BUKU RANCANGAN PENGAJARAN (BRP)

MATA KULIAH

FISIKA MODERN

oleh

Dedi Suyanto, Ph.D.

Program Studi S1 Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Indonesia
Depok

Desember 2017

PENGANTAR

Buku Rancangan Pembelajaran atau disingkat BRP berisi rencana pembelajaran selama satu semester. BRP disusun untuk digunakan sebagai acuan pembelajaran mata kuliah Fisika Modern di Departemen Fisika FMIPA UI, diikuti oleh mahasiswa fisika semester 3, dengan persyaratan bahwa mahasiswa telah mengambil mata kuliah **Fisika Dasar 2, Matematika Dasar 2.**

Pada kuliah Fisika Modern,mahasiswa akan diajarkan bahwa pemisahan gelombang dan partikel secaraFisika klasik Schrodinger.Penyelesaian persamaan Schrodinger memberikan gambaran keadaan mikro, sehingga struktur atom Hidrogen,atom elektron banyak,molekul tidak bisa dipertahankan untuk keadaan mikro. Eksperimen menunjukan bahwa berlaku dualisme partikel-gelombang untuk keadaan atomik,dan harus digunakan persamaan dan inti atom bisa dijelaskan.
Kuliah Fisika Modern adalah prasyarat untuk mata kuliah Mekanika Kuantum,Fisika Zat Padat.

Buku ini disusun sebagai dokumen untuk melengkapi Kurikulum 2016.
Dengan telah disusunnya BRP ini, diharapkan dapat menjadi acuan proses pembelajaran bagi dosen dan pemelajaran bagi mahasiswa peserta kuliah pada khususnya dan bagi masyarakat yang ingin mempelajarinya.

Depok, 22 Desember 2017

Dedi Suyanto, Ph.D.

I. InformasiUmum

1.	Nama Program Studi / JenjangStudi	:	Fisika / S1
2.	Nama Mata Kuliah	:	Fisika Modern
3.	Kode Mata Kuliah	:	SCF 1602111
4.	Semester Ke-	:	3
5.	Jumlah SKS	:	3 SKS
6.	MetodePembelajaran	:	Kuliah mimbar, tugaskelompok,tugas individu, ujian tertulis
7.	Mata Kuliah yang MenjadiPrasyarat	:	Fisika Dasar 2, Matematika Dasar 2
8.	MenjadiPrasyaratuntuk Mata Kuliah	:	Mekanika Kuantum ,FisikaZatPadat
9.	Integrasi Antara Mata Kuliah	:	Tidakada
10.	DosenPengampu	:	DediSuyanto, Ph.D.
11.	Deskripsi Mata Kuliah	:	MK Fisika Modern adalah mata kuliah wajib Program Studi S1 Fisika yang mendasari mata kuliah fisika lanjut seperti mekanika kuantum dan fisika zat padat. Isi mata kuliah ini meliputi hasil-hasil fisika klasik di akhir tahun 1900, teori relativitas khusus, sifat partikel-gelombang, permodelan atom dan pendahuluan mekanika kuantum dalam bentuk persamaan Schroedinger yang diaplikasikan untuk penerapan model atom Hidrogen dan spektroskopi atom, atom berelektron banyak, molekul, radioaktivitas, dan pemakaiannya.

II. CapaianPembelajaran Mata Kuliah (CPMK) dan Kemampuan pada AkhirTahapPembelajaran (Sub-CPMK)

A. CPMK

Setelah mahasiswa menyelesaikan proses pembelajaran mata kuliah ini, bila mereka dihadapkan pada masalah fisika modern, mereka mampu menanganinya sehingga mereka juga mampu memahami fenomena-fenomena di bidang nuklir dan partikel, material, instrumentasi, dan medis.

B. Sub-CPMK

1. Membedakan konsep dasar Fisika Klasik dan Fisika Modern. (C2).
2. Menjelaskan konsep dasar teori relativitas khusus. (C2)
3. Menjelaskan konsep sifat partikel gelombang dan hasil-hasil eksperimen yang mendasari teori kuantum. (C3)
4. Menjelaskan berbagai macam perkembangan model atom berdasarkan hasil-hasil eksperimen.(C3)
5. Menjelaskan konsep sifat gelombang partikel. (C3)
6. Menerapkan persamaan Schroedinger dalam mekanika kuantum untuk permodelan atom hidrogen. (C3)
7. Menjelaskan prinsip dasar spektroskopi atom dan molekul. (C2)
8. Menjelaskan struktur inti, reaksi inti dan radioaktifitas.(C2)

III. RencanaPembelajaran

Minggu Ke	Sub-CPMK	Bahan Kajian	MetodePembelajaran	Waktu yang Dibutuhkan	PengalamanBelajar (*O-L-U)	BobotPenerapan Sub-CPMK Pada MK (%)	IndikatorPencapaian Sub-CPMK	Referensi
1	1	Review Fisika Klasik dan Kelahiran Fisika Modern	Kuliah tatap muka	150 menit	70% O, 30% U	6	Membedakan konsep Fisika klasik dan Fisika modern	1) Bab 1 2) Bab 1
2	2	Teori Relativitas khusus	Kuliah tatap muka	150 menit	70% O, 30% U	6	Menjelaskan eksperimen-eksperimen yang mendasari relativitas khusus dan memahami konsep teori relativitas khusus Einstein	1) Bab 2 2) Bab 2 3) Bab 1
3	3	Sifat partikel gelombang dan hasil-hasil eksperimen yang mendasari teori kuantum	Kuliah tatap muka	150 menit	70% O, 30% U	6	Memahami sifat partikel gelombang dan hasil eksperimen yang mendasari teori kuantum	1)Bab 3 2)Bab 3 3)Bab 2
4	4	Struktur atom	Kuliah tatap muka	150 menit	70% O, 30% U	6	Menjelaskan dan membedakan model atom Thomson, Rutherford, model atom klasik, dan model atom Bohr untukHidrogen	1)Bab 4 2)Bab 6 3) Bab 4
5	5	Dualisme gelombang partikel	Kuliah tatap muka	150 menit	70% O, 30% U	6	Menjelaskan dan membedakan konsepdualisme gelombang partikel	1)Bab 5 2)Bab 4 3)Bab 3
6	6	Pendahuluan Mekanika Kuantum	Kuliah tatap muka	150 menit	70% O, 30% U	10	Menjelaskan pendahuluan kuantum yang meliputi persamaan Schrodinger	1)Bab 6 2)Bab 5

							dan sumur potensial	3)Bab 5
7	6	Pendahuluan Mekanika Kuantum	Kuliah tatap muka	150 menit	70% O, 30% U	10	Mengkonstruksi konsep osilator harmonic dan teori gangguan	1)Bab 6 2)Bab 5 3)Bab 5
8	**Ujian Tengah Semester**							
9	6	Atom Hidrogen	Kuliah tatap muka	150 menit	70% O, 30% U	10	Mencari solusi persamaan Schrodinger untuk atom Hidrogen	1)Bab 7 2)Bab 7 3)Bab 6
10	6	Atom Hidrogen	Kuliah tatap muka	150 menit	70% O, 30% U	10	Mampu mengidentifikasi bilangan kuantum dan efek Zeeman	1)Bab 7 2)Bab 7 3)Bab 6
11	7	Atom elektron banyak	Kuliah tatap muka	150 menit	70% O, 30% U	10	Mengilustrasikan struktur atom dan tabel periodik	1)Bab 8 2)Bab 8 3)Bab 7
12	7	Atom elektron banyak	Kuliah tatap muka	150 menit	30% O, 40% L, 30% U	6	Menjelaskan momentum angular total dan efek Zeeman anomali	1)Bab 8 2)Bab 8 3)Bab 7
13	7	Molekul	Kuliah tatap muka	150 menit	30% O, 40% L, 30% U	4	Menjelaskan ikatan molekul dan spektrum rotasi-vibrasi molekul	1)Bab 10 2)Bab 9 3)Bab 8, 10
14	7	Molekul	Kuliah tatap muka	150 menit	30% O, 40% L, 30% U	6	Menjelaskan Laser dan aplikasinya	1)Bab 10 2)Bab 9 3)Bab 8, 10

15	8	FisikaInti,Radioaktifitas dan penerapannya	Kuliah tatap muka	150 menit	30% O, 40% L, 30% U	4	Menjelaskan Fisika inti, menghitung reaksi inti, dan penerapannya	1)Bab 12 2) Bab 13
16	**UjianAkhir Semester**							

*) O : Orientasi
L : Latihan
U : UmpanBalik

Referensi:

1) Thornton, S.T. dan Rex, A.2006. *Modern Physics for Scientists and Engineers.* 3rd edition, Singapore:Thomson.
2) Krane, K. 1996. *Modern Physics*. 2nd edition, 1996, New York: John Wiley & Sons.
3) Beiser, A. 1995. *Concept of Modern Physics*. 5th edition, New York: Mc Graw Hill.

IV. RancanganTugas dan Latihan

MingguKe	Nama Tugas	Sub-CPMK	Penugasan	Ruang Lingkup	Cara Pengerjaan	Batas Waktu	Luaran Tugas yang Dihasilkan
3	Tugas Mandiri 1	2	Soal	Ether, percobaan Michelson- Morley, teori relativitas khusus	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Jawaban PR
5	Tugas Mandiri 2	3	Soal	Eksperiment yang membantah pemisahan gelombang partikel.	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Jawaban PR
7	Tugas Mandiri 3	4	Soal	Model atom	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Jawaban PR
11	Tugas Mandiri 4	5	Soal	Dualisme gelombang-partikel	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Jawaban PR
12	Tugas Kelompok 1	6	Bahan bacaan sesuai referensi	Persamaan Schrodinger	Tugas kelompokberanggotakan 3-4 orang	2minggu	Hasil presentasi dalam bentuk *power point*
13	Tugas Mandiri 5	6	Soal	Atom Hidrogen	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Jawaban PR
13	Tugas Kelompok 2	7	Bahan bacaan sesuai referensi	Atom Elektron banyak	Tugas kelompokberanggotakan 3-4 orang	2minggu	Hasil presentasi dalam bentuk *power point*
15	Tugas Mandiri 6	8	Soal	Inti atom dan radioaktivitas	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Jawaban PR

V. KriteriaPenilaian (Evaluasi Hasil Pembelajaran)

BentukEvaluasi	Sub-CPMK	Instrumen/JenisAsesmen	Frekuensi	BobotEvaluasi (%)
TugasMandiri	1-4	Lembarjawaban	6	20
TugasKelompok	5-6	Lembarpenilaian	2	20
Ujian Tengah Semester	1-3	Lembarjawaban	1	30
UjianAkhir Semester	4-6	Lembarjawaban	1	30
Total				**100**

VI. Rubrik

A. Kriteria Nilai Esai

Nilai	KualitasJawaban
100	Jawaban sangat tepat, semua pengertian dan komponen utama lengkap
76-99	Jawaban cukup tepat, pengertian dan komponen utama hampir lengkap
51-75	Jawaban kurang tepat, pengertian dan komponen utama kurang lengkap
26-50	Jawaban sangat kurang tepat, pengertian dan komponen utama sangat kurang lengkap
<25	Jawaban salah

VII. Lampiran: Contoh Soal Ujian

A. Ujian Tengah Semester

UJIAN TENGAH SEMESTER – FISIKA MODERN

Departemen Fisika FMIPA UI

Hari/tanggal	: Jum'at, 20 Oktober 2016	Dosen	: DR. Vivi Fauzia
Waktu	: 100 menit	Sifat	: Open Sheet

1. Elektron mengalami percepatan setelah dilewatkan dalam ruang dengan beda potensial 50.000 volt. Jika dianggap kecepatan awal elektron adalah nol, tentukan :
   a. Kecepatan elektron dengan menggunakan bentuk relativistik energi kinetik
   b. Kecepatan elektron dengan menggunakan bentuk klasik energi kinetik
   c. Apa pendapat anda tentang perbedaan nilai yang diperoleh tersebut
2. Sebuah cahaya dengan panjang gelombang λ menyinari sebuah logam dan mengeluarkan fotoelektron dengan energi kinetik maksimum 1 eV. Sumber cahaya kedua dengan panjang gelombang setengahnya mengeluarkan fotoelektron dengan energi kinetik maksimum 4 eV. Tentukan :
   a. fungsi kerja logam tersebut.
   b. Panjang gelombang cahaya
   c. Frekuensi cut off
3. Jika proton yang memiliki energi kinetik 500 keV tentukan :
   a. Momentum proton
   b. Kecepatan proton
   c. Panjang gelombang de Broglie proton
   d. Kecepatan grup gelombang de Broglie
4. Sebuah elekron terperangkap dalam sumur potensial tak berhingga yang memiliki lebar 1 nm. Jika elektron awalnya berada pada keadaan eksitasi n=4, tentukan enam kemungkinan nilai energi foton yang teradiasi dalam eV ketika turun ke keadaan dasar (n=1).

Konstanta Fisis

Kecepatan cahaya	c	$= 3 \times 10^{8}$ m/s
Konstanta Planck	h	$= 6{,}626 \times 10^{-34}$ J.s $= 4{,}136 \times 10^{-15}$ eV.s ; $\hbar = \frac{h}{2\pi}$
Konstanta Boltzmann	k_B	$= 1{,}381 \times 10^{-23}$ J/K $= 8{,}617 \times 10^{-5}$ eV/K
Muatan elementer	e	$= 1{,}602 \times 10^{-19}$ C
Massa elektron	m_e	$= 9{,}109 \times 10^{-31}$ kg
Massa proton	m_p	$= 1{,}673 \times 10^{-27}$ kg
Satuan massa atom	u	$= 1{,}6605 \times 10^{-27}$ kg

1 eV = 1.602×10^{-19} J , hc = 1240 eV nm

$m_e c^2$ = 0,511 MeV , $m_p c^2$ =938,28 MeV

B. Ujian Akhir Semester

UJIAN AKHIR SEMESTER – FISIKA MODERN

Departemen Fisika FMIPA UI

Hari/tgl	: Selasa, 20 Desember 2016	Dosen : Dr. Vivi Fauzia
Waktu	: 120 menit	Sifat : Open sheet (A4 bolak balik)

Diketahui : Energi tingkat dasar E_o = 13.606 eV = 2.1799 x10^{-18} J

Bohr magneton $\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e} = 9.2740 \times 10^{-24}$ J/T $= 5.7884 \times 10^{-5}$ eV/T

h 6.6261×10^{-34} J · s

4.1357×10^{-15} eV · s

k 8.62×10^{-5} eV/K

c 2.9979×10^{8} m/s, 1 atomic mass unit 1.661×10^{-27}

1. Elektron dalam sebuah atom hidrogen berada di keadaan eksitasi 3d bertransisi radiatif ke tingkat energi 2p.
   a. (5 poin) Gambar tingkat energi 3d dan 2p dalam satu diagram tingkat energi jika berada dalam ruang dengan medan magnet luar B = 0, tanpa memperhitungkan interaksi spin orbit.
   b. (10 poin) Tentukan energi (dalam E_o) yang dihasilkan jika terjadi transisi radiatif pada kondisi (a).
   c. (5 poin) tunjukkan pemisahan tingkat energi 3d dan 2p dalam satu diagram tingkat energi dan hitung setiap energinya jika berada dalam ruang dengan medan magnet luar B=2T, tanpa memperhitungkan interaksi spin orbit.
   d. (5 poin) Sebutkan syarat transisi yang diperbolehkan pada kondisi (c) dan tunjukkan dalam diagram tingkat energi diatas.
   e. (5 poin) Tentukan energi (dalam E_o dan μ_B) yang dihasilkan jika terjadi transisi radiatif pada kondisi (c).
   f. (10 poin) Tunjukkan pemisahan tingkat energi 3p dan 2p dalam diagram tingkat energi jika berada dalam ruang dengan medan magnet luar B =0 dengan memperhitungkan interaksi spin orbit.
   g. (5 poin) Sebutkan syarat transisi yang diperbolehkan pada kondisi (i) dan tunjukkan dalam diagram tingkat energi diatas.
   h. (10 poin) tunjukkan pemisahan tingkat energi 3d dan 2p dalam satu diagram tingkat energi jika berada dalam ruang dengan medan magnet luar B=2T dengan memperhitungkan interaksi spin orbit.
   i. (5 poin) Sebutkan syarat transisi yang diperbolehkan pada kondisi (i) dan tunjukkan dalam diagram tingkat energi diatas.

Table [illegible]

Molecule	Frequency (Hz), $n = 0$ to $n = 1$	Force Constant (N/m)
HF	8.72×10^{13}	970
HCl	8.66×10^{13}	480
HBr	7.68×10^{13}	410
HI	6.69×10^{13}	320
CO	6.42×10^{13}	1860
NO	5.63×10^{13}	1530

From G. M. Barrow, *The Structure of Molecules*, New York, Benjamin (1963).

2. Dengan menggunakan data pada *Table 1*, tentukan:
   a. (5 poin) Jarak antara tingkat energi vibrasi molekul diatomik CO.
   b. (5 poin) Temperatur yang diperlukan untuk mengeksitasi secara termal tingkat energi vibrasi ini, jika molekul dianggap sebagai osilator satu dimensi.

   Dengan mengabsorpsi gelombang elektromagnetik tertentu, molekul CO mengalami transisi tingkat energi rotasi dari keadaan ℓ'=3 ke ℓ=2 sebesar 1.43×10^{-3} eV. Jika diketahui massa atom C=12.00u dan massa atom O=15.99u Tentukan:
   c. (5 pon) Panjang gelombang foton yang diperlukan untuk eksitasi tersebut.
   d. (5 poin) momen inersia molekul CO.
   e. (5 poin) Jarak rata-rata antara pusat atom O dan atom C.

3. (15 poin) Asumsikan seluruh ^{206}Pb dalam sampel tambang uranium adalah hasil dari peluruhan ^{238}U dengan waktu paruh ^{238}U adalah $4,5 \times 10^{9}$ tahun dan perbandingan ^{206}Pb / ^{238}U adalah 0,6. Tentukan umur tambang tersebut.