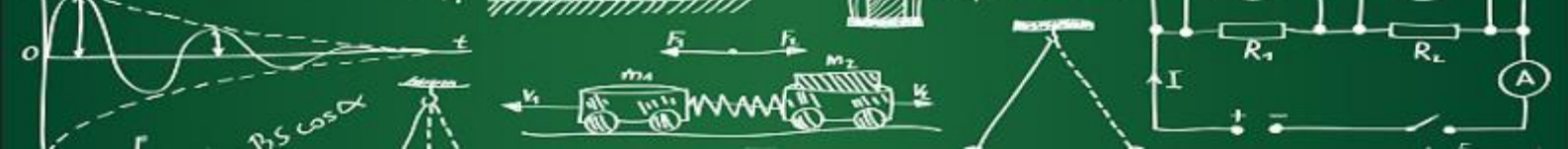


PHYSICS

GRADE 10
Semester 2A

UPH College

Andreas Eko Sapongono, S.Pd., B.Ed.



Kata Pengantar

“Takut akan TUHAN adalah permulaan pengetahuan, tetapi orang bodoh menghina hikmat dan didikan.”

Amsal 1:7

Ayat ini menjadi dasar bagi kita untuk memahami bahwa TUHAN adalah pusat dari pengetahuan itu sendiri. Namun, seringkali kita mempelajari pengetahuan yang ada untuk diri kita sendiri, bukan untuk semakin mengenal TUHAN melalui pengetahuan.

Dan di era saat ini, banyak pebelajar Fisika menggunakan pengetahuannya untuk hal yang negatif. Sehingga, perlu adanya dasar sekaligus senjata yang dapat digunakan untuk menjadi pebelajar-pebelajar yang kristis dan hidup dengan hikmat untuk menjadi berkat bagi sesama. Seperti yang dikatakan dalam Amsal 22:6, “Didiklah orang muda menurut jalan yang patut baginya, maka pada masa tuanyapun ia tidak akan menyimpang dari pada jalan itu.”

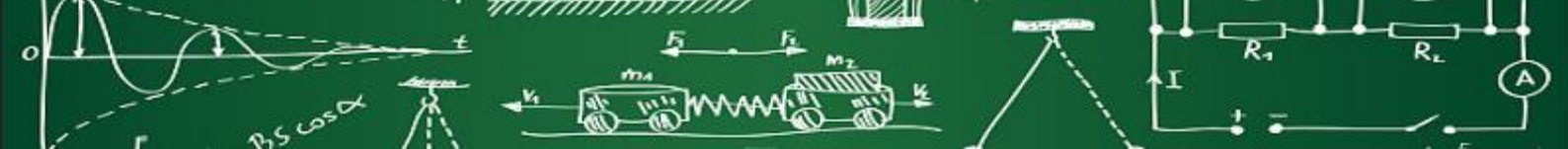
Bersyukur jika *Physics Grade 10* ini dapat terselesaikan untuk dapat membawa pebelajar semakin menjadi pribadi yang memiliki banyak pengetahuan untuk TUHAN di masa mudanya sesuai jalan yang patut baginya. Modul ini terselesaikan berkat dukungan dan doa dari para pendidik-pendidik yang setia dalam pendidikan Kristen di Indonesia.

- (a) Yayasan Pendidikan Pelita Harapan (YPPH), terkhusus UPH College.
- (b) *School Coordinator of UPH College & Academic Principle UPH College.*
- (c) Tim Pengajar *Physics UPH College.*
- (d) Seluruh rekan-rekan pendidik di UPH College.

Biarlah segala kemuliaan hanya bagi DIA!

Penyusun & Penulis

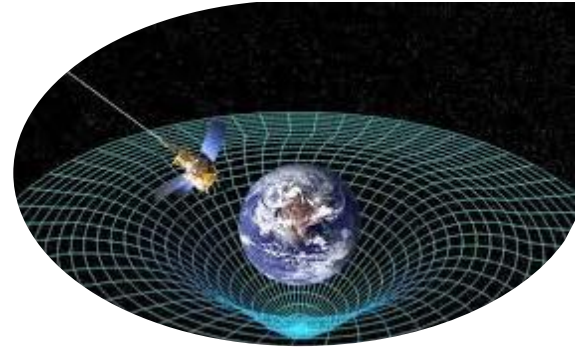
Andreas Eko Soponyono, S.Pd., B.Ed.



Daftar Isi

I	Kata Pengantar	A
II	Daftar Isi	B
1	Gravitasi	1
2	Usaha & Energi	26
III	Daftar Pustaka	C

GRAVITASI



Sumber : <https://phys.org/news/2016-01-strong-gravity-planets.html>

If created things are seen and handled as gifts of
they need not be occasions of idolatry if our delight in them
is always also a delight in their Maker.
- John Piper

Kompetensi Inti

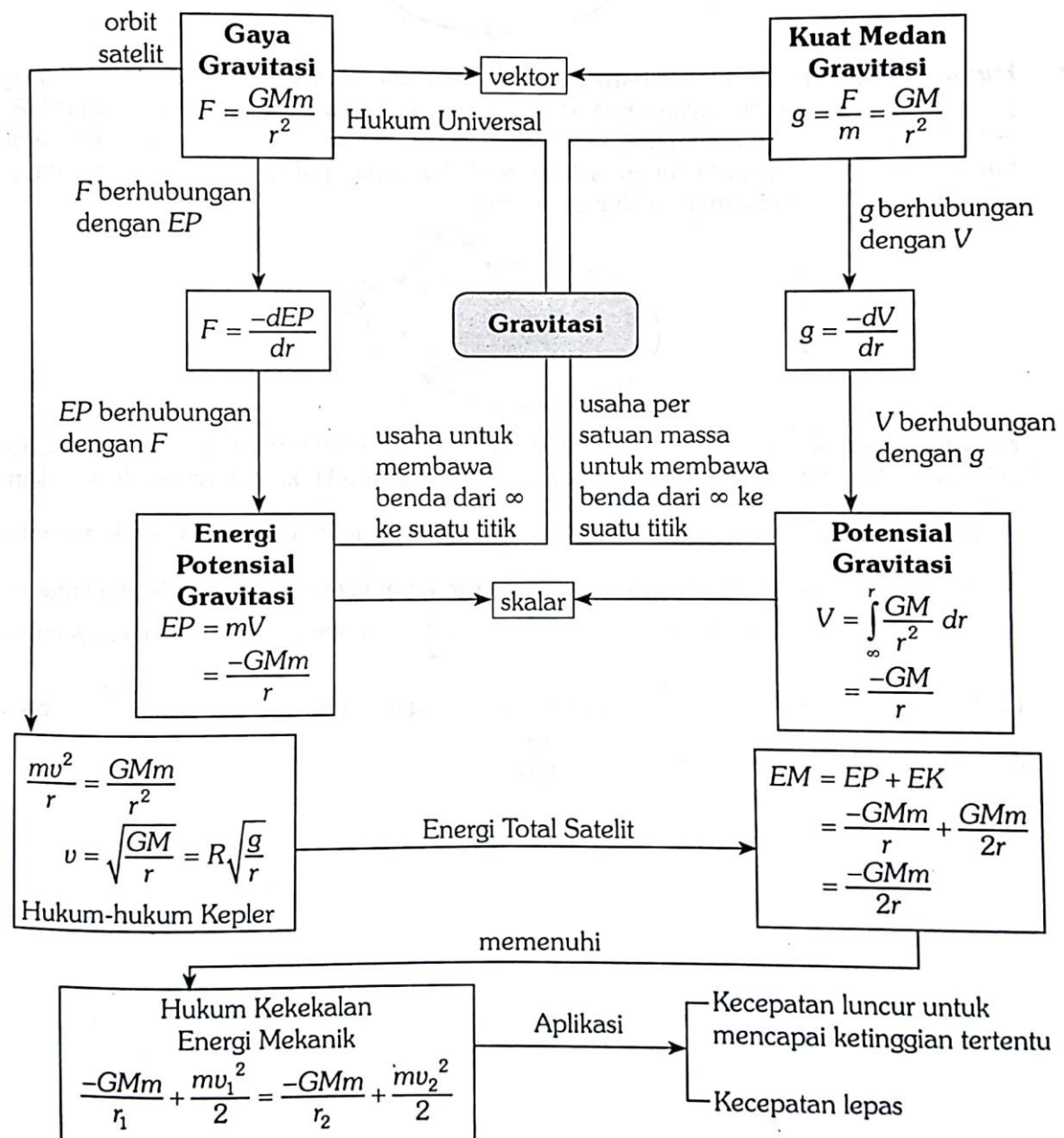
1. Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural berdasarkan rasa ingintahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.
2. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan.

Kompetensi Dasar

1. Menganalisis keteraturan gerak planet dan satelit dalam tatasurya berdasarkan hukum-hukum Newton.
2. Menyajikan karya mengenai gerak satelit buatan yang mengorbit bumi, pemanfaatan dan dampak yang ditimbulkannya dari penelusuran berbagai sumber informasi.

Pernahkah kalian berfikir, mengapa bulan tidak jatuh ke bumi atau meninggalkan bumi? Mengapa jika ada benda yang dilepaskan akan jatuh ke bawah dan mengapa satelit tidak jatuh? Lebih jauh kalian dapat berfikir tentang gerak pada Tata Surya kita, planet-planet dapat bergerak dengan teraturnya. Senada dengan pemikiran-pemikiran di atas, Newton pada saat melihat buah apel jatuh juga berfikir yang sama. Mengapa apel bisa jatuh? Kemudian Newton dapat menjelaskan bahwa bulan juga mendapatkan pengaruh yang sama seperti buah apel itu. Hal-hal di atas itulah yang dapat kalian pelajari pada bab ini.

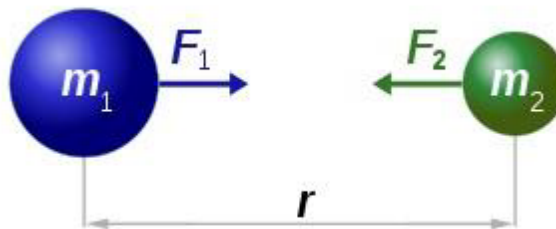
Peta Konsep



Sumber : Kanginan, M. (2017) *MasterBook of Physics Jilid 1*. Bandung: Yramada Widya. (p.175)

Hukum Gravitasi Newton

Konsepsi adanya gaya tarik-menarik atau dikenal dengan gaya gravitasi antara benda-benda di alam pertama kali dikemukakan oleh Sir Isaac Newton tahun 1665. Menurut Newton, gaya gravitasi antara dua benda merupakan gaya tarik-menarik yang berbanding lurus dengan massa setiap benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara benda tersebut.



Sumber: Wahyono, B. (2018) Modul pengayaan peminatan fisika. Surakarta: Putra Nugraha.

Gravitasi merupakan salah satu ciri bumi, yaitu benda-benda ditarik ke arah pusat bumi. Gaya tarik bumi terhadap benda-benda ini dinamakan gaya gravitasi bumi. Sebagai contoh, terlihat pada gambar di atas, di mana benda pertama dengan massa m_1 dan benda kedua dengan massa m_2 terletak pada jarak tertentu r . Berdasarkan pengamatan, Newton membuat simpulan bahwa gaya tarik gravitasi yang bekerja antara dua benda sebanding dengan massa masing-masing benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak kedua benda. Kesimpulan ini dikenal sebagai *Hukum Gravitasi Newton*.

“Gaya gravitasi antara dua benda merupakan gaya tarik menarik yang besarnya berbanding lurus dengan massa masing-masing benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kuadratnya.”

Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

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

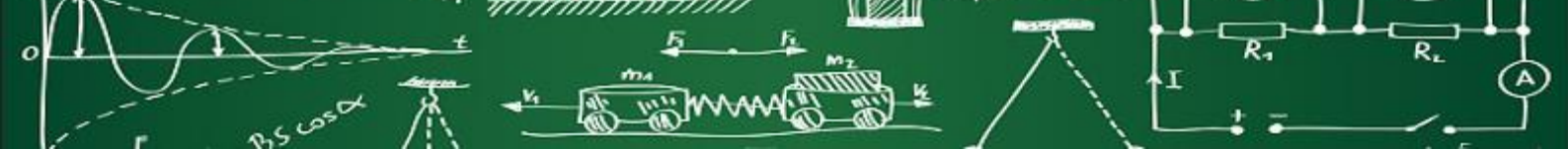
di mana:

F = gaya gravitasi antara dua benda (N)

G = konstanta umum gravitasi ($6,673 \cdot 10^{-11} N m^2 kg^{-2}$)

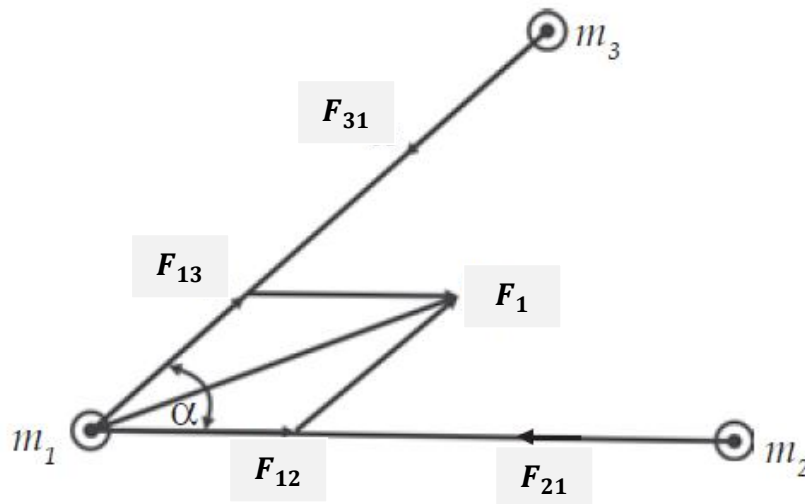
m_1, m_2 = massa masing-masing benda (kg)

r = jarak kedua benda (m)



Gaya gravitasi yang bekerja antara dua benda merupakan gaya aksi reaksi. Benda 1 menarik benda 2 dan sebagai reaksinya benda 2 menarik benda 1. Menurut Hukum III Newton, kedua gaya tarik ini sama besar, tetapi berlawanan arah ($F_{aksi} = -F_{reaksi}$).

Perhatikan gambar berikut.



Jika suatu benda dipengaruhi oleh dua buah gaya gravitasi atau lebih, maka resultan gaya gravitasi yang bekerja pada benda tersebut dihitung berdasarkan penjumlahan vektor. Misalnya dua buah gaya gravitasi F_{12} dan F_{13} yang dimiliki benda bermassa m_2 dan m_3 bekerja pada benda bermassa m_1 , maka resultan gaya gravitasi pada m_1 , yaitu F_1 adalah:

$$F_1 = F_{12} + F_{13}$$

$$F_1 = \sqrt{F_{12}^2 + F_{13}^2 + 2F_{12}F_{13} \cos \alpha}$$

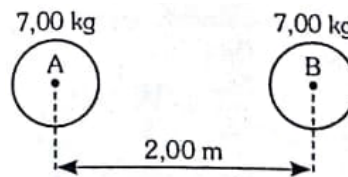
di mana:

F_1 = resultan gaya gravitasi pada m_1 (N)

α = sudut terdekak antara r_1 dan r_2

CONTOH SOAL

Diagram menunjukkan dua bola boling A dan B masing-masing memiliki massa 7,00 kg, ditempatkan terpisah 2,00 m. Besar gaya gravitasi yang dikerjakan bola A pada bola B adalah



- A. $8,17 \times 10^{-9} \text{ N}$
- B. $1,63 \times 10^{-9} \text{ N}$
- C. $8,17 \times 10^{-10} \text{ N}$
- D. $1,17 \times 10^{-10} \text{ N}$

(Regents High School Examination New York 2007)

Pembahasan:

Gaya gravitasi yang dikerjakan bola A pada bola B:

$$F_{B,A} = \frac{Gm_B m_A}{r^2} = \frac{(6,67 \times 10^{-11})(7,00)(7,00)}{(2,00)^2} = \frac{6,67 \times 49,9}{4,00} \times 10^{-11} = 8,17 \times 10^{-11} \text{ N}$$

Jawaban: C

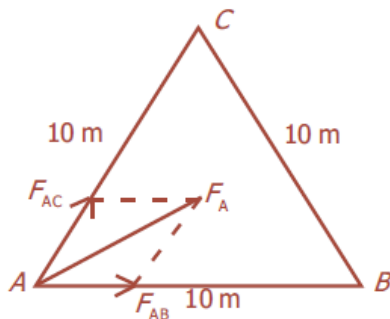
LATIHAN TERBIMBING

1. Bintang sirius merupakan bintang paling terang yang terlihat di malam hari. Bila massa bintang sirius $5 \times 10^{31} \text{ kg}$ dan jari-jarinya $25 \times 10^9 \text{ m}$, maka tentukan gaya yang bekerja pada sebuah benda bermassa 5 kg yang terletak di permukaan bintang ini?

2. Dua bintang masing-masing massanya M dan 4M terpisah pada jarak d. Tentukan letak bintang ketiga diukur dari M jika resultan gaya gravitasi pada bintang tersebut sama dengan nol!

3. Seorang astronot di bumi memiliki berat 800 N. Kemudian astronot itu naik pesawat meninggalkan bumi hingga mengorbit pada ketinggian R ($R = \text{jari-jari bumi} = 6.380 \text{ km}$). Berapakah berat astronot tersebut pada orbit tersebut?

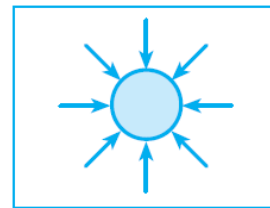
4. Tiga buah benda A, B, C diletakkan seperti pada gambar berikut.



Massa A, B, C berturut-turut 5 kg, 4 kg, dan 10 kg. Jika $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$, tentukan besarnya gaya gravitasi pada benda A akibat pengaruh benda B dan C!

Medan Gravitasi Newton

Medan gravitasi adalah ruangan di sekitar benda bermassa yang masih mendapat pengaruh gaya gravitasi dari benda tersebut. Besar medan gravitasi tergantung pada massa benda dan jarak titik yang diamati ke titik pusat benda. Dalam perhitungan mekanika, besar medan gravitasi bumi pada suatu tempat disebut percepatan gravitasi bumi.



Percepatan gravitasi disebut juga kuat medan gravitasi yaitu menyatakan besarnya gaya gravitasi yang dirasakan benda persatuan massa dan dirumuskan sebagai berikut.

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

di mana:

g = percepatan gravitasi (ms^{-2})

G = konstanta gravitasi umum ($6,672 \times 10^{-11} Nm^2kg^{-1}$)

M = massa benda (kg atau untuk massa bumi : $5,97 \times 10^{24} kg$)

r = jarak benda dari pusat bumi (m)

Percepatan gravitasi suatu tempat di bumi tidak selalu sama, tergantung pada jarak benda atau titik yang diamati dari bumi. Perbandingan percepatan gravitasi sebuah benda pada ketinggian h dari permukaan bumi terhadap percepatannya ketika berada pada permukaan bumi adalah sebagai berikut.

$$\frac{g_B}{g_A} = \frac{G \frac{M}{r_B^2}}{G \frac{M}{r_A^2}}$$

$$\frac{g_B}{g_A} = \left(\frac{r_A}{r_B} \right)^2$$

$$\frac{g_B}{g_A} = \left(\frac{R + h}{R} \right)^2$$

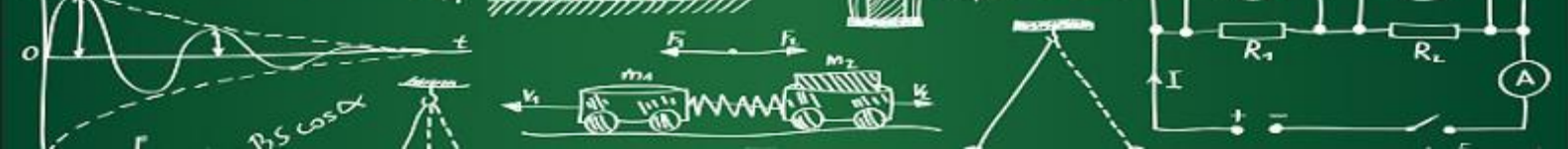
di mana:

g_B = percepatan gravitasi pada ketinggian h di atas permukaan bumi (ms^{-2})

g_A = percepatan gravitasi pada permukaan bumi (ms^{-2} atau biasanya $9,8 ms^{-2}$)

R = jari-jari bumi (m atau biasanya $6,38 \times 10^6 m$)

h = ketinggian dari permukaan bumi (m)



Percepatan akibat gravitasi tidak tergantung pada bentuk, ukuran, sifat, dan massa benda yang ditarik, tetapi percepatan gravitasi dipengaruhi oleh ketinggian, kedalaman, dan letak lintang.

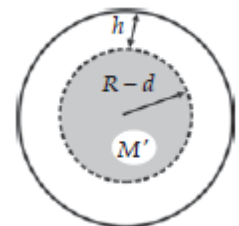
a. Ketinggian

Percepatan akibat gravitasi bumi pada ketinggian h dari permukaan bumi dapat dihitung melalui persamaan berikut.

$$g = \frac{G M}{(R + h)^2}$$

Berikut hubungan percepatan gravitasi bumi (g) dengan ketinggian (h).

Ketinggian (km)	g (m/s ²)
0	9,83
5	9,81
10	9,80
50	9,68
100	9,53
500	8,45
1.000	7,34
5.000	3,09
10.000	1,49



b. Kedalaman

Percepatan akibat gravitasi bumi pada kedalaman d , dapat dianggap berasal dari tarikan bagian bumi berupa bola yang berjari-jari $(R - d)$. Jika massa jenis rata-rata bumi, maka massa bola dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

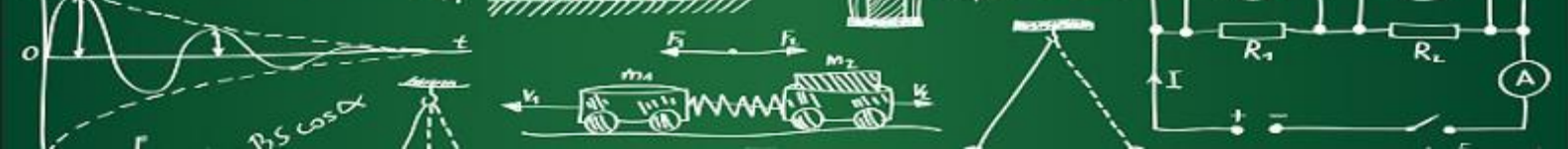
$$M = \frac{4}{3} \pi (R - d)^3 \rho$$

Berdasarkan persamaan di atas diperoleh percepatan gravitasi bumi pada kedalaman d sebagai berikut.

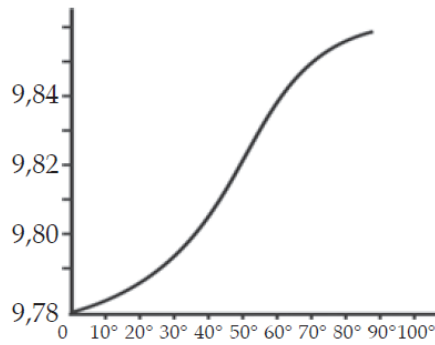
$$g = \frac{G M}{(R - d)^2} = G \frac{\frac{4}{3} \pi (R - d)^3 \rho}{(R - d)^2} = G \frac{4}{3} \pi (R - d) \rho$$

c. Letak Lintang

Jari-jari bumi tidak rata. Makin kea rah kutub, makin kecil. Hal ini menyebabkan percepatan gravitasi bumi kea rah kutub makin besar. Percepatan gravitasi bumi terkecil berada di ekuator.



Gambar di bawah ini melukiskan kurva g sebagai fungsi sudut lintang.

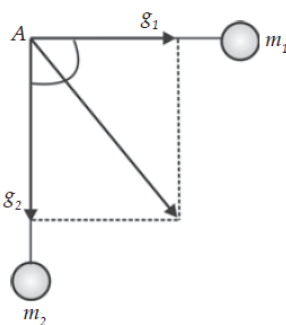


Berikut adalah percepatan gravitasi di berbagai tempat.

Tempat	Lintang	Gravitasi (m/s ²)
Kutub utara	90°	9,832
Greenland	70°	9,825
Stockholm	59°	9,818
Brussels	51°	9,811
Banff	51°	9,808
New York	41°	9,803
Chicago	42°	9,803
Denver	40°	9,796
San Fransisco	38°	9,800
Canal Zone	9°	9,782
Jawa	6° Selatan	9,782

Sumber: Physics; Haliday, Resrick, 3 ed.

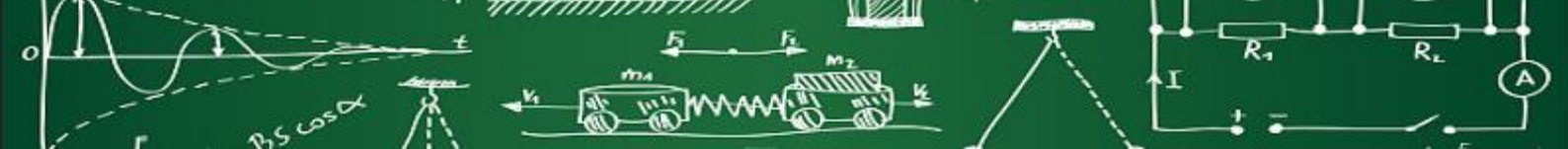
Seperti halnya dengan gaya gravitasi, percepatan merupakan besaran vektor. Misalnya, percepatan gravitasi pada suatu titik A yang diakibatkan oleh dua benda bermassa m_1 dan m_2 harus ditentukan dengan cara menjumlahkan vektor-vektor percepatan gravitasinya.



Percepatan gravitasi di titik A yang disebabkan oleh benda bermassa m_1 dan m_2 sebagai berikut.

$$g_1 = G \frac{M_1}{r_1^2}$$

$$g_2 = G \frac{M_2}{r_2^2}$$



Besar percepatan gravitasi di titik A dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$g = \sqrt{g_1^2 + g_2^2 + 2g_1g_2 \cos \theta}$$

di mana θ merupakan sudut antara g_1 dan g_2 .

CONTOH SOAL

Diketahui jari-jari bumi adalah 6.400 km dan massanya $6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$. Hitunglah kuat medan gravitasi pada permukaan bumi! ($G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$)

Pembahasan:

Jarak permukaan bumi ke pusat bumi = jari-jari bumi = $6400 \text{ km} = 6,4 \times 10^6 \text{ m}$.

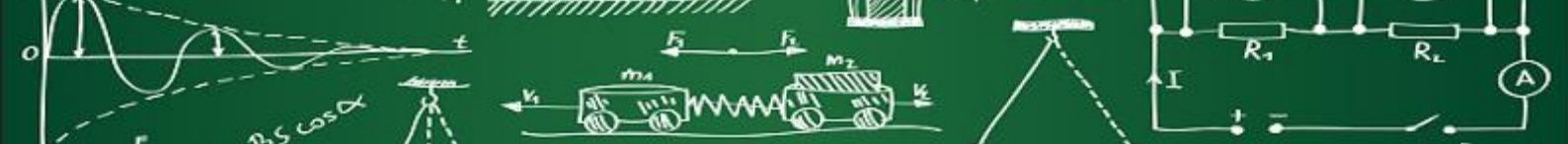
Massa bumi, $M = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$.

Kuat medan gravitasi pada permukaan bumi g dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} g &= G \frac{M}{r^2} \\ &= (6,7 \times 10^{-11}) \frac{6,0 \times 10^{24}}{(6,4 \times 10^6)^2} \\ &= 0,981 \times 10^1 \\ &= 9,8 \text{ N/kg} \end{aligned}$$

LATIHAN TERBIMBING

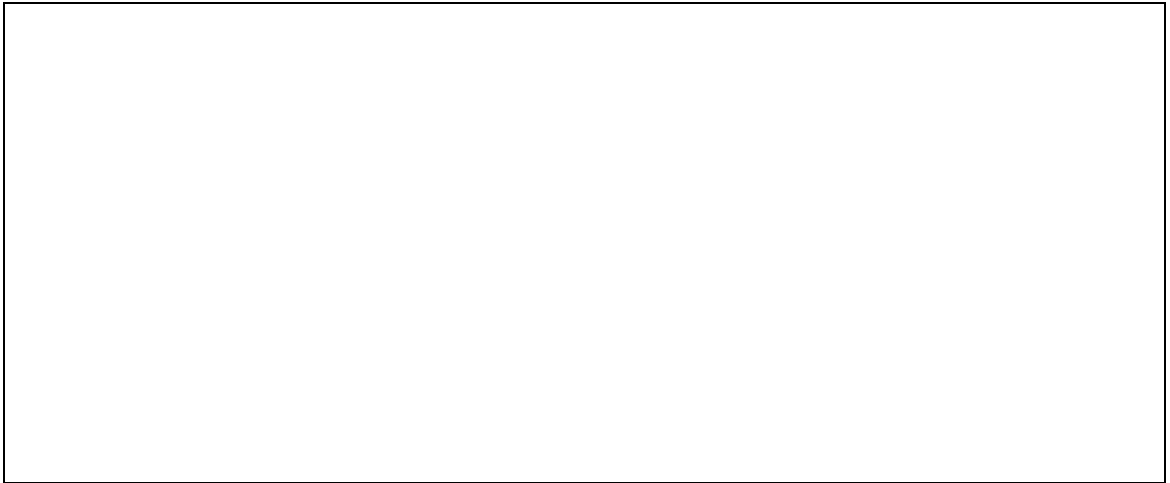
1. Dua buah benda A dan B berjarak 30 cm . Massa A sebesar 24 kg dan massa B sebesar 54 kg berjarak 30 cm . Dimanakah tempat suatu titik yang memiliki kuat medan gravitasi sama dengan nol?

- 
2. Suatu benda mengalami percepatan gravitasi bumi sebesar $6,4 \text{ ms}^{-2}$. Hitung ketinggian benda tersebut jika jari-jari bumi 6.375 km dan massa bumi $5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$!

3. Jika massa bumi $5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$ dan jari-jari bumi 6.380 km , berapakah percepatan gravitasi di puncak Mount Everest yang tingginya 8.848 m di atas permukaan bumi?

4. Apabila percepatan gravitasi di permukaan bumi adalah g , tentukan percepatan gravitasi suatu benda yang berada pada ketinggian 2 kali jari-jari bumi!

5. Tiga buah partikel yang masing-masing bermassa 1 kg berada pada titik-titik sudut sebuah segitiga sama sisi yang panjang sisi-sisinya = 1 m. Berapakah besar gaya gravitasi yang dialami masing-masing titik partikel (nyatakan dalam G)?



Aplikasi Gravitasi Newton

Berdasarkan hukum gravitasi Newton, data-data tersebut digunakan untuk menghitung besaran lain tentang benda ruang angkasa yang tidak mungkin diukur dalam laboratorium.

1. Menghitung Massa Bumi

Massa bumi dapat dihitung dengan menggunakan nilai G yang telah diperoleh dari percobaan Cavendish. Anggap massa bumi M dan jari-jari bumi $R = 6,37 \times 10^6$ m (bumi dianggap bulat sempurna).

$$g = \frac{GM}{R^2} \rightarrow M = \frac{gR^2}{G} = \frac{(9,8)(6,37 \times 10^6)^2}{6,67 \times 10^{-11}} = 5,96 \times 10^{24} \text{ kg}$$

2. Menghitung Massa Matahari

Jari-jari rata-rata orbit bumi $r_B = 1,5 \times 10^{11}$ m dan periode bumi dalam mengelilingi matahari $T_B = 1$ tahun $= 3 \times 10^7$ s. Berdasarkan kedua hal tersebut serta dengan menyamakan gaya matahari dan gaya sentripetal bumi, maka dapat diperkirakan massa matahari.

$$\begin{aligned} F_g &= F_s \\ \frac{GM_M M_B}{r_B^2} &= \frac{M_B v_B^2}{r_B} \\ \text{Karena } v_B &= \frac{2\pi r_B}{T_B}, \text{ maka: } \frac{GM_M M_B}{r_B^2} = \frac{M_B 4\pi^2 r_B^2}{T_B^2 r_B} \\ M_M &= \frac{4\pi^2 r_B^3}{GT_B^2} = \frac{4(3,14)^2 (1,5 \times 10^{11})^3}{(6,67 \times 10^{-11})(3 \times 10^7)^2} = 2 \times 10^{30} \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Menghitung Kecepatan Satelit

Suatu benda yang bergerak mengelilingi benda lain yang bermassa lebih besar dinamakan satelit, misalnya bulan adalah satelit bumi. Sekarang banyak satelit buatan diluncurkan untuk keperluan komunikasi, militer, dan riset teknologi. Untuk menghitung kecepatan satelit dapat digunakan dua cara, yaitu hukum gravitasi dan gaya sentrifugal.

Pada bagian ini, kita akan fokus dalam menggunakan hukum gravitasi. Anggap suatu satelit bermassa m bergerak melingkar mengelilingi bumi pada ketinggian h dari permukaan bumi. Massa bumi M dan jari-jari bumi R . Anda tinjau gerakan satelit dari pengamat di bumi. Di sini gaya yang bekerja pada satelit adalah gaya gravitasi, $F = \frac{Gmm}{r^2}$.

Berdasarkan rumus hukum II Newton, kita dapat mengetahui kecepatan satelit.

$$F = \frac{GMm}{r^2}$$

$$m \cdot a = \frac{GMm}{r^2}$$

$$m \frac{v^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

$$v = \sqrt{gR}$$

Karena $r = R + h$, maka:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}, \text{ jika di dalam akar dikalikan dengan } \frac{R^2}{R^2} \text{ menjadi:}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM R^2}{R^2 (R+h)}}, \text{ ingat bahwa } g = \frac{GM}{R^2} \text{ maka:}$$

$$v = \sqrt{g \frac{R^2}{R+h}}$$

$$v = R \sqrt{\frac{g}{R+h}}$$

4. Menghitung Jarak Orbit Satelit Bumi

Apabila satelit berada pada jarak r dari pusat bumi, maka kelajuan satelit saat mengorbit bumi dapat dihitung dengan menyamakan gaya gravitasi satelit dan gaya sentripetalnya.

$$F_{\text{sentripetal}} = F_{\text{gravitasi}}$$

$$m \frac{v^2}{r} = m g$$

$$m \frac{v^2}{r} = m \left(\frac{R_B}{r} \right)^2 g$$

$$v = R_B \sqrt{\frac{g}{r}}$$

5. Kecepatan Lepas

Kecepatan lepas adalah kecepatan minimum suatu benda agar saat benda tersebut dilemparkan ke atas tidak dapat kembali lagi. Kecepatan lepas sangat dibutuhkan untuk menempatkan satelit buatan pada orbitnya atau pesawat ruang angkasa. Besarnya kecepatan

lepas yang diperlukan oleh suatu benda sangat erat kaitannya dengan energi potensial gravitasi yang dialami oleh benda tersebut. Besar kecepatan lepas dirumuskan sebagai berikut.

$$v_l = \sqrt{2 \frac{GM}{R}}$$

Kecepatan lepas (v_l) tidak bergantung pada massa benda. Namun, untuk mempercepat benda sampai mencapai kecepatan lepas diperlukan energi yang sangat besar dan tentunya bergantung pada massa benda yang ditembakkan. Sebuah benda yang ditembakkan dari bumi dengan besar kecepatan v_l , kecepatannya akan nol pada jarak yang tak terhingga, dan jika lebih kecil dari v_l benda akan jatuh lagi ke bumi.

CONTOH SOAL

Sebuah satelit bumi mengorbit setinggi 3.600 km di atas permukaan bumi. Jika jari-jari dianggap melingkar beraturan, maka kelajuan (dalam km/s) adalah

- | | |
|--------|-----------|
| A. 6,4 | B. 6400 |
| B. 64 | C. 64.000 |
| C. 640 | |

(UMPTN 1997)

Pembahasan:

Anggap percepatan gravitasi di permukaan bumi diketahui, yaitu $g = 10 \text{ m/s}^2$ dan rumus $g = \frac{GM}{R^2}$ dengan M = massa bumi dan R = jari-jari bumi = 6400 km = 6.400.00 m.

Rumus kecepatan satelit pada orbitnya, yaitu $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ dengan r = jari-jari orbit satelit, yaitu jarak satelit diukur dari pusat bumi.

Satelit setinggi $h = 3.600 \text{ km}$ di atas permukaan bumi, artinya jari-jari orbit satelit

$$r = R + h = 6.400 + 3.600 = 10.000 \text{ km} = 10.000.000 \text{ m}$$

$$\text{dari } g = \sqrt{\frac{GM}{R^2}} \text{ diperoleh } GM = gR^2 \text{ sehingga } v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{gR^2}{r}} \rightarrow v = R \sqrt{\frac{g}{r}}$$

$$\text{Jadi, } v = 6.400.000 \sqrt{\frac{10}{10.000.000}} = \frac{6.400.000}{1.000} = 6.400 \text{ km/s.}$$

Jawaban: A

LATIHAN TERBIMBING

1. Hitung besar kecepatan minimum sebuah benda yang ditembakkan dari permukaan bumi agar benda tersebut mencapai jarak tak terhingga!

2. Diketahui dalam atom hidrogen, elektron dan proton terpisah sejauh $5,3 \times 10^{-11}$ m. Massa proton $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$ kg dan massa elektron $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg.
 - a) Hitunglah gaya gravitasi antara dua partikel tersebut!
 - b) Bila kecepatan orbit elektron $2,2 \times 10^6$ m/s, maka apakah gaya gravitasi tersebut cukup kuat untuk mempertahankan elektron tetap pada orbitnya?



Hukum Kepler

Banyak fenomena alam yang dicerna oleh pikiran manusia berdasarkan akal sehat dari apa yang kelihatan (*commonsense*). Seperti gerak benda-benda angkasa di sekitar bumi tampak beredar mengelilingi bumi, sehingga bumi tampak sebagai pusat peredaran benda-benda angkasa tersebut. Pendapat tersebut seperti yang dikemukakan oleh Aristoteles, seorang pemikir dari Yunani yang menyatakan teori geosentris, yaitu bumi sebagai pusat peredaran benda-benda angkasa.

Perkembangan alam pemikiran manusia dan bantuan alat-alat, seperti teropong bintang ternyata pendapat Geosentris yang telah dikemukakan oleh Aristoteles adalah keliru. Namun demikian pendapat Geosentris ini sempat dipercaya sampai abad ke-16. Nikolaus Copernicus, orang yang pertama kali mengemukakan pendapat bahwa matahari sebagai pusat peredaran benda-benda angkasa. Pendapat tersebut dikenal dengan Heliosentris. Copernicus pada saat itu tidak berani menyatakan pendapatnya secara terbuka karena takut dengan golongan Rohaniawan yang berkuasa saat itu.

Seperti yang dialami oleh Bruno, salah seorang pengikut Copernicus yang telah berani menyatakan pendapat Heliosentris secara terbuka akhirnya ditangkap dan dibakar sampai mati. Johannes Kepler dan Galileo adalah ilmuwan yang membenarkan pendapat Heliosentris. Johannes Kepler menyatakan 3 hukum peredaran benda-benda angkasa sebagai penyempurna dari pendapat Heliosentris yang dikemukakan oleh Nicolaus Copernicus.

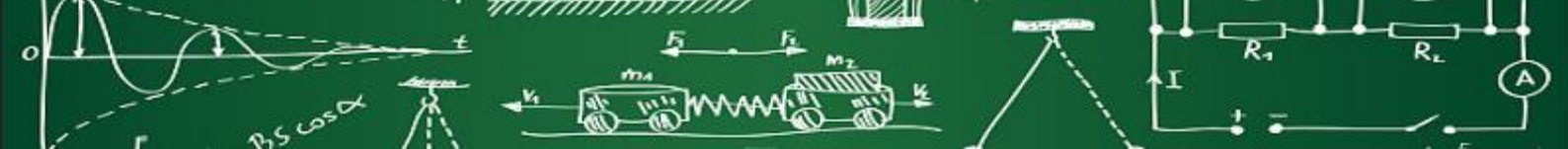
Johanes Kepler (1571-1630), telah berhasil menjelaskan secara rinci mengenai gerak planet di sekitar Matahari. Kepler mengemukakan tiga hukum yang berhubungan dengan peredaran planet terhadap Matahari yang akan diuraikan berikut ini.

1. Hukum I Kepler

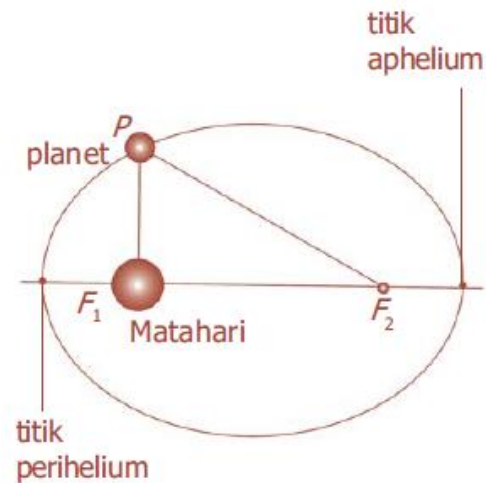
Hukum I Kepler berbunyi:

Setiap planet bergerak mengitari Matahari dengan lintasan berbentuk elips, dan Matahari berada pada salah satu titik fokusnya.

Atau dapat dikatakan bahwa lintasan planet selama bergerak mengelilingi matahari berbentuk elips dan matahari berada pada salah satu titik fokusnya.



Perhatikan gambar berikut.



Elips merupakan sebuah kurva tertutup sedemikian rupa sehingga jumlah jarak pada sembarang titik P pada kurva dengan kedua titik yang tetap (titik fokus) tetap konstan, sehingga jumlah jarak $F_1P + F_2P$ tetap sama untuk semua titik pada kurva.

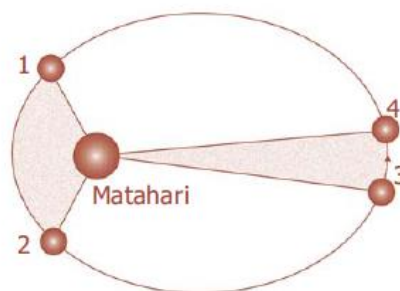
2. Hukum II Keppler

Hukum II Keppler berbunyi:

Suatu garis khayal yang menghubungkan Matahari dengan planet menyapu daerah yang luasnya sama dalam waktu yang sama.

Atau dapat dikatakan bahwa selama planet bergerak mengelilingi matahari, garis hubung antara planet dan matahari dalam waktu yang sama, menyapu luasan daerah yang sama pula.

Perhatikan gambar berikut.



Berdasarkan Hukum II Kepler, planet akan bergerak lebih cepat apabila dekat Matahari dan bergerak lebih lambat apabila berada jauh dari Matahari.

3. Hukum III Keppler

Hukum III Keppler berbunyi:

Perbandingan kuadrat periode planet mengitari Matahari terhadap pangkat tiga jarak rata-rata planet ke Matahari adalah sama untuk semua planet.

Secara matematis ditulis sebagai berikut.

$$\frac{T^2}{r^3} = k$$

$$\frac{T_1^2}{r_1^3} = \frac{T_2^2}{r_2^3}$$

atau

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3$$

Besarnya k dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$k = \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$$

di mana:

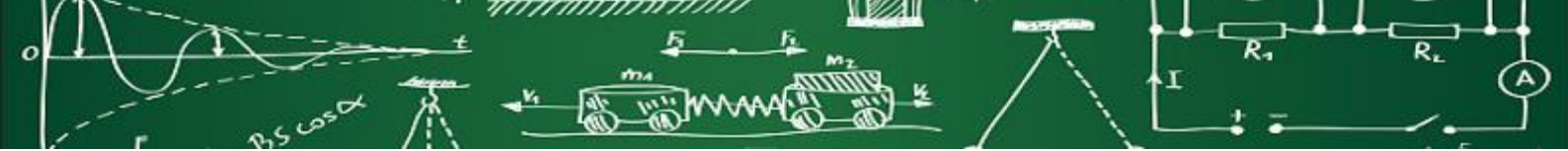
T = periode revolusi planet (s)

r = jarak antara planet dan matahari (m)

G = tetapan gravitasi ($6,672 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-1}$)

Planet	Jarak rata-rata dari Matahari r (10^6 km)	Periode T (tahun Bumi)	r^3 / T^2 ($10^{24} \text{ km}^3/\text{th}^2$)
Merkurius	57,9	0,241	3,34
Venus	108,2	0,615	3,35
Bumi	149,6	1,0	3,35
Mars	227,9	1,88	3,35
Jupiter	778,3	11,86	3,35
Saturnus	1427	29,5	3,34
Uranus	2870	84,0	3,35
Neptunus	4497	165	3,34

Newton dapat menunjukkan bahwa hukum-hukum Keppler dapat diturunkan secara matematis dari hukum gravitasi dan hukum-hukum gerak. Kita akan menurunkan Hukum III Newton untuk keadaan khusus, yaitu planet bergerak melingkar. Apabila massa planet m bergerak dengan kelajuan v , jarak rata-rata planet ke Matahari r , dan massa Matahari M , maka berdasarkan Hukum II Newton tentang gerak, dapat kita nyatakan sebagai berikut.



$$\Sigma F = m \cdot a$$

$$\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

$$\frac{GMm}{r^2} = m \frac{4\pi^2 r^2}{T^2}$$

$$\frac{GM}{r^2} = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2}$$

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$$

Persamaan juga berlaku buat planet lain, misal planet 1, maka:

$$\frac{T_1^2}{r_1^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$$

Dari persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa:

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{T_1^2}{r_1^3} \text{ atau } \left(\frac{T}{T_1}\right)^2 = \left(\frac{r}{r_1}\right)^3$$

Hal ini sesuai dengan Hukum III Kepler.

CONTOH SOAL

Jarak rata-rata Merkurius dengan Matahari 58 juta km. Jika revolusi Mars adalah 687 hari, dan jarak planet Mars dengan Matahari 228 juta km, tentukan periode revolusi Merkurius!

Pembahasan:

Diketahui : $R_{\text{Merkurius}} = 58 \text{ juta km}$

$T_{\text{Mars}} = 687 \text{ hari}$

$R_{\text{Mars}} = 228 \text{ juta km}$

Ditanya : $T_{\text{Merkurius}} = \dots ?$

Jawab :

$$\frac{T_{\text{Merkurius}}^2}{T_{\text{Mars}}^2} = \frac{R_{\text{Merkurius}}^3}{R_{\text{Mars}}^3}$$

$$\frac{T_{\text{Merkurius}}^2}{(687)^2} = \frac{(58 \times 10^6)^3}{(228 \times 10^6)^3}$$

$$T_{\text{Merkurius}} = 88 \text{ hari}$$



LATIHAN TERBIMBING

1. Planet jupiter memiliki jarak orbit ke matahari yang diperkirakan sama dengan empat kali jarak orbit bumi ke matahari. Periode revolusi bumi mengelilingi matahari 1 tahun. Berapakah periode jupiter tersebut mengelilingi matahari?

2. Dalam tata surya didapat data jarak rata-rata bumi ke matahari 1 astronomi dan kala revolusi bumi 365 hari. Jika jarak rata-rata venus ke matahari 0,72 astronomi, berapakah kala revolusi venus?



LATIHAN PEMANTAPAN

Pilihlah jawaban yang benar dengan memberi tanda silang (×) pada jawaban yang benar dan disertai proses pengerjaannya!

1. Besar gaya gravitasi antara dua buah benda yang saling berinteraksi adalah
 - A. berbanding terbalik dengan massa salah satu benda
 - B. berbanding terbalik dengan massa masing-masing benda
 - C. berbanding terbalik dengan kuadrat jarak kedua benda
 - D. sebanding dengan jarak kedua benda
 - E. sebanding dengan kuadrat jarak kedua benda
2. Percepatan gravitasi rata-rata dipermukaan bumi sama dengan a . Untuk tempat di ketinggian R (R = jari-jari bumi) dari permukaan bumi, memiliki percepatan gravitasi sebesar
 - A. $0,125a$
 - B. $1,000a$
 - C. $0,250a$
 - D. $4,000a$
 - E. $0,500a$
3. Kuat medan gravitasi pada permukaan bumi setara dengan
 - A. gaya gravitasi
 - B. energi potensial gravitasi
 - C. potensial gravitasi
 - D. tetapan gravitasi
 - E. percepatan gravitasi
4. Andaikan bumi ini menyusut sehingga diameternya menjadi seperdua harga semula, tetapi massanya tidak berubah, maka massa benda yang ada di permukaan bumi
 - A. menjadi empat kali lebih besar
 - B. menjadi dua kali lebih besar
 - C. menjadi seperempat harga semula
 - D. menjadi setengah semula
 - E. tidak berubah

5. Seorang astronot melayang dalam kapal angkasa yang sedang mengitari bumi, karena pada posisi itu:
- (1) gaya gravitasi bumi pada astronot nol.
 - (2) gaya gravitasi bumi dan bulan pada astronot di orbit itu saling meniadakan.
 - (3) gaya gravitasi bumi dan gaya Archimedes saling meniadakan.
 - (4) gaya gravitasi bumi pada astronot dan kapal angkasa bertindak sebagai gaya sentripetal.
- Yang benar adalah

- A. 1, 2, 3 dan 4
B. 2 dan 4
C. 1, 2 dan 3
D. 4 saja
E. 1 dan 3
6. Massa planet A sekitar 4 kali massa planet B dan jarak antarpusat planet B adalah R . Suatu benda uji bermassa M yang berada pada jarak r dari pusat planet A dan pada garis lurus yang menghubungkan kedua planet memiliki gaya gravitasi 0. Jarak r tersebut adalah ... R .
- A. 0,25
B. 0,5
C. 0,67
D. 0,75
E. 0,8
7. Bila perbandingan jari-jari sebuah planet (R_p) dan jari-jari bumi 2 : 1 sedangkan massa planet (M_p) dan massa bumi (M_B) perbandingan 10 : 1 maka orang yang beratnya di bumi 100 N, di planet tersebut menjadi
- A. 100 N
B. 200 N
C. 250 N
D. 400 N
E. 500 N

(UMPTN 1990)

8. Jarak Bulan terhadap Bumi diperkirakan 385×10^6 m. Apabila orbit bulan dianggap lingkaran maka percepatan sentripetal bulan sekitar
- A. $9,8 \text{ m/s}^2$
B. $4,6 \text{ m/s}^2$
C. $2,2 \text{ m/s}^2$
D. $2,2 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$
E. $4,6 \times 10^{-4} \text{ m/s}^2$

(SBMPTN 2006)

9. Jika kedudukan benda A adalah $\frac{1}{2} R$ di atas permukaan bumi, sedangkan kedudukan benda B adalah $2R$ di atas permukaan bumi (R = jari-jari bumi), maka perbandingan kuat medan gravitasi yang dialami benda A dan B adalah

A. 1 : 8
B. 1 : 4
C. 2 : 3
D. 4 : 1
E. 8 : 1

(UN 2009)

10. Sebuah bintang yang baru terbentuk memiliki kerapatan ρ , jari-jari R , dan percepatan gravitasi pada permukaan sebesar g . Dalam perkembangannya, bintang tersebut mengembang hingga memiliki kerapatan $\rho_1 = 0,75\rho$ dan jari-jari $R_1 = 1,25R$. Percepatan gravitasi di permukaannya pada keadaan tersebut adalah

A. $\frac{9}{25}g$
B. $\frac{18}{25}g$
C. $\frac{9}{16}g$
D. $\frac{15}{16}g$
E. g

(SPMB 2007)

11. Tabel berikut ini merupakan data dari dua buah planet A dan B. Dari data pada tabel, jika g_A dan g_B masing-masing adalah percepatan gravitasi di permukaan planet A dan B maka $g_A : g_B$ adalah

	Planet A	Planet B
massa	x	$2x$
Diameter	$3y$	$2y$

A. 1 : 9
B. 2 : 9
C. 3 : 2
D. 8 : 9
E. 9 : 2

(UN 2010)

12. Dua buah planet P dan Q mengorbit Matahari. Jika perbandingan antara jarak planet P dan planet Q ke Matahari adalah 4 : 9 dan periode planet P mengelilingi Matahari 24 hari, maka periode planet Q mengelilingi Matahari adalah

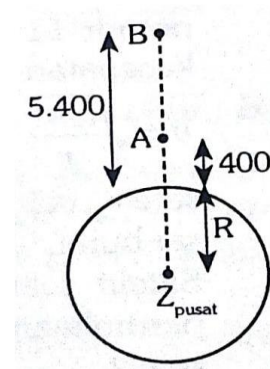
A. 51 hari
B. 61 hari
C. 71 hari
D. 81 hari
E. 91 hari

(SBMPTN 2002)

13. Dua buah satelit A dan B mengorbit planet Z masing-masing pada ketinggian 400 km dan 5.400 km dari permukaan planet tersebut dengan periode masing-masing berturut-turut 8 hari dan 27 hari. Jari-jari planet Z tersebut adalah

A. 1.200 km
B. 2.000 km
C. 2.400 km
D. 3.000 km
E. 3.600 km

(UM UGM 2014)



14. Sebuah satelit bumi mengorbit setinggi 3.600 km di atas permukaan bumi. Jika jari-jari dianggap melingkar beraturan, maka kelajuan (dalam km/s) adalah

A. 6,4
B. 64
C. 640
B. 6400
C. 64.000

(UMPTN 1997)

15. Kecepatan orbit dari sebuah satelit buatan dalam orbit melingkar tepat di atas permukaan bumi adalah v . Untuk stelit yang mengorbit pada ketinggian setengah jari-jari bumi, kecepatan orbit adalah

A. $\frac{v}{2}$
B. $\sqrt{\frac{3}{2}} v$
C. $\sqrt{\frac{2}{3}} v$
D. $\frac{3}{2v}$

USAHA & ENERGI



Sumber : <http://images.solopos.com/2013/08/26-ahtenae.jpg>

And God blessed them; and God said unto them, Be fruitful, and multiply, and replenish the earth, and subdue it; and have dominion over the fish of the sea, and over the birds of the heavens, and over every living thing that moveth upon the earth.

- Genesis 1:28 [ASV]

Kompetensi Inti

1. Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural berdasarkan rasa ingintahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.
2. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan.

Kompetensi Dasar

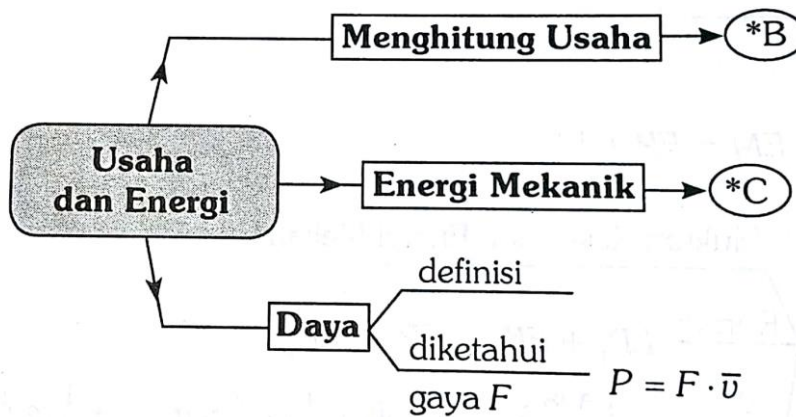
1. Menganalisis konsep energi, usaha (kerja), hubungan usaha (kerja) dan perubahan energi, hukum kekekalan energi, serta penerapannya dalam peristiwa sehari-hari.
2. Menerapkan metode ilmiah untuk mengajukan gagasan penyelesaian masalah gerak dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan konsep energi, usaha (kerja), dan hukum kekekalan energi.

Kalian tentu sering mendengar istilah usaha dan energi. Apa yang kalian ketahui tentang usaha? Apa pula pengertian energi? Usaha memiliki kaitan yang erat dengan energi. Hanya benda yang memiliki energi yang dapat melakukan usaha. Pada saat usaha dilakukan terjadilah perubahan energi.

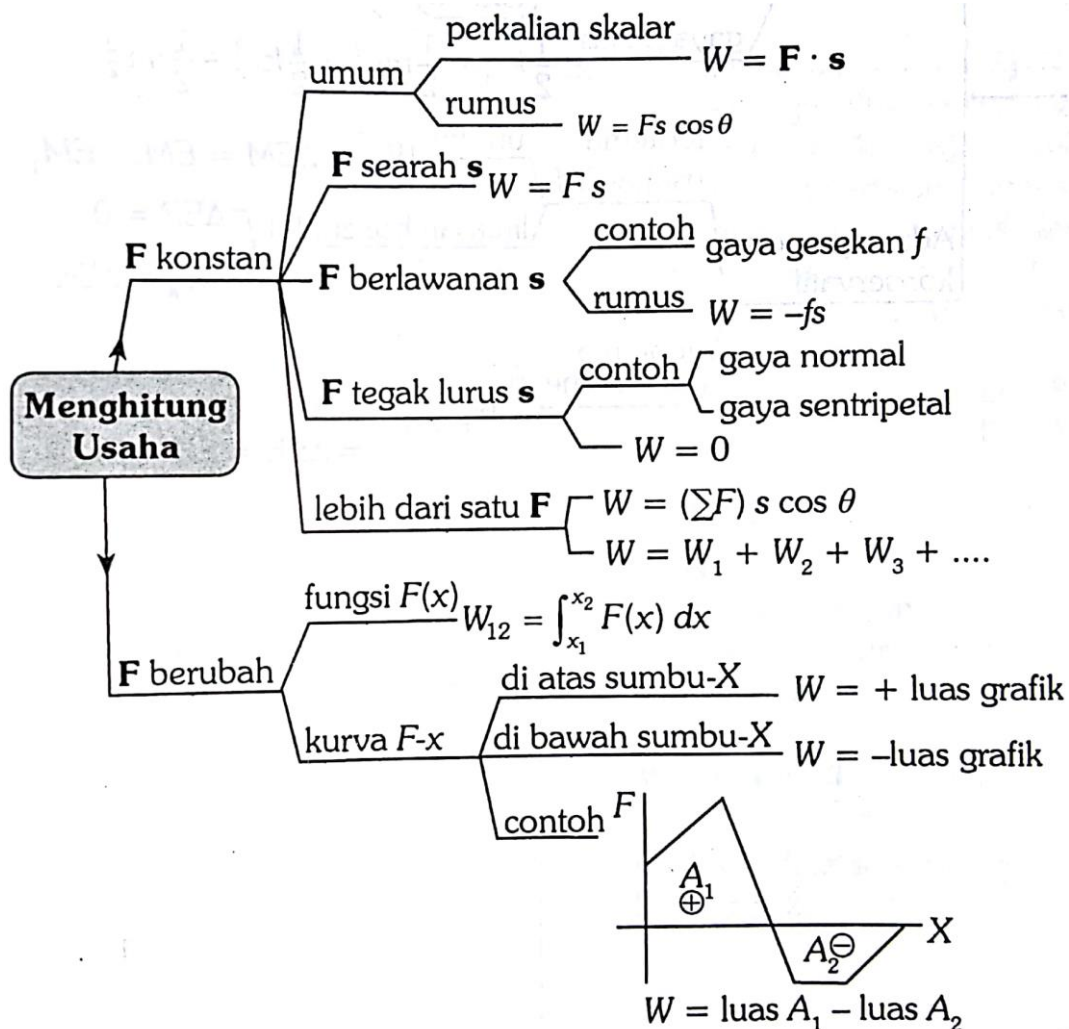
Agar kita dapat melakukan suatu usaha diperlukan energi. Walaupun kita telah mengeluarkan energi dapat saja dikatakan kita tidak melakukan usaha, sebab pengertian usaha di dalam Fisika berbeda dengan pengertian usaha di dalam kehidupan sehari-hari.

Peta Konsep

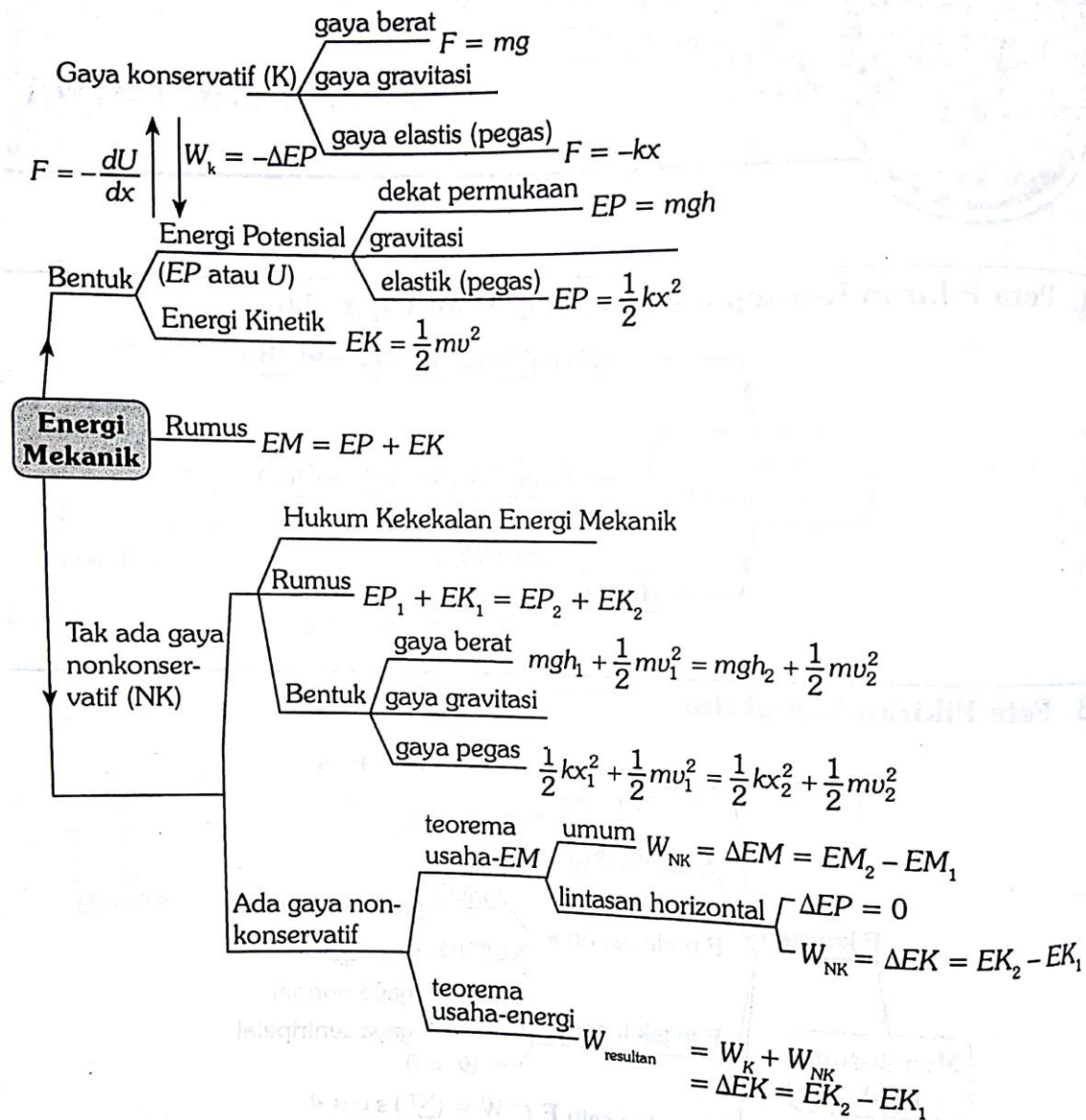
Bagian A



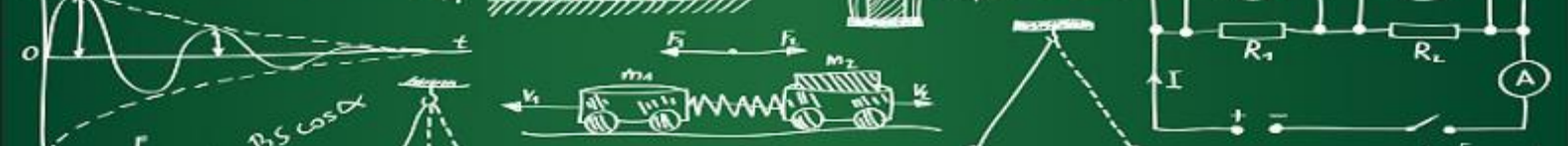
Bagian B



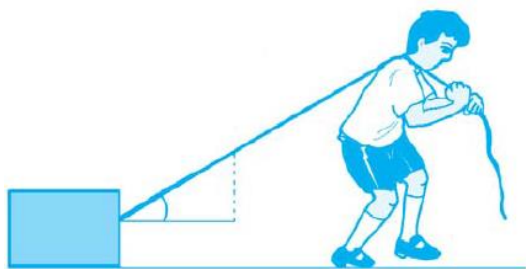
Bagian C



Sumber : Kanginan, M. (2017) *MasterBook of Physics Jilid 1*. Bandung: Yramada Widya. (p.133-134)



Perhatikan gambar berikut!



(a)

*Gaya yang tidak tegak lurus
Perpindahan melakukan usaha*



(b)

*Selama barbel bergerak ke atas, atlet
melakukan usaha dan selama barbel diam di
atas, atlet tidak melakukan usaha*



(c)

*Gaya yang tegak lurus
Perpindahan tidak melakukan usaha*



(d)

Tidak ada usaha yang dilakukan

Sumber: Widodo, T. (2009). *Fisika : untuk SMA dan MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.

(a) Seseorang yang sedang memindahkan (menarik) sebuah balok kayu. Selama itu orang telah melakukan usaha dan selama itu ia telah mengeluarkan energi. (b) Seorang atlet angkat besi sedang mengangkat barbel. Selama barbel bergerak ke atas, dikatakan atlet tersebut melakukan usaha dan selama itu atlet mengeluarkan energi. Selama barbel terangkat di atas kepala dan diam dikatakan atlet tidak melakukan usaha walaupun atlet tersebut mengeluarkan energi untuk menahan benda tersebut. (c) Seseorang sedang membawa buku dari suatu tempat ke tempat lain. Selama orang tersebut membawa buku dikatakan tidak melakukan usaha walaupun orang tersebut telah mengeluarkan energi. (d) Seorang sedang mendorong tembok dan tembok tidak bergerak. Selama itu orang dikatakan tidak melakukan usaha walaupun selama ia mendorong tembok ia telah mengeluarkan energi.

Pengertian Usaha

Perhatikan gambar berikut!



Sumber : http://haluannews.com/assets/gambar/haluannews_20160309112850.jpg

Pada gambar tersebut, diperlihatkan aliran air bendungan. Energi dari aliran air bendungan dapat diubah menjadi energi listrik. Sebelum kita membahasnya, apakah pengertian energi? Sebelum membahas lebih jauh, lakukan kegiatan berikut!

Menganalisis Gaya yang Melakukan Usaha

Perhatikan gambar berikut!



Sumber : <http://www.wartabuana.com/pictures/matic-mogok-dt-201401020719481.jpg>

Gaya yang diberikan orang terhadap mobil memiliki dua kemungkinan. Pertama, mobil tetap diam dan yang kedua mobil akan bergerak maju. Mobil dianggap berada di atas lintasan kasar. Dari uraian tersebut, diskusikan pertanyaan ini!

1. Gaya apa saja yang bekerja pada mobil?
2. Jika mobil tetap diam, apakah orang tersebut dikatakan melakukan usaha?
3. Jika mobil bergerak maju, gaya apa yang melakukan usaha pada mobil?

Kata “usaha” dalam Fisika memiliki arti khusus jika dibandingkan dengan kata usaha dalam kehidupan sehari-hari. Dalam Fisika, usaha diartikan sebagai gaya yang bekerja pada suatu benda sehingga benda itu mengalami perpindahan.

Secara matematis, usaha didefinisikan sebagai hasil kali komponen gaya searah perpindahan dengan besar perpindahannya, ditulis:

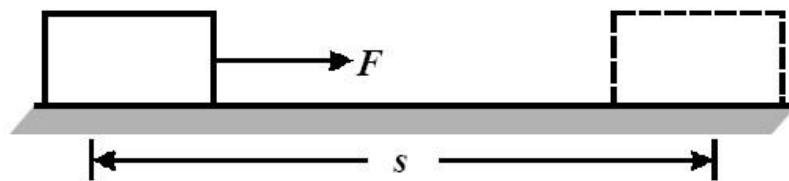
$$W = F \times s$$

di mana :

W : usaha (Nm atau *Joule*)

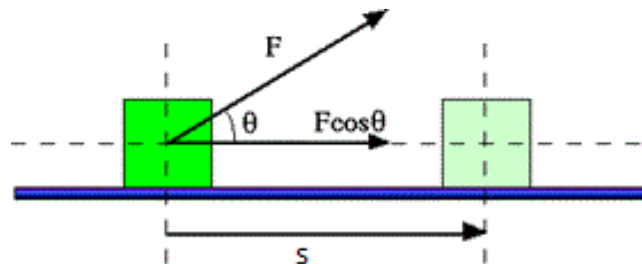
F : gaya yang searah dengan perpindahan (N)

s : perpindahan benda (m)



Sumber : <https://4.bp.blogspot.com/-o4fBJqSIVM/UTuDCmH77AI/AAAAAAAAAPao/ULcnnBMMyKE/s1600/Sebuah-balok-yang-berpindah-sejauh-karena-gaya-memiliki-usaha-W=Fs.jpg>

Untuk gaya (F) membentuk sudut θ terhadap perpindahan s , maka usaha dapat dirumuskan sebagai berikut:

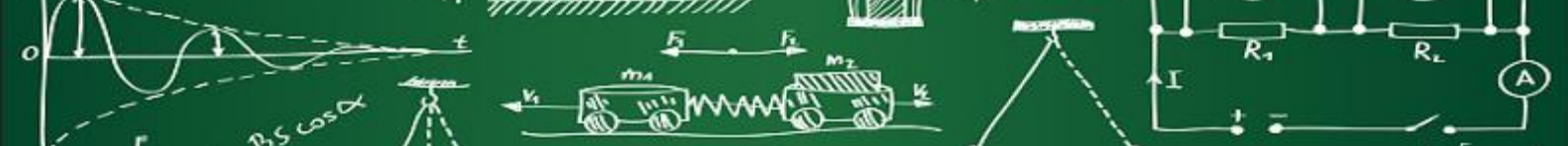


Sumber : <https://files.askitians.com/cdn1/images/201487-90347-4962-work-3.gif>

$$W = F \cos \theta \times s$$

di mana :

θ : sudut antara gaya F dengan perpindahan s



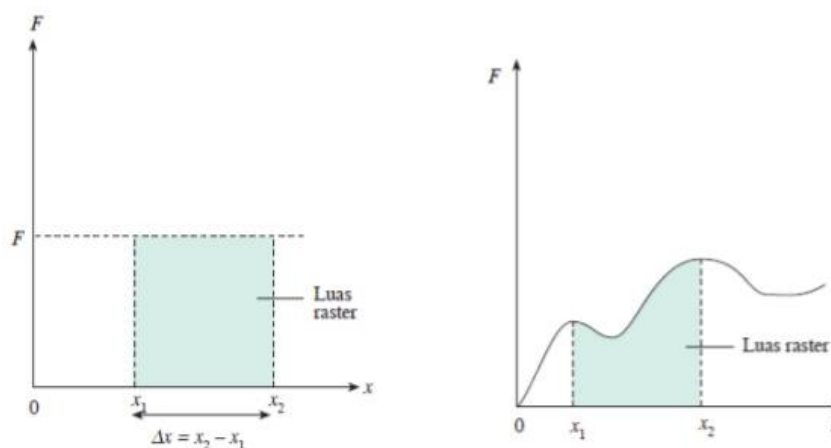
Satuan usaha dalam SI dinyatakan dengan *Joule*. Satu *joule* adalah besar usaha yang dilakukan oleh gaya satu *newton* untuk memindahkan suatu benda searah gaya sejauh satu *meter*.

Menghitung Usaha

Menghitung Usaha dari Grafik $F - x$

Jika grafik $F - x$ (gaya terhadap perpindahan) diketahui atau dapat digambarkan maka usaha yang dilakukan oleh gaya F untuk berpindah dari posisi awal $x = x_1$ ke posisi akhir $x = x_2$, sama dengan luas raster di bawah grafik $F - x$ dengan batas $x = x_1$ sampai dengan $x = x_2$.

Perhatikan gambar berikut!



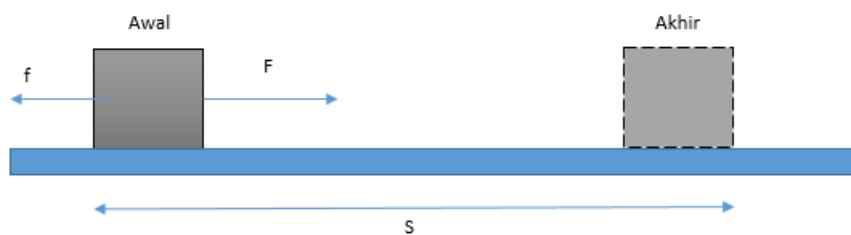
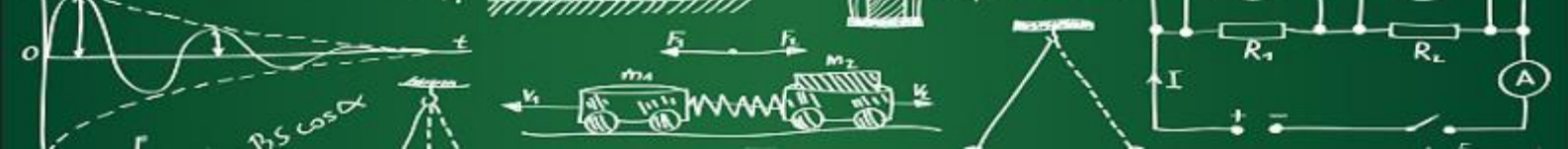
Sumber : <https://image.slidesharecdn.com/bab4usahadanenergi-140916195959-phpapp02/95/bab-4-usaha-dan-energi-3-638.jpg?cb=1410897651>

$$\text{Usaha} = \text{luas raster di bawah grafik } F - x$$

Usaha Negatif

Usaha negatif adalah usaha yang dilakukan oleh gaya yang melawan perpindahan benda. Usaha-usaha negatif, antara lain sebagai berikut:

- Usaha yang dilakukan oleh gaya pengereman.
- Usaha yang dilakukan oleh gaya gesekan permukaan benda.
- Usaha yang dilakukan gaya berat terhadap benda yang bergerak ke atas.



Sumber : http://3.bp.blogspot.com/-5FFCUwY6BZY/U4bsTMji3II/AAAAAAAAAgg/KIITPPUTSpU/s1600/2014-05-29_161348.png

Gaya gesekan f berlawanan arah dengan perpindahan s , maka sudut antara gaya gesekan f dan perpindahan s adalah $\theta = 180^\circ$. Jadi, usaha yang dilakukan oleh gaya gesekan tersebut, yaitu:

$$W = F \cos \theta \cdot s$$

$$W = f \cos(180^\circ) \cdot s$$

$$W = -f \cdot s \text{ (usaha bertanda negatif)}$$

Usaha oleh Berbagai Gaya

Usaha termasuk besaran skalar, sehingga usaha yang dilakukan oleh berbagai gaya yang bekerja pada suatu benda diperoleh dengan cara menjumlahkan secara aljabar biasa usaha yang dilakukan oleh tiap-tiap gaya tersebut.

$$W = W_1 + W_2 + \dots + W_n$$

dengan:

W_1 : usaha yang dilakukan oleh gaya F_1 ,

W_2 : usaha yang dilakukan oleh gaya F_2 , dan seterusnya.

CONTOH SOAL

Sebuah benda beratnya 10 N berada pada bidang datar, pada benda tersebut bekerja sebuah gaya mendatar sebesar 20 N , sehingga benda berpindah sejauh 50 cm . Hitunglah usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut!

Pembahasan:

Diketahui :

$$F = 20\text{ N}$$

$$s = 50\text{ cm} = 0,5\text{ m}$$

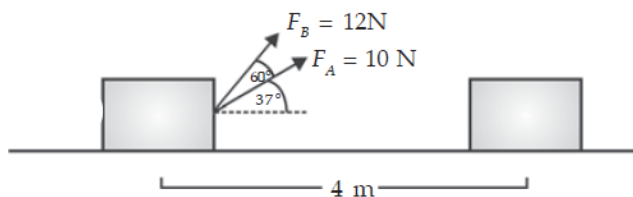
Ditanya : $W = \dots ?$

Jawab :

$$W = F s = (20\text{ N})(0,5\text{ m}) = 10\text{ J}.$$

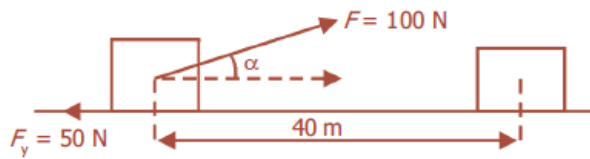
LATIHAN TERBIMBING

1. Perhatikan gambar di bawah ini!



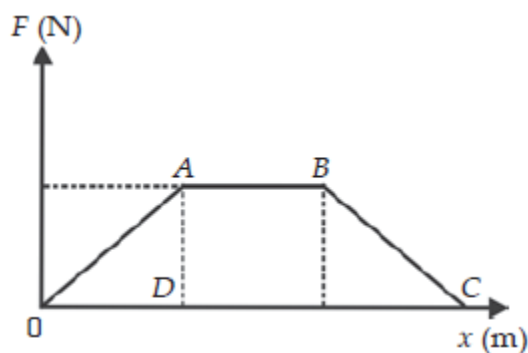
Dua orang siswa A dan B menarik peti yang terletak pada lantai dengan arah 37° dan 60° terhadap lantai. Tentukan usaha yang dilakukan oleh siswa A dan B jika besarnya gaya kedua siswa tersebut 10 N dan 12 N dan peti berpindah ke kanan sejauh 4 m !

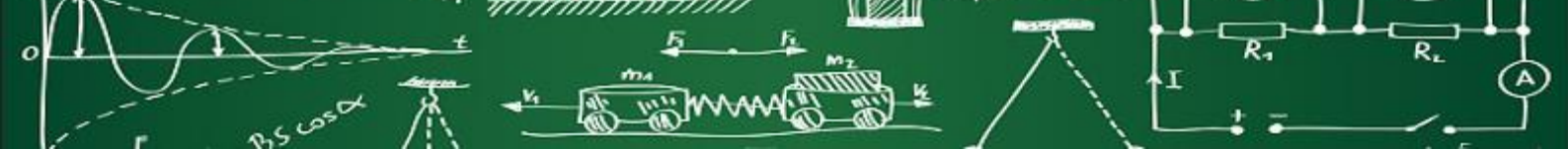
2. Sebuah benda dengan massa 50 kg ditarik sejauh 40 m sepanjang lantai horizontal dengan gaya tetap 100 N dan membentuk sudut 37° terhadap arah mendatar. Jika gaya gesek terhadap lantai 50 N, maka tentukan usaha yang dilakukan oleh masing-masing gaya!



3. Suatu gaya 10 N bekerja pada sebuah benda yang bermassa 5 kg yang terletak pada bidang datar selama 10 sekon. Jika benda mula-mula diam dan arah gaya searah dengan perpindahan benda, maka tentukan:
- jarak yang ditempuh benda selama 10 sekon!
 - usaha yang dilakukan oleh gaya pada benda selama 10 sekon!

4. Perhatikan gambar berikut!

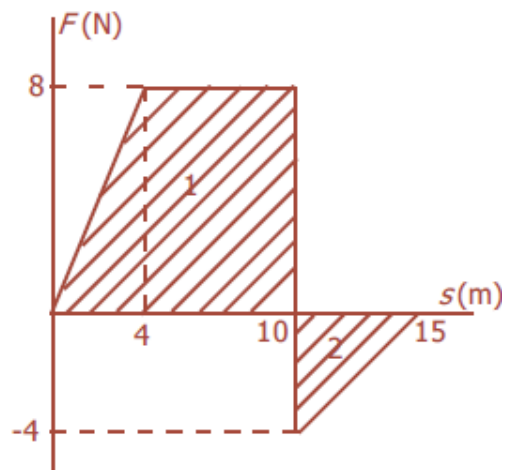




Sebuah balok mengalami gaya F yang arahnya sejajar sumbu X . Gaya yang bekerja ini merupakan fungsi perpindahan. Hitunglah usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut ketika balok berpindah dari:

- $x = 0$ ke $x = 1$ meter!
- $x = 0$ ke $x = 3$ meter!

5. Perhatikan gambar berikut!



Tentukan usaha total yang dilakukan oleh gaya!

Pengertian Energi



Sumber : https://i.ytimg.com/vi/TPur_XKkFOA/maxresdefault.jpg

Untuk melakukan kegiatan atau aktivitas dibutuhkan energi. Energi yang diperoleh manusia berasal dari makanan dan minuman. Makanan dan minuman memiliki energi kimia yang akan diolah oleh tubuh manusia sehingga berguna bagi otot untuk melakukan berbagai aktivitas.

Kata energi berasal dari bahasa Yunani, yaitu *ergon* yang berarti “kerja”. Jadi, energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja atau usaha. Energi merupakan sesuatu yang sangat penting dalam kehidupan di alam ini, terutama bagi kehidupan manusia, karena segala sesuatu yang kita lakukan memerlukan energi. Energi akan bermanfaat jika terjadi perubahan bentuk dari suatu bentuk energi ke bentuk lain.

Apabila ada beberapa sistem kemudian sebuah sistem pertama memberikan usaha pada sistem kedua, energi akan dipindahkan dari sistem pertama ke sistem kedua. Sebagai contoh seorang anak mendorong mobil mainan hingga mobil bergerak. Anak itu melakukan usaha pada mobil, sebagian usaha digunakan untuk bergerak atau menjadi tenaga gerak, sebagian digunakan untuk mengatasi gesekan pada lantai, sebagian menjadi tenaga termal (panas) karena gesekan antara roda mobil dan lantai. Pada anak itu sendiri tenaga kimia dalam tubuh berkurang karena digunakan untuk mendorong mobil. Energi berpindah dari tenaga kimia menjadi tenaga gerak dan tenaga termal gesekan. Energi total sebuah sistem dan lingkungannya tidak akan berubah, tetapi hanya terjadi perubahan bentuk energi saja.

Energi termasuk ke dalam besaran skalar. Satuan energi dalam SI sama dengan satuan usaha yaitu *Joule*. Energi bersifat kekal, tetapi dapat berubah ke bentuk energi yang lain.

Ada berbagai macam energi, seperti; energi cahaya, energi angin, energi air, energi nuklir, energi panas bumi, dan sebagainya. Berbagai macam energi tersebut dapat dikelompokkan ke dalam energi kinetik dan energi potensial. Apa perbedaan energi kinetik dengan energi potensial?

Energi Kinetik

Benda yang awalnya diam akan bergerak ketika diberi gaya yang cukup. Benda bergerak memiliki kemampuan untuk melakukan usaha sehingga benda tersebut dapat dikatakan memiliki energi. Energi akibat pergerakan tersebut dinamakan energi kinetik.



Sumber : <http://www.differencebetween.info/sites/default/files/images/3/kineticenergy.jpg>

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki benda karena gerakannya atau kecepatannya. Jadi, setiap benda yang bergerak mempunyai energi kinetik. Besarnya energi kinetik suatu benda dirumuskan sebagai berikut.

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

di mana:

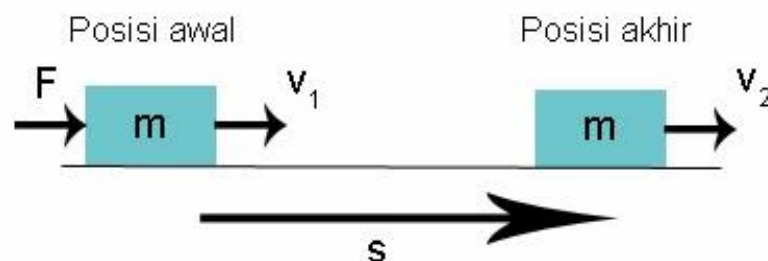
E_k : energi kinetik (*Joule*)

m : massa benda (*kg*)

v : kecepatan benda

Hubungan Usaha dengan Energi Kinetik

Sebuah benda bermassa m mula-mula mempunyai kecepatan v_1 , kemudian sebuah gaya bekerja pada benda tersebut sehingga kecepatannya menjadi v_2 , maka besarnya usaha yang bekerja pada benda adalah sebagai berikut:



Sumber : http://3.bp.blogspot.com/-fAyVHT2UorU/Uoi_RH9GzLI/AAAAAAAAA8/9mggXCnaA84/s1600/usaha+energi+kinetik.jpg



Ingat rumus GLBB:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2as, \text{ maka dapat didapatkan: } as = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2}$$

Ingat rumus usaha:

$$W = F \cdot s = (m \cdot a) \cdot s$$

$$W = m \cdot (a \cdot s) \text{ substitusikan: } as = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2}$$

Sehingga diperoleh:

$$W = m \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2} \right) = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

$$W = Ek_2 - Ek_1$$

$$W = \Delta Ek$$

Jadi, usaha yang dilakukan oleh gaya resultan yang bekerja pada suatu benda sama dengan perubahan energi kinetik yang dialami benda itu, yaitu energi kinetik akhir dikurangi energi kinetik awal. Pernyataan ini dikenal dengan sebutan **“Teorema Usaha-Energi Kinetik.”**

CONTOH SOAL

Sebuah benda bermassa 4 kg, mula-mula diam, kemudian bergerak lurus dengan kecepatan 3 m/s^2 . Hitunglah usaha yang diubah menjadi energi kinetik setelah 2 detik!

Pembahasan:

Diketahui : $m = 4 \text{ kg}$

$$v_1 = 0$$

$$a = 3 \text{ m/s}^2$$

$$t = 2 \text{ s}$$

Ditanya : $W = \dots ?$

Jawab :

$$v_2 = a \cdot t = (3)(2) = 6 \text{ m/s}$$

$$W = Ek_2 - Ek_1$$

$$W = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

$$W = \frac{1}{2} (4)(6^2) - 0$$

$$W = 72 \text{ Joule.}$$



LATIHAN TERBIMBING

1. Sebuah gaya konstan bekerja pada benda yang bermassa 1 kg yang mulamula diam, sehingga setelah 2 sekon kecepatannya menjadi 4 m/s. Berapakah usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut selama 2 sekon itu?

2. Sebuah benda bermassa m bergerak dengan kecepatan 20 m/s sehingga memiliki energi kinetik sebesar 250 joule. Berapakah energi benda tersebut jika kecepatannya menjadi 40 m/s?

3. Sebuah gaya sebesar 6 N bekerja pada sebuah balok bermassa 2 kg secara horizontal selama 4 s. Hitunglah energi kinetik akhir yang dimiliki balok tersebut!

4. Sebuah mobil yang bermassa 2 ton, mula-mula bergerak dengan kecepatan 72 km/jam. Kemudian mobil direm dengan gaya konstan. Setelah menempuh jarak 150 m kecepatan mobil menjadi 36 km/jam, hitunglah:

- a) usaha yang dilakukan oleh gaya pengereman selama mobil direm!
b) besar gaya pengereman!



Energi Potensial

Energi potensial diartikan sebagai energi yang dimiliki benda karena keadaan atau kedudukan (posisinya). Misalnya, energi pegas (per), energi ketapel, energi busur, dan energi air terjun. Energi potensial juga dapat diartikan sebagai energi yang tersimpan dalam suatu benda. Misalnya energi kimia dan energi listrik. Contoh energi kimia adalah energi minyak bumi dan energi nuklir.

Energi Potensial Gravitasi

Energi potensial gravitasi adalah energi yang dimiliki oleh benda karena kedudukannya atau posisinya. Besar energi potensial suatu benda adalah sebagai berikut:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

di mana:

- E_p : energi potensial (*Joule*)
- m : massa benda (*kg*)
- g : percepatan gravitasi (m/s^2)
- h : tinggi benda (*m*)

Karena $w = m \cdot g$, maka:

$$E_p = w \cdot h$$

di mana: w = berat benda (*N*).

Hubungan Usaha dengan Energi Potensial

Sebuah benda bermassa m mula-mula berada pada ketinggian h_1 kemudian jatuh hingga mencapai ketinggian h_2 , maka besarnya usaha yang bekerja pada benda adalah sebagai berikut:

$$W = F \cdot s$$

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

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

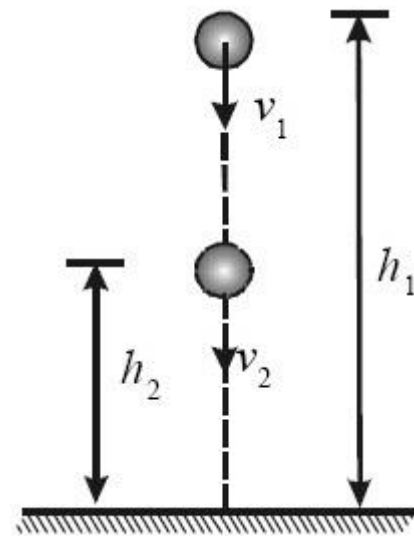
$$W = Ep_1 - Ep_2$$

$$W = \Delta Ep$$

di mana:

Ep_1 : energi potensial awal

Ep_2 : energi potensial akhir



Sumber : <http://3.bp.blogspot.com/-qHWPtEjNARU/TA9CqH0MAAAAPCw/1JRPFEuET2w/1600/kecepatan-energi-kinetikaya-energi-potensial-1032013.jpg>

CONTOH SOAL

Sebuah benda massanya 2 kg jatuh bebas dari ketinggian 20 m dari atas tanah. Hitunglah usaha yang dilakukan gaya berat pada saat ketinggian benda 10 m !

Pembahasan:

Diketahui :

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

$$h_1 = 20 \text{ m}$$

$$h_2 = 10 \text{ m}$$

Ditanya : $W = \dots ?$

Jawab :

$$W = m \cdot g \cdot \Delta h$$

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

$$W = (2)(10)(20 - 10)$$

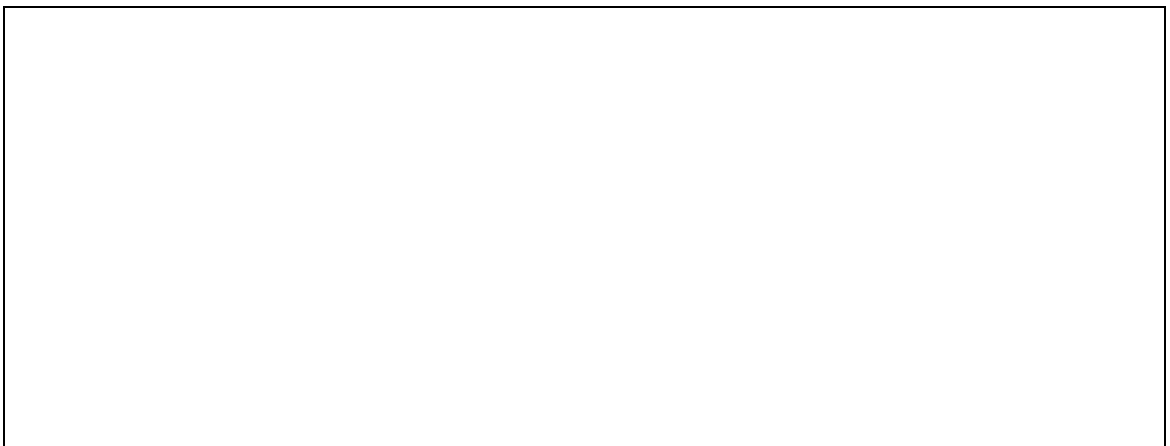
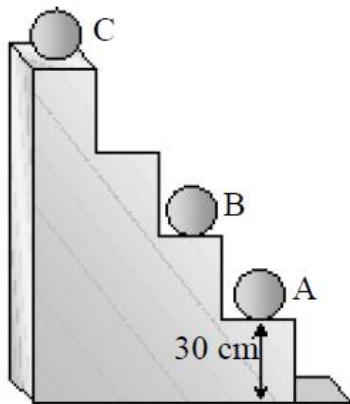
$$W = 200 \text{ Joule.}$$

LATIHAN TERBIMBING

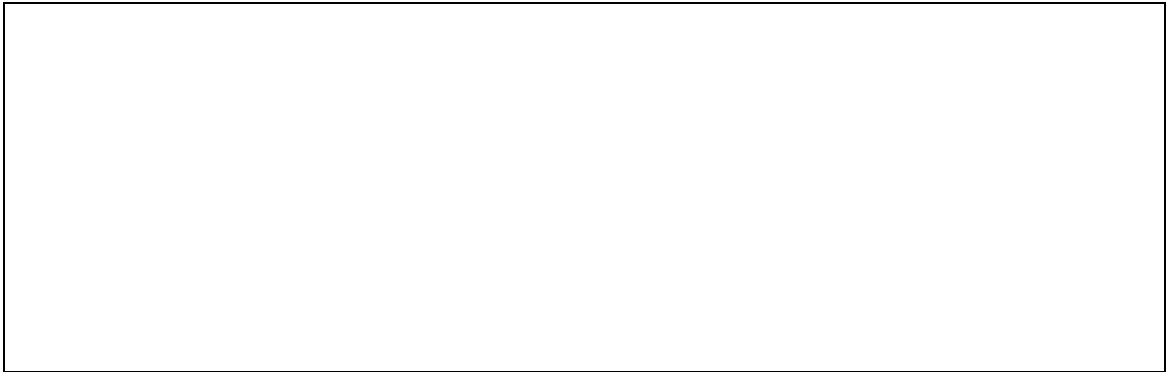
1. Sebuah bola dengan massa $0,5 \text{ kg}$ dilemparkan vertikal ke atas dengan kecepatan 20 m/s . Jika percepatan gravitasi 10 m/s^2 , tentukan:
 - a) energi potensial saat mencapai titik tertinggi!
 - b) perubahan energi potensial saat bola berada pada ketinggian 5 m !



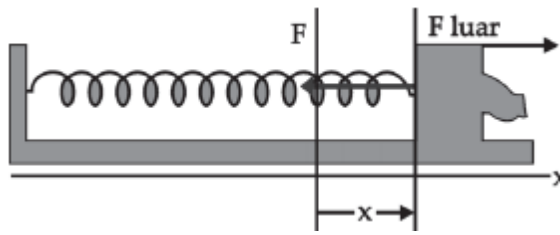
2. Tiga benda $m_A = 2 \text{ kg}$, $m_B = 4 \text{ kg}$ dan $m_C = 3 \text{ kg}$ terletak di tangga seperti gambar di bawah ini. Tiap tangga ketinggiannya 30 cm . Jika energi potensial massa B bernilai nol maka tentukan energi potensial m_A dan m_C !



3. Hitunglah usaha yang diperlukan untuk melontarkan batu yang memiliki massa 2 kg dari permukaan bumi sampai ketinggian 10 m, jika gravitasi bumi sebesar $9,8 \text{ m/s}^2$ dan jari-jari bumi 6,375 km!



Energi Potensial Pegas



Sebuah pegas yang memiliki konstanta pegas sebesar k . Pada ujung pegas diikat sebuah balok bermassa m diletakkan di lantai yang licin. Massa pegas jauh lebih kecil daripada massa balok. Balok ditarik sehingga panjangnya bertambah sebesar x secara perlahan-lahan dengan kecepatan konstan. Bagaimana usahanya? Gaya yang dikerahkan pegas di atas besarnya $F = kx$, arahnya ke kiri, gaya dari luar besarnya $F_{\text{luar}} = kx$ arahnya ke kanan. Gaya total antara gaya pegas dan gaya luar bernilai nol, dan balok bergerak dengan kecepatan konstan. Besarnya gaya yang kita kerahkan untuk mengubah panjang pegas dengan balok bergerak dengan kecepatan konstan adalah sama dengan gaya pegas tetapi arahnya berlawanan. Balok yang bergerak dengan kecepatan konstan maka total gayanya nol, sehingga gaya dari luar sama besar tetapi berlawanan arah dengan gaya pegas.

Usaha yang dikerjakan pada balok adalah usaha pegas ditambah usaha dari gaya luar, usaha totalnya adalah nol. Dengan demikian, perubahan energi kinetik sistem sebesar 0 atau tidak ada perubahan energi kinetik. Usaha total yang dikerahkan pada sistem pegas massa adalah W_{luar} . Bedakanlah antara usaha yang dilakukan pada balok dan usaha yang dikerjakan pada sistem massa pegas. Dengan adanya usaha dari luar posisi balok berubah atau terjadi perubahan konfigurasi. Energi yang berkaitan dengan posisi atau konfigurasi disebut energi potensial. Usaha dari luar pada sistem balok pegas di atas tidak menghasilkan perubahan energi kinetik tetapi disimpan sebagai tenaga potensial. Berapa energi potensial akibat gaya luar yang kita keluarkan? Setiap balok yang bergerak posisinya akan berubah dan energi potensialnya juga berubah. Besarnya perubahan energi potensial sama dengan usaha yang dilakukan oleh gaya luar yaitu $\frac{1}{2} kx^2$.

Secara matematis, energi potensial pegas adalah sebagai berikut.

$$E_p = \frac{1}{2} k(\Delta x)^2$$

di mana k sebagai konstanta pegas (N/m) dan Δx sebagai pertambahan panjang (m).

CONTOH SOAL

Sebuah pegas memiliki konstanta pegas sebesar 400 N/m. Pada ujungnya diikatkan balok bermassa 0,5 kg diletakkan mendatar di atas lantai. Pegas disimpangkan sampai sejauh 5 cm. Gesekan antara balok dengan lantai diabaikan.

- Berapa kerja yang dilakukan pegas bila balok bergerak dari $x = 5$ sampai $x = 0$ cm?
- Berapa tenaga kinetik saat di $x = 0$, berapa tenaga potensial saat di $x = 0$?

Pembahasan:

Diketahui : $k = 400 \text{ N/m}$

$$\Delta x = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

Jawab :

- Balok bergerak dari 5 cm ke posisi setimbang, maka gaya pegas searah dengan pergeseran maka usaha yang dilakukan pegas positif.

$$\text{Kerja yang dilakukan pegas} \rightarrow W = k \Delta x^2 = (400 \text{ N/m}) (0,05)^2 = 0,5 \text{ J}$$

- Tenaga kinetik saat di $x = 0$,

pegas mula-mula diregangkan lalu dilepas maka besarnya perubahan tenaga kinetik sama dengan usaha yang dilakukan pegas.

Kecepatan awal pegas = 0, sehingga tenaga kinetik mula-mula = 0.

$$W = \Delta E_k$$

Kecepatan balok di $x = 0$.

$$\Delta E_k = E_{k1} - E_{k0} = W$$

Tenaga kinetik saat di $x = 0$ adalah 0,5 J

Tenaga potensial saat di $x = 0$ adalah

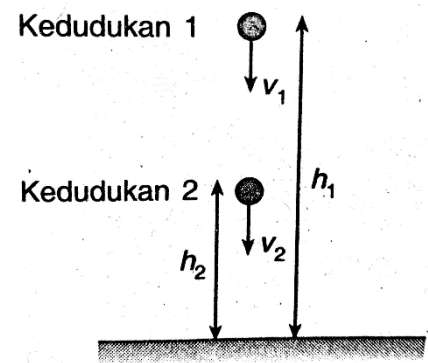
$$E_p = \frac{1}{2} k \Delta x^2 = \frac{1}{2} (400) (0,05)^2 = 0,5 \text{ J}.$$

Hukum Kekekalan Energi Mekanik

Di alam semesta ini, tidak ada energi yang dapat diciptakan ataupun dihilangkan. Energi hanya dapat berubah bentuk dari bentuk energi yang satu menjadi energi yang lain. Jika terdapat energi yang telah terpakai, akan dihasilkan energi dalam bentuk lain yang besarnya sama dengan energi semula.

Perhatikan gambar di samping, yang menunjukkan bahwa benda bermassa m mengalami gerak jatuh bebas. Usaha yang dilakukan oleh benda adalah perubahan energi potensial sehingga dapat ditulis sebagai berikut.

$$W = Ep_1 - Ep_2$$



Sumber : (Nurani, & Abadi, 2016)

Benda pada kedudukan 1 memiliki kelajuan v_1 , sedangkan benda pada kedudukan 2 memiliki kelajuan v_2 . Besar usaha yang digunakan untuk memindahkan benda sama dengan perubahan energi kinetik yang dapat ditulis:

$$W = Ek_2 - Ek_1$$

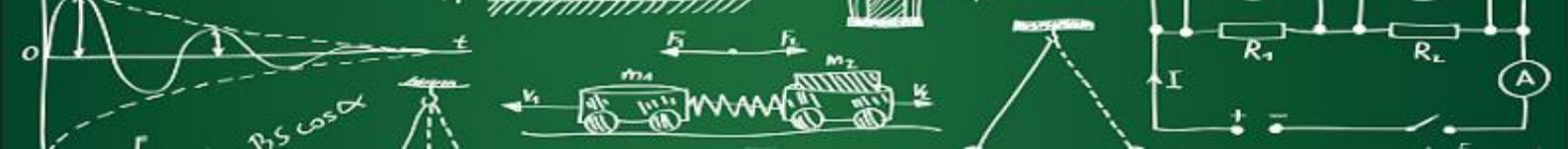
Oleh karena $W = Ep_1 - Ep_2$, persamaannya menjadi:

$$Ep_1 - Ep_2 = Ek_2 - Ek_1$$

$$Ep_1 + Ek_1 = Ep_2 + Ek_2$$

$Ep + Ek$ didefinisikan sebagai energi mekanik total sistem yang dilambangkan dengan E_M . Nilai energi mekanik awal dan energi mekanik akhir bersifat konstan. Pernyataan tersebut lebih dikenal dengan hukum Kekekalan Energi Mekanik.

$$E_M = E_p + E_k$$



Bunyi hukum Kekekalan Energi Mekanik sebagai berikut.

“Pada sistem terisolasi (hanya bekerja gaya berat dan tidak ada gaya luar yang bekerja) energi total mekanik sistem berlaku konstan.”

Dari pernyataan di atas diperoleh sebagai berikut.

$$E_{M1} = E_{M2} = \dots$$

Penerapan Hukum Kekekalan Energi Mekanik

Beberapa penerapan hukum Kekekalan Energi Mekanik dalam kehidupan sehari-hari sebagai berikut.

1. Benda Jatuh Bebas

Perhatikan gambar di samping yang menunjukkan peristiwa benda jatuh bebas.

Misalnya, buah apel jatuh dari tangkainya ke tanah. Energi mekanik dari apel adalah penjumlahan dari energi potensial dan energi kinetik.

Pada keadaan 1 saat apel lepas dari tangkainya atau di titik tertinggi, energi potensial maksimum dan energi kinetik minimum.

Setelah apel mulai bergerak turun seperti keadaan 2, energi potensial menurun, sedangkan energi kinetik meningkat.

Pada keadaan 3 ketika apel telah menyentuh tanah, energi potensial apel minimum dan energi kinetik maksimum.

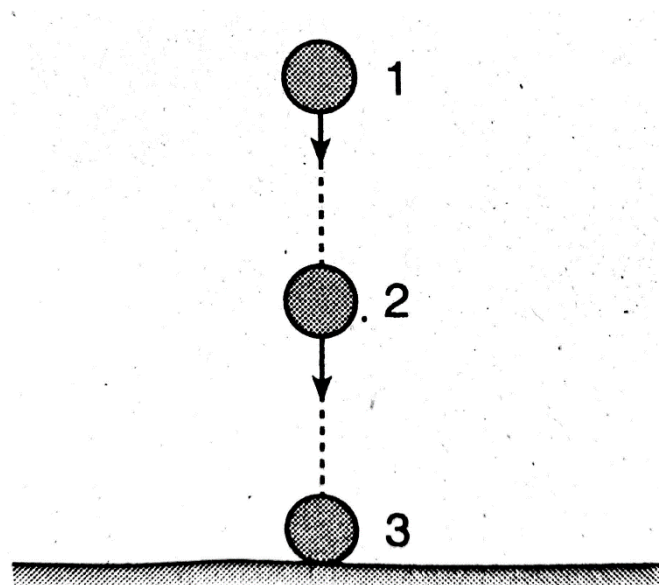
Menurut hukum Kekekalan Energi Mekanik berlaku persamaan sebagai berikut.

$$E_{M1} = E_{M2} = E_{M3}$$

$$Ep_1 + Ek_1 = Ep_2 + Ek_2 = Ep_3 + Ek_3$$

$$Ep_1 + 0 = Ep_2 + Ek_2 = 0 + Ek_3$$

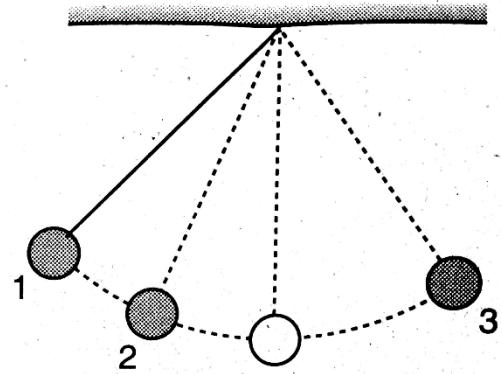
$$Ep_1 = Ep_2 + Ek_2 = Ek_3$$



Sumber : (Nurani, & Abadi, 2016)

2. Ayunan

Gerak ayunan pada gambar di samping berlaku hukum Kekekalan Energi Mekanik. Pada kedudukan 1 ketika bandul melakukan simpangan maksimum, bandul akan memiliki energi potensial maksimum dan energi kinetik minimum. Saat bandul pada kedudukan ke 2, energi potensial menurun dan energi kinetik meningkat. Di titik kesetimbangan, tali bandul lurus vertikal ke bawah sehingga energi potensial minimum dan energi kinetik maksimum. Selanjutnya, bandul bergerak meninggalkan titik kesetimbangan menuju titik terjauh dengan energi potensial meningkat dan energi kinetik menurun. Setelah sampai pada kedudukan ke 3 titik terjauh, energi potensial akan bernilai maksimum dan energi kinetik minimum.



Sumber : (Nurani, & Abadi, 2016)

$$E_{M1} = E_{M2} = E_{M3}$$

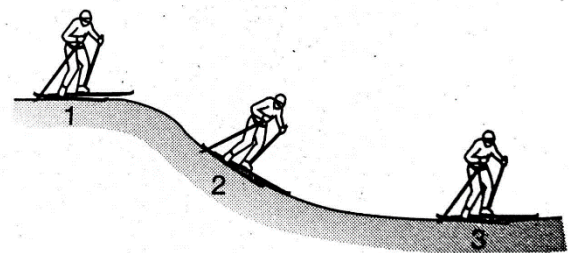
$$Ep_1 + Ek_1 = Ep_2 + Ek_2 = Ep_3 + Ek_3$$

$$Ep_1 + 0 = Ep_2 + Ek_2 = Ep_3 + 0$$

$$Ep_1 = Ep_2 + Ek_2 = Ep_3$$

3. Orang Bermain Ski Es

Gambar di samping menggambarkan orang bermain ski es. Pada kedudukan 1 di puncak es, pemain ski es memiliki energi potensial maksimum dan energi kinetik minimum. Pada kedudukan ke 2 ketika pemain ski es meluncur ke bawah, energi potensial menurun dan energi kinetik meningkat. Selanjutnya, pada kedudukan 3 ketika pemain ski es berada di titik terendah, energi potensial minimum dan energi kinetik maksimum. Menurut hukum Kekekalan Energi Mekanik dapat dituliskan sebagai berikut.



Sumber : (Nurani, & Abadi, 2016)

$$E_{M1} = E_{M2} = E_{M3}$$

$$Ep_1 + Ek_1 = Ep_2 + Ek_2 = Ep_3 + Ek_3$$

$$Ep_1 + 0 = Ep_2 + Ek_2 = 0 + Ek_3$$

$$Ep_1 = Ep_2 + Ek_2 = Ek_3$$

CONTOH SOAL

Farrell melemparkan bola ke atas dengan kecepatan 15 m/s dari gedung setinggi 8,75 meter. Hitunglah kecepatan maksimum ketika bola menyentuh tanah! ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

Pembahasan:

Diketahui :

$$v = 15 \text{ m/s}$$

$$h_1 = 8,75 \text{ m}$$

$$h_2 = 0 \text{ m}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

Ditanya : $v_2 = \dots ?$

Jawab :

$$EM_1 = EM_2$$

$$Ep_1 + Ek_1 = Ep_2 + Ek_2$$

$$mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$(10)(8,75) + \frac{1}{2}(15^2) = 0 + \frac{1}{2}v_2^2$$

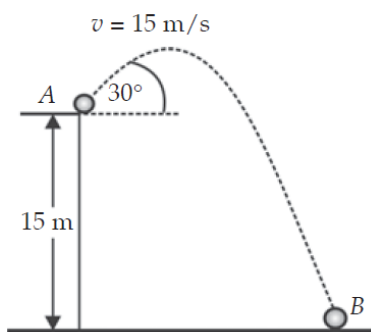
$$v_2 = 20 \text{ m/s}$$

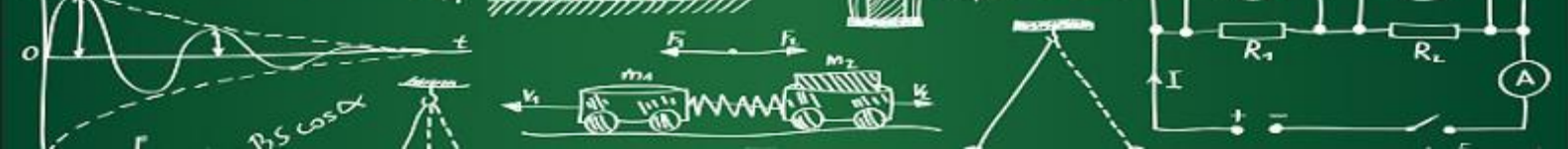
LATIHAN TERBIMBING

1. Sebuah bola bermassa 0,2 kg dilemparkan ke atas dengan kecepatan awal 10 m/s dari ketinggian 1,5 m. Percepatan gravitasi $g = 10 \text{ m/s}^2$. Berapakah ketinggian bola pada saat kecepatannya 5 m/s?



2. Perhatikan gambar di bawah!



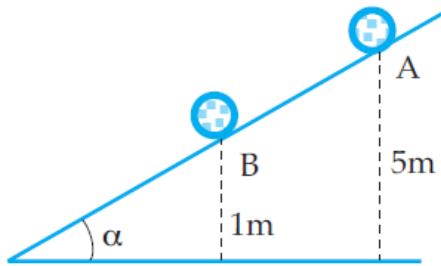


Sebuah benda dilemparkan dari sebuah gedung yang tingginya 15 m. Kecepatan awal bola ketika dilempar 15 m/s dengan arah 30° di atas garis horizontal. Berapakah kelajuan bola sesaat sebelum menumbuk tanah ($g = 10 \text{ m/s}^2$)?

3. Sebuah benda ditembakkan miring ke atas dengan sudut elevasi 30° dan dengan energi kinetik 400 J. Jika $g = 10 \text{ m/s}^2$, berapakah energi kinetik dan energi potensial benda saat mencapai titik tertinggi?

4. Sebuah benda yang bermassa 1,5 kg dijatuhkan bebas dari ketinggian 6 m dari atas tanah. Berapakah energi kinetik benda pada saat benda mencapai ketinggian 2 m dari tanah?

5. Sebuah kelereng dilepaskan di titik A pada bidang miring, sehingga kelereng menggelinding ke bawah. Berapakah kecepatan kelereng di titik B?



Daya

Daya didefinisikan sebagai kecepatan melakukan usaha atau kemampuan untuk melakukan usaha tiap satuan waktu. Untuk menyatakan besarnya usaha yang dilakukan oleh gaya konstan tiap satuan waktu dapat dinyatakan dengan daya, yang diberi lambang P . Jika dalam waktu t suatu gaya konstan telah melakukan usaha sebesar W , maka daya dari gaya selama itu dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$P = \frac{W}{t}$$

di mana:

P = daya (*watt*)

W = usaha (*joule*)

t = waktu (*s*)

Karena $W = F \times \Delta x$, maka:

$$P = \frac{F \cdot \Delta x}{t}$$

Oleh karena $\frac{\Delta x}{t} = v$, maka:

$$P = F \cdot v$$

Efisiensi adalah ukuran kinerja sebuah mesin, motor, dan lain-lain, yang merupakan perbandingan antara energi atau daya yang dihasilkan terhadap energi atau daya yang diberikan.

Efisiensi converter energi:

$$\eta = \frac{P_{keluar}}{P_{masuk}} \times 100\%$$

CONTOH SOAL

Seseorang yang massanya 60 kg berlari menaiki tangga yang tingginya 4 m dalam waktu 4 sekon. Berapakah daya yang dihasilkan orang tersebut?

Pembahasan:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{60 \times 10 \times 4}{4} = 600 \text{ watt}$$

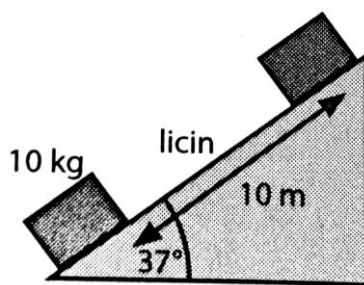


LATIHAN PEMANTAPAN

Pilihlah jawaban yang benar dengan memberi tanda silang (×) pada jawaban yang benar dan disertai proses pengerjaannya!

1. Di bawah ini adalah satuan energi, kecuali
A. Joule
B. erg
C. kwh
D. Nm
E. Watt
2. Bila sebuah benda dijatuhkan tanpa kecepatan awal dan gesekan udara diabaikan, maka
A. energi kinetiknya bertambah
B. energi kinetiknya berkurang
C. energi potensialnya bertambah
D. energi mekaniknya berkurang
E. energi mekaniknya bertambah
3. Sebuah benda jatuh bebas dari ketinggian h dan pada suatu saat energi kinetiknya tiga kali energi potensialnya. Pada saat itu tinggi benda adalah
A. $\frac{1}{4} h$
B. $\frac{1}{3} h$
C. $\frac{1}{2} h$
D. $2 h$
E. $3 h$
4. Usaha yang dilakukan oleh suatu gaya terhadap benda sama dengan nol apabila arah gaya dengan perpindahan benda membentuk sudut sebesar
A. 0°
B. 90°
C. 45°
D. 180°
E. 60°

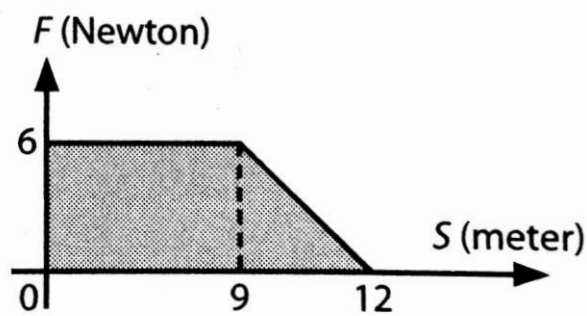
5. Sebuah benda yang massanya 8 kg, berada dalam keadaan diam. Kemudian ditarik oleh sebuah gaya sehingga kecepatannya menjadi 30 m/s^2 , maka besarnya usaha yang dikeluarkan adalah
- A. 1200 J
B. 1800 J
C. 3600 J
D. 4500 J
E. 6000 J
6. Benda 2 kg yang mula-mula diam dikerjakan sebuah gaya hingga kecepatan akhirnya 5 m/s, maka usaha yang dilakukan pada benda itu adalah
- A. 10 J
B. 12,5 J
C. 25 J
D. 30 J
E. 45 J
7. Benda 10 kg hendak digeser melalui permukaan bidang miring licin seperti gambar berikut!



Usaha yang diperlukan untuk memindahkan benda tersebut adalah

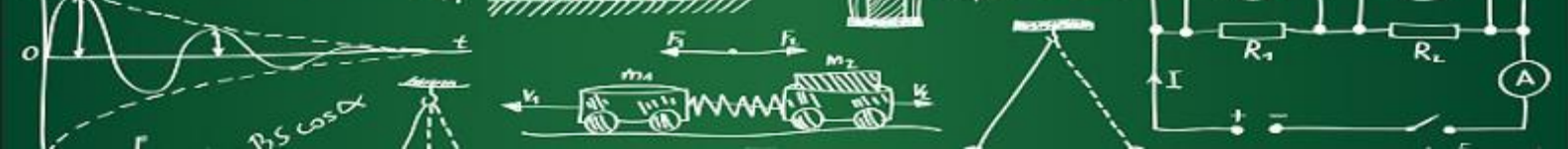
- A. 400 J
B. 500 J
C. 600 J
D. 700 J
E. 800 J

8. Perhatikan grafik gaya (F) terhadap perpindahan (S) berikut!

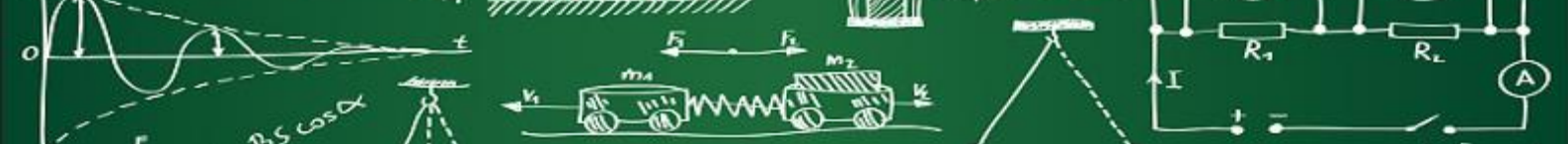


Besarnya usaha hingga detik ke-12 adalah

- A. 60 J
 - B. 61 J
 - C. 62 J
 - D. 63 J**
 - E. 64 J
9. Seorang anak memindahkan sebuah buku yang jatuh dilantai ke atas meja. Massa buku adalah 300 gram dan tinggi meja dari lantai adalah 80 cm. Jika percepatan gravitasi bumi adalah 10 m/s^2 , maka usaha yang diperlukan adalah
- A. 2,2 J
 - B. 2,3 J
 - C. 2,4 J**
 - D. 2,5 J
 - E. 2,6 J
10. Seorang anak bermain ayunan dari ketinggian 0,5 m hingga 2,5 m dari permukaan tanah. Laju maksimum anak tersebut sama dengan
- A. 2 m/s
 - B. $2\sqrt{5} \text{ m/s}$
 - C. $\sqrt{10} \text{ m/s}$
 - D. $2\sqrt{10} \text{ m/s}$
 - E. $5\sqrt{2} \text{ m/s}$



11. Benda dengan bobot 40 N diangkat dari permukaan tanah hingga mencapai ketinggian 10 meter kemudian dilepaskan. Energi kinetik benda itu ketika berada pada ketinggian 6 meter dari permukaan tanah bernilai sekitar
- A. 40 J
 - B. 100 J
 - C. 160 J
 - D. 240 J
 - E. 400 J
12. Massa benda A tiga kali massa benda B dan kecepatan benda A setengah kali kecepatan benda B. Perbandingan energi kinetik benda A dengan energi kinetik benda B adalah ...
- A. 3 : 4
 - B. 2 : 1
 - C. 3 : 2
 - D. 1 : 1
 - E. 2 : 3
13. Sebuah batu kecil dilemparkan ke atas dan mendarat di sebuah papan yang terletak 2 m di atas titik pelemparan. Jika kecepatan awal batu dilempar ke atas adalah 7 m/s, maka kecepatan batu ketika mengenai sasaran adalah (*hint: arah ke atas adalah positif*)
- A. -3 m/s
 - B. -2 m/s
 - C. 0 m/s
 - D. 3 m/s
 - E. 3,5 m/s
14. Sebuah bola massanya 2 kg mula-mula diam, kemudian meluncur ke bawah pada bidang miring dengan sudut kemiringan bidang 30° dan panjangnya 10 m. Selama bergerak bola mengalami gaya gesekan 2 N. Kecepatan bola saat sampai pada dasar bidang miring adalah
- A. $3\sqrt{5}$ m/s
 - B. $4\sqrt{5}$ m/s
 - C. $5\sqrt{5}$ m/s
 - D. $6\sqrt{5}$ m/s
 - E. $7\sqrt{5}$ m/s

- 
15. Sebuah batu bata bermassa m diangkat sampai mencapai ketinggian h dan kemudian dijatuhkan ke tanah. Batu bata kedua bermassa $2m$ diangkat sampai ketinggian $2h$ dan kemudian dijatuhkan ke tanah. Perbandingan energi kinetik m saat tiba di tanah dengan energi kinetik $2m$ saat tiba di tanah $\left(\frac{\text{energi kinetik } m \text{ saat tiba di tanah}}{\text{energi kinetik } 2m \text{ saat tiba di tanah}} \right)$ adalah

- A. $\frac{1}{4}$
- B. $\frac{1}{2}$
- C. 1
- D. 2
- E. 3



Daftar Pustaka

- Giancoli, D. C. (2014). *Fisika: prinsip dan aplikasi (ed. 7)*. Jakarta: Erlangga.
- Halliday, D., & Resnick, R. (1978). *Fisika edisi ke 3: jilid 1*. Jakarta Pusat: Erlangga.
- Handayani, S., & Damari, A. (2009). *Fisika 2: Untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Haryadi, B. (2009). *Fisika: Untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Kanginan, M. (2016). *Fisika untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Erlangga.
- Kanginan, M. (2017). *Master book of physics jilid 1 untuk SMA-MA/SMK-MAK*. Bandung: Yrama Widya.
- Novel, S. S. (Jakarta). *Strategi cerdas bank soal fisika sma kelas x, xi, xii*. 2017: PT Grasindo.
- Nurachmandani, S. (2009). *Fisika 2: Untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Nurani, D., & Abadi, R. (2016). *Fisika X semester 2: peminatan matematika dan ilmu-ilmu alam*. Klaten: PT Intan Pariwara.
- SMA - Usaha dan Energi. (2018). Diambil kembali dari Fisika Study Center: <http://fisikastudycenter.com/bank-soal-semester/262-sma-usaha-dan-energi>
- Suharyanto, & Karyono. (2009). *Fisika: untuk SMA dan MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Surya, Y. (2009). *Mekanika dan Fluida Buku 1*. Tangerang: PT Kandel.
- UN Fisika Usaha dan Energi. (2018). Diambil kembali dari Fisika Study Center: <http://fisikastudycenter.com/bank-soal-un-fisika-sma/200-un-fisika-usaha-dan-energi>
- Usaha Energi. (2018). Diambil kembali dari Fisika Study Center: <http://fisikastudycenter.com/fisika-xi-sma/35-usaha-energi>
- Wahyono, B. (2018). *Modul pengayaan peminatan fisika untuk SMA/MA semester 2*. Surakarta: Putra Nugraha.
- Widodo, T. (2009). *Fisika: untuk SMA dan MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Zaelani, A., Cunayah, C., & Irawan, E. I. (2006). *1700 bank soal bimbingan pemantapan fisika*. Bandung: Yrama Widya.