



LAMPIRAN II
KEPUTUSAN MENTERI PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
NOMOR 061/U/1995 TANGGAL 25 FEBRUARI 1995

KURIKULUM
SEKOLAH MENENGAH UMUM

GARIS-GARIS BESAR PROGRAM PENGAJARAN
(GBPP)

MATA PELAJARAN FISIKA

KELAS : I, II, III

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
JAKARTA, 1995

Wahyuni
11/7-96



LAMPIRAN II
KEPUTUSAN MENTERI PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
NOMOR 061/U/1995 TANGGAL 25 FEBRUARI 1995

KURIKULUM
SEKOLAH MENENGAH UMUM

GARIS-GARIS BESAR PROGRAM PENGAJARAN
(GBPP)

MATA PELAJARAN FISIKA
KELAS : I, II, III

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
JAKARTA, 1995

I. PENDAHULUAN

A. Pengertian

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan hasil kegiatan manusia berupa pengetahuan, gagasan, dan konsep yang terorganisasi tentang alam sekitarnya, yang diperoleh dari pengalaman melalui serangkaian proses ilmiah. Proses ini antara lain meliputi penyelidikan, penyusunan dan pengujian gagasan-gagasan. Selain itu mata pelajaran IPA adalah program untuk menanamkan dan mengembangkan keterampilan, sikap, dan nilai ilmiah pada siswa, serta mencintai dan menghargai kekuasaan Tuhan Yang Maha Esa.

Mata pelajaran Fisika Sekolah Menengah Umum (SMU) sebagai bagian dari mata pelajaran IPA di SMU merupakan kelanjutan pelajaran Fisika di Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) yang mempelajari sifat materi, gerak, dan fenomena lain yang ada hubungannya dengan energi. Selain itu, juga mempelajari keterkaitan konsep-konsep Fisika dengan kehidupan nyata dan pengembangan sikap dan kesadaran terhadap perkembangan ilmu pengetahuan alam dan teknologi beserta dampaknya.

B. Fungsi

Mata pelajaran Fisika SMU berfungsi sebagai:

- memberikan bekal pengetahuan dasar untuk dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari dan untuk melanjutkan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi,
- mengembangkan dan menggunakan keterampilan proses untuk memperoleh, menghayati, mengembangkan dan menerapkan konsep-konsep dan hukum-hukum serta asas-asas Fisika,
- melatih siswa menggunakan metode ilmiah dalam memecahkan masalah yang dihadapinya,
- meningkatkan kesadaran siswa tentang keteraturan alam dan keindahannya sehingga siswa terdorong untuk mencintai dan mengagungkan Tuhan Yang Maha Esa,
- memupuk daya kreasi dan kemampuan bernalar,
- menunjang pelajaran IPA lain (Biologi dan Kimia) dan mata pelajaran lainnya serta membantu siswa memahami gagasan atau informasi baru dalam teknologi.

C. Ruang Lingkup

Bahan kajian mata pelajaran Fisika di SMU dikembangkan dari bahan kajian Fisika di SLTP yang diperluas sampai kepada bahan kajian yang mengandung konsep yang abstrak dan dibahas secara kuantitatif analitis.

Konsep dan subkonsep Fisika tersebut diperoleh dari berbagai kegiatan yang menggunakan keterampilan proses. Secara garis besar materi pelajaran Fisika di SMU meliputi :

1. Kelas I

Besaran dan satuan, kinematika dan dinamika gerak lurus, memadu gerak, gerak melingkar dan gaya gravitasi bumi, usaha dan energi, gesekan, impuls, momentum, dan tumbukan, getaran, gelombang dan bunyi, elastisitas, fluida tak bergerak dan fluida bergerak, serta suhu dan kalor.

2. Kelas II

Listrik statis, rangkaian listrik arus searah, medan magnetik dan induksi elektromagnetik, optika geometrik dan alat-alat optik, sinar katoda, struktur inti, struktur bumi, tata surya, dan bola langit.

3. Kelas III

Persamaan gerak, gelombang mekanis, kesetimbangan benda tegar, teori kinetik gas, termodinamika, medan magnetik, arus dan tegangan bolak-balik, induksi elektromagnetik, gelombang elektromagnetik, optik fisis, relativitas, dualisme gelombang partikel, atom berelektron banyak, molekul, zat padat, inti atom, dan jagad raya.

D. Tujuan

Mata pelajaran Fisika bertujuan agar siswa mampu menguasai konsep-konsep Fisika dan saling keterkaitannya serta mampu menggunakan metode ilmiah yang dilandasi sikap ilmiah untuk memecahkan masalah-masalah yang dihadapinya sehingga lebih menyadari keagungan Tuhan Yang Maha Esa.

E. Rambu-rambu

Hal khusus yang perlu diperhatikan pada penggunaan GBPP ini adalah:

- GBPP ini merupakan pedoman perencanaan mengajar bagi guru yang berisikan bahan kajian minimal yang harus dipelajari semua siswa untuk mencapai tujuan pengajaran,
- pemberian contoh atau penerapan konsep hendaknya disesuaikan dengan daerah setempat,
- pemberian metodologi hanya merupakan saran yang tidak mengikat guru,
- perencanaan waktu dicantumkan pada setiap caturwulan dan guru diberi kebebasan mengatur waktu untuk setiap pokok bahasan (setiap konsep),
- bila dirasa perlu, urutan konsep dan subkonsep dapat diubah didalam pembelajarannya asalkan masih berada dalam caturwulan yang sama.

KELAS I

Tujuan Pengajaran

1. *Siswa mampu mengukur berbagai besaran dalam fisika dan menggunakan satuan yang sesuai serta menerapkan prinsip angka penting dalam perhitungan.*
2. *Siswa mampu melakukan percobaan untuk memahami dasar-dasar mekanika, kalor, getaran, gelombang dan gelombang bunyi sebagai dasar untuk mempelajari Fisika pada program pengkhususan serta dapat mengembangkan kemampuan berdiskusi dan bernalar.*

CATURWULAN: 1 (60 jam pelajaran)

1. *Siswa mampu melakukan pengukuran-pengukuran dan berdiskusi untuk memahami arti besaran dan satuan.*

BESARAN DAN SATUAN

- 1.1 Besaran dalam fisika terdiri dari besaran pokok dan besaran turunan yang umumnya mempunyai satuan.

- 1.1.1 Dalam fisika ada tujuh besaran pokok.

- Mendiskusikan tujuh besaran pokok serta satuannya menurut SI.
 - panjang satuannya meter (m)
 - massa satuannya kilogram (kg)
 - waktu satuannya sekon (s)
 - kuat arus listrik satuannya ampere (A)
 - suhu satuannya kelvin (K)
 - kuat cahaya satuannya kandela (cd)
 - jumlah zat satuannya mol (mol)
- Mendiskusikan dan menyimpulkan bahwa segala sesuatu yang dapat diukur pada umumnya mempunyai satuan.

- 1.1.2 Besaran turunan diturunkan dari satu atau lebih besaran pokok.

- Menerima informasi tentang besaran turunan.
- Mendiskusikan beberapa besaran turunan beserta satuannya seperti kecepatan, volum, dan massa jenis.

- 1.1.3 Besaran pada umumnya memiliki dimensi.

- Menerima informasi tentang dimensi-dimensi besaran pokok, yaitu:
 - panjang, dimensinya (L)
 - massa, dimensinya (M)
 - waktu, dimensinya (T)
 - kuat arus listrik dimensinya (I)
 - suhu dimensinya (Θ)
 - jumlah zat dimensinya (N)
- Mencari dimensi beberapa besaran turunan, misalnya:
 - kecepatan (LT^{-1})
 - volum (L^3)
 - massa jenis (ML^{-3})
- Mendiskusikan cara mencocokkan satuan besaran turunan dengan menggunakan analisis dimensional.

- 1.1.4 Besaran vektor berbeda dengan besaran skalar.

- Menerima informasi mengenai perbedaan antara besaran vektor dan besaran skalar.
- Mendiskusikan contoh besaran-besaran vektor dalam fisika, misalnya perpindahan dan kecepatan.
- Menerima informasi tentang penggambaran vektor dan cara menulis notasi besaran vektor dan vektor satuan.
- Mendiskusikan contoh besaran skalar dalam fisika, misalnya waktu, suhu, massa, dan volum.

1.1.5 Dua vektor atau lebih dapat diganti dengan satu vektor resultan.

- Menerima informasi tentang metode jajaran genjang dan metode poligon untuk menjumlahkan beberapa buah vektor yang bekerja pada suatu bidang.
- Mendiskusikan bahwa nilai resultan R dua vektor $\vec{V}_1$ dan $\vec{V}_2$ yang membentuk sudut α dapat dihitung dengan persamaan:

$$R = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + V_1 V_2 \cos \alpha}$$

(Untuk vektor gaya, resultan ini dapat dicari melalui percobaan dengan menggunakan 3 buah neraca pegas, atau dengan menggunakan dua katrol dan tiga beban).

- Mendiskusikan bahwa nilai $R = \left| \vec{V}_1 + \vec{V}_2 \right|$ pada umumnya tidak sama dengan $V_1 + V_2$.

1.1.6 Sebuah vektor dapat diuraikan menjadi dua vektor atau lebih.

- Menerima informasi tentang cara menguraikan sebuah vektor $\vec{V}$ menjadi 2 vektor yang saling tegak lurus dengan menggunakan gambar.

$$V_x = V \cos \theta ; \vec{V}_x = V_x \hat{i}$$

$$V_y = V \sin \theta ; \vec{V}_y = V_y \hat{j}$$

Penguraian vektor menjadi dua komponen ke arah sumbu x dan sumbu y.

$$\vec{V} = V_x \hat{i} + V_y \hat{j}$$

$$\vec{V} = \vec{V}_x + \vec{V}_y$$

θ = sudut antara $\vec{V}$ dengan vektor satuan $\hat{i}$.

- Mendiskusikan cara menentukan resultan beberapa vektor dengan menghitung semua komponen mendatar dan komponen tegaknya.
- Mendiskusikan perkalian titik vektor (dot product) dan perkalian silang vektor (cross product).

1.1.7 Ketelitian pengukuran dinyatakan oleh banyaknya angka penting.

- Melakukan pengukuran dengan menggunakan alat ukur yang berbeda tingkat ketelitiannya, misalnya: penggaris, jangka sorong, dan mikrometer sekrup.
- Menerima informasi tentang angka penting sebagai semua angka yang diperoleh dari hasil pengukuran, terdiri dari angka pasti dan satu angka yang diragukan.
- Mendiskusikan bahwa banyaknya angka penting mencerminkan ketelitian suatu pengukuran. Makin banyak angka penting, makin teliti pengukuran itu.
- Mendiskusikan cara berhitung dengan menggunakan angka penting. Karena hasil pengukuran mengandung angka tak pasti maka hasil perhitungannya juga mengandung angka tak pasti.

1.1.8 Pembuatan alat ukur dilakukan melalui kegiatan pemecahan masalah.

- Merancang dan membuat alat ukur sederhana dengan memperhitungkan keragaman tingkat ketelitian. Kegiatan ini disesuaikan dengan keterbatasan sumber, bahan dan waktu.

2. *Siswa mampu melakukan percobaan dan bernalar untuk memahami kinematika dan dinamika gerak lurus.*

KINEMATIKA GERAK LURUS

2.1 Benda bergerak bila kedudukannya berubah terhadap acuan tertentu.

2.1.1 Jarak merupakan besaran skalar dan perpindahan merupakan besaran vektor.

- Mendiskusikan perbedaan antara jarak dan perpindahan dengan menggunakan gambar.

2.1.2 Kelajuan merupakan besaran skalar.

- Mendiskusikan kelajuan suatu benda yang bergerak merupakan besaran skalar. Kelajuan rata-rata dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{kelajuan} = \frac{\text{jarak yang ditempuh}}{\text{waktu tempuh}} \text{, atau}$$

$$\bar{v} = \frac{s}{t}$$

- Mendiskusikan dan menyimpulkan bahwa umumnya benda tidak selalu bergerak dengan kelajuan tetap dengan menunjukkan contoh dalam kehidupan sehari-hari.
- Menerima informasi tentang kelajuan rata-rata dan laju sesaat.

2.1.3 Kecepatan merupakan besaran vektor.

- Mendiskusikan bahwa kecepatan suatu benda yang bergerak mempunyai besar dan arah. Besarnya kecepatan rata-rata dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{kecepatan} = \frac{\text{perpindahan}}{\text{perubahan waktu}}$$

- Mendiskusikan bahwa dua buah benda yang bergerak dengan kelajuan yang sama dapat mempunyai kecepatan yang berbeda.
- Mendiskusikan kecepatan sesaat untuk benda yang bergerak dengan kelajuan tidak tetap.

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}$$

2.1.4 Percepatan merupakan besaran vektor.

- Melakukan percobaan misalnya dengan kereta dinamika dan katrol untuk menunjukkan bahwa gerak trolley (kereta dinamika) makin lama makin cepat.
- Menerima informasi bahwa perubahan kecepatan tiap satuan waktu secara rata-rata disebut percepatan rata-rata dan berlaku.

$$\text{percepatan rata-rata} = \frac{\text{perubahan kecepatan}}{\text{perubahan waktu}}, \text{ atau } \bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

- Mendiskusikan bahwa percepatan (a) merupakan besaran vektor. Menurut SI, satuan a dinyatakan dalam meter per sekon kuadrat atau ms^{-2} .
- Menerima informasi tentang percepatan sesaat sebagai:

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

2.1.5 Perlajuan merupakan besaran skalar.

- Menerima informasi bahwa perlajuan (a) merupakan besaran skalar dan nilai dari percepatan.

2.1.6 Benda yang melakukan gerak lurus beraturan kecepatannya tetap.

- Melakukan percobaan, misalnya dengan tiker timer dan kereta dinamika untuk menunjukkan bahwa jarak titik yang sama ditempuh dalam waktu yang sama (kecepatan tetap).
- Mendiskusikan bahwa pada gerak lurus beraturan kecepatan tetap, berarti $a = 0$.
- Menginterpretasi grafik $v-t$ dan $s-t$ untuk gerak lurus beraturan.

2.1.7 Pada gerak lurus berubah beraturan, perubahan kecepatan sebanding dengan perubahan waktu dan perpindahan benda merupakan fungsi kuadrat dari waktu.

- Menerima informasi bahwa gerak lurus dengan percepatan tetap disebut gerak lurus berubah beraturan, dimana :

$$v_t = v_0 + a \cdot t \text{ dan } s_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

- Menginterpretasi grafik $v-t$ dan $s-t$ untuk gerak lurus berubah beraturan.

2.1.8 Semua benda yang melakukan gerak jatuh bebas dalam ruang hampa, percepatannya sama.

- Mendiskusikan gerak jatuh bebas sebagai gerak yang hanya dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi
- Mendiskusikan bahwa jika gesekan dan gaya Archimedes udara diabaikan, benda akan jatuh ke bumi dengan percepatan tetap.
- Memahami pengertian gerak jatuh bebas sebagai gerak dengan $v_0 = 0$ (tanpa kecepatan awal), dan $a = g$.
- Mendiskusikan gerak vertikal dan menyimpulkan bahwa gerak vertikal ke bawah dan gerak vertikal ke atas keduanya merupakan gerak lurus berubah beraturan.

DINAMIKA GERAK LURUS

2.2 Gaya mempengaruhi gerak benda

2.2.1 Setiap benda akan diam atau bergerak lurus beraturan jika resultan gaya yang bekerja pada benda itu sama dengan nol (hukum I Newton).

- Melakukan percobaan atau demonstrasi, misalnya menarik dengan cepat sehelai kertas yang di atasnya diletakkan sebuah benda, untuk memahami arti kelembaman atau inersia benda.

2.2.2 Percepatan suatu benda yang disebabkan oleh suatu gaya sebanding dan searah dengan gaya itu dan berbanding terbalik dengan massa benda yang dikenai oleh gaya tersebut (hukum II Newton).

- Melakukan percobaan, misalnya dengan kereta dinamika, pewaktu ketik (ticker timer), dan katrol untuk menunjukkan hubungan antara percepatan, massa benda, dan gaya, yang dinyatakan sebagai hukum II Newton.

$$a = \frac{F}{m} \text{ atau } F = ma$$

- Mendiskusikan hubungan antara percepatan gravitasi, massa benda, dan gaya berat, yaitu:

$$W = m \cdot g$$

2.2.3 Besar gaya aksi sama dengan gaya reaksi sedangkan arahnya berlawanan, keduanya bekerja pada 2 benda yang berbeda (hukum III Newton).

- Melakukan demonstrasi untuk menunjukkan besarnya gaya aksi sama dengan gaya reaksi dan arahnya berlawanan. Kedua gaya ini bekerja pada dua benda yang berbeda.

3. *Siswa memahami pengertian memadu gerak dan persamaan gerak dalam bidang serta mengembangkan kemampuan berdiskusi dan bernalar.*

MEMADU GERAK

3.1 Gerak benda pada suatu bidang datar dapat dipandang sebagai perpaduan dua gerak.

3.1.1 Perpaduan dua gerak lurus beraturan merupakan gerak lurus beraturan juga.

- Mencrima informasi bahwa resultan beberapa vektor perpindahan pada bidang X-Y sistem koordinat Cartesius dapat ditentukan dengan menjumlahkan semua komponen-X mendatar dan komponen-Y.

$$s_x = s_1 \cos \theta_1 + s_2 \cos \theta_2 + \dots = \sum_{i=1}^N s_i \cos \theta_i$$

$$s_y = s_1 \sin \theta_1 + s_2 \sin \theta_2 + \dots = \sum_{i=1}^N s_i \sin \theta_i$$

$$\text{resultan } R = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}$$

(penjumlahan cara analitis).

- Mendiskusikan bahwa perpaduan dua buah gerak lurus beraturan yang saling membentuk sudut merupakan gerak lurus beraturan juga. Kecepatan resultan geraknya sama dengan resultan kedua kecepatan gerak lurus beraturan tersebut.

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2 \cos \theta}$$

θ merupakan sudut antara kedua gerak.

3.1.2 Gerak parabola terjadi karena adanya perpaduan gerak lurus beraturan dengan gerak lurus berubah beraturan yang saling tegak lurus.

- Mendiskusikan dengan pertolongan gambar bahwa paduan gerak lurus beraturan pada sumbu-X dan gerak lurus berubah beraturan pada sumbu-Y sistem koordinat Cartesius merupakan gerak yang lintasannya berbentuk parabola.
- Mendiskusikan hubungan antara kecepatan resultan gerak dengan masing-masing komponen kecepatan.

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x}$$

α merupakan sudut antara kecepatan resultan dengan sumbu-X.

- Mendiskusikan cara menemukan ketinggian maksimum dan titik potong lintasan parabola dengan sumbu-X.

4. *Siswa memahami konsep dan persamaan gerak melingkar beraturan dan mampu melaksanakan percobaan serta mengembangkan kemampuan bernalar.*

GERAK MELINGKAR BERATURAN

4.1 Benda yang bergerak melingkar beraturan mempunyai percepatan yang selalu mengarah ke pusat lingkaran.

4.1.1 Benda yang bergerak melingkar beraturan mempunyai laju linear yang sebanding dengan kecepatan sudut yang besarnya tetap.

- Mengamati demonstrasi untuk menunjukkan gerak melingkar.
- Menerima informasi tentang beberapa besaran pada gerak melingkar beraturan, yaitu period, frekuensi, laju linier dan kecepatan sudut.
- Mendiskusikan hubungan antara kecepatan sudut, period, frekuensi, laju linear, yaitu:

$$v = \omega R \text{ dan } \omega = \frac{2\pi}{T}$$

4.1.2 Gerak melingkar beraturan mempunyai percepatan sentripetal yang besarnya tetap dan arahnya selalu menuju titik pusat.

- Melakukan percobaan dengan menggunakan alat sentripetal untuk menunjukkan hubungan gaya sentripetal dengan laju linier.
- Menerima informasi tentang pengertian percepatan dan gaya sentripetal, serta menurunkan persamaan:

$$a_s = \omega^2 R \text{ dan } F_s = \frac{mv^2}{R}$$

5. Siswa memahami konsep gaya gravitasi dan hukum gravitasi Newton.

GRAVITASI

5.1 Antara benda-benda selalu terdapat interaksi gravitasi.

5.1.1 Gaya gravitasi antara dua benda merupakan gaya tarik menarik yang berbanding lurus dengan massa masing-masing benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara keduanya.

- Menerima informasi tentang Hukum gravitasi Newton, dengan persamaan :

$$F = |\vec{F}| = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

- Menurunkan rumusan percepatan gravitasi melalui hukum II Newton untuk memperoleh:

$$g = G \frac{M}{r^2}$$

- Memahami makna tetapan G dan cara menentukannya.
- Menerapkan hukum gravitasi Newton dan hukum II Newton untuk menghitung massa bumi atau planet lain.

CATURWULAN: 2 (60 jam pelajaran)

6. *Siswa mampu bernalar dan berdiskusi untuk memahami konsep usaha dan energi.*

USAHA DAN ENERGI

6.1 Usaha Merupakan proses perubahan energi

6.1.1 Gaya dapat melakukan usaha.

- Membandingkan arti "usaha" dalam kehidupan sehari-hari, dan arti yang khas dalam fisika.
- Mendiskusikan bahwa besar usaha dinyatakan sebagai hasil kali perpindahan dengan komponen gaya pada arah perpindahan tersebut :

$$W = (F \cos \alpha) s = F \cdot s \cos \alpha = \vec{F} \cdot \vec{s}$$

dimana W adalah besaran skalar.

- Mendiskusikan usaha yang dilakukan oleh beberapa buah gaya sampai dengan usaha yang bernilai negatif.

6.2 Energi merupakan kemampuan untuk melakukan usaha.

6.2.1 Energi potensial merupakan energi yang dimiliki benda karena keadaan atau kedudukannya.

- Mendiskusikan energi yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari (energi dari minyak bumi, energi air terjun, energi nuklir, dan energi kimia).
- Mendiskusikan tentang terbatasnya sumber energi yang ada dan pentingnya penghematan energi.
- Mendiskusikan contoh-contoh energi potensial dalam kehidupan sehari-hari, misalnya energi potensial karet ketapel, busur panah yang teregang, dan energi potensial air yang ada di tempat yang tinggi.

6.2.2 Dalam medan gravitasi yang homogen energi potensial gravitasi terhadap suatu bidang horizontal sebanding dengan massa benda dan sebanding dengan jarak ke bidang tersebut.

- Mencrima informasi medan gravitasi bumi dapat dianggap homogen di ketinggian h yang jauh lebih kecil dari R = jejari bumi.
- Menurunkan persamaan $E_p = m \cdot g \cdot h$ dengan menggunakan contoh, misalnya energi (usaha) yang diperlukan untuk mengangkat benda yang massanya m sejauh h vertikal ke atas, sehingga diperoleh

$$W = m \cdot g (h_1 - h_2)$$

- Mendiskusikan energi potensial sampai dengan energi potensial yang bernilai negatif.

6.2.3 Dalam medan gravitasi Newton yang tidak homogen energi potensial terhadap energi potensial di tak terhingga sebanding dengan massa benda dan berbanding terbalik dengan jarak benda ke sumber medan gravitasi.

- Mendiskusikan energi potensial hingga energi potensial yang bernilai negatif.
- Menurunkan persamaan:

$$E_p = \frac{-Gm_1M}{r}$$

M = massa sumber

m = massa benda

6.2.4 Energi kinetik suatu benda sebanding dengan massa dan kuadrat kecepatannya.

- Mendiskusikan energi kinetik sebagai energi yang dimiliki benda karena geraknya dan membahasnya dengan gejala-gejala yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.
- Menurunkan besarnya energi kinetik benda yang kecepatannya v dan massanya m dengan menggunakan pengertian usaha dan hukum-hukum gerak, sehingga diperoleh:

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

6.2.5 Untuk gaya yang besarnya tetap, usaha yang dilakukan oleh gaya sama dengan perubahan energi kinetiknya.

- Menurunkan persamaan perubahan energi kinetik dari pengertian usaha sehingga diperoleh:

$$W = \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2$$

6.2.6 Dalam medan gravitasi jumlah energi potensial dan energi kinetik suatu benda bernilai tetap (hukum kekekalan energi mekanik).

- Menunjukkan keberlakuan hukum kekekalan energi pada gerak didalam medan gravitasi, sehingga diperoleh persamaan:

$$E_{pA} + E_{kA} = E_{pB} + E_{kB}$$

- Mendiskusikan pengaruh penghambat gerak, misalnya gaya gesekan atau gaya rem menyebabkan hukum kekekalan energi mekanik tidak selalu berlaku.
- Merancang dan membuat alat perubahan energi model PLTA sederhana yang memanfaatkan tenaga air. Selanjutnya mengembangkan model alat-alat sederhana yang dapat mengubah tenaga air menjadi energi kinetik atau energi bunyi, misalnya alat penumbuk padi sederhana atau alat bunyi-bunyian untuk mengusir burung di sawah.

7. Siswa memahami konsep gesekan melalui percobaan dan penalaran.

GESEKAN

7.1 Gesekan dapat menghambat gerak benda.

- 7.1.1** Pada umumnya benda yang bergerak pada suatu bidang akan mengalami gaya gesekan.
- Mengamati demonstrasi sebuah benda yang digerakkan di lantai untuk memahami gesekan pada suatu bidang (diberi kecepatan awal akan berhenti pada jarak tertentu).
 - Mendiskusikan bahwa semua benda yang bergerak pada suatu bidang akan mengalami gesekan, makin kasar bidang tersebut makin besar gaya gesekannya
- 7.1.2** Ada gesekan yang merugikan tetapi ada juga yang bermanfaat.
- Mendiskusikan pemahaman gaya gesekan seperti pada waktu orang berjalan kaki, roda menjalankan kendaraan.
 - Mendiskusikan kerugian gaya gesekan bagi kehidupan seperti gesekan di antara bagian-bagian mesin.
- 7.1.3** Gaya gesekan kinetis lebih kecil dari gaya gesekan statis.
- Menerima informasi tentang pengertian gaya gesekan statis dan kinetis.
 - Mendemonstrasikan bahwa gaya gesekan kinetis lebih kecil dari gaya gesekan statis.
- 7.1.4** Besar gaya gesekan statis antara dua permukaan bergantung pada gaya normal dan pada koefisien gesekan antara kedua permukaan.
- Mendiskusikan koefisien gesekan statis.
- 7.1.5** Gesekan merupakan gaya yang tidak konservatif.
- Mendiskusikan mengapa gaya gesekan menyebabkan tidak berlakunya hukum kekekalan energi.
- 7.1.6** Gesekan bergantung pada gaya normal dan koefisien gesekan permukaannya.
- Mendemonstrasikan gaya gesekan gesekan μN untuk berbagai nilai N dan permukaan.

8. Siswa mampu melakukan percobaan dan berdiskusi untuk memahami pengertian impuls, momentum dan tumbukan, serta menggunakan hukum kekekalan momentum.

IMPULS, MOMENTUM, DAN TUMBUKAN

8.1 Setiap benda yang bergerak memiliki momentum.

- 8.1.1** Perubahan momentum suatu benda sama dengan impuls
- Menerima informasi tentang pengertian momentum dan impuls.
 - Menurunkan hubungan antara impuls dengan perubahan momentum dari hukum II Newton.

$$F \cdot \Delta t = \Delta (mv)$$

8.1.2 Pada peristiwa tumbukan jumlah momentum sebelum dan sesudah tumbukan tetap, bila tidak ada gaya luar.

- Menyelidiki kekekalan mv dengan percobaan menggunakan dua kereta dinamik, sehingga diperoleh kesimpulan :

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

8.1.3 Pada tumbukan lenting sempurna, berlaku hukum kekekalan energi mekanik, sedangkan pada tumbukan tidak lenting sempurna, hukum kekekalan energi mekanik tidak berlaku.

- Menerima informasi bahwa hukum kekekalan energi mekanik (kinetik) :

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2$$

berlaku pada tumbukan lenting sempurna.

- Menurunkan persamaan :

$$v_1' - v_2' = v_2 - v_1$$

dari hukum kekekalan energi dan hukum kekekalan momentum.

- Mendiskusikan bahwa pada tumbukan tak lenting sama sekali berlaku :

$$v_1' = v_2'$$

8.1.4 Roket bergerak atas dasar impuls dan hukum kekekalan momentum.

- Merancang dan membuat model roket sederhana, misalnya dengan memanfaatkan balon karet.

9. Siswa mampu melakukan percobaan dan bernalar untuk memahami beberapa sifat getaran dan gelombang yang merambat.

GETARAN DAN GELOMBANG

9.1 Getaran merupakan gerak bolak-balik yang periodik

9.1.1 Setiap benda yang dapat bergetar akan bergetar dengan frekuensi alamiahnya sendiri.

- Mendiskusikan kembali pengertian frekuensi dan period untuk memahami bahwa setiap benda bergetar memiliki frekuensi tertentu atau period tertentu.

9.1.2 Pada getaran harmonik bekerja gaya-gaya yang selalu mengarah ke satu titik yang besarnya sebanding dengan jarak ke titik tersebut.

- Menganalisis gaya yang bekerja pada getaran benda yang digantungkan pada pegas.

9.1.3 Benda yang bergetar ideal memenuhi hukum kekekalan energi mekanik.

- Menerima informasi mengenai cara menghilangkan tenaga potensial terhadap kedudukan setimbang.
- Menerima informasi bahwa jumlah energi kinetik dan potensial getaran pada gerak harmonik selalu tetap.

9.1.4 Dua atau lebih getaran dapat disuperposisikan.

- Mengamati superposisi dua getaran.
- Menerima informasi tentang cara mensuperposisikan dua getaran dengan grafik.

9.2 Gelombang merupakan salah satu cara perpindahan energi.

9.2.1 Berdasarkan arah getarannya gelombang dibedakan menjadi gelombang transversal dan longitudinal.

- Memahami gelombang sebagai perambatan getaran.
- Mengamati demonstrasi menggunakan slinky untuk menunjukkan bahwa zat antara tidak ikut merambat.
- Mengamati perbedaan antara gelombang transversal dan gelombang longitudinal.

9.2.2 Panjang gelombang berbanding terbalik dengan frekuensi gelombang.

- Mendiskusikan hubungan antara cepat rambat gelombang, frekuensi, dan panjang gelombang pada gelombang harmonik, untuk menyimpulkan

$$v = f \cdot \lambda$$

9.2.3 Energi gelombang sebanding dengan kuadrat amplitud dan frekuensinya.

- Mendiskusikan perambatan energi sumber getaran dan menyimpulkan bahwa energi tersebut sebanding dengan kuadrat amplitud dan frekuensinya.

9.2.4 Gelombang dapat dipantulkan atau dibiaskan.

- Mengamati demonstrasi dengan menggunakan tangki riak untuk memahami proses pemantulan dan pembiasan di perbatasan dua medium perambatan gelombang.
- Mengamati sudut datang dan sudut pantul sehingga dapat menyimpulkan bahwa :

$$\text{sudut datang} = \text{sudut pantul}$$

- Mengamati sudut datang dan sudut bias untuk mendapatkan gagasan tentang terjadinya pembiasan pada gelombang, serta terjadinya perubahan panjang gelombang pada pembiasan.
- Dengan bantuan gambar pembiasan gelombang menalar hubungan antara sudut datang dan sudut bias dikaitkan dengan indeks bias medium, yaitu :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

- Menerima informasi tentang pengertian indeks bias sebagai perbandingan sinus sudut datang dari ruang hampa dengan sinus sudut bias dalam medium, atau :

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c}{V} = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

9.2.5 Bila dua atau lebih gelombang yang koheren tiba di suatu titik, gelombang tersebut akan berinterferensi.

- Menerima informasi tentang konsep koheren.
- Mengamati terjadinya interferensi antara dua sumber gelombang pada tangki riak.

9.2.6 Bila gelombang mengenai suatu celah atau melewati tepi penghalang, terjadi difraksi.

- Mengamati peristiwa difraksi dengan menggunakan celah sempit dan tepi penghalang.

9.2.7 Pada gelombang stasioner terdapat titik simpul dan perut saling bergantian yang jaraknya $\frac{1}{4}$ panjang gelombang satu sama lain.

- Melakukan percobaan Melde untuk menunjukkan bahwa gelombang stasioner terjadi sebagai akibat interferensi gelombang datang dan gelombang pantul.

10. Siswa mampu melakukan percobaan dan bernalar untuk memahami gelombang bunyi serta sifat-sifatnya.

BUNYI SEBAGAI GELOMBANG

10.1 Gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal.

10.1.1 Jika ada 2 gelombang bunyi yang frekuensinya sama tiba di suatu titik, maka kedua bunyi itu berinterferensi.

- Mengamati demonstrasi, misalnya dengan generator audio untuk memahami peristiwa interferensi pada bunyi, dan mengetahui adanya penguatan dan pelemahan bunyi.

10.1.2 Tinggi nada ditentukan oleh frekuensi nada tersebut.

- Mengamati hubungan antara frekuensi dan tinggi nada misalnya menggunakan lidi yang digetarkan oleh jari-jari roda sepeda yang diputar.
- Menerima informasi batas pendengaran manusia, yaitu antara 20Hz dan 20.000 Hz dan pengertian *ultrasonik dan infrasonik*.
- Menerima informasi tentang penerapan gelombang ultrasonik, misalnya sebagai alat mengukur kedalaman laut, mendeteksi kerusakan pada logam dan digunakan dalam ilmu kesehatan.

10.1.3 Kuat nada ditentukan oleh amplitud nada tersebut.

- Mengamati demonstrasi dengan menggunakan senar gitar atau menggunakan generator audio, penguat dan pengeras suara serta osiloskop, untuk memahami bahwa kuat bunyi bergantung pada amplitud gelombang.

10.1.4 Bila jarak antara sumber bunyi dan pengamat berubah, maka pengamat menerima bunyi dengan frekuensi yang berbeda dengan frekuensi sumbernya.

- Menerima informasi tentang efek Doppler dengan perhitungan sederhana.

CATURWULAN: 3 (50 jam pelajaran)

11. Siswa memahami sifat-sifat zat, hukum-hukum dan penerapannya melalui percobaan, diskusi, dan penalaran.

ELASTISITAS

11.1 Zat padat bersifat elastik (lentur).

11.1.1 Benda-benda elastik dapat kembali ke bentuk semula bila gaya yang bekerja pada benda itu tidak bekerja lagi.

- Mengamati sifat benda-benda untuk menemukan adanya benda yang elastik dan tidak elastik, misalnya dengan menggunakan lidi, karet gelang, pegas baja, pegas tembaga, dan plastisin.
- Menerima informasi tentang adanya batas elastisitas benda. Selanjutnya mengamati batas elastisitas tersebut dengan demonstrasi, misalnya menggunakan pegas kawat tembaga.
- Menerima informasi konsep tegangan dan regangan serta keterkaitannya.

11.1.2 Pertambahan panjang sebuah pegas sebanding dengan besarnya gaya yang bekerja pada pegas itu (hukum Hooke).

- Melakukan percobaan untuk menunjukkan hubungan antara pertambahan panjang pegas dengan gaya, sehingga dapat menyimpulkan bahwa :

$$F = - kx$$

- Mendiskusikan hukum Hooke untuk susunan pegas.

11.1.3 Energi potensial elastik sebuah pegas sebanding dengan kuadrat pertambahan panjang pegas, dan sebanding dengan konstanta pegas itu.

- Menerima informasi tentang pengertian energi potensial elastik dan menurunkan persamaan :

$$E_p = \frac{1}{2} kx^2$$

dengan menggunakan kenyataan bahwa usaha yang dilakukan oleh sebuah gaya sama dengan luas bidang pada grafik F - x

- Melihat contoh atau dan membuat alat sederhana yang memanfaatkan energi potensial pegas.

FLUIDA TAK BERGERAK

11.2 Tekanan hidrostatis dalam fluida disebabkan oleh gaya gravitasi.

11.2.1 Tekanan yang diberikan oleh sebuah gaya yang bekerja pada suatu benda, bergantung pada gaya dan luas permukaan kontak gaya tersebut.

- Mendiskusikan rumusan $p = \frac{F}{A}$, dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

Alat-alat tersebut seperti pisau, paku, dan pasak, perlu runcing untuk memperbesar tekanan p .

11.2.2 Besarnya tekanan di suatu titik di dalam zat cair tak bergerak sebanding dengan kedalaman titik itu dan sebanding dengan massa jenis zat cair itu.

- Mendiskusikan besarnya tekanan hidrostatik pada kedalaman tertentu, sehingga diperoleh persamaan:

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

11.2.3 Tekanan yang diberikan kepada zat cair di dalam ruang tertutup diteruskan sama besar ke segala arah (hukum Pascal).

- Mendiskusikan hubungan antara gaya dengan luas permukaan di dua tempat yang terpisah, sehingga diperoleh hubungan :

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

- Mendiskusikan pemanfaatan hukum Pascal dalam kehidupan sehari-hari, yaitu dengan gaya yang kecil dapat diperoleh gaya yang besar. Sebagai contoh pada prinsip kerja dongkrak hidrolik.

11.2.4 Benda yang tercelup ke dalam fluida mengalami gaya ke atas seberat fluida yang dipindahkan (hukum Archimedes).

- Menurunkan hukum Archimedes secara teoretis menggunakan pengertian tekanan hidrostatik, sehingga diperoleh besar gaya ke atas.

$$F = V \cdot \rho \cdot g$$

- Mendiskusikan syarat-syarat mengapung, tenggelam, dan melayang dengan menerapkan azas Archimedes.
- Mendiskusikan penerapan hukum Archimedes dalam teknologi misalnya kapal laut, galangan kapal, balon udara, dan hidrometer.

11.2.5 Adanya gaya tarik-menarik antar partikel yang sama (gaya kohesi), di permukaan zat cair menimbulkan tegangan yang menyebabkan permukaan selalu cenderung memperkecil diri.

- Menerima informasi tentang tegangan permukaan melalui beberapa contoh, misalnya pisau silet dan/atau jarum dapat terapung dipermukaan air, dan kawat berbentuk U yang dicelupkan ke dalam larutan sabun.
- Menerima informasi tentang teori partikel zat untuk zat padat, cair, dan gas.
- Mendiskusikan terjadinya tegangan permukaan dengan menggunakan teori partikel.

11.2.6 Besar sudut kontak bergantung pada gaya adhesi antara partikel zat cair dengan permukaan bejana dan gaya kohesi antar partikel zat cair.

- Menyaksikan demonstrasi dan dengan bantuan gambar untuk memahami pengertian sudut kontak dan terjadinya meniskus cembung dan cekung.

11.2.7 Kapilaritas merupakan peristiwa naik atau turunnya permukaan zat cair di dalam tabung sempit (pipa kapiler).

- Mendiskusikan naiknya permukaan zat cair yang membasahi dinding dan turunnya permukaan zat cair yang tidak membasahi dinding pada pipa kapiler.
- Mendiskusikan penerapan kapilaritas, misalnya pada kuas dan sumbu kompor/lampu.

11.2.8 Viskositas fluida menyatakan gesekan dalam fluida

- Menerima informasi tentang pengertian viskositas.
- Menggunakan hukum Stokes untuk mencari viskositas fluida.

FLUIDA BERGERAK

11.3 Pada tempat-tempat di dalam fluida yang bergerak, besar tekanan dipengaruhi oleh kecepatan alir dan massa jenis fluida serta dan ketinggian tempat tersebut.

11.3.1 Fluida yang tidak kompresibel dan tidak mengalami hambatan, mengalir secara stasioner.

- Menerima informasi tentang pengertian fluida tidak kompresibel, hambatan terhadap aliran fluida, dan aliran fluida yang stasioner.

11.3.2 Pada fluida tidak kompresibel hasil kali antara laju aliran fluida dan luas penampangnya selalu tetap.

- Menerima informasi tentang pengertian debit $Q = A \cdot v$ dan menurunkan secara matematis persamaan :

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

11.3.3 Pada aliran stasioner berlaku azas Bernoulli.

- Melakukan percobaan dengan alat Bernoulli untuk menunjukkan perbedaan tekanan pada diameter kecil dan besar.
- Menurunkan persamaan Bernoulli secara matematis:

$$p + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot h = \text{konstan}$$

- Mendiskusikan penerapan hukum Bernoulli misalnya gaya angkat pesawat terbang, karburator dan penyemprot nyamuk.
- Mengamati dan menjelaskan kecepatan pancaran air pada selang kalau ujungnya dipersempit.
- Merancang bangun alat sederhana yang memanfaatkan prinsip Bernoulli.

12. Siswa mampu melakukan percobaan dan bernalar untuk memahami pengertian suhu dan kalor serta cara perpindahan kalor.

SUHU

12.1 Suhu benda menunjukkan derajat panas suatu benda.

12.1.1 Beberapa sifat termal benda berubah bila suhunya berubah.

- Menerima informasi mengenai sifat termometrik zat
- Mendiskusikan bahwa pengukuran suhu menggunakan sifat termometrik dari suatu benda.

12.1.2 Suhu zat yang diukur sama besarnya dengan skala yang ditunjukkan oleh termometer pada saat terjadinya keseimbangan termal antara zat dengan termometer itu.

- Menerima informasi tentang hubungan antara termometer skala Celcius, Kelvin, dan Fahrenheit.

12.1.3 Pada umumnya zat memuai kalau suhunya naik.

- Penggunaan rumus-rumus muai panjang, luas dan volum untuk memecahkan masalah.
- Menerima informasi tentang pemuaian volum zat cair dan gas (hukum Boyle dan Gay Lussac).
- Mendiskusikan anomali air diantara 0° sampai 4°C.

KALOR

12.2 Kalor merupakan salah satu bentuk energi yang mengalami perpindahan.

12.2.1 Bila dua benda disentuhkan, maka kalor berpindah dari benda yang suhunya lebih tinggi ke benda yang suhunya lebih rendah.

- Mendiskusikan pengertian kalor dan perbedaannya dengan suhu.
- Menyimpulkan dari percobaan bahwa kalor berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah, sampai terjadi keseimbangan termal.

12.2.2 Banyak kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu zat sebanding dengan massa dan perubahan suhu zat tersebut.

- Menerima informasi tentang perubahan energi mekanik menjadi energi kalor.
- Menerima informasi tentang pengertian kalor jenis (c) suatu zat.
- Menerapkan persamaan $Q = m.c.\Delta T$

12.2.3 Banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu benda sebanding dengan kapasitas kalor benda tersebut dan sebanding dengan perubahan suhu.

- Mendiskusikan pengertian kapasitas kalor (C) suatu benda dan menalarkan hubungan :

$$C = m.c \text{ dan } Q = C.\Delta T$$

12.2.4 Untuk kalor berlaku hukum kekekalan energi.

- Menerapkan hukum kekekalan energi untuk pengukuran-pengukuran kalor (kalorimetri).

12.2.5 Pada perubahan wujud, suhu zat tetap.

- Mengamati peristiwa peleburan atau penguapan untuk menunjukkan bahwa suhu zat tidak berubah selama terjadinya peristiwa perubahan wujud.
- Mendiskusikan bahwa pada waktu melebur atau menguap zat memerlukan kalor.

12.2.6 Banyaknya kalor yang diperlukan/dilepaskan suatu zat untuk melebur/ membeku sebanding dengan massa zat tersebut.

- Menyimpulkan dari percobaan bahwa kalor yang diperlukan untuk melebur sebanding dengan massa zat tersebut.
- Menerima informasi tentang kalor lebur/beku sampai pada $Q = m.L$.
- Mendiskusikan bahwa pada suatu zat pada tekanan yang sama, kalor lebur sama dengan kalor beku.
- Mendiskusikan penerapannya pada freeze drying, kandungan air dari sebuah produk makanan dibekukan dulu, kemudian langsung berubah menjadi gas (sublimasi) dengan cara ini bau dan citarasa produk tidak rusak.

12.2.7 Banyaknya kalor yang diperlukan/dilepaskan suatu zat untuk menguap/ mengembun sebanding dengan massa zat tersebut.

- Menyimpulkan dari percobaan bahwa kalor yang diperlukan untuk menguapkan zat sebanding dengan massa zat tersebut.
- Menerima informasi mengenai pengertian kalor uap/embun sampai hubungan $Q = m.L$.
- Mendiskusikan bahwa untuk suatu zat pada tekanan yang sama, kalor uap sama dengan kalor embun.

PERPINDAHAN KALOR

12.3 Kalor dapat berpindah secara konduksi, konveksi, dan radiasi.

12.3.1 Pada konduksi, kalor berpindah tanpa disertai perpindahan partikel zat.

- Menerima informasi tentang ketergantungan antara kelajuan hantaran kalor di antara dua titik pada suatu benda terhadap panjang, luas penampang, jenis bahan, dan selisih suhu.

12.3.2 Pada konveksi, kalor berpindah bersama-sama dengan perpindahan partikel zat.

- Menerima informasi tentang perpindahan kalor dari suatu bidang ke bidang lain pada peristiwa konveksi bergantung pada luas bidang tersebut dan selisih suhu antara kedua bidang.
- Mendiskusikan penerapan konveksi dalam kehidupan sehari-hari, baik yang terjadi secara alamiah maupun yang dipaksakan, misalnya ventilasi kamar, cerobong asap, pengaturan katub udara pada kompor dan kipas angin.

12.3.3 Pada radiasi, kalor berpindah dalam bentuk gelombang elektromagnetik.

- Menerima informasi tentang kenyataan bahwa setiap benda pada setiap suhu memancarkan/menerima energi yang besarnya sebanding dengan T^4 .
- Mendiskusikan penerapan radiasi dalam kehidupan sehari-hari, misalnya penghangat rumah, pengeringan kopi, pembakaran pada alat pemanggang (oven), dan efek rumah kaca.

Kelas II

Tujuan:

1. *Siswa mampu melakukan percobaan untuk memahami dasar-dasar kelistrikan baik statis maupun dinamik, dasar-dasar kemagnetan, optika geometrik dan alat-alat optik sebagai dasar untuk mempelajari Fisika pada program pengkhususan, serta mengembangkan kemampuan berdiskusi dan bernalar.*
2. *Siswa mampu bernalar melalui pengamatan dan berbagai informasi untuk memahami struktur atom dan struktur inti sebagai dasar untuk mempelajari Fisika moderen pada program pengkhususan, serta mengembangkan kemampuan berdiskusi.*
3. *Siswa mampu memahami konsep struktur bumi, tata surya dan koordinat benda langit serta mengembangkan kemampuan mengamati dan berdiskusi.*

KELAS II

Caturwulan : 1 (60 jam pelajaran)

13. Siswa mampu memahami konsep dan hukum listrik statik melalui percobaan dan penalaran serta mampu menerapkan konsep/hukum tersebut dalam kehidupan sehari-hari.

LISTRIK STATIK

13.1 Muatan listrik tidak bergerak menimbulkan medan listrik statik.

13.1.1 Interaksi elektrostatik di antara dua muatan dapat merupakan gaya tarik menarik atau tolak menolak.

- Mendiskusikan jenis-jenis muatan dan partikel-partikel pembawa muatan listrik di dalam atom (elektron dan proton).
- Mendiskusikan pengertian benda bermuatan dan benda netral.
- Menerima informasi tentang gaya Coulomb antara dua muatan titik, dirumuskan sebagai:

$$F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

- Mendiskusikan gaya Coulomb yang dialami oleh sebuah muatan akibat pengaruh muatan-muatan lain (dibatasi untuk penjumlahan vektor gaya-gaya Coulomb yang segaris):

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$$

13.1.2 Pada setiap titik dalam medan listrik dapat ditentukan sebuah vektor yang menyatakan kuat medan listrik di titik tersebut.

- Menerima informasi tentang pengertian *medan listrik*.
- Melakukan percobaan menggunakan elektroskop untuk menunjukkan adanya medan listrik.
- Menerima informasi tentang definisi kuat medan, yaitu $E = \frac{F_C}{Q}$.
- Dari definisi kuat medan menurunkan persamaan kuat medan listrik untuk sebuah muatan titik:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

- Mendiskusikan kuat medan listrik di suatu titik akibat beberapa muatan (dibatasi untuk penjumlahan vektor kuat medan yang segaris):

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$$

- Menerima informasi tentang pengertian garis medan untuk menggambarkan kuat medan listrik dan kuat medan sebagai kerapatan luas jumlah garis medan.

13.1.3 Setiap muatan listrik yang berada dalam medan listrik memiliki energi potensial listrik.

- Mendiskusikan beda energi potensial antara dua titik dalam medan listrik homogen sebagai $\Delta E_p = - \int_c \vec{E} \cdot d\vec{s} \cos \alpha$
- Menerima informasi tentang hukum Gauss secara kualitatif mengenai jumlah garis medan yang ditimbulkan sistem muatan.

13.1.4 Pada setiap titik dalam medan listrik dapat ditentukan sebuah skalar yang menyatakan potensial listrik di titik tersebut.

- Menerima informasi tentang kuat medan listrik homogen yang terdapat antara dua plat sejajar bermuatan.
- Mendiskusikan beda potensial (tegangan) antara dua titik dalam medan listrik homogen sebagai $V = \frac{\Delta E_p}{Q}$; atau $V = - \int_c \vec{E} \cdot d\vec{s} \cos \alpha$

13.1.5 Kapasitor mempunyai kemampuan menyimpan energi listrik.

- Menerima informasi tentang kapasitor dan mengenal jenis-jenis kapasitor.
- Menerima informasi tentang kapasitas sebuah kapasitor dinyatakan dengan ungkapan:

$$C = \frac{Q}{V}$$

- Menerima informasi tentang hubungan antara C , ϵ_r , ϵ_0 , d , A pada suatu kapasitor plat sejajar.

13.1.6 Kapasitas susunan seri kapasitor lebih kecil daripada kapasitas masing-masing kapasitor.

- Mendiskusikan hubungan antara muatan masing-masing kapasitor dengan muatan gabungan dalam susunan seri kapasitor.
- Menurunkan persamaan kapasitas susunan seri kapasitor.

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

13.1.7 Kapasitas susunan paralel kapasitor lebih besar daripada kapasitas masing-masing kapasitor.

- Mendiskusikan hubungan antara tegangan masing-masing kapasitor dengan tegangan gabungan dalam susunan paralel kapasitor.
- Menurunkan persamaan kapasitas susunan paralel kapasitor.

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3$$

13.1.8 Energi yang tersimpan dalam kapasitor bergantung pada besar muatan dan tegangan kapasitor.

- Menerima informasi tentang energi yang tersimpan dalam kapasitor bermuatan Q :

$$W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2$$

14. Siswa memahami beberapa prinsip yang berhubungan dengan rangkaian listrik sederhana melalui percobaan, diskusi, dan penalaran.

RANGKAIAN LISTRIK ARUS SEARAH

14.1 Arus listrik ditimbulkan oleh tegangan listrik.

14.1.1 Suatu sumber tegangan hanya dapat mengalirkan listrik di dalam suatu rangkaian tertutup.

- Mendiskusikan syarat terjadinya arus listrik dalam suatu rangkaian listrik.
- Mengukur kuat arus listrik yang mengalir pada suatu rangkaian tertutup.
- Menerima informasi tentang definisi kuat arus sebagai jumlah muatan yang mengalir setiap satuan waktu:

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt}$$

- Mengukur tegangan pada suatu rangkaian listrik.

14.1.2 Kuat arus yang mengalir melalui suatu penghantar umumnya sebanding dengan tegangan pada ujung-ujung penghantar tersebut.

- Melakukan percobaan dan membuat grafik hubungan antara V dan I untuk menyimpulkan:

$$\frac{V}{I} = \text{konstan} = R \quad (\text{hukum Ohm})$$

- Melakukan percobaan untuk mencari hubungan R , I , dan A sampai ditemukan rumus:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

14.1.3 Jumlah arus yang masuk pada suatu titik cabang sama dengan jumlah arus yang keluar dari titik cabang tersebut.

- Melakukan percobaan untuk menunjukkan bahwa arus yang masuk dalam suatu titik cabang sama dengan arus yang keluar (hukum I Kirchhoff).

14.1.4 Pada rangkaian tertutup jumlah aljabar tegangan sama dengan nol.

- Mendiskusikan bahwa jumlah aljabar arus-arus pada titik cabang selalu nol.
- Menerima informasi bahwa:

$$\sum E + \sum IR = 0 \quad \text{pada setiap rangkaian tertutup.}$$

- Mempelajari penerapan hukum I Kirchhoff, hukum Ohm dan hukum II Kirchhoff pada rangkaian mejemuk.

14.1.5 Komponen-komponen listrik dapat disusun menjadi rangkaian seri, paralel, dan gabungan seri - paralel.

- Menurunkan nilai hambatan pengganti dari susunan seri, paralel.

$$\text{hambatan seri : } R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

hambatan paralel: $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$

14.1.6 Gabungan sumber tegangan seri/paralel dapat mempengaruhi besar kuat arus.

- Melakukan percobaan menderetkan sumber tegangan secara seri untuk menyimpulkan bahwa tegangan totalnya diperbesar.
- Melakukan percobaan dengan sumber-sumber yang dipasang paralel untuk menyimpulkan bahwa tegangan total tidak berubah tetapi kemampuan memasok arusnya diperbesar.

SUMBER ARUS SEARAH DARI PROSES KIMIAWI

14.2 Arus searah dapat dihasilkan dari berbagai proses kimiawi

14.2.1 Elemen primer mengubah energi kimia menjadi energi listrik.

- Menerima informasi tentang potensial kontak logam-logam dari deret volta.
- Menerima informasi bahwa elemen primer merupakan sumber arus searah yang memerlukan penggantian bahan-bahan pereaksi (dibatasi pada elemen Volta dan elemen kering).

14.2.2 Elemen sekunder mengubah energi kimia menjadi energi listrik, dan mengubah energi listrik menjadi energi kimia.

- Menerima informasi bahwa elemen sekunder merupakan elemen elektro-kimia yang dapat memperbaharui bahan-bahan pereaksinya.
- Mendiskusikan cara pengisian aki dengan reaksinya.

ENERGI DAN DAYA LISTRIK

14.3 Dalam suatu rangkaian listrik, energi listrik diubah menjadi berbagai bentuk energi lain.

14.3.1 Perubahan energi listrik menjadi kalor dalam suatu hambatan sebanding dengan waktu pemakaian alat dan kuadrat kuat arus.

- Menurunkan persamaan energi listrik $W = I^2 R t$ dari pengertian tegangan dan kuat arus.

14.3.2 Besarnya daya listrik pada suatu hambatan sebanding dengan kuadrat kuat arus.

- Menurunkan persamaan daya listrik $P = I^2 R = \frac{V^2}{R}$.
- Menalarakan hubungan antara daya yang tertera pada alat-alat listrik dengan daya yang terpasang karena adanya perbedaan tegangan dan arus.
- Mendiskusikan hubungan antara watt, joule, dan kWh.
- Menerapkan pengertian daya listrik pada pemakaian alat-alat listrik rumah tangga, sesuai dengan batas daya tersedia yang dibatasi sekering.
- Mendiskusikan pentingnya penghematan penggunaan energi dengan cara meminimalkan daya alat dan/atau waktu pemakaian.

15. Siswa memahami gejala medan magnetik dan sifat-sifat yang menyertainya, melalui percobaan, diskusi dan penalaran.

MEDAN MAGNETIK

15.1 Arus listrik menimbulkan medan magnetik di sekitarnya.

15.1.1 Kuat arah medan magnetik di sekitar arus listrik bergantung pada arah arus.

- Melakukan percobaan untuk mengamati gejala medan magnetik yang ditimbulkan oleh arus listrik dengan menggunakan jarum kompas, sampai dengan menemukan hubungan antara medan magnet B , arus i , dan jarak a .
- Mendiskusikan dan menalar bentuk medan magnetik di sekitar arus pada penghantar lurus, lingkaran, dan kumparan.

15.1.2 Kumparan berarus berperangai seperti magnet batang permanen.

- Menguji sifat magnetik kumparan berarus untuk menunjukkan bahwa kumparan itu berperangai seperti magnet batang.

15.2 Arus listrik dalam medan magnet mengalami gaya magnetik.

15.2.1 Arah gaya magnetik bergantung pada arah arus dan arah medan magnet.

- Mengamati adanya penyimpangan pita aluminium (aluminium foil) berarus di antara dua kutub magnet U yang kuat.
- Menyimpulkan bahwa arah gaya magnetik bergantung pada arah arus.

15.2.2 Besarnya gaya magnetik bergantung pada besar kuat arus dan kuat medan magnet.

- Mengamati pengaruh kuat arus terhadap penyimpangan pita aluminium pembawa arus di antara dua kutub magnet.
- Mengamati pengaruh kuat medan magnetik terhadap penyimpangan pita aluminium di antara dua kutub magnet.
- Mendiskusikan penerapan gaya magnetik pada motor listrik dan meter listrik.

15.2.3 Dua penghantar yang arah arusnya sama akan tarik-menarik, sedangkan yang arah arus berlawanan akan tolak-menolak.

- Mengamati demonstrasi dua pita aluminium yang dialiri arus yang arahnya sama dan atau berlawanan untuk menyimpulkan arah gaya di antara kedua pita penghantar.

CATURWULAN : 2 (60 jam pelajaran)

16. Siswa memahami induksi elektromagnetik sambil mengembangkan kemampuan melakukan percobaan, bernalar, dan berdiskusi.

INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

16.1 Induksi elektromagnetik akan timbul bila kumparan mengalami perubahan fluks magnetik.

16.1.1 Besarnya gaya gerak listrik induksi (GGL induksi) bergantung pada laju perubahan fluks dan banyaknya lilitan.

- Melakukan percobaan untuk menimbulkan arus induksi pada kumparan dengan menggunakan magnet batang.
- Mendiskusikan prinsip kerja generator arus searah dan bolak-balik melalui gambar.
- Menerapkan prinsip GGL induksi untuk menerangkan cara kerja dinamo sepeda.

16.1.2 Transformator bekerja atas dasar induksi elektromagnetik pada sebuah kumparan oleh kumparan lain atau kumparan itu sendiri yang menimbulkan medan magnetik yang selalu berubah.

- Melakukan percobaan menggunakan kit transformator untuk menemukan hubungan antara tegangan masukan dan keluaran.
- Menerima informasi bahwa transformator ideal memenuhi persamaan:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \text{ dan } \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

- Menerima informasi bahwa pada transformator tidak ideal berlaku $P_{out} \neq P_{in}$ dan $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$
- Mendiskusikan cara mentransmisikan daya listrik jarak jauh disertai alasan penggunaan tegangan tinggi untuk memperkecil rugi daya.

17. Siswa mampu melakukan percobaan dan bernalar untuk memahami pemantulan dan pembiasan cahaya serta menggunakan persamaan-persamaannya untuk memecahkan permasalahan yang berkaitan dengan optika.

OPTIKA GEOMETRIK

17.1 Cahaya dapat dipantulkan dan/atau dibiaskan.

17.1.1 Pada peristiwa pemantulan, sudut datang sama dengan sudut pantul; sinar datang, garis normal serta sinar pantul terletak pada satu bidang datar.

- Mengingat kembali hukum pemantulan gelombang.
- Mendiskusikan perbedaan antara pemantulan baur dan pemantulan teratur.

17.1.2 Permukaan cermin bersifat memantulkan cahaya secara teratur.

- Melakukan percobaan menggunakan cermin datar untuk menunjukkan sudut datang sama dengan sudut pantul, tinggi benda sama dengan tinggi bayangan, bayangannya maya. Kemudian dirumuskan menjadi hukum-hukum pemantulan cahaya.
- Menerima informasi bahwa bayangan maya terjadi karena pertemuan perpanjangan sinar-sinar pantul.
- Menerima informasi tentang perbesaran bayangan pada cermin datar sama dengan 1.

17.1.3 Cermin cekung atau cermin cembung disebut cermin lengkung.

- Melakukan percobaan dan bernalar untuk mengetahui letak fokus cermin cekung dan cermin cembung, jarak benda, jarak bayangan, dan jarak fokus, serta hubungannya satu sama lain.
- Melakukan percobaan untuk menunjukkan sifat bayangan yang terjadi dan perbesaran bayangan pada cermin cekung dan cembung.

17.1.4 Pada pembiasan berlaku hukum Snellius.

- Mengamati pembiasan cahaya pada bidang batas dua medium.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c}{v} = n, \text{ dengan } n = \text{indeks bias}$$

- Melakukan percobaan misalnya menggunakan kaca planparalel untuk menunjukkan hubungan sudut datang dan sudut bias.
- Melakukan percobaan dengan menggunakan prisma untuk menunjukkan sudut deviasi dan sudut deviasi minimum.
- Menerima informasi tentang pembiasan pada bidang lengkung.

17.1.5 Lensa tipis merupakan benda tembus cahaya yang terdiri dari dua bidang lengkung atau satu bidang lengkung dan satu bidang datar.

- Menerima informasi tentang hubungan f , R , n pada lensa tipis:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

- Melakukan percobaan untuk menentukan fokus lensa cembung tipis.
- Melukis bayangan dengan menggunakan sinar-sinar istimewa.
- Melakukan percobaan dengan lensa cembung (positif) untuk menunjukkan hubungan jarak benda, jarak bayangan dan jarak fokus.
- Melakukan percobaan dan bernalar untuk menentukan perbesaran bayangan suatu benda.
- Menerima informasi tentang kuat lensa (kemampuan mengumpulkan dan memencarkan sinar), yaitu:

$$P = \frac{1}{f}$$

18. *Siswa mampu melaksanakan percobaan dan bernalar untuk memahami prinsip kerja beberapa alat optik dan manfaatnya dalam memecahkan permasalahan yang berkaitan dengan optika.*

ALAT-ALAT OPTIK

- 18.1 Untuk mengamati benda-benda supaya nampak lebih jelas diperlukan alat bantu penglihatan.

- 18.1.1 Mata mempunyai lensa yang dapat diubah-ubah jarak fokusnya.

- Mendiskusikan bagian-bagian mata dengan menggunakan gambar model mata.
- Mendiskusikan beberapa cacat mata dan cara menanggulangnya.

- 18.1.2 Kamera dapat mengubah jarak lensa ke benda.

- Menerima informasi tentang pola kerja kamera.

- 18.1.3 Untuk membantu mata melihat benda-benda kecil digunakan Lup.

- Menerima informasi bahwa lup adalah lensa positif yang dipergunakan untuk melihat benda-benda kecil.
- Menerima informasi bahwa akan terjadi akomodasi maksimum jika lup menghasilkan bayangan maya pada jarak titik baca normal, sampai ditemukan rumus perbesaran angular:

$$\gamma = \frac{Sn}{f} + 1$$

- Menerima informasi bahwa mata tidak berakomodasi jika lup menghasilkan bayangan maya yang menjadi benda nyata bagi mata di titik tak terhingga.

- 18.1.4 Untuk melihat benda-benda renik digunakan mikroskop.

- Menerima informasi mengenai susunan optis mikroskop, melalui gambar atau dengan mengamati alat.
- Menerima informasi bahwa pada mikroskop terjadi dua kali pembesaran yaitu pertama oleh lensa objek tif dan kedua oleh lensa okuler.
- Mendiskusikan bahwa perbesaran total merupakan hasil kali perbesaran obyektif dan okuler, yaitu:

$$M_{\text{tot}} = m_{\text{obj}} \times m_{\text{ok}}$$

- 18.1.5 Teropong menjadikan benda-benda yang jauh letaknya tampak lebih dekat dan lebih jelas.

- Menerima informasi mengenai susunan optis teropong lensa dan teropong cermin, melalui gambar atau dengan melihat alat.
- Melakukan percobaan untuk memahami prinsip kerja teropong.

- 19. Siswa memahami konsep atom sambil mengembangkan kemampuan bernalar dan berdiskusi.**

SINAR KATODE

- 19.1 Elektron dapat mengalir dari katode ke anode di dalam ruang bertekanan rendah dan bergradien tegangan tinggi.**

- 19.1.1 Sinar katode dapat berinteraksi dengan berbagai materi maupun medan listrik dan medan magnetik.**

- Menerima informasi tentang lucutan listrik dalam gas.
- Menerima informasi tentang spektrum emisi.
- Menerima informasi terjadinya sinar katode dan pengaruh pemanasan katode terhadap beda potensial anode.
- Menerima informasi tentang sifat-sifat sinar katode, antara lain memendarkan beberapa macam zat, dibelokkan oleh medan listrik dan medan magnetik.
- Menerima informasi tentang contoh-contoh penggunaan sinar katode, misalnya pada tabung layar televisi dan osiloskop.

- 19.1.2 Permukaan logam yang ditumbuk oleh sinar katode berenergi tinggi, akan memancarkan sinar-X.**

- Menerima informasi tentang penemuan sinar-X oleh Röntgen dan memahami sifat-sifat sinar-X, antara lain dapat menembus benda-benda, tidak dapat dideteksi oleh indera, tidak dipengaruhi oleh medan magnetik dan medan listrik, menghitamkan film potret, dan menyebabkan logam melepaskan elektron.
- Menerima informasi tentang kegunaan sinar-X, misalnya pada foto Röntgen dan bahaya yang dapat ditimbulkannya.

- 19.1.3 Muatan listrik bersifat diskret.**

- Menerima informasi tentang percobaan Thompson untuk menentukan perbandingan muatan dan massa elektron (e/m).
- Menerima informasi tentang percobaan tetes minyak Millikan untuk menentukan nilai muatan elektron (e).
- Menerima informasi bahwa setiap muatan listrik mempunyai nilai yang merupakan kelipatan e .
- Menerima informasi tentang cara menentukan massa elektron.

STRUKTUR ATOM HIDROGEN

- 19.2 Spektrum atom hidrogen merupakan spektrum garis.**

- 19.2.1 Pandangan manusia tentang atom berkembang dari zaman ke zaman.**

- Mendiskusikan berbagai model atom dari Dalton sampai ke Rutherford disertai kelemahan-kelemahannya.

- 19.2.2 Model atom Rutherford tidak mampu menjelaskan terjadinya spektrum garis suatu atom.**

- Mendiskusikan kekurangan model atom Rutherford untuk menjelaskan adanya spektrum garis suatu atom hidrogen.

19.2.3 Spektrum atom hidrogen mengikuti susunan deret tertentu.

- Mengamati spektrum hidrogen dan menyimpulkan bahwa ada keteraturan dalam jarak garis-garis spektrum itu.

19.2.4 Spektrum atom hidrogen mengikuti susunan deret tertentu.

- Menerima informasi tentang penemuan secara empiris oleh Balmer tentang deret yang cocok untuk meramalkan berbagai panjang gelombang pada garis-garis spektrum atom hidrogen, yang berbentuk:

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

19.2.5 Menurut model atom Bohr elektron mengelilingi inti atom hanya pada lintasan tertentu.

- Menerima informasi bahwa elektron pada lintasan tertentu mempunyai energi tertentu.

19.2.6 Elektron hanya dapat menempati orbit-orbit yang memenuhi persyaratan tertentu.

- Menerima penjelasan dan mendiskusikan postulat Bohr bahwa orbit elektron harus memenuhi persyaratan $mvr = n \frac{h}{2\pi}$, sampai ke persamaan tentang energi pada suatu orbit yang dinyatakan dalam massa elektron m , muatan elektron e , dan tetapan Planck h .

$$E_n = -\frac{2\pi^2 k^2 m e^4}{h^2 n^2} = -\frac{1}{16\pi^2 \epsilon_0^2} \frac{2p^2 m e^4}{h^2 n^2}$$

- Menerima informasi tentang postulat Bohr yang menyatakan bahwa:

$$E_1 - E_2 = hf$$

- Menerima informasi mengenai pengertian eksitasi atomik menurut model Bohr, dan mengenal deret transisi Lyman, Balmer, Paschen, Brackett dan Pfund.

19.3 Sinar laser bersifat koheren dan mempunyai fase dan arah yang pasti, serta berintensitas tinggi.

19.3.1 Sinar laser merupakan sinar yang sefase, searah, dan berintensitas tinggi.

- Menerima informasi tentang pengertian sinar laser.
- Menerima informasi tentang sifat-sifat sinar laser dan penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari.

20. Siswa memahami struktur inti atom dan aplikasinya sambil mengembangkan kemampuan berdiskusi dan bernalar.

STRUKTUR INTI

20.1 Proton dan neutron merupakan partikel pembangun inti.

20.1.1 Gaya inti bekerja antar partikel pembangun inti.

- Menerima informasi bahwa inti atom terdiri dari dua jenis partikel pembangun, yaitu proton dan neutron. Selanjutnya mengenal pengertian isotop.

- Menerima informasi bahwa gaya inti menyebabkan proton-proton tidak terlepas dari inti meskipun bermuatan sejenis.

RADIOAKTIVITAS

20.2 Berbagai atom berat bersifat tidak stabil, artinya dapat meluruh secara spontan sambil memancarkan sinar/partikel berenergi tinggi.

20.2.1 Stabilitas inti ditentukan oleh perbandingan jumlah proton dan netron pada inti.

- Menafsirkan grafik kestabilan inti untuk menjelaskan kelompok inti stabil dan tidak stabil serta persyaratannya dan contoh-contohnya.

20.2.2 Pancaran radiasi zat radioaktif dapat berupa sinar α , β dan γ .

- Menerima informasi bahwa peristiwa peluruhan zat radioaktif tidak terkendali dan sangat aktif.
- Menerima informasi tentang sifat dan hakekat sinar α , β dan γ .
- Menerima informasi terjadinya sinar gamma pada peluruhan alfa dan beta.

20.2.3 Waktu paruh isotop radioaktif bergantung pada jenisnya.

- Menerima informasi tentang pengertian waktu paruh dan penerapannya secara kualitatif.
- Mendiskusikan aktivitas bahan radioaktif.
- Menerima informasi informasi tentang isotop radio aktif.
- Menerima informasi serapan sinar radio aktif.

20.2.4 Radioaktivitas suatu bahan dapat dideteksi.

- Menerima informasi tentang fungsi dan cara kerja alat-alat pendeteksi radioaktivitas, misalnya Geiger Muller, emulsi film, kamar kabut Wilson dan sintilator.

REAKSI INTI

20.3 Inti baru dapat diperoleh dari reaksi inti.

20.3.1 Pada reaksi inti berlaku beberapa hukum kekekalan.

- Menerima informasi bahwa pada setiap reaksi inti berlaku hukum kekekalan momentum, energi, nomor atom, dan nomor massa.

20.3.2 Inti-inti berat dapat membelah menjadi inti-inti yang lebih ringan.

- Menerima informasi tentang fisi inti berat dan beberapa contohnya.

20.3.3 Beberapa inti ringan dapat bergabung menjadi inti yang lebih berat.

- Menerima informasi tentang fusi inti ringan dan beberapa contohnya.

CATURWULAN : 3 (50 JAM PELAJARAN)

TEKNOLOGI NUKLIR

20.4 Unsur-unsur radioaktif dapat dimanfaatkan bagi kesejahteraan manusia.

20.4.1 Reaksi inti yang terkendali berlangsung di dalam reaktor atom.

- Menerima informasi tentang reaksi inti terkendali dalam reaktor atom yang pada umumnya berupa reaksi fisi.
- Menerima informasi bahwa reaktor atom dapat memproduksi bahan radioaktif buatan maupun daya, misalnya untuk pusat listrik tenaga nuklir.

21. *Siswa mampu menafsirkan informasi dan berdiskusi untuk memahami konsep struktur bumi.*

STRUKTUR BUMI

21.1 Bumi terdiri dari bagian dalam, litosfer, hidrosfer dan atmosfer.

21.1.1 Bagian dalam bumi mempengaruhi bagian luarnya.

- Menerima informasi tentang bagian dalam bumi yang terdiri dari inti dan mantel.
- Mendiskusikan kedalaman zone inti bumi, materi, massa dan suhunya.
- Mendiskusikan kedalaman zone mantel, materi, massa dan suhunya.

21.1.2 Litosfer selalu berubah karena tenaga eksogen dan endogen.

- Menerima informasi tentang litosfer, tenaga eksogen, dan tenaga endogen.
- Mengenal jenis batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorfosis, dengan bantuan contoh.
- Menerima penjelasan tentang proses pembentukan ketiga jenis batuan tersebut. Dengan bantuan tabel, menerima informasi tentang unsur-unsur utama yang membentuk batuan.
- Menerima penjelasan tentang teori tektonik lempeng. Mendiskusikan akibat-akibat tenaga tektonik lempeng pada litosfer dengan bantuan peta raut muka bumi.
- Mengamati dan mendiskusikan proses pelapukan, erosi, dan sedimentasi batuan.

21.1.3 Hidrosfer menyebabkan bumi dinyatakan sebagai planet air.

- Menerima informasi tentang bagian bumi yang disebut hidrosfer.
- Mendiskusikan sebaran air di bumi dengan bantuan peta dunia dan tabel volum air.
- Mendiskusikan siklus air (siklus hidrologik), dengan bantuan gambar.
- Mendapatkan penjelasan dan melakukan pengamatan mengenai gelombang, arus, dan kegaraman air laut.
- Mengamati dan mendiskusikan peresapan, aliran, dan penampungan air di darat.

21.1.4 Atmosfer melindungi dan berinteraksi dengan hidrosfer dan litosfer.

- Menerima informasi tentang bagian bumi yang disebut atmosfer.
- Mendiskusikan susunan bahan dan lapisan udara, dengan menggunakan tabel dan gambar.
- Mengamati dan mendiskusikan macam-macam aliran udara baik global maupun lokal.
- Mengamati dan mendiskusikan cuaca dan iklim.
- Mendiskusikan pemanfaatan atmosfer komunikasi dan transportasi.

22. Siswa memahami konsep tata surya sebagai tempat bumi kita berada di alam semesta dan mengembangkan kemampuan berdiskusi dan bernalar.

TATA SURYA

22.1 Tata surya berpusat pada matahari dengan bumi sebagai salah satu anggotanya.

22.1.1 Tata surya terdiri dari matahari sebagai pusatnya dan planet, komet, asteroid, serta meteoroid yang semuanya bergerak mengelilingi matahari.

- Menerima informasi tentang cara menentukan jarak bumi-matahari, gerak dan sifat-sifat planet (jejari, massa, susunan angkasa, suhu, period rotasi, period revolusi, dan lain-lain).
- Menerima informasi tentang hukum-hukum I, II dan III Kepler untuk memahami gerak planet mengelilingi matahari. Mendiskusikan kesesuaian hukum-hukum Kepler dengan hukum gravitasi Newton.
- Menerima informasi tentang komet, lintasan geraknya, pembentukan, dan perubahan ekornya serta mendiskusikan hasil pengamatan komet.
- Menerima informasi tentang tempat peredaran asteroid di antara lintasan planet mars dan lintasan planet jupiter dan beberapa asteroid yang menyimpang ke arah lintasan bumi. Kemudian menerima informasi mengenai penemuan asteroid baru dan penyelidikan bahan-bahan pada asteroid.
- Menerima informasi tentang keberadaan meteoroid dan kelompok-kelompok meteoroid yang mengelilingi matahari, di antaranya ada yang memotong lintasan bumi. Mendiskusikan pemunculan meteor dan hujan meteor serta hubungannya dengan kedatangan komet. Mendapatkan informasi mengenai bahan- bahan pada batu meteorit.

22.1.2 Pembentukan tata surya ditafsirkan berdasarkan teori fisika dan bukti-bukti yang diperoleh dari berbagai penyelidikan.

- Mendapatkan penjelasan tentang pembentukan tata surya menurut Teori Kabut, Teori Planetesimal, Teori Bintang Kembar, dan Teori Proto Planet serta mendiskusikannya.

22.1.3 Bumi mempunyai sifat-sifat yang unik dibandingkan dengan anggota tata surya yang lain.

- Mendiskusikan cara membuktikan bentuk bumi, serta cara mengukur jejari dan massanya. Membahas perbedaan jejari ke arah kutub dengan jejari ke arah khatulistiwa.
- Mendiskusikan gerak rotasi bumi dan arah sumbu rotasinya berdasarkan bukti yang dapat diamati. Mengamati letak bintang untuk menghitung period rotasi bumi. Membahas akibat- akibat rotasi terhadap percepatan gravitasi bumi, arah angin, arus laut, dan gerak balistik.
- Mendiskusikan gerak revolusi bumi dengan menggunakan gambar atau model tata surya. Mendiskusikan terjadinya paralaks bintang, efek Doppler pada spektrum bintang, aberasi cahaya bintang dan gerak semu matahari pada ekliptika.
- Mendiskusikan kedudukan sumbu rotasi bumi terhadap bidang ekliptika dan pengaruhnya terhadap pergantian musim di bumi dan kalender surya. Kemudian membahas gerak presesi bumi dan akibat- akibatnya.

22.1.4 Bulan secara teratur mengelilingi bumi dan antara keduanya saling mempengaruhi.

- Mendiskusikan cara mengukur jarak bulan dari bumi. Membahas dan mengamati perubahan fase bulan. Mendiskusikan gerak edar bulan terhadap bumi dan terhadap matahari.
- Mendiskusikan terjadinya gerhana matahari dan gerhana bulan dan penelitian yang dapat dilakukan pada waktu peristiwa itu berlangsung. Membahas akibat gaya gravitasi bulan di bumi, misalnya terjadinya pasang-surut laut.
- Mendapatkan informasi mengenai hasil penyelidikan tentang bulan dan teori asal-usulnya.

22.1.5 Penerbangan angkasa bertujuan menguak rahasia langit dan bumi.

- Mendiskusikan prinsip-prinsip penerbangan roket dan pesawat antariksa. Mengenal gerak satelit yang disebut geosinkron atau geostasioner. Mendapatkan informasi mengenai berbagai pesawat antariksa, baik yang mengedari bumi maupun yang menuju planet lain, serta misi masing-masing.
- Menerima informasi tentang Satelit Palapa, tujuan dan penggunaannya. Mengenal tujuan dan manfaat penerbangan antariksa yang pada dasarnya mencakup keperluan komunikasi, penelitian sumber daya alam, cuaca, lingkungan dan menguak rahasia benda-benda langit.

23. *Siswa memahami konsep bola langit dan mampu menggunakan tata koordinat langit untuk menyatakan letak suatu benda langit, serta mengembangkan kemampuan mengamati dan diskusi.*

BOLA LANGIT

- 23.1 Bola langit bersifat tidak nyata (khayal), bertitik pusat di tempat pengamat dan digunakan untuk menyatakan koordinat benda langit.

- 23.1.1 Tata koordinat horizon mempunyai unsur-unsur koordinat azimut dan ketinggian.

- Melalui gambar atau model bola langit, menerima informasi tentang letak bidang horizon, titik Zenit (Z), titik Utara (U), titik Selatan (S), titik Barat (B), titik Timur (T), dan titik-titik Kutub Langit (KLU dan KLS). Mendapatkan penjelasan tentang ketinggian (h) dan azimut (A) suatu benda langit serta cara mengukurnya.
- Melalui praktek pengamatan langit malam atau potret gerak semu harian bintang melihat letak KLS atau KLU pada langit sebenarnya. Mendiskusikan hubungan antara lintang tempat pengamat dengan ketinggian KLS atau KLU.
- Mengamati sebuah benda langit dan kemudian menghitung ketinggian dan azimutnya. Mengetahui atau dapat menyimpulkan bahwa h dan A sebuah benda langit hanya berlaku sesaat.

- 23.1.2 Tata koordinat ekuator mempunyai unsur-unsur koordinat asensiorekta atau sudut jam dan deklinasi.

- Mendiskusikan kedudukan KLS, KLU, Z, titik nadir (N) dan lingkaran ekuator langit pada model atau gambar bola langit. Menerima informasi tentang lingkaran deklinasi dan lingkaran kutub yang melalui suatu benda langit.
- Mendapatkan informasi tentang titik aries (γ).
- Mendapatkan penjelasan cara mengukur deklinasi (δ) dan asensiorekta (α) atau sudut jam (t) sebuah benda langit pada model atau gambar bola langit.
- Mendemonstrasikan gerak semu bola langit untuk melihat bahwa kedudukan lingkaran-lingkaran ekuator, deklinasi dan kutub setiap bintang tetap (dianggap tetap). Menyimpulkan bahwa asensiorekta dan deklinasi bintang tak berubah, sedangkan sudut jamnya selalu berubah. Menyimpulkan pula bahwa untuk keperluan astronomis penggunaan tata koordinat ekuator lebih berguna daripada koordinat horizon.

- 23.1.3 Tata koordinat ekliptika mempunyai unsur-unsur koordinat bujur ekliptika dan lintang ekliptika.

- Mendiskusikan kemiringan bidang ekliptika terhadap bidang ekuator sebesar $23\frac{1}{2}^\circ$. Mendapatkan penjelasan mengenai titik-titik potong lingkaran ekliptika dan lingkaran ekuator, lingkaran bujur ekliptika dan cara mengukur bujur ekliptika (λ) dan lintang ekliptika (β) sebuah benda langit.
- Mendemonstrasikan gerak semu langit dan menyimpulkan bahwa λ dan β bintang tidak berubah terhadap waktu. Mendapatkan penjelasan bahwa tata koordinat ekliptika digunakan karena bumi beredar mengelilingi matahari pada bidang ekliptika.

KELAS III

Tujuan:

1. *Siswa mampu memahami gerak pada bidang, termodinamika, gelombang elektromagnetik, optika fisis, fisika modern, dan teori relativitas, sebagai materi pendalaman dari kelas I dan II dan sebagai dasar untuk melanjutkan ke perguruan tinggi, serta mengembangkan kemampuan bernalar, berdiskusi dan menyimpulkan.*
2. *Siswa mampu mengembangkan pemahaman tentang gejala kelistrikan dan kemagnetan berdasarkan pengetahuan yang sudah ada di kelas I dan II dan sebagai dasar untuk melanjutkan ke perguruan tinggi, serta mengembangkan kemampuan berdiskusi dan bernalar.*
3. *Siswa memahami konsep jagad raya yang sangat luas berdasarkan pengetahuan yang sudah ada dan berbagai informasi serta mengembangkan kemampuan berdiskusi dan bernalar.*

KELAS III

CATURWULAN : 1 (84 JAM PELAJARAN)

24. Siswa memahami persamaan gerak pada bidang sambil mengembangkan kemampuan berdiskusi dan bernalar..

PERSAMAAN GERAK

24.1 Kecepatan dan percepatan sesaat dapat diturunkan dari fungsi posisi.

24.1.1 Posisi titik materi pada suatu bidang dapat dinyatakan dengan sebuah vektor.

- Menerima informasi tentang vektor satuan dalam bidang yang berkaitan dengan fisika.
- Menerima informasi bahwa posisi dinyatakan dengan persamaan:

$$\vec{r} = x\hat{i} + y\hat{j}$$

24.1.2 Kecepatan diturunkan dari fungsi posisi.

- Menentukan nilai komponen kecepatan sesaat dari kemiringan grafik komponen r vs. t
- Menginterpretasikan kecepatan sesaat sebagai turunan fungsi posisi:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

- Menurunkan kecepatan untuk gerak pada bidang, dimulai dengan meninjau vektor posisi $\vec{r} = \vec{r}(t)$, dilanjutkan dengan:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \text{ lalu}$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} \text{ dan } v_y = \frac{dy}{dt}$$

- Mendiskusikan cara menentukan posisi dari fungsi kecepatan.

24.1.3 Percepatan diturunkan dari fungsi kecepatan .

- Menentukan nilai komponen percepatan sesaat dari kemiringan komponen grafik $v - t$.
- Menginterpretasikan percepatan sesaat sebagai fungsi:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$

- Menurunkan rumusan percepatan gerak pada bidang, dimulai dengan:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \rightarrow \begin{aligned} a_x &= \frac{dv_x}{dt} \\ a_y &= \frac{dv_y}{dt} \end{aligned}$$

- Mendiskusikan cara menentukan kecepatan dari grafik fungsi percepatan vs. t dalam bentuk integral $v = v_0 + \int_0^t a(t) dt$.

GERAK ROTASI

24.2 Kecepatan dan percepatan sudut (angular) sesaat diturunkan dari fungsi posisi sudut.

24.2.1 Kedudukan (posisi) sebuah titik dalam gerak melingkar dapat dinyatakan dalam koordinat polar.

- Mendiskusikan hubungan $\theta = \theta(t)$, r tetap.

24.2.2 Kecepatan sudut diturunkan dari fungsi posisi.

- Menentukan nilai kecepatan sudut sesaat dari kemiringan grafik $\theta \rightarrow t$.
- Menginterpretasikan kecepatan sudut sesaat sebagai turunan fungsi posisi sudut:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

- Mendiskusikan cara menentukan posisi sudut dari fungsi kecepatan sudut.

24.2.3 Percepatan sudut diturunkan dari fungsi kecepatan sudut.

- Menentukan nilai percepatan sudut sesaat dari kemiringan grafik $\omega - t$.
- Menginterpretasikan percepatan sudut sesaat sebagai turunan fungsi kecepatan sudut:

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

- Mendiskusikan cara menentukan kecepatan sudut dari fungsi percepatan sudut.

24.2.4 Ada hubungan antara besaran-besaran tangensial pada gerak rotasi dengan besaran-besaran sudutnya.

- Mendiskusikan adanya percepatan tangensial (a_t) dan percepatan sentripetal (radial) pada gerak melingkar.
- Menurunkan hubungan antara s , v , dan a_t dengan θ , ω , dan α , sampai dengan persamaan:

$$s = R\theta ; a_t = \alpha R ; v = \omega R$$

24.2.5 Momen gaya menimbulkan percepatan sudut.

- Menerima informasi tentang pengertian momen gaya $\tau = R F \sin \phi$, ϕ sudut antara R dan F .
- Mendiskusikan momen inersia pada satu titik massa ($I = mR^2$) dan beberapa titik massa ($I = \sum m_i R_i^2$).
- Mendiskusikan momentum sudut dinyatakan dalam momen inersia dan kecepatan sudut.
- Menurunkan kaitan momen gaya dengan percepatan sudut:
$$\tau = I\alpha, \text{ dengan } I = mR^2$$
- Menurunkan rumus energi rotasi: $E_{\text{rot}} = \frac{1}{2} I \omega^2$

24.2.6 Momentum angular (putar) selalu tetap jika tidak ada momen gaya yang bekerja pada sistem itu.

- Menurunkan kaitan antara momentum angular dengan momen gaya
$$\left(\frac{d}{dt} I\omega = \tau\right).$$
- Mendemonstrasikan dan mendiskusikan bahwa $I\omega$ selalu konstan apabila tidak ada resultan momen gaya.

GERAK HARMONIK

24.3 Benda yang bergerak harmonik dipengaruhi oleh resultan gaya yang arahnya menuju ke titik keseimbangannya dan besarnya sebanding dengan jarak benda dari titik itu.

24.3.1 Simpangan gerak harmonik merupakan fungsi sinusoidal waktu.

- Melakukan percobaan misalnya getaran benda pada pegas atau ayunan bandul sederhana untuk menentukan perioda dan frekuensi.
- Menerima informasi tentang persamaan simpangan gerak harmonik merupakan fungsi sinusoidal waktu:

$$y = A \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \theta_0\right) \text{ atau } y = A \sin(\omega t + \theta_0)$$

- Menurunkan persamaan kecepatan dan percepatan dari persamaan simpangan gerak harmonik.
- Mendiskusikan bahwa arah percepatan dan simpangan gerak harmonik selalu berlawanan yang dinyatakan dengan tanda negatif.
- Menerima informasi tentang pengertian fase gerak harmonik.

24.3.2 Superposisi dua atau lebih simpangan gerak harmonik yang segaris dapat dilakukan dengan penjumlahan aljabar simpangan masing-masing.

- Melakukan superposisi dua atau lebih gerak harmonik segaris secara matematis dan grafis (dibatasi hanya getaran-getaran dengan amplitud yang sama).

24.3.3 Energi total gerak harmonik sebanding dengan kuadrat amplitud.

- Mencrima informasi proses perubahan energi potensial menjadi energi kinetik dan sebaliknya pada gerak harmonik.
- menurunkan persamaan Energi total : $E_{\text{tot}} = \frac{1}{2} k \cdot l^2$

25. *Siswa memahami persamaan gelombang mekanis melalui percobaan, diskusi dan penalaran.*

GELOMBANG MEKANIS

25.1 Simpangan gelombang pada setiap saat diungkapkan dengan persamaan matematik.

25.1.1 Gelombang berjalan dapat dinyatakan dengan persamaan matematik.

- Menurunkan persamaan gelombang:

$$y = A \sin 2\pi \left(t \pm \frac{x}{v} \right)$$

dari persamaan simpangan getaran harmonik.

- Mendiskusikan pengaruh arah rambatan pada persamaan gelombang.

32.1.2 Gelombang stasioner terjadi karena interferensi dua gelombang yang arahnya berlawanan, sedangkan amplitud dan frekuensinya sama.

- Menalarkan persamaan gelombang stasioner dari superposisi dua gelombang berjalan dengan arah berlawanan, dan yang memiliki amplitud serta frekuensi sama, sehingga diperoleh persamaan pada ujung bebas:

$$y = y_1 + y_2 = 2A \cos \frac{2\pi x}{\lambda} \sin 2\pi t$$

dan pada ujung terikat:

$$y = y_1 - y_2 = 2A \sin \frac{2\pi x}{\lambda} \cos 2\pi t$$

- Mendiskusikan nilai x pada ujung tetap yang memenuhi persyaratan $2\pi x/\lambda = 0, \pi, 2\pi, \dots$ dst. amplitudo gelombang adalah 0 (titik-titik simpul), dan pada jarak x yang memenuhi syarat $2\pi x/\lambda = \pi/2, 3\pi/2, \dots$ dst. amplitudo gelombang adalah maksimum, yaitu $2A$ (titik-titik perut).
- Mendiskusikan nilai x pada ujung bebas yang memenuhi persyaratan $2\pi x/\lambda = 0, \pi, 2\pi, \dots$ dst. amplitudo gelombang adalah maksimum, yaitu $2A$ (titik-titik perut), dan pada jarak x yang memenuhi syarat $2\pi x/\lambda = \pi/2, 3\pi/2, \dots$ dst. amplitudo gelombang adalah 0 (titik-titik simpul).

25.1.3 Cepat rambat gelombang transversal dalam dawai berbanding lurus dengan akar gaya tegangan dawai dan berbanding terbalik dengan akar massa dawai persatuan panjang.

- Menyelidiki cepat rambat gelombang transversal dalam dawai dengan percobaan Melde dan menyimpulkan bahwa cepat rambat gelombang dalam dawai (v):
 - a. sebanding dengan akar kuadrat gaya tegangan (F)
 - b. berbanding terbalik dengan akar kuadrat massa persatuan panjang:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}; \quad \mu = \frac{m}{l}$$

24.1.4 Senar dan pipa organa merupakan sumber bunyi.

- Mendemonstrasikan dan mendiskusikan frekuensi bunyi yang dihasilkan senar.
- Mendemonstrasikan dan mendiskusikan titik simpul pipa organa (ujung terbuka dan tertutup).
- Mendiskusikan frekuensi pada pipa organa terbuka dan tertutup.

25.1.5 Setiap gelombang merambatkan energi.

- Mendiskusikan energi yang dirambatkan oleh gelombang.
- Mencrima informasi tentang intensitas gelombang sebagai energi yang menembus tegak lurus satu bidang tiap satuan luas, tiap satuan waktu.

$$I = \frac{P}{A}$$

- Mencrima informasi bahwa intensitas bunyi dalam ruang yang dapat merangsang pendengaran berada antara 10^{-12} watt/m² (ambang pendengaran) dan 1 watt/m² (ambang rasa sakit).
- Mencrima informasi tentang taraf intensitas bunyi: $TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$

25.1.6 Interferensi dua gelombang dengan frekuensi berbeda sedikit menimbulkan *layangan*.

- Menalarkan persamaan getaran sebagai akibat interferensi dua getaran yang berbeda frekuensinya.
- Mendiskusikan persamaan :

$$y = y_1 + y_2 = 2 \cdot l \cos \left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2} t \right) \sin \left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t \right)$$

sampai memperoleh frekuensi layangan sama dengan selisih frekuensi kedua getaran.

EFEK DOPPLER

25.2 Gerak relatif antara pengamat dan sumber bunyi menyebabkan pengamat mendengar bunyi dengan frekuensi yang berbeda dengan frekuensi asli sumber getarannya.

25.2.1 Bila kedudukan antara pengamat dan sumber mendekat, pengamat mengamati frekuensi yang lebih tinggi, dan bila pengamat menjauh, pengamat mengamati frekuensi yang lebih rendah.

- Menalar secara matematis hubungan frekuensi yang teramati dan frekuensi asli sumber:

$$\frac{f}{f_s} = \frac{v - v_p}{v - v_s}$$

v_s dan v_p positif apabila gerakan s ke p sesuai dengan arah perambatan gelombang.

- Menalar kesebandingan antara pengamat dengan sumber bunyi.

26. Siswa memahami konsep keseimbangan benda tegar melalui percobaan, diskusi dan penalaran.

KESEIMBANGAN BENDA TEGAR

26.1 Keseimbangan suatu benda bergantung pada resultan gaya dan momen gaya yang bekerja pada benda itu .

26.1.1 Partikel seimbang jika resultan gaya yang bekerja padanya sama dengan nol.

- Mencerna informasi tentang syarat keseimbangan titik materi :

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

26.1.2 Resultan gaya-gaya yang bekerja pada sebuah benda tegar dapat ditentukan dengan bantuan prinsip momen gaya.

- Mencerna informasi tentang pengertian benda tegar .
- Mendiskusikan cara mencari koordinat titik tangkap gaya resultan:

$$x = \frac{\sum F_{yi} x_i}{R_y} ; R_y = \sum F_{yi}$$

$$y = \frac{\sum F_{xi} y_i}{R_x} ; R_x = \sum F_{xi}$$

26.1.3 Benda seimbang bila resultan gaya dan resultan momen gaya terhadap satu titik sebarang sama dengan nol.

- Mendiskusikan syarat-syarat keseimbangan dengan percobaan menggunakan batang, katrol, beban, dan kertas grafik, untuk memperoleh :

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0, \text{ dan}$$

$$\sum \tau = 0 \text{ terhadap titik sebarang.}$$

- Mendiskusikan syarat keseimbangan translasi dan rotasi.

26.1.4 Setiap benda dalam medan gravitasi memiliki titik berat.

- Mengamati demonstrasi untuk menunjukkan bahwa titik berat semua benda berbangun datar terletak pada titik potong garis-garis beratnya.
- Menghitung letak titik berat berbagai bangun datar yang tersusun dari bentuk-bentuk teratur yang homogen.

26.1.5 Keseimbangan suatu benda dapat dibedakan menjadi keseimbangan stabil (mantap), labil, dan netral.

- Mengamati demonstrasi untuk menunjukkan jenis-jenis keseimbangan labil, stabil, dan netral.
- Mendiskusikan berbagai contoh pemakaian bermacam-macam keseimbangan dalam kehidupan sehari-hari.

27. Siswa memahami model partikel gas serta mengembangkan kemampuan bernalar dan berdiskusi.

TEORI KINETIK GAS

27.1 Menurut teori kinetik gas, tekanan ditimbulkan oleh gerak partikel gas tersebut.

27.1.1 Tekanan gas bergantung pada energi kinetik rata-rata partikel gas tersebut.

- Mendiskusikan pengertian gas ideal.
- Mengamati demonstrasi dengan menggunakan model energi kinetik gas untuk memahami hubungan antara tekanan dengan gerak partikel dan jumlah partikel.
- Menurunkan persamaan tekanan gas dalam ruang tertutup:

$$p = \frac{1}{3} \frac{N \overline{mv^2}}{L^3}, \text{ sampai ke persamaan } p = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \overline{E_k}$$

27.1.2 Suhu sebanding dengan energi kinetik rata-rata partikel gas.

- Menerima informasi tentang tekanan gas umum: $pV = nRT$
- Mendiskusikan hubungan suhu dengan energi kinetik rata-rata gas dengan menggunakan persamaan:

$$pV = NkT, \text{ dan persamaan } p = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \overline{E_k}$$

- Mendiskusikan bahwa jumlah partikel persatuan volum tidak mempengaruhi suhu gas untuk menyimpulkan $T = \frac{2}{3k} \overline{E_k}$
- Mendiskusikan kecepatan efektif (v_{rms}) gas.

27.1.3 Setiap derajat kebebasan suatu partikel memberikan kontribusi $\frac{1}{2} kT$ pada energi rata-rata partikel itu.

- Menerima informasi tentang derajat kebebasan suatu partikel (atom atau molekul).
- Menalar bahwa setiap derajat kebebasan memberi kontribusi $\frac{1}{2} kT$ pada energi rata-rata partikel itu untuk bertranslasi.
- Menalar bahwa pada gas yang molekulnya beratom dua (diatomik) mempunyai 7 derajat kebebasan (f).
- Menerima informasi bahwa secara eksperimental diperoleh 5 derajat kebebasan saja pada gas diatomik bertemperatur kamar, sebab f_{vibrasi} tidak tereksitasi.
- Menerima informasi bahwa energi dalam suatu gas merupakan perkalian N dan E_k tiap partikel.

28. Siswa memahami hukum-hukum termodinamika serta mengembangkan kemampuan berdiskusi dan bernalar.

TERMODINAMIKA

28.1 Dalam suatu sistem termodinamika terdapat hubungan antara usaha, kalor, dan energi dalam.

28.1.1 Gas dapat menerima usaha dari lingkungannya.

- Mendiskusikan usaha yang dilakukan oleh lingkungan kepada gas untuk tekanan tetap ialah: $W = -p \Delta V$
- Mendiskusikan pengertian proses-proses isothermal, isokhorik, isobarik, dan adiabatik beserta persamaannya.
- Mendiskusikan bahwa usaha luar gas juga dapat ditentukan dengan menghitung luas daerah tertutup pada grafik $p - V$.

28.1.2 Kalor yang diterima dan usaha yang dilakukan terhadap gas digunakan untuk menambah energi dalamnya.

- Mendiskusikan hukum I Termodinamika dengan persamaan:

$$Q + W = \Delta U$$

28.1.3 Kemampuan gas untuk menyerap atau melepaskan kalor persatuan suhu dinyatakan dengan kapasitas kalor gas.

- Menerima informasi tentang pengertian C_p dan C_v serta hubungan $C_p = C_v + nR$.

- Menalar bahwa untuk gas monoatomik berlaku $C_V = \frac{3}{2} nR$ dan $C_P = \frac{5}{2} nR$

- Menalar bahwa untuk gas diatomik berlaku $C_V = \frac{5}{2} nR$ dan $C_P = \frac{7}{2} nR$

28.1.4 Suatu rangkaian proses termodinamika dapat menghasilkan usaha.

- Menerima informasi bahwa siklus Carnot merupakan siklus ideal.
- Mendiskusikan dan menyimpulkan bahwa usaha yang dilakukan pada gas dalam siklus Carnot memenuhi persamaan:

$$W = Q_1 - Q_2, \text{ semua besaran menyatakan nilai mutlak}$$

28.1.5 Efisiensi suatu mesin tidak pernah mencapai 100%.

- Menerima informasi bahwa efisiensi mesin merupakan perbandingan usaha yang dilakukan dengan kalor yang diserap mesin dapat diungkapkan dengan persamaan :

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \times 100\%$$

Untuk mesin Carnot efisiensinya yaitu :

$$\eta = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

- Mendiskusikan dan menyimpulkan bahwa efisiensi mesin tidak pernah mencapai 100%.

28.1.6 Kalor tidak mungkin berpindah dari sistem bersuhu rendah ke sistem bersuhu tinggi secara spontan.

- Menerima informasi mengenai hukum II Termodinamika dan entropi.
- Mendiskusikan prinsip dasar lemari es dan pendingin ruangan berdasarkan hukum II Termodinamika.

28.1.7 Tidak mungkin dibuat mesin yang mengubah kalor seluruhnya menjadi usaha-luar.

- Menerima informasi bahwa dalam setiap siklus mesin selalu ada kalor yang dibuang.
- Menerima informasi bahwa tidak ada mesin yang memiliki efisiensi lebih besar dari efisiensi mesin Carnot pada suhu tandon panas dan tandon dingin yang sama.

CATURWULAN: 2 (84 Jam pelajaran)

29. Siswa memahami gejala medan magnetik dan sifat-sifatnya serta mengembangkan kemampuan berdiskusi dan bernalar.

MEDAN MAGNETIK

29.1 Di sekitar arus listrik terdapat medan magnetik yang arahnya bergantung pada arah arus.

29.1.1 Induksi magnetik di sekitar kawat berarus listrik bergantung pada kuat arus dan jarak terhadap kawat.

- Mendiskusikan hasil percobaan Biot-Savart untuk kawat lurus dan menurunkan rumus:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2 \pi a}$$

- Menerima informasi tentang induksi magnetik yang ditimbulkan berbagai bentuk kawat berarus : di pusat kawat melingkar, di pusat dan di ujung solenoid serta di sumbu toroida.

29.1.2 Muatan listrik yang bergerak dalam pengaruh medan magnetik mengalami gaya.

- Mendiskusikan timbulnya gaya magnetik yang arahnya mengikuti aturan tangan kanan/putaran sekrup.

$$F = q v B \sin \theta : \text{ untuk muatan bergerak.}$$

$$F = I L B \sin \theta : \text{ untuk kawat berarus.}$$

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2 \pi a} : \text{ untuk kawat-kawat sejajar berarus.}$$

- Mendiskusikan satuan kuat arus (ampere) dari rumusan gaya magnetik pada kawat sejajar berarus.

29.1.3 Sifat kemagnetan suatu bahan ditentukan oleh jenis nya.

- Menerima informasi tentang perbedaan perilaku berbagai bahan dalam medan magnetik.
- Menerima informasi tentang ferromagnetik, paramagnetik, dan diamagnetik.
- Mendiskusikan penerapan bahan ferromagnetik, misalnya pada pita/media perekam, inti elektromagnet dan inti trafo.

29.1.4 Kuat medan magnetik dalam kumparan dapat diperkuat dengan pemasangan inti ferromagnetik.

- Menunjukkan dengan kompas pengaruh pemasangan inti besi terhadap kuat medan.
- Menerima informasi tentang berbagai alat yang menggunakan (memanfaatkan) elektromagnet, misalnya dan bel listrik.
- Membuat alat yang menggunakan elektromagnet sederhana, misalnya bel listrik.

30. Siswa memahami berbagai sifat arus dan tegangan bolak balik melalui percobaan, diskusi dan penalaran.

ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK BOLAK-BALIK

30.1 Kuat arus dan tegangan bolak-balik dapat dinyatakan dalam nilai efektifnya.

30.1.1 Besaran yang berubah secara sinusoidal dapat dinyatakan dengan sebuah fasor.

- Menerima informasi bahwa kuat arus dan tegangan dapat dinyatakan sebagai fungsi sinus waktu, yaitu $I = I_{\text{maks}} \sin \omega t$ dan $V = V_{\text{maks}} \sin \omega t$ dari prinsip kerja generator AC.
- Menggambar grafik arus dan tegangan bolak-balik sinusoidal.
- Menerima informasi cara menyatakan besaran sinusoidal dengan bantuan diagram fasor.

30.1.2 Nilai efektif besaran sinusoidal sebanding dengan nilai maksimumnya.

- Menerima informasi tentang alasan penggunaan nilai efektif.

$$I_{\text{efektif}} = 0,707 I_{\text{maks}} \text{ dan}$$

$$V_{\text{efektif}} = 0,707 V_{\text{maks}} \text{ yang dapat diperoleh secara grafis.}$$

- Menerima informasi bahwa fasor pada umumnya digunakan sebagai ungkapan nilai efektif suatu besaran dalam arus bolak-balik.

30.2 Pada rangkaian arus bolak-balik dapat terjadi perbedaan fase antara arus dan tegangan.

30.2.1 Pada rangkaian yang hanya mengandung hambatan murni (resistif), tidak ada perbedaan fase antara arus dan tegangan.

- Menalar alasan tidak adanya beda fase antara arus dan tegangan pada rangkaian resistif.
- Mendiskusikan besar daya pada rangkaian resistif.

30.2.2 Pada rangkaian yang hanya mengandung induktor murni (induktif), fase tegangan mendahului fase arus sebesar 90° .

- Mendiskusikan pengaruh induktor pada rangkaian arus bolak-balik.
- Menalar besarnya perbedaan fase antara kuat arus dan beda potensial pada rangkaian induktif, menyatakannya dengan persamaan matematik:

$$I = I_{\text{maks}} \sin \omega t, \text{ dan}$$

$$V = V_{\text{maks}} \sin (\omega t + \varphi), \text{ dimana } \varphi = 90^\circ.$$

- Mengenal φ sebagai beda sudut fase atau beda fase.
- Menggambarkan kuat arus dan tegangan dalam bentuk grafik $i \rightarrow t$ dan $v \rightarrow t$, serta diagram fasor.

30.2.3 Induktor di dalam rangkaian arus bolak-balik menimbulkan hambatan terhadap arus itu.

- Menerima informasi tentang *reaktansi induktif* sebuah induktor.
- Menurunkan hubungan antara reaktansi induktif dengan frekuensi, yaitu:

$$X_L = \frac{V_L}{I} = 2\pi fL$$

30.2.4 Pada rangkaian yang mengandung hambatan dan induktor yang dihubungkan secara seri, beda fase antara arus dan tegangan dapat diperoleh dengan "menunjukkan" fasor hambatan masing-masing besaran.

- Mendiskusikan cara mencari beda fase antara kuat arus dan tegangan pada rangkaian $L - R$.
- Menerima informasi tentang pengertian impedansi (Z).

30.2.5 Pada rangkaian yang hanya mengandung kapasitor, fase arus listrik mendahului tegangannya sebesar 90° .

- Mendiskusikan pengaruh kapasitor pada rangkaian arus bolak-balik.
- Menalarakan besarnya perbedaan fase antara kuat arus dan beda potensial pada rangkaian kapasitif, serta menyatakannya dengan persamaan :

$$i = I_{\text{maks}} \sin \omega t, \text{ dan}$$

$$v = I_{\text{maks}} \sin (\omega t - \varphi), \varphi = 90^\circ$$

- Menggambarakan kuat arus dan tegangan dalam bentuk grafik $i - t$ dan $v - t$, serta dalam diagram fasor.

30.2.6 Kapasitor di dalam rangkaian arus bolak-balik menimbulkan hambatan terhadap arus itu.

- Menerima informasi tentang *reaktansi kapasitif* sebuah kapasitor.
- Menurunkan hubungan antara reaktansi kapasitif dengan frekuensi, yaitu:

$$X_C = \frac{V_C}{I} = \frac{1}{2\pi fC}$$

30.2.7 Pada rangkaian yang mengandung hambatan dan kapasitor yang dihubungkan secara seri, beda fase antara kuat arus dan tegangan dapat diperoleh dengan "menjumlahkan" fasor hambatan masing-masing besaran

- Mendiskusikan cara mencari beda fase antara kuat arus dan tegangan pada rangkaian $C - R$ secara fasor.

30.2.8 Impedansi sebuah rangkaian yang terdiri dari penghambat, kapasitor, dan induktor (RLC) yang dirangkai secara seri sama dengan akar jumlah aljabar kuadrat hambatan dan kuadrat reaktansinya.

- Menerima informasi tentang pengertian impedansi sebagai hambatan total rangkaian, yang dapat terdiri dari R , L , maupun C .
- Menalarakan impedansi rangkaian seri RLC dengan memakai diagram fasor sampai diperoleh

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

30.2.9 Frekuensi resonansi terjadi jika reaktansi induktif sama dengan reaktansi kapasitif pada saat kuat arus (I) minimum.

- Menerima informasi tentang pengertian *resonansi* pada rangkaian L , R , C seri, serta menalarakan *frekuensi resonansi* :

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

- Mendiskusikan penerapan resonansi misalnya pada osilator dan rangkaian penala.

31. *Siswa mengembangkan pemahaman induksi elektromagnetik serta kemampuan berdiskusi dan bernalar.*

INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

31.1 Perubahan flux magnetik di dalam suatu kumparan menimbulkan induksi elektromagnetik.

31.1.1 Gaya gerak listrik induksi (GGL induksi) terjadi karena adanya perubahan flux magnetik di sekitar penghantar.

- Mendiskusikan hubungan antara induksi magnetik (B), panjang kawat (l), dan kecepatan gerak (v) dengan GGL induksi.
- Menemukan hukum Lenz dari akibat yang ditimbulkan karena adanya GGL tersebut melalui percobaan.

31.1.2 Besarnya GGL induksi bergantung pada cepatnya perubahan flux magnetik.

- Mendiskusikan bahwa besarnya GGL induksi sebanding dengan jumlah lilitan dan laju perubahan flux, yaitu:

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt} \text{ (hukum Faraday)}$$

- Mendiskusikan terjadinya arus pergeseran (Hukum Maxwell).

31.1.3 Perubahan kuat arus pada kumparan menimbulkan GGL induksi diri yang besarnya sebanding laju perubahan itu.

- Mendiskusikan GGL induksi yang diakibatkan laju perubahan arus.

$$\varepsilon = -L \frac{di}{dt}$$

- Menerima informasi tentang arti induktansi sebagai konstanta kesebandingan antara fluks magnet dan laju perubahan arus beserta satuannya.
- Menerima informasi tentang energi dalam induktor.

32. *Siswa memahami beberapa sifat gelombang elektromagnetik serta mampu berdiskusi dan bernalar.*

GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

32.1 Perubahan medan magnetik menimbulkan medan listrik, dan perubahan medan listrik menimbulkan medan magnetik.

32.1.1 Gelombang elektromagnetik ditimbulkan oleh muatan yang dipercepat.

- Menerima informasi kualitatif tentang teori Maxwell.

32.1.2 Gelombang elektromagnetik terdiri dari medan magnetik dan medan listrik yang berubah secara periodik dan serempak, dengan arah getar tegak lurus satu sama lain, dan masing-masing medan tegak lurus arah rambatan gelombang.

- Menerima informasi tentang cara memerikan gelombang elektromagnetik dalam bentuk gambar medan magnetik dan medan listrik yang berubah secara periodik dan terjadi secara serempak.
- Menerima informasi bahwa gelombang elektromagnetik merupakan gelombang transversal.

32.1.3 Gelombang elektromagnetik merambat dengan kecepatan sebesar cepat rambat cahaya.

- Menerima informasi tentang salah satu temuan Maxwell yang berkaitan dengan cepat rambat gelombang elektromagnetik dalam ruang hampa, yaitu persamaan:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

dan menghitung c dari persamaan ini.

- Menyimpulkan bahwa cahaya merupakan gelombang elektromagnetik.

32.1.4 Rentang spektrum gelombang elektromagnetik merupakan rentang yang luas.

- Menerima informasi tentang rentang gelombang elektromagnetik mulai dari yang sangat pendek (sinar gamma) sampai gelombang yang sangat panjang (gelombang radio).
- Mendiskusikan pemanfaatan gelombang elektromagnetik, misalnya dalam komunikasi (radio, radar, dan satelit) dan pengukuran jarak.

32.2 Gelombang elektromagnetik merambatkan energi yang nilai rata-ratanya sebanding dengan nilai maksimum induksi magnetik dan sebanding dengan nilai maksimum kuat medan listrik.

32.2.1 Laju energi rata-rata yang dipindahkan melalui gelombang elektromagnetik tiap m^2 sebanding dengan nilai maksimum medan magnetik dan sebanding dengan nilai maksimum medan listrik.

- Menerima informasi tentang hubungan antara energi rata-rata per m^2 luas permukaan yang tegak lurus pada arah rambatan gelombang elektromagnetik, yaitu :

$$\bar{S} = \frac{E_{\text{maks}} B_{\text{maks}}}{2\mu_0}$$

32.2.2 Pada gelombang elektromagnetik Induksi magnetik sebanding dengan kuat medan .

- Menalarkan kesebandingan antara induksi magnetik dan dan kuat medan listrik. $E = cB$.
- Menalarkan hubungan:

$$\bar{S} = \frac{cB_{\text{maks}}^2}{2\mu_0} = \frac{E_{\text{maks}}^2}{2c\mu_0}$$

33. Siswa memahami sifat-sifat gelombang cahaya serta mengembangkan kemampuan mengamati, berdiskusi, dan bernalar.

33.1 Dispersi, warna spektral, interferensi, difraksi, dan polarisasi menunjukkan bahwa cahaya bersifat sebagai gelombang.

33.1.1 Cahaya yang meliwati prisma akan mengalami dispersi.

- Melakukan percobaan atau mengamati demonstrasi untuk mengetahui terjadinya dispersi.
- Menentukan sudut deviasi pada prisma.
- Menentukan sudut deviasi minimum dan menyimpulkan bahwa deviasi minimum terjadi bila cahaya memotong prisma menjadi segitiga sama kaki.

33.1.2 Cahaya polikromatik yang melalui prisma akan mengalami dispersi.

- Mengamati terjadinya dispersi, misalnya pada prisma.

33.1.3 Dua gelombang cahaya yang koheren dapat berinterferensi.

- Menyaksikan terjadinya interferensi melalui celah ganda dari satu sumber cahaya.
- Menyimpulkan sifat gelombang cahaya atas dasar pengetahuan tentang difraksi gelombang.
- Menganalisis pola interferensi cahaya monokromatik oleh kisi dengan menggunakan sifat-sifat gelombang sampai ke persamaan:

$$\sin \theta = n \frac{\lambda}{d} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

- Menganalisis pola interferensi cahaya polikromatik dengan menggunakan persamaan di atas untuk menjelaskan terjadinya penguraian warna oleh kisi.

33.1.4 Difraksi pada tepi sebuah benda menyebabkan bayang-bayang benda tidak tajam.

- Menyaksikan gambar terjadinya difraksi oleh tepi sebuah benda dan menjelaskan terjadinya difraksi berdasarkan anggapan bahwa cahaya adalah gelombang.
- Menyaksikan pola difraksi dan menyimpulkan sifat gelombang cahaya dari hasil pengamatan itu.

33.1.5 Perbesaran suatu sistem alat optik dibatasi oleh terjadinya difraksi.

- Menyaksikan gambar pola difraksi bayangan-bayangan dua benda yang berdekatan yang dibentuk oleh lensa-lensa dengan garis tengah berbeda-beda.
- Menerima informasi bahwa daya urai d_o sebuah lensa sebagai jarak terpendek yang masih dapat ditampilkan sebagai dua titik terpisah pada bayangan, dan mempelajari hubungan:

$$d_o = 1,22 \frac{\lambda L}{D}$$

33.1.6 Gelombang elektromagnetik, termasuk cahaya biasa, terjadi dari berbagai gelombang dengan bidang polarisasi yang arahnya bermacam-macam.

- Menyaksikan demonstrasi untuk mengamati polarisasi gelombang transversal.
- Mengamati sifat transversal gelombang 3 cm yang diletakkan melalui "kisi" kawat logam.
- Mengamati sifat transversal cahaya yang melalui sebuah polarisator dan analisator serta menyimpulkan bahwa cahaya adalah gelombang transversal.
- Mengenal konsep *bidang polarisasi* dan perputaran bidang polarisasi oleh sejumlah zat, jika mungkin melalui percobaan menggunakan polariskop.

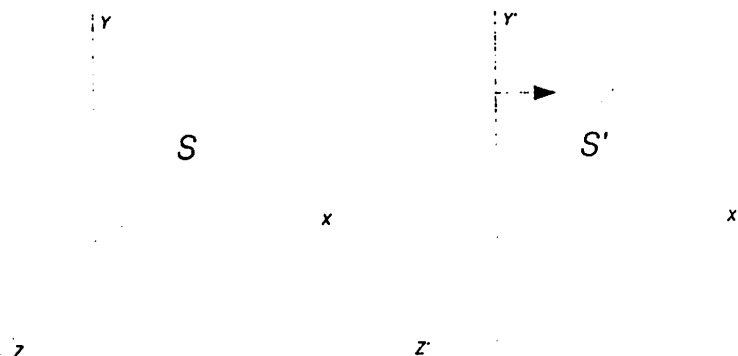
34. Siswa memahami dasar-dasar teori relativitas Einstein.

RELATIVITAS

34.1 Semua gerak itu relatif.

34.1.1 Menurut Newton semua hukum mekanika berlaku sama untuk semua kerangka acuan inersial.

- Mencrima informasi tentang Transformasi Galileo bahwa jika kerangka acuan (X',Y',Z') bergerak dengan kecepatan tetap v dalam arah X terhadap kerangka acuan (X,Y,Z) , maka berlaku transformasi:



$$\begin{aligned}
 x' &= x - vt \\
 y' &= y \\
 z' &= z
 \end{aligned}$$

Pada $t=0$ pusat koordinat kedua kerangka acuan tersebut berimpit.

Bila persamaan ini diturunkan ke waktu, maka akan diperoleh:

$$u_x' = u_x - v$$

$$u_y' = u_y$$

$$u_z' = u_z$$

sehingga :

$$a_x' = a_x$$

$$a_y' = a_y$$

$$a_z' = a_z$$

dari sini dapat disimpulkan bahwa $\vec{F} = m \vec{a}$ ini juga sama dengan $\vec{F}' = m \vec{a}'$.

34.2 Gelombang tidak selalu memerlukan medium untuk merambat.

34.2.1 Ether yang dihipotesiskan sebagai medium tempat merambat gelombang elektromagnetik, tidak ada.

- Mencrima informasi tentang percobaan Michelson-Morley.

34.2.2 Menurut Einstein semua hukum fisika berlaku sama untuk semua kerangka acuan inersial, dan cepat rambat cahaya c sama untuk semua kerangka acuan inersial, tidak bergantung pada gerak relatif antara pengamat dan sumber.

- Menerima informasi tentang transformasi Lorentz, bahwa jika ada dua kerangka acuan dan kerangka acuan kedua itu bergerak dengan arah X dengan kecepatan v yang tetap terhadap yang pertama, maka diperoleh:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

jika pada $t = 0$ itu O (titik asal) berimpit dengan O' .

$$u_x' = \frac{u_x - v}{1 - \frac{v u_x}{c^2}}; \quad u_y' = \frac{u_y \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{v u_x}{c^2}}; \quad u_z' = \frac{u_z \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{v u_x}{c^2}};$$

- berdasarkan teori relativitas, menerima informasi tentang kontraksi panjang (Lorentz) yang dinyatakan oleh persamaan $L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

- menerima informasi tentang dilatasi waktu, yang dinyatakan oleh persamaan

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$\Delta t'$ adalah selang waktu yang dinyatakan oleh jam yang bergerak terhadap pengamat.

Δt adalah selang waktu yang ditunjukkan oleh jam dan pengamat yang diam.

- menerima informasi tentang hubungan antara momentum $\vec{p}$ dengan massa untuk partikel yang bergerak dan yang dinyatakan oleh persamaan:

$$\vec{p} = \frac{m \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

- menerima informasi tentang energi bergerak dan energi benda yang diam, yang masing-masing dinyatakan oleh persamaan:

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ dan } E_0 = mc^2$$

$$E_{\text{kin}} = E - E_0 = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - mc^2$$

- mendiskusikan hukum kekekalan energi dan momentum relativistik pada proses tumbukan.

35. Siswa memahami sifat ganda gelombang elektromagnetik dan partikel, serta mampu menyimpulkan (menginfer) dari sekumpulan data.

DUALISME GELOMBANG PARTIKEL

35.1 Benda hitam memancarkan spektrum yang mempunyai bentuk grafik $I(\lambda) - \lambda$ tertentu.

35.1.1 Radiasi kalor yang dipancarkan oleh suatu benda bergantung pada suhunya.

- Menalar dari percobaan bahwa makin tinggi suhu benda makin besar juga energi kalor yang dipancarkannya.
- Menerima informasi bahwa:

$$H' = e\sigma T^4$$

- Mendiskusikan pengertian benda hitam sempurna (yang mempunyai $e = 1$), yaitu benda yang dapat menyerap semua cahaya yang datang, dan dapat memancarkan energi cahaya dengan sempurna.
- Mendiskusikan pergeseran Wien, bila suhu benda berpijar makin tinggi, maka panjang gelombang yang dipancarkan pada energi maksimum bergeser ke panjang gelombang yang rendah, dan dapat dirumuskan:

$$\lambda_{\text{max}} \cdot T = c$$

35.1.2 Berbagai teori klasik tidak dapat menerangkan spektrum radiasi benda hitam.

- Menerima informasi tentang pendekatan teori Rayleigh - Jeans dan Wien untuk pancaran benda hitam dan keterbatasannya.

Rayleigh - Jeans berhasil menerangkan gelombang panjang. Wien berhasil menerangkan gelombang pendek.

35.1.3 Teori Planck menyatakan bahwa energi osilator bernilai nhf .

- Menerima informasi tentang teori Planck yang menyatakan bahwa energi osilator terkuantisasi sebesar nhf dengan $hf =$ energi suatu foton.

EFEK FOTOLISTRIK

35.2 Permukaan logam yang disinari oleh cahaya dapat melepaskan elektron.

35.2.1 Permukaan logam hanya dapat melepaskan elektron jika frekuensi cahaya yang digunakan sama atau lebih besar dari suatu nilai tertentu yaitu frekuensi ambang menurut jenis logam yang digunakan.

- Menerima informasi tentang efek fotolistrik dan frekuensi ambang suatu zat.

35.2.2 Banyaknya elektron yang dilepaskan oleh suatu permukaan sebanding dengan intensitas cahaya yang jatuh pada permukaan itu.

- Menerima informasi bahwa banyaknya elektron yang dilepaskan sebanding dengan intensitas cahaya yang digunakan.
- Menerima informasi tentang kegagalan teori gelombang cahaya.

35.2.3 Cahaya dengan frekuensi f dapat dipandang sebagai "paket-paket" energi dengan energi sebesar hf , masing-masing paket disebut foton.

- Menerima informasi bahwa menurut Einstein, energi cahaya dengan frekuensi f harus dipandang sebagai paket-paket energi yang besarnya sama dengan hf dan gagasan hf berasal dari Planck.

35.2.4 Energi minimal cahaya yang mampu melepaskan fotoelektron dari permukaan logam bergantung pada jenis logam itu.

- Menerima informasi bahwa energi yang diperlukan untuk melepaskan elektron dari suatu permukaan logam bergantung pada fungsi kerja (W) logam itu.
- Menerima informasi bahwa bila energi cahaya lebih besar daripada fungsi kerja permukaan, maka sisa energi digunakan untuk memberi energi kinetik pada elektron, menurut persamaan:

$$hf = W + E_k$$

35.2.5 Foton dapat dipandang sebagai partikel dan mempunyai momentum.

- Menerima informasi tentang momentum foton :

$$p = \frac{hf}{c}, \text{ atau karena } \lambda f = c, p = \frac{h}{\lambda}, \text{ atau } \lambda = \frac{h}{p}.$$

- Mendiskusikan momentum foton, energi foton dan hukum kekekalan momentum dan energi untuk menjelaskan efek Compton

TEORI DE BROGLIE

35.3 Partikel dapat memiliki sifat gelombang.

35.3.1 Panjang gelombang partikel berbanding terbalik dengan momentumnya.

- Menerima informasi bahwa partikel mikroskopik bersifat gelombang dengan panjang gelombang:

$$\lambda = \frac{h}{mv} \text{ (teori de Broglie)}$$

- Menerima informasi tentang percobaan Davisson-Genner tentang hamburan elektron oleh kristal.

CATURWULAN : 3 (56 Jam Pelajaran)

36. Siswa memahami atom berelektron banyak dan mengapresiasi peranan suatu model dalam menjelaskan hal-hal yang tak mungkin diamati secara langsung.

ATOM BERELEKTRON BANYAK

36.1 Pengertian bilangan kuantum dan azas Pauli memungkinkan penggambaran susunan elektron pada atom berelektron banyak.

36.1.1 Ada empat bilangan kuantum yang dikaitkan dengan keadaan energi elektron, yaitu bilangan kuantum (n), (l), (m_l), dan (m_s).

- Menerima informasi tentang bilangan kuantum m_l dan m_s .
- Menerima informasi tentang keterbatasan model atom Bohr.
- Mendiskusikan gagasan 4 bilangan kuantum dan peran masing-masing untuk menjelaskan sifat suatu atom (lihat GBPP Kimia kelas II Cawu 2).

36.1.2 Menurut Pauli, tidak mungkin ada dua elektron di dalam satu atom memiliki perangkat bilangan kuantum yang sama.

- Mendiskusikan asas Pauli dan penerapannya dalam menghipotesiskan susunan elektron-elektron pada suatu atom berelektron banyak, serta mendiskusikan kesesuaiannya dengan sistem periodik unsur.

36.1.3 Spektrum emisi dihasilkan dari suatu zat yang memancarkan gelombang elektromagnetik.

- Mendemonstrasikan spektrum emisi suatu zat dengan menggunakan alat, misalnya spektroskop.
- Mendiskusikan tingkat-tingkat energi pada atom berelektron banyak.

36.1.4 Spektrum absorpsi dihasilkan dari suatu gelombang elektromagnetik yang diserap oleh suatu zat.

- Mendemonstrasikan spektrum absorpsi suatu zat dengan menggunakan alat, misalnya spektroskop.
- Mengamati spektrum matahari mempunyai garis-garis gelap, disebut garis Fraunhofer, dan mendiskusikannya dalam kaitan dengan kehadiran berbagai unsur di matahari.

36.1.5 Nilai energi ionisasi suatu atom bergantung pada jenis atomnya.

- Menerima penjelasan tentang arti energi ionisasi dan afinitas elektron.
- Menerima penjelasan tentang asas yang menyatakan bahwa atom dengan jumlah elektron kulit terluar kurang dari empat cenderung melepaskan elektron, sedangkan atom-atom dengan jumlah elektron lebih dari empat cenderung menangkap elektron.

37. Siswa memahami mekanisme terbentuknya molekul dari dua atau lebih atom dan mengembangkan kemampuan bernalar dan berdiskusi.

MOLEKUL

37.1 Energi molekul lebih kecil daripada jumlah energi masing-masing atom pembentuk molekul tersebut.

37.1.1 Ion-ion berlawanan jenis cenderung membentuk ikatan ionik.

- Mendiskusikan bahwa atom dengan energi ionisasi rendah cenderung berikatan dengan atom-atom yang memiliki afinitas elektron, sehingga membentuk ikatan ionik.
- Menerima penjelasan tentang jarak ikatan, yaitu jarak keseimbangan antara atom-atom yang berikatan dalam molekul.

37.1.2 Atom-atom dapat juga membentuk ikatan dengan cara pemakaian elektron sekutu.

- Menerima informasi bahwa elektron-elektron sekutu dalam ikatan kovalen selalu berpasangan, dengan $m_s = +\frac{1}{2}$ dan $m_s = -\frac{1}{2}$.
- Menerima informasi tentang cara pemakaian elektron sekutu untuk menuju ikatan yang stabil.

38. Siswa memahami sifat dan struktur zat padat, konsep ikatan, konsep pita energi, dan menerapkan konsep-konsep tersebut.

ZAT PADAT

38.1 Dalam zat padat, atom-atom pada umumnya membentuk susunan kristal.

38.1.1 Partikel-partikel di dalam zat padat dapat terikat satu sama lain oleh ikatan-ikatan tertentu yaitu ikatan kovalen, ikatan ionik, ikatan van der Waals, atau ikatan logam

- Menerima informasi tentang struktur kristal serta membedakannya dengan zat yang bersifat amorf.
- Menerima informasi tentang ikatan kovalen pada susunan partikel zat padat.
- Mendiskusikan mekanisme ikatan ionik.
- Mendiskusikan ikatan van der Waals dan ikatan Hidrogen (Lihat GBPP Kimia kelas III Cawu 2).
- Mendiskusikan elektron pada kulit luar atom logam dan terjadinya gas elektron serta interaksi antara gas elektron dengan ion positif logam.

PITA ENERGI

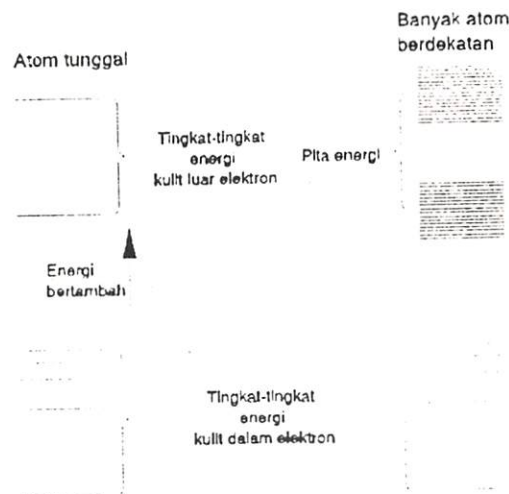
38.2 Pita-pita energi zat padat yang berstruktur kristal terbentuk akibat susunan periodik atom-atom tersebut.

38.2.1 Pergeseran tingkat-tingkat energi kulit luar atom-atom kristal menyebabkan terjadinya pita energi.

- Menerima informasi tentang elektron-elektron kulit luar atom pada kristal yang membentuk suatu sistem elektron bersama, yang tetap mengikuti asas Pauli. Masing-masing tingkat energi mengalami sedikit pergeseran, sehingga terbentuk banyak sekali garis spektrum yang sangat dekat satu sama lain, membentuk sebuah pita yang boleh dikatakan kontinu.

38.2.2 Pita-pita energi pada sebuah kristal bersesuaian dengan tingkat-tingkat energi pada sebuah atom, dan elektron pada kristal hanya dapat memiliki energi yang ada pada lingkup pita-pita energi kristal itu.

- Menerima informasi tentang perbedaan tingkat-tingkat energi pada atom tunggal dan pada banyak atom di dalam kristal, misalnya melalui gambar seperti di bawah ini.



38.2.3 Konduktivitas zat padat bergantung pada konfigurasi pita konduksi dan pita valensinya.

- Menerima informasi tentang pita konduksi, pita valensi, pita terlarang, pita penuh, dan pita setengah penuh.
- Mendiskusikan sifat-sifat zat atas dasar pengertian pita energi.
- Mendiskusikan perbedaan konduktor, isolator dan semikonduktor.

38.2.4 Konduktivitas semikonduktor dipengaruhi oleh adanya pengotoran.

- Menerima informasi tentang semikonduktor intrinsik dan ekstrinsik.
- Menerima informasi tentang pengaruh pengotoran pada suatu zat semikonduktor, misalnya pengotoran kristal silikon dengan atom arsenikum, dan istilah semikonduktor jenis-*n* dan semikonduktor jenis-*p*.
- Menerima informasi tentang pengertian tingkat-tingkat energi donor, tingkat-tingkat energi akseptor, dan pengertian lubang ("hole") pada semikonduktor.
- Menerima informasi tentang pembawa mayoritas dan pembawa minoritas dalam semikonduktor.

PIRANTI SEMIKONDUKTOR

38.3 Sambungan antara semikonduktor jenis-p dengan semikonduktor jenis-n dapat digunakan untuk mengatur arus listrik.

38.3.1 Sambungan antara semikonduktor jenis-p dan semikonduktor jenis-n bersifat sebagai penyearah arus listrik.

- Menerima informasi tentang pengertian lapisan pengosongan (depletion layer) atau lapisan perintang (barrier layer).
- Menerima informasi tentang pengertian tegangan sambungan.
- Mendiskusikan mekanisme aliran lubang dan elektron pada sambungan p-n semikonduktor.
- Menerima informasi tegangan maju (forward bias) dan tegangan mundur (reverse bias).
- Melakukan percobaan untuk menyelidiki karakteristik diode semikonduktor dan mempelajari penerapannya dalam rangkaian penyearah setengah gelombang dan gelombang penuh.
- Melakukan percobaan untuk menyelidiki karakteristik diode Zener, dan mempelajari penerapannya yang sederhana sebagai pemantap tegangan.

38.3.2 Sambungan n-p-n atau p-n-p dapat bersifat menguatkan arus.

- Menerima informasi tentang konstruksi transistor bipolar.
- Mengidentifikasi basis, kolektor, dan emiter sebuah transistor melalui pengukuran.
- Melakukan percobaan untuk menyelidiki berbagai karakteristik transistor serta menginterpretasikannya.
- Menerima informasi tentang pengertian penguatan arus bolak-balik sebuah rangkaian transistor.
- Melakukan percobaan membuat penguat satu tingkat.

38.3.3 Transistor dapat berfungsi sebagai saklar.

- Mendiskusikan cara kerja rangkaian transistor yang difungsikan sebagai saklar.
- Membuat berbagai jenis saklar transistor, misalnya saklar yang dijalankan cahaya dan bunyi.

38.3.4 Kombinasi beberapa transistor menghasilkan IC.

- Menerima informasi tentang prinsip dan manfaat IC.

39. Siswa memahami struktur inti atom, energi pengikatnya, transformasi alamiah maupun buatan, beberapa reaksi inti yang terpenting, dan menggunakan model.

INTI ATOM

39.1 Inti terbentuk dari nukleon-nukleon yang terikat kuat oleh energi ikat inti.

39.1.1 Massa inti atom tidak sama dengan jumlah massa nukleon pembentuknya.

- Mendiskusikan tentang adanya selisih nilai massa inti dengan jumlah massa proton dan neutron pembentuk inti.
- Menerima penjelasan bahwa "selisih massa" (mass defect) menyatakan nilai energi ikat inti dengan kesetaraan $E = \Delta mc^2$.
- Mendiskusikan perlunya asumsi tentang adanya gaya lain yang sangat kuat, yang disebut gaya tarik inti yang lebih besar daripada gaya tolak-menolak Coulomb antar proton.
- Mendiskusikan hubungan energi ikat tiap nukleon terhadap nomor massa inti dengan pertolongan grafik.

RADIOAKTIVITAS

39.2 Radioaktivitas menunjukkan bahwa inti terdiri dari partikel-partikel penyusun.

39.2.1 Pemancaran sinar-sinar α , β , atau γ menyebabkan inti mengalami perubahan.

- Mendiskusikan pemancaran sinar- α yang menyebabkan nomor massa A berkurang dengan 4 dan nomor atom Z berkurang dengan 2. Pemancaran sinar- β menyebabkan nomor atom bertambah dengan 1 sedangkan nomor massa tetap. Pemancaran sinar- γ tidak menyebabkan nomor massa dan nomor atom berubah.

39.2.2 Aktivitas suatu bahan radioaktif bergantung pada nilai waktu paruhnya.

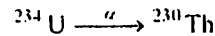
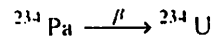
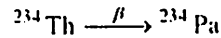
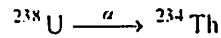
- Menerima informasi tentang pengertian tetapan peluruhan sebagai perbandingan antara banyaknya inti yang meluruh per satuan waktu dengan seluruh jumlah inti yang ada pada suatu zat, yang secara matematik dapat diturunkan menjadi persamaan:

$$\lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}}$$

Pada persamaan ini, λ adalah tetapan peluruhan $T_{1/2}$.

39.2.3 Peluruhan radioaktif umumnya mengikuti tahapan-tahapan tertentu yang mengikuti suatu deret radioaktif yang diberi nama sesuai inti induknya.

- Menerima penjelasan tentang proses peluruhan berantai yang berakhir dengan isotop stabil, misalnya:

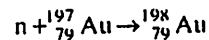


Peluruhan ini berakhir menjadi ^{206}Pb

39.3 Reaksi inti dapat menghasilkan energi yang sangat besar.

39.3.1 Melalui reaksi inti dapat dibuat isotop radioaktif.

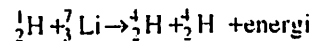
- Menerima informasi tentang pembuatan isotop radioaktif, misalnya:



$^{197}_{79}\text{Au}$ stabil, $^{198}_{79}\text{Au}$ radioaktif

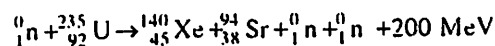
39.3.2 Pada pembelahan inti oleh suatu partikel dapat timbul energi yang sangat besar.

- Menerima informasi tentang energi yang dilepaskan oleh inti yang terbelah menjadi inti-inti ringan, misalnya:



- Menerima informasi dan menalar bahwa energi yang diperoleh seperti ini merupakan proses yang mahal, yang memerlukan energi yang besar juga untuk mempercepat proton.

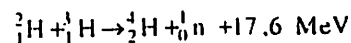
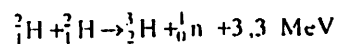
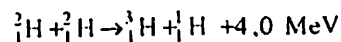
- Menerima informasi tentang ditemukannya fisi pada uranium-235 yang ditembak dengan neutron lambat.



- Menerima informasi tentang terjadinya reaksi berantai dalam reaktor nuklir.

39.3.3 Pada penyatuan (fusi) dua inti atom ringan dilepaskan energi yang besar.

- Menerima informasi tentang penemuan fusi dua atom ringan, misalnya:



- Menalar konsekuensi temuan ini ditinjau dari segi penyediaan energi bagi manusia.

- Menerima informasi tentang usaha-usaha yang sudah dilakukan manusia untuk "menjinakkan" energi ini.

39.3.4 Berbagai sifat pancaran radioaktif dan reaksi inti dapat dimanfaatkan manusia, tetapi dapat juga membahayakan alam.

- Mendiskusikan besarnya energi yang terbebaskan dalam suatu reaksi nuklir dengan konsep selisih massa.
- Mendiskusikan cara pemanfaatan energi yang dihasilkan suatu reaksi inti berantai, misalnya dalam reaktor inti.

40. *Siswa dapat memahami konsep jagad raya dalam skala besar melalui kemampuan menerima informasi dan berfikir.*

JAGAD RAYA

40.1 Jagad raya tidak terkirakan luasnya dan terus berubah, yang ditunjukkan antara lain oleh peristiwa-peristiwa matahari, bintang-bintang, dan galaksi.

40.1.1 Matahari memancarkan energi dan melontarkan partikel-partikel, sehingga mempengaruhi bumi.

- Mendapatkan penjelasan mengenai jarak matahari dari bumi dan sifat-sifat dimensionalnya. Mendiskusikan pengukuran jarak, jejari dan massa matahari.
- Melakukan pengamatan spektrum matahari. Menerima informasi tentang struktur spektrum matahari dan hal-hal yang dapat diinterpretasikan darinya. Mendiskusikan susunan kimia, suhu, dan energi matahari.
- Mengidentifikasi kejadian di permukaan matahari dengan melakukan pengamatan atau melihat gambar. Mendiskusikan lapisan-lapisan matahari.
- Menerima informasi tentang proses fotosintesis di pusat matahari dan perambatan energi dari pusat ke permukaannya.
- Mendapatkan penjelasan mengenai hubungan antara intensitas kegiatan matahari dengan pancaran partikel bermuatan listrik dan angin matahari. Mendiskusikan pengaruhnya terhadap ionosfer bumi.

40.1.2 Bintang memancarkan energi seperti matahari, mempunyai sifat berbedabeda dan berevolusi.

- Mendapatkan informasi mengenai bintang secara umum, diperjelas dengan praktek pengamatan dan atau melihat gambar.
- Mendiskusikan magnitudo, pengukuran jarak bintang dan satuan jarak astronomis.
- Mendapatkan informasi mengenai spektrum bintang dan pengelompokannya. Mendiskusikan susunan kimia dan suhu bintang.
- Menerima informasi tentang diagram Hertzsprung Russel. Mendiskusikan evolusi bintang, bintang neutron dan blackhole.

40.1.3 Galaksi mempunyai bermacam-macam bentuk dan ukuran, bergerak, dan juga berubah.

- Menerima informasi dan melihat gambar untuk mengenal bentuk galaksi eliptis, galaksi spiral, dan galaksi tidak teratur.

Mendiskusikan gugus galaksi dan kelompok-kelompok gugus galaksi.

- Mendapatkan informasi tentang galaksi Bise Sakti sebagai tempat matahari berada, dengan bantuan gambar. Mendiskusikan letak matahari, gerak matahari dan gerak bintang dalam galaksi Bima Sakti. Mendiskusikan kecepatan radial galaksi, pengukuran jaraknya, dan persamaan Hubble.
- Mendapatkan informasi tentang Galaksi Radio dan Kuasar. Mendiskusikan galaksi terjauh dari bumi.

40.1.4 Menurut teori Big-Bang, jagad raya mengembang akibat peristiwa ledakan pada awal kejadiannya.

- Menerima informasi tentang prinsip kosmologi modern. Mendiskusikan gerak galaksi-galaksi yang sesuai dengan prinsip kosmologi dengan menggunakan model atau gambar.
- Menerima informasi tentang teori jagad raya mengembang teori Big-Bang. Mendiskusikan evolusi jagad raya setelah terjadi ledakan besar sampai keadaan sekarang.
- Menerima informasi tentang radiasi isotropis 3 K. Mendiskusikan massa jagad raya dan evolusi selanjutnya.

