

MODUL XI DAN XII
FISIKA MODERN
STRUKTUR ATOM SEDERHANA DAN KOMPLEKS
MENURUT FISIKA KLASIK DAN
MEKANIKA KUANTUM

Tujuan Instruksional Umum:

- Mahasiswa dapat menjelaskan tentang Atom sederhana dan kompleks

Tujuan Instruksional Khusus :

- Dapat menjelaskan tentang model-model atom.
- Dapat menjelaskan tentang distribusi atom pada kulit dan jenis ikatan-ikatan Atom.

Buku Rujukkan :

- | | |
|--------------------|---------------------------------|
| 1. Giancoli | Physics |
| 2. Kane & Sterheim | Physics 3 rd Edition |
| 3. Sears & Zemanky | University |

Pendahuluan

Ada beberapa model atom diantaranya :

- Model atom Dalton
- Model atom Lorentz
- Model atom Thomson

Model atom Dalton (1803)

Menyatakan bahwa atom adalah partikel yang terkecil hingga tidak dapat dibagi-bagi lagi. Atom dari zat unsur yang sama bersifat sama. Tetapi atom-atom dari zat yang berbeda zatnya berbeda pula sifatnya, dan atom ini dapat bergabung atau bersenyawa membentuk molekul. Kelemahan dari teori ini diantaranya tidak menyinggung tentang kelistrikan.

Model atom Lorentz

Menyatakan bahwa atom terdiri dari sebuah inti bermuatan positif, diluar ini terdapat electron-elektron bermuatan negatif. Masing-masing electron itu bergetar ditempatnya, hingga menyebabkan terjadinya gelombang electromagnet yang dapat nampak sebagai sinar cahaya.

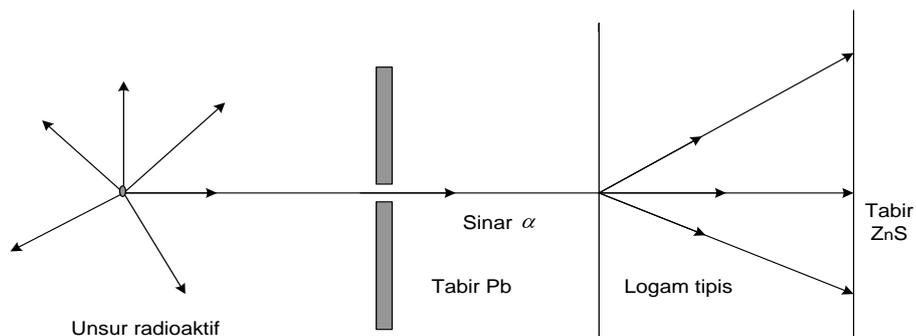
Ternyata model ini tidak dapat menerangkan spectrum gas H₂. Sebab atom H mempunyai sebuah electron demikian harusnya, hanya dapat menghasilkan gelombang electromagnet dengan satu frekuensi (warna tertentu) Pada hal gas H₂ dapat menghasilkan 20 frekuensi lebih.

Model Atom Thomson (1856-1940)

Thomson berpendapat bahwa atom berupa bola dari zat yang bermuatan positif . sedang electron-elektron melekat pada permukaan (seperti kismis pada roti).

Model atom ini tidak dikembangkan lebih lanjut karena menyimpang dari percobaan- percobaan yang dilakukan oleh para cendekiawan diantaranya ialah percobaan Geiger dan Masden .

Percobaan Geiger dan Masden (1911)



Gambar 11.1

Sinar α dari zat radioaktif melalui lubang kecil di dalam tabir timah hitam (Pb) kemudian menembus keping logam tipis dan akhirnya ditangkap tabir Zn S yang flouresen. Jadi pada tabir Zn S yang dikenai sinar α terjadi cahaya (berpendar). Jika bentuk atom seperti yang dikemukakan Thomson, haruslah keping logam tipis situ hanya memberi penyimpangan sedikit kepada sinar.

Tetapi percobaan menunjukkan sinar α dapat memperoleh penyimpangan besar bahkan dapat memperoleh penyimpangan besar bahkan dapat dipantulkan .sedangkan sebagian besar tidak menyimpang sama sekali.

Model atom Rutherford

Dengan adanya berbagai penelitian ternyata model-model atom Dalton, Lorentz dan Thomson tidak dapt bertahan lama. Hal ini mendorong Rutherford mengemukakan model atomnya.

Pada dasarnya Model atom Rutherford ialah Atom terdiri :

1. Inti (nuklir) bermuatan positif mengandung hampir seluruh massa atom.
2. Electron bermuatan negatif yang selalu mengelilingi inti
3. Jumlah muatan inti = jumlah muatan electron yang mengelilinginya = Ze Dimana hal ini Z = nomor atom dan e = muatan sebuah elektron.
4. Gaya sentripetal electron selama mengelilingi dibentuk oleh gaya tarik elektrostatic

Dari ketentuan no. 1 di atas disimpulkan bahwa hampir seluruh atom merupakan ruang hampa. Di dalam atom hidrogen (yaitu atom yang jari-jari lintasan electron = r, kecepatan = V, dan massanya = m) maka gaya sentripetal = F_s .

Yang dialami electron itu ;

$$F_s = \frac{m.V^2}{r}$$

Gaya ini ditimbulkan oleh gaya elektrostatic jadi :

$$F_s = \frac{q.q'}{(4.\pi.\epsilon_o)r^2} = \frac{e.e}{(4.\pi.\epsilon_o)r^2} = \frac{e^2}{(4.\pi.\epsilon_o)r^2}$$

sehingga
$$\frac{m.V^2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \cdot \frac{e^2}{r^2}$$

$$v = \frac{e}{\sqrt{4.\pi.\epsilon_o.m.r}}$$

Karena jarak electron terhadap inti menurut Rutherford selalu tetap = r , maka energi potensial electron ialah ;

$$E_p = \frac{q.q'}{(4.\pi.\epsilon_o.r)}$$

dalam hal ini q = muatan inti sebesar +e

$q' =$ muatan electron sebesar $-e$

karena E_p besaran scalar maka harga + atau $-$ kita masukan seperti biasa maka :

$$E_p = \frac{(+e)(-e)}{(4.\pi.\epsilon_0.r)} = \frac{-e^2}{(4.\pi.\epsilon_0)r}$$

Energi total electron = $E_k + E_p$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2}m.V^2 - \frac{e^2}{4.\pi.\epsilon_0.r} \\ &= \frac{1}{2}m\left(\frac{e}{\sqrt{4.\pi.\epsilon_0.m.r}}\right)^2 - \frac{1}{4.\pi.\epsilon_0.r} \cdot \frac{e^2}{r} \\ &= \frac{1}{4.\pi.\epsilon_0.r} \cdot \left(\frac{e^2}{2r} - \frac{e^2}{r}\right) = -\frac{1}{8.\pi.\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r} \end{aligned}$$

Ternyata energi electron negatif ini menunjukkan bahwa electron terikat pada inti . secara eksperimental ternyata untuk melepaskan electron dari intinya pada atom hydrogen dibutuhkan energi 13.6 e.V

Berarti harga pengikat electron itu =

$$13,6 \text{ e.V} = (13,6)(1,6 \times 10^{-19} \text{ C})(\text{IV}) = 2,2 \cdot 10^{-18} \text{ Joule}$$

dan lintasan jari-jarinya :

$$\begin{aligned} r &= -\frac{1}{8.\pi.\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{E} = \frac{-ke^2}{2.E} \\ &= \frac{-9.10^9.(-1,6.10^{-19})^2}{2(-2,2.10^{-18})} = 5,3.10^{-11} \text{ m} \end{aligned}$$

Keberadaan-keberadaan terhadap model atom Rutherford

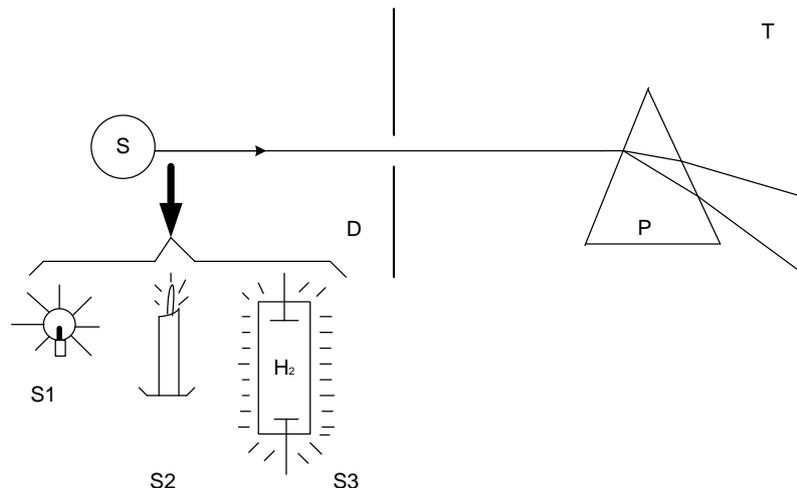
1. Electron yang berputar dapat dianggap sebagai getaran listrik jadi memancarkan gelombang electromagnet atau memancarkan energi. Akibatnya energinya

berkurang sehingga lintasan (orbit) nya makin mengecil. Mengapa akhirnya electron tidak menempel pada inti?.

2. Gaya yang menyebabkan letak atom yang satu terhadap yang lain dalam zat padat tidak berubah.
3. Model atom Rutherford ini tidak dapat menerangkan spectrum gas H_2 .

Deret Balmer

Dengan menyelidiki spectrum garis atau spectrum atom dapat diketahui beberapa hal yang dibutuhkan untuk menyempurnakan gambaran tentang bentuk dan susunan atom.



Gambar 11.2

Jika sumber cahaya S merupakan bola lampu pijar yang menyala S_1 ternyata pada tabir T terdapat spectrum kontinu.

Jika sumber cahaya S diganti lilin yang sedang menyala S_2 ternyata spektrumnya tidak kontinu lagi, melainkan garis-garis berwarna yang letaknya saling berjauhan. Spectrum ini disebut spectrum garis atau spectrum atom. karena cahaya dihasilkan dari atom-atom gas lilin yang berpijar.

Jika sumber cahaya S diganti dengan tabung gas H_2 yang bertekanan kecil dan berpijar karena adanya listrik, ternyata disini pula sepektrum garis. Tetapi jika tekanan H_2 itu sangat besar, terjadi pita-pita (gari-garis lebar) dan disebut spektrum molekul. Sebab dalam tekanan besar atom-atom H saling bersenyawa membentuk mekul-molekul gas **H_2 yang berpijar.**

Spectrum pita dan spectrum kontinu tidak memberi petunjuk tentang bentuk dan susunan atom. Karena pembentukannya atom satu mempengaruhi atom lain.

Pada tahun 1885 Balmer menyelidiki panjang gelombang garis-garis yang dihsilkan oleh spectrum Hidrogen yang terletak didaerah cahaya. Ternyata panjang gelombang-gelombang itu memenuhi rumus yang sederhana yang diperoleh secara empiris yang kebenarannya dapat dibuktikan nanti pada atom Bohr

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

dimana

λ = Panjang gelombang dalam meter

R = tetapan Rydberg = $1,097 \cdot 10^7 m^{-1}$

$n = 3, 4, 5, \dots$

Garis itu merupakan deret Balmer

Kemudian ditemukan deret Lyman di daerah ultraviolet yang panjang gelombang garis-garisnya memenuhi rumus:

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right) \rightarrow n = 2, 3, 4, 5, \dots$$

Didaerah inframerah didapatkan tiga deret yang lain yang memenuhi hubungan – hubungan yang mirip di atas yaitu :

Deret Paschen dengan rumus-rumus :

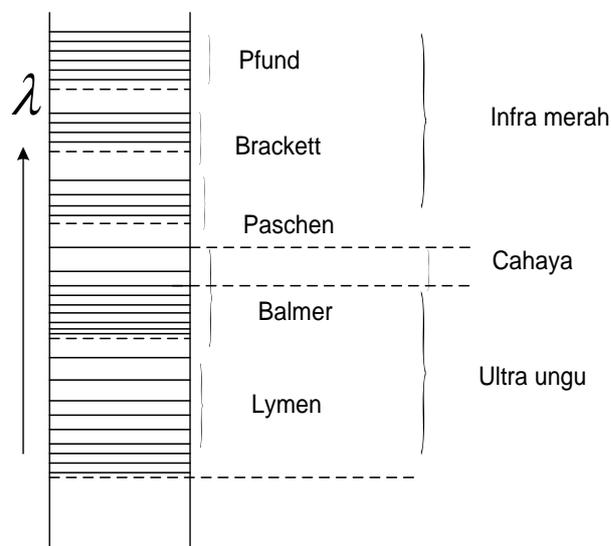
$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right) \rightarrow n = 4, 5, \dots$$

Deret Brackett dengan rumus ;

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right) \rightarrow n = 5, 6, 7, \dots$$

Deret Pfund dengan rumus :

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right) \rightarrow n = 6, 7, 8, \dots$$



Gambar 11.3

Model atom Bohr (1013)

Pada dasarnya model atom Bohr didasarkan atas model atom Rutherford dan teori kuantum. Keberatan-keberatan pada atom Rutherford dapat dihilangkan dengan penambahan apa yang disebut dua postulat Bohr dengan demikian model atomnya disebut Rutherford –Bohr.

Postulat-postulat itu ialah :

1. Tiap elektron mengenal suatu lintasan tertentu dimana tidak terjadi gelombang elektromagnet (atau electron tidak memancarkan atau menyerap energi) lintasan ini disebut lintasan di deret Stationer.
2. Karena tambahan energi suatu electron itu meloncat ke lintasan dengan jari-jari lebih besar. Yang disebut terbangkit Elektron dalam keadaan terbangkit itu selalu berhasrat kembali ke lintasan Stationernya.

Dalam loncatan kembalinya itu memancarkan energi dalam bentuk gelombang electromagnet.

Meloncatnya kembali electron itu dapat juga terjadi setindak demi setindak itu tiap kali menghasilkan gelombang electromagnet dengan frekuensi tertentu. Postulat pertama gunanya untuk menghilangkan keberatan bahwa electron-elektron itu akhirnya masuk kedalam inti dan keduanya untuk menerangkan spectrum gas H₂.

Postulat-postulat ini bertentangan dengan mekanika klasik tetapi sesuai dengan mekanika kuantum.

Menurut Rutherford kecepatan electron ialah :

$$V = \frac{e}{\sqrt{4\pi\epsilon_0 m r}}$$

Menurut teori kuantum :

Panjang gelombang de Broglie $\lambda = \frac{h}{m.v}$ jadi

$$\lambda = \frac{h}{m \frac{e}{\sqrt{4\pi\epsilon_0 m r}}} = \frac{h}{e} \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 r}{m}}$$

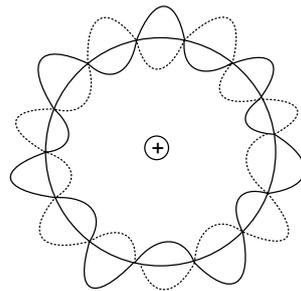
$$= \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \cdot \sqrt{\frac{5,3 \cdot 10^{-11}}{9 \cdot 10^9 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}} = 33 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

Keliling lintasan electron ialah :

$$2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot 3,14 \cdot 5,3 \cdot 10^{-11} = 33 \cdot 10^{-11}$$

Jadi dalam keadaan tidak terbangkit, panjang gelombang electron dalam atom Hidrogen, sama dengan keliling lintasan yang dilaluinya. Dalam keadaan terbangkit, keliling tersebut makin besar. Menurut de Broglie gerak electron dapat dianggap sebagai gerak penggelombangan. Maka keliling lintasan electron tersebut harus merupakan kelipatan panjang gelombangnya misalnya sama dengan $n \cdot \lambda$ (dimana $n = 1, 2, 3, 4, \dots$) jadi

$$2 \cdot \pi \cdot r = n \cdot \lambda$$



Gambar 11.4

Dalam hal ini n disebut bilangan kuantum lintasan itu. Sedang r_n = jari-jari lintasan electron yang kelilingnya = $n \cdot \lambda$ yang besarnya dapat dicari sebagai berikut ;

$$2 \cdot \pi \cdot r_n = n \cdot \lambda$$

$$2 \cdot \pi \cdot r_n = n \cdot \frac{h}{e} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot r}{m}}$$

$$4 \cdot \pi^2 \cdot r_n^2 = n^2 \cdot \frac{h^2}{e^2} \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot r}{m}$$

$$r_n = \frac{n^2 \cdot \epsilon_0 \cdot h^2}{\pi \cdot m \cdot e^2}$$

untuk $n = 1$ maka :

$$r_1 = \frac{(1)^2 \cdot (8,85 \times 10^{-12}) \cdot (6,6 \times 10^{-34})^2}{(3,14)(9,1 \cdot 10^{-31}) \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2}$$

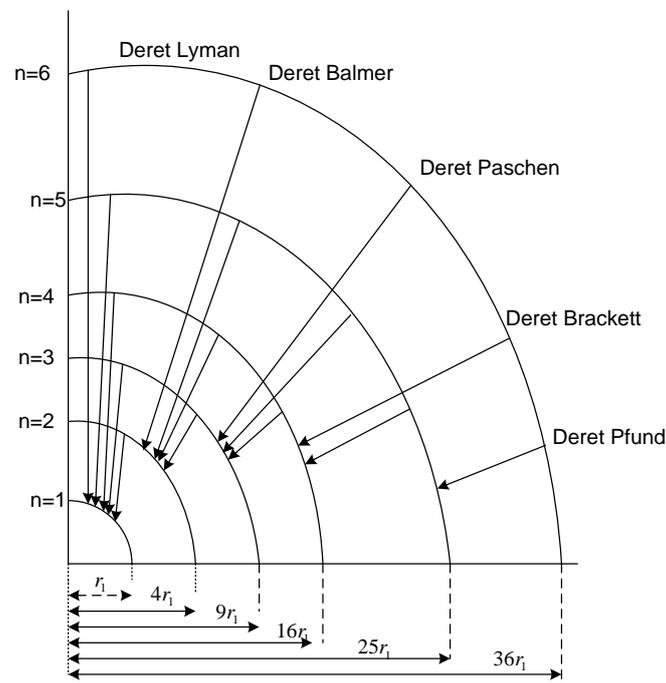
$$r_1 = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

Ternyata harganya sesuai dengan penjabaran Rutherford jadi $r_n = n^2 \cdot r_1$

Akibatnya $r_1 : r_2 : r_3 = (1)^2 \cdot r_1 : (2)^2 \cdot r_1 : (3)^2 \cdot r_1$

atau $r_1 : r_2 : r_3 = (1)^2 : (2)^2 : (3)^2$ maka didapat ketentuan sebagai berikut :

jari-jari lintasan electron berbanding sebagai kuadrat bilangan asli. Dari uraian di atas maka oleh Bohr deret-deret Lyman, Balmer, Paschen, Brackett dan Pfund dapat digambarkan sebagai berikut : (yang merupakan sifat khas dari spectrum gas Hidrogen)



Gambar 11.5

Energi electron di dalam tiap lintasan itu tidak sama, electron di dalam lintasan dengan jari-jari r_n mempunyai energi ;

$$E_n = -\frac{1}{8\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r_n} = -\frac{1}{8\pi\epsilon_0} e^2 \frac{\pi m e^2}{\epsilon_0 n^2 h^2}$$

$$E_n = -\frac{m e^4}{8\epsilon_0^2 n^2 h^2}$$

(E_n = disebut tingkat energi atom hydrogen)

Tingkat energi ini untuk $n \neq \infty$ selalu negatif, berarti bahwa energi electron tidak cukup besar, untuk melepaskan diri dari atom.

Untuk $n = \infty \rightarrow \therefore E_\infty = 0$

Berarti electron tidak terikat pada atom jika suatu elektron dari lintasan dengan bilangan kuantum n_B (tingkat energi = E_B) meloncat ke lintasan dengan bilangan kuantum n_A (tingkat energi E_A), maka dilepaskan foton dengan energi :

$$h \cdot f = E_B - E_A$$

Sedang $E_B = -\frac{m e^4}{8\epsilon_0^2 n_B^2 h^2}$ dan $E_A = -\frac{m e^4}{8\epsilon_0^2 n_A^2 h^2}$

Maka : $h \cdot f = \frac{m e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \left\{ -\frac{1}{n_B^2} - \left(\frac{-1}{n_A^2} \right) \right\}$

$$h \cdot f = \frac{m e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \left\{ \frac{1}{n_A^2} - \frac{1}{n_B^2} \right\}$$

$$f = \frac{m e^4}{8\epsilon_0^2 h^3} \left\{ \frac{1}{n_A^2} - \frac{1}{n_B^2} \right\}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{f}{C} = \frac{m e^4}{8\epsilon_0^2 C h^3} \left\{ \frac{1}{n_A^2} - \frac{1}{n_B^2} \right\}$$

$$\frac{m e^4}{8\epsilon_0^2 C h^3} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^4}{8 \cdot (8,85 \cdot 10^{-12})^2 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot (6,6 \cdot 10^{-34})^3}$$

$$= 1,097 \cdot 10^7 \cdot m^{-1}$$

konstante tersebut dinyatakan dengan huruf R (= tetapan Rydberg)

$$R = 1,1097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left\{ \frac{1}{n_A^2} - \frac{1}{n_B^2} \right\}$$

untuk $n_A=1$ diperoleh rumus untuk deret Lyman . untuk $n_A=2$ diperoleh rumus untuk deret Balmer dan seterusnya . rumus-rumus itu diperoleh secara empiris dan ternyata sama dengan rumus yang diperoleh berdasarkan teori ini menunjukkan kebenaran Bohr.

Eksitasi

Suatu atom dikatakan tereksitasi (terbangkit) jika satu atau beberapa electron mempunyai energi yang lebih besar dari tingkat energinya sendiri. Dalam keadaan tereksitasi ini atom mempunyai kemampuan untuk memancarkan energi. selama memancarkan energi electron itu kembali kelintasan semula.

Ada 2 cara untuk mengeksitasi atom ;

1. Atom itu bertumbukan dengan atom lain, sebagian energi kinetic atom itu berubah menjadi energi electron, sehingga tereksitasi. Kemudian dipancarkan lagi sebagai foton. Eksitasi semacam ini terjadi dalam pipa Geiszler. Di dalam pipa itu elektron-elektron dan ion-ion dipercepat sehingga pada saat terjadi tumbukan , timbbul energi eksitasi yang dipancarkan lagi sebagai cahaya.
2. Atom itu dijatuhi foton yang energinya cukup untuk memindahkan electron ke lintasan yang tingkat energinya lebih besar. Jika cahaya dengan spectrum kontinu melalui suatu gas, maka hanya warna-warna yang energinya fotonnya tepat cukup untuk memindahkan electron ke lintasan yang tingkat energinya lebih besar akan diserap gas itu.

Energi eksitasi itu segera dipancarkan lagi oleh gas itu, tetapi kesegala arah, sehingga di dalam spectrum disebut spectrum absorpsi garis-garis gelap atau garis-garis absorpsi pada spectrum matahari disebut garis-garis.

Pada Fluoresensi electron tereksitasi kembali ke kulit semula dengan beredar dulu pada beberapa kulit antara. Sedang jika antara saat mulai tereksitasi dan saat kembalinya ada jarak waktu yang agak lama, peristiwanya dinamakan Fosforesensi.

Atom Kompleks

- Distribusi electron-elektron

Pembahasan mengenai atom sederhana yaitu yang dimiliki atom H. untuk atom-atom unsur lain yang mempunyai electron lebih dari satu. Terdapat aturan tertentu. Electron-elektron itu bergerak mengilingi inti di bagi-bagi atas beberapa kulit. Kulit yang paling dekat dengan inti disebut kulit K, selanjutnya kulit L,M,N,O,P dan Q atau kulit 1,2,3,4,5,6 dan 7.umumnya sebesarnya $2n^2$ (ingat asas pauli pada kimia). Disini $n =$ nomer kulit. Masing-masing kulit masih terdiri sub kulit yang banyaknya mulai dari kulit K s/d N sesuai nomer kulitnya tetapi sampai sekarang baru kenal 4 kulit pada 0,3 sub kulit pada p dan 1 sub kulit pada Q.

No. Kulit	Kulit	Sub kulit
1	K	1 s
2	L	2 s dan 2 p
3	M	3 s, 3 p dan 3 d
4	N	4 s, 4 p, 4 d dan 4 f
5	O	5 s, 5 p, 5 d dan 5 f
6	P	6 s, 6 p, 6 d
7	Q	7s

Pada sub kulit :

s maksimum mengandung 2 elektron

p maksimum mengandung 6 elektron

d maksimum mengandung 10 elektron

f maksimum mengandung 14 elektron

huruf s, p, d, dan f di atas diambil dari spektroskopi

s = sharp

p = prisple

d = diffuse

f = fundamental

bilangan 1;2;3;4.....di depan huruf-huruf s, p, d dan f bukan menyatakan kelipatan dari huruf tersebut tetapi hanya menyatakan nomer kulit di mana sub kulit-sub kulit itu berada.

	K 1 s	L 2 s 2p	M 3 s 3 p 3 d	N 4 s
Besi Fe	2	2 6	2 6 6	2
Kolbalt ${}_{27}C_o$	2	2 6	2 6 7	2
Nikel ${}_{28}N_i$	2	2 6	2 6 8	2

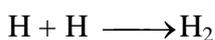
Iktan antara atom :

Ikatan ionik

Sebuah atom cenderung untuk memberikan atau menemukan satu atau beberapa electron terluarnya sehingga menjadi ion-ion, jenis atom-atom ini dimiliki pada atom-atom yang jumlah electron kulit terluar tidak penuh terkecuali bagi atom-atom yang kulit terluarnya sudah penuh. misalnya (H_e dan N_e). Jika dua atom yang satu bersifat memberi dangan lain menerima electron sehingga masing-masing menjadi ion terhubung adanya gaya elektrostatika, maka ikatan semacam ini disebut ikatan ionik.

Ikatan kovalen

Ikatan kovalen ini terjadi pada atom-atom yang tidak mudah melepaskan elektron-elektronnya terhadap yang lain mengadakan ikatan dengan pemakaian bersama sepasang atau beberapa elektron, misalnya pada molekul H_2 .



Ikatan logam

Pada atom-atom logam, elektron-elektron dari kulit terluarnya sangat sedikit.

Elektron-elektron kulit luar ini mudah sekali bergerak meninggalkan ion-ion logamnya. Sifat kelincihan gerak elektron-elektron kulit terluar ini menyebabkan tak mungkin mengadakan ikatan ion atau kovalen. Elektron-elektron yang mudah bergerak ini menyebabkan elektron-elektron yang luar (valensi) masuk ke dalam lintasan luar atom lainnya. Demikian sebaliknya sehingga seakan-akan lintasan elektron terluar itu milik bersama seluruh kulit-kulit luar atom-atom logam. Contohnya ikatan atom logam Na kita tahu atom Na mempunyai 11 elektron atom-atom ini membentuk kisi-kisi elektron-elektron valensi yang dapat bergerak bebas inilah bergerak diantara kisi-kisi. Gejala ini menyebabkan logam merupakan konduktor arus listrik maupun kalor yang sangat baik.

Ikatan Van Der Waals

Ikatan ini disebabkan karena adanya tarik menarik antara atom-atom maupun molekul-molekul yang besarnya tidak seberapa jika dibandingkan dengan ikatan ion, ikatan kovalen maupun ikatan logam.

Makin besar atom-atom maupun molekul-molekul serta makin dekat jarak antaranya, makin besar gaya Vander Waalsnya. Jadi gaya tersebut dapat diidentikkan dengan gaya atraksi Newton pada mekanika klasik.

