

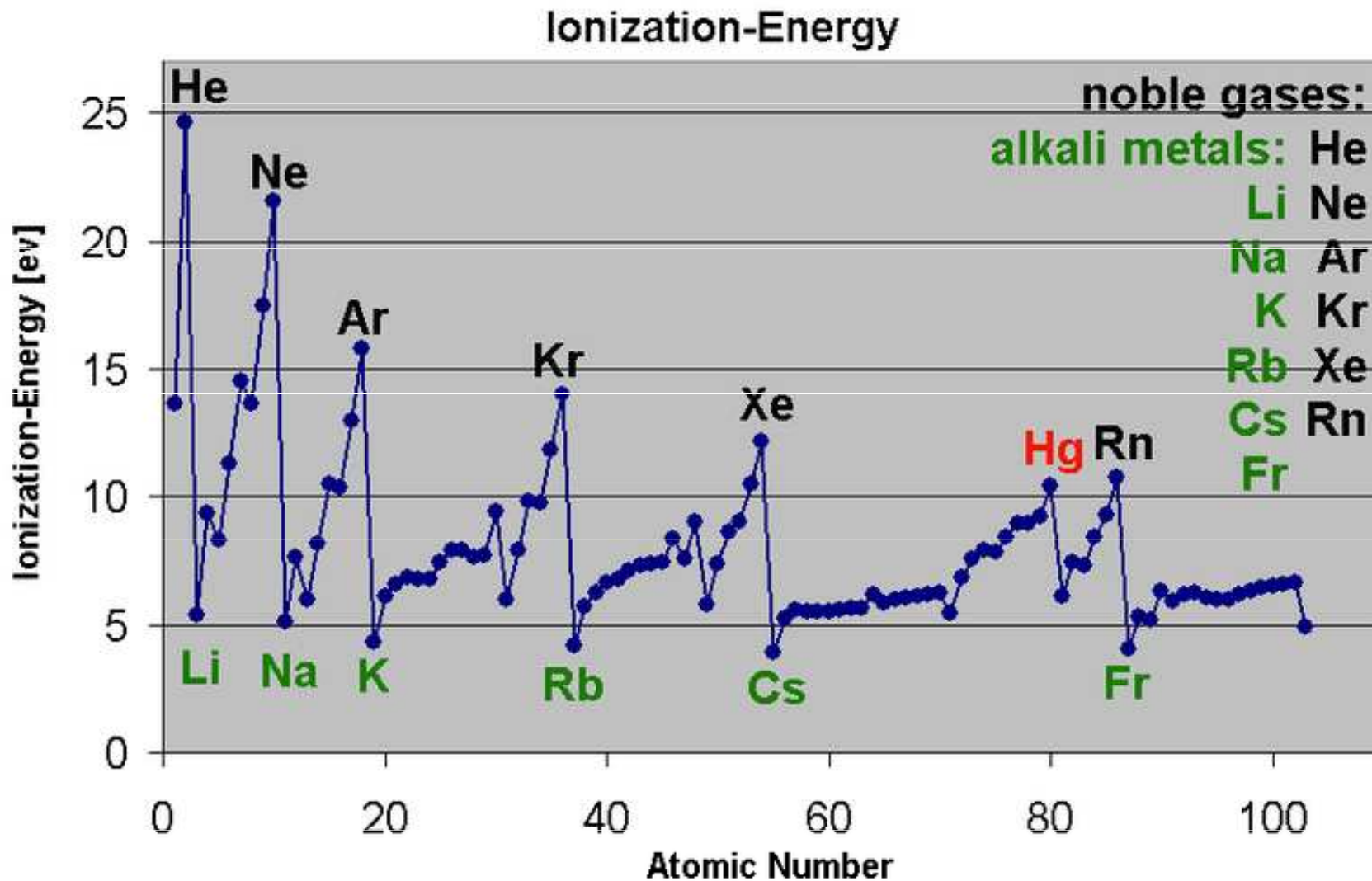
RTG záření

Moseley

Složitější atomy než vodík

Význam - protonového (atomového) čísla Z

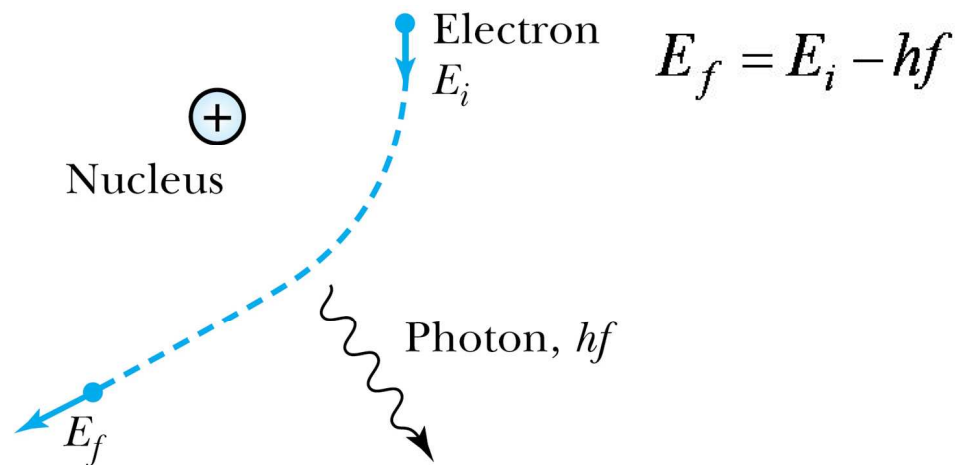
Ionizační potenciál atomu - energie potřebná k odtržení jednoho elektronu z izolovaného atomu



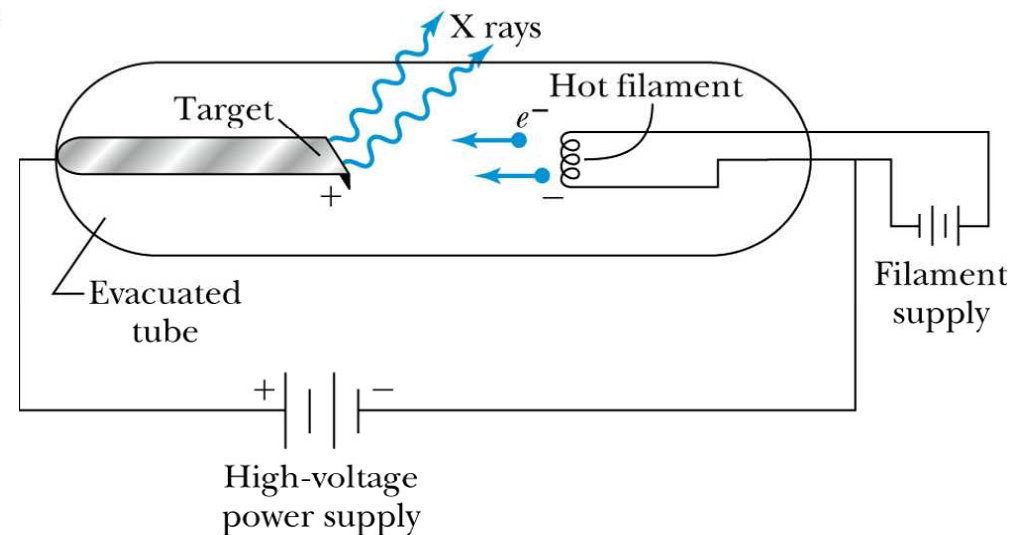
X-Ray RTG

Elektron přicházející k povrchu vyzařuje fotony a ztrácí kinetickou energii. Tento zbrzděný elektron může svou energii vyzařit jako X-ray foton.

Při dopadu elektronu na kov dochází obvykle ke ztrátě jeho kinetické energie postupně, tzn. několika srážkami s částicemi, a postupně uvolňuje svoji energii ve formě tepelného záření. Některé elektrony všechnu svoji energii ztratí při jednom nárazu. V takovém případě se všechna kinetická energie elektronu přemění ve foton. Tímto způsobem je možné získat fotony rentgenového záření.



© 2006 Brooks/Cole - Thomson



© 2006 Brooks/Cole - Thomson

X-ray neboli Rentgenovo záření je elmg záření s vln.délkou 10-0.01 nm, frekvence 30 PHz - 30 EHz.

Inverzní fotoelektrický jev

ZZE -kinetická energie elektronu musí být rovná maximální energii vytvořeného fotonu.

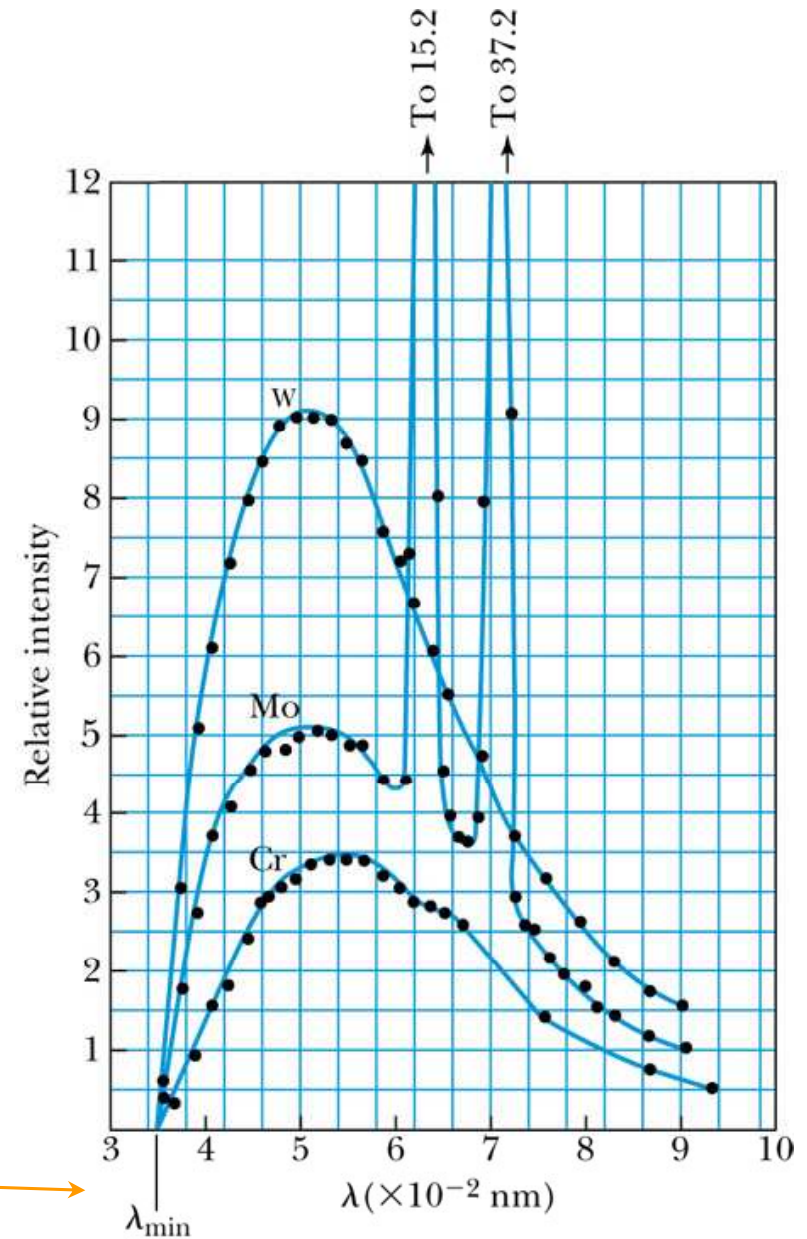
Obvykle lze zanedbat výstupní práci, která v těchto případech bývá malá oproti potenciální energii elektronu.

To vede k tzv. **Duane-Hunt mezi**, která byla objevena nejprve experimentálně.

Minimální vlnová délka fotonu závisí pouze urychlovacím napětí a je stejná pro všechny terče.

$$eV_0 = hf_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}}$$

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eV_0} = \frac{1.240 \times 10^{-6} \text{ V} \cdot \text{m}}{V_0}$$





anoda

katoda



Vlastnosti a užití

* RTG záření ionizuje vzduch a jiné plyny. Na tom jsou založeny funkce některých typů indikátorů rentgenového záření.

* Pohlcování RTG různými materiály závisí na protonovém čísle. Čím větší je protonové číslo atomů materiálu, tím víc tento materiál záření pohlcuje.

Využití rentgenového záření v medicíně vychází mj. z faktu, že kosti (vápník) pohlcují záření víc než měkké tkáně (voda).

* Pohlcování rentgenového záření závisí na tloušťce pohlcující vrstvy. Defektoskopie je založena na tom, že vnitřní vady znamenají změnu tloušťky pohlcující vrstvy a tím i změnu intenzity procházejícího rentgenového záření.

* Vyvolává luminiscenci (světélkování) některých látek. Světélkování krystalků Röntgena k objevu nového záření a dlouhou dobu bylo luminiscenční stínítko základním prvkem rentgenového přístroje. Dnes je nahrazen polovodičovými detektory, televizními systémy a digitální zpracováním obrazu.



* Pronikavost záření závisí na vlnové délce (na napětí mezi anodou a katodou rentgenky). Základním regulačním prvkem je urychlující napětí, podle jeho velikosti dělíme rentgenové záření na tvrdé (velmi pronikavé) a měkké (méně pronikavé).

* RTG vyvolává v živých organismech biologické, chemické a genetické změny. Této vlastnosti se využívá například při ozařování zhoubných nádorů. Obsluhující personál i pacienti mají být před nežádoucími účinky chráněni.

Shrnutí:

Z anody vystupuje obecně rentgenové záření dvojího druhu - brzdné a charakteristické.

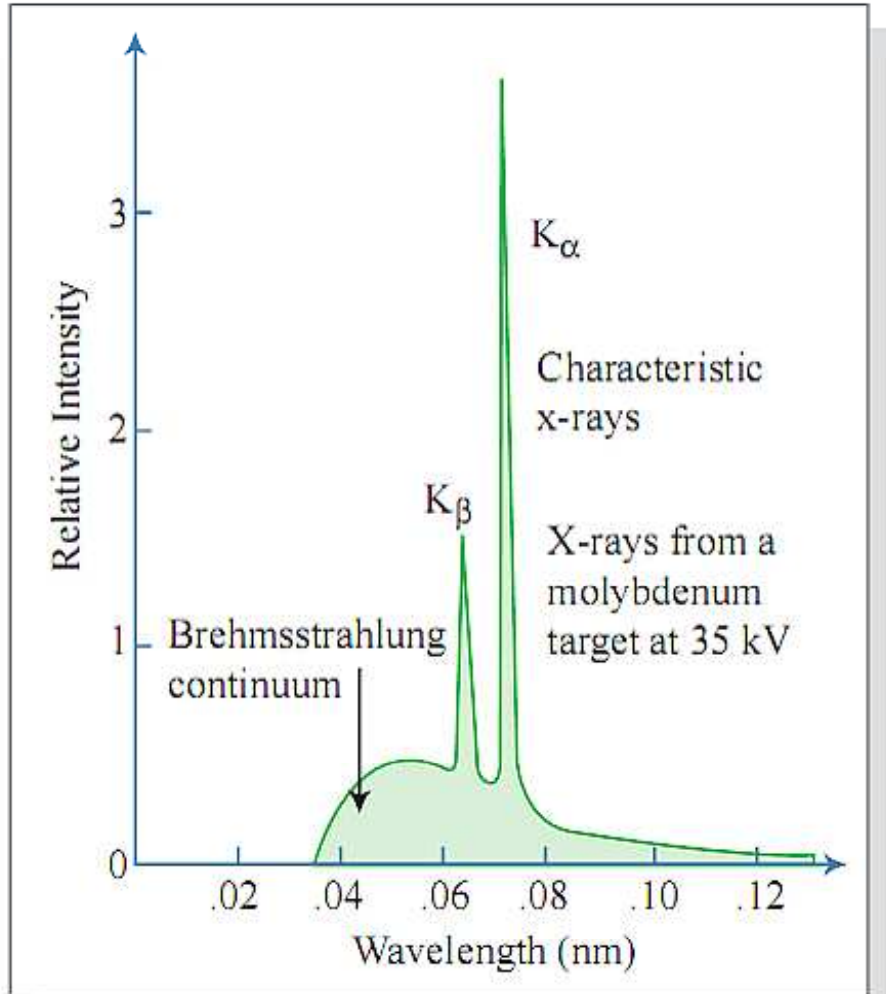
Brzdné záření – rychlé elektrony se dopadem na anodu náhle zbrzdí a jejich kinetická energie se přemění na energii fotonů elmg. záření.

Toto záření obsahuje fotony všech vlnových délek, počínaje tzv. mezní vlnovou délkou L_m . Spektrum brzdného záření je **spojité**.

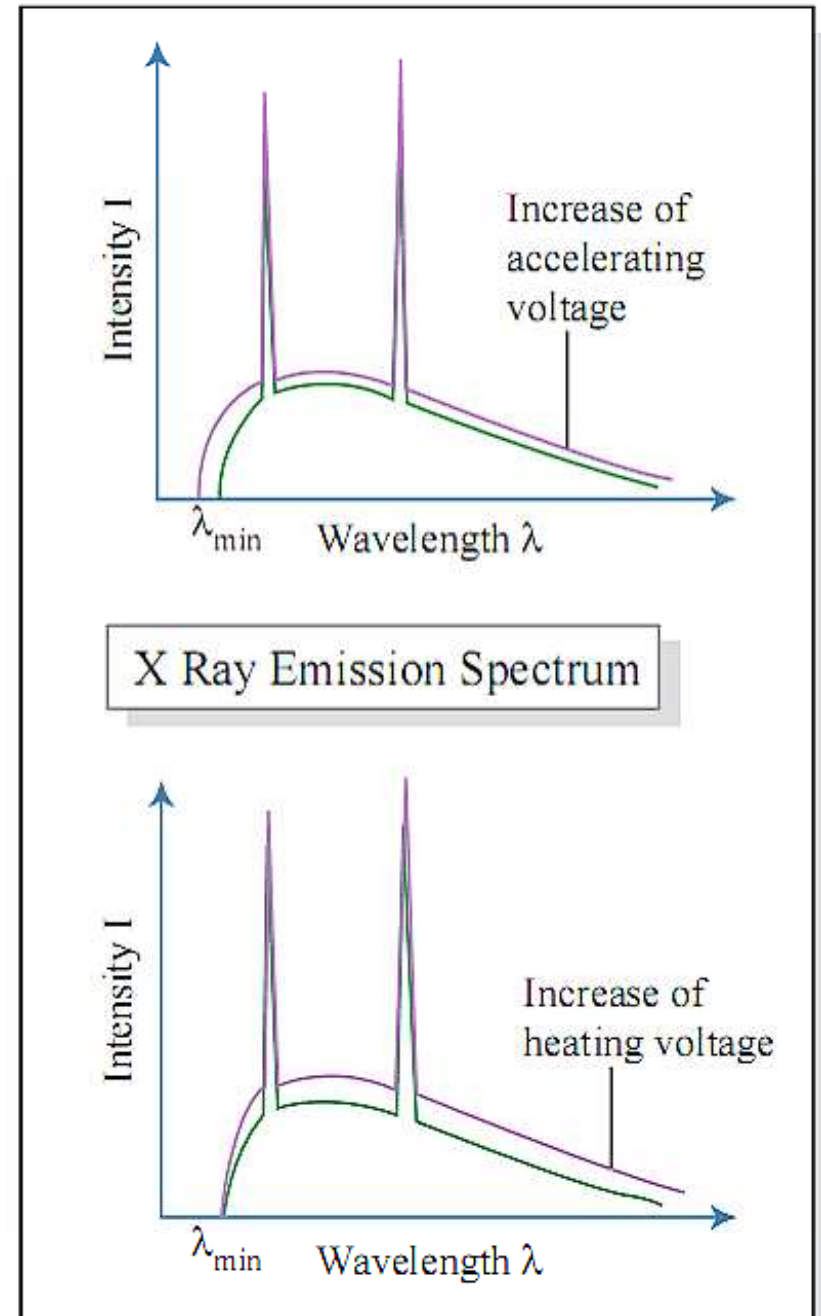
Charakteristické záření - elektron dopadající na anodu může vyrazit některý elektron z nevnitřnějších hladin **K** nebo **L** atomu materiálu anody.

Toto náhle neobsazené místo je okamžitě obsazeno jiným elektronem z vnějších hladin za vyzáření fotonu rentgenového záření s energií rovnou energetickému rozdílu mezi elektronovými hladinami.

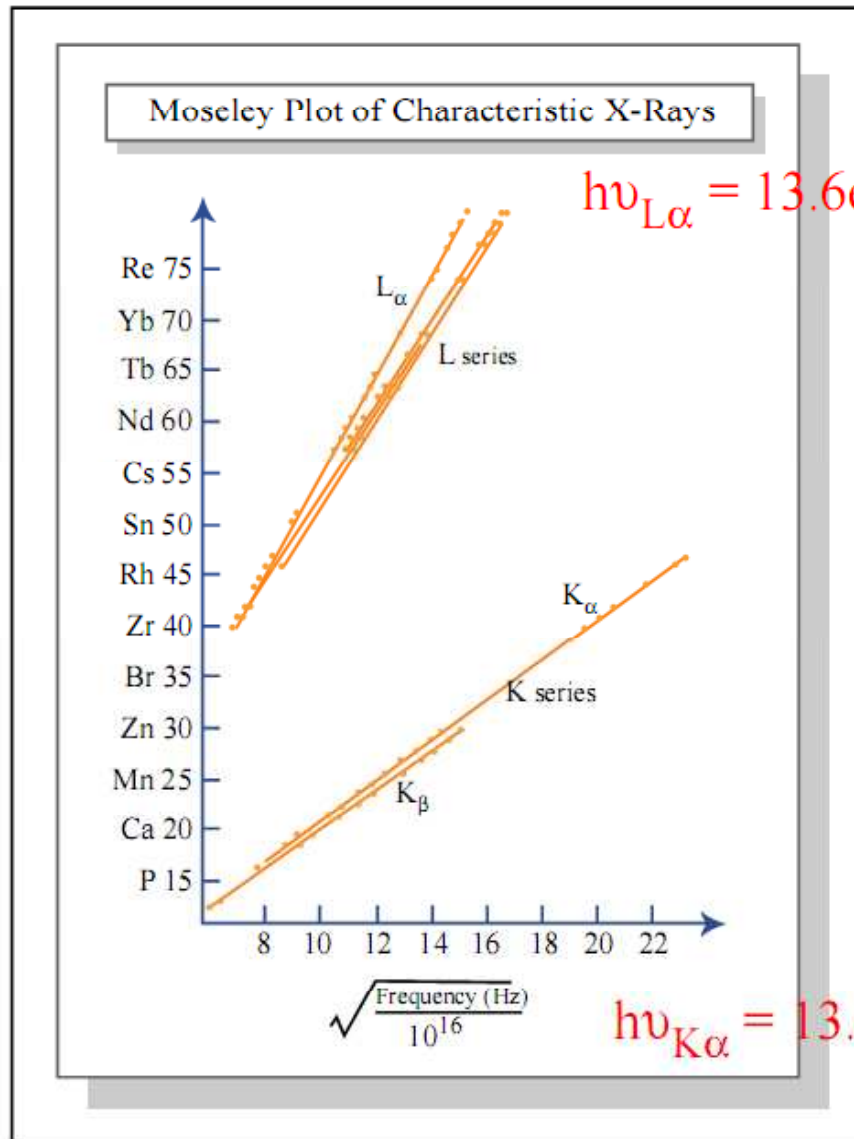
Charakteristické záření má proto **čárové spektrum**, které je závislé na materiálu anody.



$$\lambda_{12} = R(Z - a)^2 \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$$



Moseley law



$$h\nu_{L\alpha} = 13.6\text{eV} (Z - 7.4)^2 \left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right]$$

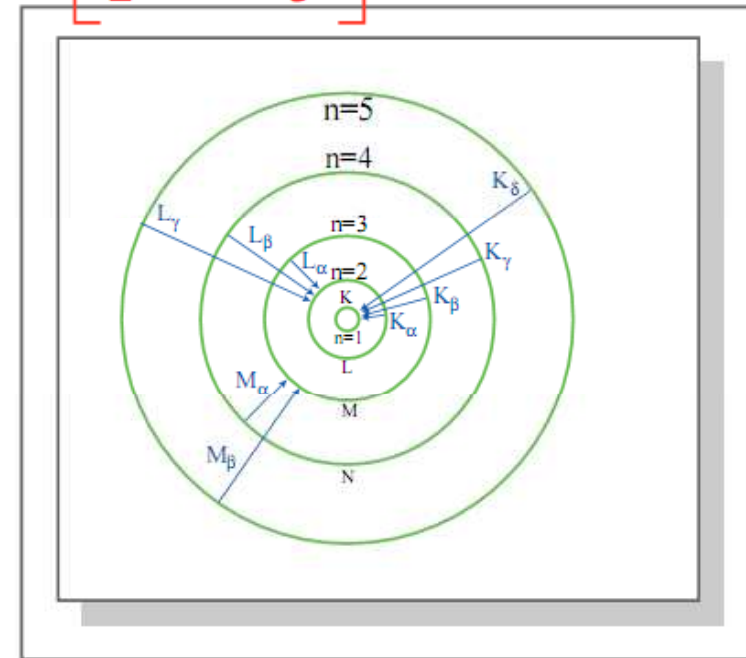


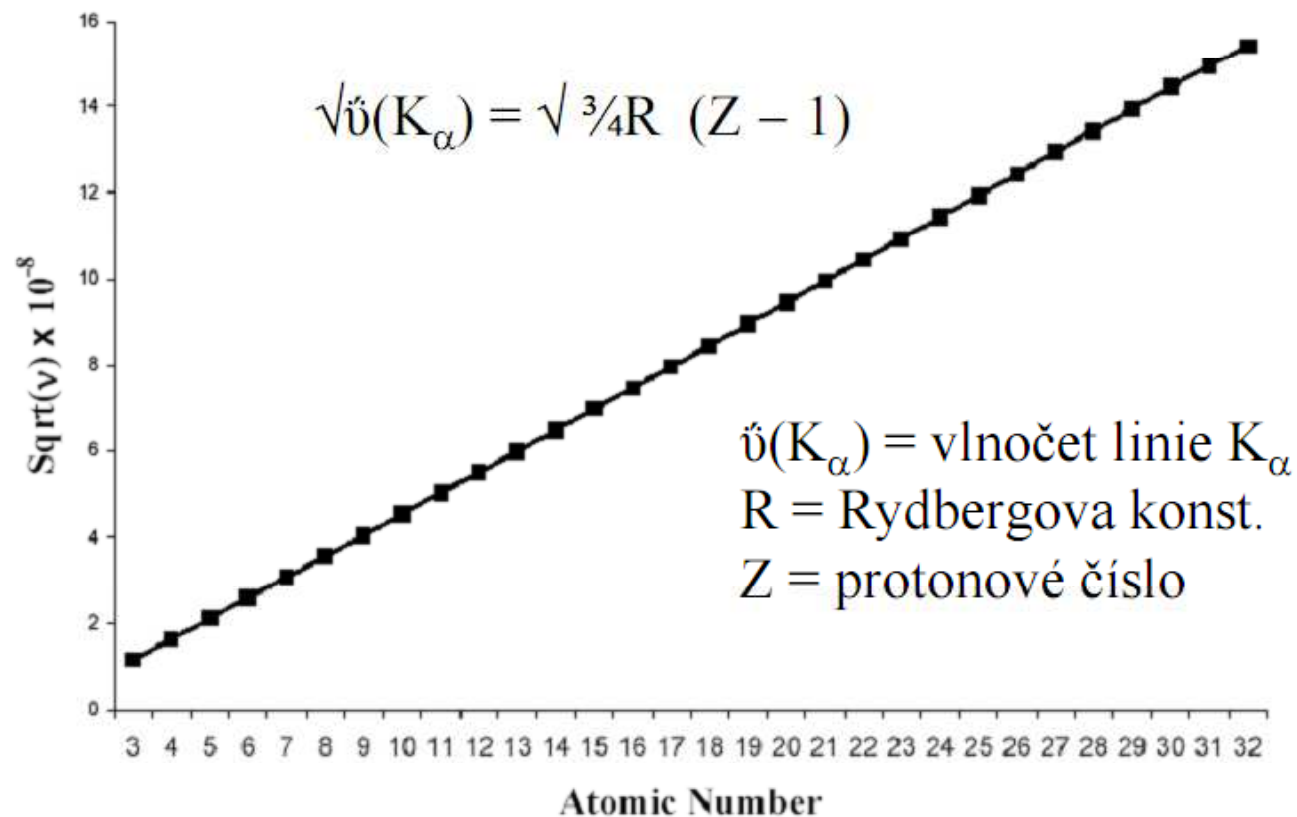
Figure by MIT OCW.

$$h\nu_{K\alpha} = 13.6\text{eV} (Z - 1)^2 \left[\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right] = \frac{3}{4} 13.6 (Z - 1)^2 \text{ eV}$$

Figure by MIT OCW.

Moseleyho zákon

X-Ray Frequencies vs. Atomic Number



Henry Moseley
(1887-1915)
Zabit ostřelovačem

Atomové číslo prvku je rovno počtu protonů v jádře.

Moseleyho zákon

1913

Správné pořadí prvků v periodickém systému

Co 58.933

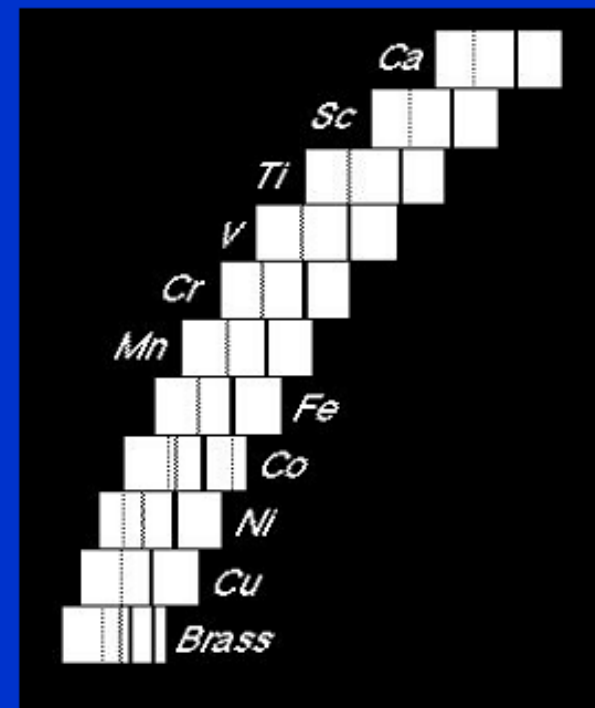
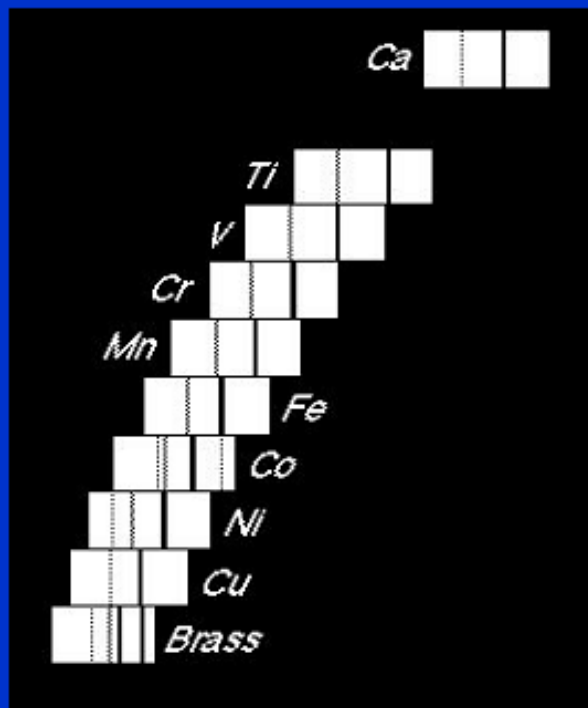
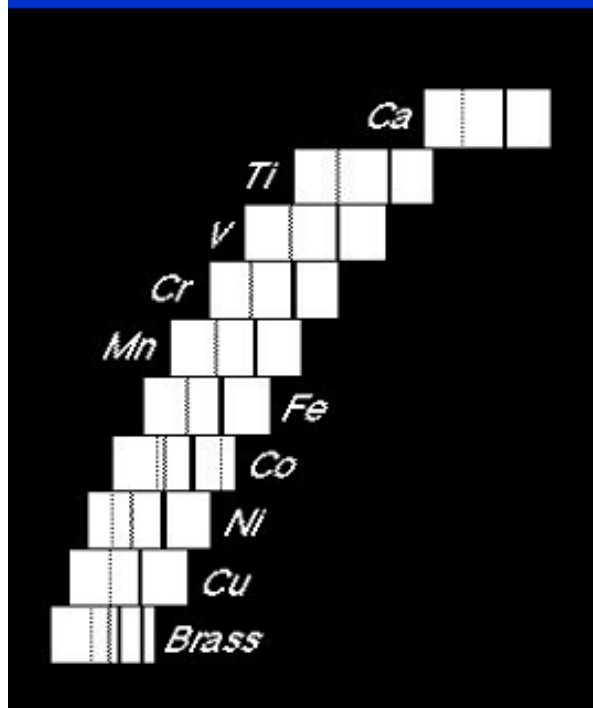
Ni 58.71

Předpověděl prvky:

$Z = 43, 61, 75$

Vlastnosti prvku závisí na protonovém čísle a ne na atomové hmotnosti

Moseleyho zákon



Co je charakteristické RTG záření, jak a proč vzniká?

Nakreslete schema RTG lampy.

Je charakteristické záření fyzikální konstantou prvku, podobně jako např. bod tání?

V tabulce jsou zaznamenány vln. délky K a α charakteristického záření antikatody vyrobené z některých prvků.

Ukažte, že výše uvedený vztah platí i pro sérii dat uvedenou v následující tabulce

(vyneste do grafu podle Moseleyho vztahu).

Vypočítejte konstantu úměrnosti v rovnici.

Zjistěte jak se tato konstanta nazývá a jaký symbol se užívá pro její označení.

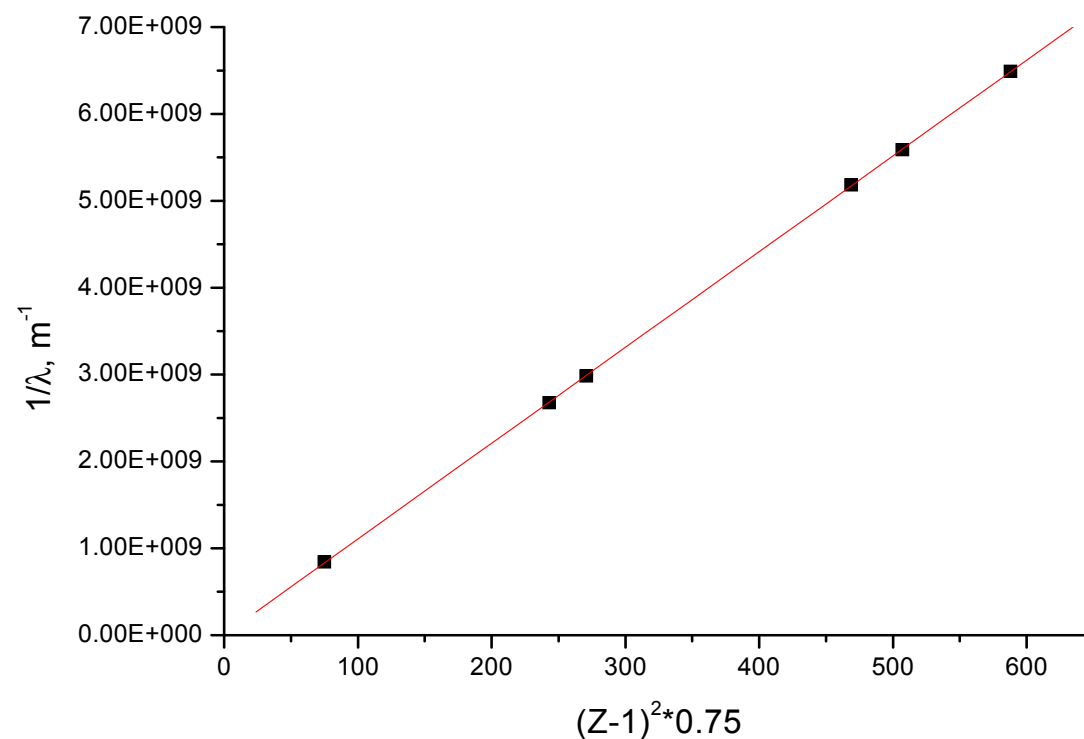
Prvek	[m]	Prvek	[m]
Na	$11,88 \cdot 10^{-10}$	Fe	$1,94 \cdot 10^{-10}$
K	$3,73 \cdot 10^{-10}$	Co	$1,79 \cdot 10^{-10}$
Ca	$3,35 \cdot 10^{-10}$	Cu	$1,54 \cdot 10^{-10}$

$$\frac{1}{\lambda} = 0,75 \cdot k(Z - 1)^2$$

a) X záření vzniká na antikatodě lampy. Charakteristické záření je konstantou prvku, podobně jako bod tání

a) Vyneseme $1/\lambda$ proti $0,75 \cdot (Z - 1)^2$. Z lineární závislosti pak určíme neznámou konstantu úměry k jako směrnici přímky.

Z	$0,75 \cdot (Z-1)^2$	$1/\lambda, \text{ m}^{-1}$
11	75	$8,42 \cdot 10^8$
19	243	$2,67 \cdot 10^9$
20	271	$2,99 \cdot 10^9$
26	469	$5,18 \cdot 10^9$
27	507	$5,59 \cdot 10^9$
29	588	$6,49 \cdot 10^9$

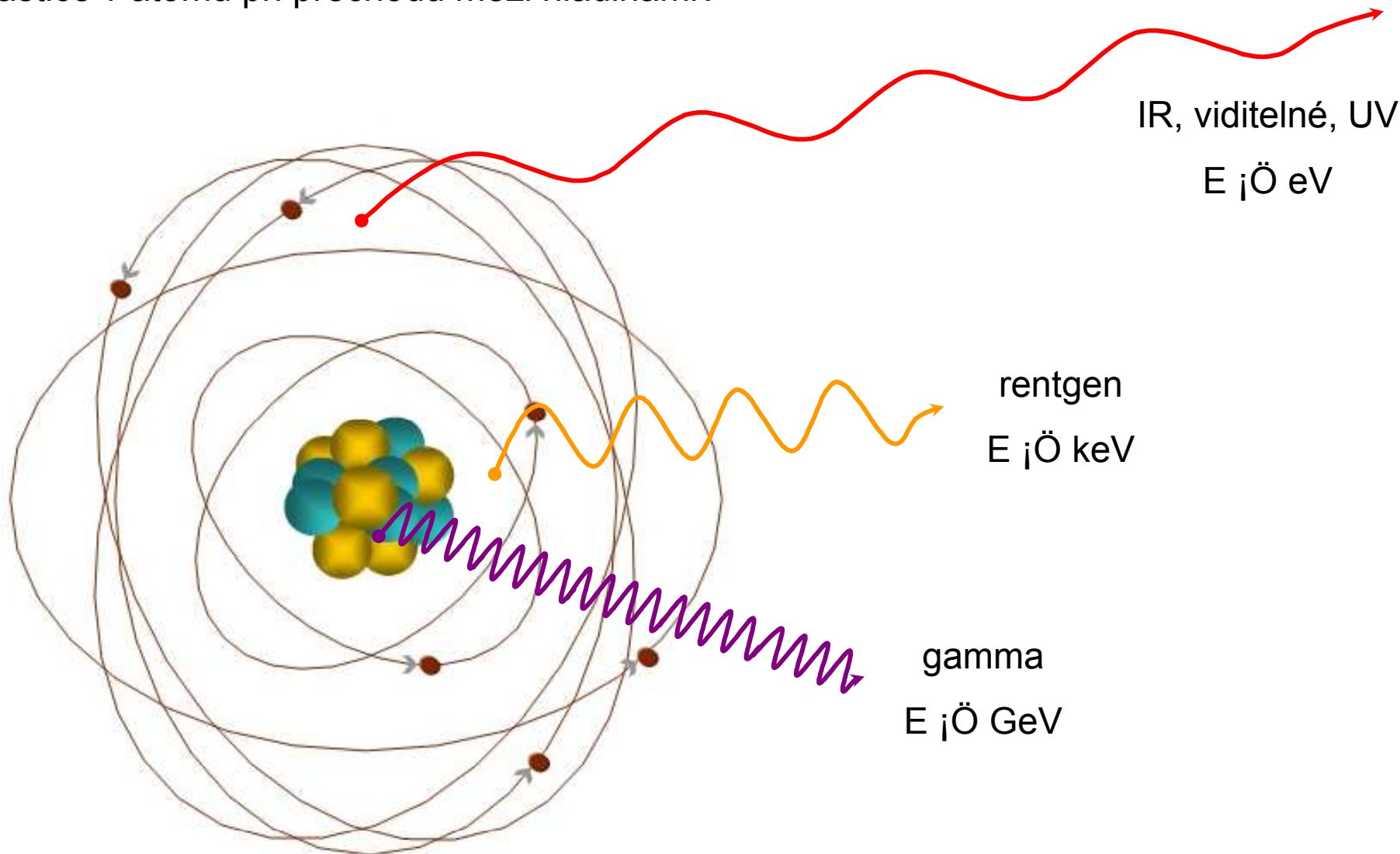


Hodnota konstanty úměrnosti je $1,102 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$.

To je v dobré shodě s tabulkovou hodnotou Rydbergovy konstanty, udávanou $R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$.

Elektromagnetické vyzařování atomu

Jaké druhy elektromagnetického záření pohlcují/vyzařují částice v atomu při přechodu mezi hladinami?



Spektroskopická notace

Spektrální termy mají tuto strukturu:

$$n^{2S+1}L_j^{(\Sigma P)}$$

kde:

n = principal quantum number

L = total azimuthal quantum number (= l if there is only one electron); *the designation makes use of letters, not numbers: S* ($L=0$), **P** ($L=1$), **D** ($L=2$), **F** ($L=3$)

S = total spin number (= $\frac{1}{2}$ for a single electron)

$2S+1$ = multiplicity of the level

J = total internal quantum number (= j if there is only one electron)

ΣP = total parity (it is explicitly indicated only if odd, and then the letter 'o' is used).

.