

Usaha dan energi: Contoh soal (tutorial)

Sparisoma Viridi

Nuclear Physics and Biophysics Research Division

Department of Physics, Institut Teknologi Bandung, Bandung 40132, Indonesia

20220921-v2 | <https://doi.org/10.5281/zenodo.7098238>

Kerangka

- Topik, Subtopik, Capaian Belajar 3
- Soal tutorial 2020-1 7
- Soal tutorial 2022-1 14
- Diskusi 22

Topik, Subtopik, Capaian Belajar

Topik dan subtopik

Topik

Usaha dan Energi

Subtopik

Definisi usaha, Energi kinetik, dan Teorema usaha-energi kinetik. Energi potensial. Gaya konservatif. Hukum kekekalan energi. Gaya tak konservatif.

Harry Mahardika (Koord.), "Satuan Acara Perkuliahan Matakuliah Fisika Dasar IA (FI – 1101) Semester I 2022-2023", Prodi Sarjana Fisika, FMIPA, ITB, 18 Aug 2022, url https://cdn-edunex.itb.ac.id/39012-Elementary-Physics-IA/106799-W01-Kinematika-Benda-Titik/46817-Kampus-SAP-Review/1661119628985_SAP-FIDAS-1A-2022-2023-ver-180822.pdf [20220824]

Tujuan Instruksional Khusus

- Kemampuan menyelesaikan persoalan mekanika dengan konsep usaha-energi kinetik.
- Pemahaman hubungan gaya konservatif, energi potensial dan hukum kekekalan energi kinetik.
- Pemahaman penggunaan konsep kekekalan energi mekanik jika gaya tak konservatif ikut terlibat.

Pustaka utama

7 Kinetic Energy and Work 125

7-1 Kinetic Energy 125

7-2 Work and Kinetic Energy 127

7-3 Work Done By The Gravitational Force 131

7-4 Work Done By a Spring Force 135

7-5 Work Done By a General Variable Force 138

7-6 Power 142

Review & Summary 144 Problems 145

8 Potential Energy and Conservation of Energy 150

8-1 Potential Energy 150

8-2 Conservation of Mechanical Energy 157

8-3 Reading a Potential Energy Curve 160

8-4 Work Done On a System by An External Force 164

8-5 Conservation of Energy 168

Review & Summary 172 Problems 173

David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker, "Halliday and Resnick's Principles of Physics, 11th Edition, Global Edition", Wiley, Jan 2020, url <https://www.wiley.com/en-gb/Halliday+and+Resnick's+Principles+of+Physics,+11th+Edition,+Global+Edition-p-9781119454014#content-section> [20220918].

Soal tutorial 2020-1

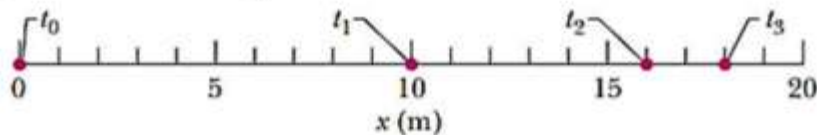
A. PERTANYAAN

1. Apakah energi kinetik dapat bernilai negatif? Jelaskan.
2. Peluru pertama memiliki massa dua kali dari peluru kedua. Jika keduanya ditembakkan dengan kecepatan yang sama, manakah yang memiliki energi kinetik lebih besar? Berapa perbandingan energi kinetik dari kedua peluru tersebut?
3. Jika kecepatan sebuah partikel diperbesar dua kali, (a) bagaimana dengan nilai energi kinetiknya? (b) bagaimana dengan kecepatan partikel jika total kerja yang dilakukan adalah nol?
4. Ketika sebuah partikel bergerak melingkar, gaya yang bekerja padanya diarahkan ke pusat rotasi. Mengapa gaya tersebut tidak memberikan kerja (W) pada partikel?
5. Ketika seorang pemain sepak bola menendang bola, apakah dia melakukan kerja kepada bola saat kakinya mengenai bola tersebut? Apakah dia melakukan kerja saat bola sudah tidak menyentuhnya lagi? Adakah kerja yang diberikan kepada bola saat bola tersebut saat melayang di udara?

Harry Mahardika (Koord.), "Modul Tutorial 3 Fisika Dasar IA (FI-1101) Semester 1 Tahun Akademik 2020-2021", Prodi Sarjana Fisika, FMIPA, ITB, 2020, url <https://drive.google.com/file/d/10iyXqDXRKf129K4KlpyiR3XvJ942rF8l/view> [20220921]

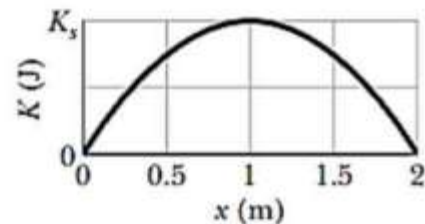
B. SOAL

1. Sebuah bola kecil dengan massa $1,8 \times 10^{-2}$ kg bergerak di sepanjang kawat pada arah x -positif. Pada $t = 0$ bola melewati titik $x = 0$ dengan kecepatan 12 m/s dan gaya yang bekerja pada bola tersebut konstan. Gambar di bawah memperlihatkan posisi bola pada waktu: $t_0 = 0$, $t_1 = 1,0$ detik, $t_2 = 2,0$ detik, dan $t_3 = 3,0$ detik. Bola tersebut berhenti sementara pada $t = 3,0$ detik. Berapakah energi kinetik bola kecil pada $t = 10$ detik?

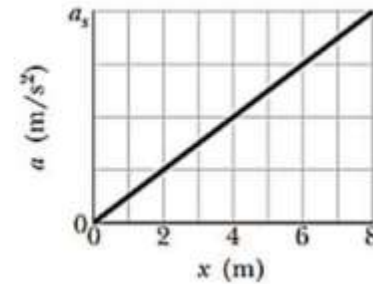


2. Gaya sebesar 12,0 N dengan orientasi tetap bekerja pada partikel yang bergerak dengan vektor perpindahan $d = (2,00 \hat{i} - 4,00 \hat{j} + 3,00 \hat{k})$ m. Berapakah sudut antara gaya dan perpindahan partikel jika perubahan energi kinetik partikel sebesar: (a) +30,0 J dan (b) -30,0 J?
3. Sekelompok tim penyelamat mengangkat dan mengeluarkan penyusur gua yang terluka dari suatu lubang pembuangan menggunakan kabel berpenggerak motor. Pengangkatan dilakukan dalam 3 tahap, setiap tahap dilakukan dengan perpindahan 10,0 m; (a) diawali dengan diangkatnya penyusur gua tersebut dengan kecepatan 5,00 m/s (terdapat percepatan); (b) selanjutnya dia diangkat dengan kecepatan konstan sebesar 5,00 m/s; (c) diakhiri dengan perlambatan hingga mencapai kecepatan nol. Berapa usaha (W) yang dilakukan oleh tim penyelamat pada penyusur gua yang memiliki massa 80,0 kg pada tiap tahap penyelamatannya?

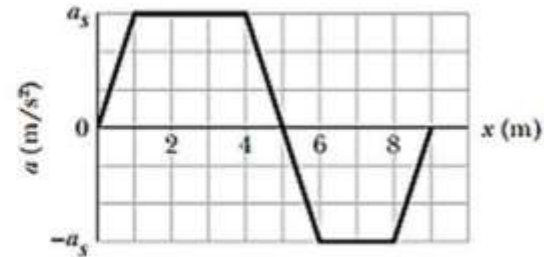
3. Sekelompok tim penyelamat mengangkat dan mengeluarkan penyusur gua yang terluka dari suatu lubang pembuangan menggunakan kabel berpenggerak motor. Pengangkatan dilakukan dalam 3 tahap, setiap tahap dilakukan dengan perpindahan 10,0 m; (a) diawali dengan diangkatnya penyusur gua tersebut dengan kecepatan 5,00 m/s (terdapat percepatan); (b) selanjutnya dia diangkat dengan kecepatan konstan sebesar 5,00 m/s; (c) diakhiri dengan perlambatan hingga mencapai kecepatan nol. Berapa usaha (W) yang dilakukan oleh tim penyelamat pada penyusur gua yang memiliki massa 80,0 kg pada tiap tahap penyelamatannya?
4. Balok bermassa m terletak secara horizontal pada permukaan licin dan terikat oleh suatu pegas (dengan konstanta pegas k). Pada awalnya balok dan pegas tersebut berada pada keadaan tak teregang ($x = 0$) saat suatu gaya F diberikan pada arah x -positif. Plot grafik energi kinetik terhadap posisi balok ditunjukkan pada gambar di samping. Skala yang ditunjukkan pada sumbu vertikal adalah $K_s = 4,0$ J. (a) Berapa besar gaya F ? (b) Berapa nilai dari k ?



5. Bata 10 kg berpindah sepanjang sumbu x . Percepatan bata sebagai fungsi dari posisi tergambar pada gambar di samping. Nilai skala yang ditunjukkan pada sumbu vertikal adalah $a_s = 20,0 \text{ m/s}^2$. Berapa kerja yang diberikan kepada bata karena adanya percepatan selama bata berpindah dari $x = 0 \text{ m}$ ke $x = 8,0 \text{ m}$?



6. Gambar di samping menyajikan data percepatan dari partikel bermassa $2,00 \text{ kg}$ yang diberikan gaya \vec{F}_a sepanjang sumbu x dari $x = 0$ ke $x = 9,0 \text{ m}$. Nilai skala dari sumbu vertikal adalah $a_s = 6,0 \text{ m/s}^2$. Berapa kerja yang diberikan kepada partikel ketika mencapai (a) $x = 4,0 \text{ m}$, (b) $x = 7,0 \text{ m}$, dan (c) $x = 9,0 \text{ m}$? Berapa kecepatan dan arah jalan partikel saat posisi mencapai (d) $x = 4,0 \text{ m}$, (e) $x = 7,0 \text{ m}$, dan (f) $x = 9,0 \text{ m}$?



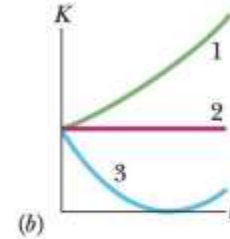
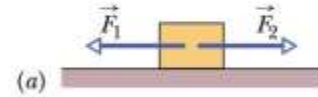
7. Sebuah papan meluncur pada permukaan licin secara horizontal dan salah satu ujung terikat pada sebuah pegas ($k = 500 \text{ N/m}$) sementara ujung lain dibuat tetap. Papan tersebut memiliki energi kinetik 10 J saat papan tersebut melewati posisi kesetimbangan (posisi dimana gaya pegas bernilai nol).
- Berapa kecepatan yang diberikan pegas saat papan melewati posisi kesetimbangannya?
 - Berapa kecepatan yang diberikan pegas saat terkompres sejauh $0,1 \text{ m}$ dan papan akan bergerak menjauhi posisi kesetimbangannya?
8. Pada saat tertentu, objek seperti partikel dikenai gaya $\vec{F} = (4,0\text{N})\hat{i} - (2,0\text{N})\hat{j} + (9,0\text{N})\hat{k}$ saat kecepatan $\vec{v} = (2,0\text{m/s})\hat{i} - (4,0\text{m/s})\hat{k}$. Berapa kecepatan sesaat saat objek dikenai oleh gaya tersebut? (b) Di waktu lain, kecepatan hanya terdiri dari komponen y . Jika gaya tidak berubah dan daya sesaat adalah -12 W , berapa kecepatan objek tersebut?

9. Sebuah objek 2,0 kg dipercepat (konstan) secara horizontal hingga menghasilkan kecepatan 10 m/s dalam 3,0 s. (a) Dalam rentang 3,0 s, berapa usaha yang telah dikenai pada objek oleh gaya yang mempercepatnya? Berapa daya sesaat yang dihasilkan oleh gaya tersebut (b) di akhir rentang waktu dan (c) di akhir satu setengah bagian dari rentang waktu tersebut?
10. Seorang anak kecil yang ketakutan dipegangi oleh ibunya saat bermain seluncuran di taman. Jika gaya yang diberikan oleh ibu kepada anaknya adalah 100 N, energi kinetik naik 30 J selama sang ibu menurunkannya sepanjang 1,8 m. (a) Berapa usaha yang dikenakan kepada anak selama turun 1,8 m? (b) Jika anak tidak dikendalikan oleh ibunya, berapa kenaikan energi kinetik selama ia turun 1,8 m?

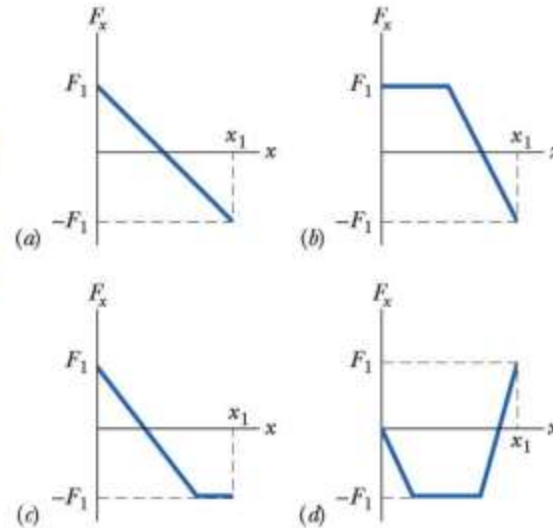
Soal tutorial 2022-1

A. PERTANYAAN

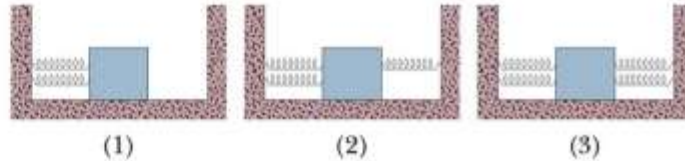
1. Pada gambar (a) diperlihatkan dua gaya horizontal yang bekerja pada sebuah balok K yang bergerak ke kanan di atas permukaan yang licin tanpa gesekan. Gambar (b) menunjukkan tiga plot dari energi kinetik balok K sebagai fungsi waktu t . Plot mana yang menunjukkan tiga situasi berikut ini: (a) $F_1 = F_2$, (b) $F_1 > F_2$, (c) $F_1 < F_2$? [Halliday ed. 10 ch. 7 question 2]



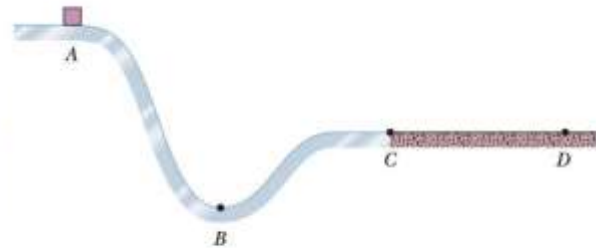
2. Grafik-grafik disamping menunjukkan komponen x dari sebuah gaya, F_x , yang bekerja pada sebuah partikel yang bergerak pada sumbu x . Urutkanlah grafik-grafik ini berdasarkan usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut terhadap partikel dari $x = 0$ ke $x = x_1$, dari usaha yang paling positif terlebih dahulu hingga usaha yang paling negatif. [Halliday ed. 10 ch. 7 question 5]



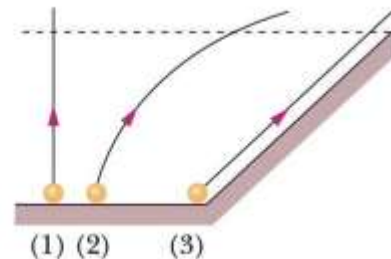
3. Berikut ini adalah tiga gambar dari sebuah balok yang dihubungkan dengan pegas-pegas yang identik yang berada pada kondisi relaksasi ketika balok berada di tengah seperti pada gambar. Urutkanlah gambar-gambar tersebut berdasarkan besar dari gaya total yang bekerja pada balok, dengan mengurutkan yang terbesar terlebih dahulu, ketika balok tersebut digeser sejauh jarak d (a) ke kanan dan (b) ke kiri. Urutkanlah gambar-gambar tersebut berdasarkan usaha yang dilakukan terhadap balok oleh gaya-gaya pegas, dengan mengurutkan yang terbesar terlebih dahulu, ketika balok tersebut digeser sejauh jarak d (c) ke kanan dan (d) ke kiri. [Halliday ed. 10 ch. 7 question 12]



4. Pada gambar disamping ini, sebuah balok meluncur dari A ke C pada sebuah lintasan yang licin tanpa gesekan, lalu balok tersebut melewati daerah horizontal CD, di mana ada gaya gesekan yang bekerja pada daerah tersebut. Energi kinetik balok bertambah, berkurang, atau konstan pada (a) daerah AB, (b) daerah BC, dan (c) daerah CD? (d) Apakah energi mekanik balok bertambah, berkurang, atau konstan pada daerah-daerah tersebut? [Halliday ed. 10 ch. 8 question 5]

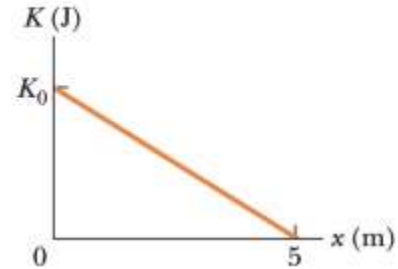


5. Gambar berikut menunjukkan tiga bola yang dilemparkan dari ketinggian yang sama dengan kelajuan yang sama. Bola pertama dilemparkan secara vertikal, bola kedua dilemparkan dengan membentuk sudut yang kecil terhadap vertikal, dan bola ketiga dilemparkan pada sebuah bidang miring licin tanpa gesekan. Urutkan ketiga bola tersebut berdasarkan kelajuannya ketika ketiganya mencapai garis putus-putus, dengan mengurutkan yang terbesar terlebih dahulu. [Halliday ed. 10 ch. 8 question 10]

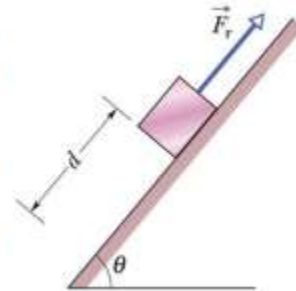


B. SOAL

1. Sebuah objek bermassa 8.0 kg bergerak ke arah sumbu x positif. Ketika objek tersebut melewati titik $x = 0$, sebuah gaya konstan yang mengarah sepanjang sumbu x dikenakan pada objek tersebut. Gambar berikut menunjukkan energi kinetik K dari objek tersebut sebagai fungsi posisi x ketika ia bergerak dari $x = 0$ ke $x = 5.0$ m; $K_0 = 40.0$ J. Gaya tersebut terus bekerja pada objek. Berapakah kecepatan v dari objek tersebut ketika ia melewati kembali titik $x = -5.0$ m? [Halliday ed. 10 ch. 7 Module 7-2 No. 16]

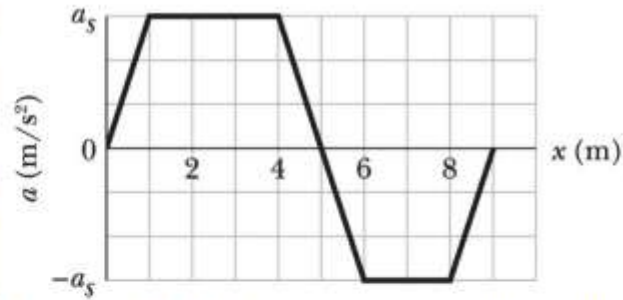


2. Pada gambar berikut, sebuah balok es meluncur pada bidang miring licin tanpa gesekan dengan sudut $\theta = 40^\circ$, sementara itu pada saat yang sama ada seseorang yang menarik balok es tersebut menggunakan tali dengan gaya \vec{F}_r yang memiliki besar 60 N dan diarahkan ke atas sejajar bidang miring. Ketika balok es tersebut meluncur sejauh jarak $d = 0.30$ m sepanjang bidang miring, energi kinetiknya bertambah sebesar 95 J. Berapa besar energi kinetiknya jika seandainya balok es tersebut tidak ditarik ke atas oleh tali? [Halliday ed. 10 ch. 7 Module 7-3 No. 19]

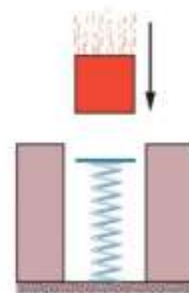


3. Satu-satunya gaya yang bekerja pada benda bermassa 3.0 kg ketika benda tersebut bergerak sepanjang sumbu x positif memiliki komponen $F_x = -9x$ N, di mana x memiliki satuan meter. Kecepatan pada $x = 5.0$ m adalah 12.0 m/s. (a) Berapa kecepatan benda tersebut pada $x = 6.0$ m? (b) Pada nilai x positif berapa benda tersebut memiliki kecepatan 8.0 m/s? [Halliday ed. 10 ch. 7 Module 7-4 No. 31]

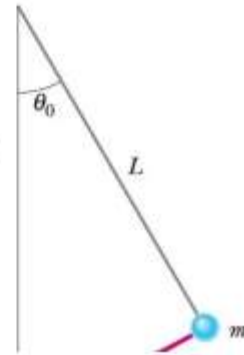
4. Grafik berikut menunjukkan percepatan dari sebuah partikel bermassa 2.00 kg ketika sebuah gaya \vec{F}_a membuat partikel yang awalnya diam ini menjadi bergerak sepanjang sumbu x dari $x = 0$ ke $x = 9.0 \text{ m}$. Skala dari sumbu vertikal ditentukan oleh nilai $a_s = 6.0 \text{ m/s}^2$. Berapa besar usaha yang diterapkan oleh gaya tersebut pada partikel ketika partikel itu mencapai titik (a) $x = 4.0 \text{ m}$, (b) $x = 7.0 \text{ m}$, dan (c) $x = 9.0 \text{ m}$? berapa kecepatan dan ke mana arah gerak partikel tersebut ketika ia mencapai titik (d) $x = 4.0 \text{ m}$, (e) $x = 7.0 \text{ m}$, dan (f) $x = 9.0 \text{ m}$? [Halliday ed. 10 ch. 7 Module 7-5 No. 37]



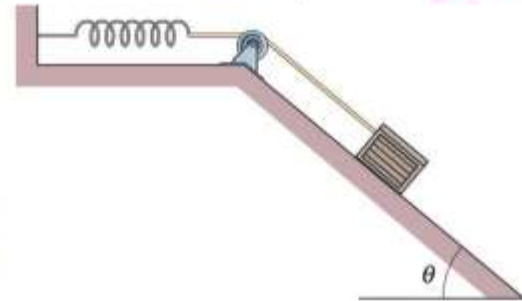
5. Pada gambar disamping, sebuah balok bermassa 400 g dijatuhkan pada sebuah pegas vertikal yang awalnya dalam keadaan rileks. Pegas tersebut memiliki nilai konstanta pegas $k = 4.5 \text{ N/cm}$. Balok lalu melekat pada pegas dan membuat pegas tertekan sejauh 10 cm sebelum kemudian berhenti sejenak. Ketika pegas tersebut tertekan, berapa usaha yang dikerjakan pada balok oleh (a) gaya gravitasi pada balok dan (b) gaya pegas? (c) Berapa kecepatan balok sesaat sebelum menumbuk pegas? (Asumsikan gaya gesekan dapat diabaikan.) (d) Jika kecepatan balok saat jatuh adalah dua kali lipat, berapa perubahan panjang pegas maksimum? [Halliday ed. 10 ch. 7 Additional Problems No. 62]



6. Gambar disamping menunjukkan sebuah pendulum dengan panjang $L = 1.50$ m. Bola pendulum tersebut (asumsikan tali pendulum tidak bermassa) memiliki kelajuan v_0 ketika tali pendulum membentuk sudut $\theta_0 = 35.0^\circ$ terhadap vertikal. (a) Berapa kelajuan bola pendulum ketika ia berada di titik terendah, jika $v_0 = 9.00$ m/s? Berapa nilai minimum yang dapat dimiliki oleh v_0 jika pendulum tersebut berayun lalu bergerak menuju (b) posisi horizontal, dan (c) posisi vertikal dengan tali pendulumnya tetap lurus? (d) Apakah jawaban untuk (b) dan (c) menjadi bertambah, berkurang, atau tetap sama jika θ_0 ditambah beberapa derajat? [Halliday ed. 10 ch. 8 Module 8-2 No. 21]



7. Sebuah balok bermassa 3.0 kg terletak pada sebuah bidang miring licin tanpa gesekan dengan sudut $\theta = 30^\circ$ dan dihubungkan menggunakan tali melalui sebuah katrol dan tali tersebut juga dihubungkan dengan sebuah pegas diujung lain yang memiliki konstanta pegas $k = 160$ N/m, sebagaimana ditunjukkan pada gambar. Balok tersebut dilepaskan dari keadaan diam ketika pegas dalam keadaan rileks. Asumsikan bahwa katrol tidak bermassa dan licin tanpa gesekan. (a) Berapa kelajuan balok ketika ia telah bergerak sepanjang 10 cm menuruni bidang miring? (b) Seberapa jauh balok tersebut bergerak menuruni bidang miring sampai ia berhenti sejenak, dan (c) berapa besar dan (d) ke mana arah (ke atas atau ke bawah sejajar bidang miring) dari percepatan balok tersebut saat ia berhenti sejenak? [Halliday ed. 10 ch. 8 Module 8-2 No. 30]



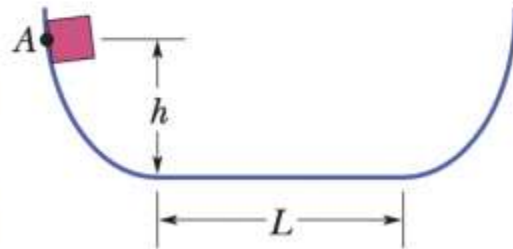
8. Diketahui energi potensial dari molekul diatomik (sebuah sistem dua-atom seperti H_2 atau O_2) diberikan oleh

$$U = \frac{A}{r^{12}} - \frac{B}{r^6}$$

di mana r adalah jarak antara dua atom pada molekul tersebut dan A dan B adalah konstanta positif. Energi potensial ini terkait dengan gaya yang mengikat kedua atom tersebut. (a) Cari jarak kesetimbangan — yaitu, jarak antara kedua atom di mana gaya pada setiap atom adalah nol. Apakah gaya di antara keduanya menjadi tolak-menolak atau tarik-menarik jika jarak di antara keduanya (b) lebih kecil dan (c) lebih besar daripada jarak kesetimbangan? [Halliday ed. 10 ch. 8 Module 8-3 No. 40]

9. Sebuah gaya horizontal sebesar 55.0 N mendorong sebuah balok dengan massa 3.00 kg di atas lantai di mana koefisien gesek kinetiknya adalah 0.550. (a) Berapa besar usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut pada sistem balok-lantai ketika balok tersebut berpindah sebesar jarak 4.00 m pada lantai? (b) Selama perpindahan tersebut, energi termal dari balok bertambah sebesar 30.0 J. Berapa pertambahan energi termal dari lantai? (c) Berapa pertambahan energi kinetik dari balok? [Halliday ed. 10 ch. 8 Module 8-4 No. 44]

10. Sebuah partikel dapat meluncur sepanjang lintasan di mana kedua sisi pinggirnya melengkung dan bagian tengahnya mendatar, seperti tampak pada gambar disamping. Bagian yang datar memiliki panjang $L = 30$ cm. Bagian yang melengkung dari lintasan tersebut licin tanpa gesekan, tetapi bagian yang datar memiliki koefisien gesek kinetik $\mu_k = 0.20$. Partikel tersebut dilepaskan dari keadaan diam pada titik A, di mana tingginya adalah $h = L/2$. Seberapa jauh dari ujung kiri bagian mendatar partikel tersebut akhirnya berhenti? [Halliday ed. 10 ch. 8 Module 8-5 No. 65]



Diskusi

Diskusi

- Mari berdiskusi 😊
- Komentar dan saran dapat disampaikan ke <https://github.com/dudung/py-jupyter-notebook/issues/6>



Terima kasih