

TEORI ATOM MEKANIKA KUANTUM DAN SISTEM PERIODIK

Mata Pelajaran : KIMIA

K e l a s : XI

Nomor Modul : KIM.XI.01

Penulis : Niyata Sirat, S.Pd

Penyunting Materi : Drs. Ucu Cahyana, M.Si

Penyunting Media : Drs. Slamet Soetanto, M.Si

DAFTAR ISI

IDENTITAS DAFTAR ISI PENDAHULUAN

Kegiatan Belajar 1:	TEORI ATOM MEKANIK KUANTUM
	Petunjuk
	Uraian Materi
	A. Teori Kuantum
	B. Dualisme Gelombang Partikel
	C. Erwin Schrodinger
	TUGAS KEGIATAN 1
Kegiatan Belajar 2:	BILANGAN KUANTUM
	Petunjuk
	Uraian Materi
	A. Pengertian Bilangan Kuantum
	B. Bentuk Orbital
	TUGAS KEGIATAN 2
Kegiatan Belajar 3:	KONFIGURASI ELEKTRON PADA ATOM
	Petunjuk
	Uraian Materi
	A. Asas Aufbau
	B. Kaidah Hund
	C. Azas Larangan Pauli
	TUGAS KEGIATAN 3
Kegiatan Belajar 4:	GOLONGAN DAN PERIODIK
	Petunjuk
	Uraian Materi
	A. Pengolongan unsur-unsur berdasarkan periode dan golongan
	B. Pengolongan unsur-unsur berdasarkan jenis sub kulit TUGAS KEGIATAN 4
	PENUTUP
	DAFTAR ISTILAH
	KUNCI KEGIATAN
	DAFTAR PUSTAKA
	DAFTAR KUTIPAN

P E N D A H U L U A N

Selamat! Anda telah mencapai kelas XI

Anda akan mempelajari modul pertama di kelas XI (sebelas) ini tentang Teori Atom Mekanika Kuantum dan Sistem Periodik. Modul ini merupakan kelanjutan dari Modul KIM. X. 02 dan KIM. X. 03.

Anda masih ingat bukan? Kedua Modul tersebut masing-masing tentang Struktur Atom dan Sistem Periodik. Jika Anda sudah lupa tentang isi kedua modul tersebut, silahkan dibaca kembali. Jangan memaksakan diri mempelajari modul ini sebelum Anda mamahami isi Modul KIM. X. 02 dan KIM. X. 03.

Standar kompetensi yang diharapkan adalah siswa dapat mendeskripsikan struktur dan sifat-sifat Periodik unsur serta struktur molekul dan sifat-sifatnya. Standar kompetensi ini dapat dicapai dengan menguasai kompetensi dasar berikut yaitu menerapkan teori atom mekanika kuantum untuk menuliskan konfigurasi elektron dan diagram orbital serta menggunakannya pada penentuan letak unsur dalam tabel Periodik.

Modul ini terdiri dari empat kegiatan belajar. Kegiatan belajar pertama akan menguraikan tentang teori kuantum sebagai kelanjutan teori atom setelah Niels Bohr. Kegiatan belajar kedua akan menguraikan bilangan kuantum, orbital elektron, prinsip Aufbau, aturan Hund dan azas Larangan Pauli. Kegiatan belajar ketiga akan menjelaskan konfigurasi elektron pada atom berdasarkan kulit, sub kulit dan sub-sub kulit serta kegiatan belajar ke empat akan menjelaskan sistem periodik dan cara menentukan letak unsur dalam sistem periodik berdasarkan konfigurasi elektron.

Selanjutnya, untuk dapat memahami materi dalam modul Kim. XI. 01 ini, silahkan Anda ikuti petunjuk berikut ini :

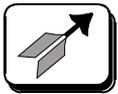
- Bacalah setiap penjelasan pada tiap-tiap kegiatan dengan baik
- Kerjakan latihan dan kegiatan serta tes mandiri dalam modul ini sendiri atau berkelompok. Cocokkan jawaban Anda dengan kunci jawaban yang ada di akhir modul ini
- Jika Anda mengalami kesulitan memahami materi yang ada dalam modul ini, silahkan diskusikan dengan teman atau guru bina
- Jangan memaksakan diri sebelum betul-betul menguasai bagian demi bagian dalam modul ini, karena masing-masing saling berkaitan
- Jika anda belum menguasai 70% dari setiap kegiatan, maka ulangi kembali langkah-langkah di atas dengan seksama

- Anda sebaiknya meluangkan waktu paling sedikit 360 menit untuk mempelajari modul ini
- Bacalah buku-buku kimia selain modul ini untuk memperbanyak latihan soal dan mempermudah pemahaman anda.

Selamat mempelajari modul ini. Semoga Anda berhasil.

Dengan kesabaran dan ketekunan, Anda akan mencapai keberhasilan.

TEORI ATOM MEKANIK KUANTUM



Menjelaskan teori atom mekanika kuantum



Anda telah mempelajari perkembangan model atom mulai dari Dalton sampai dengan Niels Bohr pada modul Kim. X. 02. Masih ingat bukan ?

Model atom Niels Bohr dapat menjelaskan inti atom yang bermuatan positif yang dikelilingi oleh elektron yang bermuatan negatif di dalam suatu lintasan. Elektron dapat berpindah dari satu lintasan ke yang lain dengan menyerap atau memancarkan energi sehingga energi elektron atom itu tidak berkurang.

Model atom Bohr ini merupakan model atom yang mudah dipahami, namun Bohr hanya dapat menjelaskan untuk atom berelektron sedikit dan tidak dapat menjelaskan bagaimana adanya sub lintasan-lintasan yang terbentuk diantara lintasan-lintasan elektron. Karena itu dalam perkembangan selanjutnya, teori atom dikaji dengan menggambarkan pendekatan teori atom mekanika kuantum.

Perkembangan muktahir di bidang mekanika kuantum dimulai dari teori Max Planck yang mengemukakan kuantum-kuantum energi dilanjutkan oleh Louis de Broglie tentang dualisme partikel, kemudian oleh Werner Heisenberg tentang prinsip ketidakpastian dan yang terakhir saat ini adalah Erwin Schrodinger tentang persamaan gelombang.

Mekanika kuantum ini dapat menerangkan kelaamatan teori atom Bohr tentang garis-garis terpisah yang sedikit berbeda panjang gelombangnya dan memperbaiki model atom Bohr dalam hal bentuk lintasan elektron dari yang berupa lingkaran dengan jari-jari tertentu menjadi orbital dengan bentuk ruang tiga dimensi yang tertentu.

A. Teori Kuantum

Teori kuantum dari Max Planck mencoba menerangkan radiasi karakteristik yang dipancarkan oleh benda mampat. Radiasi inilah yang menunjukkan sifat partikel dari gelombang. Radiasi yang dipancarkan setiap benda terjadi secara tidak kontinu (discontinue) dipancarkan dalam satuan kecil yang disebut kuantum (energi kuantum).

Planck berpendapat bahwa kuantum yang berbanding lurus dengan frekuensi tertentu dari cahaya, semuanya harus berenergi sama dan energi ini E berbanding lurus dengan ν . Jadi :

$$E = h \nu$$

E = Energi kuantum

h = Tetapan Planck = $6,626 \times 10^{-34}$ J.s

ν = Frekuensi

Planck menganggap hawa energi elektromagnetik yang diradiasikan oleh benda, timbul secara terputus-putus walaupun penjarannya melalui ruang merupakan gelombang elektromagnetik yang kontinyu.

Einstein mengusulkan bukan saja cahaya yang dipancarkan menurut suatu kuantum pada saat tertentu tetapi juga menjalar menurut kuantum individual. Hipotesis ini menerangkan efek fotolistrik, yaitu elektron yang terpancar bila frekuensi cahaya cukup tinggi, terjadi dalam daerah cahaya tampak dan ultraungu.

Hipotesa dari Max Planck dan Einstein menghasilkan rumusan empiris tentang efek fotolistrik yaitu :

$$h\nu = K_{\text{maks}} + h\nu_0$$

$h\nu$ = Isi energi dari masing-masing kuantum cahaya datang

K_{maks} = Energi fotoelektron maksimum

$h\nu_0$ = Energi minimum yang diperlukan untuk melepaskan sebuah elektron dari permukaan logam yang disinari

Tidak semua fotoelektron mempunyai energi yang sama sekalipun frekuensi cahaya yang digunakan sama. Tidak semua energi foton ($h\nu$) bisa diberikan pada sebuah elektron. Suatu elektron mungkin akan hilang dari energi awalnya dalam interaksinya dengan elektron lainnya di dalam logam sebelum ia lenyap dari permukaan. Untuk melepaskan elektron dari permukaan logam biasanya memerlukan separuh dari energi yang diperlukan untuk melepaskan elektron dari atom bebas dari logam yang bersangkutan.

Penafsiran Einstein mengenai fotolistrik dikuatkan dengan emisi termionik. Dalam emisi foto listrik, foton cahaya menyediakan energi yang diperlukan oleh elektron untuk lepas, sedangkan dalam emisi termionik kalorlah yang menyediakannya.

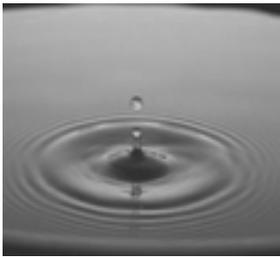
Usul Planck bahwa benda memancarkan cahaya dalam bentuk kuantum tidak bertentangan dengan penjaran cahaya sebagai gelombang. Sementara Einstein

menyatakan cahaya bergerak melalui ruang dalam bentuk foton. Kedua hal ini baru dapat diterima setelah eksperimen Compton. Eksperimen ini menunjukkan adanya perubahan panjang gelombang dari foton yang terhambur dengan sudut (ϕ) tertentu oleh partikel bermassa diam (m_0). Perubahan ini tidak bergantung dari panjang gelombang foton datang (λ).

Hasil pergeseran Compton sangat kecil dan tidak terdeteksi. Hal ini terjadi karena sebagian elektron dalam materi terikat lemah pada atom induknya dan sebagian lainnya terikat kuat. Jika elektron ditumbulkan oleh foton, seluruh atom bergerak, bukan hanya elektron tunggalnya.

Untuk lebih memahami tinjauan teori kuantum dan teori gelombang yang saling melengkapi, marilah kita amati riak yang menyebar dari permukaan air jika kita menjatuhkan batu ke permukaan air.

Pernahkan Anda perhatikan hal ini ?

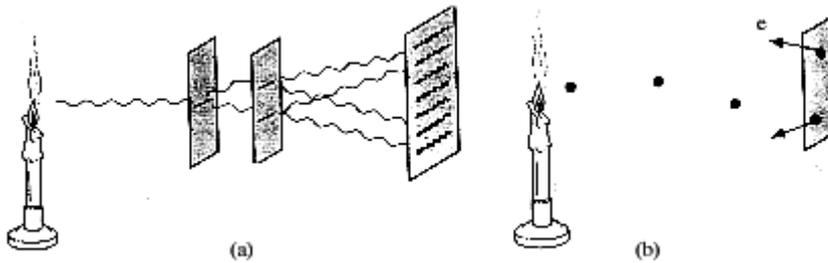


Riak yang menyebar pada permukaan air akan hilang dengan masuknya batu ke dasar.

Analogi ini dapat menjelaskan energi yang dibawa cahaya terdistribusi secara kontinu ke seluruh pola gelombang. Hal ini menurut tinjauan teori gelombang sedangkan menurut teori kuantum, cahaya menyebar dari sumbernya sebagai sederetan konsentrasi energi yang terlokalisasi masing-masing cukup kecil sehingga dapat diserap oleh sebuah elektron.

Teori gelombang cahaya menjelaskan difraksi dan interferensi yang tidak dapat dijelaskan oleh teori kuantum. Sedangkan teori kuantum menjelaskan efek fotolistrik yang tidak dapat dijelaskan oleh teori gelombang.

Perhatikan gambar berikut :



Gambar 1 (a) Teori gelombang cahaya menjelaskan difraksi dan interferensi yang tidak dapat dijelaskan oleh teori kuantum. (b) Teori kuantum menjelaskan efek fotolistrik yang tidak dapat dijelaskan oleh teori gelombang.

Bila cahaya melalui celah-celah, cahaya berlalu sebagai gelombang, ketika tiba di layar cahaya berlalu sebagai partikel.

Berdasarkan data tersebut, dilakukan eksperimen lanjutan yang meneliti sifat dualisme gelombang dan partikel.

B. Dualisme Gelombang dan Partikel

Louis de Broglie meneliti keberadaan gelombang melalui eksperimen difraksi berkas elektron. Dari hasil penelitiannya inilah diusulkan “materi mempunyai sifat gelombang di samping partikel”, yang dikenal dengan prinsip dualitas.

Sifat partikel dan gelombang suatu materi tidak tampak sekaligus, sifat yang tampak jelas tergantung pada perbandingan panjang gelombang de Broglie dengan dimensinya serta dimensi sesuatu yang berinteraksi dengannya.

Pertikel yang bergerak memiliki sifat gelombang. Fakta yang mendukung teori ini adalah petir dan kilat.

Pernahkan Anda mendengar bunyi petir dan melihat kilat ketika hujan turun? Manakah yang lebih dulu terjadi, kilat atau petir?

Kilat akan lebih dulu terjadi daripada petir. Kilat menunjukkan sifat gelombang berbentuk cahaya, sedangkan petir menunjukkan sifat partikel berbentuk suara. Hipotesis de Broglie dibuktikan oleh C. Davidson dan LH Giermer (Amerika Serikat) dan GP Thomas (Inggris).

Prinsip dualitas inilah menjadi titik pangkal berkembangnya mekanika kuantum oleh Erwin Schrodinger.

C. Erwin Schrodinger

Sebelum Erwin Schrodinger, seorang ahli dari Jerman Werner Heisenberg mengembangkan teori mekanika kuantum yang dikenal dengan prinsip ketidakpastian yaitu “Tidak mungkin dapat ditentukan kedudukan dan momentum suatu benda secara seksama pada saat bersamaan, yang dapat ditentukan adalah kebolehjadian menemukan elektron pada jarak tertentu dari inti atom”.

Daerah ruang di sekitar inti dengan kebolehjadian untuk mendapatkan elektron disebut orbital. Bentuk dan tingkat energi orbital dirumuskan oleh Erwin Schrodinger.

Erwin Schrodinger memecahkan suatu persamaan untuk mendapatkan fungsi gelombang untuk menggambarkan batas kemungkinan ditemukannya elektron dalam tiga dimensi.

Persamaan Schrodinger

$$\frac{\partial^2\Psi}{\partial X^2} + \frac{\partial^2\Psi}{\partial Y^2} + \frac{\partial^2\Psi}{\partial Z^2} + \frac{2m}{\hbar^2}(E - V)\Psi = 0$$

x,y dan z = Posisi dalam tiga dimensi

Ψ = Fungsi gelombang

m = Massa

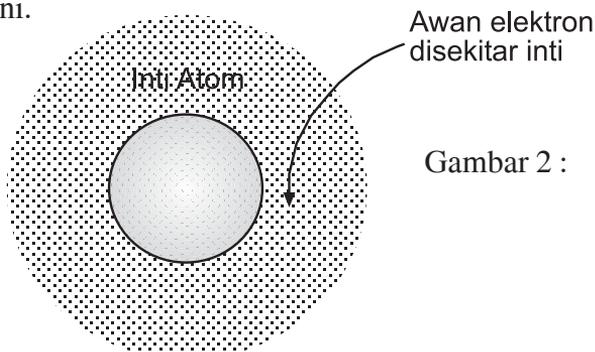
= $h/2\pi$ dimana h = konstanta plank dan $\pi = 3,14$

E = Energi total

V = Energi potensial

Persamaan gelombang dari Schrodinger ini cukup rumit sehingga akan dipelajari dalam fisika kuantum pada tingkat perguruan tinggi.

Model atom dengan orbital lintasan elektron ini disebut model atom modern atau model atom mekanika kuantum yang berlaku sampai saat ini, seperti terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2 : Model atom mutakhir atau model atom mekanika gelombang

Awan elektron disekitar inti menunjukkan tempat kebolehjadian elektron.

Orbital menggambarkan tingkat energi elektron. Orbital-orbital dengan tingkat energi yang sama atau hampir sama akan membentuk sub kulit. Beberapa sub kulit bergabung membentuk kulit.

Dengan demikian kulit terdiri dari beberapa sub kulit dan subkulit terdiri dari beberapa orbital.

Walaupun posisi kulitnya sama tetapi posisi orbitalnya belum tentu sama.



Kegiatan 1.

1. Para ahli berikut yang tidak mengemukakan teori atom modern adalah...
 - A. Louis de Broglie
 - B. Erwin Schrodinger
 - C. W. Heisenberg
 - D. Neils Bohr
 - E. Aufbau
2. Berikut ini percobaan yang mendukung teori atom mekanika kuantum, kecuali...
 - A. Efek fotolistrik
 - B. Eksperimen compton
 - C. Eksperimen difraksi berkas elektron
 - D. Radiasi benda mampat
 - E. Penembakan partikel alfa terhadap lempeng tipis
3. Dualisme gelombang – partikel dikemukakan oleh...
 - A. Louis de Broglie
 - B. Erwin Schrodinger
 - C. W. Heisenberg
 - D. Einstein
 - E. Max Planck
4. Tidak mungkin dapat ditentukan kedudukan dan momentum suatu benda secara seksama pada saat bersamaan. Pernyataan ini dikemukakan oleh...
 - A. Louis de Broglie
 - B. Erwin Schrodinger
 - C. W. Heisenberg
 - D. Einstein
 - E. Max Planck

5. Eksperimen difraksi berkas elektron mendukung teori...
 - A. Gelombang cahaya
 - B. Dualisme gelombang partikel
 - C. Teori kuantum
 - D. Ketidaktentuan
 - E. Eksperimen Compton

6. Kebolehjadian ditemukannya elektron pada jarak tertentu dari inti atom dikemukakan oleh...
 - A. Louis de Broglie
 - B. Erwin Schrodinger
 - C. W. Heisenberg
 - D. Max Planck
 - E. Einstein

7. Daerah di sekitar inti dengan kebolehjadian untuk mendapatkan elektron disebut...
 - A. Sub orbit
 - B. Sub kulit
 - C. Kulit
 - D. Orbit
 - E. Orbital

8. Fakta yang mendukung teori dualisme gelombang dan partikel adalah...
 - A. Riak permukaan air
 - B. Petir dan kilat
 - C. Efek fotolistrik
 - D. Efek Compton
 - E. Difraksi dan interferensi cahaya

9. Rumusan dari hipotesis Max Planck dan Einstein adalah...
 - A. Efek fotolistrik
 - B. Efek Compton
 - C. Efek terobosan
 - D. Persamaan gelombang
 - E. Partikel dalam kotak

10. Fungsi persamaan Schrodinger untuk menentukan kedudukan...
 - A. Proton dalam tiga dimensi
 - B. Neutron dalam tiga dimensi
 - C. Elektron dalam tiga dimensi
 - D. Proton dalam orbital
 - E. Neutron dalam orbital

Anda sudah selesai?

Cocokkan jawaban Anda dengan jawaban yang ada di akhir modul ini.

Berapa jumlah jawaban Anda yang benar?

Jika jawaban Anda yang benar 7 nomor, maka selamat!

Silahkan lanjutkan mempelajari kegiatan belajar 2.

Bagaimana jika jawaban yang benar Anda kurang dari 7 nomor?

Tidak usah kecewa dan putus asa. Bacalah kembali uraian materinya dan pahamiilah masing-masing penjelasan konsep yang ada.

BILANGAN KUANTUM DAN ORBITAL EKTRON



Menjelaskan pengertian bilangan kuantum



Selamat, Anda telah selesai mempelajari Kegiatan Belajar 1. Kegiatan Belajar ini merupakan tindak lanjut persamaan gelombang oleh Erwin Schrodinger, yang akan memperjelas kemungkinan ditemukannya elektron melalui bilangan-bilangan kuantum. Daerah paling mungkin ditemukannya elektron disebut orbital, sehingga bilangan-bilangan akan memperjelas posisi elektron dalam atom.

Ada empat bilangan kuantum yang akan kita kenal, yaitu bilangan kuantum utama (n), bilangan kuantum Azimut (l), bilangan kuantum magnetic (m) dan bilangan kuantum spin (s).

Marilah kita pelajari satu persatu pengertian bilangan-bilangan kuantum.

A. Bilangan Kuantum Utama (n)

Lambang dari bilangan kuantum utama adalah “ n ” (n kecil). Bilangan kuantum utama menyatakan kulit tempat ditemukannya elektron yang dinyatakan dalam bilangan bulat positif. Nilai bilangan itu di mulai dari 1, 2, 3 sampai ke- n .

Masih ingatkah Anda dengan jenis-jenis kulit atom berdasarkan konfigurasi elektron yang telah dibahas di kelas X (Modul Kim. X.03). Jenis-jenis kulit atom berdasarkan konfigurasi elektron tersebut adalah K, L, M dan N.

Cobalah Anda perhatikan Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan jenis kulit dan nilai bilangan kuantum utama.

Jenis Kulit	Nilai (n)
K	1
L	2
M	3
N	4

Tabel ini dapat dibuktikan bahwa untuk kulit K memiliki nilai bilangan kuantum utama (n) = 1, kulit L memiliki nilai bilangan kuantum utama (n) = 2 dan seterusnya.

Semakin dekat letak kulit atom dengan inti maka nilai bilangan kuantum utama semakin kecil (mendekati 1). Sehingga bilangan kuantum utama dapat Anda gunakan untuk menentukan ukuran orbit (jari-jari) berdasarkan jarak orbit elektron dengan inti atom.

Kegunaan lainnya, Anda dapat mengetahui besarnya energi potensial elektron. Semakin dekat jarak orbit dengan inti atom maka kekuatan ikatan elektron dengan inti atom semakin besar, sehingga energi potensial elektron tersebut semakin besar.

Setelah Anda mempelajari uraian tadi, sudahkan anda memahami arti dan fungsi bilangan kuantum utama?

Seandainya Anda paham, pelajari kembali penjelasan bilangan kuantum utama tersebut. Kalau sudah marilah kita lanjutkan ke jenis bilangan kuantum berikutnya.

B. Bilangan Kuantum Azimut (ℓ)

Bilangan kuantum azimut menyatakan sub kulit tempat elektron berada dan bentuk orbital, serta menentukan besarnya momentum sudut elektron terhadap inti.

Banyaknya subkulit tempat elektron berada tergantung pada nilai bilangan kuantum utama (n). Nilai bilangan kuantum azimut dari 0 sampai dengan ($n-1$). Bila $n=1$, maka hanya ada satu subkulit yaitu $\ell=0$. Sedangkan $n=2$, maka ada dua subkulit yaitu $\ell=0$ dan $\ell=1$.

Seandainya dibuat dalam tabel maka akan tampak sebagai berikut :

Tabel 2. Hubungan bilangan kuantum utama dan azimut serta subkulit.

Bilangan Kuantum Utama (n)	Bilangan Kuantum Azimut (ℓ)	Jumlah Banyaknya Subkulit
1	0	1
2	0 1	2
3	0 1 2	3
4	0 1 2 3	4

Kesimpulan yang dapat diambil dari tabel adalah : Banyaknya subkulit sama dengan nilai bilangan kuantum utama.

Subkulit ditandai dengan huruf yang didasarkan pada garis-garis spektrum yang tampak pada spektroskopi secara berurutan, seperti tabel 3.

Tabel 3. Tanda subkulit berdasarkan nilai bilangan kuantum azimut.

Nilai ℓ	Tanda Subkulit	Garis spektrum pada spektroskopi
0	s (sharp)	Terang
1	p (prinsipal)	Terang kedua
2	d (diffuse)	Kabur
3	f (fundamental)	Pembentukan warna

Janganlah Anda lupakan subkulit ini dengan bilangan kuantumnya!

Tanda subkulit ini akan digunakan pula dalam konfigurasi elektron dan sistem periodik pada kegiatan belajar 3 dan 4 dalam modul ini.

Masih ingatkah Anda bahwa setiap kulit terdiri dari beberapa subkulit. Hal ini memungkinkan untuk kulit yang berbeda akan memiliki jenis subkulit yang sama.

Perhatikan contoh tabel 4!

Tabel 4. Hubungan subkulit dan kulit dalam atom.

Kulit	Nilai n	Nilai ℓ	Subkulit
K	1	0	s
L	2	0	s
		1	p

Kulit K dan L sama-sama memiliki subkulit s.

Bagaimana dengan kulit berikutnya?

Silahkan Anda lanjutkan untuk kulit M dan N!

Jawaban Anda akan benar jika seperti berikut :

Kulit M, maka nilai $n=3$ dan $\ell=0, 1, \text{ dan } 2$ sehingga subkulitnya s, p, dan d.

Kulit N, maka nilai $n=4$ dan $\ell=0, 1, 2, \text{ dan } 3$ sehingga subkulitnya s, p, d, dan f.

Dari latihan yang telah Anda kerjakan, Anda dapat melihat bahwa jenis subkulit yang sama dapat dimiliki oleh jenis kulit yang berbeda. Untuk membedakan jenis subkulit dari suatu jenis kulit ditambahkan bilangan kuantum utama. Dengan demikian, tabel sebelumnya dapat dilengkapi menjadi tabel 5.

Tabel 5. Hubungan subkulit sejenis dalam kulit yang berbeda pada atom.

Kulit	Nilai n	Nilai	Jenis Subkulit
K	1	0	1s
L	2	0	2s
		1	2p
M	3	0	3s
		1	3p
		2	3d
N	4	0	4s
		1	4p
		2	4d
		3	4f

Sebagaimana Anda telah pelajari teori atom modern, bahwa setiap subkulit dari orbital, maka satu orbital dinyatakan dalam satu buah kotak. Masing-masing orbital mempunyai bentuk yang khas. Bentuk orbital akan dipelajari setelah kita selesai mempelajari ke empat bilangan kuantum.

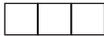
Marilah kita lanjutkan jenis bilangan kuantum selanjutnya!

C. Bilangan Kuantum Magnetik (m)

Bilangan kuantum magnetik menyatakan orbital tempat ditemukannya elektron pada subkulit tertentu dan arah momentum sudut elektron terhadap inti. Sehingga nilai bilangan kuantum magnetik berhubungan dengan bilangan kuantum azimut. Nilai bilangan kuantum magnetik antara $-\ell$ sampai $+\ell$.

Hubungan antara bilangan kuantum azimut dengan bilangan kuantum magnetik dapat Anda perhatikan pada tabel 6.

Tabel 6. Hubungan bilangan kuantum azimut dengan bilangan kuantum magnetik.

Bilangan Kuantum Azimut (l)	Tanda Orbital	Bilangan Kuantum Magnetik (m)	Gambaran Orbital	Jumlah Orbital
0	s	0		1
1	p	-1, 0, +1		3
2	d	-2, -1, 0, +1, +2		5
3	f	-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3		7

Dapatkan anda memahami tabel 1.6 ?

Jika bilangan kuantum azimut (l) = 0, maka atom tersebut memiliki orbital s dengan kotak sebanyak 1 dan bilangan kuantum magnetik 0. Sedangkan bilangan kuantum azimut 1, akan memiliki orbital p dengan kotak yang saling menempel sebanyak 3 dan bilangan kuantum magnetik masing-masing kotak secara urut dari kiri ke kanan -1, 0 dan +1. Demikian masing-masing halnya untuk bilangan kuantum azimut selanjutnya.

Sebelum kita menyelesaikan ke empat penjelasan bilangan kuantum yang Anda kerjakan soal berikut dalam buku latihan!

1. Tentukan ke tiga bilangan kuantum yang dimiliki oleh elektron pada subkulit 4d!
2. Bilangan kuantum magnetik (m) = -3 akan dimiliki oleh elektron dari atom yang memiliki kulit atom sebanyak...
3. Bilangan kuantum azimut (l) yang diperbolehkan untuk elektron dengan bilangan $n=4$ adalah...

Hasil kerja siswa :

Penyelesaian :

1. Elektron pada subkulit 4d memiliki arti masing-masing :

- ◆ Angka 4 menunjukkan kulit ke 4 sehingga bilangan kuantum utama (n) = 4.
- ◆ Jika $n=4$ maka bilangan kuantum azimut (ℓ) yang mungkin 0, 1, 2, atau 3. Perhatikan tabel hubungan nilai $-\ell$ dengan tanda subkulit! Ternyata tanda subkulit d akan memiliki $\ell=2$.
- ◆ Bilangan kuantum magnetik yang paling mungkin untuk $\ell=2$ adalah $m = -2, -1, 0, +1, \text{ atau } +2$.

Jika jawaban Anda salah satu dari angka berikut ini maka Anda benar

- A. $n=4, \ell=2, m=-2$
- B. $n=4, \ell=2, m=-1$
- C. $n=4, \ell=2, m=0$
- D. $n=4, \ell=2, m=+1$
- E. $n=4, \ell=2, m=+2$

2. $m=-3$ dimiliki untuk tanda orbital f yang akan memiliki nilai $\ell=3$ sehingga nilai $n=4$ (karena $\ell=n-1$) sehingga kulit atom yang di miliki sebanyak 4.
3. Elektron dengan $n=4$ akan memiliki bilangan kuantum azimut yang diperbolehkan 0 sampai $(n-1)$. Jadi 0, 1, 2, atau 3.

Apakah jawaban Anda sudah sama dengan penyelesaian yang ada? Jika sudah Anda dapat lanjutkan ke bilangan kuantum ke empat. Tetapi jika belum, tidak perlu putus asa atau kecewa. Ulangi lagi mempelajari materi tersebut sampai Anda paham, karena kalau tidak paham maka Anda akan mengalami kesulitan memahami berikutnya.

Bagi Anda yang sudah paham, mari kita lanjutkan!

D. Bilangan Kuantum Spin (s)

Lambang bilangan kuantum spin adalah s yang menyatakan arah rotasi elektron pada porosnya. Ada dua kemungkinan arah rotasi yaitu searah jarum jam atau berlawanan arah jarum jam. Hal ini seperti berputarnya gasing atau mata uang logam. Pernahkan Anda bermain gasing? Apakah Anda memperhatikan arah berputarnya gasing pada porosnya? Jika belum pernah bermain gasing, cobalah dengan cara lain seperti berikut ini! Letakan uang logam tegak dengan lantai yang dipegang oleh ibu jari dan jari telunjuk. Perhatikan gambar!

Tolong buat gambar
uang logam yang sedang
berputar kekanan diatas
lantai atau meja

Tolong buat gambar
uang logam yang sedang
berputar kekiri diatas
lantai atau meja

Gambar 3. Uang logam yang sedang berputar

- a. Ke kanan
- b. Ke kiri

Setelah koin berdiri tegak, bengkokkan jari telunjuk Anda. Apa yang terjadi? Bagaimana seandainya ibu jari yang di bengkokkan?

Jika Anda melakukan dengan benar, maka pada saat ibu jari telunjuk yang dibengkokkan maka uang logam akan berputar searah jarum jam, sedangkan untuk ibu jari yang dibengkokkan maka uang logam akan berputar berlawanan arah jarum jam.

Begitulah elektron yang berotasi, bila searah jarum jam maka memiliki nilai $s = +1/2$ dan dalam orbital dituliskan dengan tanda panah ke atas. Sebaliknya untuk elektron yang berotasi berlawanan arah jarum jam maka memiliki nilai $s = -1/2$ dan dalam orbital dituliskan dengan tanda panah ke bawah.

Dari uraian arah rotasi maka kita dapat mengetahui bahwa dalam satu orbital atau kotak maksimum memiliki 2 elektron.

Marilah kita gabungkan ke empat uraian tentang bilangan kuantum yang telah dipelajari. Perhatikanlah tabel 7.

Tabel 7. Hubungan ke empat bilangan kuantum

Kulit	n	l	m	Sub kulit	Gambaran Orbital	Jumlah Orbital	Jumlah elektron maksimum	
							Subkulit	Kulit
K	1	0	0	1s		1	2	2
L	2	0	0	2s		1	2	8
		1	-1, 0, +1	2p		3	6	
M	3	0	0	3s		1	2	18
		1	-1,0,+1	3p		3	6	
		2	-2,-1,0,+1,+2	3d		5	10	
N	4	0	0	4s		1	2	32
		1	-1,0,+1	4p		3	6	
		2	-2,-1,0,+1,+2	4d		5	10	
		3	-3,-2,-1,0,+1,+2,+3	4f		7	14	

Apa yang dapat Anda simpulkan dari tabel 7 ?

Bila kulit atom sama (bilangan kuantum utama sama), subkulit (bilangan kuantum azimut) dan orbital (bilangan kuantum magnetik) serta arah (bilangan kuantum spin) dapat berbeda. Contohnya kulit ke 2 dapat memiliki bilangan kuantum azimut 0 atau 1 dan bilangan kuantum magnetiknya bisa -1, 0 atau +1 sesuai dengan posisi dalam kotak serta memiliki bilangan kuantum spin yang dapat berbeda sesuai arah panahnya.

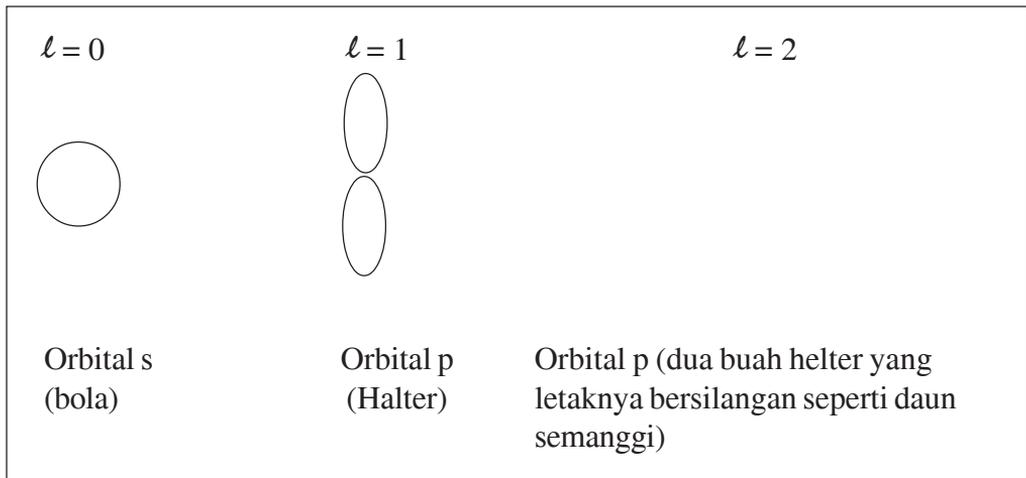
Sudahkah Anda memahami keempat bilangan kuantum yang telah dipelajari? Ulangi sekali lagi, jika Anda belum paham. Tidak baik memaksakan diri untuk melanjutkan materi berikutnya, Karen pemahaman materi bilangan kuantum ini akan digunakan atau diterapkan pada kegiatan belajar 3 dan 4 dalam modul ini.

Jika Anda sudah paham, marilah kita lanjutkan ke bentuk dan arah orbital.

E. Bentuk dan Arah Orbital

Ingatlah bahwa setiap subkulit disusun oleh satu atau lebih orbital dan setiap orbital mempunyai bentuk tertentu. Adapun bentuk orbital di tentukan oleh bilangan kuantum azimut.

Anda dapat memperhatikan gambar bentuk-bentuk orbital berdasarkan harga $-\ell$ (bilangan kuantum azimut).

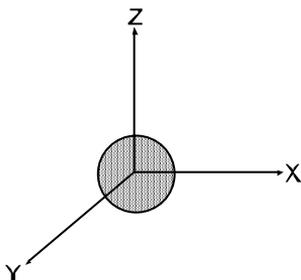


Gambar 4. Bentuk-bentuk orbital

Sebagaimana telah kita ketahui sebelumnya bahwa arah orbital ditentukan oleh bilangan kuantum magnetik.

Orbital s yang berbentuk bola tidak menunjukkan arah ruang tertentu karena kebolehjadian ditemukan elektron dengan bentuk ini berjarak sama jauhnya ke segala arah dari inti atom.

Inti atom terdapat pada pusat bola. Perhatikanlah gambar arah ruang orbital s berikut ini !

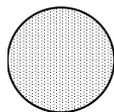


Gambar 5. Bentuk orbital s

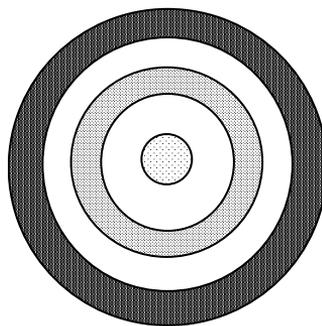
Kebolehjadian terbesar ditemukannya elektron dalam orbital s terdapat pada daerah sekitar bola, yaitu untuk orbital :

- a. $1s$: terdapat pada kulit bola
- b. $2s$: terdapat pada awan lapisan kedua
- c. $3s$: terdapat pada awan lapisan ketiga

Gambaran kebolehjadian ditemukan orbital pada masing-masing kulit :



Orbital 1s



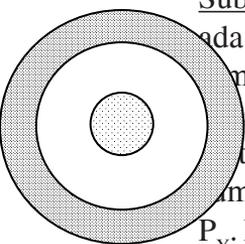
Orbital 3s

Gambar 6. Bentuk orbital s pada kulit yang berbeda

Pernahkah Anda menemukan sesuatu yang mirip dengan gambaran kebolehjadian pada orbital s?

Gambaran ini mirip dengan kue onde-onde. Kue ini berbentuk bola yang di dalamnya terdapat isi dengan bentuk bola pula. Dapatkah Anda gambarkan kue seperti ini?

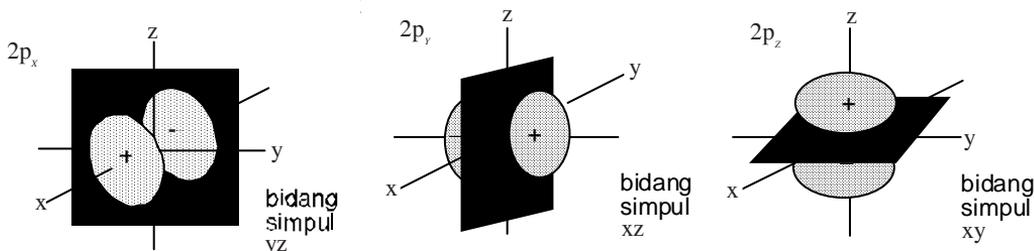
Bagaimana dengan subkulit p?



Subkulit p terdiri dari tiga orbital p. Karena nilai bilangan kuantum magnetiknya ada tiga yaitu -1 , 0 , dan $+1$. Ketiga orbital ini mempunyai tingkat energi yang sama tetapi arah ruangnya masing-masing berbeda. Jika digabungkan, ketiga orbital saling tegak lurus satu sama lain. Bila digambarkan pada sistem koordinat Kartesius yang memiliki sumbu X, Y, dan Z maka orbital p yang terletak pada sumbu X disebut orbital P_x , sedangkan yang terletak pada sumbu Y disebut orbital P_y . Begitu pula halnya dengan orbital p yang terletak pada sumbu Z disebut orbital P_z .

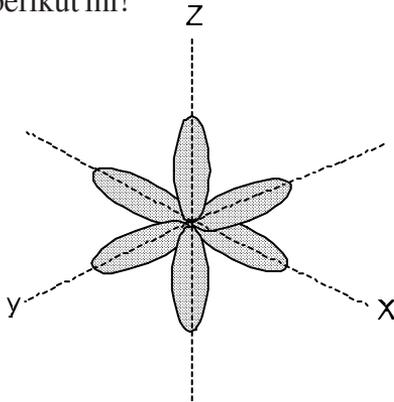
Dapatkah Anda bayangkan penjelasan tersebut?

Baiklah, perhatikan gambar berikut ini!



Gambar 7. Bentuk orbital – orbital P_x, P_y, P_z

Sehingga gambaran orbital p dengan bilangan kuantum azimut $\ell = 1$ dinyatakan dalam gambar berikut ini!



Gambar 8. Bentuk orbital p

Dapat Anda bayangkan gambar orbital p tersebut?

Jika belum dapat Anda bayangkan, maka cobalah untuk membuat orbital p dengan balon! Ikutilah petunjuk pembuatan berikut ini.

Ambillah 3 buah balon. Kemudian pilin (putar) pada bagian tengah balon. Lakukan hal ini pada semua balon. Siapkan tali pengikat yang akan digunakan untuk menggabungkan ketiga balon. Balon pertama Anda letakkan tegak lurus (vertikal), sedangkan balon kedua Anda letakkan mendatar (horisontal), dan balon ketiga Anda letakkan diantara balon pertama dan balon kedua. Bagian balon yang dipilin harus berada di tengah-tengah ikatan dari ketiga balon yang diikat menjadi satu. Pastikan bahwa ketiga balon ini terikat dengan kuat. Tunjukkan apa yang Anda buat ini pada guru bina. Sekarang, sudah dapatkah Anda bayangkan begitulah bentuk orbital p. Balon sebagai orbital (tempat kemungkinan ditemukannya elektron) sedangkan bagian balon yang dipilin merupakan inti atom.

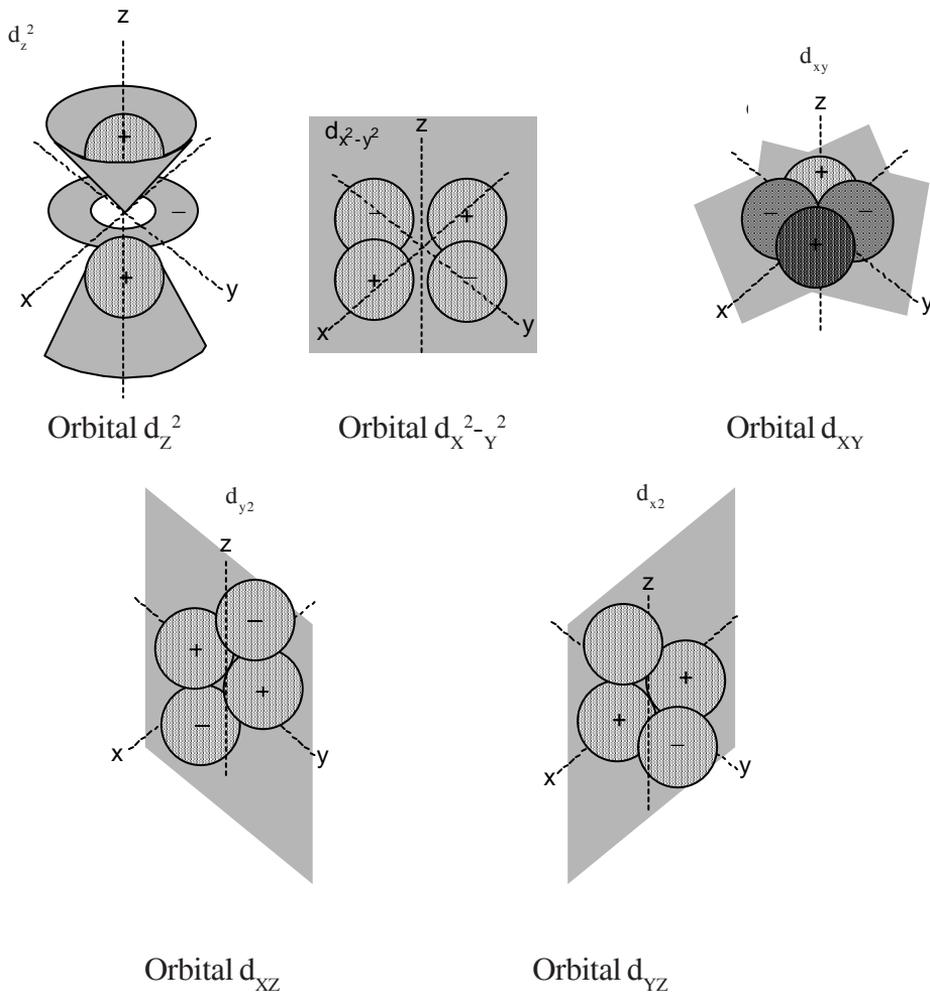
Subkulit d terdiri dari 5 orbital d karena nilai $-2, -1, 0, +1, +2$. Seperti halnya orbital p, orbital d juga memiliki tingkat energi yang sama tetapi arah ruangnya masing-masing berbeda. Bila digambarkan pada sistem koordinat kartesius maka ketiga orbital d menempati ruang antar sumbu pada koordinat kartesius tersebut. Masing-masing orbital dinyatakan sebagai d_{xy} , d_{xz} dan d_{yz} , sedangkan dua orbital d lainnya terletak pada sumbu koordinat kartesius yang masing-masing orbital dinyatakan sebagai $d_{x^2-y^2}$ dan d_z^2 . Bentuk kelima orbital d dapat digambarkan sebagai berikut:

Orbital d_z^2 terletak pada sumbu Z

Orbital $d_{x^2-y^2}$ terletak pada sumbu X dan Y

Orbital d_{xy} terletak antara sumbu X dan Y

Orbital d_{xz} terletak antara sumbu X dan Z
 Orbital d_{yz} terletak antara sumbu Y dan Z



Gambar 9. Berbagai bentuk orbital d

Lebih rumitkah gambarnya? Mintalah bantuan guru bina untuk menjelaskan atau menunjukkan gambar tersebut

Untuk lebih jelas tentang gambaran orbital ini, cobalah Anda lakukan seperti langkah pada pembuatan p dengan balon terpilin. Pada bagian yang harus Anda tambahkan adalah lidi atau kayu seperti koordinat cartesius. Lidi ini berfungsi sebagaiudukan atau tempat pengait balon yang terpilin. Anda harus sediakan 3 buah lidi yang sama ukurannya (panjang maupun diameternya). Dua buah lidi Anda letakkan saling bersilangan dan mendatar, sedangkan lidi ketiga Anda letakkan tegak lurus pada kedua lidi mendatar tersebut. Letakkan dua buah balon yang terpilin seperti gambar orbital d yang akan Anda buat, untuk orbital $3d_z^2$ Anda hanya siapkan 1 buah balon terpilin, sedangkan satu balon lainnya melingkar pada pilinan balon.

Dapatkah Anda bayangkan bentuk-bentuk orbital d sekarang? Bagaimana orbital f yang terdiri dari 7 orbital? Tentunya orbital f ini akan lebih rumit dan lebih sukar dipaparkan.

Selamat, jika Anda membuat orbital f yang sangat rumit dan sukar. Anda sudah lelah? Beristirahatlah dahulu supaya Anda mudah memahami materi berikutnya!

Akhirnya selesai sudah Kegiatan Belajar 2 ini.

Anda merasa lelah?

Beristirahatlah terlebih dahulu supaya Anda dapat berpikir dengan jernih sehingga Anda dapat menyelesaikan tugas berikut ini dengan hasil yang memuaskan!

Jika Anda belum merasa lelah, segera selesaikan tugas berikut ini!



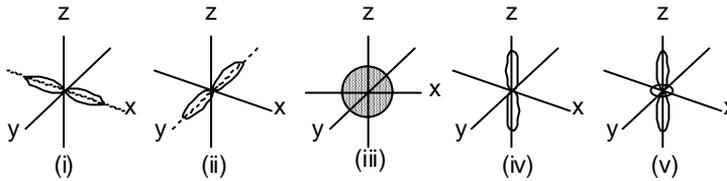
Kegiatan 2

Kerjakan soal pada tugas ini tanpa melihat kembali uraian penjelasan yang sudah Anda pelajari!

1. Tempat kebolehdudukan ditemukannya elektron disebut...
 - A. orbit
 - B. orbital
 - C. subkulit
 - D. kulit
 - E. inti atom
2. Bilangan kuantum yang digunakan untuk menentukan bentuk orbital dan ukuran orbital adalah...
 - A. n dan l
 - B. m dan l
 - C. n dan m
 - D. m dan s
 - E. n dan s
3. Suatu elektron memiliki kulit ke-3 dan subkulit p maka nilai bilangan kuantum yang mungkin adalah...
 - A. $n=3, l=2, m=-2, s=-\frac{1}{2}$
 - B. $n=3, l=1, m=+2, s=+\frac{1}{2}$
 - C. $n=3, l=2, m=-1, s=-\frac{1}{2}$
 - D. $n=3, l=1, m=+1, s=+\frac{1}{2}$
 - E. $n=3, l=2, m=+1, s=+\frac{1}{2}$

4. Atom X memiliki bilangan kuantum spin $s=+1/2$ dan berada pada kulit ke -2 dan subkulit s. Maka atom tersebut memiliki elektron sebanyak...
- 2
 - 3
 - 4
 - 5
 - 6

5. Gambar-gambar berikut menunjukkan jenis orbital p!



Dari gambar tersebut, orbital P_y ditunjukkan oleh gambar...

- i
 - ii
 - iii
 - iv
 - v
6. Bilangan kuantum azimut (m_l) tidak menyatakan...
- Subkulit tempat elektron berada
 - Bentuk orbital
 - Besarnya momentum sudut elektron terhadap inti
 - Arah orbital
 - Arah momentum sudut elektron terhadap inti

7. Ketiga bilangan kuantum yang dimiliki oleh elektron pada subkulit 3d adalah...

- $n=3$ $l=0$ $m=+1$
- $n=3$ $l=1$ $m=+1$
- $n=3$ $l=0$ $m=+2$
- $n=3$ $l=1$ $m=+2$
- $n=3$ $l=1$ $m=+3$

8. Bentuk orbital p yang terletak pada bidang simpul XZ adalah...

- P_x
- P_y
- P_z
- $P_x^2 - Z^2$
- $P_y^2 - X^2$

9. Arah rotasi elektron pada porosnya dinyatakan dengan bilangan kuantum...
- A. utama
 - B. azimuth
 - C. magnetik
 - D. spin
 - E. orbital
10. Jumlah elektron maksimum pada subkulit maksimum yang dimiliki oleh atom dengan bilangan kuantum utama = 2 adalah...
- A. 2
 - B. 5
 - C. 6
 - D. 10
 - E. 14

Periksalah jawaban Anda. Cocokkan dengan kunci jawaban di akhir modul ini.

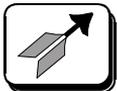
Berapa jumlah jawaban Anda yang benar?

Jika jawaban Anda benar untuk 7 nomor, selamat!

Silahkan lanjutkan mempelajari Kegiatan Belajar 3

Bagaimana jika jawaban Anda yang benar kurang dari 7? Tidak usah kecewa dan putus asa. Bacalah dan pelajarylh sekali lagi, jika belum paham diskusikanlah dengan teman atau guru bina Anda.

KONFIGURASI ELEKTRON



Menggunakan prinsip aufbau, aturan Hund dan azas Larangan Pauli untuk menuliskan konfigurasi elektron dan diagram orbital.



Selamat! Anda telah mempelajari Kegiatan Belajar 2.

Pada Kegiatan Belajar 3 ini Anda akan mempelajari penulisan konfigurasi elektron secara rinci, tidak seperti halnya di kelas X.

Anda masih ingat bukan?

Konfigurasi elektron yang telah dipelajari di kelas X berdasarkan jumlah elektron yang terdapat pada kulit-kulit, sedangkan sekarang Anda akan mempelajari penyebaran elektron ke dalam orbital, subkulit dan kulit.

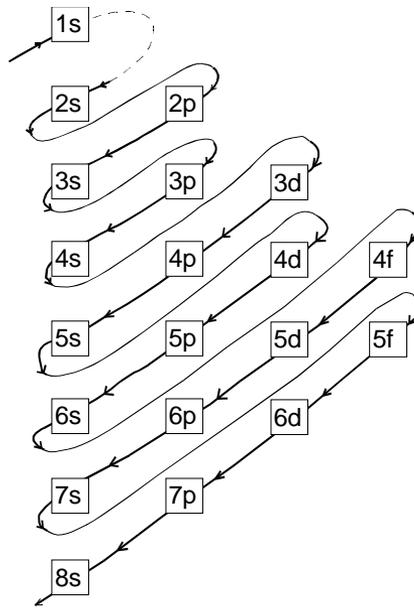
Pedoman yang digunakan dalam penulisan konfigurasi elektron adalah Azas Aufbau, Azas Larangan Pauli dan Kaidah Hund.

Marilah kita pelajari satu persatu pedoman tersebut!

A. Azas Aufbau

Azas Aufbau (berasal dari bahasa Jerman yang berarti membangun) menyatakan bahwa :“Pengisian elektron dimulai dari subkulit yang berenergi paling rendah dilanjutkan pada subkulit yang lebih tinggi energinya”.

Berdasarkan ketentuan tersebut maka urutan pengisian (konfigurasi) elektron mengikuti tanda panah pada gambar berikut!



Gambar 10. Diagram Curah Hujan

Perhatikan contoh penulisan konfigurasi elektron dari beberapa atom berikut!

${}^4_2\text{He}$	$1s^2$						
${}^7_3\text{Li}$	$1s^2$	$2s^1$					
${}^{10}_5\text{B}$	$1s^2$	$2s^2$	$2p^1$				
${}^{23}_{11}\text{Na}$	$1s^2$	$2s^2$	$2p^6$	$3s^1$			
${}^{27}_{13}\text{Al}$	$1s^2$	$2s^2$	$2p^6$	$3s^2$	$3p^1$		
${}^{39}_{19}\text{K}$	$1s^2$	$2s^2$	$2p^6$	$3s^2$	$3p^6$	$4s^1$	
${}^{45}_{21}\text{Sc}$	$1s^2$	$2s^2$	$2p^6$	$3s^2$	$3p^6$	$4s^2$	$3d^1$
${}^{70}_{31}\text{Ga}$	$1s^2$	$2s^2$	$2p^6$	$3s^2$	$3p^6$	$4s^2$	$3d^0$ $4p^1$

Dapatkah Anda memahaminya?

Ikutilah langkah-langkah berikut!

1. Tentukanlah jumlah elektron dari atom unsur tersebut!
Jumlah elektron dari atom unsur sama dengan nomor atom unsur tersebut.
2. Tuliskan jenis subkulit yang dibutuhkan secara urut berdasarkan diagram curah hujan yang telah Anda baca yaitu:
 $1s-2s-2p-3s-3p-4s-3d-4p-5s-4d-5p-6s-4f-5d-6p-7s-5f-6p-7p-8s$

3. Isikan elektron pada masing-masing subkulit dengan memperhatikan jumlah elektron maksimumnya.
Elektron ditulis agak ke atas setelah tanda orbital. Jika subkulit paling rendah sudah terisi maksimum, maka sisa elektron dimasukkan pada subkulit berikutnya.

Ingatlah penjelasan terdahulu mengenai hal berikut:

Berdasarkan jumlah orbital tiap subkulit dan tiap orbital maksimum terisi dua elektron, maka jumlah elektron maksimum pada tiap-tiap subkulit adalah:

Subkulit s maksimum isi 2 elektron

Subkulit p maksimum isi 6 elektron

Subkulit d maksimum isi 10 elektron

Subkulit f maksimum isi 14 elektron

Perhatikan contoh dengan mengikuti langkah-langkah tersebut!

Atom unsur dengan tanda atom ${}_{16}^{32}\text{S}$ akan kita buat konfigurasi elektronnya maka:

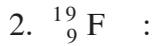
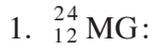
1. Nomor atom unsur tersebut = 16
(lihatlah angka yang tertulis di bawah tanda atom). Dengan demikian jumlah elektron atom tersebut sebanyak 16.
2. Jenis subkulit yang dibutuhkan secara urut kita tuliskan sebagian, mulai dari yang paling kiri 1s-2s-2p-3s-3p-4s
3. Isikan pada subkulit 1s sebanyak 2 elektron. Sisanya isikan pada subkulit 2s sebanyak 2 elektron. Sudah berapa elektron yang Anda masukkan pada subkulit tersebut? Apakah masih ada sisanya? Jika masih, lanjutkan ke subkulit berikutnya!
Subkulit berikutnya adalah 2p dengan elektron yang dapat diisikan maksimumnya sebanyak 6.
Masih ada sisa lagi?
Isikan pada subkulit berikutnya yaitu 3s dengan 2 elektron.
Masih ada sisa lagi?
Masukkan sisanya pada subkulit selanjutnya yaitu 3p sebanyak sisanya, yaitu 4.

Sehingga konfigurasi elektron untuk atom unsur dengan tanda atom ${}_{16}^{32}\text{S}$ dapat dituliskan secara berurut sebagai berikut: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

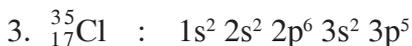
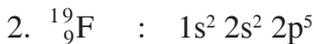
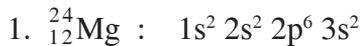
Kerjakan latihan berikut untuk lebih memahami langkah-langkah penulisan konfigurasi elektron!



Buatlah konfigurasi elektron untuk atom unsur-unsur dengan tanda atom sebagai berikut:



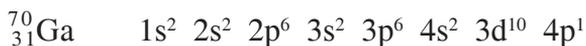
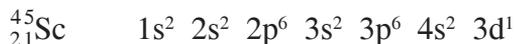
Penyelesaian :



Dapatkah Anda mengerjakannya?

Jika belum, pelajari kembali langkah-langkah penulisan konfigurasi elektron. Jika Anda sudah benar semuanya, perhatikan konfigurasi elektron untuk atom-atom Sc dan Ga.

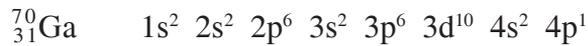
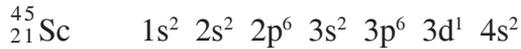
Konfigurasi elektron untuk Sc dan Ga adalah sebagai berikut:



Dapatkah Anda melihat perbedaan konfigurasi elektron ini dengan contoh sebelumnya?

Pada contoh sebelumnya, subkulit dituliskan secara urut sesuai nomor kulitnya, tetapi pada Sc dan Ga setelah 3p adalah 4s bukan 3d. Untuk keteraturan penulisan subkulit 3d ditulis sebelum 4s tetapi pada urutan pengisian orbital subkulit 4s diisi penuh terlebih dahulu, setelah itu barulah subkulit 3d.

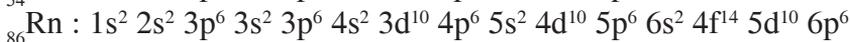
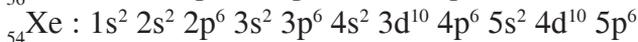
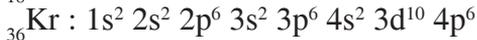
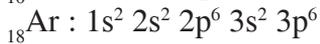
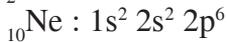
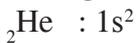
Jadi konfigurasi elektron untuk atom Sc dan Ga dapat juga dituliskan sebagai berikut:



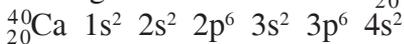
Bagaimana konfigurasi elektron dengan nomor-nomor besar atau banyak?

Unsur - unsur dengan nomor atom besar atau banyak tentunya akan terlihat lebih panjang dan tidak praktis. Untuk itu, konfigurasi elektron atom berelektron banyak dapat disingkat penulisannya dengan penulisan lambang unsur gas mulia yang sesuai.

Konfigurasi elektron gas mulia :



Konfigurasi elektron untuk ${}_{20}^{40}\text{Ca}$ adalah

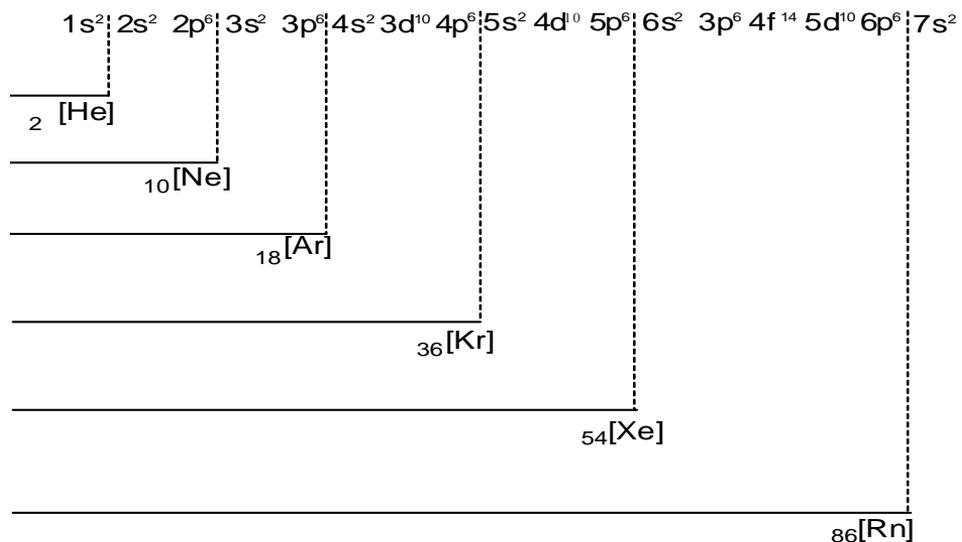


Dapat Anda singkat penulisannya menjadi seperti berikut ini :



Elektron pada atom Argon = 18 sehingga Anda hanya menuliskan subkulit yang berisi elektron sebanyak sisa dari seluruh elektron atom tersebut.

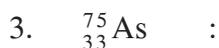
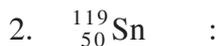
Skema ini digunakan untuk memudahkan dalam menyingkat.



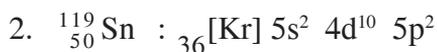
Kerjakanlah latihan berikut untuk dapat menguasai materi tersebut!



Buatlah konfigurasi elektron yang singkat untuk atom unsur dengan tanda atom sebagai berikut :



Penyelesaian :



Penjelasan yang sudah Anda pelajari merupakan konfigurasi elektron untuk atom, bagaimana untuk ion?

Ion bermuatan positif adalah atom netral yang melepaskan sebagian elektronnya. Elektron yang dilepaskan letaknya pada kulit terluar, sehingga penulisan konfigurasi elektronnya sama dengan atom netralnya dikurangi sebanyak elektron yang dilepaskan. (ingat penulisan kation dan anion di kelas X)

Contoh:

${}_{16}^{32}\text{K}$ memiliki konfigurasi elektron $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$. Jika berbentuk ion K^+ maka elektron pada kulit terluarnya akan melepas sebanyak 1, sehingga konfigurasi elektronnya menjadi $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.

Bagaimana dengan ion bermuatan negatif?

Ion bermuatan negatif adalah atom netral yang menerima atau menyerap elektron. Elektron yang diterima ini akan menempati orbital dari subkulit terluar yang belum penuh atau maksimum, sehingga penulisan konfigurasi elektronnya sama dengan atom netralnya ditambah dengan elektron yang diterima.

Contoh:

${}^{19}_9\text{F}$ memiliki konfigurasi elektron $1s^2 2s^2 2p^5$. Jika berbentuk ion F maka elektron pada kulit terluar akan bertambah sebanyak 1, sehingga konfigurasi elektronnya menjadi $1s^2 2s^2 2p^6$.

Kerjakanlah latihan berikut ini untuk mengetahui pemahaman Anda!



Buatlah konfigurasi elektron dari ion berikut!

1. Ca^{2+} (nomor atom $\text{Ca}=20$)
2. O^{2-} (nomor atom $\text{O}=8$)

Penyelesaian :

1. Ca^{2+} memiliki elektron $20 - 2 = 18$

Jumlah elektron ion = nomor atom – muatan

Konfigurasi elektron atom ${}_{20}\text{Ca}$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ sehingga konfigurasi elektron ion Ca^{2+} menjadi $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

2. O^{2-} memiliki muatan $8+2=10$

Jumlah elektron ion = nomor atom + muatan

Konfigurasi atom ${}_8\text{O}$ $1s^2 2s^2 2p^4$ sehingga konfigurasi elektron ion O^{2-} menjadi $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

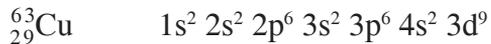
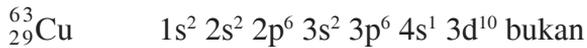
Hal lain yang harus Anda perhatikan dalam menuliskan konfigurasi elektron adalah kestabilan. Atom akan lebih stabil bila kulit atau subkulit terisi elektron penuh atau setengah penuh.

Contoh:

Konfigurasi elektron ${}^{52}_{24}\text{Cr}$ yang benar adalah $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$ bukan $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^4$. Karena orbital d maksimum berisi 10 elektron maka akan lebih stabil jika orbital d diisi 5 atau 10 elektron.

Bagaimana dengan konfigurasi elektron ${}^{63}_{29}\text{Cu}$?

Mirip halnya dengan ${}_{24}^{52}\text{Cr}$ maka konfigurasi elektron ${}_{29}^{63}\text{Cu}$ adalah



Konfigurasi elektron dalam atom selain diungkapkan dengan diagram curah hujan, seringkali diungkapkan dalam diagram orbital. Ungkapan yang kedua akan bermanfaat dalam menentukan bentuk molekul dan teori hibridisasi pada modul berikutnya.

Kita ingat kembali bahwa :

1. Orbital-orbital dilambangkan dengan kotak
2. Elektron dilambangkan sebagai tanda panah dalam kotak
3. Banyaknya kotak ditentukan berdasarkan bilangan kuantum magnetik, yaitu:

subkulit s digambarkan 

subkulit p digambarkan 

subkulit d digambarkan 

4. Untuk orbital-orbital yang berenergi sama dilambangkan dengan sekelompok kotak yang bersisian, sedangkan orbital dengan tingkat energi berbeda digambarkan dengan kotak yang terpisah
5. Satu kotak orbital berisi 2 elektron, satu tanda panah mengarah ke atas dan satu lagi mengarah ke bawah

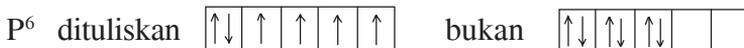
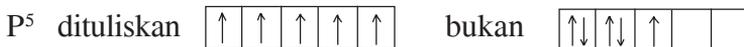
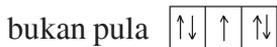
Pembuatan konfigurasi elektron dalam diagram orbital memenuhi aturan atau kaidah Hund.

B. Kaidah Hund

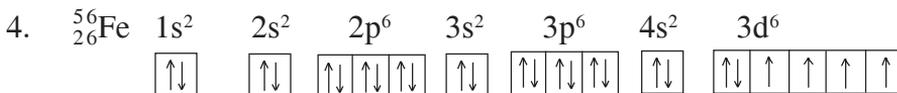
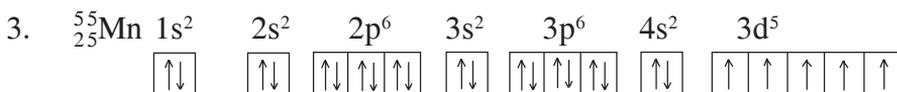
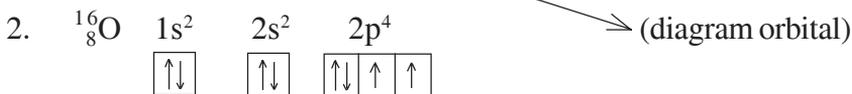
Friedrich Hund (1927), seorang ahli fisika dari Jerman mengemukakan aturan pengisian elektron pada orbital yaitu :

“orbital-orbital dengan energi yang sama, masing-masing diisi lebih dulu oleh satu elektron arah (spin) yang sama atau setelah semua orbital masing-masing terisi satu elektron kemudian elektron akan memasuki orbital-orbital secara urut dengan arah (spin) berlawanan”.

Contoh :



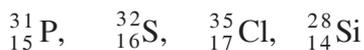
Marilah kita tuliskan konfigurasi elektron dalam bentuk diagram orbital yang sesuai dengan Kaidah Hund!



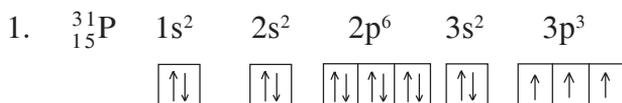
Supaya Anda lebih paham, kerjakan latihan berikut ini!

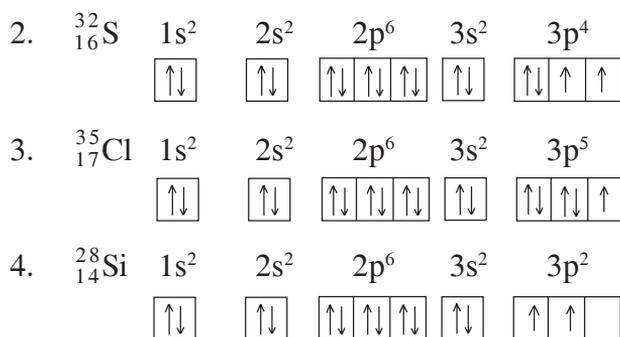


Tuliskan konfigurasi elektron dalam bentuk diagram orbital untuk unsur :



Penyelesaian :





Sudah benarkah jawaban Anda?

Jika belum, janganlah berputus asa untuk mempelajari kembali materi tersebut.

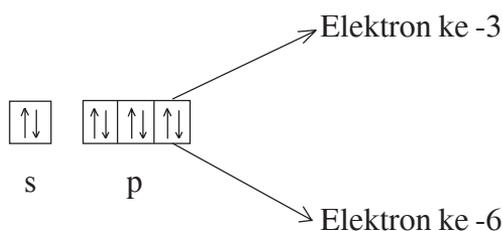
Jika sudah, silahkan lanjutkan ke materi berikutnya!

C. Azas Larangan Pauli

W. Pauli (1924) mengemukakan Azas Larangan Pauli “Tidak boleh ada elektron dalam satu atom yang memiliki ke empat bilangan kuantum yang sama”

Marilah kita buktikan pernyataan Pauli dengan contoh seperti ini!

Sebuah atom memiliki 8 elektron pada kulit L. Posisi elektron-elektron tersebut digambarkan dalam orbital sebagai berikut:



Tuliskan ke empat bilangan kuantum yang dimiliki oleh elektron ke-3 dan elektron ke-6 pada subkulit p tersebut!

Bagaimana menyelesaikannya, ikutilah penyelesaian berikut ini!

❖ Elektron ke-3 pada subkulit p dan kulit L

Pada kulit L memiliki bilangan kuantum utama $n=2$. Sedangkan untuk subkulit p memiliki bilangan kuantum azimut $\ell=1$ dan orbital pada kolom ke-3 memiliki bilangan kuantum magnetik $m=+1$, serta arah rotasi ke atas maka bilangan kuantum spin $s=+1/2$.

Jika digabungkan $n=2$, $\ell=1$, $m=+1$, $s=+1/2$

- ❖ Elektron ke-6 hanya berbeda pada arah rotasi dengan elektron ke-3, maka ke empat bilangan kuantum yang dimiliki elektron ke-6 adalah $n=2, \ell=1, m=+1, s=-1/2$

Jadi, telah terbukti pernyataan Pauli!

Selanjutnya, silahkan Anda kerjakan latihan berikut ini untuk mengetahui pemahaman yang telah dipelajari!



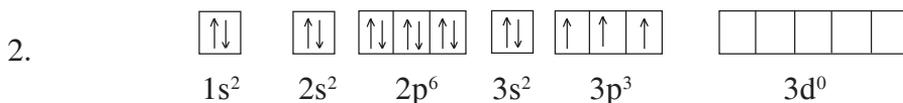
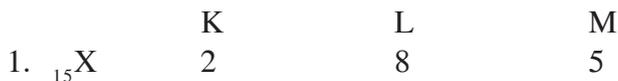
Suatu atom unsur memiliki nomor atom 15. Tentukan:

1. Konfigurasi elektron berdasarkan uraian di kelas 1
2. Gambaran orbital dari konfigurasi elektron yang telah Anda buat
3. Ke empat bilangan kuantum dari elektron terakhir pada konfigurasi elektron

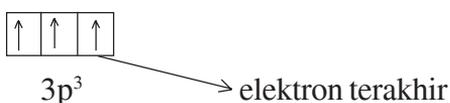
Hasil kerja siswa :

Mudah bukan? Cocokkan dengan jawaban berikut ini!

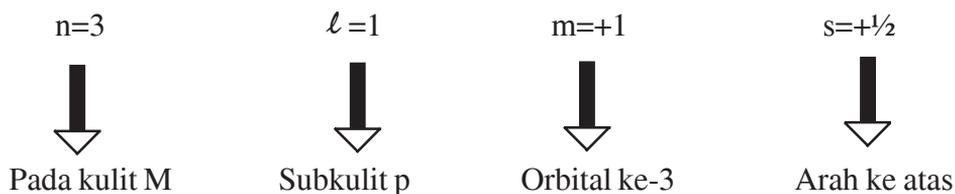
Penyelesaian:



3. Elektron terakhir pada konfigurasi elektron terletak pada subkulit 3p dan kolom terakhir dari gambaran orbital. Secara spesifik digambarkan:



maka ke empat bilangan kuantum tersebut adalah



Apakah jawaban Anda telah cocok dengan penyelesaian yang diberikan?

Jika belum, pelajari kembali materi tersebut! Jika sudah, mari kita lanjutkan ke materi berikutnya!

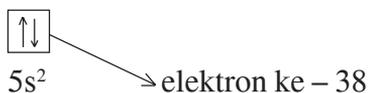
Pada bagian terakhir dari Kegiatan Belajar 3 ini, marilah kita mempelajari hubungan antara ke empat bilangan kuantum dengan konfigurasi elektron dari unsur dan nomor atomnya untuk menentukan kebolehjadian posisi elektron tertentu dari atom tersebut seperti yang di contohkan berikut ini:

Tentukan harga ke empat bilangan kuantum n , ℓ , m , dan s untuk elektron terakhir dari atom:

- ${}_{38}^{88}\text{Sr}$
- ${}_{12}^{24}\text{Mg}^{2+}$

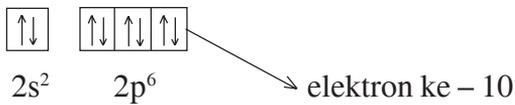
Pelajari satu persatu penyelesaian ini sampai Anda paham!

- Sr mempunyai konfigurasi elektron ${}_{36}[\text{Kr}]5s^2$
Elektron terakhir yaitu elektron ke 38 terletak pada subkulit $5s^2$ sehingga diagram orbitalnya adalah



maka nilai ke empat bilangan kuantumnya adalah

- $n=5$ (5s berarti pada kulit ke 5)
 $\ell=0$ (sesuai dengan subkulit s)
 $m=0$ (hanya 1 orbital)
 $s=-1/2$ (arah elektron ke bawah)
- ${}_{12}^{24}\text{Mg}^{2+}$ konfigurasi elektron atom netralnya adalah $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ sedangkan konfigurasi elektron ion Mg^{2+} adalah $1s^2 2s^2 2p^6$. Elektron terakhir yaitu elektron ke-10 terletak pada subkulit $2p^6$ sehingga diagram orbitalnya adalah



maka nilai ke empat bilangan kuantumnya adalah

$n=2$ (2p berarti pada kulit ke-2)

$\ell=1$ (sesuai dengan subkulit p)

$m=+1$ (paling sebelah kanan)

$s=-1/2$ (arah elektron ke bawah)

Bagaimana dengan ${}_{35}^{70}\text{Br}$?

Dapatkan Anda menentukan ke empat bilangan kuantumnya?

Jika Anda mengikuti langkah penyelesaian pada contoh, maka Anda akan memperoleh jawaban sebagai berikut:

$n=4$ $\ell=1$ $m=0$ $s=-1/2$

Selain yang sudah dipelajari, kita juga dapat menentukan nomor atom suatu unsur atau jumlah elektronnya berdasarkan hubungan ke empat bilangan kuantum dengan konfigurasi elektronnya. Pelajarilah dengan seksama contoh berikut!

Contoh:

Atom X dengan $n=4, \ell=2, m=+1, s=+1/2$ maka atom X memiliki jumlah elektron sebanyak...

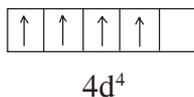
$n=4$ (berarti pada kulit ke-4)

$\ell=2$ (berarti subkulit d)

$m=+1$ (berarti pada kotak ke-4 sebelah kiri dari 5 kotak yang ada)

$s=+1/2$ (arah elektron ke atas)

Jadi konfigurasi dalam bentuk diagram orbital adalah



Sehingga konfigurasi elektron dari atom X = ${}_{36}[\text{Kr}]5s^2 4d^4$ berarti atom ini memiliki 42 elektron dan nomor atomnya adalah 42.

Silahkan dengan cara yang sama Anda coba kerjakan untuk atom dengan $n=5, \ell=1, m=0, s=-1/2$

Apakah Anda memperoleh jawaban seperti ini?
(nomor atom unsur tersebut adalah 53)

Akhirnya selesai sudah Kegiatan Belajar 3 ini.
Anda lelah? Beristirahatlah dulu supaya Anda dapat berpikir dengan jernih sehingga Anda dapat menyelesaikan tugas berikut ini dengan hasil yang memuaskan!

Jika Anda belum merasa lelah, segeralah selesaikan tugas berikut ini!



Kegiatan 3

Kerjakan soal pada tugas ini tanpa melihat kembali uraian penjelasan yang sudah Anda pelajari!

1. Belerang dengan nomor atom 16, konfigurasi elektron ion S^{2-} adalah...
 - A. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
 - B. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
 - C. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$
 - D. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 4s^2$
 - E. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2 4s^2$
2. Dalam atom belerang dengan nomor atom 16 memiliki elektron yang tidak berpasangan sebanyak...
 - A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
 - E. 5
3. Ion X^{2-} mempunyai konfigurasi elektron $[Ar] 3d^{10} 4s^2$. Maka atom X memiliki nomor atom...
 - A. 12
 - B. 18
 - C. 22
 - D. 30
 - E. 48
4. Keempat bilangan kuantum untuk elektron terakhir dari atom X dengan nomor atom 24 adalah...

A.	$n=3$	$\ell=0$	$m=0$	$s=+1/2$
B.	$n=3$	$\ell=1$	$m=+1$	$s=-1/2$
C.	$n=3$	$\ell=2$	$m=+1$	$s=+1/2$
D.	$n=3$	$\ell=2$	$m=-1$	$s=+1/2$
E.	$n=3$	$\ell=2$	$m=0$	$s=-1/2$

5. Pedoman yang digunakan untuk menyusun konfigurasi elektron adalah...
- A. Kaidah Aufbau, Azas Hund, Larangan Pauli
 - B. Azas Hund, Azas Aufbau, Kaidah Pauli
 - C. Azas Aufbau, Kaidah Pauli, Larangan Hund
 - D. Azas Larangan Pauli, Azas Hund, Kaidah Aufbau
 - E. Azas Aufbau, Azas Larangan Pauli, Kaidah Hund
6. Jumlah elektron dari suatu atom yang ke empat bilangan kuantum elektron terakhirnya $n=2, \ell=1, m=0, s=-\frac{1}{2}$ adalah...
- A. 2
 - B. 4
 - C. 7
 - D. 5
 - E. 9
7. Unsur dengan nomor atom 24 memiliki konfigurasi elektron...
- A. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^6$
 - B. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^4$
 - C. $1s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^4$
 - D. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$
 - E. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
8. Tidak boleh ada elektron dalam satu atom yang memiliki ke empat bilangan kuantum yang sama. Pernyataan ini dikemukakan oleh...
- A. Hund
 - B. Pauli
 - C. Aufbau
 - D. Planck
 - E. Heisenberg
9. Jumlah elektron suatu atom yang konfigurasi elektronnya berakhir di $3d^6$ adalah...
- A. 10
 - B. 20
 - C. 24
 - D. 26
 - E. 30

10. Pengisian elektron dimulai dari subkulit yang berenergi paling rendah dilanjutkan pada subkulit yang lebih tinggi energinya. Pernyataan ini dikemukakan oleh...
- A. Aufbau
 - B. Hund
 - C. Pauli
 - D. Planck
 - E. Heisenberg

Cocokkan jawaban Anda dengan kunci jawabanyang ada di akhir modul ini!
Berapa jawaban Anda yang benar?

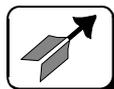
Apakah kurang dari 7?

Jika ya, bacalah dan pahami sekali lagi. Mintalah bantuan guru bina untuk memudahkan Anda dalam memahami materi ini.

Jika tidak, selamat!

Anda telah menyelesaikan materi Kegiatan Belajar 3 ini dengan baik.
Silahkan lanjutkan ke materi berikutnya.

SISTEM PERIODIK



Menghubungkan konfigurasi elektron suatu unsur dengan letaknya dalam sistem periodik



Selamat! Anda telah selesai mempelajari Kegiatan Belajar 3 dan akan segera mengakhiri modul ini setelah Kegiatan Belajar 4 ini.

Untuk dapat memahami Kegiatan Belajar 4 ini, Anda harus mengingat kembali modul Kim X.03 tentang Sistem Periodik dan Kegiatan Belajar 3 dalam modul Kim XI.01 ini.

Apakah Anda sudah memahami materi-materi tersebut? Jika belum, jangan ragu untuk mempelajarinya kembali. Lebih baik Anda mundur selangkah dari pada melangkah lebih jauh tetapi Anda mengalami kesulitan untuk memahaminya.

Sudah siapkah Anda untuk mempelajari kegiatan terakhir ini? Mari kita lanjutkan.

A. Pengolongan Unsur-unsur Berdasarkan Perioda dan Golongan

Dalam modul Kim X.03 tentang Sistem Periodik Unsur-Unsur Anda telah mempelajari bahwa : Sistem Periodik yang digunakan sekarang adalah Sistem Periodik Modern dengan posisi mendatar sebagai perioda dan posisi tegak sebagai golongan. Selanjutnya unsur yang telah kita pelajari hanya sampai dengan nomor atom 20 dan menggunakan konfigurasi elektron dari kulit atom yaitu K, L, M, N. Bagaimana dengan unsur-unsur lainnya? Dan apa hubungannya dengan konfigurasi pada Kegiatan Belajar 3? Silahkan Anda ikuti penjelasan berikut ini.

Amatilah tabel Sistem Periodik Modern berikut ini!

Apakah yang Anda simpulkan dari tabel tersebut?

Kesimpulan yang dapat Anda peroleh dari tabel tersebut adalah:

1. Unsur digolongkan menjadi Golongan A (utama) yaitu Golongan IA sampai VIIIA dan Golongan B (transisi) yaitu IB sampai VIIIB dan Lantanida serta Aktinida. Unsur dalam satu golongan ditulis tegak atau vertikal dari atas ke bawah
2. Unsur - unsur logam ada di sebelah kiri sedangkan unsur-unsur nonlogam ada di sebelah kanan dan unsur – unsur yang ada di antaranya merupakan unsur metaloid
3. Unsur logam transisi dibagi dua yaitu unsur logam transisi dalam (Lantanida dan Aktinida) dan unsur logam transisi luar (Golongan IB sampai VIIIB)
4. Periode (jalur mendatar atau horisontal) dari kiri ke kanan terdiri dari 7 periode
 - Periode 1 disebut periode sangat pendek, hanya terdiri dari 2 unsur
 - Periode 2 dan 3 disebut periode pendek, berisi 8 unsur
 - Periode 4 dan 5 disebut periode panjang, berisi 18 unsur
 - Periode 6 disebut sangat panjang, berisi 32 unsur
 - Periode 7 belum terisi seluruhnya sehingga disebut periode belum lengkap
5. Unsur-unsur digolongkan berdasarkan kenaikan nomor atomnya

Marilah kita jabarkan satu persatu penggolongan unsur berdasarkan posisinya dalam Tabel Sistem Periodik!

Pelajarilah tabel 9 berikut ini tentang konfigurasi elektron unsur pada jalur horizontal sebagai contoh pada periode 3!

Tabel 9. Konfigurasi elektron unsur Periode 3 (Na sampai Ar)

Unsur	No. Atom	Konfigurasi Elektron	Subkulit Terakhir	Elektron Valensi	Kulit Terluar
Na	11	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	$3s^1$	1	3
Mg	12	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	$3s^2$	2	3
Al	13	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$	$3s^2 3p^1$	3	3
Si	14	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$	$3s^2 3p^2$	4	3
P	15	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$	$3s^2 3p^3$	5	3
S	16	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$	$3s^2 3p^4$	6	3
Cl	17	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	$3s^2 3p^5$	7	3
Ar	18	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	$3s^2 3p^6$	8	3

Kesimpulan apa yang dapat Anda peroleh?

Unsur dalam satu jalur horisontal (mendatar) memiliki kesamaan jumlah kulit yang terisi elektron, sedangkan elektron valensinya (elektron pada kulit terluar) akan bertambah dari kiri ke kanan.

Bagaimana konfigurasi elektron unsur pada jalur vertikal (tegak)?

Sebagai contoh, Anda perhatikan unsur dalam Golongan IA yang diperlihatkan pada tabel 10!

Tabel 10. Konfigurasi elektron unsur Golongan IA

Unsur	No. Atom	Konfigurasi Elektron	Subkulit Terakhir	Elektron Valensi	Kulit Terluar
H	1	$1s^1$	$1s^1$	1	1
Li	3	$1s^2 2s^1$	$2s^1$	1	2
Na	11	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	$3s^1$	1	3
K	19	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$	$4s^1$	1	4
Rb	37	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^1$	$5s^1$	1	5
Cs	55	$[\text{Xe}] 6s^1$	$6s^1$	1	6
Fr	87	$[\text{Rn}] 7s^1$	$7s^1$	1	7

Kesimpulan apa yang dapat Anda peroleh?

Unsur dalam satu jalur vertikal (tegak) memiliki kesamaan jumlah elektron valensi pada kulit terluar sedangkan jumlah kulit akan bertambah dari atas ke bawah.

Dengan demikian maka **jumlah kulit yang terisi elektron menyatakan perioda sedangkan jumlah elektron valensi menyatakan golongan.**

Mari kita buktikan untuk unsur Belerang (S) dengan nomor atom 16. konfigurasi elektron unsur belerang adalah $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$, kulit terluarnya adalah 3, sehingga berada pada baris ke tiga (mendatar) sedangkan elektron valensi pada kulit tersebut adalah 6 yaitu 2 buah pada 3s dan 4 buah pada 3p sehingga pada kolom ke enam. Maka unsur S dalam Sistem Periodik Modern terletak pada periode ke tiga dan golongan VIA.

Supaya Anda lebih mahir menentukan posisi unsur Golongan A (utama), kerjakanlah soal berikut ini!



Tentukan posisi unsur Brom (Br) dengan nomor atom 35 dalam Sistem Periodik Modern!

Apakah sudah sesuai dengan tabel Sistem Periodik?

Unsur Br terletak pada Golongan VIIA dan Periode 4.

Jika Anda tidak mendapat posisi yang sama dengan tabel Sistem Periodik, silahkan periksa kembali konfigurasi elektron yang telah Anda buat. Jika konfigurasi elektron yang dibuat benar, maka posisi yang ditentukan akan tepat.

Bagaimana dengan Golongan Transisi (Golongan B)?

Supaya Anda dapat menentukan posisi unsur transisi, amatilah tabel 11 berikut ini!

Tabel 11. Konfigurasi elektron unsur transisi

Unsur	No. Atom	Konfigurasi Elektron	Kulit Terakhir	Elektron Valensi	Golongan
Sc	21	[Ar] 3d ¹ 4s ²	4	3	IIIB
Ti	22	[Ar] 3d ² 4s ²	4	4	IVB
V	23	[Ar] 3d ³ 4s ²	4	5	VB
Cr	24	[Ar] 3d ⁴ 4s ²	4	6	VIB
Mn	25	[Ar] 3d ⁵ 4s ²	4	7	VIIB
Fe	26	[Ar] 3d ⁶ 4s ²	4	8	VIII B
Co	27	[Ar] 3d ⁷ 4s ²	4	9	VIII B
Ni	28	[Ar] 3d ⁸ 4s ²	4	10	VIII B
Cu	29	[Ar] 3d ⁹ 4s ²	4	11	IB
Zn	30	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ²	4	12	IB

Berdasarkan tabel 11 dapat Anda temukan bahwa unsur transisi memiliki konfigurasi elektron pada subkulit d dan s dan tidak memiliki elektron valensi kurang dari 3.

Mari kita temukan posisi unsur Platina dengan nomor atom 78 pada Sistem Periodik Modern!

Caranya :

1. Nomor atom menunjukkan jumlah elektron sebanyak 78, kemudian buatlah konfigurasi elektron dengan diagram curah hujan yaitu $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^8$. Jika kita kelompokkan berdasarkan kulitnya, maka konfigurasi elektronnya sekarang menjadi $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14} 5s^2 5p^6 5d^8 6s^2$
2. Perhatikan subkulit terakhir yaitu $5d^8 6s^2$!
Ada berapa elektron valensinya? Benar, ada 10, jadi unsur Platina pada golongan VIII B.
Elektron valensinya terletak pada kulit ke berapa? Pada kulit ke 6 bukan? Jadi Platina pada perioda ke 6.

Cocokkan dengan tabel Sistem Periodik Modern!

Apakah Platina terletak pada baris (mendatar) ke 6 dan pada kolom (tegak) VIII B?

Ikutilah langkah-langkah tersebut untuk menentukan posisi unsur Perak (Ag) dengan nomor atom 47! Jika Anda mengikuti langkah-langkah yang sudah diuraikan, maka Anda menemukan unsur Perak (Ag) pada perioda 5 dan golongan IB!

Sudah pahamkah Anda cara menentukan posisi unsur dalam Sistem Periodik Modern berdasarkan uraian tersebut?

Jika Anda belum paham, bacalah sekali lagi atau bertanyalah pada guru bina.

Jika Anda sudah paham, lanjutkan unsur transisi dalam yaitu Aktinida dan Lantanida!

Dikatakan unsur transisi dalam karena memiliki sifat yang mirip dengan unsur transisi Aktinium (nomor atom 57) dan unsur transisi Lantanium (nomor atom 89).

Golongan Lantanida akan memiliki sifat menyerupai Lantanium sebagai contoh unsur Ce dengan nomor atom 58 dengan konfigurasi elektron $1s^2 2s^2 2p^6 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5d^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^2$. Perhatikanlah subkulit terakhir yaitu $6s^2 4f^2$ atau kalau kita urutkan $4f^2 6s^2$. Dengan demikian, Golongan Lantanida hanya memperhatikan subkulit 4f tempat kedudukan elektron valensinya.

Bagaimana dengan Golongan Aktinida? Hampir mirip tentunya. Sebagai contoh unsur Thorium (Th) dengan nomor atom 90 konfigurasi elektronnya $_{84}[\text{Xe}] 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^6 7s^2 5f^2$ subkulit terakhirnya $5f^2 7s^2$ sehingga Golongan Aktinida memiliki subkulit 5f.

Jadi unsur Golongan Utama dan Golongan Transisi ditentukan berdasarkan elektron valensinya sedangkan Golongan Transisi Dalam ditentukan berdasarkan jenis subkulitnya. Sekarang, sudahkah Anda mengerti cara menentukan posisi unsur dalam Sistem Periodik Modern?

Selesaikanlah soal berikut ini untuk mengetahui apakah Anda sudah mengerti pada bagian ini!



Tentukanlah posisi (Periode dan Golongan) unsur berikut dalam Sistem Periodik Modern!

1. Unsur Ba dengan nomor atom 56
2. Unsur I dengan nomor atom 53
3. Unsur Mo dengan nomor atom 42
4. Unsur Au dengan nomor atom 79
5. Unsur Sm dengan nomor atom 62
6. Unsur Am dengan nomor atom 95

Penyelesaian yang harus Anda peroleh adalah:

1. Unsur Ba Golongan IIA Periode 6
2. Unsur I Golongan VIIA Periode 5
3. Unsur Mo Golongan VIB Periode 5
4. Unsur Au Golongan IB Periode 6
5. Unsur Sm Golongan Lantanida Periode 6
6. Unsur Am Golongan Aktinida Periode 7

Apakah jawaban Anda benar semua?

Jika belum, pelajarilah kembali uraian materinya! Jika sudah, selamat, berarti Anda telah memahami uraian materi tersebut dan dapat melanjutkan ke materi berikutnya.

Marilah kita lanjutkan!

B. Penggolongan Unsur Berdasarkan Jenis Subkulit

Anda telah mempelajari konfigurasi elektron dengan menggunakan diagram curah hujan dan menggunakannya dalam menentukan golongan dan periode. Konfigurasi elektron tersebut yang diperhatikan hanya jumlah elektron dan nomor kulit pada kulit terakhir, sedangkan subkulit tidak. Kesempatan kali ini kita akan mengelompokkan unsur berdasarkan subkulitnya.

Ada berapa subkulitkah yang Anda ketahui?

Anda benar, kita telah mengenal 4 buah jenis subkulit yaitu subkulit s, p, d, dan f. Dengan demikian Sistem Periodik Modern dapat dikelompokkan menjadi blok s, blok p, blok d, dan blok f. Bagaimana caranya? Pelajarilah tabel berikut ini!

Berdasarkan tabel 12 dapatkah Anda melihat hubungan antara konfigurasi elektron dengan blok, hubungan antara blok dengan golongan, dan hubungan antara subkulit dengan blok? Marilah kita bahas satu persatu!

Tabel 12. Hubungan konfigurasi elektron dengan subkulit

Unsur	No. Atom	Konfigurasi Elektron	Subkulit Terakhir	Golongan	Blok
Li	3	$1s^2 2s^1$	$2s^1$	IA	s
Be	4	$1s^2 2s^2$	$2s^2$	IIA	s
B	5	$1s^2 2s^2 2p^1$	$2s^2 2p^1$	IIIA	p
C	6	$1s^2 2s^2 2p^2$	$2s^2 2p^2$	IVA	p
N	7	$1s^2 2s^2 2p^3$	$2s^2 2p^3$	VA	p
O	8	$1s^2 2s^2 2p^4$	$2s^2 2p^4$	VIA	p
F	9	$1s^2 2s^2 2p^5$	$2s^2 2p^5$	VIIA	p
Ne	10	$1s^2 2s^2 2p^6$	$2s^2 2p^6$	VIIIA	p
Sc	21	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$	$3d^1 4s^2$	IIIB	d
Ti	22	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$	$3d^2 4s^2$	IVB	d
Cr	24	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$	$3d^5 4s^1$	VIB	d
Mn	25	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5$	$3d^5 4s^2$	VIIIB	d
Fe	26	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$	$3d^6 4s^2$	VIIIB	d
Cu	29	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$	$3d^{10} 4s^1$	IB	d
Zn	30	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$	$3d^{10} 4s^2$	IIB	d
Ce	58	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$ $4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^2$	$4f^2 6s^2$	Lantanida	f
Tn	90	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$ $4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10}$ $6p^6 7s^2 5f^2$	$5f^2 6s^2$	Aktanida	f

Pertama, Anda perhatikan kolom konfigurasi elektron dan blok. Jika konfigurasi elektron berakhir pada subkulit s maka unsur tersebut berada pada blok s. Bila berakhir pada subkulit p maka unsur tersebut pada blok p. Begitu pula halnya dengan blok d, maka elektron terluar pada subkulit d, sedangkan blok f, bila elektron terluar pada subkulit f. Jadi dapat kita katakan bahwa blok suatu unsur ditentukan oleh orbital terakhir dari konfigurasi elektronnya.

Selanjutnya Anda perhatikan hubungan blok dan golongan dari tabel 5. Blok s dimiliki oleh unsur Golongan IA dan Golongan IIA. Blok p dimiliki oleh unsur Golongan IIIA sampai Golongan VIIIA. Blok d dimiliki oleh unsur golongan transisi yaitu Golongan IB sampai Golongan VIIB. Blok f dimiliki oleh unsur golongan Lantanida dan Aktinida.

Selanjutnya Anda perhatikan kolom blok dan subkulit! Blok s dengan subkulit ns^1 dan ns^2 , blok p dengan subkulit $ns^2 np^1$ sampai $ns^2 np^6$ dan blok d dengan subkulit $(n-1)d^1 ns^2$ sampai $(n-1)d^{10} ns^2$, sedangkan blok f dengan subkulit $(n-2)f^1 ns^2$ sampai $(n-2)f^{14} ns^2$. Dimana n merupakan kulit yang menunjukkan periodanya.

Cobalah Anda tentukan pada blok apakah unsur Perak (Ag) dengan nomor atom 47! Ikuti langkah-langkah berikut!

Buatlah konfigurasi elektron unsur Perak (Ag) dengan nomor atom 47 yaitu $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^9$, konfigurasi elektron yang stabil adalah $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^1 4d^{10}$. Dari konfigurasi elektron tersebut, dapat diketahui subkulit terakhir adalah d sehingga unsur Perak berada pada blok d.

Supaya Anda lebih paham dan mudah mengingat blok s, p, d, dan f dalam Sistem Periodik, berilah tanda untuk masing-masing blok dari Sistem Periodik Modern pada akhir Kegiatan Belajar 4 ini. Tunjukkan pada guru bina, apakah Anda sudah memberi tanda dengan benar! Tanda yang Anda berikan dapat berupa warna, jika bloknya sama maka warnanya juga sama. Jika tidak ada pensil warna, beri tanda dengan cara mengarsir.

Selesai sudah Kegiatan Belajar 4 ini. Mudah bukan? Selesaikanlah tugas Kegiatan Belajar 4 ini. Cocokkan jawaban Anda dengan kunci jawaban pada akhir modul ini. Jika jawaban Anda benar semua berarti Anda sudah memahami dan menguasai materi dalam Kegiatan Belajar 4 ini!



Kegiatan 4

- Konfigurasi elektron dari suatu atom unsur $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^7 5s^2$.
Unsur tersebut terletak pada golongan dan perioda...
 - IIA dan 5
 - VA dan 7
 - VIIA dan 5
 - IIB dan 7
 - VIIIB dan 5
- Dalam sistem periodik Wolfram dengan nomor atom 74 terletak pada...
 - Perioda 5 dan Golongan VIA
 - Perioda 6 dan Golongan VIA
 - Perioda 5 dan Golongan VIB
 - Perioda 6 dan Golongan VIB
 - Perioda 6 dan Golongan VIIB
- Unsur Mn dengan nomor atom 25 mempunyai kulit valensi dan elektron valensi berturut-turut...
 - Kulit Valensi 4s, elektron valensi 2
 - Kulit Valensi 3d, elektron valensi 5
 - Kulit Valensi 4s dan 3d, elektron valensi 7
 - Kulit Valensi 4p, elektron valensi 5
 - Kulit Valensi 4s dan 4p, elektron valensi 7
- Diketahui unsur K, L, M, N, dan O dengan konfigurasi:
K : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
L : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
M : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4d^5 4s^1$
N : $1s^2 2s^2$
O : $1s^2$
Pasangan unsur yang terletak dalam satu Golongan adalah...
 - K dan L
 - K dan M
 - L dan M
 - N dan O
 - L dan O

5. Suatu atom unsur X dengan konfigurasi elektron $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^5 5s^1$ termasuk Golongan...
- Alkali
 - Halogen
 - Transisi
 - Lantanida
 - Aktinida
6. Diketahui ion M^{2+} dengan konfigurasi elektron $[Ar]3d^6$. Pernyataan yang salah...
- Unsur M termasuk logam
 - Nomor atom M adalah 26
 - Unsur M termasuk unsur transisi
 - Unsur M mengandung 4 elektron tunggal
 - Unsur M termasuk Golongan VIB
7. Unsur transisi dalam, yaitu aktinida termasuk perioda...
- 7
 - 6
 - 5
 - 4
 - 3
8. Kelompok unsur berikut yang letaknya diagonal dalam sistem periodik...
- ${}_{16}X, {}_{34}Y, {}_{52}Z$
 - ${}_{5}X, {}_{14}Y, {}_{32}Z$
 - ${}_{32}X, {}_{33}Y, {}_{34}Z$
 - ${}_{6}X, {}_{13}Y, {}_{31}Z$
 - ${}_{15}X, {}_{34}Y, {}_{53}Z$
9. Suatu unsur dengan konfigurasi elektron $[Ar]3d^3 4s^2$
- Terletak pada perioda 4
 - Golongan IIA
 - Termasuk unsur transisi
 - Elektron valensinya 5
 - Nomor atomnya 23
- Pernyataan yang benar untuk unsur tersebut adalah...
- 1, 2, 3, 4, dan 5
 - 1, 2, 3, dan 4
 - 1, 3, 4, dan 5
 - 2, 3, 4, dan 5
 - 1, 2, 4, dan 5

10. Unsur berikut ini berada pada blok p adalah unsur dengan nomor atom...

- A. 16
- B. 26
- C. 38
- D. 47
- E. 56

Cocokkan jawaban Anda dengan jawaban yang ada di akhir modul ini.

Berapa jumlah jawaban Anda yang benar?

Jika jawaban Anda benar untuk 7 nomor, selamat!

Anda telah menyelesaikan modul ini dengan baik.

Bagaimana jika jawaban Anda yang benar kurang dari 7 nomor?

Tidak usah kecewa dan putus asa. Ulangi kembali mempelajari uraian materi Kegiatan Belajar 4 ini. Bacalah berulang kali dan pahami masing-masing konsep yang ada.

Lampiran

Tujuan: Menentukan blok s, p, d dan f dalam Sistem Periodik Modern.

Langkah Kerja:

Berilah tanda dengan warna atau arsiran yang berbeda untuk masing-masing blok dalam Sistem Periodik Modern. Tunjukkan pada guru bina Anda dan tanyakanlah apakah yang Anda buat sudah benar.

P E N U T U P

Selamat! Anda telah selesai mempelajari modul ini dengan baik.

Teori mekanika kuantum merupakan penyempurnaan teori atom Bohr yang juga memahami perkembangan mulai dari Max Planck, Louis de Broglie, Werner Heisenberg dan Erwin Schrodinger. Ke empat ahli ini saling melengkapi teorinya dengan didukung eksperimen dan fakta.

Hasil penemuan Erwin Schrodinger inilah yang kemudian dikenal empat bilangan kuantum, yaitu bilangan kuantum utama (n), magnetik (m), azimut ($-l$) dan spin. Bilangan kuantum inilah yang digunakan untuk menentukan kemungkinan posisi suatu elektron dalam atom. Dengan adanya bilangan kuantum maka dapat dijelaskan penyebarab elektron ke dalam orbital, subkulit dan kulit. Penyebaran atau konfigurasi elektron ini menggunakan Azas Aufbau, Azas Larangan Pauli dan Kaidah Hund. Berdasarkan konfigurasi elektron maka dapat ditentukan posisi suatu unsur dalam Sistem Periodik Modern pada golongan dan periode tertentu.

Setelah Anda mempelajari Latihan dan Tugas dalam modul ini, diskusikanlah dengan teman dan guru bina. Segala kesulitan sebaiknya dibicarakan dengan guru bina setelah Anda mendiskusikan dengan teman dan belum mendapatkan pemecahan yang memuaskan.

Persiapkan diri Anda untuk melaksanakan Tes Akhir modul ini. Jika Anda belum siap, ulangi mempelajari Uraian Materi dari modul ini supaya Anda memperoleh nilai yang baik pada Tes Akhir modul.

Anda dapat membaca buku-buku paket Kimia SMU yang ada di sekolah atau yang Anda miliki untuk membantu pemahaman Anda pada materi dalam modul ini. Usahakan Anda memperoleh 70% dari penguasaan materi yang seharusnya dipahami. Modul ini merupakan dasar untuk memudahkan Anda memahami bentuk molekul yang akan dipelajari pada modul berikutnya.

Selamat mempersiapkan diri menghadapi Tes Akhir Modul. Semoga Anda berhasil dan sampai jumpa pada modul berikutnya.



JAWABAN TUGAS

Kegiatan Belajar 1

- | | |
|------|-------|
| 1. D | 6. B |
| 2. E | 7. E |
| 3. A | 8. B |
| 4. C | 9. A |
| 5. B | 10. C |

Kegiatan Belajar 2

- | | |
|------|-------|
| 1. B | 6. E |
| 2. A | 7. B |
| 3. D | 8. B |
| 4. B | 9. D |
| 5. B | 10. C |

Kegiatan Belajar 3

- | | |
|------|-------|
| 1. A | 6. E |
| 2. B | 7. B |
| 3. D | 8. B |
| 4. C | 9. D |
| 5. E | 10. A |

Kegiatan Belajar 4

- | | |
|------|-------|
| 1. E | 6. E |
| 2. D | 7. A |
| 3. C | 8. E |
| 4. D | 9. C |
| 5. C | 10. A |

DAFTAR ISTILAH

Rotasi : Perputaran pada sumbu

Kuantum (Quantum) : Satuan energi diskrit yang dikaitkan dengan penyerapan atau pemancaran tak sinambung dari energi oleh sesuatu bentuk materi (diskrit = terbedakan, mempunyai batas jelas)

Konfigurasi elektron (electron configuration) : Daftar sub tingkatan energi yang terdapat dalam sebuah atom yang menunjukkan banyaknya elektron dalam sub tingkatan.

Efek Compton (compton effect) : Interaksi antara foton dan elektron dimana arah foton ini diubah dan energinya dikurangi, di dalam interaksi ini hanya sebagian energi foton ini diubah (berlawanan dengan interaksi foton elektrik dimana semua energi foton diubah).

Orbital : Daerah tiga dimensi dalam ruang disekitar atom yang mempunyai kebolehjadian besar ditempati elektron-elektron.

Azas Larangan Pauli (Pauli Exclusion Principle) : Suatu azas yang memaksakan keadaan, dua elektron di dalam suatu atom tidak dapat mempunyai harga yang sama dari ke empat bilangan kuantum yaitu n , l , m dan s .

Aturan Hund (Hund's rule) : Elektron-elektron masuk secara tunggal pada tiap orbital dari tingkat energi yang sama sebelum terjadi pasangan elektron (sebelum elektron kedua dapat masuk ke orbital tersebut)

Perioda (Period) : Baris mendatar dari unsur-unsur dalam daftar periodik.

Spin (Spin) : Beputar pada sumbunya.

Mekanika kuantum (Quantum mechanics) : Pengembangan mekanika fisika dari teori Planck terdahulu dan diterapkan pada sistem atom serta sifat-sifat fisika tertentu.

Bilangan Kuantum (Quantum number) :

1. Bilangan yang digunakan untuk menunjukkan sifat-sifat fisika suatu sistem yang dikuantumkan.
2. Seperangkat bilangan kuantum mekanik yang menentukan unit energi elektron yang terdapat dalam atom.

Fungsi gelombang : Suatu fungsi matematis yang menguraikan daerah (orbital) dalam sebuah atom atau molekul yang memungkinkan ditemukannya elektron.

Efek fotolistrik : Terpentalnya elektron dari dalam permukaan oleh energi radiasi.

Konfigurasi elektron (electron configuration) : Daftar sub tingkatan energi dalam sebuah atom yang menunjukkan banyaknya elektron dalam setiap subtingkatan.

DAFTAR PUSTAKA

- _____ (2004). **Kurikulum 2004**. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- _____ (2004). **Petunjuk Khusus Kurikulum 2004**. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Briggs, JGR. (1998). **A – Level Chemistry: 3rd Edition**. Singapore: Longman.
- Goenawan J. (1999). **Kimia 3A**. Jakarta: Garsindo.
- Keenan. Kleinfelter. et. al, a.b.A. Hadyana Pudjaatmaka Ph.D. (1989). **Kimia untuk Universitas, jilid 1, edisi ke enam**. Jakarta: Erlangga.
- Liliyasi. (1995). **Kimia 3**. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Michael Purba. (2001). **Kimia 2000 Jilid 3A**. Jakarta: Erlangga.
- Nana Stresna. (2001). **Penuntun Pelajaran Kimia Jilid 3**. Jakarta: Grafindo.
- Tatang Sutarsa. (1999). **Pendekatan Keterampilan Proses dan Pendalaman Konsep Kimia 3B**. Jakarta: Rakaditu.
- Ucu Cahyana, dkk. (2002). **Kimia 3A**. Jakarta: PT Piranti Darma Kalokatama.
- _____ (1985). **Kamus Istilah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**. Bandung: IKIP Bandung.
- Arthur Beiser, a.b. The Houw Liong. (1990). **Konsep Fisika Modern, edisi ke empat**. Jakarta: Erlangga.
- David W. Oxtoby, et.al, a.b. Suminar Setiati Achmadi. (2003). **Kimia Modern Jilid 2**. Jakarta: Erlangga.