

Emissions of the Hydrogen Atom

The Balmer Series

Level 6 → 2

Violet

Level 5 → 2

Blue

Level 4 → 2

Green

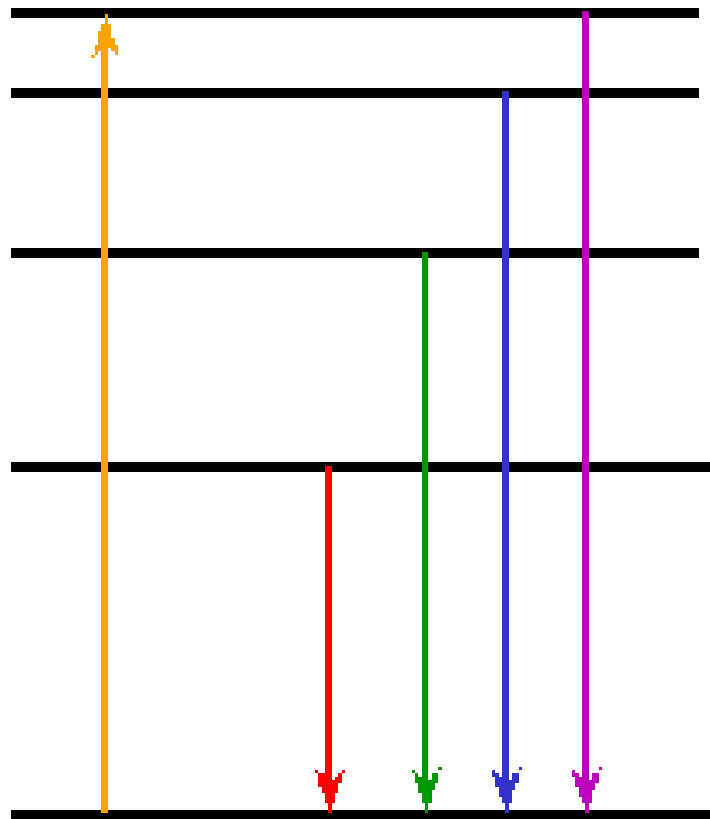
Level 3 → 2

Red

Level 2

Energy
Absorbed

Energy
Emitted



$$\hat{H}\psi = E\psi$$

Operator Hamiltonian untuk atom hidrogen:

$$H_{1\text{-elektron}} = \frac{-h^2}{8\pi^2m} \left(\sin\theta \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial\theta} \left(\sin\theta \frac{\partial}{\partial\theta} \right) + \frac{1}{\sin\theta} \frac{\partial^2}{\partial\phi^2} \right) - \frac{Ze^2}{r}$$

Operator Hamiltonian untuk atom polielektron dengan x elektron: (spin-orbit coupling diabaikan):

$$H_{x\text{-elektron}} = \frac{-h^2}{8\pi^2m} \sum_i^x \left(\sin\theta_i \frac{\partial}{\partial r_i} \left(r_i^2 \frac{\partial}{\partial r_i} \right) + \frac{\partial}{\partial\theta_i} \left(\sin\theta_i \frac{\partial}{\partial\theta_i} \right) + \frac{1}{\sin\theta_i} \frac{\partial^2}{\partial\phi_i^2} \right) - \sum_i^x \frac{Ze^2}{r_i} + \frac{1}{2} \sum_i^x \sum_{i \neq j}^x \frac{e^2}{r_{ij}}$$

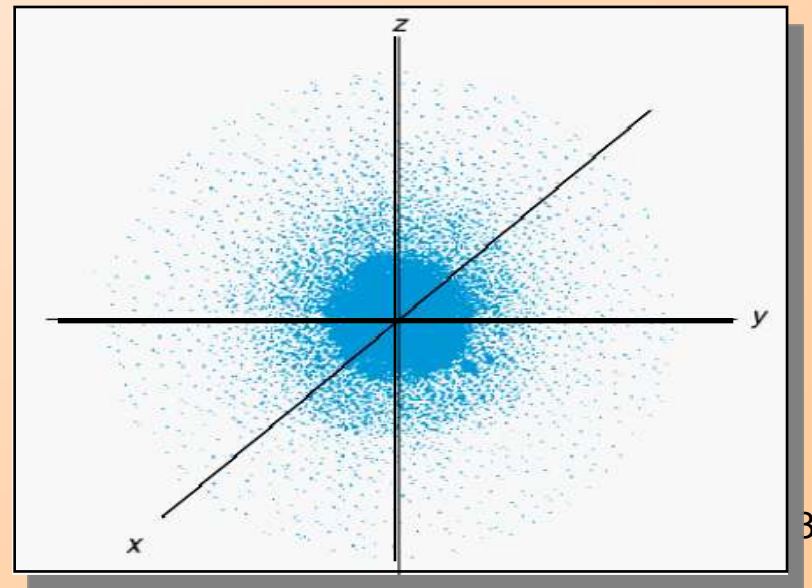
Persamaan Schrödinger untuk atom polielektron tidak dapat dipecahkan karena jarak antar elektron r_{ij} tidak diketahui

Sehingga penyelesaian persamaan Schrödinger untuk atom polielektronik hanya bisa diselesaikan dengan pendekatan melalui asumsi bahwa setiap elektron berdiri secara independen dan tidak dipengaruhi oleh elektron lain : $\Psi = \Psi(1) \Psi(2) \dots \Psi(x)$, $E = E(1)+E(2)+\dots+E(x)$

Atom Hidrogen

- Persamaan Schrödinger menghasilkan seperangkat fungsi keadaan yang bergantung pada tiga bilangan kuantum n , l , m_l .
- Ψ_{n,l,m_l}^2 menunjukkan probabilitas lokasi elektron. Fungsi ini ditunjukkan sebagai orbital-orbital.

$$\Psi_{2,1,0}^2(x,y,z)$$



Bilangan Kuantum Atom

Bilangan Kuantum Utama

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

Energi orbital hanya bergantung pada n:

$$E_{n,l,m_l} = -\frac{R_H}{n^2}$$

Konstanta Rydberg : $R_H = 2.18 \times 10^{-18} \text{ J}$

Ukuran orbital bertambah dengan kenaikan n.

Bilangan Kuantum Atom

Bilangan kuantum Azimuth

$$l = 0, 1, 2, \dots, n-1$$

l menentukan bentuk orbital.

Harga l ditandai dengan suatu huruf:

$$l = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$$

s p d f g

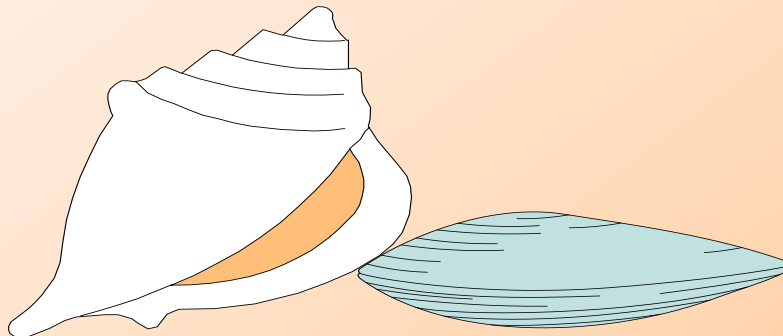
Bilangan kuantum magnetik

$$m_l = -l, -l+1, \dots, l-1, l$$

m_l menentukan orientasi orbital.

Kulit Elektron

- Suatu kulit elektron adalah sekelompok orbital dengan tingkat energi sama (n sama).
- Suatu subkulit mengandung orbital-orbital dengan bentuk dan energi sama (n dan l sama).



Kulit dan subkulit

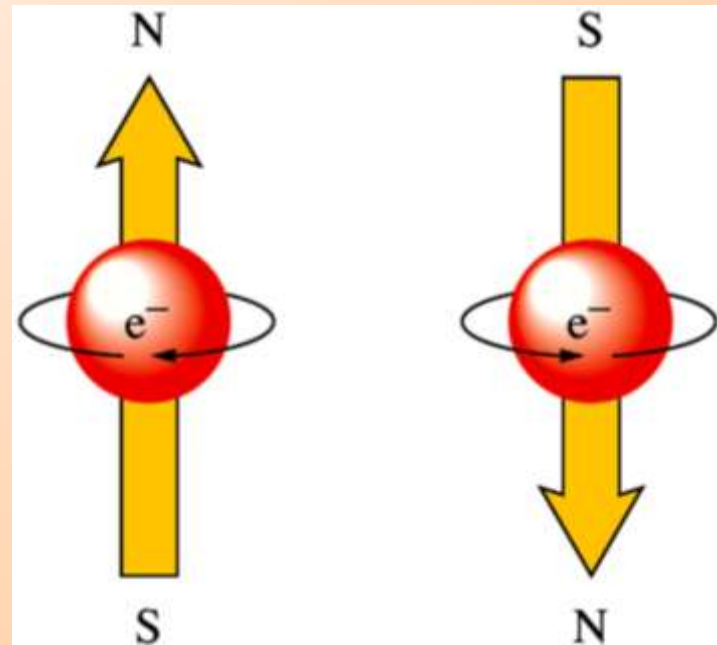
n	l	m	orbital	energi
1	0	0	1s	$-R_H$
2	0	0	2s	$-R_H/4$
2	1	-1,0,1	2p	$-R_H/4$
3	0	0	3s	$-R_H/9$
3	1	-1,0,1	3p	$-R_H/9$
3	2	-2,-1,0,1,2	3d	$-R_H/9$

Spin Elektron

- Tahun 1928, ditemukan bahwa elektron memiliki momentum sudut intrinsik, atau spin.
- Dalam medan magnet, rotasi sumbu hanya memiliki 2 kemungkinan orientasi.

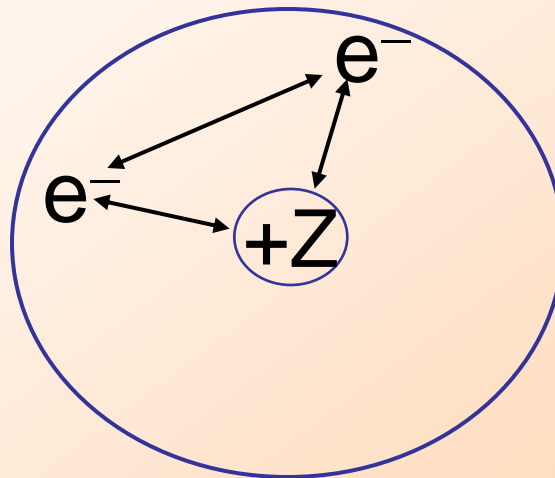
Bilangan
Kuantum spin

$$m_s = +\frac{1}{2} \text{ dan } -\frac{1}{2}$$



Atom Helium

Ditinjau atom dua-elektron dengan muatan inti Z .



He: $Z = 2$

Dengan mengabaikan tolakan antar elektron, tiap elektron memiliki energi seperti orbital hidrogen :

$$E_n = -R_H \frac{Z^2}{n^2}$$

Muatan Inti Efektif

- Karena muatan positif inti biasanya sedikit banyak dilawan oleh muatan negatif elektron dalam (dibawah elektron valensi), muatan inti yang dirasakan oleh elektron valensi suatu atom dengan nomor atom Z akan lebih kecil dari muatan inti, Ze . Penurunan ini diungkapkan dengan **konstanta perisai** s , dan muatan inti netto disebut dengan **muatan inti efektif**.

$$Z_{\text{eff}} = Z - S$$

Aturan Slater

Untuk orbital s dan p

- e-di kulit yang sama memberikan efek perisai sebesar 0,35
- e-di kulit lebih dalam memberikan efek perisai sebesar 0,85
- e-di kulit lebih dalam lagi memberikan efek perisai sebesar 1,00

- $s = (1,00 \times N_2) + (0,85 \times N_1) + (0,35 \times N_0)$
 - $N_0 = \sum e\text{-valensi lain di kulit terluar yang sama}$
 - $N_1 = \sum e\text{-di kulit lebih dalam } (n-1)$
 - $N_2 = \sum e\text{-di kulit lebih dalam lagi } (n-2)$

Untuk orbital d dan f

- e-di kulit yang sama memberikan efek perisai sebesar 0,35
- e-di kulit lebih dalam memberikan efek perisai sebesar 1,00

Contoh: Atom ber-elektron 1 (1H)

- $N_0 = 0$ (tidak ada elektron valensi lain di kulit yang sama)
- $N_1 = 0$ (tidak ada kulit lebih dalam)
- $N_2 = 0$ (tidak ada kulit lebih dalam lagi)

Sehingga

$$s = (1,00 \times 0) + (0,85 \times 0) + (0,35 \times 0)$$

$$Z_{\text{eff}} = Z^* = Z - s$$

$$= 1 - 0$$

$$= 1$$

Jadi muatan efektif inti yang diterima e pada atom hidrogen

$$= \text{muatan inti} = 1$$

- Atom helium (2He)

– $N_0 = 1$

– $N_1 = 0$

– $N_2 = 0$

–Maka $s = (0,35 \times 1) = 0,35$

–Sehingga

- muatan efektif inti yang dialami oleh e-valensi pada atom He adalah $2 - 0,35 = 1,65$

- e-memberikan efek perisai sebesar 0,35

- e-mengurangi muatan inti yang diterima e-valensi sebesar 0,35

- 24Cr: [18Ar] 3d⁵4s¹
- 42Mo: [36Kr] 4d⁵5s¹
- 74W: [54Xe] 4f¹⁴5d⁴6s²

Untuk Cr

$$\begin{aligned} -S &= (0 \times 0,35) + (13 \times 0,85) + (10 \times 1,0) \\ &= 0 + 11,05 + 10 = 21,05 \end{aligned}$$

$$-S^* = 24 - 21,05 = 2,95$$

- Untuk Mo

$$-S = (0 \times 0,35) + (1 \times 41) = 41$$

$$-S^* = 42 - 41 = 1$$

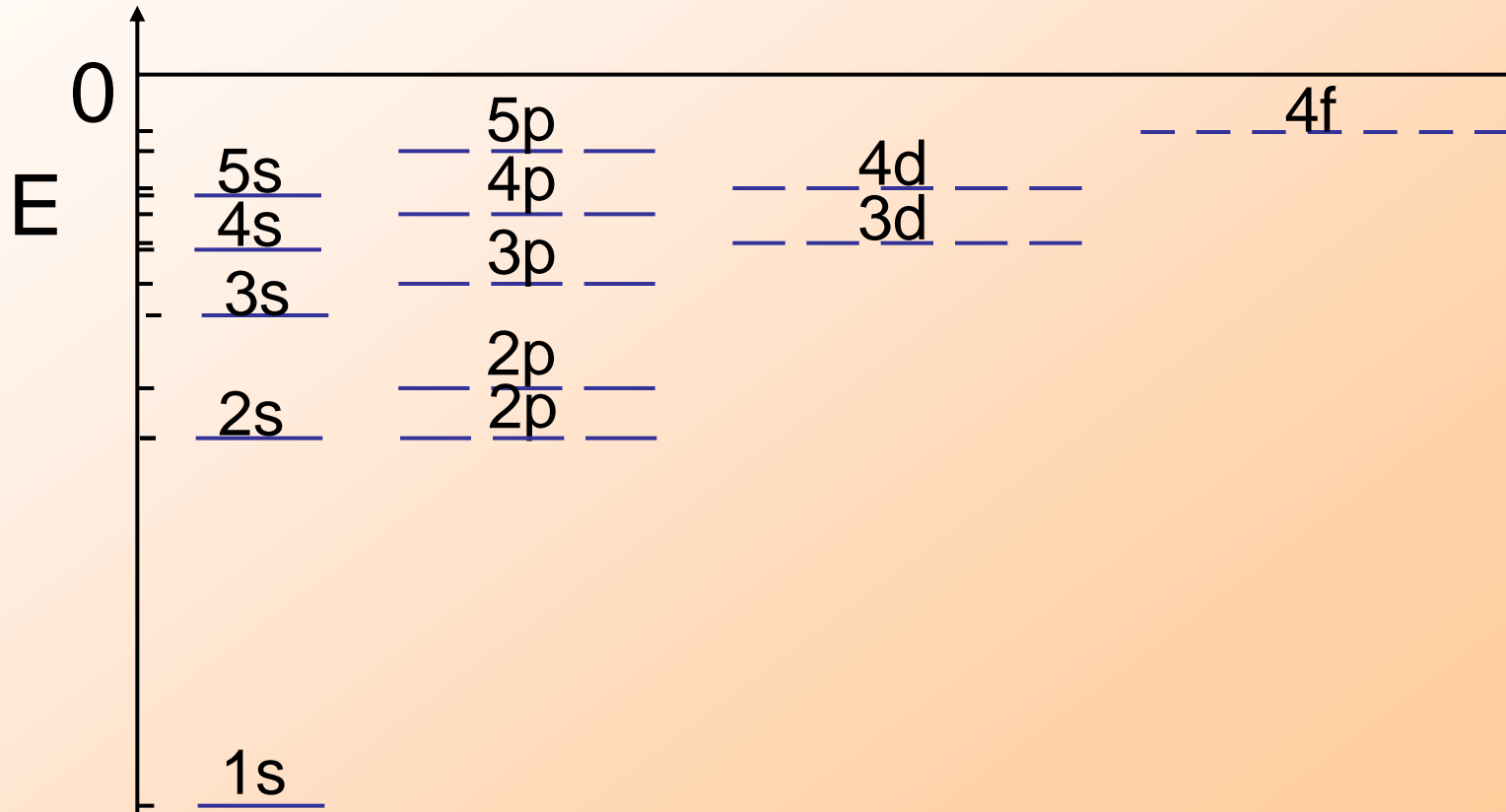
- Untuk W

$$-S = (1 \times 0,35) + (1 \times 72) = 72,35$$

$$-S^* = 74 - 72,35 = 1,65$$

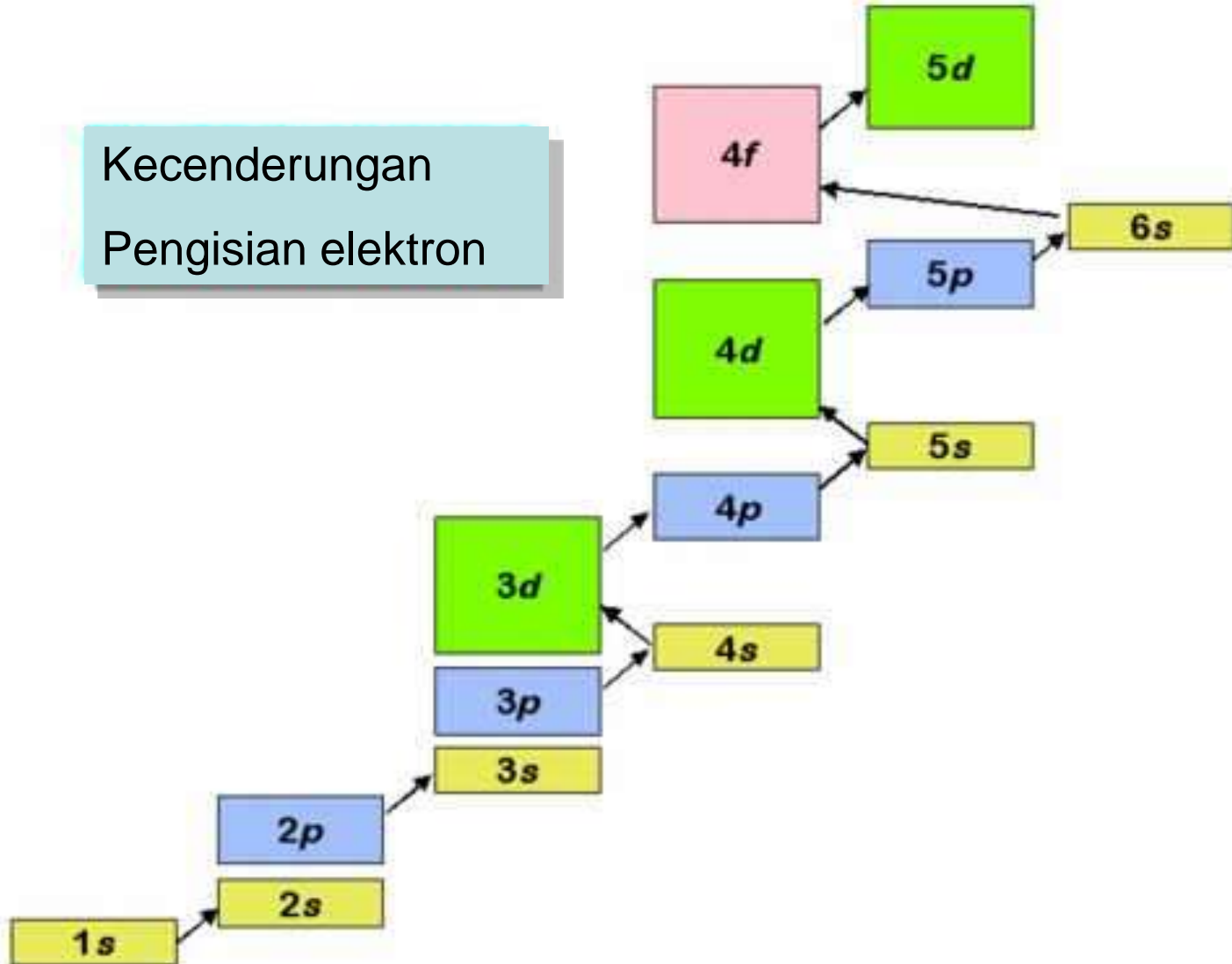
Energi Elektron

Karena terlindung, subkulit yang berbeda memiliki energi yang berbeda, bertambah sesuai aturan: $s < p < d < f$

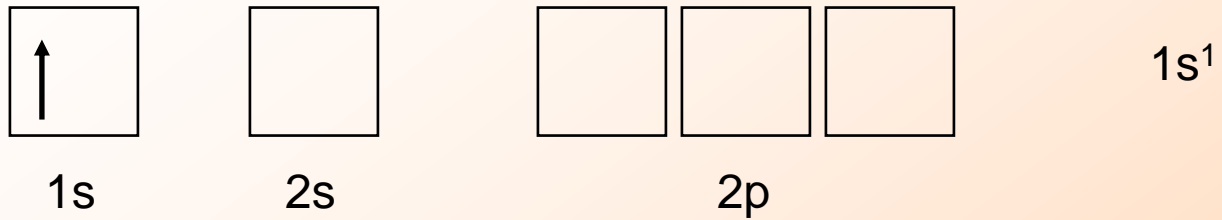


Urutan Pengisian Elektron

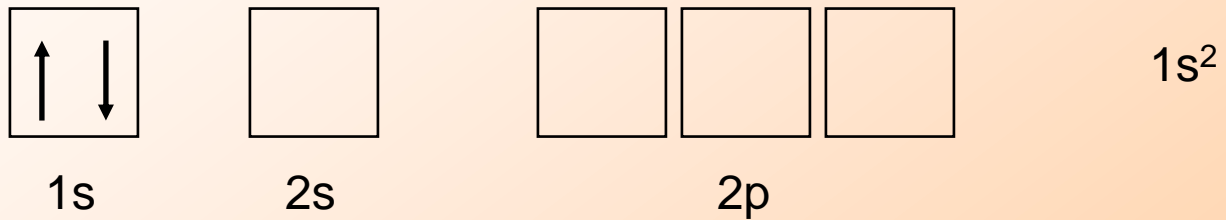
Kecenderungan
Pengisian elektron



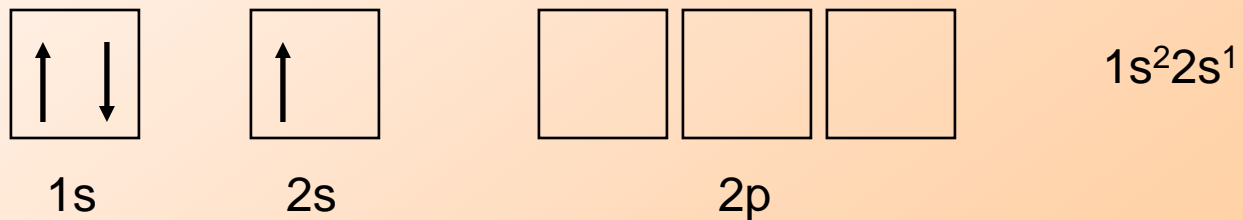
- Contoh: Hydrogen



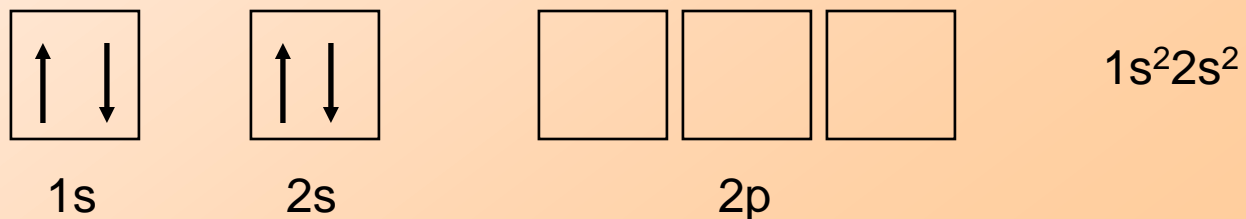
- Contoh: Helium ($Z = 2$)



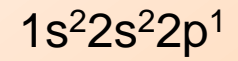
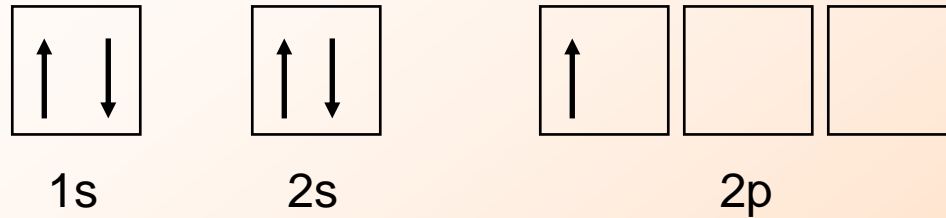
- Lithium ($Z = 3$)



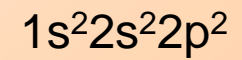
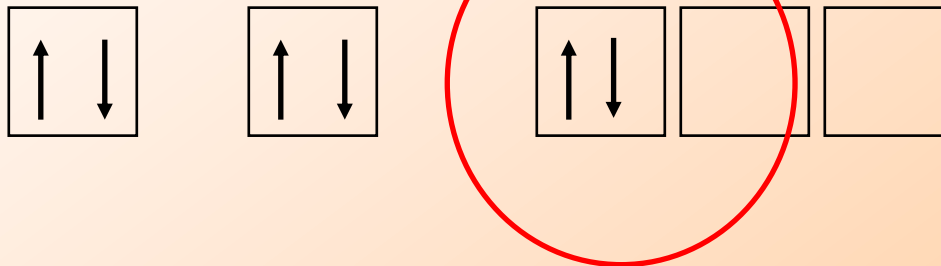
- Berillium ($Z = 4$)



- Boron ($Z = 5$)



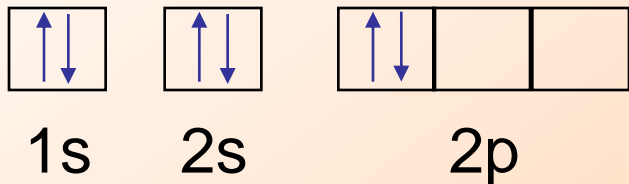
- Carbon ($Z = 6$)



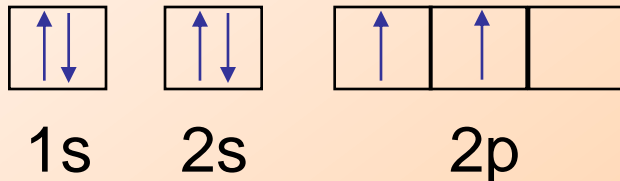
Penempatan elektron: Aturan Hund

Aturan Hund: *Keadaan energi terendah adalah yang memiliki elektron tak berpasangan yang paling banyak.*

Karbon:

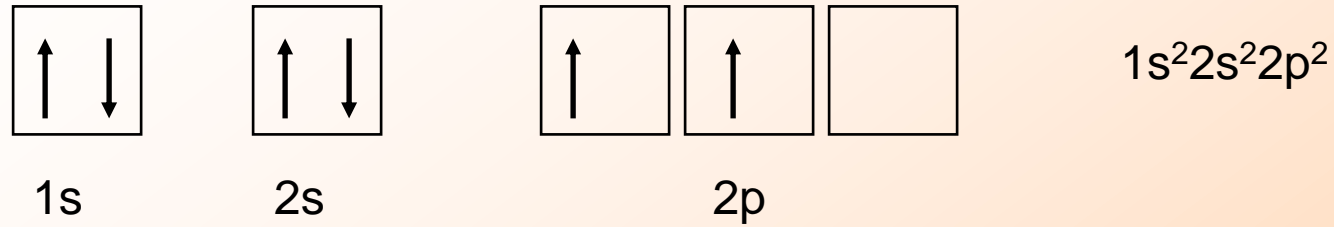


Energi lebih tinggi

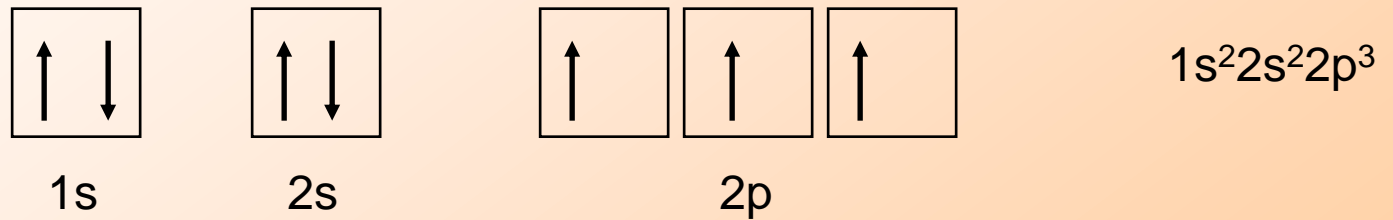


Energi lebih rendah

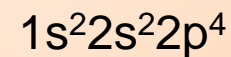
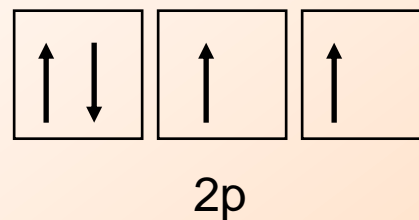
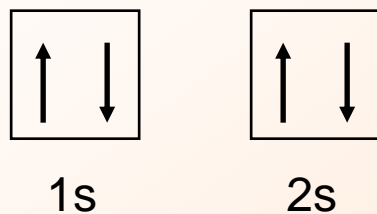
- Carbon ($Z = 6$)



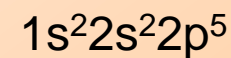
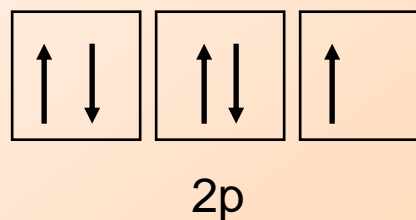
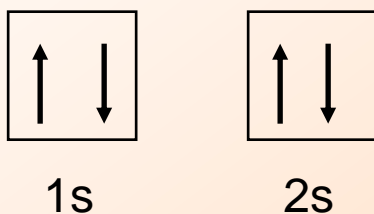
- Nitrogen ($Z = 7$)



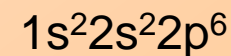
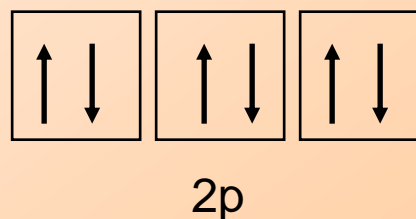
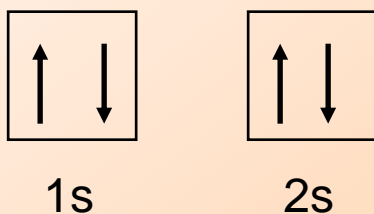
- Oxygen ($Z = 8$)



- Fluorine ($Z = 9$)

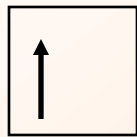
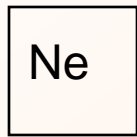


- Neon ($Z = 10$)

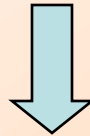
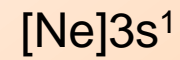
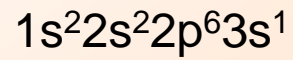


full

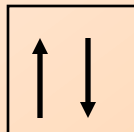
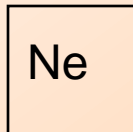
- Sodium ($Z = 11$)



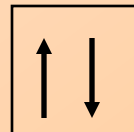
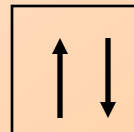
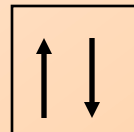
3s



- Argon ($Z = 18$)



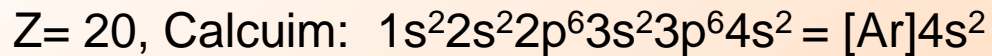
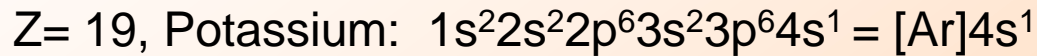
3s



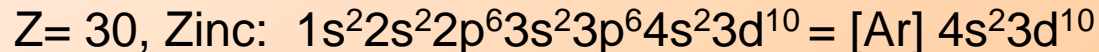
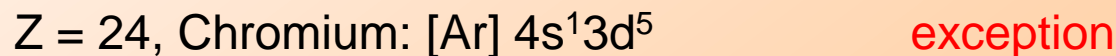
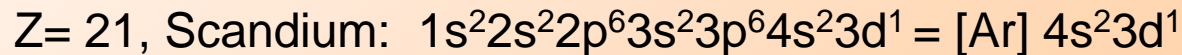
3p



- Elements Z=19 and Z= 20:



- Elements Z=21 to Z=30 have occupied d orbitals:



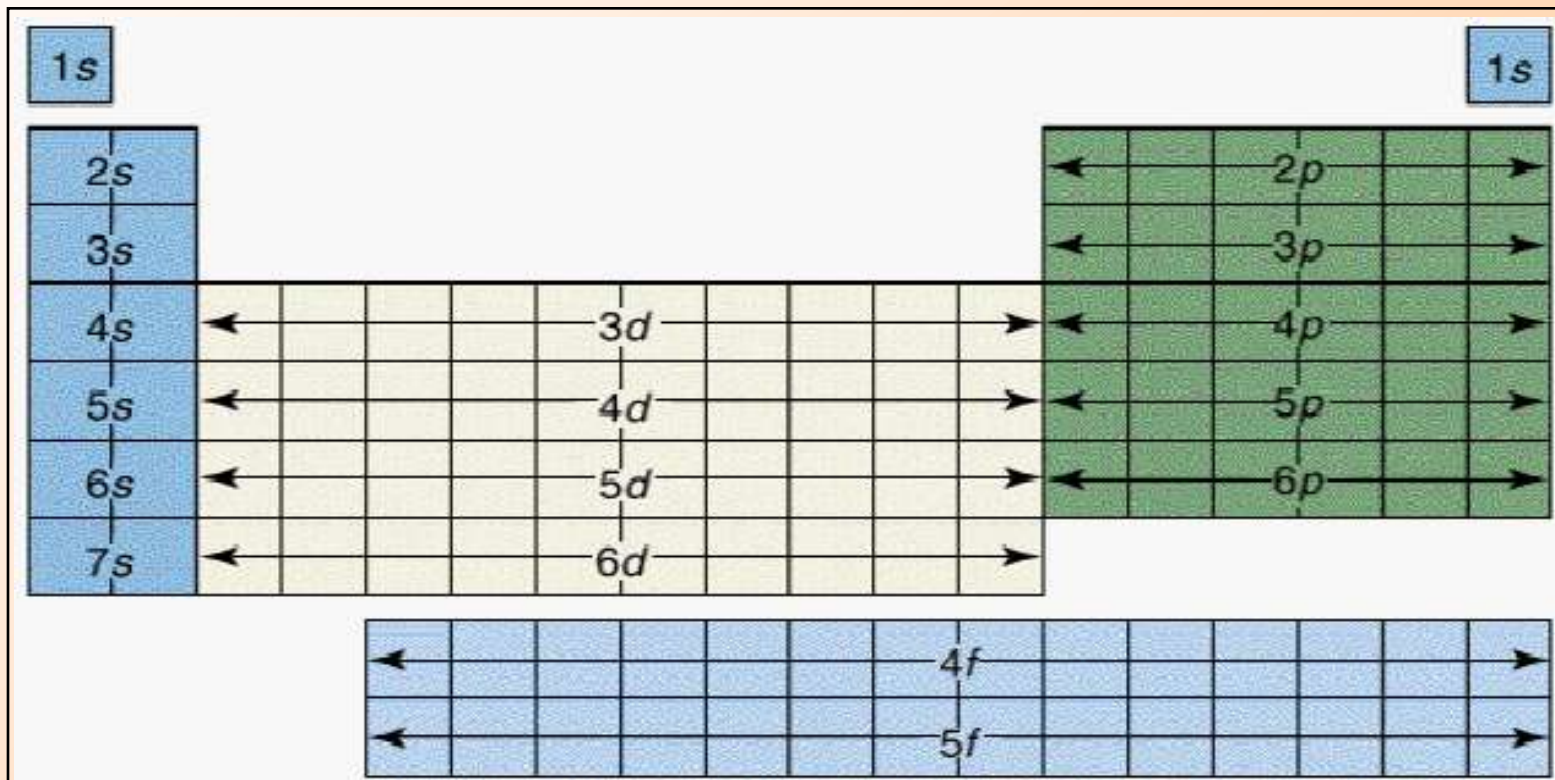
Penempatan elektron: Larangan Pauli

- ◆ Berapa banyak elektron dapat terikat, atau menempati suatu orbital?
- ◆ Prinsip Larangan Pauli menyatakan: *tidak ada 2 elektron dalam suatu atom dapat memiliki ke-4 bilangan kuantum sama.*
- ◆ Helium pada keadaan dasar memiliki 2 elektron dalam orbital 1s, tetapi dengan spin yang berlawanan

	<u>n</u>	<u>l</u>	<u>m_l</u>	<u>m_s</u>
elektron 1	1	0	0	+1/2
elektron 2	1	0	0	-1/2

Konfigurasi Elektron dan Tabel Periodik

- Dari konfigurasi elektron suatu atom dapat diperkirakan letak unsur dalam Tabel Periodik.
- Konfigurasi sesungguhnya harus ditentukan dengan percobaan.



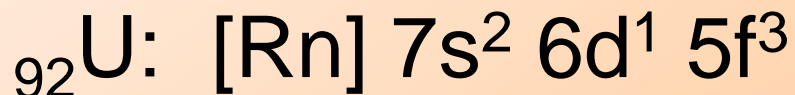
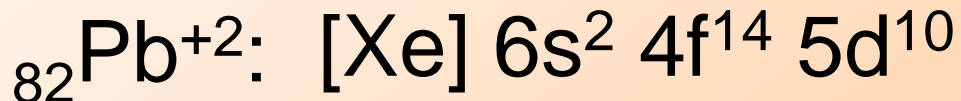
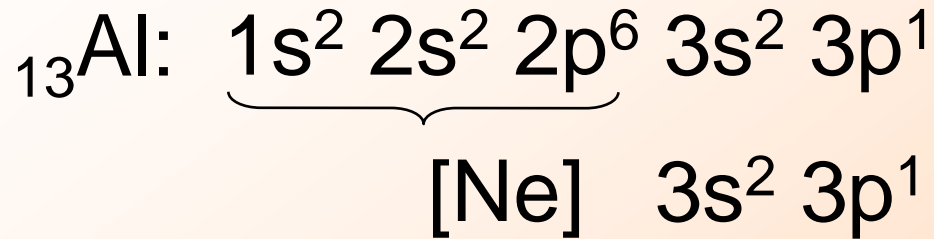
Konfigurasi Elektron dan Tabel Periodik

- ◆ Mencari letak unsur dalam SPU dari konfigurasi elektron
- ◆ Periode sesuai dengan nomor kulit terluar
- ◆ Golongan dapat dilihat dari jumlah serta orbital terakhir yang ditempati elektron

Orbital	Jumlah elektron	Golongan
s	1-2	IA - IIA
p	1-6	IIIA - VIIIA
d	1- 5	IIIB - VIIB
d	6 - 8	VIIIB
f	1 - 14	lantanida atau aktinida

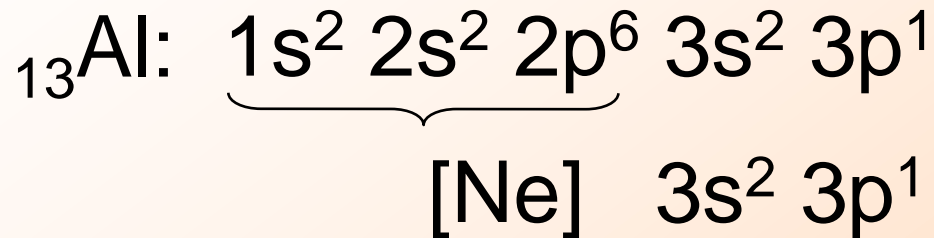
Konfigurasi Elektron dan Tabel Periodik

Tuliskan konfigurasi elektron untuk:



Konfigurasi Elektron dan Tabel Periodik

Tuliskan konfigurasi elektron untuk:



Kulit terluar nomor 3, berarti terletak pada periode 3
Elektron terakhir pada 3p, berarti golongan IIIA



Carilah untuk unsur-unsur lain