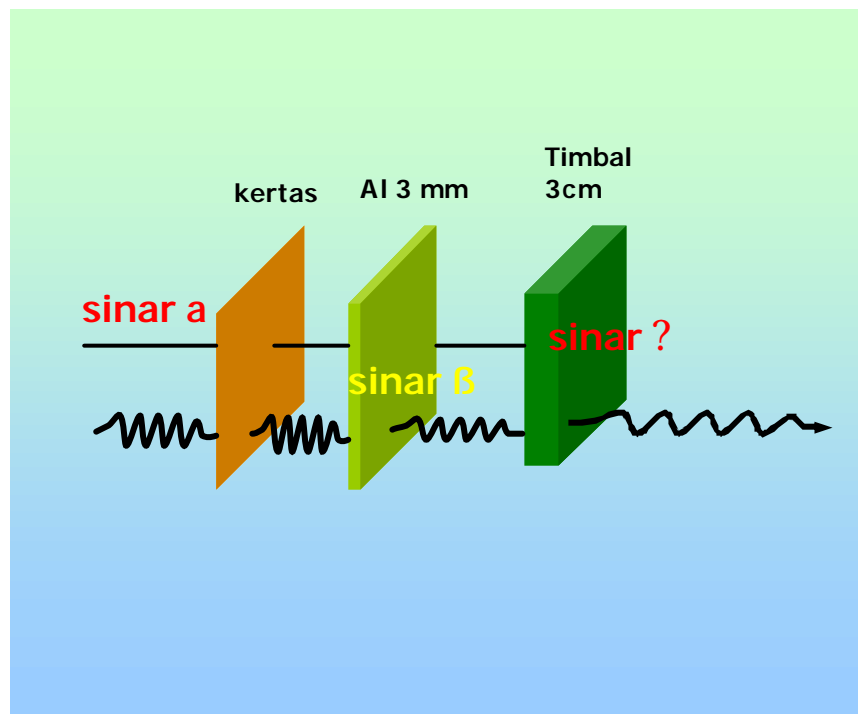


Radioaktif dan Sinar Katoda



BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

2004

Kode FIS.27

Penyusun
Drs. Munasir, MS.

Editor:
Dr. Budi Jatmiko, M.Pd.
Drs. Supardiono, M.Si.

**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
2004**

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan hidayah-Nya, kami dapat menyusun bahan ajar modul manual untuk SMK Bidang Adaptif, yakni mata-pelajaran Fisika, Kimia dan Matematika. Modul yang disusun ini menggunakan pendekatan pembelajaran berdasarkan kompetensi, sebagai konsekuensi logis dari Kurikulum SMK Edisi 2004 yang menggunakan pendekatan kompetensi (*CBT: Competency Based Training*).

Sumber dan bahan ajar pokok Kurikulum SMK Edisi 2004 adalah modul, baik modul manual maupun interaktif dengan mengacu pada Standar Kompetensi Nasional (SKN) atau standarisasi pada dunia kerja dan industri. Dengan modul ini, diharapkan digunakan sebagai sumber belajar pokok oleh peserta diklat untuk mencapai kompetensi kerja standar yang diharapkan dunia kerja dan industri.

Modul ini disusun melalui beberapa tahapan proses, yakni mulai dari penyiapan materi modul, penyusunan naskah secara tertulis, kemudian disetting dengan bantuan alat-alat komputer, serta divalidasi dan diujicobakan empirik secara terbatas. Validasi dilakukan dengan teknik telaah ahli (*expert-judgment*), sementara ujicoba empirik dilakukan pada beberapa peserta diklat SMK. Harapannya, modul yang telah disusun ini merupakan bahan dan sumber belajar yang berbobot untuk membekali peserta diklat kompetensi kerja yang diharapkan. Namun demikian, karena dinamika perubahan sains dan teknologi di industri begitu cepat terjadi, maka modul ini masih akan selalu dimintakan masukan untuk bahan perbaikan atau direvisi agar supaya selalu relevan dengan kondisi lapangan.

Pekerjaan berat ini dapat terselesaikan, tentu dengan banyaknya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang perlu diberikan penghargaan dan ucapan terima kasih. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini tidak

berlebihan bilamana disampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak, terutama tim penyusun modul (penulis, editor, tenaga komputerisasi modul, tenaga ahli desain grafis) atas dedikasi, pengorbanan waktu, tenaga, dan pikiran untuk menyelesaikan penyusunan modul ini.

Kami mengharapkan saran dan kritik dari para pakar di bidang psikologi, praktisi dunia usaha dan industri, dan pakar akademik sebagai bahan untuk melakukan peningkatan kualitas modul. Diharapkan para pemakai berpegang pada azas keterlaksanaan, kesesuaian dan fleksibilitas, dengan mengacu pada perkembangan IPTEK pada dunia usaha dan industri dan potensi SMK dan dukungan dunia usaha industri dalam rangka membekali kompetensi yang terstandar pada peserta diklat.

Demikian, semoga modul ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya peserta diklat SMK Bidang Adaptif untuk mata-pelajaran Matematika, Fisika, Kimia, atau praktisi yang sedang mengembangkan modul pembelajaran untuk SMK.

Jakarta, Desember 2004

a.n. Direktur Jenderal Pendidikan

Dasar dan Menengah

Direktur Pendidikan Menengah Kejuruan,



Dr. Ir. Gatot Hari Priowirjanto, M.Sc.

NIP 130 675 814

Daftar Isi

✍	Halaman Sampul	i
✍	Halaman Francis	ii
✍	Kata Pengantar	iii
✍	Daftar Isi	v
✍	Peta Kedudukan Modul	vi
✍	Daftar Judul Modul	vii
✍	Glosary	viii

I. PENDAHULUAN

a.	Deskripsi	1
b.	Prasarat	1
c.	Petunjuk Penggunaan Modul	2
d.	Tujuan Akhir	3
e.	Kompetensi	4
f.	Cek Kemampuan	5

II. PEMELAJARAN

A.	Rencana Belajar Peserta Diklat	7
-----------	---	----------

B. Kegiatan Belajar

1.	<i>Kegiatan Belajar</i>	8
a.	Tujuan Kegiatan Pemelajaran	8
b.	Uraian Materi	8
c.	Rangkuman	20
d.	Tugas	21
e.	Tes Formatif	22
f.	Kunci Jawaban	23
2	<i>Kegiatan Belajar</i>	24
a.	Tujuan Kegiatan Pemelajaran	24
b.	Uraian Materi	24
c.	Rangkuman	37
d.	Tugas	39
e.	Tes Formatif	39
f.	Kunci Jawaban	41
g.	Lembar Kerja	41

III. EVALUASI

A. Tes Tertulis	42
B. Tes Praktik.....	43

KUNCI JAWABAN

A. Tes Tertulis	44
B. Lembar Penilaian Tes Praktik.....	45

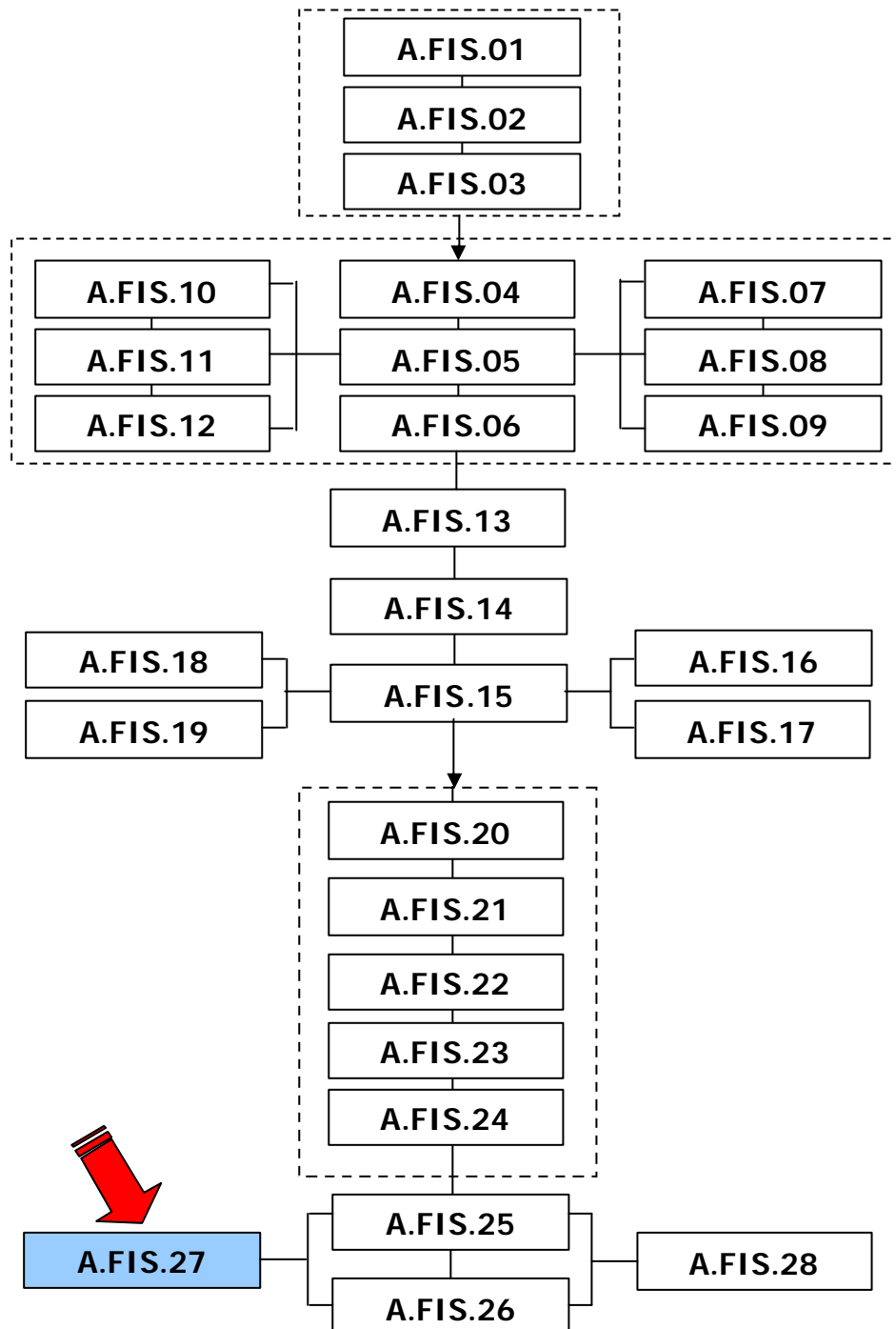
IV. PENUTUP.....

48

DAFTAR PUSTAKA.....

49

Peta Kedudukan Modul



DAFTAR JUDUL MODUL

No.	Kode Modul	Judul Modul
1	A.FIS.01	Sistem Satuan dan Pengukuran
2	A.FIS.02	Pembacaan Masalah Mekanik
3	A.FIS.03	Pembacaan Besaran Listrik
4	A.FIS.04	Pengukuran Gaya dan Tekanan
5	A.FIS.05	Gerak Lurus
6	A.FIS.06	Gerak Melingkar
7	A.FIS.07	Hukum Newton
8	A.FIS.08	Momentum dan Tumbukan
9	A.FIS.09	Usaha, Energi, dan Daya
10	A.FIS.10	Energi Kinetik dan Energi Potensial
11	A.FIS.11	Sifat Mekanik Zat
12	A.FIS.12	Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar
13	A.FIS.13	Fluida Statis
14	A.FIS.14	Fluida Dinamis
15	A.FIS.15	Getaran dan Gelombang
16	A.FIS.16	Suhu dan Kalor
17	A.FIS.17	Termodinamika
18	A.FIS.18	Lensa dan Cermin
19	A.FIS.19	Optik dan Aplikasinya
20	A.FIS.20	Listrik Statis
21	A.FIS.21	Listrik Dinamis
22	A.FIS.22	Arus Bolak-Balik
23	A.FIS.23	Transformator
24	A.FIS.24	Kemagnetan dan Induksi Elektromagnetik
25	A.FIS.25	Semikonduktor
26	A.FIS.26	Piranti semikonduktor (Dioda dan Transistor)
27	A.FIS.27	Radioaktif dan Sinar Katoda
28	A.FIS.28	Pengertian dan Cara Kerja Bahan

Glossary

ISTILAH	KETERANGAN
Sinar katoda	Aliran elektron-elektron yang keluar dari katoda menuju anoda dalam tabung lucutan gas (tegangan 30.000 Volt dan tekanan 0,01 mmHg), menghasilkan perpendaran hijau pada kaca.
Emisi termionik	Berkas elektron yang dipancarkan oleh katode yang dipanaskan oleh filamen. Proses pelepasan elektron dengan cara pemansan.
Sinar-x	Berkas elektron yang dipancarkan oleh katode yang dipanaskan berdasarkan emisi termionik, elektron berenergi tinggi ini menumbuk target logam, sehingga sinar x dipancarkan oleh target. Sinar-x tidak mengandung partikel bermuatan, sehingga termasuk gelombang em dengan panjang gelombang pendek dan frekwensi tinggi.
Muatan elementer	Muatan listrik terkecil, muatan sebuah elektron.
Nukleon	Sebutan untuk inti atom, atau biasanya disebut juga dengan nuklida.
Nomor atom	Bilangan yang menyatakan jumlah proton yang dimiliki oleh sebuah atom.
Nomor massa	Bilangan yang menyatakan jumlah proton dan neutron yang dimiliki oleh sebuah atom.
Isotop	adalah atom (nuklida) yang jumlah proton (Z) sama, tetapi jumlah neutronnya (A-Z) berbeda. Contoh: isotop karbon (${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{13}_6\text{C}$, ${}^{14}_6\text{C}$).
Isobar	adalah atom (nuklida) yang jumlah proton (Z) tidak sama, tetapi jumlah nukleonnya (A) sama. Contoh: isobar karbon (${}^{13}_6\text{C}$ dan ${}^{13}_7\text{C}$).
Isoton	adalah atom (nuklida) yang memiliki jumlah neutron (N) sama, tetapi nomor atom berbeda atau jumlah proton atau jumlah elektron (Z) tidak sama. Contoh: (${}^{13}_6\text{C}$ dan ${}^{14}_7\text{N}$).

Radioaktivitas	Inti-inti yang tidak terletak pada garis kestabilan akan secara spontan meluruh memancarkan sinar radioaktif untuk menjadi inti stabil.
Sinar radioaktif	Sinar yang dipancarkan oleh zat radioaktif (partikel α , β , dan γ).
Half Value Layer	Adalah lapisan atau tebal bahan yang menyebabkan intensitas menjadi separo dari intensitas mula-mula.
Peluruhan	Peristiwa pemancaran sinar radioaktif oleh zat radioaktif
Waktu Paro	Adalah lama waktu yang diperlukan bahan radioaktif untuk meluruh sampai tinggal setengah semula.
Aktivitas radiasi	Banyaknya partikel yang dipancarkan oleh bahan radioaktif tiap detik, atau peluruhan bahan radioaktif tiap detik. $A = \lambda N$.
Tetapan peluruhan	Adalah tetapan yang dimiliki oleh bahan radioaktif, satuannya sepersekon, dan berhubungan dengan waktu paro, $\lambda = 0,693/T_{1/2}$.
Dosis serap	Adalah banyaknya energi radiasi pengion yang diserap oleh materi per satuan massa.
Gray	Adalah satuan untuk besaran <i>dosis serap</i> materi terhadap sinar radioaktif. 1 gray (disingkat Gy) = 1 Joule/kg = 100 rad.
Laser	adalah penguatan cahaya dengan radiasi karena rangsangan. Laser menghasilkan cahaya tampak yang bersifat: koheren, monokromatik, intensitas sangat tinggi, satu arah, dan lintasanya berupa garis lurus.

BAB I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Dalam modul ini pembelajaran diawali dengan bahasan mengenai mendefinisikan pengertian inti atom, menjelaskan karakteristik partikel penyusun inti atom, menghitung besar defek massa, energi ikat inti dan HVL sinar radioaktif, menjelaskan dan menghitung peluruhan dan aktivitas inti radioaktif, menjelaskan dosis massa dan jenis serta cara kerja alat detektor radioaktif, kesemuanya ini dibahas pada materi pembelajaran 1. Sedangkan pada pembelajaran 2 akan dibahas mengenai pengertian lucutan listrik dalam gas dan tabung sinar katoda dan sinar-x, prinsip dan karakteristik sinar-x, percobaan Thomson dan percobaan Milikan, konsep spektrum atom hidrogen dan model atom Niels Bohr, konsep terjadinya sinar laser, dan perhitungan yang berkaitan dengan semua konsep materi di atas (*spektrum atom hidrogen, model atom Niels Bohr, sinar-x, dan sinar laser*).

Agar tidak mengalami kesulitan dalam perhitungan serta pemecahan masalah dalam penerapannya, perlu diawali dengan mengingat kembali beberapa modul lain yang berkaitan.

B. Prasyarat

Agar dapat mempelajari modul ini dengan lancar anda harus dapat mengoperasikan persamaan matematis terutama tentang aljabar, eksponensial dan logaritma serta hubungannya dengan konsep-konsep mekanika seperti gerak, kecepatan dan gaya serta energi. Anda harus dapat mengoperasikan aljabar, eksponensial dan logaritma tersebut dalam penyelesaian persoalan fisis.

Anda juga harus melakukan percobaan-percobaan dengan teliti untuk menemukan konsep yang benar.

C. Petunjuk Penggunaan Modul

- a Pelajari daftar isi serta kedudukan modul dengan cermat dan teliti, karena dalam skema modul akan nampak kedudukan modul yang sedang anda pelajari ini di antara modul-modul yang lain.
- b Perhatikan langkah-langkah dalam melakukan pemahaman konsep dengan benar serta proses penemuan hubungan antar konsep yang dapat menambah wawasan sehingga mendapatkan hasil yang optimal.
- c Pahami setiap konsep dasar pendukung modul ini misalnya, matematika dan mekanika
- d Jawablah tes formatif dengan jawaban yang singkat jelas dan tepat dan kerjakan sesuai dengan kemampuan anda setelah mempelajari modul ini.
- e Bila dalam mengerjakan tugas/soal anda menemukan kesulitan, konsultasikan dengan guru/instruktur yang ditunjuk
- f Setiap kesulitan catatlah untuk dibahas dalam saat kegiatan tatap muka. Untuk lebih menambah wawasan diharapkan membaca referensi lain yang berhubungan dengan materi dalam modul ini.

D. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari modul ini diharapkan anda dapat:

- ? Mendefinisikan pengertian inti atom.
- ? Menjelaskan karakteristik partikel penyusun inti atom.
- ? Menghitung besar defek massa, energi ikat inti dan HVL sinar radioaktif.
- ? Menjelaskan dan menghitung peluruhan dan aktivitas inti radioaktif.
- ? Menjelaskan dosis massa dan jenis serta cara kerja alat detektor radioaktif.
- ? Mengerti dan mampu menghitung energi reaksi inti.
- ? Mendefinisikan pengertian lucutan listrik dalam gas dan tabung sinar katoda dan sinar-x.
- ? Menjelaskan prinsip dan karakteristik sinar-x, percobaan Thomson dan percobaan Milikan.
- ? Mengerti konsep spektrum atom hidrogen dan model atom Niels Bohr.
- ? Menjelaskan konsep terjadinya sinar laser.
- ? Mampu melakukan perhitungan yang berkaitan dengan semua konsep materi diatas (*spektrum atom hidrogen, model atom Niels Bohr, sinar-x, dan sinar laser*).

E. Kompetensi

Kompetensi : RADIO AKTIF DAN SINAR KATODE
 Program Keahlian : Program Adaptif
 Mata Diklat/Kode : FISIKA/FIS.27
 Durasi Pembelajaran : 18 jam @ 45 menit

SUB KOMPETENSI	KRITERIA UNJUK KINERJA	LINGKUP BELAJAR	MATERI POKOK PEMBELAJARAN		
			SIKAP	PENGETAHUAN	KETERAMPILAN
1. Radioaktif	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Memahami Radioaktivitas ✍ Peluruhan inti radioaktivitas ✍ Deteksi radioaktivitas 	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Partikel penyusun inti ✍ Radioaktivitas ✍ Peluruhan ✍ Alat deteksi radioaktivitas 	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Cermat dan teliti dalam memahami konsep Radioaktivitas 	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Macam dan sifat sinar radioaktif ✍ Macam partikel radioaktif ✍ Reaksi inti dan peluruhan inti radioaktif ✍ Perhitungan radioaktivitas 	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Dapat menentukan, melakukan identifikasi radioaktivitas ✍ Memanfaatkan radioaktivitas dalam kegiatan teknik.
2. Sinar Katoda	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Memahami konsep sinar katoda. ✍ Memahami konsep sinar-x. ✍ Memahami konsep sinar lasser. 	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Sinar Katoda ✍ Sinar x ✍ Muatan listrik bersifat diskrit ✍ Model atom Bohr ✍ Konsep tingkat energi ✍ Sinar Lasser 	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Cermat dan teliti dalam memahami konsep sinar katoda 	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Sinar katoda ✍ Sinar-x ✍ Sinar lasser ✍ Perhitungan Sinar katoda, Sinar-x, dan Sinar-x 	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Dapat menentukan, melakukan identifikasi sinar katoda ✍ Memanfaatkan sinar-x dan sinar lasser dalam kegiatan teknik

F. Cek Kemampuan

Kerjakanlah soal-soal berikut ini, jika anda dapat mengerjakan sebagian atau semua soal berikut ini, maka anda dapat meminta langsung kepada instruktur atau guru untuk mengerjakan soal-soal evaluasi untuk materi yang telah anda kuasai pada BAB III.

1. Sebuah partikel mengandung muatan listrik $2,60 \times 10^{-18}$ C. Tentukan banyak elektron yang terkandung dalam partikel tersebut.
2. Elektron dengan energi 25,2 eV ditembakkan pada atom hidrogen. Berapa panjang gelombang radiasi yang dipancarkan gas.
3. Sebuah laser laboratorium memiliki daya 0,6 mW. Mengapa laser ini tampak lebih terang dari cahaya sebuah lampu pijar 80 W.
4. Suatu bahan memiliki HVL 3,0 mm untuk radiasi sinar beta. Jika intensitas radiasi ingin dikurangi 90% dari intensitasnya semula tentukan ketebalan bahan yang diperlukan.
5. Suatu bahan yang tebalnya 5 cm memiliki HVL 4,5 cm. Tentukan persentase intensitas sinar radioaktif yang akan diserap jika melalui bahan tersebut.
6. Perkirakan seberapa tebal timbal yang dibutuhkan untuk menyerap 97% dari sinar gamma berenergi 1 MeV yang mengenai bahan tersebut. HVL = 0,89 cm.
7. Seberkas sinar alfa menembus aluminium setebal 10 cm. Jika koefisien pelemahan aluminium $0,094 \text{ cm}^{-1}$, berapa persen intensitas sinar alfa setelah keluar bahan ini.
8. Tentukan panjang gelombang foton yang ditembakkan pada atom H dalam keadaan dasar, sehingga elektron terieksitasi dan terlepas dari ikatannya.
9. Beda antara dua tingkat energi dalam suatu atom Hidrogen adalah 3,4 eV. Tentukan; (a) frekwensi, dan (b) panjang gelombang yang dipancarkan oleh atom ini.

10. Sebuah tabung sinar katode, elektron keluar dari katode menuju anode dengan kelajuan 8×10^7 m/s. Berapakah beda potensial antara katode dan anode.
11. Sebuah proton (partikel bermuatan positif) melewati daerah medan magnet 0,6 T tanpa mengalami pembelokan karena keseimbangan oleh medan listrik $4,2 \times 10^3$ N/C. Tentukan kelajuan proton tersebut.

B. Kegiatan Pembelajaran

1. Kegiatan Pembelajaran 1

a. Tujuan Kegiatan pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan I, diharapkan anda dapat:

- ✍ Mendefinisikan pengertian inti atom.
- ✍ Menjelaskan karakteristik partikel penyusun inti atom.
- ✍ Menghitung besar defek massa, energi ikat inti dan HVL sinar radioaktif.
- ✍ Menjelaskan dan menghitung peluruhan dan aktivitas inti radioaktif.
- ✍ Menjelaskan dosis massa dan jenis serta cara kerja alat detektor radioaktif.
- ✍ Mengerti dan mampu menghitung energi reaksi inti.

b. Uraian materi

a) Struktur Inti Atom

1) *Partikel penyusun inti*

Atom secara sederhana dibangun oleh inti atom dan kulit atom, inti atom (*nukleon*) disusun oleh proton (${}^1_1\text{p}$) yang bermuatan positif dan neutron (${}^1_0\text{n}$), sedangkan kulit atom dibangun oleh elektro-elektron (${}^0_{-1}\text{e}$) yang tersebar pada lapisan-lapisan kulit atom.

Jika X menyatakan lambang suatu atom, maka penulisan lambang unsur atom secara lengkap dengan nomor atom dan nomor massanya dinyatakan pada gambar berikut:



Gambar 1.1 Lambang unsur atom

Keterangan:

X = Lambang unsur atom

Z = Nomor atom = jumlah proton dalam inti atom
= jumlah elektron yang mengelilingi inti atom

A = Nomor massa atom = jumlah proton + jumlah neutron dalam inti atom

Sehingga jumlah neutron (N) dalam inti atom = A - Z.

Tabel 1.1 Partikel penyusun Inti

Partikel	Simbol	Muatan	Massa	
Elektron	${}^0_{-1}e$	$-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$	$9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$	$0,511 \text{ MeV}/c^2$
Proton	1_1p	$+1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$	$1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$938,28 \text{ MeV}/c^2$
Neutron	1_0n	0	$1,675 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$939,57 \text{ MeV}/c^2$

2) **Isotop, Isobar dan isoton**

Isotop adalah atom (nuklida) yang jumlah proton (Z) sama, tetapi jumlah neutrontya (A-Z) berbeda.

Contoh: isotop karbon (${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{13}_6\text{C}$, ${}^{14}_6\text{C}$)

Isobar adalah atom (nuklida) yang jumlah proton (Z) tidak sama, tetapi jumlah nukleonnya (A) sama.

Contoh: isobar karbon (${}^{13}_6\text{C}$ dan ${}^{13}_7\text{C}$)

Isoton adalah atom (nuklida) yang memiliki jumlah neutron (N) sama, tetapi nomor atom berbeda atau jumlah proton atau jumlah elektron (Z) tidak sama.

Contoh: (${}^{13}_6\text{C}$ dan ${}^{14}_7\text{N}$)

3) **Defek massa**

Selisih massa partikel penyusun inti dengan massa inti total adalah merupakan energi nukleon yang dipakai untuk mengikat inti, dikenal penyusutan massa, yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_i \quad (1.1)$$

Catatan: $1 \text{ sma} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}$

4) **Energi Ikat Inti**

Energi ikat inti, dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$E = \Delta m \cdot c^2 = \Delta m \cdot (931,5 \text{ MeV}) \quad (1.2)$$

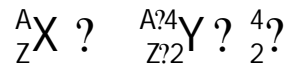
dengan Δm dalam sma.

b) **Radioaktivitas**

1). **Sinar radioaktif**

Radioaktivitas atau peluruhan radioaktif adalah peristiwa pemancaran energi dalam bentuk sinar radioaktif dari inti tidak stabil untuk membentuk inti stabil. Peristiwa ini berlangsung secara spontan dan biasanya disertai dengan pemancaran partikel α , β , dan γ . Unsur-unsur yang menimbulkan radioaktivitas disebut unsur radioaktif. Sinar α , β , dan γ disebut sebagai sinar radioaktif.

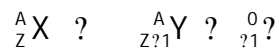
Sinar α : adalah inti Helium (${}^4_2\text{He} = {}^4_2\alpha$), dibelokkan oleh medan magnetik, memiliki massa dan daya ionisasi terbesar, daya tembus dan kelajuannya terkecil dan mempunyai jejak yang lurus didalam kamar kabut. Pada peristiwa pemancaran partikel α inti induk X berubah menjadi inti baru Y, ditunjukkan skema reaksi sebagai berikut:



Dengan energi reaksi Q , akibat perbedaan massa sebesar:

$$Q = m_X - m_Y - m_{\alpha} \approx 931,5 \frac{\text{MeV}}{\text{sma}}$$

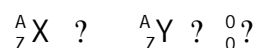
Sinar β : adalah partikel elektron (${}^0_{-1}e = {}^0_{-1}\beta$), dibelokkan dengan kuat oleh medan magnetik, jejak dalam kamar kabut berbelok-belok. Pada peristiwa pemancaran partikel β inti induk X berubah menjadi inti baru Y , ditunjukkan skema reaksi sebagai berikut:

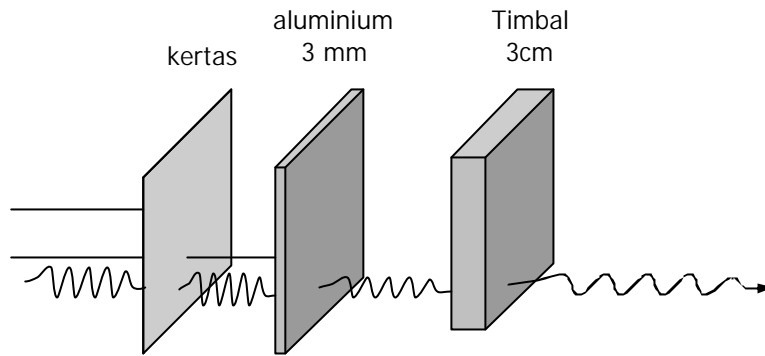


Dengan energi reaksi Q , akibat perbedaan massa sebesar:

$$Q = m_X - m_Y - m_{\beta} \approx 931,5 \frac{\text{MeV}}{\text{sma}}$$

Sinar γ : adalah gelombang elektromagnetik dengan frekwensi paling tinggi, massa hampir nol, daya ionisasi paling kecil, daya tembus dan kelajuannya terbesar, tidak dibelokkan oleh medan magnetik. Dan disimbulkan dengan ${}^0_0\gamma$. Pemancaran sinar γ biasanya terjadi bersama-sama dengan pemancaran partikel α dan partikel β . Inti induk X yang meluruh menjadi inti baru Y tanpa mengalami perubahan nomor atom (Z) maupun nomor massa (A), berikut skema reaksi pemancaran sinar γ ,





Gambar 1.2 Daya serap radiasi sinar α , β dan γ

Tabel 1.2 Sifat-sifat sinar radioaktif

Jenis	Identik dengan	Massa (sma)	Muatan	Kelajuan	Daya tembus	Dlm medan listrik & magnet
Sinar α	Inti helium	4	+2e	$\frac{1}{10}c$	Selembat kertas	Dibelokan
Sinar β	Elektron berkecepatan tinggi	$\frac{1}{1084}$	-1e	$\frac{9}{10}c$	Aluminium tebal 3 mm	Dibelokan
Sinar γ	Radiasi elektromagnetik frekwensi tinggi	0	0	c	Timbal tebal 3 cm	Tidak dibelokan

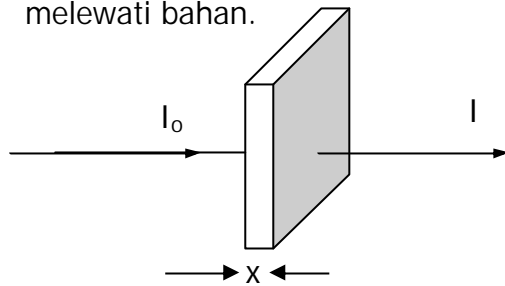
2). **Stabilitas inti**

Pada umumnya inti atom (nuklida) stabil terletak pada daerah dimana jumlah neutron (N) = jumlah proton (Z), dan untuk $Z < 20$, isotop bersifat stabil jika $N/Z = 1$, atau jumlah neutron = jumlah proton. Sedang untuk nuklida dengan $Z > 20$, bersifat stabil jika $N/Z > 1$.

3). **Pelemahan intensitas radioaktif dan HVL**

Pengukuran transmisi sinar radioaktif melalui bahan dengan ketebalan tertentu memperlihatkan bahwa intensitas sinar

radioaktif sebelum melewati bahan lebih besar dari pada setelah melewati bahan.



Gambar 1.3. Pelemahan intensitas radiasi

Pelemahan intensitas sinar radioaktif dinyatakan dengan rumus:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1.3)$$

Apabila intensitas sinar radioaktif setelah melewati bahan dengan ketebalan x tinggal separo dari intensitas mula-mula ($I = I_0/2$), maka tebal lapisan bahan disebut *lapisan harga paro* (*Half Value layer = HVL*) atau $x = HVL$, sehingga:

$$I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{HVL}} \quad (1.4)$$

dengan:

I = intensitas radioaktif setelah melewati bahan ($J/s.m^2$)

I_0 = intensitas radioaktif sebelum melewati bahan ($J/s.m^2$)

x = tebal bahan (m)

μ = koefisien pelemahan bahan (m^{-1})

$$HVL = \frac{0,693}{\mu}$$

c) Peluruhan

1). *Pengertian waktu paruh*

Peluruhan adalah peristiwa pemancaran sinar radioaktif oleh zat radioaktif. Inti yang mengalami peluruhan akan disertai pelepasan partikel/ sinar radioaktif sehingga akan terbentuk unsur baru yang stabil. *Waktu paruh* ($T_{1/2}$) adalah waktu yang dibutuhkan inti

radioaktif untuk meluruh sehingga massanya menjadi separuh dari massa mula-mula. Sehingga berlaku:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \text{ atau } N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{1/2}}} \quad (1.5)$$

dengan:

N = jumlah inti sisa (setelah meluruh selama t)

N_0 = jumlah inti mula-mula

λ = konstanta peluruhan

t = lama peluruhan

$$T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda} = \text{waktu paroh.}$$

2). **Aktivitas inti radioaktif**

Berkurangnya massa unsur radioaktif selama proses peluruhan sebanding dengan turunnya aktivitas dan jumlah atom unsur tersebut. Penurunan aktivitas unsur tersebut dapat dinyatakan dengan rumus:

$$A = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{1/2}}} \quad (1.6)$$

Catatan: satuan aktiviatas = Curie (Ci)

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ pancaran partikel /detik}$$

$$1 \text{ Becquerel (Bq)} = 1 \text{ pancaran partikel/detik}$$

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

3). **Dosis serap**

Sinar radioaktif α , β , dan γ merupakan partikel yang bergerak sehingga memiliki energi dan juga intensitas. Bila sinar radioaktif mengenai suatu bahan, energinya akan diserap sebagian atau seluruhnya. Jika seluruh energi diserap bahan, sinar radioaktif

tidak tembus bahan, tapi jika sebagian energi diserap bahan, sinar tembus bahan. Banyaknya energi radiasi pengion yang diserap oleh materi (bahan) persatuan massa atau perkilogram disebut *dosis serap*.

$$D = \frac{E}{m} \quad (1.7)$$

dimana:

E = energi yang diserap (J)

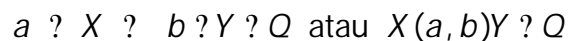
m = massa yang menyerap (kg)

D = dosis serap (J/kg = gray)

Catatan: $1 \text{ gray} = 1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} = 100 \text{ Rd}$ (Rd = rutherford)

4). **Reaksi Inti**

Dalam peluruhan inti terjadi perubahan inti menjadi inti lain yang lebih stabil (*secara alamiah*). Perubahan inti menjadi inti lain juga dapat terjadi dengan cara menembak inti dengan partikel dengan kecepatan tinggi, peristiwa ini disebut reaksi inti. Penulisan persamaan reaksi dapat diformulasikan sebagai berikut:



Formulasi diatas dibaca: *inti atom X ditembak dengan partikel berkecepatan tinggi a, sehingga terbentuk inti baru Y dengan memancarkan/menghamburkan partikel b dan Q adalah energi yang terlibat dalam reaksi.*

Dalam reaksi inti harus dipenuhi persyaratan, sebagai berikut:

1. *Hukum kekekalan momentum*: momentum sebelum reaksi sama dengan momentum sesudah reaksi.
2. *Hukum kekekalan energi*: energi sebelum reaksi sama dengan energi setelah reaksi. Ingat bahwa massa benda identik dengan energi, $1 \text{ sma} = 931,5 \text{ MeV}$.

3. *Hukum kekekalan nomor massa*: jumlah nomor atom sebelum reaksi sama dengan jumlah nomor atom setelah reaksi. Jumlah proton dan neutron sebelum dan sesudah reaksi sama.
4. *Hukum kekekalan nomor massa*: jumlah nomor massa sebelum dan sesudah reaksi sama.

$$Q = (m_a + m_x - m_b - m_y) \cdot 931,50 \text{ MeV}$$

Ada dua kemungkinan mengenai energi yang dilepaskan:

1. Jika $Q > 0$, maka reaksi tersebut termasuk reaksi eksoterm, karena dilepaskan sejumlah energi.
2. Jika $Q < 0$, maka reaksi tersebut termasuk reaksi endoterm, karena dibutuhkan energi agar reaksi berlangsung.

]Jadi apabila pada reaksi inti terdapat perubahan massa sebelum dan sesudah reaksi Δm dalam sma, energi yang terlibat dalam reaksi inti:

$$E = \Delta m \cdot 931,5 \text{ MeV}$$

Catatan: $1 \text{ MeV} = (1,6 \times 10^{-19}) \times 10^6 \text{ Joule}$

Contoh Soal:

1. Suatu bahan radioaktif mengandung $3,20 \mu\text{g}$ isotop C-11, murni yang memiliki tetapan peluruhan $0,0346$ permenit. Tentukan (a) waktu paroh, (b) jumlah inti radioaktif mula-mula, (c) aktivitas radiasi mula-mula, (d) aktivitas radiasi setelah 60 menit.

Penyelesaian:

(a) waktu paroh: $T_{1/2} = \frac{0,693}{0,0346 \text{ permenit}} = 20 \text{ menit}$

(b) massa inti radioaktif mula-mula:

$$N_0 = 3,20 \text{ g}$$

$$= 3,20 \times 10^{-6} \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{11 \text{ g}} \times 6,02 \times 10^{23} \frac{\text{atom}}{\text{mol}}$$

$$= 1,75 \times 10^{17} \text{ atom}$$

(c) aktivitas radiasi mula-mula:

$$A_0 = \lambda N_0 = \frac{0,0346}{60} \text{ s}^{-1} \times 1,75 \times 10^{17} \text{ atom}$$

$$= 1,01 \times 10^{14} \frac{\text{atom}}{\text{s}} = 1,01 \times 10^{14} \text{ Bq}$$

2. Suatu unsur radioaktif mempunyai waktu paroh 20 sekon. Setelah disimpan berapa lama unsur radioaktif tersebut tinggal 1/64 bagian. Dan berapa lama unsur tersebut telah disimpan.

Penyelesaian:

a. $N = \frac{1}{64} N_0 = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{20}}$ sehingga $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{20}} = \frac{1}{64}$, sehingga $t = 120 \text{ s}$

b. Unsur tersebut telah disimpan selama = 2 jam.

3. Suatu bahan mempunyai HVL 2 cm. Berapa bagian intensitas sinar radioaktif yang datang pada bahan akan diserap, jika tebal bahan 6 cm.

Penyelesaian:

$$\text{HVL} = \frac{0,693}{\lambda} = 2 \text{ cm} \text{ sehingga } \lambda = \frac{0,693}{2 \text{ cm}} = 0,3465 \text{ cm}^{-1}$$

dan,

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\lambda x} = e^{-0,3465 \text{ cm}^{-1} \times 6 \text{ cm}} = 0,125,$$

sehingga bagian intensitas yang diserap adalah:

$$1 - 0,125 = 0,875 \text{ bagian atau } 87,5 \%$$

4. Daging setebal 1 cm, dengan massa jenis $0,95 \text{ gram cm}^{-3}$ menyerap radiasi sinar gamma seluas 1 cm^2 yang membawa 4×10^8 foton/detik. Energi fotonya 1,25 MeV. Tentukan dosis yang diserap tiap detik jika akibat penyerapan sinar gamma kehilangan 10 % dari intensitasnya.

Penyelesaian:

Jumlah partikel gamma yang diserap daging tiap detik:

$$= (4 \times 10^8 \text{ det}^{-1}) \times (10\%)$$

$$= 4 \times 10^7 \text{ det}^{-1}$$

Energi yang diserap daging perdetik:

$$= (4 \times 10^7 \text{ det}^{-1}) \times (1,25 \text{ MeV})$$

$$= 5 \times 10^7 \text{ MeV/det.}$$

Massa daging yang menyerap energi:

$$= ? \times \text{Volume}$$

$$= ? \times A \times d$$

$$= (0,95 \text{ gr/cm}^3) \times (1 \text{ cm}^2) \times (1 \text{ cm})$$

$$= 9,5 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

$$\text{Dosis serap perdetik} = \frac{\text{energi / detik}}{\text{massa}} = \frac{5 \times 10^7 \text{ MeV} \cdot \text{det}^{-1}}{9,5 \times 10^{-4} \text{ kg}}$$

$$= 0,85 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{det}^{-1} = 85 \text{ Rd} \cdot \text{det}^{-1}$$

5. ${}_{28}^{60}\text{Ni}$ memiliki massa atom 59,930 sma. Massa proton $m_p = 1,0073$ sma dan massa neutron $m_n = 1,0087$ sma. (a) hitung massa total partikel penyusun inti atom, (b) tentukan energi ikat inti atom.

Penyelesaian:

- (a) Dari lambang inti Ni diperoleh: $A = 60$, dan $Z = 28$, sehingga:
jumlah proton = 28, jumlah neutron = $60 - 28 = 32$, dan massa
total partikel pembentuk inti: $28 m_p + 32 m_n = 60,4828 \text{ sma}$.
- (b) Dan reaksi pembentukan inti atom tersebut dapat dituliskan
sebagai berikut:

$$28 \text{ } {}_1^1p + 32 \text{ } {}_0^1n \rightarrow {}_{28}^{60}\text{Ni}, \text{ sehingga:}$$

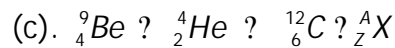
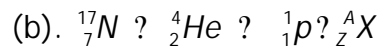
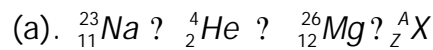
$$m \approx 28m_p + 32m_n \approx m({}_{28}^{60}\text{Ni})$$

$$\approx 60,4828 - 59,930 = 0,5528 \text{ sma}$$

dan energi ikat inti adalah:

$$E \approx m \cdot c^2 = 0,5528 \cdot 931,5 \text{ MeV} = 514,93 \text{ MeV}$$

6. Selesaikan persamaan reaksi berikut:

**Penyelesaian:**

- (a). Gunakan hukum kekekalan nomor atom dan nomor massa
atom, sehingga diperoleh: $A = 26$, dan $Z = 12$, sehingga
 ${}_Z^AX = {}_1^1p$
- (b). Gunakan hukum kekekalan nomor atom dan nomor massa
atom, sehingga diperoleh: $A = 17$, dan $Z = 7$, sehingga
 ${}_Z^AX = {}_7^{16}\text{N}$
- (c). Gunakan hukum kekekalan nomor atom dan nomor massa
atom, sehingga diperoleh: $A = 13$, dan $Z = 8$, sehingga
 ${}_Z^AX = {}_8^{13}\text{O}$

c. Rangkuman

☞ Inti atom (*nukleon*) disusun oleh proton (${}^1_1\text{p}$) yang bermuatan positif dan neutron (${}^1_0\text{n}$). Jika X menyatakan lambang suatu atom, maka penulisan lambang unsur atom secara lengkap dengan nomor atom dan nomor massanya dinyatakan pada gambar berikut: ${}^A_Z X$, $A =$ jumlah proton + jumlah neutron, $Z =$ jumlah proton = jumlah elektron, $A - Z =$ jumlah neutron.

☞ *Defek massa*, dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m$$

☞ Energi ikat inti, diformulasikan sebagai berikut:

$$E = \Delta m \cdot c^2 = \Delta m \cdot (931,5 \text{ MeV})$$

☞ Apabila intensitas sinar radioaktif setelah melewati bahan dengan ketebalan x tinggal separo dari intensitas mula-mula ($I = I_0/2$), maka $x = \text{HVL}$, sehingga:

$$I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{\text{HVL}}}$$

☞ *Waktu paruh* ($T_{1/2}$) adalah waktu yang dibutuhkan inti radioaktif untuk meluruh sehingga massanya menjadi separuh dari massa mula-mula. Sehingga berlaku:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \text{ atau } N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{1/2}}}$$

☞ Penurunan aktivitas unsur tersebut dapat dinyatakan dengan:

$$A = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{1/2}}}$$

☞ Banyaknya energi radiasi pengion yang diserap oleh materi persatuan massa atau perkilogram disebut *dosis serap*, $D = E/m$.

d. Tugas

1. Menurut hukum Coulomb muatan listrik yang sejenis mengalami gaya tolak-menolak, kenapa proton didalam inti terikat?
2. Jelaskan apakah aktivitas radiasi suatu zat radioaktif: (a) sebanding dengan waktu parohnya, (b) jumlah atom radioaktif.
3. Waktu paroh suatu bahanradioaktif adalah 10 jam. Radiasi awal cuplikan diukur dan didapat aktivitas 1.200 hitungan permenit. Berapakah aktivitasnya setelah 20 jam.
4. Suatu bahan memiliki HVL 3,0 mm unatuk radiasi sinar beta. Jika intensitas radiasi ingin dikurangi 90 % dari intensitasnya semula tentukan ketebalan bahan yang diperlukan.
5. Suatu bahan yang tebalnya 5 cm memiliki HVL 4,5 cm. Tentukan persentase intensitas sinar radioaktif yang akan diserap jika melalui bahan tersebut.
6. Perkirakan seberapa tebal timbal yang dibutuhkan untuk menyerap 97 % dari sinar gamma berenergi 1 MeV yang mengenai bahan tersebut. HVL = 0,89 cm.
7. Sebuah fosil tulang binatang ditemukan dalam tanah. Setelah diteliti dalam laboratorium ternyata mengandung sisa karbon-14 sebesar 25 % dibanding karbon-14 pada tulang binatang yang masih hidup. Jika waktu paroh karbon-14 itu 5730 tahun, maka umur fosil tersebut adalah.
8. Seberkas sinar alfa menembus aluminium setebal 10 cm. Jika koefisien pelemahan aluminium $0,094 \text{ cm}^{-1}$, berapa persen intensitas sinar alfa setelah keluar bahan ini.

e. Tes Formatif

1. waktu paroh suatu bahan radioaktif adalah 5 jam. Radiasi awal cuplikan diukur dan didapat aktivitas 1.000 hitungan permenit. Berapakah aktivitasnya setelah 10 jam.
2. Suatu bahan memiliki HVL $2,0 \text{ mm}^{-1}$ untuk radiasi sinar beta. Jika intensitas radiasi ingin dikurangi 87,5 % dari intensitasnya semula tentukan ketebalan bahan yang diperlukan.
3. Suatu bahan yang tebalnya 7 cm memiliki HVL $3,5 \text{ cm}^{-1}$. Tentukan presentase intensitas sinar radioaktif yang akan diserap jika melalui bahan tersebut.
4. Perkirakan seberapa tebal timbal yang dibutuhkan untuk menyerap 93,75 % dari sinar gamma berenergi 2 MeV yang mengenai bahan tersebut. HVL = $0,89 \text{ cm}^{-1}$.
5. Sebuah fosil tulang binatang ditemukan dalam tanah. Setelah diteliti dalam laboratorium ternyata mengandung sisa karbon-14 sebesar 12,5 % dibanding karbon-14 pada tulang binatang yang masih hidup. Jika waktu paroh karbon-14 itu 5620 tahun, maka umur fosil tersebut adalah.
6. seberkas sinar alfa menembus aluminium setebal 12 cm. Jika koefisien pelemahan aluminium $0,094 \text{ cm}^{-1}$, berapa persen intensitas sinar alfa setelah keluar dari bahan ini.
7. Seberkas sinar gamma yang luas penampangnya $A = 2 \text{ cm}^2$ membawa foton sebanyak $1,44 \times 10^9$ tiap sekond. Energi tiap foton 1,50 MeV. Berkas ini menembus daging setebal $d = 0,90 \text{ cm}$ dengan massa jenis $0,80 \text{ gr/cm}^3$. setelah menembus daging, intensitas sinar gamma tinggal 90 % dari intensitas semula. Tentukan dosis serapan (dalam rad).
8. Suatu zat radioaktif yang disimpan dalam suatu kotak timbal meluruh menghasilkan zat non-radioaktif. Pada suatu saat, detektor menunjukkan kecepatan hitungan 32 s^{-1} . Dua belas hari

- kemudian detektor radiasi menunjukkan hitungan 4 s^{-1} . Tentukan waktu paro dan tetapan peluruhan zat radioaktif tersebut.
9. Badge-film yang dipakai oleh seorang radiolog menunjukkan orang tersebut sudah memperoleh dosis serapan sebesar $2,5 \times 10^{-3} \text{ Gy}$. Massa radiolog adalah 65 kg. Tentukan berapa banyak energi yang sudah diterima (serapan) dari radiasi?
 10. Sinar gamma dengan intensitas I diserap oleh bahan yang mempunyai koefisien pelemahan $\mu = 0,20 \text{ cm}^{-1}$. Tentukan tebal bahan yang dibutuhkan agar intensitas yang melewati bahan menjadi 25 % dari semula.

f. Kunci Jawaban

1. $A = 250$ hitungan/menit
2. $x = 6 \text{ mm}$
3. $I_{\text{Serap}} = 75 \% I_0$
4. $x = 3,56 \text{ cm}$
5. $t = 16.860$ tahun
6. $I = 32 \% I_0$
7. $D = 2,4 \text{ rad}$
8. (a). $T = 4$ hari, (b) $0,17325$ perhari
9. $E = 0,1625 \text{ Joule}$
10. $x = 6,93 \text{ cm}$

2. Kegiatan Pembelajaran 2

a. Tujuan Kegiatan pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan 2, diharapkan anda dapat:

- ✍ Mendefinisikan pengertian lucutan listrik dalam gas dan tabung sinar katoda dan sinar-x.
- ✍ Menjelaskan prinsip dan karakteristik sinar-x, percobaan Thomson dan percobaan Milikan.
- ✍ Mengerti konsep spektrum atom hidrogen dan model atom Niels Bohr.
- ✍ Menjelaskan konsep terjadinya sinar laser.
- ✍ Mampu melakukan perhitungan yang berkaitan dengan semua konsep materi diatas (*spektrum atom hidrogen, model atom Niels Bohr, sinar-x, dan sinar laser*).

b. Uraian materi

a) Sinar Katoda

1). *Lucutan listrik dalam gas*

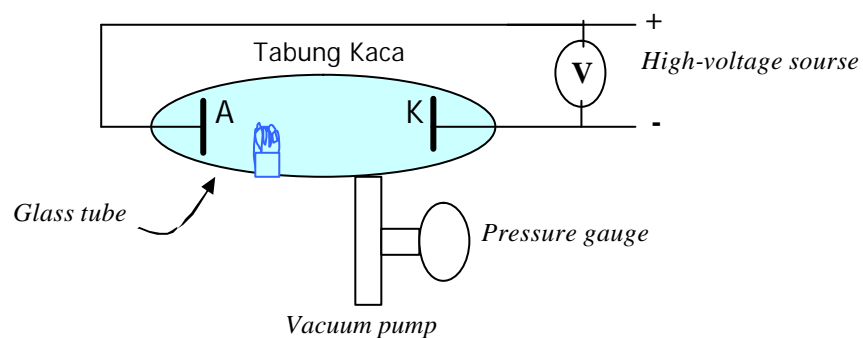
Lucutan listrik dalam gas adalah mengalirnya muatan-muatan listrik didalam tabung lucutan berisi gas pada tekanan rendah, dimanan pada ujung-ujung tabung terdapat elektroda positif (anoda) dan elektroda negatif (katoda), jika tegangan listrik antara katoda dan anoda cukup tinggi, maka elektron-elektron akan lepas dari katoda ke anoda. *Listrik dihantarkan oleh gas.*

Tabung lucutan adalah sebuah tabung kaca kuat yang panjangnya kira-kira 50 cm, diameter kedua ujung adalah 4 cm, kedua keping elektroda logam diletakan pada kedua ujung, dan tabung dihubungkan pada pompa vakum udara untuk mengatur besarnya tekanan udara dalam tabung (lihat gambar 1.1).

Hal-hal yang terjadi pada tabung lucutan:

1. Pada saat udara dalam tabung belum dipompa, *tidak tampak aliran listrik* dari anoda ke katoda. Jadi pada tekanan tinggi udara/gas bersifat ISOLATOR.
2. Setelah tabung dipompa hingga tekanan ~ 20 mmHg, tampak warna ungu (violet), ADA ALIRAN LISTRIK.
3. Pada tekanan ~ 5 mmHg, tampak pada kutub katoda cahaya warna kebiruan disebut PIJAR KATODA, pada kutub anoda tampak PIJAR ANODA, dan ditengah-tengah tabung tampak warna merah muda dengan berselang-seling ruang gelap, disebut RUANG GELAP FARADAY.
4. Pada tekanan $\sim 0,05$ mmHg, pijar negatif bergeser ketengah dan meninggalkan ruang gelap dibelakangnya, disebut RUANG GELAP CROOKES.
5. Pada tekanan $< 0,01$ mmHg, tabung menjadi gelap dan didekat anoda tampak warna kehijauan.

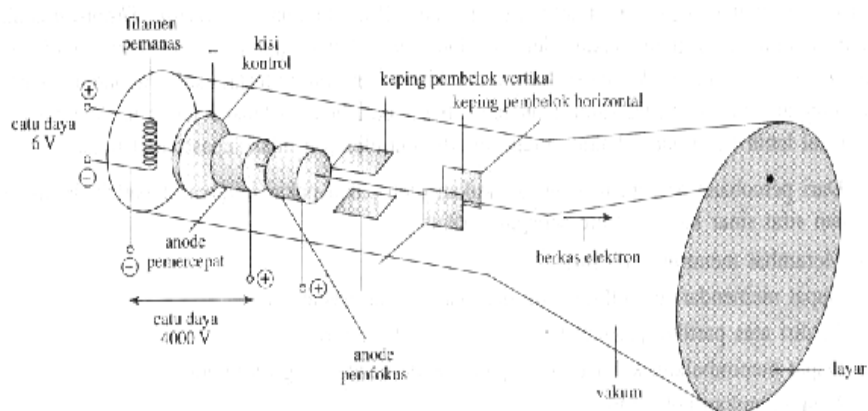
Jika antara anoda dan katoda dipasang layar yang terbuat dari bahan berpendar, seperti Zink Sulfid, dan didekat katoda dipasang plat. Sehingga sinar yang memendarkan layar tersebut disebut SINAR KATODA.



Gambar 2.1 Tabung lucutan gas

2). **Tabung sinar katoda**

Tabung sinar katoda digunakan pada tabung layar Televisi dan Osiloskop. Elemen-elemen dari tabung katoda ditunjukkan pada gambar 1.2. tabung berisi gas dengan tekanan rendah, $\sim 0,01$ Pa ($\sim 10^{-7}$ atm). Katoda pada ujung kiri dipanasi sehingga elektron-elektron dipancarkan dari permukaan katoda (*emisi termionik*). Elektron-elektron ini kemudian dipercepat oleh tegangan 5 kV sampai 50 kV antara anoda dan katoda pemercepat. Fungsi fisis kontrol adalah mengatur jumlah elektron dalam berkas sinar katoda, yang berarti mengatur kecermelangan bintik pada layar. Anode pemfokus berfungsi memfokuskan berkas sinar katode, yaitu memfokuskan elektro-elektron yang meninggalkan katode dengan arah berbeda sehingga semua elektron ini menumbuk berkas sempit dan semuanya tiba pada bintik yang sama di layar. Gabungan katoda, kisi kontrol, anoda pemercepat dan anoda pemfokus sebagai satu kesatuan dinamakan *pemicu elektron* (= *Electron gun*). Akhirnya berkas sempit elektron yang keluar dari anoda pemfokus di belokan oleh dua pasang keping pembelok sejajar pada untuk mencapai layar. Layar dilapisi oleh posfor yang akan memancarkan cahaya (*fluoresensi*) jika ditumbuk oleh elektron-elektron.



Gambar 2.2. Elemen-elemen dasar tabung sinar katoda

Berdasarkan hasil eksperimen dan penelitian para ahli fisika, dapat disimpulkan bahwa sifat-sifat sinar katode adalah sebagai berikut:

- a). Merambat menurut garis lurus;
- b). Dapat memendarkan zat-zat tertentu, seperti sulfida seng dan barium platina sianida;
- c). Terdiri atas partikel-partikel bermuatan negatif (=elektron);
- d). Dapat menimbulkan kalor (panas) pada benda-benda yang ditumbuknya;
- e). Menghitamkan plat film;
- f). Dapat dibelokan oleh medan magnetic;
- g). Dapat dibelokan oleh medan listrik;
- h). Dapat menghasilkan sinar-x ketika menumbuk zat.

3). **Sinar-x**

Wilhelm Conrad Rontgen (ahli fisika Jerman), menemukan bahwa dari dinding gelas yang berpendar (karena dikenai sinar katode) terpendar sinar yang berdaya tembus besar, yang kemudian dikenal dengan sinar-x atau sinar rontgen. Sinar tersebut dapat dihasilkan oleh elektron yang berenergi tinggi menumbuk suatu permukaan.

Sinar-x mempunyai panjang gelombang yang pendek, yaitu: 10^{-14} m hingga 10^{-10} m. Dan energi photon yang dikandung sinar-x diformulasikan dalam bentuk persamaan berikut:

$$E = hf, \text{ dimana } f = \frac{c}{\lambda} \quad (2.1)$$

dengan:

h = konstanta planck (= $6,626 \times 10^{-34}$ J.s)

f = frekwensi sinar-x (Hz)

λ = panjang gelombang sinar-x (m)

c = laju sinar-x ($= 3 \times 10^8$ m/s)

Sifat-sifat sinar-x adalah sebagai berikut:

- a). Dapat menghitamkan pelat film
- b). Dapat memndarkan beberapa zat tertentu
- c). Dapat menembus buku tebal, kayu setebal beberapa cm, pelat aluminium setebal 1 cm. Pelat besi, tembaga dan khususnya timah (timbang hitam) setebal beberapa mm tidak dapat ditembus oleh sinar-x
- d). Merambat menurut garis lurus
- e). Tidak dapat dibelokan oleh medan listrik maupun medan magnetik
- f). Memiliki energi tinggi, sehingga dapat mengionisasi gas yang dilaluinya
- g). Dipancarkan oleh logam/platina ketika ditembak dengan sinar katoda
- h). Dapat memancarkan elektron-elektron foto dari permukaan logam yang ditumbuknya.

Manfaat sinar-x:

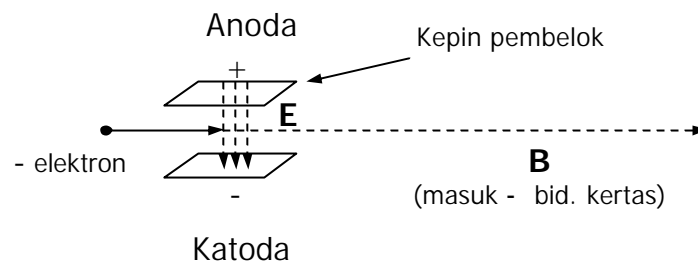
1. *Bidang kedokteran*: memotret struktur tulang, memotret otak manusia untuk diagnosis, dan sebagainya.
2. *Bidang industri*: menemukan cacat pada las, kebocoran bungkus logam, analisis struktur bahan dengan difraksi sinar-x, dan sebagainya.

4). *Percobaan Thomson*

JJ. Thomson, berhasil menghitung perbandingan antara muatan dan massa (e/m) partikel bermuatan negatif yang terdapat dalam berkas sinar katoda, dan dia dinobatkan sebagai

penemu partikel bermuatan negatif tersebut yang kemudian diberi nama ELEKTRON.

Thomson melakukan percobaan dengan menggunakan tabung sinar katoda, secara prinsip kerja ditunjukkan pada gambar 2.3. di bawah ini.



Gambar 2.3. Prinsip percobaan Thomson

Agar berkas elektron yang bergerak didalam daerah medan megnet B tidak mengalami pembelokan, maka gaya yang dialami oleh elektron akibat medan listrik dan medan magnet harus sama besar, sehingga:

$$F_B = F_E$$

$$e v B = e E , \text{ sehingga:} \quad (2.2)$$

$$v = \frac{E}{B} \text{ (laju elektron)}$$

dari persamaan (2.2) tampak bahwa, jika medan listrik E dan medan magnet B dapat diukur maka laju berkas elektron yang bergerak dapat dihitung.

Jika medan listrik ditiadakan, maka elektron dalam medan magnet akan bergerak dengan lintasan berbentuk lingkaran dengan jejari r, sehingga gaya megnetik yang bekerja pada elektron merupakan gaya sentripetal, sehingga:

$$e v B = m \frac{v^2}{r}, \text{ atau} \quad (2.3)$$

$$\frac{e}{m} = \frac{v}{Br}$$

Karena v telah dihitung dengan persamaan (2.2), dan jari-jari r lintasan elektron dapat diukur, maka persamaan (2.3), dapat dituliskan menjadi:

$$\frac{e}{m} = 1,758803 \times 10^{11} \text{ C / kg} \quad (2.4)$$

Untuk dapat memperoleh nilai muatan (e) atau massa (m) dari elektron maka salah satu dari keduanya harus diketahui terlebih dahulu.

5). **Percobaan Milikan**

Robert A Milikan, berhasil menemukan metode mengukur muatan elektron, yaitu dengan percobaan *tetes minyak milikan*: Tetes minyak memasuki daerah medan listrik dan mengalami kesetimbangan gaya, gaya berat sama dengan gaya listriknya, sehingga:

$$e E = mg, \text{ sehingga:} \quad (2.5)$$

$$e = \frac{mg}{E}$$

Dan muatan listrik sebuah elektron menurut Milikan adalah:

$$e = 1,602192 \times 10^{-19} \text{ C} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C} \quad (2.6)$$

sehingga massa elektron (m) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.4) dan (2.6), sehingga diperoleh:

$$m = 9,109543 \times 10^{-31} \text{ kg} = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg} \quad (2.7)$$

b) Spektrum Atom Hidrogen

Secara umum panjang gelombang λ spektrum atom hidrogen, yang terjadi karena perpindahan elektron dari lintasan yang lebih luar (n_B) menuju lintasan yang lebih dalam (n_A) dinyatakan dalam bentuk formulasi sebagai berikut:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_A^2} - \frac{1}{n_B^2} \right) \quad (2.8)$$

1. Untuk Deret Lyman: terjadi untuk $n_A = 1$ dan $n_B = 2, 3, 4,$
2. Untuk Deret Balmer: terjadi untuk $n_A = 2$ dan $n_B = 3, 4, 5,$
3. Untuk Deret Paschen: terjadi untuk $n_A = 3$ dan $n_B = 4, 5, 6,$
4. Untuk Deret Brackett: terjadi untuk $n_A = 4$ dan $n_B = 5, 6, 7,$
5. Untuk Deret Pfund: terjadi untuk $n_A = 5$ dan $n_B = 6, 7, 8,$

c) Model Atom Niels Bohr

Model atom Bohr didasarkan atas dua postulat sebagai berikut:

1. Elektron bergerak mengelilingi inti atom menurut lintasan tertentu dengan tanpa menyerap atau melepaskan energi. Sehingga berlaku hubungan:

$$a. \quad m \cdot v \cdot r = n \cdot \frac{h}{2\pi} \quad (2.9)$$

$$b. \quad E_n = - \frac{13,6}{n^2} \text{ eV} \quad (2.10)$$

$$c. \quad r_n = n^2 \cdot r_0, \quad r_0 = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m} \quad (2.11)$$

dimana:

m : massa elektron (kg)

v : kecepatan orbit elektron (m/s)

r : Jari-jari orbit elektron (m)

h : konstanta planck = $6,626 \times 10^{-34}$ J/s

n : bilangan kuantum utama (= 1, 2, 3, ...)

2. Elektron akan menyerap atau memancarkan energi jika berpindah dari lintasan tertentu ke lintasan lainnya. Jika transisi dari lintasan tinggi ke lintasan lebih rendah, energi foton akan dipancarkan, dan sebaliknya akan diserap.

$$\Delta E = (E_n)_{\text{tujuan}} - (E_n)_{\text{asal}} = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad (2.12)$$

Catatan: jika $\Delta E = +$ (melepas energi)

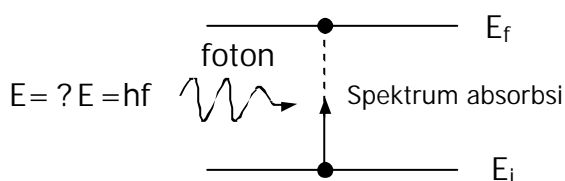
$\Delta E = -$ (menyerap energi)

d) Sinar Laser

Laser adalah singkatan dari *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, yang berarti penguatan cahaya melalui radiasi yang dirangsang. Ketika suatu atom berada pada tingkat eksitasi, kemudian disinari dengan foton yang sesuai maka elektron pada tingkat tereksitasi ini akan turun ke tingkat energi yang lebih rendah dengan memancarkan foton. Jika cahaya ini mengenai atom lain yang berdekatan, maka akan lebih banyak lagi cahaya yang dilepaskan. Kemudian akan terjadi reaksi berantai terus menerus sehingga atom-atom mengeluarkan cahaya secara bersamaan. Jika cahaya tersebut dipantulkan oleh cermin-cermin khusus, lama kelamaan intensitasnya menjadi lebih tinggi sehingga mampu menembus cermin dan terbentuklah sinar laser.

Prinsip pembuatan sinar laser:

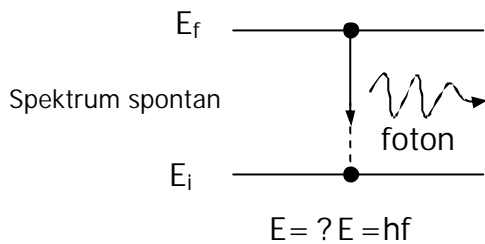
1. Absorpsi Induksi



Gambar 2.4 Emisi induksi

Sebuah atom pada keadaan dasar menyerap sebuah foton yang energinya sama dengan beda energi antara energi tingkat eksitasi dengan energi tingkat dasar.

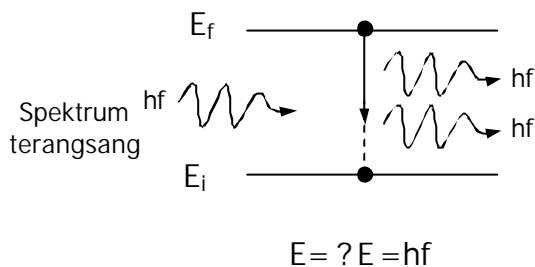
2. Emisi Spontan



Gambar 2.5 Emisi spontan

Sebuah atom pada keadaan eksitasi melepaskan energi foton menuju energi tingkat dasar. Yang energinya sebanding dengan beda energi antar tingkat.

3. Emisi Terangsang



Gambar 2.6 Emisi terangsang

Sebuah atom pada keadaan eksitasi melepaskan energi foton menuju energi tingkat dasar. Yang energinya sebanding dengan beda energi antar tingkat. Sehingga dihasilkan sinar foton yang lebih banyak.

Proses Terjadinya Sinar Laser:

1. Atom pada keadaan dasar (ground state), dengan energi E_0 dipompakan ke keadaan energi eksitasi dengan energi.
2. Kemudian terjadi transisi dengan cepat dari E_2 menuju E_1 oleh emisi spontan dengan memancarkan energi $hf_2 (=E_2-E_1)$.
3. E_1 adalah energi keadaan metastabil, elektron-elektron dapat tinggal dalam waktu yang relatif lebih lama (10^{-3} detik).

Sifat sinar laser:

- a. *Monokromatik*, artinya hanya memiliki satu panjang gelombang.
- b. *Koheren*, gelombang sinar laser memiliki fase yang sama.
- c. *Intensitas tinggi*.
- d. *Memiliki satu arah tertentu*.
- e. *Merambat dengan lintasan garis lurus*.

Jenis Sinar Laser

2. *Laser Zat Padat.*
3. *Laser Zat Cair.*
4. *Laser Gas.*
5. *Laser semikonduktor.*

Penggunaan Sinar Laser

Terdapat berbagai jenis energi laser, mulai dari orde mW (laser yang digunakan dalam sistem audio laser disk) sampai dengan beberapa juta Watt (laser digunakan sebagai senjata). Besarnya energi laser dipilih bergantung pada pemakaiannya.

Contoh penggunaan laser:

- 1). *Bidang kedokteran*
- 2). *Bidang industri*
- 3). *Bidang astronomi*
- 4). *Bidang Fotografi*
- 5). *Bidang Elektronika dan komunikasi*

Contoh Soal:

1. Sebuah elektron bermassa $9,11 \times 10^{-31}$ kg bergerak dengan kelajuan $4,0 \times 10^5$ m/s melintasi suatu medan magnetik $8,0 \times 10^{-4}$ T. Tentukan jari-jari lintasan elektron tersebut.

Penyelesaian:

Dengan menggunakan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned} r &= \frac{m \cdot v}{eB} \\ &= \frac{(9,11 \cdot 10^{-31}) \cdot (4,0 \cdot 10^5)}{(1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot (8,0 \cdot 10^{-4})} \\ &= 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

2. Sebuah tetes minyak beratnya $1,9 \times 10^{-12}$ N diam diantara pasangan keping sejajar yang kuat medan listriknya $4,5 \times 10^4$ N/C. Tentukan: (a) muatan listrik tetes minyak tersebut, (b) jika tetes minyak ditarik menuju keping positif, berapa jumlah elektron yang terkandung dalam tetesan minyak tersebut.

Penyelesaian:

- (a) Dengan menggunakan persamaan (2.5):

$$q = \frac{m \cdot g}{E}$$

$$= \frac{1,9 \cdot 10^{-12}}{4,5 \cdot 10^4}$$

$$= 4,22 \cdot 10^{-17} \text{ C}$$

- (b) muatan $1 e = 1,6 \times 10^{-19}$, maka banyak elektron n yang dikandung dalam tetes minyak adalah:

$$n = \frac{q}{1e} = \frac{4,22 \cdot 10^{-17} \text{ C}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 263 \text{ elektron}$$

3. Sebuah atom hidrogen memiliki elektron pada tingkat $n = 4$, (a) jika panjang gelombang foton 880 nm menumbuk atom, akankah atom mengalami ionisasi, (b) jika atom diionisasi dan elektron menerima kelebihan energi setelah ionisasi, berapakah energi kinetik elektron.

Penyelesaian:

Dengan menggunakan persamaan (2.9, 2.10, 2.11):

$$E_n = \frac{13,6}{n^2} \text{ eV}, \text{ maka:}$$

$$E_4 = \frac{13,6}{4^2} = 0,85 \text{ eV} = 1,36 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

- (a). panjang gelombang foton: $\lambda = 880 \text{ nm} = 880 \times 10^{-9} \text{ m}$

maka energi foton:

$$E_{\text{foton}} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{880 \cdot 10^{-9}} = 2,25 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

(karena energi foton > energi ionisasi, maka atom mengalami ionisasi).

(b). energi kinetik elektron EK adalah selisih energi foton dengan energi ionisasi:

$$EK = 2,25 \cdot 10^{-19} \text{ J} - 1,36 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \mathbf{8,9 \cdot 10^{-20} \text{ J}}$$

4. Untuk atom hidrogen pada orbit Bohr $n = 3$ tentukan: (a) jari-jari orbit, (b) kelajuan elektron.

Penyelesaian:

(a). jari-jari orbit: $r_n = n^2 \cdot r_0$, maka: $r_3 = 3^2 \cdot (0,528 \text{ \AA})$
 $= 4,75 \text{ \AA}$

(b). Kelajuan elektron:

$$v = \sqrt{\frac{F_s \cdot r}{m}} = e \sqrt{\frac{k}{r \cdot m}} = (1,6 \cdot 10^{-19}) \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9}{4,75 \cdot 10^{-10} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}}}$$

$$= 2,31 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

5. Pada deret Balmer ($R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$), hitung panjang gelombang, (a) terpanjang dan (b) terpendek.

Penyelesaian:

Pada deret Balmer berlaku persamaan:

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

(a) panjang gelombang terpanjang adalah untuk $n = 3$, maka:

$$\frac{1}{\lambda} = (1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}) \left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right]$$

$$= (1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}) \left[\frac{5}{36} \right]$$

sehingga: $\lambda = 6,563 \times 10^{-7} \text{ m} = 656,3 \text{ nm}$

(b) panjang gelombang terpendek adalah untuk $n = \infty$, maka:

$$\frac{1}{\lambda} = (1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}) \left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2} \right]$$

$$= (1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}) \left[\frac{1}{4} \right]$$

sehingga: $\lambda = 3,646 \times 10^{-7} \text{ m} = 3,646 \text{ nm}$

6. Elektron dengan energi 11,6 eV ditembakkan pada atom gas hidrogen. Tentukan panjang gelombang radiasi yang dipancarkan gas.

Penyelesaian:

$$E = h \frac{c}{\lambda}, \text{ atau } \lambda = h \frac{c}{E}$$

$$= (6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s}) \left[\frac{3,0 \times 10^8 \text{ m/s}}{11,6 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}} \right]$$

$$= 1,07 \times 10^{-7} \text{ m}$$

c. Rangkuman

- ? *Tabung lucutan gas* adalah tabung bertekanan rendah dan bertegangan tinggi, untuk beda potensial $\sim 30 \text{ kV}$ dan tekanan $\sim 0,01 \text{ mmHg}$ terdapat elektron-elektron yang keluar dari katode menuju anode menghasilkan perpendaran hijau. Aliran elektro-elektron inilah yang disebut *sinar katode*.
- ? Berkas elektron dipancarkan oleh katode yang dipanaskan berdasarkan emisi termionik, berenergi tinggi ini kemudian menumbuk logam target, sehingga sinar-x dipancarkan oleh target. Sinar-x tidak mengandung

partikel bermuatan, sehingga termasuk gelombang elektromagnetik, dengan panjang gelombang pendek dan frekwensi tinggi.

- ? Percobaan Thomson dengan menggunakan tabung sinar katode, mampu menentukan perbandingan muatan dan massa elektron secara kuantitatif, $e/m = 1,758803 \times 10^{11}$ C/kg.
- ? Percobaan Milikan, dengan menggunakan tetes minyak, jika tetes minyak dapat diam diantara dua keping sejajar, dengan beda potensial V , maka dapat ditunjukkan bahwa, muatan elektron adalah: $e \sim 1,6 \times 10^{-19}$ C. Dan sebagai implikasinya, maka massa elektron dapat dihitung, dan diperoleh bahwa massa elektron $m = 9,11 \times 10^{-31}$ kg.
- ? Secara umum panjang gelombang ? spektrum atom hidrogen, yang terjadi karena perpindahan elektron dari lintasan yang lebih luar (n_B) menuju lintasan yang lebih dalam (n_A) dinyatakan dalam bentuk formulasi sebagai berikut:

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

- ? Model atom Bohr didasarkan atas dua postulat sebagai berikut:
- ? Elektron bergerak mengelilingi inti atom menurut lintasan tertentu dengan tanpa menyerap atau melepaskan energi.
- ? Elektron akan menyerap atau memancarkan energi jika berpindah dari

$E = (E_n)_{\text{asal}} - (E_n)_{\text{tujuan}}$
 $= h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$

- ? Laser adalah penguatan cahaya dengan radiasi karena rangsangan. Laser menghasilkan cahaya tampak yang bersifat: koheren, monokromatik, intensitas sangat tinggi, satu arah, dan lintasanya berupa garis lurus.

d. Tugas 2

1. Jelaskan apakah sinar katoda termasuk gelombang elektromagnetik, mengapa?
2. Jelaskan apakah sinar-x termasuk gelombang elektromagnetik, mengapa?
3. Jelaskan apa perbedaan prinsip antara sinar katoda dan sinar-x
4. Apa perbedaannya antara atom pada keadaan dasar, keadaan tereksitasi dan keadaan ionisasi.
5. Jelaskan apa saja kelemahan dari model atom Bohr
6. Tentukan ketiga panjang gelombang terbesar yang dipancarkan atom hidrogen, bila atom turun ke tingkat $n = 2$ dari tingkat energi yang lebih tinggi.
7. Untuk sebuah elektron atom hidrogen pada orbit $n = 2$, tentukan: (a) jari-jari orbit, (b) gaya listrik yang bekerja pada elektron, (c) gaya sentripetal pada elektron, dan (d) kelajuan elektron.
8. Sebuah partikel mengandung muatan listrik $2,40 \times 10^{-18}$ C. Tentukan banyak elektron yang terkandung dalam partikel tersebut
9. Elektron dengan energi 12,6 eV ditembakkan pada atom hidrogen. Berapa panjang gelombang radiasi yang dipancarkan gas.
10. Sebuah laser laboratorium memiliki daya 0,8 mW. Mengapa laser ini tampak lebih terang dari cahaya sebuah lampu pijar 100 W.

e. Tes Formatif 2

1. Sebuah elektron melaju didalam tabung pesawat TV yang bertegangan 500 V. besarnya momentum elektron tersebut saat membentur kaca TV berapa?
2. Sebuah zarah bermuatan listrik bergerak memasuki daerah medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus, dan juga tegak lurus dengan kecepatan zarah. Jika besar induksi magnetik 4 T dan kuat

medan listrik 8×10^4 V/m, sedang zarah bergerak lurus, berapakah kecepatan zarah tersebut.

3. Tentukan panjang gelombang foton yang ditembakkan pada atom H dalam keadaan dasar, sehingga elektron terieksitasi dan terlepas dari ikatannya.
4. Beda antara dua tingkat energi dalam suatu atom Hidrogen adalah 3,4 eV. Tentukan; (a) frekwensi, dan (b) panjang gelombang yang dipancarkan oleh atom ini.
5. Sebuah tabung sinar katode, elektron keluar dari katode menuju anode dengan kelajuan 8×10^7 m/s. Berapakah beda potensial antara katode dan anode.
6. Hitung panjang gelombang dari: (a) garis ke-3, dan (b) garis ke-8, dari deret Balmer. ($R = 1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$).
7. Spektrum deret paschen menghasilkan panjang gelombang $1,28 \times 10^{-6}$ m. Tentukan garis ke berapa panjang gelombang tersebut. ($R = 1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$).
8. Dalam transisi ke suatu tingkat energi eksitasi 10,19 eV, atom hidrogen memancarkan foton 4890 \AA . Tentukan energi ikat keadaan awalnya.
9. Seberkas elektron bergerak lurus dari katode menuju anode dengan kelajuan $6,0 \times 10^5$ m/s. Jika antara anode dan katode terdapat pasangan keping sejajar bermuatan listrik yang menghasilkan kuat medan listrik $2,7 \times 10^2$ N/C, dan elektromagnetik. Tentukan kuat medan listrik yang dihasilkan oleh elektromagnetik.
10. Dalam suatu medan magnetik tertentu, sebuah proton ($m=1,7 \times 10^{-27}$ kg) dan sebuah elektron ($m = 9,1 \times 10^{-31}$ kg) bergerak dengan lintasan melingkar dengan jari-jari sama. Tentukan nilai perbandingan kelajuan keduanya.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

1. $p = 120 \times 10^{-25} \text{ kg.m/s}$
2. $v = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$
3. $? = 910 \text{ A}^\circ$
4. (a) $f = 8,24 \times 10^{14} \text{ Hz}$, (b) $? = 3600 \text{ A}^\circ$
5. $V = 2.000 \text{ Volt}$
6. (a) $? = 6579 \text{ A}^\circ$, (b) $? = 3889,5 \text{ A}^\circ$
7. $n = 5$
8. $E = 12,73 \text{ eV}$
9. $B = 4,5 \text{ Tesla}$
10. $\frac{r_e}{r_p} ? 1 : 1866$

g. Lembar Kerja

Mengamati berkas sinar laser

A. Bahan:

- ☞ Kertas putih 2 lembar
- ☞ Kaca/lensa

B. Alat:

- ☞ 2 buah set laser
- ☞ 1 set cermin

C. Langkah kerja:

1. Gantung sutas pegas pada tiang, unjung bebas dihubungkan dengan beban m
2. Beri simpangan pada sistem pegas tersebut ($?x$), pada posisi (2), kemudian lepas, terjadi gerak bolak-balik terhadap titik (1).

BAB III. EVALUASI

A. Tes Tertulis

1. Sebuah elektron melaju didalam tabung pesawat TV yang bertegangan 400 V. besarnya momentum elektron tersebut saat membentur kaca TV berapa?
2. Sebuah zarah bermuatan listrik bergerak memasuki daerah medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus, dan juga tegak lurus dengan kecepatan zarah. Jika besar induksi magnetik 3,4 T dan kuat medan listrik 9×10^4 V/m, sedang zarah bergerak lurus, berapakah kecepatan zarah tersebut.
3. Tentukan panjang gelombang foton yang ditembakkan pada atom H dalam keadaan dasar, sehingga elektron terieksitasi dan terlepas dari ikatannya.
4. Beda energi antara dua tingkat energi dalam suatu atom Hidrogen adalah 3,4 eV. Tentukan; (a) frekwensi, dan (b) panjang gelombang yang dipancarkan oleh atom ini.
5. Sebuah tabung sinar katode, elektron keluar dari katode menuju anode dengan kelajuan 4×10^7 m/s. Berapakah beda potensial antara katode dan anode.
6. waktu paroh suatu bahanradioaktif adalah 6 jam. Radiasi awal cuplikan diukur dan didapat aktivitas 1.000 hitungan permenit. Berapakah aktivitasnya setelah 10 jam.
7. Suatu bahan memiliki HVL 2,0 mm unatuk radiasi sinar beta. Jika intensitas radiasi ingin dikurangi 75 % dari intensitasnya semula tentukan ketebalan bahan yang diperlukan.

8. Suatu bahan yang tebalnya 2 cm memiliki HVL 1,0 cm. Tentukan presentase intensitas sinar radioaktif yang akan diserap jika melalui bahan tersebut.
9. ${}_{28}^{60}\text{N}$ memiliki massa atom 59,930 sma. Massa proton $m_p = 1,0073$ sma dan massa neutron $m_n = 1,0087$ sma. (a) hitung massa total partikel penyusun inti atom, (b) tentukan energi ikat inti atom.
10. Berapakah aktivitas radioaktif 10 gram radium, ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ yang mempunyai waktu paro 1620 tahun. (catatan $N_A = 6,025 \times 10^{23}$ partikel/mol, $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10}$ partikel/sekon).

KUNCI JAWABAN

B. Kunci Jawaban Tes Tertulis

1. $p = 85,32 \times 10^{-25} \text{ kg m/s}$
2. $v = 2,65 \times 10^8 \text{ m/s}$
3. $\lambda = 909,9 \text{ \AA}$
4. (a) $\lambda = 6579 \text{ \AA}$, (b) $\lambda = 3889,5 \text{ \AA}$
5. $V = 500 \text{ volt}$
6. $T = 10 \text{ jam}$, dan $\lambda = 0,0693 \text{ per jam}$
7. $x = 4 \text{ mm}$
8. $I_{\text{serap}} = 75 \% I_0$
9. (a) $m = 60,4828 \text{ sma}$, (b) $m = 514,93 \text{ sma}$
10. $A = 9,81 \text{ Ci}$

LEMBAR PENILAIAN TES PESERTA

Nama Peserta :
 No. Induk :
 Program Keahlian :
 Nama Jenis Pekerjaan:

PEDOMAN PENILAIAN

No.	Aspek Penilaian	Skor Maks	Skor Perolehan	Keterangan
1	2	3	4	5
I	Perencanaan			
	1.1.Persiapan alat dan bahan	2		
	1.2.Analisis model susunan	3		
	Sub total	5		
II	Model Susunan			
	2.1.penyiapan model susunan	3		
	2.2.Penentuan data instruksi pd model	2		
	Sub total	5		
III	Proses (Sistematika & Cara kerja)			
	3.1.Prosedur pengambilan data	10		
	3.2.Cara mengukur variabel bebas	8		
	3.3.Cara menyusun tabel pengamatan	10		
	3.4.Cara melakukan perhitungan data	7		
	Sub total	35		
IV	Kualitas Produk Kerja			
	4.1.Hasil perhitungan data	5		
	4.2.Hasil grafik dari data perhitungan	10		
	4.3.Hasil analisis	10		
	4.4.Hasil menyimpulkan	10		
	Sub total	35		
V	Sikap/Etos Kerja			
	5.1.Tanggung jawab	3		
	5.2.Ketelitian	2		
	5.3.Inisiatif	3		
	5.4.Kemadirian	2		
	Sub total	10		
VI	Laporan			
	6.1.Sistematika penyusunan laporan	6		
	6.2.Kelengkapan bukti fisik	4		
	Sub total	10		
	Total	100		

KRITERIA PENILAIAN

No.	Aspek Penilaian	Kriterian penilaian	Skor
1	2	3	4
I	Perencanaan		
	1.1.Persiapan alat dan bahan	? Alat dan bahan disiapkan sesuai kebutuhan	2
	1.2.Analisis model susunan	? Merencanakan menyusun model	3
II	Model Susunan		
	2.1.Penyiapan model susunan	? Model disiapkan sesuai dengan ketentuan	3
	2.2.Penentuan data instruksi pada model	? Model susunan dilengkapi dengan instruksi penyusunan	2
III	Proses (Sistematika & Cara kerja)		
	3.1.Prosedur pengambilan data	? Mengukur tinggi rongga udara pada pipa organa L_n , menghitung panjang gelombang λ_n	10
	3.2.Cara mengukur variabel bebas	? Mengatur ketinggian rongga udara pipa organa, sehingga terjadi resonansi dengan bunyi garbu tala.	8
	3.3.Cara menyusun tabel pengamatan	? Melengkapi data pengamatan dan pengukuran dalam tabel	10
	3.4.Cara melakukan perhitungan data	? Langkah menghitung kecepatan bunyi diudara	7
IV	Kualitas Produk Kerja		
	4.1.Hasil perhitungan data	? Perhitungan dilakukan dengan cermat sesuai prosedur	5
	4.2.Hasil grafik dari data perhitungan	? Pemuatan skala dalam grafik dilakukan dengan benar	5
	4.3.Hasil analisis	? Analisis perhitungan langsung dengan metode grafik sesuai/saling mendukung	10
	4.4.Hasil menyimpulkan	? Kesimpulan sesuai dengan konsep teori	10
	4.5. Ketepatan waktu	? Pekerjaan diselesaikan tepat waktu	5

V	Sikap/Etos Kerja		
	5.1.Tanggung jawab	? Membereskan kembali alat dan bahan setelah digunakan	3
	5.2.Ketelitian	? Tidak banyak melakukan kesalahan	2
	5.3.Inisiatif	? Memiliki inisiatif bekerja yang baik	3
	5.4.Kemadirian	? Bekerja tidak banyak diperintah	2
VI	Laporan		
	6.1.Sistematika penyusunan laporan	? Laporan disusun sesuai dengan sistematika yang telah ditentukan	6
	6.2.Kelengkapan bukti fisik	? Melampirkan bukti fisik	4

BAB IV. PENUTUP

Setelah menyelesaikan modul ini, anda berhak untuk mengikuti tes praktik untuk menguji kompetensi yang telah anda pelajari. Apabila anda dinyatakan memenuhi syarat kelulusan dari hasil evaluasi dalam modul ini, maka anda berhak untuk melanjutkan ke modul berikutnya, dengan topik sesuai dengan peta kedudukan modul.

Jika anda sudah merasa menguasai modul, mintalah guru/instruktur anda untuk melakukan uji kompetensi dengan sistem penilaian yang dilakukan oleh pihak dunia industri atau asosiasi profesi yang kompeten apabila anda telah menyelesaikan suatu kompetensi tertentu. Atau apabila anda telah menyelesaikan seluruh evaluasi yang disediakan dalam modul ini, maka hasil yang berupa nilai dari guru/instruktur atau berupa portofolio dapat dijadikan sebagai bahan verifikasi oleh pihak industri atau asosiasi profesi. Dan selanjutnya hasil tersebut dapat dijadikan sebagai penentu standar pemenuhan kompetensi tertentu dan apabila memenuhi syarat anda berhak mendapatkan sertifikat kompetensi yang dikeluarkan oleh industri atau asosiasi profesi.

DAFTAR PUSTAKA

Halliday dan Resnick, 1991. ***Fisika jilid 2 (Terjemahan)***, Jakarta. Penerbit Erlangga.

Krane, Kneth, 1992. ***Fisika Modern (Terjemahan)***, Jakarta

Bob Foster, 1997. ***Fisika SMU***, Jakarta. Penerbit Erlangga.

Gibbs, K, 1990. ***Advanced Physics***. New York. Cambridge University Press.

Martin Kanginan, 2000. ***Fisika SMU***. Jakarta. Penerbit Erlangga.

Tim Dosen Fisika ITS, 2002. ***Fisika I***. Surabaya. Penerbit ITS.