

TOPIK: ENERGI DAN TRANSFER ENERGI

SOAL-SOAL KONSEP:

- 1 Ketika sebuah partikel berotasi (berputar terhadap suatu sumbu putar tertentu) dalam suatu lingkaran, sebuah gaya bekerja padanya mengarah menuju pusat rotasi. Mengapa gaya demikian tidak melakukan kerja pada partikel tersebut?

JAWAB:

Karena gaya tersebut tegak lurus terhadap perpindahan, sehingga $F \cdot \Delta r = 0$.

- 2 Ketika sebuah pendulum sederhana berayun ke depan dan ke belakang, gaya yang bekerja pada beban yang tergantung pada tali adalah gaya gravitasi, gaya tegang tali, dan hambatan udara. (a) Yang manakah dari gaya-gaya tersebut, jika ada, tidak melakukan kerja pada pendulum itu? (b) Yang manakah dari gaya-gaya tersebut yang melakukan kerja/usaha negatif selama pendulum itu bergerak? (c) Jelaskanlah kerja yang dilakukan oleh gaya gravitasi selama pendulum (bandul) itu berayun!

JAWAB:

- (a) Gaya tegang tali (*Tension*)
- (b) Hambatan udara
- (c) Positif dalam meningkatnya kecepatan ketika berayun ke bawah. Negatif dalam berkurangnya kecepatan ketika berayun ke atas.

- 3 Mobilku mempunyai massa dua kali mobil Anda. Apabila masing-masing mobil kita bergerak sehingga pada suatu saat mempunyai kelajuan yang sama, mobil manakah yang mempunyai energi kinetik lebih besar? Berapakah perbandingan energi kinetik mobilku dan mobilmu?

JAWAB:

Energi kinetik proporsional/sebanding dengan massa. Mobilku mempunyai energi kinetik lebih besar, perbandingannya 2 kali energi kinetik mobil Anda.

- 4 Energi kinetik suatu benda bergantung pada kerangka acuan/referensi yang mana gerakannya diukur. Berikanlah sebuah contoh untuk menjelaskan konsep ini!

JAWAB:

Contohnya seperti ini. Ketika Anda sedang berada di dalam kereta bawah tanah yang sedang bergerak (sayangnya di negara kita belum ada!), sebuah tas yang berada diam persis di bawah lututmu tidak mempunyai energi kinetik ketika Anda yang mengukurnya, karena menurutmu tas tersebut tidak bergerak terhadap Anda. Dalam kerangka acuan dari seseorang lain yang berada diam di seberang rel ketika kereta sedang bergerak, tas itu bergerak dan mempunyai massa, dan mempunyai energi kinetik.

SOAL HITUNGAN:

- 5 Tarzan, yang massanya 80,0 kg, sedang bergelantungan pada ujung bebas sebuah tali yang panjangnya 12 meter, sedangkan ujung tali yang lain terikat pada sebuah cabang pohon di atasnya. Ia mampu menjangkau tali itu dalam gerakan seperti yang hanya dia tahu bagaimana melakukannya. Saat itu sudut yang dibentuk tali terhadap garis vertikal adalah 60° , yang mana dengan posisi ini ia dapat bermanuver untuk menjangkau pohon yang lain. Berapa besar kerja/usaha yang dilakukan oleh gaya gravitasi terhadap Tarzan dalam manuvernya itu?

JAWAB:

Gaya gravitasi Tarzan adalah $mg = (80\text{ kg})(9,8\text{ m/s}^2) = 784\text{ N}$.

Arah gayanya ke bawah.

Hanya perpindahan vertikal yang berkontribusi pada usaha yang dilakukan oleh gaya gravitasi.

Koordinat-y mula-mula, di bawah dahan pohon, adalah -12 m .

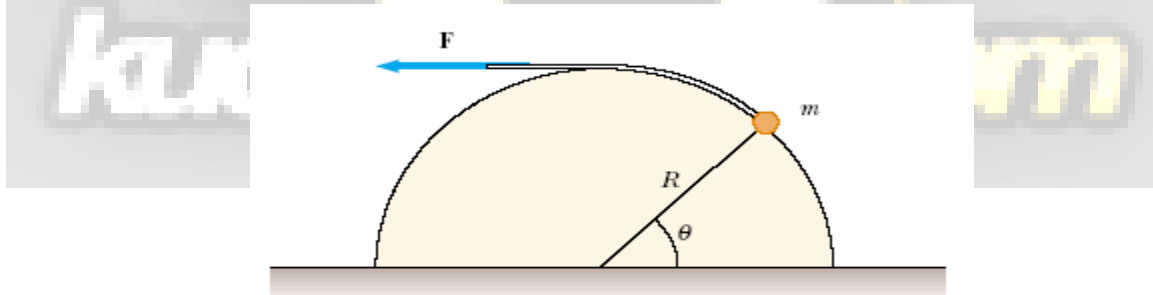
Koordinat-y akhir adalah $(-12\text{ m})\cos 60^\circ = -6\text{ m}$.

Perubahan ketinggiannya $-6\text{ m} - (-12\text{ m}) = 6\text{ m}$.

Usaha yang dilakukan oleh gaya gravitasi adalah

$$W = F\Delta r \cos \theta = (784\text{ N})\cos 180^\circ = -4,70\text{ kJ}.$$

- 6 Ada sebuah partikel bermassa m ditarik menuju puncak $\frac{1}{2}$ silinder licin berjari-jari R melalui sebuah tali yang melewati puncak silinder itu, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar berikut.



- (a) Jika partikel itu bergerak dengan kelajuan konstan, tunjukkanlah bahwa $F = mg \cos \theta$. (Catatan: Jika partikel itu bergerak dengan kelajuan konstan, komponen percepatannya yang menyinggung silinder haruslah nol.) (b) Dengan mengintegrasikan secara langsung $W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r}$, carilah usaha yang dilakukan dalam menggerakkan partikel pada kelajuan konstan dari dasar ke puncak $\frac{1}{2}$ silinder itu.

JAWAB:

$$\sum F_x = ma_x,$$

$$F - mg \cos \theta$$

$$F = mg \cos \theta$$

(a) Berat benda membentuk sudut θ terhadap bagian negatif dari sumbu x, ketika kita mengambil sumbu-x dalam arah gerakan tegak lurus permukaan silinder.

$$\sum F_x = ma_x$$

$$F - mg \cos \theta = 0$$

$$F = mg \cos \theta$$

$$(b) W = \int_i^f F \cdot dt$$

elemen perpindahan, $dr = R d\theta$:

$$W = \int_0^{\pi/2} mg \cos \theta R d\theta - mgR \sin \theta \Big|_0^{\pi/2}$$

$$W = mgR(1-0) = mgR$$

7. Seno sedang berada pada sebuah eskalator yang sedang bergerak naik ke lantai 3 di sebuah mall, seperti ditunjukkan pada gambar.



Tangga berjalan itu akan membawanya dengan komponen kecepatan arah vertikal, v . Tinggi eskalator itu adalah h . Akan tetapi, sementara eskalator itu bergerak, Seno berusaha berlari dengan kelajuan n langkah per detik. Asumsikan bahwa tinggi setiap anak tangga adalah h_s . (a) Tentukanlah jumlah energi kimia yang diubah

menjadi energi mekanis oleh otot-otot kaki Seno selama ia bergerak naik pada escalator itu, dan massanya adalah m . (b) Tentukanlah kerja yang dilakukan motor escalator pada Seno!

JAWAB:

(a) Usaha yang dilakukan Seno adalah $mgh_s N$ di mana N jumlah anak tangga escalator.

$$N = (\text{waktu tempuh pada escalator})(n)$$

$$\text{di mana (waktu tempuh pd escalator)} = \frac{h}{\text{kecepatan vertikal Seno}}$$

$$\text{dan kecepatan vertikal Seno} = v + nh_s$$

$$\text{Maka, } N = \frac{nh}{v + nh_s}$$

$$\text{dan usaha yang dilakukan oleh Seno menjadi } W_{\text{Seno}} = \frac{mgnh_s}{v + nh_s}$$

(b) Usaha yang dilakukan oleh escalator adalah

$$W_e = (\text{daya})(\text{waktu tempuh}) = [(\text{gaya yang dikerjakan})(\text{kelajuan})(\text{waktu tempuh})] = mgvt$$

$$\text{di mana } t = \frac{h}{v + nh_s} \text{ seperti di atas.}$$

$$\text{Jadi, } W_e = \frac{mgvh}{v + nh_s}$$

Untuk menguji hasil, usaha total yang dilakukan oleh Seno harus ditambahkan ke mgh_s , usaha yang akan elevator itu kerjakan pada Seno:

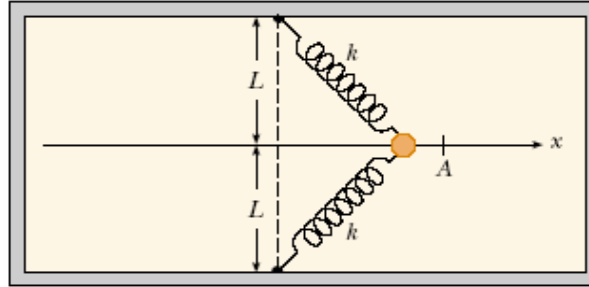
$$\sum W = W_{\text{Seno}} + W_e = \frac{mgnh_s}{v + nh_s} + \frac{mgvh}{v + nh_s} = \frac{mgh(nh_s + v)}{v + nh_s} = mgh$$

8 Sebuah partikel diletakkan di antara dua buah pegas identik di atas sebuah permukaan meja mendatar dan licin. Dua pegas itu mempunyai konstanta pegas k yang sama dan mula-mula dalam keadaan tidak tertekan (dalam keadaan normal).

(a) Jika partikel itu ditarik sebesar x sepanjang arah yang tegak lurus terhadap posisi awal pegas-pegas itu, seperti dalam gambar, tunjukkanlah bahwa gaya yang dikerjakan oleh pegas pada partikel itu adalah

$$\vec{F} = -2kx \left(1 - \frac{L}{\sqrt{x^2 + L^2}} \right) \hat{i}$$

(b) Tentukanlah usaha/kerja yang dilakukan oleh gaya tersebut dalam menggerakkan partikel itu dari $x = A$ menuju $x = 0$.



JAWAB:

(a) panjang setiap pegas adalah $\sqrt{x^2 + L^2}$, sehingga pertambahan panjang adalah $\sqrt{x^2 + L^2} - L$ dan gaya yang bekerja padanya adalah $k(\sqrt{x^2 + L^2} - L)$ menuju ujung pegas yang terikat. Komponen y dari dua pegas itu saling meniadakan. Komponen x menjadi:

$$\vec{F} = -2\hat{i}k(\sqrt{x^2 + L^2} - L)\frac{x}{\sqrt{x^2 + L^2}} = -2kx\hat{i}\left(1 - \frac{L}{\sqrt{x^2 + L^2}}\right).$$

(b) $W = \int_i^f F_x dx$

$$W = \int_A^0 -2kx\left(1 - \frac{L}{\sqrt{x^2 + L^2}}\right) dx$$

$$W = -2k \int_A^0 x dx + kL \int_A^0 (x^2 + L^2)^{-1/2} 2x dx$$

$$W = -2k \frac{x^2}{2} \Big|_A^0 + kL \frac{(x^2 + L^2)^{1/2}}{(1/2)} \Big|_A^0$$

$$W = -0 + kA^2 + 2kL^2 - 2kL\sqrt{A^2 + L^2}$$

$$W = 2kL^2 + kA^2 - 2kL\sqrt{A^2 + L^2}$$

- 9 Ardo sedang iseng dan mengamati traktor sawah ayahnya yang bergerak di ladang belakang rumahnya. Ia mengasumsikan traktor itu bergerak sepanjang sumbu x dari titik $x = 12,8 \text{ meter}$ ke $x = 23,7 \text{ meter}$. Rupanya Ardo yang cerdas ini menghitung dan memperkirakan gerakan traktor itu dipengaruhi oleh gaya yang dinyatakan

secara matematis sebagai $F = \frac{375}{x^3 + 3,75x}$ di mana F dalam Newton dan x dalam

meter. Dengan menggunakan integrasi numerik, tentukanlah usaha total yang dilakukan oleh gaya tersebut pada traktor selama perpindahannya itu. (Catatan: Anggap traktor sebagai partikel. Jawabanmu haruslah akurat sampai 20%.)

JAWAB:

kita mengevaluasi bentuk integral: $\int_{12,8}^{23,7} \frac{375 \, dx}{x^3 + 3,75x}$ dengan menghitung

$$\frac{375(0,100)}{(12,8)^3 + 3,75(12,8)} + \frac{375(0,100)}{(12,9)^3 + 3,75(12,9)} + \dots + \frac{375(0,100)}{(23,6)^3 + 3,75(23,6)} = 0,806$$

dan

$$\frac{375(0,100)}{(12,9)^3 + 3,75(12,9)} + \frac{375(0,100)}{(13,0)^3 + 3,75(13,0)} + \dots + \frac{375(0,100)}{(23,7)^3 + 3,75(23,7)} = 0,791.$$

Jawaban haruslah berada di antara dua nilai ini.

Kita mungkin menemukan dengan lebih akurat seandainya Δx lebih kecil dari 0,100.

Jadi, kita mendapatkan bahwa integral tersebut bernilai 0,799 Nm.



- 10 *Windmill*, seperti gambar di atas, berputar karena merespon gaya yang timbul akibat adanya hembusan angin berkelajuan tinggi, $R = \frac{1}{2} D \rho A v^2$. Daya yang tersedia adalah $P = Rv = \frac{1}{2} D \rho \pi r^2 v^3$, di mana v adalah kelajuan angin dan diasumsikan jari-jari rotasi *windmill* adalah r . Diketahui *drag* koefisien, $D = 1,00$ dan kerapatan udara, $\rho = 1,20 \text{ kg/m}^3$ (diukur pada 20°C dan 1 atm). Untuk $r = 1,50$ meter, hitunglah daya yang tersedia jika (a) $v = 8,00 \text{ m/s}$ dan (b) $v = 24,0 \text{ m/s}$. Daya yang dipindahkan ke generator dibatasi oleh efisiensi sistem itu, yang mana kira-kira 25%. Sebagai perbandingan, daya listrik yang diperlukan untuk sebuah rumah tangga adalah 3 kW.

JAWAB:

$$\rho = \frac{1}{2} D \rho \pi r^2 v^3$$

$$(a) \rho_a = \frac{1}{2} (1,20 \text{ kg/m}^3) \pi (1,5 \text{ m})^2 (8 \text{ m/s})^3 = 2,17 \times 10^3 \text{ W.}$$

$$(b) \frac{\rho_b}{\rho_a} = \frac{v_b^3}{v_a^3} = \left(\frac{24 \text{ m/s}}{8 \text{ m/s}} \right)^3 = 3^3 = 27$$

$$\rho_b = 27 (2,17 \times 10^3 \text{ W}) = 5,86 \times 10^4 \text{ W.}$$

- 11 Sebuah mobil bermassa 900 kg mempunyai efisiensi mesin motor 15%. (Artinya, 15% dari energi yang disediakan oleh bahan bakar diberikan ke roda-roda mobil itu.)
 (a) Jika pembakaran 1 gallon bensin menyediakan 1,34 J energi, hitunglah jumlah bensin yang digunakan untuk mempercepat mobil dari keadaan diam sampai 55,0 mil/jam (Nyatakan dalam liter atau gallon). Di sini, abaikanlah hambatan udara dan efek gesekan antara roda dan permukaan jalan. (b) berapakah percepatan yang dihasilkan untuk 1 gallon bensin itu? (c) Dari indikator penggunaan bensin yang ada pada mobil itu, untuk kelajuan 55 mil/jam skala menunjukkan 38,0 mil/gallon. Berapa daya yang diberikan ke roda-roda mobil (untuk mengatasi efek gesekan dengan permukaan jalan) ketika mobil bergerak dengan kelajuan 55 mil/jam?

JAWAB:

$$(a) \text{bahan bakar yang diperlukan} = \frac{\frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2}{\text{energi yang dipakai per gallon}}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} m v_f^2 - 0}{\text{efisiensi} \times \text{energi bahan bakar}}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} (900 \text{ kg}) (24,6 \text{ m/s})^2}{(0,150) (1,34 \times 10^8 \text{ J/gallon})} = 1,35 \times 10^{-2} \text{ gallon.}$$

(b) 73,8.

$$(c) \text{daya} = \left(\frac{1 \text{ gallon}}{38,0 \text{ mil}} \right) \left(\frac{55,0 \text{ mil}}{1,00 \text{ jam}} \right) \left(\frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ detik}} \right) \left(\frac{1,34 \times 10^8 \text{ J}}{1 \text{ gallon}} \right) (0,150) = 8,08 \text{ kW}$$