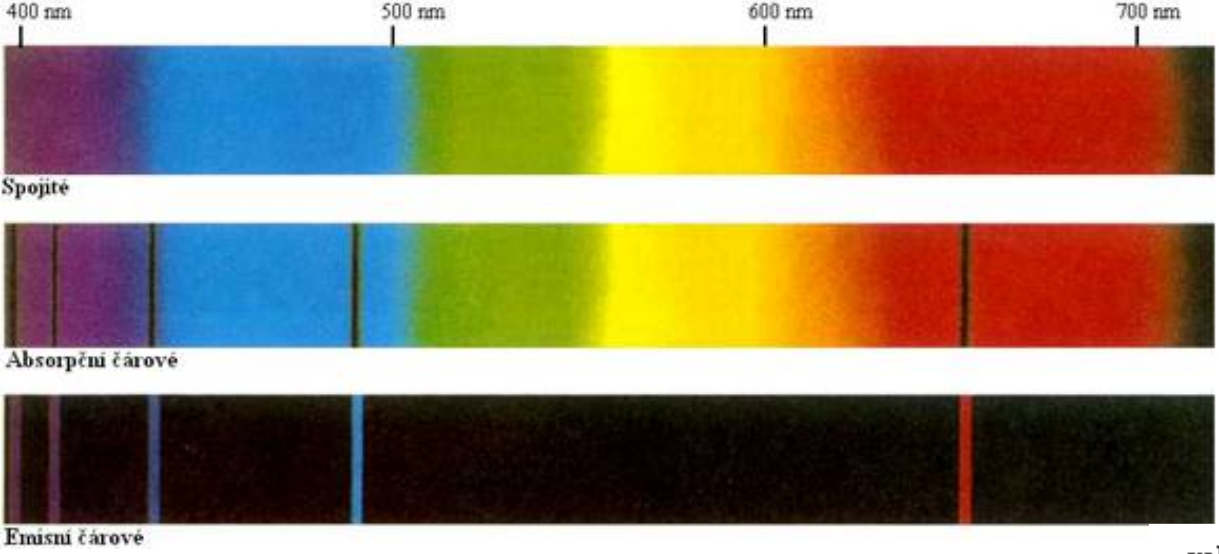
Ritzův kombinační princip: vlnčet spektrální linie odpovídá rozdílu dvou stavů.



Atomy pohlcují/vyzařují el. mag. záření

Spektra jsou čárová!!





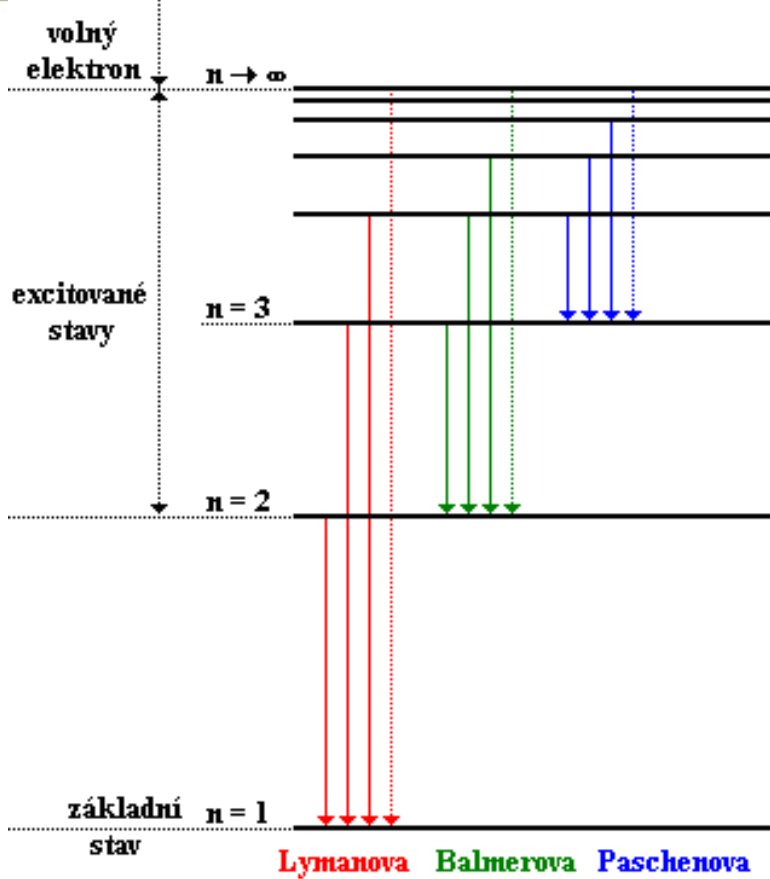
Rydbergův vztah (empirický na základě exp.)

$$\tilde{\nu} = R_H \left(\frac{1}{n_j^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

$$\Delta E = hc\tilde{\nu} = hcR_H \left(\frac{1}{n_j^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$



$$R_H = 109\,677.57 \text{ cm}^{-1}$$

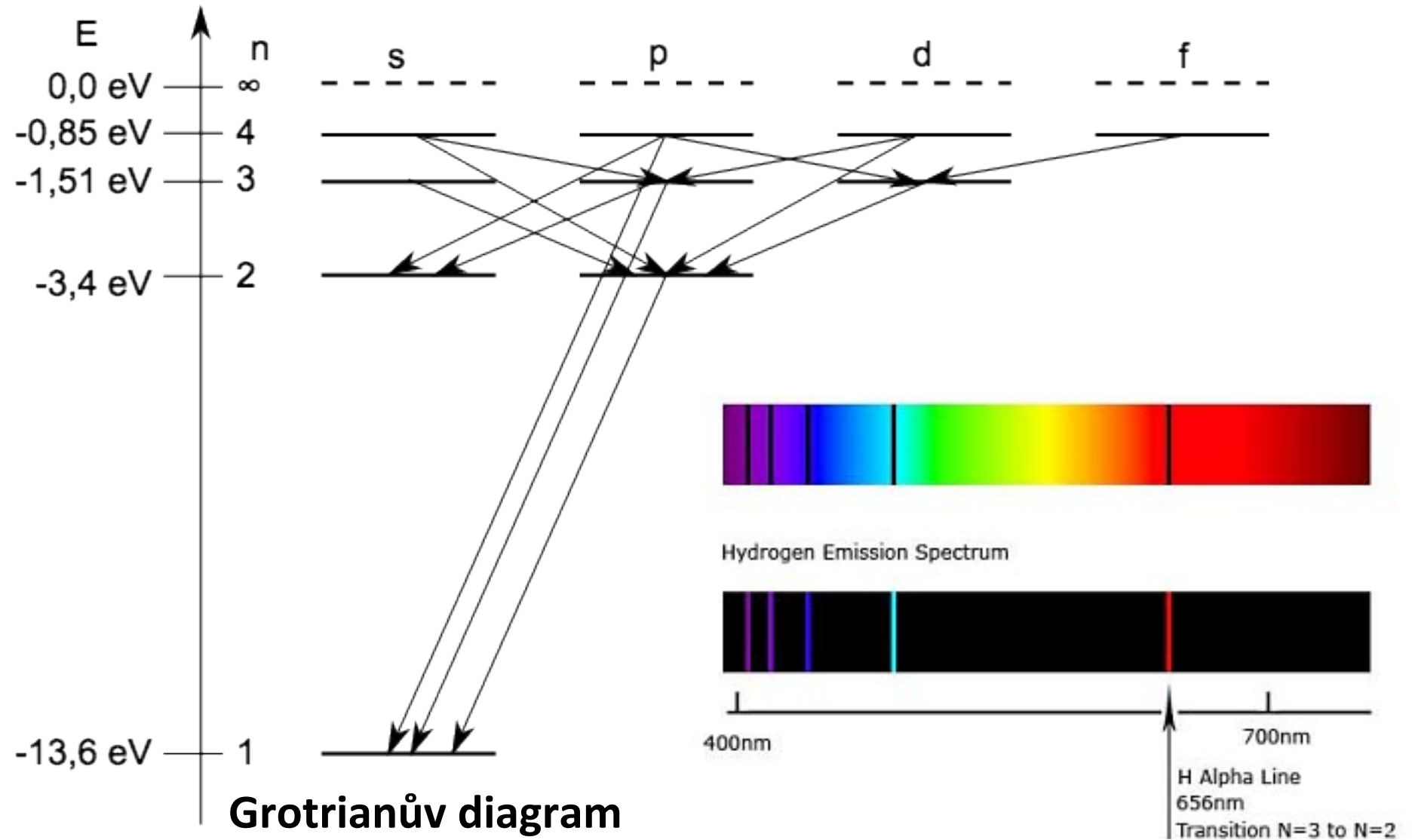


Výběrové pravidlo

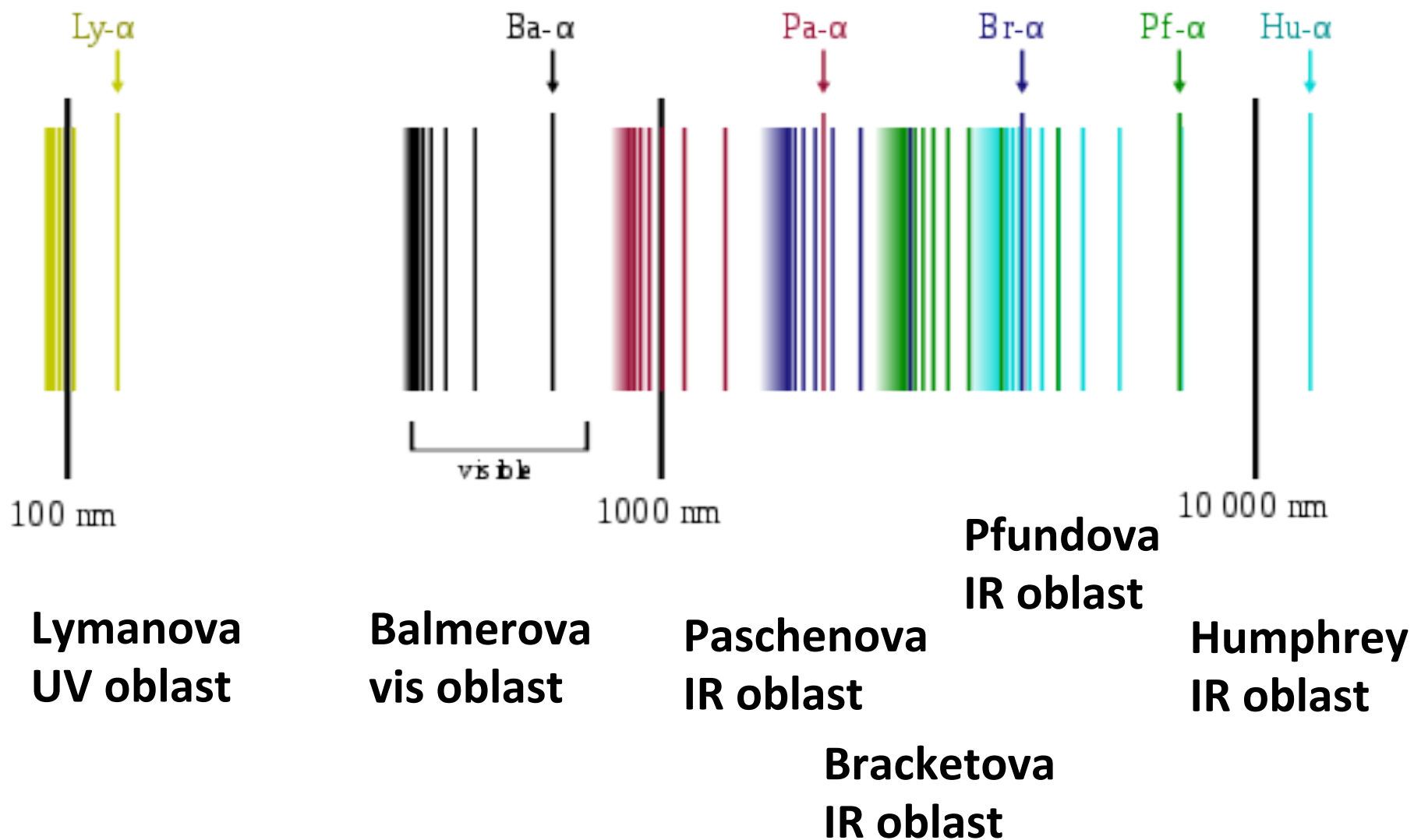
- Ne všechny přechody v atomech jsou povolené
 - Foton nese spinový moment hybnosti $s = 1$
 - Platí zákon zachování hybnosti
 - Výběrové pravidlo

$$\Delta l = \pm 1, \quad \Delta m_l = 0, \pm 1$$

Přechody v atomu vodíku



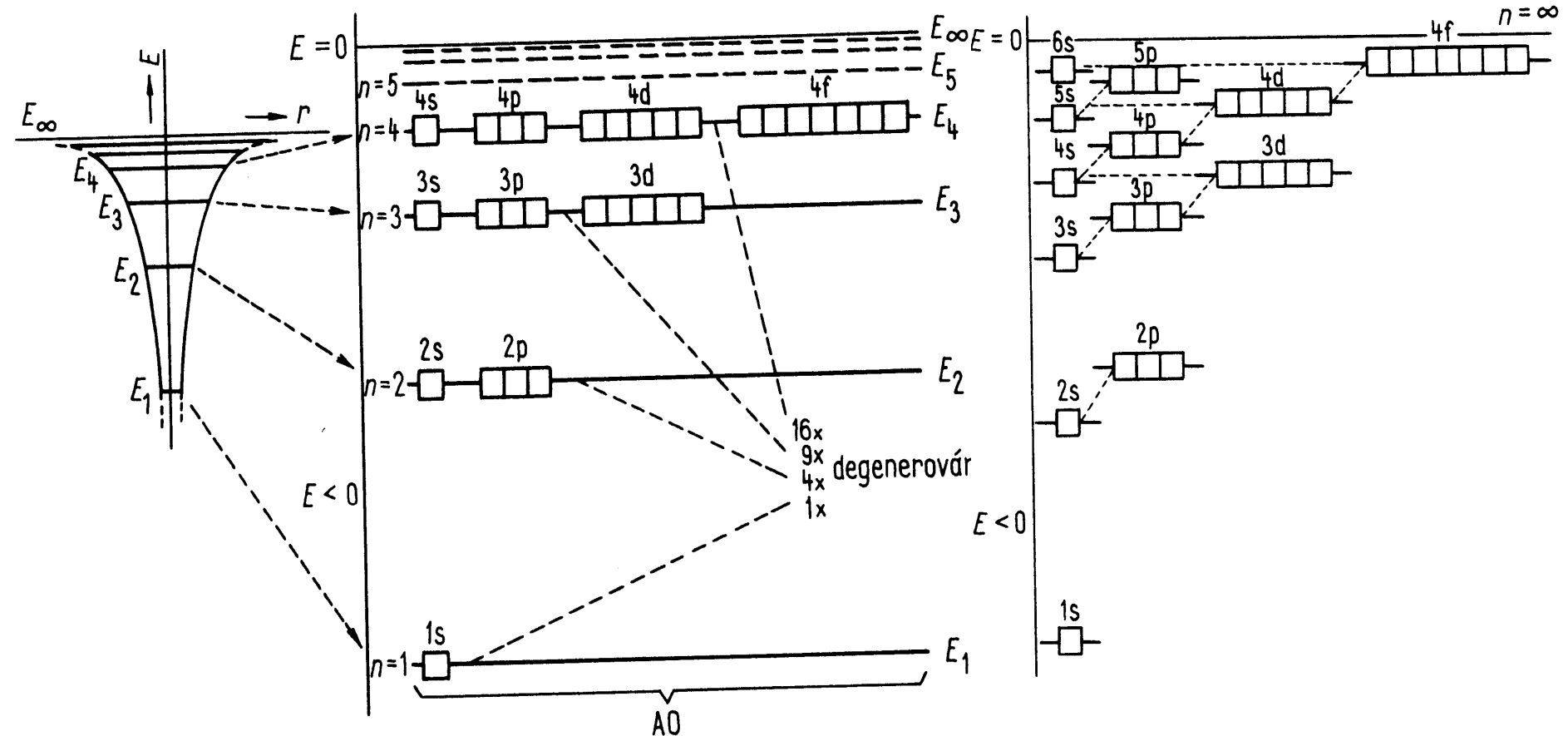
Přechody v atomu vodíku



Víceelektronové atomy

- Jejich energetické stavy jsou komplexnější kvůli elektron-elektronovým interakcím
- Energie orbitalů nezávisí jen na n
 - Výstavbový princip
- Ve spektrech se projevuje jemná struktura v důsledku spin-orbitální interakce (magnetická interakce mezi spinovým a orbitálním momentem elektronu)

Energetické stavy atomů



Jak měřit orbitální energie?

- Fotoelektronová spektroskopie (např. XPS)
- Nalézt v tabulkách (webelements.com)

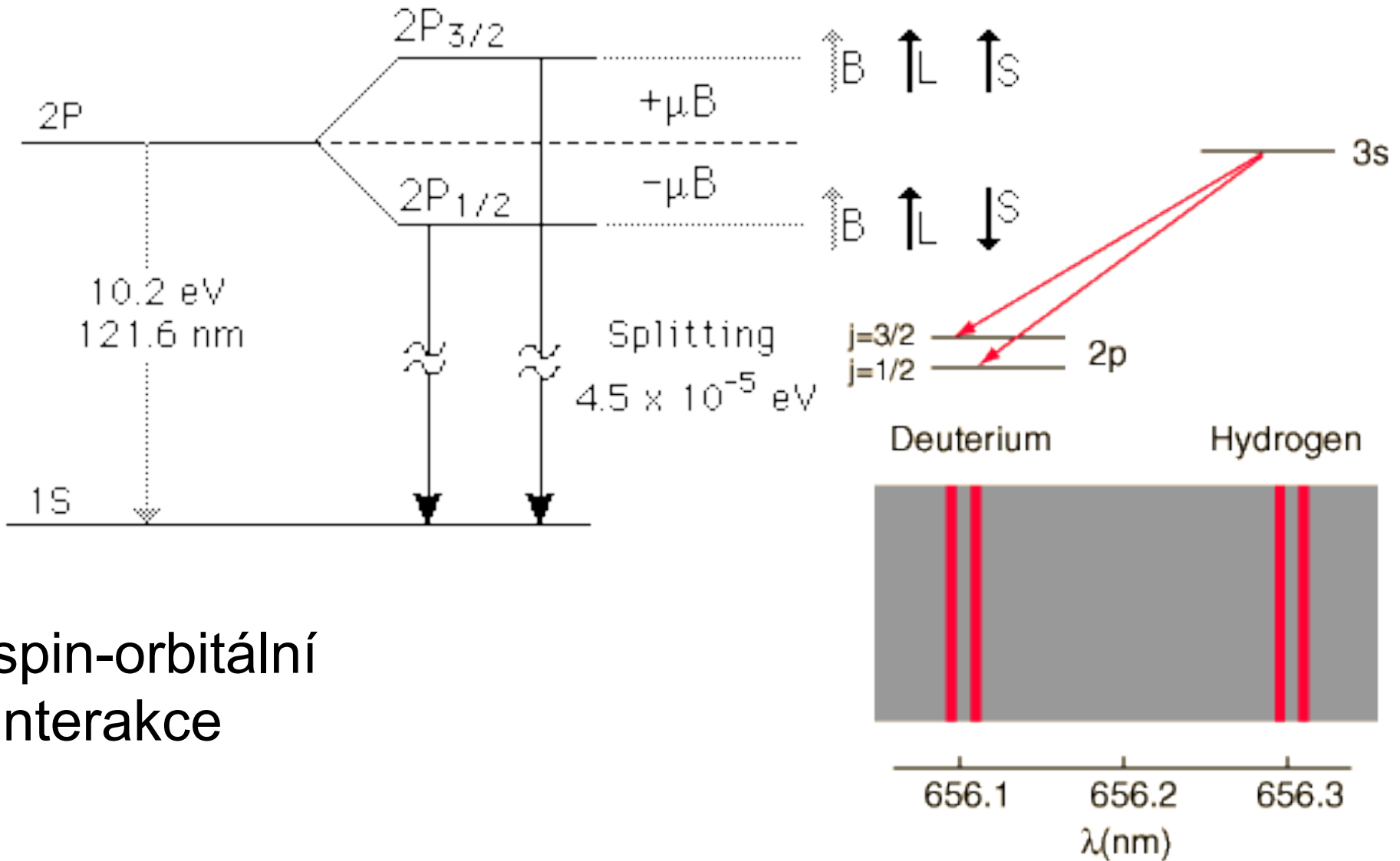
Electron binding energies

This table contains electron binding energies for argon.

Label	Orbital	eV [literature reference]
K	1s	3205.9 [2]
L _I	2s	326.3 [2]
L _{II}	2p _{1/2}	250.6 [3]
L _{III}	2p _{3/2}	248.4 [2]
M _I	3s	29.3 [2]
M _{II}	3p _{1/2}	15.9 [2]
M _{III}	3p _{3/2}	15.7 [2]

[2] M. Cardona and L. Ley, Eds., Photoemission in Solids I: General Principles (Springer-Verlag, Berlin) with additional corrections, 1978.

Jemná struktura spekter atomů



spin-orbitální
interakce

656,3

486,1

434

410,1

700
Hydrogen ^1_1H



667,8

587,5

501,5

492,1

471,3

447,1

402,6

700
Helium ^4_2He



623,4

615,2

579

577

546,1

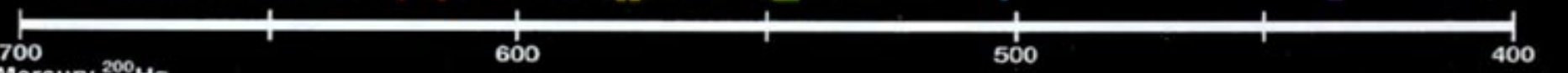
502,5

435,8

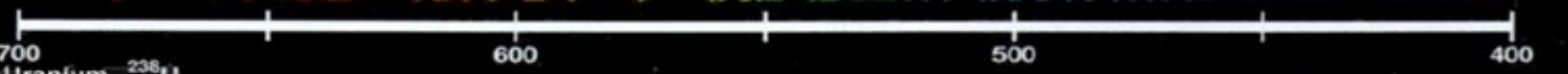
407,8

404,7

700
Mercury $^{200}_{80}\text{Hg}$



700
Uranium $^{238}_{92}\text{U}$

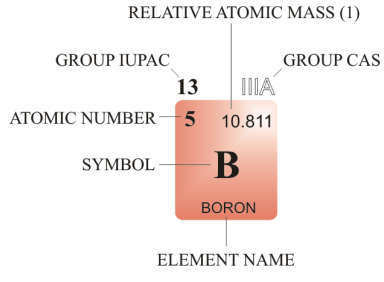


Výstavba el. obalu - PSP

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

<http://www.periodni.com>

GROUP	PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS																18																			
1	2		3										4				5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18						
IA	IIA		IIIB										IVB				VB		VIB		VIIB		VIII		IB		IIB		IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1.0079 H HYDROGEN	6.941 Li LITHIUM		9.0122 Be BERYLLIUM		22.990 Na SODIUM										24.305 Mg MAGNESIUM		26.982 Al ALUMINIUM		28.086 Si SILICON		30.974 P PHOSPHORUS		32.065 S SULPHUR		35.453 Cl CHLORINE		39.948 Ar ARGON		4.0026 He HELIUM							
3 Li LITHIUM	4 Be BERYLLIUM	11 Na SODIUM										12 Mg MAGNESIUM	13 Al ALUMINIUM	14 Si SILICON	15 P PHOSPHORUS	16 S SULPHUR	17 Cl CHLORINE	18 Ar ARGON	19 K POTASSIUM	20 Ca CALCIUM	21 Sc SCANDIUM	22 Ti TITANIUM	23 V VANADIUM	24 Cr CHROMIUM	25 Mn MANGANESE	26 Fe IRON	27 Co COBALT	28 Ni NICKEL	29 Cu COPPER	30 Zn ZINC	31 Ga GALLIUM	32 Ge GERMANIUM	33 As ARSENIC	34 Se SELENIUM	35 Br BROMINE	36 Kr KRYPTON
37 Rb RUBIDIUM	38 Sr STRONTIUM	39 Y YTTRIUM	40 Zr ZIRCONIUM	41 Nb NIOBIUM	42 Mo MOLYBDENUM	43 Tc TECHNETIUM	44 Ru RUTHENIUM	45 Rh RHODIUM	46 Pd PALLADIUM	47 Ag SILVER	48 Cd CADMIUM	49 In INDIUM	50 Sn TIN	51 Sb ANTIMONY	52 Te TELLURIUM	53 I IODINE	54 Xe XENON	55 Rb RUBIDIUM	56 Sr STRONTIUM	57-71 La-Lu Lanthanide	72 Hf HAFNIUM	73 Ta TANTALUM	74 W TUNGSTEN	75 Re RHENIUM	76 Os OSMIUM	77 Ir IRIDIUM	78 Pt PLATINUM	79 Au GOLD	80 Hg MERCURY	81 Tl THALLIUM	82 Pb LEAD	83 Bi BISMUTH	84 Po POLONIUM	85 At ASTATINE	86 Rn RADON	
87 Fr FRANCIUM	88 Ra RADIUM	89-103 Ac-Lr Actinide	104 Rf RUTHERFORDIUM	105 Db DUBNIUM	106 Sg SEABORGIUM	107 Bh BOHRNIUM	108 Hs HASSIUM	109 Mt MEITNERIUM	110 Ds DARMSTADIUM	111 Rg ROENTGENIUM	112 Cn COPERNICIUM	113 Uut UNUNTRIUM	114 Fl FLEROVIUM	115 Uup UNUNPENTIUM	116 Lv LIVERMORIUM	117 Uus UNUNSEPTIUM	118 Uuo UNUNOCTIUM	87 Fr FRANCIUM	88 Ra RADIUM	89-103 Ac-Lr Actinide	104 Rf RUTHERFORDIUM	105 Db DUBNIUM	106 Sg SEABORGIUM	107 Bh BOHRNIUM	108 Hs HASSIUM	109 Mt MEITNERIUM	110 Ds DARMSTADIUM	111 Rg ROENTGENIUM	112 Cn COPERNICIUM	113 Uut UNUNTRIUM	114 Fl FLEROVIUM	115 Uup UNUNPENTIUM	116 Lv LIVERMORIUM	117 Uus UNUNSEPTIUM	118 Uuo UNUNOCTIUM	



■ Metal	■ Semimetal	■ Nonmetal
■ Alkali metal	■ Chalcogens element	
■ Alkaline earth metal	■ Halogens element	
■ Transition metals	■ Noble gas	
■ Lanthanide		
■ Actinide		

STANDARD STATE (25 °C; 101 kPa)
■ Ne - gas ■ Fe - solid
■ Hg - liquid ■ Tc - synthetic

LANTHANIDE

57 138.91 La LANTHANUM	58 140.12 Ce CERIUM	59 140.91 Pr PRASEODYMIUM	60 144.24 Nd NEODYMIUM	61 (145) Pm PROMETHIUM	62 150.36 Sm SAMARIUM	63 151.96 Eu EUROPIUM	64 157.25 Gd GADOLINIUM	65 158.93 Tb TERBIUM	66 162.50 Dy DYSPROSIUM	67 164.93 Ho HOLMIUM	68 167.26 Er ERBIUM	69 168.93 Tm THULIUM	70 173.05 Yb YTTERBIUM	71 174.97 Lu LUTETIUM
-------------------------------------	----------------------------------	--	-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------

ACTINIDE

89 (227) Ac ACTINIUM	90 232.04 Th THORIUM	91 231.04 Pa PROTACTINIUM	92 238.03 U URANIUM	93 (237) Np NEPTUNIUM	94 (244) Pu PLUTONIUM	95 (243) Am AMERICIUM	96 (247) Cm CURIUM	97 (247) Bk BERKELIUM	98 (251) Cf CALIFORNIUM	99 (252) Es EINSTEINIUM	100 (257) Fm FERMIUM	101 (258) Md MENDELEVIUM	102 (259) No NOBELIUM	103 (262) Lr LAWRENCIUM
-----------------------------------	-----------------------------------	--	----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------

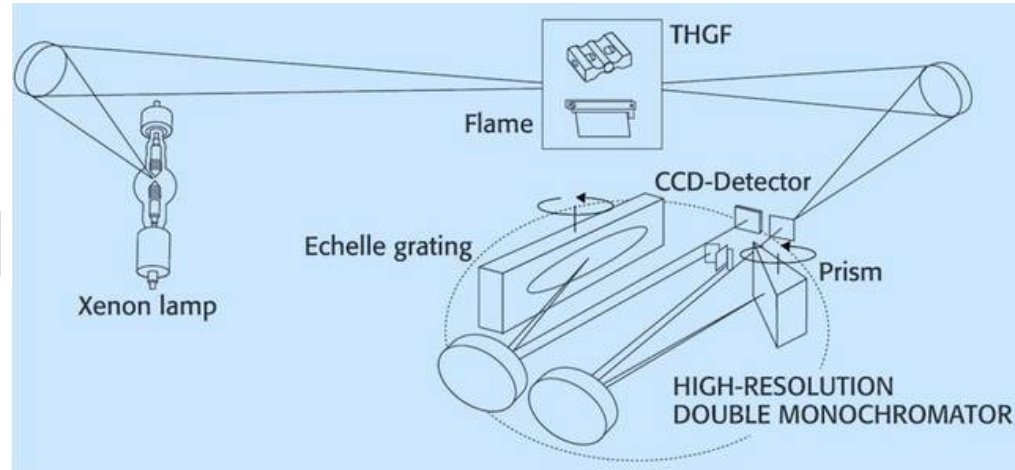
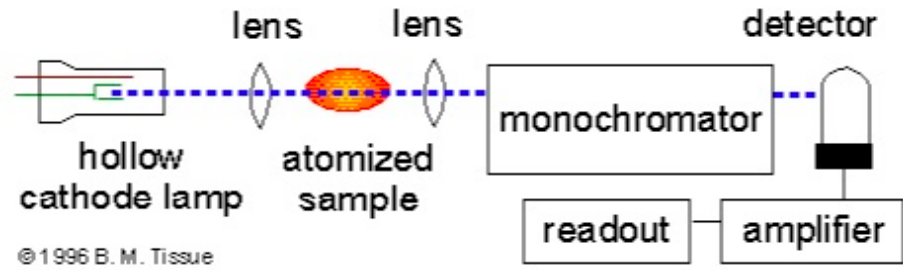
Copyright © 2012 Eni Generali©

(1) Pure Appl. Chem., 81, No. 11, 2131-2156 (2009)
Relative atomic masses are expressed with five significant figures. For elements that have no stable nuclides, the value enclosed in brackets indicates the mass number of the longest-lived isotope of the element. However three such elements (Th, Pa and U) do have a characteristic terrestrial isotopic composition, and for these an atomic weight is tabulated.

Kde potká chemik spektra atomů?

- Důkaz plamenem.
- Sodíkové výbojky.
- Složení (stáří) hvězd.
- Atomová absorpční spektroskopie (AAS)
 - selektivní (čáry atomů jsou charakteristické) bez nutnosti separace
 - velmi citlivá
 - dnes umí několik prvků současně
- Atomová emisní sp., plamenová spektroskopie

AAS

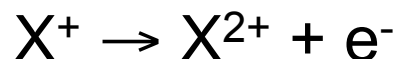


Ionizační energie, elektronová afinita

ionizační energie I_E



druhá ionizační energie



elektronová afinita E_A – uvolní se při vzniku aniontu



ionizační energie lithia

1. 5.4 eV

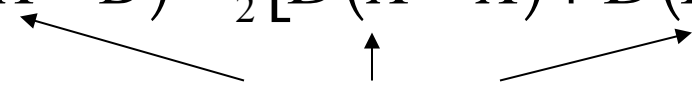
2. 75.63 eV

3. 122.30 eV

Elektronegativita

kvantifikace schopnosti přitahovat vazebné elektrony ve sloučeninách

Pauling:
$$|\chi_A - \chi_B| = 0.208 \sqrt{D(A-B) - \frac{1}{2}[D(A-A) + D(B-B)]}$$



 disociační energie vazby

$$D(A-B) = \frac{1}{2}[D(A-A) + D(B-B)] + 23(\chi_A - \chi_B)^2$$

Mulliken:
$$\chi_M = \frac{I_E + E_A}{2}$$