

MENGENAL ASAS REVITALISASI EINSTEIN

Fisika Paket C Kelas XII



© Can Stock Photo - csp33538964



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
BALAI PENGEMBANGAN PENDIDIKAN ANAK USIA DINI DAN PENDIDIKAN
MASYARAKAT BANTEN
TAHUN 2018

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusunan Pengembangan Model Penyusunan Bahan Ajar Mata Pelajaran Fisika Kelas XII Program Paket C setara SMA dapat terselesaikan.

Model ini diharapkan dapat menjadi salah satu panduan bagi pendidik Pendidikan Kesetaraan Paket C untuk melaksanakan pembelajaran mata pelajaran fisika kelas XII sebagai sumber dan pengelola kegiatan pembelajaran yang menyenangkan bagi peserta didik.

Pengembangan Model Penyusunan Bahan Ajar Mata Pelajaran Fisika Kelas XII Program Paket C Setara SMA BP-PAUD Dan Dikmas Banten Tahun 2018. Kami mengucapkan terima kasih atas partisipasi pamong belajar sebagai tim pengembang. Guru, tutor pendidikan kesetaraan dan semua pihak dalam penyusunan modul ini di ucapkan terima kasih.

Sumber cover: <https://www.canstockphoto.com/diagram-of-global-positioning-system-33538964.html>
Semoga apa yang kita kembangkan dapat bermanfaat bagi kemajuan dunia pendidikan khususnya pendidikan PAUD dan Dikmas, serta dapat dijadikan sebagai sarana mencerdaskan warga Negara, benilai ibadah dan di ridhoi Allah SWT. Amin.

Serang, 31 Desember 2018 Kepala,

Drs. A. Rasim,M.Si
NIP 196309051998031003

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Modul : Menenal Asas Revitalisasi Dan Einstein

2. Penyusun

Ketua

Nama : Dra. Salbiah,M.Pd

NIP : 196101141988032002

Pangkat/Gol. : Pembina Tk I/IVb

Jabatan : Pamong Belajar Madya

Anggota

Nama : Mohamad Hisyam

NIP :

Pangkat/Gol : Penata Muda/IIIa

Jabatan : Pamong Belajar Pertama

Serang, Desember 2018
Kepala,

Drs. A. Rasim,M.Si
NIP 196309051998031003

Daftar Isi

Kata Sambutan	i
Halaman Pengesahan	ii
Daftar Isi	iii
Bab I Pendahuluan	
A. Latar Belakang	1
B. Petunjuk Penggunaan Modul	3
C. Tujuan Pembelajaran Modul	4
Bab II Mengenal Mengenal Asas Revitalisasi dan Einstein	
A. Identitas mata pelajaran.....	5
B. Kompetensi Indti (KI)	5
C. Kompetensi Dasar (KD)	5
D. Indikator	5
E. Pokok Bahasan	6
Unit 1 Asas Revitalisasi dan Eintein	
A. Relativitas penjumlahan kecepatan	7
B. Di atasi waktu (perpanjangan waktu)	7
C. Kontraksi Lorentz.....	9
D. Masa dan energy	9
Unit 2 Bukti Teori Relativitas Einstein dalam kehidupan nyata	
A. Konsep Teori Revitalisasi	12
B. Apakah relativitas itu	12
Unit 3 Gaya Lorentz	
A. Eloktromagnetik.....	18
B. Global positioning System (<i>GPS</i>)	12
C. Emas yang berwarna kuning	15
D. Cahaya	27
E. Televisi Tabung.....	28
F. Tugas, soal, dan pelatihan	28
G. Evaluasi pembelajaran	29
Kunci Jawaban	
Daftar Pustaka	

Asas Relativitas Einsten

A. Petunjuk Penggunaan Modul

Modul ini memiliki dua fungsi, yaitu sebagai petunjuk penggunaan modul peserta didik dan sebagai acuan kegiatan pembelajaran di kelas, sebagai berikut:

1. Bacalah halaman demi halaman dengan teliti;
2. Cocokkanlah setiap kegiatan yang berhubungan modul;
3. Mulailah setiap kegiatan pembelajaran dengan membaca pengantar sesuai dengan materi pembelajaran;
4. Pilihlah beragam metode pembelajaran yang akan digunakan;
5. Gunakanlah media atau sumber belajar alternatif yang tersedia dilingkungan sekolah.

B. Istilah-istilah dalam Modul

1. Judul Tema : Teori Revitalisasi Einstein
2. Pengantar Modul

Dalam modul ini, membahas apa sebenarnya konsep revitalisasi itu? Apa hubungan massa dengan energi? Mengapa kecepatan cahaya bergerak di percepat? Dan Bagaimana revitalisasi khusus itu?

3. Tujuan Pembelajaran Modul Fisika

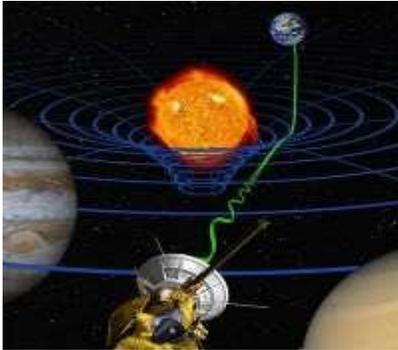
Secara umum tujuan kurikulum mencakup empat di mensi kompetensi, yaitu sikap spiritual, sikap social, pengetahuan dan keterampilan, yang di capai melalui proses pembelajaran, sebagai berikut:

- Membentuk sikap positif terhadap fisika dengan menyadari keraturan dan keindahan alam serta mengagumkan kebesaran Tuhan Yang Maha Esa;
- Mengembangkan sikap ilmiah yaitu mengembangkan rasa ingin tahu, jujur, optimisme, bertanggung jawab, obyektif, terbuka, ulet, kristis, dan bekerja sama dengan orang lain;
- Mengembangkan pengalaman melalui percobaan;
- Mengembangkan kemampuan penalaran induktif dan deduktif dengan menggunakan konsep dan prinsip untuk mendeskripsikan berbagai peristiwa alam, dan;
- Menguasai konsep dan prinsip fisika serta mempunyai keterampilan mengembangkan pengetahuan, sikap percaya diri sebagai bekal melanjutkan pendidikan.

Secara khusus tujuan penyusunan Modul “*Teori Revitalisasi Einstein*” ini adalah peserta didik mampu:

- Menjelaskan Apa Konsep Revitalisasi itu?
- Menjelaskan Apa Hubungan massa dengan Energi?
- Menjelaskan Mengapa Energi kinetik pada kecepatan cahaya menjadi tak terbatas?
- Menjelaskan Bagaimana Revitalisasi khusus itu?

4. Pengantar Modul



ilustrasi lengkungan ruang dan waktu dalam relativitas

<https://kurniafisika.wordpress.com>

Teori Relativitas Einstein adalah teori yang sangat terkenal, tetapi sangat sedikit yang kita pahami. Utamanya, teori relativitas ini merujuk pada dua elemen berbeda yang bersatu ke dalam sebuah teori yang sama.

Konsep Teori Relativitas

- Teori relativitas khusus Einstein-tingkah laku benda yang terlokalisasi dalam kerangka acuan inersia, umumnya hanya berlaku pada kecepatan yang mendekati kecepatan cahaya.
- Transformasi Lorentz-persamaan transformasi yang digunakan untuk menghitung perubahan koordinat benda pada kasus relativitas khusus.
- Teori relativitas umum Einstein-Teori yang lebih luas, dengan memasukkan gravitasi sebagai fenomena geometris dalam sistem koordinat ruang dan waktu yang melengkung, juga dimasukkan kerangka acuan non inersia (misalnya, percepatan).
- Prinsip relativitas fundamental.

5. Penugasan

Penugasan diberikan di setiap unit pembahasan modul

C. Kriteria Ketuntasan Modul

Kriteria ketuntasan belajar peserta didik secara mandiri, jika mengerjakan tugas dan soal latihan atau evaluasi dengan nilai minimal yang menggunakan modul mencapai 70 %.

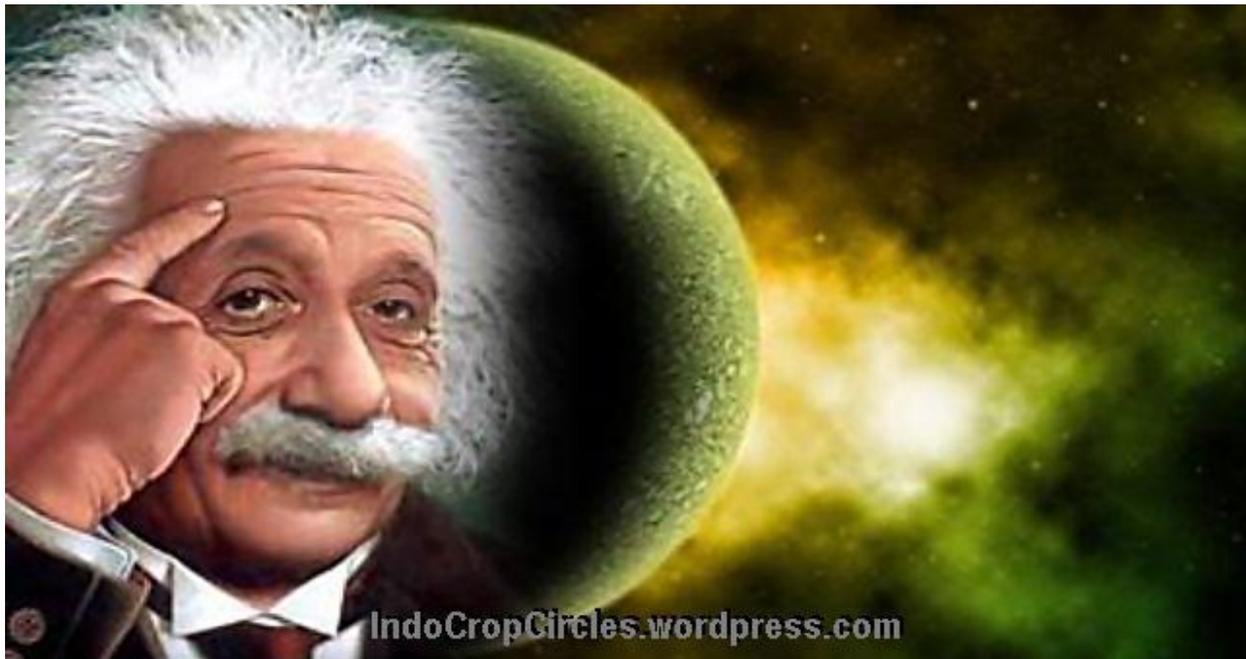
D. Strategi Belajar Modul

Strategi pembelajaran menggunakan modul dengan cara :

- Belajar mandiri
- Belajar dengan di dampingi tutor
- Belajar secara berkelompok

Konsep Teori Relativitas Ensein

Relativitas adalah salah satu teori ilmiah paling terkenal dari Abad ke-20. Namun, hanya sedikit dari kita yang memahami dan menyadari bahwa penjelasannya terpampang nyata dalam kehidupan sehari-hari. Teori Relativitas adalah buah pikiran manusia cerdas, ilmuwan Fisika teoretis jenius, Albert Einstein pada tahun 1905. Pada prinsipnya merupakan gagasan bahwa hukum fisika adalah sama dimanapun adalah sama. Artinya, hukum fisika yang berlaku di Bumi, berlaku juga di seluruh jagat raya.



<https://indocropcircles.wordpress.com>

Teori Relativitas adalah buah pikiran manusia cerdas, ilmuwan fisika teoretis jenius, Albert Einstein yang dikemukakannya pada tahun 1905. Pada prinsipnya merupakan gagasan bahwa hukum fisika dimana pun adalah sama. Artinya, hukum fisika yang berlaku di Bumi, berlaku juga di seluruh jagat raya.

Hukum fisika yang berlaku di bumi, berlaku juga di seluruh jagat raya.



ilustrasi ruang dan waktu dalam relativitas

<https://kurniafisika.wordpress.com/2009/10/03/gambaran-umum-teori-relativitas-einstein/>

A. Konsep Teori Relativitas

1. Teori relativitas khusus Einstein-tingkah laku benda yang terlokalisasi dalam kerangka acuan inersia, umumnya hanya berlaku pada kecepatan yang mendekati kecepatan cahaya.
2. Transformasi Lorentz-persamaan transformasi yang digunakan untuk menghitung perubahan koordinat benda pada kasus relativitas khusus.
3. Teori relativitas umum Einstein-Teori yang lebih luas, dengan memasukkan gravitasi sebagai fenomena geometris dalam sistem koordinat ruang dan waktu yang melengkung, juga dimasukkan kerangka acuan non inersia (misalnya, percepatan).
4. Prinsip relativitas fundamental.

Teori relativitas Einstein menjadi sangat menarik untuk dibicarakan mengingat teori inilah yang menggantikan pandangan klasik terhadap ruang dan waktu milik Newton. Teori relativitas Einstein mempunyai daya magis tersendiri.

Pengertian Gerak Bersifat Relatif

Gerak adalah suatu benda sangat bergantung pada titik acuannya. Benda yang bergerak dapat dikatakan tidak bergerak, sebagai contoh meja yang ada di bumi pasti dikatakan tidak bergerak oleh manusia yang ada di bumi. Tetapi bila matahari yang melihat maka meja tersebut bergerak bersama bumi mengelilingi matahari.

Contoh Gerak Bersifat Relatif

1. Seorang anak berada dalam sebuah mobil yang tengah melaju di jalan raya. Saat pandangannya diarahkan ke luar, dia melihat rumah-rumah, pohon-pohon bahkan orang-orang yang berada di tepian jalan bergerak menjauh. Dia kemudian menyimpulkan bahwa rumah, pohon dan orang sedang bergerak menjauhinya. Pada saat yang sama, seorang anak yang berada di tepian jalan melihat bahwa mobil tersebut tengah bergerak maju menjauhinya.
2. Contoh lain dari gerak relatif adalah B menggedong A dan C diam melihat B berjalan menjauhi C. Menurut C maka A dan B bergerak karena ada perubahan posisi keduanya terhadap C. Sedangkan menurut B adalah A tidak bergerak karena tidak ada perubahan posisi A terhadap B. Disinilah letak kerelatifan gerak. Benda A yang dikatakan bergerak oleh C ternyata dikatakan tidak bergerak oleh B. Lain lagi menurut A dan B maka C telah melakukan gerak semu.

Dalam kehidupan keseharian, kita sering menjumpai adanya kebenaran-kebenaran yang bersifat relatif.

Bahkan terkadang, kebenaran-kebenaran tersebut terlihat saling bertentangan satu sama lain.

Oleh karenanya, sungguh tidak bijak apabila kita menyimpulkan suatu kebenaran hanya berdasarkan dari sudut pandang kita berada. <https://www.astalog.com/7773/apa-yang-dimaksud-gerak-bersifat-relatif-berikan-2-contohnya.htm>

1. Pengertian Gerak

Sebuah benda dikatakan bergerak jika posisinya berubah terhadap suatu titik acuan. Panjang lintasan yang ditempuh benda bergerak disebut jarak. Sementara itu, perubahan posisi benda terhadap titik acuan disebut perpindahan. Dan titik-titik yang dilalui oleh suatu benda ketika bergerak disebut lintasan.

Jadi pengertian gerak adalah perubahan posisi atau kedudukan suatu benda terhadap titik acuan tertentu.



<https://www.astalog.com/7773/apa-yang-dimaksud-gerak-bersifat-relatif-berikan-2-contohnya.htm>

Berdasarkan lintasannya, gerak gerak ada beberapa macam, yaitu gerak lurus, gerak parabola, dan gerak melingkar.

Gerak lurus adalah gerak yang lintasannya lurus.

Contoh Gerak Lurus: gerak kereta api diatas rel lurus.

Gerak parabola adalah gerak yang lintasannya berupa garis lengkung setengah lingkaran (parabola).

Contoh gerak parabola: gerak bola yang kita lempar ke depan.

Gerak melingkar adalah gerak yang lintasannya melingkar.

Contoh gerak melingkar: gerak jarum jam.

Gerak Nyata

Gerak nyata adalah gerak benda yang sesungguhnya.

Contoh gerak nyata: orang berlari, kuda berlari, kelereng menggelinding.

Gerak Relatif

Sebuah gerak bersifat relatif. Suatu benda yang bergerak terhadap benda tertentu, belum tentu bergerak terhadap benda lainnya. Jadi, dengan titik acuan tertentu, suatu benda dikatakan bergerak, sedangkan dengan titik acuan lain, benda dikatakan diam.

Gerak Semu

Gerak semu adalah gerak tidak nyata yang dihasilkan karena gerakan pengamat. Jadi sebuah benda dikatakan melakukan gerak semu jika benda tersebut sebenarnya diam, tetapi seolah-olah bergerak.

Contoh Gerak Semu: Matahari yang seolah-olah bergerak dari timur ke barat. Padahal sesungguhnya matahari diam, bumilah yang berotasi dari arah barat ke timur.

B. Kelajuan dan Kecepatan

Kecepatan didefinisikan sebagai rata-rata perpindahan benda per satuan waktu. Kecepatan termasuk besaran turunan, yang diturunkan dari besaran panjang dan waktu. Kecepatan merupakan besaran vektor, karena memiliki besar dan arah. Satuan kecepatan dalam Sistem Internasional adalah m/s. Satuan kecepatan lainnya adalah km/jam. Besarnya kecepatan disebut dengan kelajuan. Kelajuan adalah hasil bagi antara jarak yang ditempuh (s) dibagi dengan waktu tempuhnya (t). Kelajuan merupakan besaran skalar karena tidak bergantung pada arah gerak benda. Untuk mengetahui nilai kelajuan kita bisa menggunakan persamaan berikut.

$$v = s/t$$

dengan

$$v = \text{kelajuan (m/s)}$$

$$s = \text{jarak (m)}$$

$$t = \text{waktu (s)}$$

Kelajuan benda tidak selalu sama selama benda itu bergerak. Karena selama benda bergerak, kelajuannya berubah-ubah. Oleh karena itu perlu ditentukan kelajuan rata-rata. Kelajuan rata-rata adalah perbandingan antara jarak total yang ditempuh benda dengan selang waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak tersebut. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\bar{v} = \Delta s / \Delta t$$

dengan

$$\bar{v} = \text{kelajuan (m/s)}$$

$$\Delta s = \text{total jarak (m)}$$

$$\Delta t = \text{total waktu (s)}$$

<https://www.perpusku.com/2015/12/pengertian-gerak-lurus-nyata-relatif-semu-kelajuan-kecepatan.html>, 12-12-18

C. Tugas, Latihan

Tugas

1. Panjang benda diukur pengamat yang diam = 12 m. berapakah panjang benda out bila diukur oleh pengamat yang bergerak dengan kecepatan 0,8 c (c = kecepatan cahaya) relative terhadap benda ?

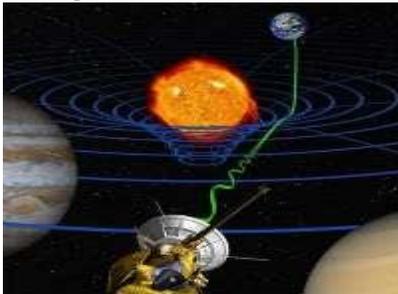
- A. 12,6 m
 - B. 12,2 m
 - C. 9,6 m
 - D. 7,2 m
 - E. 6,0 m
2. Masa diam partikel = m_0 . Masa partikel tersebut saat banyak kecepatan $0,8c$ akan bertambah menjadi
- A. $1,25 m_0$
 - B. $1,42 m_0$
 - C. $1,52 m_0$
 - D. $1,67 m_0$
 - E. $1,92 m_0$

Latihan

1. Suatu peristiwa terjadi selama 3 s menurut pengamat yang bergerak menjauhi peristiwa itu dengan kecepatan $0,8c$ ($c =$ kecepatan cahaya). Menurut pengamat yang diam, peristiwa itu terjadi dalam selang waktu
 - A. 5,0 s
 - B. 4,8 s
 - C. 3,0 s
 - D. 1,8 s
 - E. 1,2 s
2. Pada saat bergerak, panjang sebuah pesawat menjadi $1/2$ panjang pesawat itu dalam keadaan diam. Jika $c =$ kecepatan cahaya, maka kecepatan pesawat itu relatif terhadap pengamat yang diam adalah
 - A. $1/2 c$
 - B. $1/2 c\sqrt{2}$
 - C. $1/2 c\sqrt{3}$
 - D. $3/4 c$
 - E. $4/3 c$

3. Benda bergerak dengan laju $0,6c$ dengan arah sesuai dengan panjang benda. Bagi pengamat yang diam terlihat panjang benda itu mengalami penyusutan sebesar
 - A. 6 %
 - B. 20 %
 - C. 36 %
 - D. 64 %
 - E. 80 %
4. Balok dalam keadaan diam panjangnya 2 meter. Panjang balok menurut pengamat yang bergerak terhadap balok dengan kecepatan $0,8c$ ($c =$ laju cahaya) adalah
5. Partikel B bergerak terhadap A dengan kecepatan $0,8c$ ke kanan. Partikel C bergerak terhadap B dengan kecepatan $0,6c$ ke kanan. Tentukan kecepatan partikel C relatif terhadap A berdasarkan relativitas Newton

D. Rangkuman



ilustrasi lengkungan ruang dan waktu dalam relativitas

<https://kurniafisika.wordpress.com>

Teori Relativitas Einstein adalah teori yang sangat terkenal, tetapi sangat sedikit yang kita pahami. Utamanya, teori relativitas ini merujuk pada dua elemen berbeda yang bersatu ke dalam sebuah teori yang sama: relativitas umum dan relativitas khusus. Theori relativitas khusus telah diperkenalkan dulu, dan kemudian berdasar atas kasus-kasus yang lebih luas diperkenalkan teori relativitas umum.

Konsep teori relativitas

Teori relativitas khusus Einstein-tingkah laku benda yang terlokalisasi dalam kerangka acuan inersia, umumnya hanya berlaku pada kecepatan yang mendekati kecepatan cahaya. Transforasi Lorentz-persamaan transformasi yang digunakan untuk menghitung perubahan koordinat benda pada kasus relativitas khusus.

Teori relativitas umum Einstein-Teori yang lebih luas, dengan memasukkan gravitasi sebagai fenomena geometris dalam sistem koordinat ruang dan waktu yang melengkung, juga dimasukkan kerangka acuan non inersia (misalnya, percepatan).

E. Saran Referensi

<https://kurniafisika.wordpress.com/2009/10/03/gambaran-umum-teori-relativitas-einstein/>

Einstein, Albert 1917 “Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie”

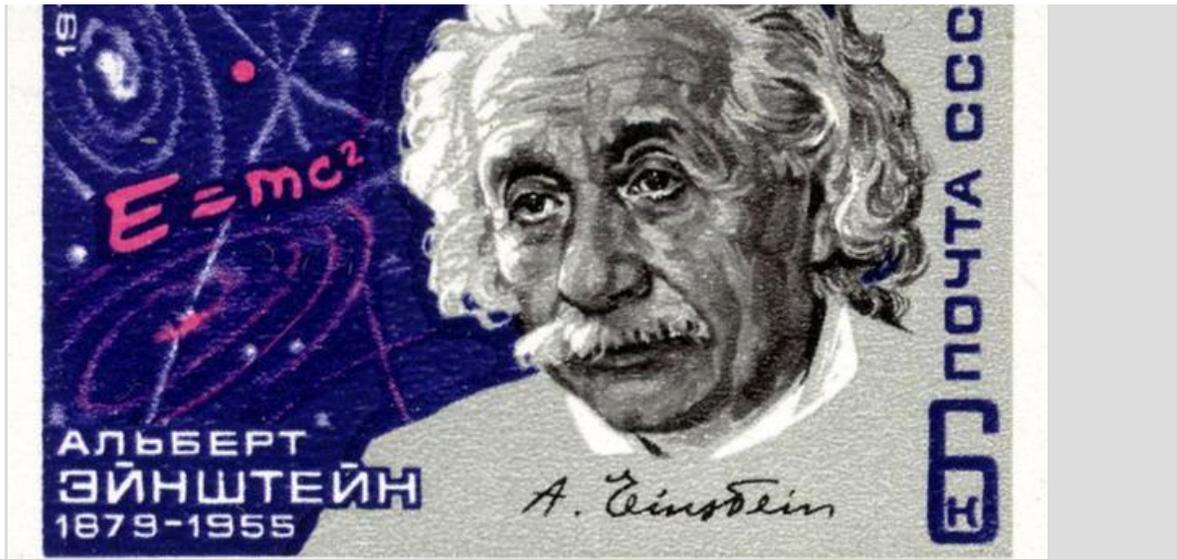
Einstein, Albert 1907 ” *Relativity the special and general theory*”. Crown Publishers

<https://kurniafisika.wordpress.com>

<https://gurumuda.net/teori-relativitas>

<https://brainly.co.id/tugas/19803748#readmore>

Bukti Teori Relativitas Einstein dalam Kehidupan Nyata



Sumber: <https://www.liputan6.com/global/read/2142148/8-bukti-teori-relativitas-einstein-dalam-kehidupan-nyata>

A. Rumus Albert Einstein $E=mc^2$

Pada awalnya, sebelum Albert Einstein datang dengan rumusnya $E = mc^2$, dunia ilmiah diyakini massa & energi adalah 2 fenomena yang berbeda di alam semesta. Namun kejadian tertentu, seperti emisi radioaktif tidak dapat dijelaskan dengan membagi antara massa dan energi. Einstein bekerja dalam rumusnya, dengan mengasumsikan kecepatan cahaya konstan untuk memberikan hubungan yang kemudian akan menjelaskan bagaimana cara bintang bekerja juga.

Cara Einstein Menemukan Rumus

Pada tahun 1905, yang tidak jelas. Einstein tidak jenius seperti yang dipikirkan kebanyakan orang. Dia memang memiliki pikiran yang aneh dan menonjol dengan rasa ingin tahu yang sangat kuat.

Sekitar waktu Einstein tertarik pada fisika (1895), listrik, magnet dan fenomena cahaya semua berada di bawah studi intensif. Sejumlah teori ilmiah dan persamaan matematis telah berhasil sebelumnya oleh astronom Galileo.

Kebanyakan ilmuwan pada saat itu benar-benar puas dengan teori-teori yang berlaku ini. Ada beberapa situasi yang tidak dapat dijelaskan oleh teori-teori ini, namun pengecualian ini dianggap tidak signifikan.

Tak seorang pun, kecuali Einstein, iya begitulah!

Einstein tergelitik oleh “lubang” ini dalam teori yang berlaku. Sebenarnya, dia senang membuat “teka-teki pikiran” untuk dirinya sendiri, hanya untuk melihat apakah teori-teori ini dapat menjelaskannya secara memuaskan.

Sebelum Rumus Einstein Terkenal

Sebelum rumus $E=mc^2$ Einstein yang terkenal, dunia ilmiah melihat massa dan energi sebagai badan atau bentuk yang terpisah dan tidak dapat disatukan. Pada intinya, para ilmuwan juga melihat jarak dan waktu sebagai hal yang konstan.

Demikianlah, Einstein bekerja pada teka-teki ini hampir selama satu dekade sebelum ia muncul dengan rumusnya $E = mc^2$. Kesimpulan Einstein bahwa massa sebuah benda sebenarnya adalah sebuah ukuran dari kandungan energi benda tersebut.

Rumus Albert Einstein $E=mc^2$, sebaliknya, persamaan yang dimaksud mengisyaratkan bahwa semua energi yang ada dalam sistem tertutup mempengaruhi massa diam dari sistem.

Rumus Albert Einstein $E=mc^2$

E = energi (J)

m = massa (kg)

c = kecepatan cahaya (m.s-1)

Pemahaman Teori Relativitas

Teori tersebut juga menjelaskan perilaku objek di dalam ruang dan waktu, yang juga bisa digunakan untuk memprediksi banyak hal, mulai dari eksistensi lubang hitam (black hole), melengkungnya cahaya oleh pengaruh gravitasi, hingga sifat planet Merkurius pada orbitnya.

IndoCropCircles akan membantu anda, dan membuat teori tersebut bisa dipahami secara sederhana. Meski sejatinya sangat rumit dan bikin mumet. Untuk itu mari kita awali untuk mengetahui tiga pemahaman tentang Teori Relativitas:

- Pemahaman Pertama, bahwa tidak ada kerangka acuan ‘mutlak’. Setiap saat ketika kita mengukur kecepatan, momentum atau pengalaman terhadap waktu pada sebuah objek, semua itu selalu dalam kaitannya dengan sesuatu yang lain.

- Pemahaman Kedua, cepat rambat cahaya di dalam ruang hampa ke segala arah adalah sama untuk semua pengamat, tidak tergantung pada gerak sumber cahaya maupun pengamat.
- Pemahaman Ketiga, bahwa tak ada yang melampaui kecepatan cahaya.

Implikasi dari teori tersebut sangat besar. Jika kecepatan, cahaya selalu sama, 300.000.000 m/detik, itu berarti pesawat yang membawa astronaut bergerak sangat cepat relatif terhadap bumi. Juga akan terjadi kontraksi (pengerutan) panjang di mana pesawat yang membawa para penjelajah angkasa terlihat seperti memanjang bagi para pengamat di bumi.

Tapi perlu jauh-jauh ke luar Orbit Bumi atau membuat pesawat yang bisa melaju dengan kecepatan nyaris menyamai kecepatan cahaya untuk melihat efek relativitas. Nyatanya sejumlah instrument yang biasa kita lihat dalam kehidupan sehari-hari membuktikan teori Einstein benar adanya.

B. Bukti Teori Relativitas Einsten dalam kehidupan sehari-hari

1. Global Positioning Sistem (GPS)



© Can Stock Photo - csp33538964

<https://www.canstockphoto.com/diagram-of-global-positioning-system-33538964.html>

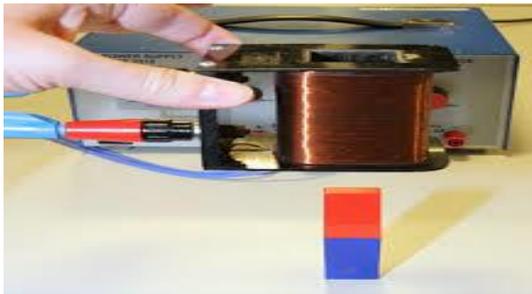
GPS (*Global Positioning system*) merupakan sebuah alat, sistem serta navigasi berbasis satelit yang dapat digunakan untuk menginformasikan penggunaanya di permukaan bumi. Prinsip kerja GPS yang menggunakan satelit dan stasiun bumi juga dianggap menggunakan efek dari Teori Relativitas. Untuk mendapatkan akurasi lokasi GPS kepada pengguna, satelit akan mengirimkan data ke stasiun bumi dan kemudian stasiun bumi akan

meneruskannya ke alat GPS masing-masing. Tingkat akurasi lokasi ini disebabkan adanya efek relativitas.

Satelit berada di luar angkasa dengan jarak sekitar 20,300 km dari bumi dan bergerak dengan kecepatan 10 ribu km/jam. Hal ini menyebabkan adanya perbedaan 'waktu' antara bumi dengan satelit, yang mencapai 4 microsecond. Ditambah dengan efek gravitasi, maka perbedaan itu menjadi 7 microseconds.

Jika tidak ada perbedaan ini, maka efeknya akan sangat terasa. Jika tidak ada relativitas, maka GPS akan menyebutkan jarak ke stasiun pengisian bahan bakar terdekat mencapai 0,8 km. Padahal, jaraknya sebenarnya bisa mencapai 8 km.

2. Elektomagnet

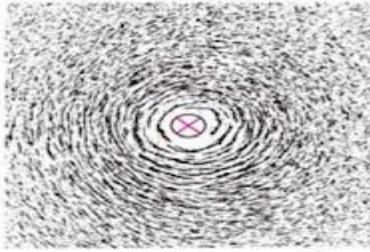


Sumber Gambar: <http://goo.gl/15jccv>

Magnet adalah efek relativitas, dan kerja generator yang menghasilkan listrik adalah bukti nyata dari teori relativitas. Kumparan kawat yang bergerak pada medan magnet bias menghasilkan arus listrik. Partikel bermuatan dalam kawat dipengaruhi perubahan medan magnet yang memaksanya bergerak dan menghasilkan arus listrik. Namun, saat kawat diam pada medan magnet, ternyata arus listrik masih timbul, bukan sebaliknya.

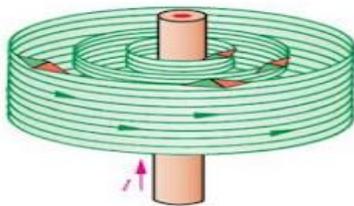
Thomas Moore, dosen fisika dan Pomona College di Claremont, California menggunakan prinsip relativitas untuk mendemonstrasikan hukum Faraday, yang menyebut bahwa medan magnet yang berubah menimbulkan arus listrik, adalah benar.

Elektromagnet adalah prinsip pembangkitan magnet dengan menggunakan arus listrik. Aplikasi praktisnya kita temukan pada pita tape recorder, motor listrik, speaker, kontaktor magnet, relay, dan lain sebagainya.



<http://kusumandarutp.blogspot.com/2015/06/elektromagnet.html>

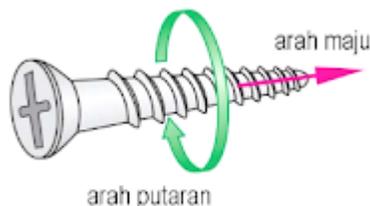
Gambar visual garis gaya magnet yang dihasilkan dari percobaan pada kawat beraliran listrik yang di beri pembatas kertas dan di permukaan kertas ditaburkan serbuk besi yang disebarakan di atas kertas.



Gambar Gaya magnet membentuk selubung seputar kawat berarus

<http://kusumandarutp.blogspot.com/2015/06/elektromagnet.html>

Sebatang kawat posisi vertikal diberikan arus listrik DC searah panah, arus menuju keatas arah pandang (tanda titik). Garis gaya magnet yang membentuk selubung berlapis-lapis terbentuk sepanjang kawat. Garis gaya magnet ini tidak tampak oleh mata kita, cara melihatnya dengan serbuk halus besi.



Gambar Prinsip putaran sekrup

<http://kusumandarutp.blogspot.com/2015/06/elektromagnet.html>

Arah medan magnet disekitar penghantar sesuai dengan arah putaran sekrup (James Clerk Maxwell, 1831 - 1879). Arah arus ke depan maka arah medan magnet searah putaran sekrup ke kanan. Sedangkan bila arah arus kebelakang magnet adalah ke kiri.

Aturan sekrup mirip dengan hukum tangan kanan yang menggenggam, arah ibu jari menyatakan arah arus listrik yang mengalir pada kawat.

3. Emas yang berwarna Kuning



<https://bugnanirwana.wordpress.com/2016/12/18/emas-kuning-vs-emas-putih-vs-emas-merah-vs-emas-warna-warni/>

Kebanyakan logam terlihat berkilau karena elektron yang ada di atom logam tersebut berada di luar 'orbit'. Hal ini lantaran elektron tersebut memiliki level energi yang berbeda. Sedangkan emas memiliki masa atom yang berat. Jadi elektron yang ada di dalamnya bergerak sangat cepat dan cukup untuk meningkatkan relativitas massa dan panjangnya secara signifikan. Hasilnya, elektron tersebut memutar inti atom dengan jarak yang lebih pendek.

Elektron yang berada di luar orbit inti atom ini akhirnya menyerap dan memantulkan warna yang memiliki panjang gelombang yang lebih dibandingkan warna biru. Kuning, orange, dan merah memang memiliki panjang gelombang yang lebih panjang dibanding warna biru.

Emas tidak mengalami Korosi (Perubahan)

Relativitas yang ada di elektron emas juga menjadi alasan kenapa emas tidak cepat mengalami korosi (perubahan) seperti logam pada umumnya. Emas menjadi satu-satunya logam yang memiliki elektron berada di luar inti atom. Namun, elektron emas tidak mudah bereaksi seperti pada *lithium* (logam buah perak) dan kalsium (logam putih menyerupai kristal). Selain itu, elektron emas juga cukup berat dan dekat dengan inti atom. Artinya, elektron yang berada di luar inti atom tidak berada seperti elektron yang ada di jenis-jenis logam lainnya.

4. Merkuri atau raksa berbentuk cair



<http://blog.unnes.ac.id/rudi/6-penerapan-teori-relativitas-einstein-dalam-kehidupan-sehari-hari/>

Meski berstatus sebagai '*logam*', merkuri atau raksa berbentuk cairan. Unsur kimia yang memiliki simbol Hg itu juga punya atom yang berat -- seperti halnya emas, dengan elektron yang berada dekat inti, sehingga zat tersebut gampang meleleh pada temperatur yang lebih rendah. Kita biasanya melihatnya sebagai cairan. Berbeda dengan logam lainnya yang merupakan zat padat pada suhu ruang, raksa (Hg) berupa cairan.

Berdasarkan hukum keperiodikan, pada temperatur ruang raksa seharusnya merupakan padatan karena unsur di atasnya dalam satu golongan yaitu Zink (Zn) dan Cadmium (Cd) merupakan padatan. Demikian unsur disebelahnya dalam periode yang sama, yaitu emas (Au) dan Talium (Tl) juga merupakan padatan.

Logam Zn dan Cd memiliki titik lebur 419,6 dan 320,9 C. Berdasarkan triade dobereiner, raksa seharusnya merupakan zat padat dengan titik lebur sekitar 222 C. Dalam kenyataannya titik lebur raksa adalah -38,86 C.

Berdasarkan teori relativitas einstein massa suatu partikel adalah bertambah besar dengan semakin bertambahnya kecepatan gerak partikel tersebut. Pada keadaan dasar konfigurasi elektron Hg: (Xe) 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s². Akibat efek relativitas maka dua elektron pada orbital 6s akan tertarik kuat oleh inti atomnya sehingga tidak dapat memberikan kontribusi yang besar terhadap pembentukan ikatan logam antara atom-atom raksa.

<http://kuliahcatatankimia.blogspot.com/2013/01/mengapa-raksa-berwujud-cair.html>

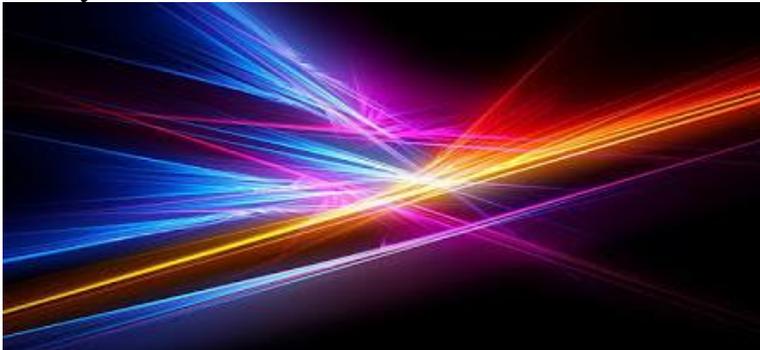
5. Televisi Jadul



Sumber: <http://www.shitlicious.com/2016/01/sejarah-tv-jadul-sampai-saat-ini.html>

Beberapa tahun lalu, kebanyakan televisi dan monitoring memiliki layar tabung sinar katoda yang bekerja dengan cara menempakkan elektron pada permukaan fosfor dengan magnet besar. Masing-masing elektron menyalahkan italic saat mengenai belakang layar dan memunculkan gambar bergerak hingga 30 persen kecepatan cahaya.

6. Cahaya



Sumber : <http://fisika14pendidikan.blogspot.com/2016/11/fisikacahaya.html>

Cahaya merupakan sejenis energi berbentuk gelombang elektromagnetik yang bisa dilihat dengan mata. Cahaya juga merupakan dasar ukuran meter: 1 meter adalah jarak yang dilalui cahaya melalui vakum pada $1/299,792,458$ detik. Kecepatan cahaya adalah $299,792,458$ meter per detik. Jika teori Isaac Newton benar, maka niscaya penjelasan tentang cahaya yang kita miliki akan berbeda sama sekali. “Tak hanya magnetic, cahaya pun tak akan ada.

Jika persyaratan itu tidak ada, perubahan pada medan listrik akan terjadi seketika, bukan melalui gelombang elektromagnetik di mana magnetik dan cahaya tak akan diperlukan.

7. PLTN dan Supernova

Relativitas adalah salah satu alasan bahwa massa dan energi dapat di konversi menjadi satu sama lain, seperti bagaimana pembangkit listrik tenaga nuklir bekerja, dan mengapa matahari bersinar. Efek lain yang penting adalah dalam ledakan supernova, yang menandakan kematian bintang masif.



<http://blog.unnes.ac.id/rudi/6-penerapan-teori-relativitas-einstein-dalam-kehidupan-sehari-hari/>

Supernova ada karena efek relativistik mengatasi efek kuantum dalam inti bintang cukup besar, yang memungkinkan tiba-tiba meledak karena beratnya sendiri sampai menjadi bintang neutron yang jauh lebih kecil dan lebih keras.

Dalam sebuah supernova, lapisan luar dari runtuhnya bintang turun ke inti, dan menciptakan ledakan raksasa menciptakan unsur yang lebih berat dari besi.

8. Pembangkit Tenaga Nuklir dan Supernova



Sumber : https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Nuclear_Power_Plant_2.jpg

Relativitas adalah salah satu alasan di mana massa dan energi bisa di konversi menjadi salah satu alasan lain yang menjelaskan bagaimana pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN). Beroperasi, juga mengapa matahari menyinari siang. Efek lain yang tak kalah penting adalah ledakan supernova: sinyal kematian sebuah bintang.

“Supernova ada karena efek relativitas melampaui efek kuantum dalam inti bintang yang besar, yang memungkinkan bintang itu meledak secara tiba-tiba dan menjadi bintang neutron yang jauh lebih kecil dan lebih keras. Saat supernova, lapisan luar bintang merangsek masuk ke inti dan memicu ledakan raksasa yang menciptakan elemen yang lebih berat dari besi.

Kata putih dianggap sebagai titik akhir dari inovasi suatu bintang dan merupakan inti bintang dimana reaksi fusi berlangsung. Atau bintang setelah terbakar habis alias mati (Ein/Riz). <https://www.liputan6.com/global/read/2142148/8-bukti-teori-relativitas-einstein-dalam-kehidupan-nyata>

C. Tugas, dan latihan

Tugas

Sebuah pesawat yang diam di bumi mempunyai panjang 100 m. Kemudian pesawat tersebut bergerak dengan kecepatan $0,6c$. Berapa panjang pesawat tersebut menurut pengamat di bumi sekarang?

Latihan

1. Suatu peristiwa terjadi selama 3 sekon menurut pengamat yang bergerak menjauhi peristiwa itu dengan kecepatan $0,8c$ (c = kecepatan cahaya). Menurut pengamat yang diam, peristiwa tersebut terjadi selama selang waktu
 - A. 5,0 s
 - B. 4,8 s
 - C. 3,0 s
 - D. 1,8 s
 - E. 1,2 s
2. Bila c = kecepatan cahaya, maka kecepatan yang diperlukan oleh suatu benda supaya massanya bertambah 25 % adalah...
 - A. $0,2c$
 - B. $0,3c$
 - C. $0,5c$
 - D. $0,6c$
 - E. $0,8c$
1. Sebuah partikel bergerak dengan laju $v = \frac{1}{2} \sqrt{3} c$ (c = laju cahaya). Jika m_0 = massa diam, m = massa bergerak, E_k = energi kinetik, dan E_0 = energi diam, maka berlaku
 - A. $m = \frac{1}{2} m_0$ dan $E_k = \frac{1}{2} E_0$

- B. $m = 4/3 m_0$ dan $E_k = E_0$
- C. $m = 3/2 m_0$ dan $E_k = E_0$
- D. $m = 2 m_0$ dan $E_k = 2 E_0$
- E. $m = 2 m_0$ dan $E_k = E_0$

Pembahasan:

Diketahui:

$$v = \frac{1}{2} \sqrt{3} c$$

Ditanya: m dan $E_k = \dots$

Jawab:

- a. menghitung m

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{(\frac{1}{2} \sqrt{3} c)^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{3}{4}}} = \frac{m_0}{0,5}$$

$$m = 2 m_0$$

- b. menghitung E_k

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = 2 m_0c^2 - m_0c^2 = m_0c^2$$

$$E_k = E_0$$

Jawaban: E

D. Rangkuman

Sejak diformulasikan Albert Einstein pada 1905, teori relativitas dianggap sebagai salah satu teori fisika paling terkemuka pada sepanjang abad ke-20. Secara umum, teori ini berbicara tentang tiga hukum fisika dasar.

Pertama, tidak ada hal 'mutlak' yang dapat dijadikan referensi atau kerangka acuan dalam menentukan sesuatu. Termasuk saat mengukur kecepatan, momentum, dan perjalanan waktu yang dialami sebuah benda. Selalu ada hal yang mempengaruhi kondisi-kondisi tersebut. Kedua, kecepatan cahaya selalu sama, terlepas dari siapa atau seberapa cepat orang tersebut mengukurnya. Ketiga, tidak ada yang lebih cepat dari kecepatan cahaya.

Hukum-hukum fisika yang terdapat di teori relativitas ini pun ternyata dapat ditemui di kehidupan sehari-hari. Teori relativitas ini dianggap memiliki implikasi mendalam di kehidupan sehari-hari. Berikut tujuh penerapan teori relativitas di kehidupan sehari-hari, yang dilansir laman *Livescience.com*:

E. Saran Referensi

[https://www.liputan6.com/global/read/2142148/8-bukti-teori-relativitas-einstein-dalam-kehidupan- nyata](https://www.liputan6.com/global/read/2142148/8-bukti-teori-relativitas-einstein-dalam-kehidupan-nyata)

<http://kuliahcatatankimia.blogspot.com/2013/01/mengapa-raksa-berwujud-cair.html>

https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Nuclear_Power_Plant_2.jpg

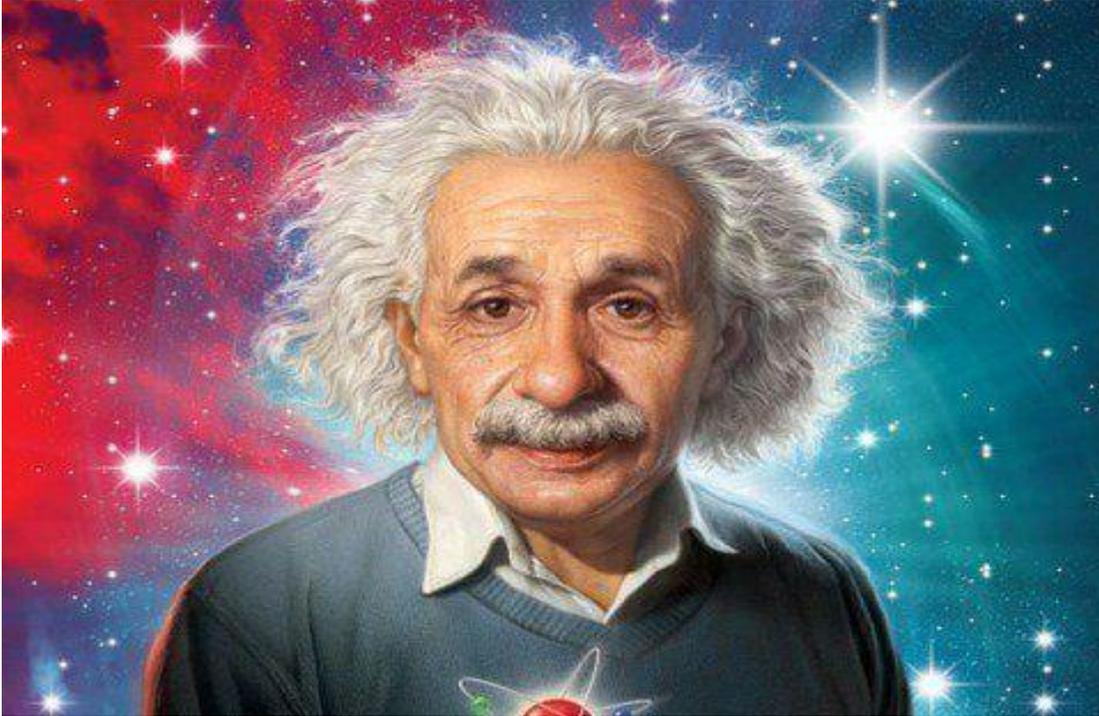
<http://kusumandarutp.blogspot.com/2015/06/elektromagnet.html>

<https://www.liputan6.com/global/read/2142148/8-bukti-teori-relativitas-einstein-dalam-kehidupan-nyata>

<https://kurniafisika.wordpress.com>

<https://soal-soal-relativitas.html>

Penerapan Teori Relativitas di Kehidupan Sehari-hari



Sumber: <https://id.pinterest.com/pin/858358010202353748/>

Implikasi teori Einstein yang paling terkenal adalah mengenai dilatasi waktu. Yang berarti bahwa jika kecepatan cahaya selalu sama, maka pesawat ruang angkasa astronot harus bergerak sangat cepat relatif terhadap bumi. Hal ini menurut pengamat di bumi waktu astronot melambat. Sehingga disebut fenomena dilatasi waktu, di mana waktu untuk astronot di ruang angkasa lebih awet muda dibandingkan dengan waktu pengamat di bumi. Selain itu pesawat astronot akan lebih terlihat memanjang, yang disebut kontraksi panjang.

A. Pengertian Teori Relativitas

1. Teori Relativitas Albert Einstein adalah sebutan untuk kumpulan dua teori fisika: “relativitas umum dan “relativitas khusus”. Kedua teori ini diciptakan untuk menjelaskan bahwa gelombang elektromagnetik tidak sesuai dengan teori gerakan Newton.
2. Gelombang elektromagnetik dibuktikan bergerak pada kecepatan yang konstan, tanpa dipengaruhi gerakan sang pengamat. Inti pemikiran dari kedua teori ini adalah bahwa dua

pengamat yang bergerak relatif terhadap masing-masing akan mendapatkan waktu dan interval ruang yang berbeda untuk kejadian yang sama, namun isi hukum fisika akan terlihat sama oleh keduanya.

3. Relativitas khusus adalah teori mengenai struktur ruang dan waktu. Relativitas khusus menunjukkan bahwa jika dua pengamat berada dalam kerangka acuan lembam dan bergerak dengan kecepatan sama relatif terhadap pengamat lain, maka kedua pengamat tersebut tidak dapat melakukan percobaan untuk menentukan apakah mereka bergerak atau diam. Bayangkan ini seperti saat Anda berada di dalam sebuah kapal selam yang bergerak dengan kecepatan tetap. Anda tidak akan dapat mengatakan apakah kapal selam tengah bergerak atau diam. Teori relativitas khusus disandarkan pada postulat bahwa kecepatan cahaya akan sama terhadap semua pengamat yang berada dalam kerangka acuan lembam.
4. Relativitas umum adalah teori gravitasi yang dikembangkan oleh Einstein pada tahun 1907-1915. Pengembangan relativitas umum dimulai dengan asas ekivalensi, di mana keadaan gerak dipercepat dan diam pada sebuah medan gravitasi (contohnya, ketika berada pada permukaan bumi) yang identik secara fisik. Hasilnya adalah jatuh bebas adalah gerak inersia: objek yang sedang jatuh bebas akan jatuh karena itulah bagaimana objek bergerak ketika tidak ada gaya yang diberikan pada benda tersebut, bukan akibat gaya gravitasi seperti pada kasus mekanika klasik. Maka hal ini tidak cocok dengan mekanika klasik dan relativitas khusus karena pada teori ini objek yang bergerak inersia tidak dapat mempercepat terhadap satu sama lain, namun objek yang jatuh bebas dapat. Untuk menyelesaikan masalah ini, Einstein mengajukan bahwa ruang-waktu adalah kelengkungan. (*sumber : Wikipedia*)

B. Contoh Teori Relativitas dalam kehidupan sehari-hari

Emas Tidak Bisa Berkarat

Mengapa emas tidak bisa berkarat? pertanyaan itu selalu menjadi pertanyaan yang tidak pernah selesai di jawab oleh para ahli. Memang sudah menjadi suatu hal yang lumrah untuk dipertanyakan mengapa emas tidak bisa berkarat, lalu apakah kaitannya dengan teori relativitas di sini mimin akan coba membahasnya. Efek relativistik pada elektron emas adalah salah satu alasan mengapa logam itu tak berkarat dan tidak gampang bereaksi terhadap segala sesuatu.



<https://mengakujenius.com/4-contoh-teori-relativitas-dalam-kehidupan-nyata/>

Emas hanya memiliki 1 elektron pada kulit luarnya. Jika logam-logam yang lain seperti besi dapat berkarat itu dikarenakan logam-logam yang tersusun oleh elektron yang ukurannya sangat kecil, di mana saat terjadi interaksi dengan air misalnya, elektron-elektron inilah yang akan terlepas dari logam dan bereaksi dengan air dan oksigen. Setiap logam memiliki jumlah dan karakteristik elektron yang berbeda. Sebaliknya, ketika emas bertemu dengan air dan oksigen, elektronnya sangat sulit untuk lepas sehingga karat sulit terbentuk. Jika dibiarkan, air, dan oksigen ini akan bereaksi maka membutuhkan waktu yang sangat lama, tentu suatu ketika akan ada elektron emas yang terlepas dan bereaksi, namun jumlahnya sangat sedikit, sehingga emas tidak mampu berkarat meski telah berumur ratusan tahun. Hal ini menjadi bukti nyata adanya teori relativitas.

Elektromagnetik



<http://kokohnaxnetig.blogspot.com/2016/01/pengertian-elektromagnetik-serta.html>

Jika Anda melakukan *looping* (ikatan/putaran) dari sebuah kawat dan memindahkannya ke medan magnet, maka Anda akan menghasilkan arus listrik. Partikel-partikel yang bermuatan listrik di pengaruhi medan magnet, yang akhirnya memaksa partikel itu berubah dan bergerak menciptakan arus listrik. Namun, saat kawat tersebut tidak digerakan, maka kawat (elektron dan proton) tidak lagi bergerak.

Profesor Fisika dari Universitas Pomona, Kalifornia, Thomas Moore, menyatakan, kondisi tersebut kian menegaskan hukum Faraday, yang menyatakan perubahan medan magnet menciptakan arus listrik.

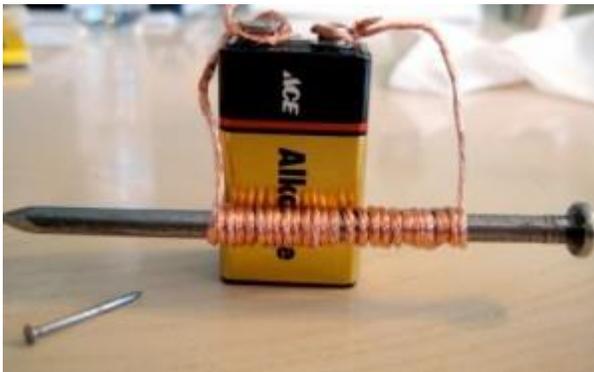
GPS (Global Positioning System)



<https://mengakujenius.com/4-contoh-teori-relativitas-dalam-kehidupan-nyata/>

Elektromagnetik akan selalu berkaitan dengan medan listrik dan medan magnet. Medan listrik dapat di produksi oleh muatan listrik statik, dan dapat memberikan kenaikan pada gaya listrik. Alat-alat yang sering kita jumpai seperti bel listrik, kunci pintu, kalkson kendaraan, mikrophone, speaker adalah penerapan siste,m elektromagnetik dalam kehidupan. mengapa demikian?

Penerapan Sistem Elektromagnetik



<https://mengakujenius.com/4-contoh-teori-relativitas-dalam-kehidupan-nyata/>

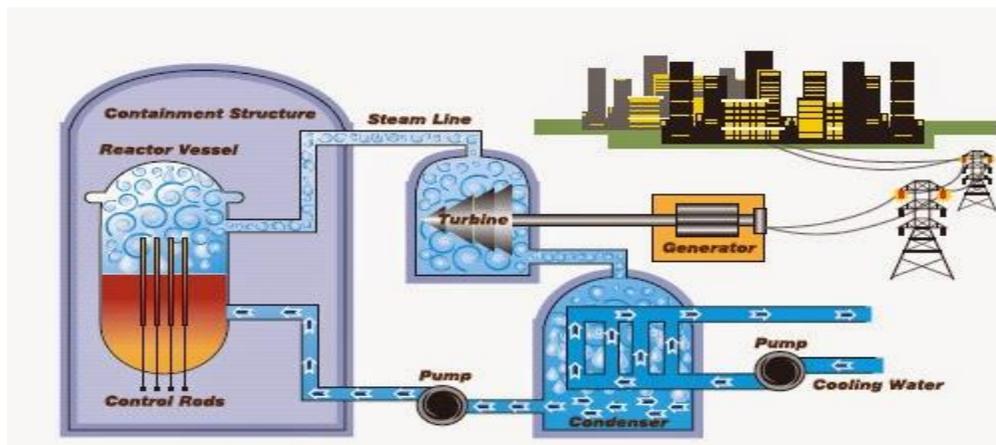
Elektromagnetik adalah proses dimana terbentuknya magnet listrik yang terdapat pada logam. Misalkan kawat yang berarus listrik yang dililitkan pada besi maka besi tersebut akan menghasilkan daya magnet. Jumlah lilitan sangat mempengaruhi besar atau kecilnya daya magnet yang dihasilkan. Menggunakan magnet buatan tersebut sangat mudah untuk kita

lakukan, dan kita bisa mengontrolnya sewaktu-waktu. Hal tersebut menunjukkan bukti nyata teori relativitas.

PLTN

Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir adalah sebuah pembangkit daya thermal yang menggunakan satu atau beberapa reaktor nuklir sebagai sumber panasnya. Prinsip kerja sebuah PLTN hampir sama dengan sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Uap, menggunakan uap bertekanan tinggi untuk memutar turbin. Putaran turbin inilah yang di ubah menjadi energi listrik. Perbedaannya ialah sumber panas yang digunakan untuk menghasilkan panas. Sebuah PLTN menggunakan Uranium sebagai sumber panasnya. Reaksi pembelahan (fisi) inti Uranium menghasilkan energi panas yang sangat besar. Hal ini menjadi bukti nyata bahwa teori relativitas benar adanya.

Gambar dan Cara Kerja PLTN :



<https://mengakujenius.com/4-contoh-teori-relativitas-dalam-kehidupan-nyata/>

Cara kerja PLTN hampir mirip dengan cara kerja pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berbahan bakar fosil lainnya. Jika PLTU menggunakan boiler untuk menghasilkan energi panasnya, PLTN menggantinya dengan menggunakan reaktor nuklir. Seperti terlihat pada gambar, PLTU menggunakan bahan bakar batubara, minyak bumi, gas alam dan sebagainya untuk menghasilkan panas dengan cara di bakar, kemudian panas yang dihasilkan digunakan untuk memanaskan air di dalam boiler sehingga menghasilkan uap air, uap air yang

di dapat digunakan untuk memutar turbin uap, dari sini generator dapat menghasilkan listrik karena ikut berputar seporos dengan turbin uap.

Perbedaannya pada pembangkit listrik konvensional bahan bakar untuk menghasilkan panas menggunakan bahan bakar fosil seperti ; batubara, minyak dan gas. Dampak dari pembakaran bahan bakar fosil ini, akan mengeluarkan karbon dioksida (CO₂), sulfur dioksida (SO₂) dan nitrogen oksida (NO_x), serta debu yang mengandung logam berat. Sisa pembakaran tersebut akan ter-emisikan ke udara dan berpotensi mencemari lingkungan hidup, yang bisa menimbulkan hujan asam dan peningkatan suhu global.

Pada PLTN juga memiliki prinsip kerja yang sama yaitu di dalam reaktor terjadi reaksi fisi bahan bakar uranium sehingga menghasilkan energi panas, kemudian air di dalam reaktor dididihkan, energi kinetik uap air yang didapat digunakan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan listrik untuk diteruskan ke jaringan transmisi. Bagaimana reaktor nuklir bekerja tersebut menunjukkan bukti nyata teori relativitas.

(https://www.academia.edu/6135585/PEMBANGKIT_LISTRIK_TENAGA_NUKLIR)

Merkuri



Sumber Gambar: <http://goo.gl/veP4nM>

Sama seperti emas, merkuri juga memiliki atom yang berat. Elektron di merkuri juga cukup berat dan cenderung mendekat ke inti atom. Merkuri juga memiliki ikatan atom yang lemah, sehingga merkuri terlihat mencair saat berada di temperatur rendah.

Televisi Tabung

Pada beberapa tahun lalu, televisi dan monitor masih memiliki tabung sinar katoda. Tabung sinar katoda ini menembakkan elektron ke permukaan fosfor (zat) dengan magnet. Setiap elektron akan membentuk pixel (unsur gambar) yang menjadi warna di layar televisi atau monitor. Kecepatan pergerakan elektron ini mencapai 30 persen dari kecepatan cahaya. Di titik ini, efek relativitas dapat terdeteksi di prinsip kerja televisi dan monitor tersebut.

Televisi tabung



Gambar: <http://goo.gl/mMnq0A>

Beberapa tahun lalu, kebanyakan televisi dan monitor memiliki layar tabung sinar katoda yang bekerja dengan cara menempakkan elektron pada permukaan fosfor dengan magnet besar. Masing-masing elektron menyalakan pixel saat mengenai belakang layar dan memunculkan gambar bergerak hingga 30 persen kecepatan cahaya. Dalam kasus tersebut, efek relativistik terlihat jelas adanya.

Cahaya



<https://irmavina28blog.wordpress.com/2015/05/04/cahaya/>

Terkait hal ini, Moore memiliki penjelasan kenapa cahaya juga menjadi bukti dari teori relativitas. "Tidak hanya medan magnet, cahaya juga tidak akan kita kenal seperti sekarang, karena relativitas membutuhkan perubahan dan pergerakan di medan elektromagnetik dalam sebuah kurun waktu serta tidak terjadi secara instan. Jika relativitas tidak membutuhkan syarat ini, maka perubahan di medan listrik akan terjadi secara instan, tidak melalui gelombang magnetik. Alhasil, magnet dan cahaya akhirnya tidak diperlukan.

Pembangkit Tenaga Nuklir dan Supernova

Relativitas adalah salah satu alasan di mana massa dan energi bisa dikonversi menjadi satu sama lain yang menjelaskan bagaimana pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) beroperasi, juga mengapa Matahari menyinari siang. Efek lain yang tak kalah penting adalah ledakan supernova: sinyal kematian sebuah bintang.

C. Evaluasi Pembelajaran

a. Kelompok

Diskusi tentang Penerapan Teori Relativitas

Tugas: Menyusun RPP kegiatan Diskusi

b. Individu

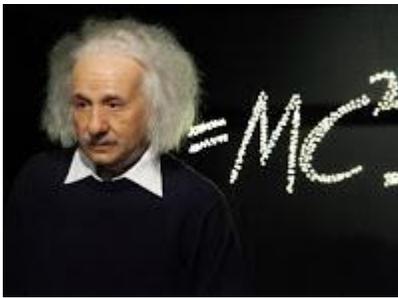
1. Batang Panjangnya 1 m bergerak dengan kecepatan v , diamati oleh Batang Panjangnya 1 m bergerak dengan kecepatan v , diamati oleh pengamat yang diam panjang batang menjadi 80 cm. Bila c = kecepatan cahaya, maka kecepatan batang itu adalah
 - A. $1/5 c$
 - B. $2/5 c$
 - C. $3/5 c$
 - D. $4/5 c$
2. Sebuah partikel bergerak dengan laju $v = \frac{1}{2} \sqrt{3} c$ (c = laju cahaya). Jika m_0 = massa diam, m = massa bergerak, E_k = energi kinetik, dan E_0 = energi diam, maka berlaku
 - A. $m = \frac{1}{2} m_0$ dan $E_k = \frac{1}{2} E_0$
 - B. $m = \frac{4}{3} m_0$ dan $E_k = E_0$
 - C. $m = \frac{3}{2} m_0$ dan $E_k = E_0$
 - D. $m = 2 m_0$ dan $E_k = 2 E_0$
 - E. $m = 2 m_0$ dan $E_k = E_0$
3. Seorang pengamat di stasiun ruang angkasa mengamati adanya dua pesawat antariksa A dan B yang datang menuju stasiun tersebut dari arah yang berlawanan dengan laju $v_A = v_B = \frac{3}{4} c$ (c adalah cepat rambat cahaya). Kelajuan pesawat A menurut pilot pesawat B adalah
 - A. $9/16 c$
 - B. $8/9 c$
 - C. $24/25 c$
 - D. $4/3 c$
4. Balok dalam keadaan diam panjangnya 2 meter. Panjang balok menurut pengamat yang bergerak terhadap balok dengan kecepatan $0,8 c$ (c = laju cahaya) adalah
 - A. 0,7 m
 - B. 1,2 m
 - C. 1,3 m
 - D. 1,6 m

E. 2,0 m

Soal ini untuk dicoba !

5. Panjang benda diukur saat bergerak menyusut 20 cm dari panjangnya saat diukur dalam keadaan diam. Bila panjang benda diukur dalam keadaan diam panjangnya 1 m dan c = kecepatan cahaya, maka kecepatan gerak benda adalah
- A. 0,2 c
 - B. 0,3 c
 - C. 0,4 c
 - D. 0,6 c
 - E. 0,8 c

D. Kesimpulan



Implikasi teori Einstein yang paling terkenal adalah mengenai dilatasi waktu. Yang berarti bahwa jika kecepatan cahaya selalu sama, maka pesawat ruang angkasa astronot harus bergerak sangat cepat relatif terhadap bumi. Hal ini menurut pengamat di bumi waktu astronot melambat. Sehingga disebut fenomena dilatasi waktu, dimana waktu untuk astronot diruang angkasa lebih awet muda dibandingkan dengan waktu pengamat di bumi. Selain itu pesawat astronot akan lebih terlihat memanjang, yang disebut kontraksi panjang.

E. Saran Referensi

<https://mengakujenius.com/4-contoh-teori-relativitas-dalam-kehidupan-nyata/>

<http://kokohnaxnetig.blogspot.com/2016/01/pengertian-elektromagnetik-serta.html>

<http://goo.gl/mMnq0A>

Kunci Jawaban Latihan Unit 1

Jawaban Tugas

2. Jawaban

Pembahasan:

Diketahui:

$$l_0 = 12 \text{ m}$$

$$v = 0,8 \text{ c}$$

Ditanya: $l = \dots$

Jawab:

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 12 \text{ m} \sqrt{1 - \frac{(0,8 \text{ c})^2}{c^2}}$$

$$l = 12 \text{ m} \sqrt{0,36} = 12 \text{ m} \cdot 0,6 = 7,2 \text{ m}$$

Jawaban: D

3. Jawaban

Pembahasan:

Diketahui:

$$\text{Massa diam} = m_0$$

$$v = 0,8 \text{ c}$$

Ditanya: $m = \dots$

Jawab:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{(0,8 \text{ c})^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{0,36}} = \frac{m_0}{0,6}$$

$$m = 1,67 m_0$$

Jawaban: D

Jawaban Latihan

6. Suatu peristiwa terjadi selama 3 s menurut pengamat yang bergerak menjauhi peristiwa itu dengan kecepatan 0,8 c (c = kecepatan cahaya). Menurut pengamat yang diam, peristiwa itu terjadi dalam selang waktu...

Jawaban

TRK

- Dilatasi Waktu

$$\Delta t' = 3 \text{ s}$$

$$v = 0,8 \text{ c}$$

$$\Delta t_0 = \underline{\hspace{1cm}}?$$

$$\Delta t' = \Delta t_0 / \sqrt{1 - (v/c)^2}$$

$$\Delta t' = 3 / \sqrt{1 - (0,8 c / c)^2}$$

$$\Delta t' = 3 / 0,6$$

$$\Delta t' = 5 \text{ s}$$

2. Pada saat bergerak, panjang sebuah pesawat menjadi 1/2 panjang pesawat itu dalam keadaan diam. Jika c = kecepatan cahaya, maka kecepatan pesawat itu relatif terhadap pengamat yang diam adalah ...
- A. $1/2 c$
 B. $1/2 c\sqrt{2}$
 C. $1/2 c\sqrt{3}$
 D. $3/4 c$
 E. $4/3 c$

Jawaban: adalah C

3. Benda bergerak dengan laju $0,6 c$ dengan arah sesuai dengan panjang benda. Bagi pengamat yang diam terlihat panjang benda itu mengalami penyusutan sebesar ...
- A. 6 %
 B. 20 %
 C. 36 %
 D. 64 %
 E. 80 %

Pembahasan

$$v = 0,6 c \rightarrow \gamma = 10/8$$

Hubungan antara panjang saat benda diam dan saat bergerak jika kita pakai istilah L_0 dan L adalah

$$L = L_0 / \gamma$$

$$L = L_0 / (10/8) = 8/10 L_0 = 80\% L_0$$

Jawaban : susut panjangnya adalah 20% (B)

4. Balok dalam keadaan diam panjangnya 2 meter. Panjang balok menurut pengamat yang bergerak terhadap balok dengan kecepatan $0,8 c$ (c = laju cahaya) adalah....
- A. 0,7 m
 B. 1,2 m
 C. 1,3 m
 D. 1,6 m
 E. 2,0 m

Pembahasan:

$$L = L_0 / \gamma$$

$$L = L_0 / (1 / \sqrt{1 - (v^2 / c^2)})$$

$$L = L_0 \times \sqrt{1 - (v^2 / c^2)}$$

$$L = 2 \text{ m} \times \sqrt{1 - ((0,8 c)^2 / c^2)}$$

$$L = 2 \text{ m} \times \sqrt{1 - (0,64 c^2 / c^2)}$$

$$L = 2 \text{ m} \times \sqrt{1 - 0,64}$$

$$L = 2 \text{ m} \times \sqrt{0,36}$$

$$L = 2 \text{ m} \times 0,6$$

$$L = 1,2 \text{ m}$$

Jawaban adalah B = Panjang asli = $0,6 \times 2 = 1,2$ meter

5. Partikel B bergerak terhadap A dengan kecepatan $0,8c$ ke kanan. Partikel C bergerak terhadap B dengan kecepatan $0,6c$ ke kanan. Tentukan kecepatan partikel C relatif terhadap A berdasarkan relativitas Newton

Penyelesaian:

Partikel A diam menjadi kerangka acuan dari partikel B dan partikel B sebagai kerangka acuan dari partikel C. Maka kecepatan partikel C relatif terhadap A yakni:

$$v_x = v + v_x'$$

$$v_x = 0,8c + 0,6c$$

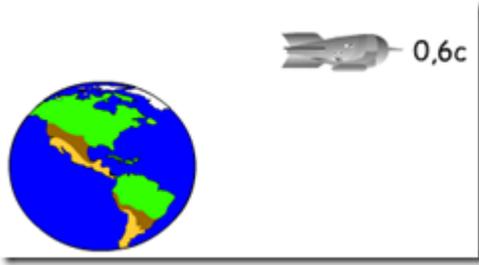
$$v_x = 1,4c$$

Jadi, kecepatan partikel C relatif terhadap A adalah $1,4c$.

Kunci Jawaban Unit 2

Jawaban Tugas

1. Sebuah pesawat yang diam di bumi mempunyai panjang 100 m. Kemudian pesawat tersebut bergerak dengan kecepatan 0,6c. Berapa panjang pesawat tersebut menurut pengamat di bumi sekarang?



$$L_0 = 100 \text{ m}$$

$$v = 0,6c$$

Panjang pesawat menurut pengamat di bumi dirumuskan dengan

$$L = L_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = 100 \sqrt{1 - \left(\frac{0,6c}{c}\right)^2}$$
$$= 100 \sqrt{1 - 0,36} = 100 \cdot 0,8 = 80 \text{ m}$$

Dilasi Waktu

Sebuah pesawat ruang angkasa mengitari bumi dengan kecepatan 0,6c sambil memancarkan sinyal ke bumi. Sinyal diamati dari bumi memiliki periode 12 menit. Tentukan periode sinyal sebenarnya?

Pembahasan

$$t = 12 \text{ menit}, v = 0,6c$$

Periode sinyal sebenarnya adalah t_0 .

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

$$\begin{aligned} \Delta t_0 &= \Delta t \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = 12 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{0,6c}{c}\right)^2} \\ &= 12 \cdot \sqrt{1 - 0,36} = 12 \cdot \sqrt{0,64} \\ &= 9,6 \text{ menit} \end{aligned}$$

Massa dan Energi

Sebuah benda memiliki massa diam 12 kg. Jika benda tersebut bergerak dengan kecepatan 0,8c. Tentukan :

- Massa Bergeraknya
- Energi diam benda
- Energi relativitas benda
- Energi kinetik benda

Pembahasan

$$m_0 = 2 \text{ kg}$$

$$v = 0,8c$$

$$a. m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{12}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,8c}{c}\right)^2}} = \frac{12}{0,6} = 20 \text{ kg}$$

$$b. E_0 = m_0 c^2 = 12 \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 1,08 \cdot 10^{18} \text{ J}$$

$$c. E = mc^2 = 20 \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 1,80 \cdot 10^{18} \text{ J}$$

$$\begin{aligned} d. E_k &= E - E_0 = 1,80 \cdot 10^{18} - 1,08 \cdot 10^{18} \\ &= 7,2 \cdot 1,08 \cdot 10^{19} \text{ joule} \end{aligned}$$

Latihan

- Suatu peristiwa terjadi selama 3 sekon menurut pengamat yang bergerak menjauhi peristiwa itu dengan kecepatan 0,8 c (c = kecepatan cahaya). Menurut pengamat yang diam, peristiwa tersebut terjadi selama selang waktu
 - 5,0 s
 - 4,8 s
 - 3,0 s
 - 1,8 s
 - 1,2 s

Pembahasan

Diketahui:

$$\Delta t = 3 \text{ s}$$

$$v = 0,8 c$$

Ditanya: $\Delta t_0 = \dots$

Jawab:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\Delta t_0 = \Delta t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 3 \text{ s} \sqrt{1 - \frac{(0,8 c)^2}{c^2}}$$

$$\Delta t_0 = 3 \text{ s} \sqrt{0,36} = 3 \text{ s} \cdot 0,6 = 1,8 \text{ s}$$

2. Bila c = kecepatan cahaya, maka kecepatan yang diperlukan oleh suatu benda supaya massanya bertambah 25 % adalah

A. 0,2 c

B. 0,3 c

C. 0,5 c

D. 0,6 c

E. 0,8 c

Pembahasan

Diketahui :

$$M = 1,25$$

Ditanya :

Jawab :

$$m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

$$1,25 m_0 = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

$$\sqrt{1 - v^2/c^2} = m_0 / 1,25 m_0 = 0,8$$

$$1 - v^2/c^2 = (0,8)^2$$

$$v^2/c^2 = 1 - 0,64 = 0,36$$

$$v/c = \sqrt{0,36} = 0,6$$

$$v = 0,6 c$$

3. Sebuah partikel bergerak dengan laju $v = \frac{1}{2} \sqrt{3} c$ ($c =$ laju cahaya). Jika $m_0 =$ massa diam, $m =$ massa bergerak, $E_k =$ energi kinetik, dan $E_0 =$ energi diam, maka berlaku

- A. $m = \frac{1}{2} m_0$ dan $E_k = \frac{1}{2} E_0$
- B. $m = \frac{4}{3} m_0$ dan $E_k = E_0$
- C. $m = \frac{3}{2} m_0$ dan $E_k = E_0$
- D. $m = 2 m_0$ dan $E_k = 2 E_0$
- E. $m = 2 m_0$ dan $E_k = E_0$

Pembahasan:

Diketahui:

$$v = \frac{1}{2} \sqrt{3} c$$

Ditanya: m dan $E_k = \dots$

Jawab:

a. menghitung m

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{(\frac{1}{2} \sqrt{3} c)^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{3}{4}}} = \frac{m_0}{0,5}$$

$$m = 2 m_0$$

b. menghitung E_k

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = 2 m_0c^2 - m_0c^2 = m_0c^2$$

$$E_k = E_0$$

Jawaban: E

Kunci Jawaban Unit 3

a. Kelompok

Diskusi tentang Penerapan Teori Relativitas

Tugas: Menyusun RPP kegiatan Diskusi

RENCANA PEBELAJARAN

Mata pelajaran: Fisika

Kelas/semester : XII/12

Materi Pokok : Teori Relativitas Einstein

Metode : Diskusi/Demonstrasi

Pendekatan : Keterampilan Proses

Alokasi waktu : 2 jam pelajaran

Standar Kompetensi :

1. Menganalisa berbagai besaran fisis pada gejala kuantum dan batas-batas berlaku relativitas Einstein dalam paradigma fisika modern
2. Memformulasikan teori relativitas khusus untuk waktu panjang dan masa serta kesetaraan masa dan energi yang diterapkan dalam teknologi

Indicator:

- Memformulasikan relativitas khusus untuk massa, panjang, dan waktu
- Menganalisa relativitas panjang, waktu, massa, momentum, dan perubahan energi dalam diskusi kelas
- Mendeskripsikan penerapan kesetaraan massa dan energi pada teknologi nuklir

Materi Pelajaran : Relativitas waktu, panjang, waktu, massa kesetaraan massa dan energi

Kegiatan Pembelajaran

- Mendefinisikan relativitas dalam berbagai masalah melalui kegiatan Tanya jawab di kelas
- Merumuskan relativitas panjang, waktu, massa, momentum, dan perubahan energi dalam diskusi kelas
- Mendiskusikan kesetaraan massa dan energi pada teknologi nuklir

Media pembelajaran:

- Sumber buku : Fisika yang relevan
- Bahan : lembar kerja
- Alat : media perestasi

Skenario pembelajaran

No.	Kegiatan	Keterangan
1.	Pendahuluan i. Motivasi dan prasyarat ii. Menerima informasi tentang selisih mass inti dengan jumlah massa proton dalam pembentukan inti dan energi ikat inti	
2.	Kegiatan Inti i. Diskusi informasi tentang pancaran sinar alfa, beta, dan gamma ii. Diskusi tentang reaksi inti, pembelajaran inti, dan reaksi berantai	
3.	Penutup v. Memberi soal latihan vi. Memberi tugas kurikuler vii. Penilaian hasil produk iii. jenis tagihan : tugas individu dan kelompok ix. Bentuk instrument : Uraian bebas	

Serang,.....20....

Mengetahui:

Kelapa,

.....

Guru mata pelajaran,

.....

b. Latihan

1. Batang Panjangnya 1 m bergerak dengan kecepatan v , diamati oleh Batang Panjangnya 1 m bergerak dengan kecepatan v , diamati oleh pengamat yang diam panjang batang menjadi 80 cm. Bila c = kecepatan cahaya, maka kecepatan batang itu adalah
 - A. $1/5 c$
 - B. $2/5 c$
 - C. $3/5 c$
 - D. $4/5 c$

Pembahasan

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$0,8 = 1 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \dots \text{(kali kuadrat)}$$

$$0,64 = 1 \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right)$$

$$0,64 = 1 - \frac{v^2}{c^2}$$

$$\frac{v^2}{c^2} = 1 - 0,64$$

$$\frac{v^2}{c^2} = 0,36$$

$$v^2 = 0,36 c^2$$

$$v = \sqrt{0,36 \cdot c^2}$$

$$v = 0,6 c \text{ atau } \frac{3}{5} c$$

2. Sebuah partikel bergerak dengan laju $v = \frac{1}{2} \sqrt{3} c$ (c = laju cahaya). Jika m_0 = massa diam, m = massa bergerak, E_k = energi kinetik, dan E_0 = energi diam, maka berlaku

- A. $m = \frac{1}{2} m_0$ dan $E_k = \frac{1}{2} E_0$
- B. $m = \frac{4}{3} m_0$ dan $E_k = E_0$
- C. $m = \frac{3}{2} m_0$ dan $E_k = E_0$
- D. $m = 2 m_0$ dan $E_k = 2 E_0$
- E. $m = 2 m_0$ dan $E_k = E_0$

Pembahasan:

Diketahui:

$$v = \frac{1}{2} \sqrt{3} c$$

Ditanya: m dan $E_k = \dots$

Jawab:

- a. menghitung m

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{(\frac{1}{2} \sqrt{3} c)^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{3}{4}}} = \frac{m_0}{0,5}$$

$$m = 2 m_0$$

- b. menghitung E_k

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = 2 m_0c^2 - m_0c^2 = m_0c^2$$

$$E_k = E_0$$

Jawaban: E

3. Seorang pengamat di stasiun ruang angkasa mengamati adanya dua pesawat antariksa A dan B yang datang menuju stasiun tersebut dari arah yang berlawanan dengan laju $v_A = v_B = \frac{3}{4}c$ (c adalah cepat rambat cahaya). Kelajuan pesawat A menurut pilot pesawat B adalah
- A. $\frac{9}{16}c$
 B. $\frac{8}{9}c$
 C. $\frac{24}{25}c$
 D. $\frac{4}{3}c$

Pembahasan:

Diketahui:

$$v_A = v_B = \frac{3}{4}c$$

Ditanya: $v_{AB} = \dots$

$$v_{AB} = \frac{v_A + v_B}{1 + \frac{v_A + v_B}{c^2}} = \frac{\frac{3}{4}c + \frac{3}{4}c}{1 + \frac{\frac{3}{4}c \cdot \frac{3}{4}c}{c^2}}$$

$$v_{AB} = \frac{\frac{6}{4}c}{1 + \frac{9/16 c^2}{c^2}} = \frac{\frac{6}{4}c}{1 + 9/16} = \frac{6/4 c}{25/16}$$

$$v_{AB} = \frac{6 \cdot 16 \cdot c}{25 \cdot 4} = \frac{24 c}{25}$$

Jawaban: C

4. Balok dalam keadaan diam panjangnya 2 meter. Panjang balok menurut pengamat yang bergerak terhadap balok dengan kecepatan $0,8c$ (c = laju cahaya) adalah
- A. 0,7 m
 B. 1,2 m
 C. 1,3 m
 D. 1,6 m
 E. 2,0 m

Soal ini untuk dicoba !

Pembahasan:

$$L = L_0 / \gamma$$

$$L = L_0 / (1 / \sqrt{1 - (v^2 / c^2)})$$

$$L = L_0 \times \sqrt{1 - (v^2 / c^2)}$$

$$L = 2 \text{ m} \times \sqrt{1 - ((0,8c)^2 / c^2)}$$

$$L = 2 \text{ m} \times \sqrt{1 - (0,64 c^2 / c^2)}$$

$$L = 2 \text{ m} \times \sqrt{1 - 0,64}$$

$$L = 2 \text{ m} \times \sqrt{0,36}$$

$$L = 2 \text{ m} \times 0,6$$

$$L = 1,2 \text{ m}$$

Jawaban adalah $B = \text{Panjang asli} = 0,6 \times 2 = 1,2 \text{ meter}$

5. Panjang benda diukur saat bergerak menyusut 20 cm dari panjangnya saat diukur dalam keadaan diam. Bila panjang benda di ukur dalam keadaan diam panjangnya 1 m dan $c = \text{kecepatan cahaya}$, maka kecepatan gerak benda adalah

A. $0,2 c$

B. $0,3 c$

C. $0,4 c$

D. $0,6 c$

E. $0,8 c$

Pembahasan:

Diketahui:

$$l_0 = 1 \text{ m}$$

$$l = 1 \text{ m} - 20 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$$

Ditanya: $v = \dots$

Jawab:

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$0,8 \text{ m} = 1 \text{ m} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{0,8 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 0,8$$

$$1 - \frac{v^2}{c^2} = 0,8^2 = 0,64$$

$$\frac{v^2}{c^2} = 1 - 0,64 = 0,36$$

$$\frac{v}{c} = \sqrt{0,36} = 0,6$$

$$v = 0,6 c$$

Jawaban: D

Daftar Pustaka

1. Direktorat Pendidikan Kesetaraan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Tahun 2017 “Silabus Mata Pelajaran Pendidikan Kesetaraan paket C setara SMA”.
2. Kanginan Marthen, (2017). Fisikan untuk kelas XII, Erlangga
3. Kajian Konsep Fisika untuk kelas XII SMA/MA (kelompok peminatana matematika dan ilmu alam) Kurikulum 2013 (jidid 3)
4. Kamajaya , 2017 Cerdas Belajar Fisika Kelas XII untuk SMA/MA Bandung
<https://www.liputan6.com/global/read/2142148/8-bukti-teori-relativitas-einstein-dalam-kehidupan-nyata>
Wikipedia bahasa Indonesia,
<http://kusumandarutp.blogspot.com/2015/06/elektromagnet.html>
<https://kurniafisika.wordpress.com/2009/10/03/gambaran-umum-teori-relativitas-einstein/>
<https://makalah-ibnu.blogspot.com/2014/05/teori-relativitas-einstein-yang-meliuk.html#axzz5XGkt03k5>
<https://www.liputan6.com/global/read/2142148/8-bukti-teori-relativitas-einstein-dalam-kehidupan-nyata>
5. https://bsd.pendidikan.id/data/SMA_12/Panduan_Pembelajaran_Fisika_Kelas_12_Suparmo_Tri_Widodo_2009.pdf