

# Simulasi OSN Fisika 2024 Tingkat Kabupaten/Kota

8 Soal Esai - 3 Jam - 100 Poin

Tim Olimpiade Fisika Sanjose



SMAS K Santo Yoseph Denpasar

23-24 Maret 2024

## 1 SUNNY Anak yang Nakal! (9 poin)

SUNNY berada di lorong rumah yang sangat panjang dengan tinggi  $h$ . Pada saat itu, menendang sebuah bola dengan kecepatan  $v$  dengan sudut  $\varphi$  terhadap sumbu horizontal. SUNNY mencoba menendang bola ini dengan dua kali, dimana untuk tendangan pertama, bola ini akan persis menyentuh tapi tidak menumbuk plafon untuk tendangan pertama. Lalu, di tendangan kedua, SUNNY menendang bola itu dengan sangat keras, sehingga tidak sengaja menumbuk plafon. Anggap gaya gesek dari plafon dan udara non-eksisten, dan tumbukan tidak bersifat elastis sempurna.

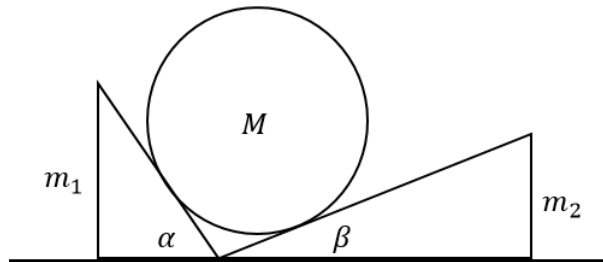


- (a) Untuk tendangan pertama, tentukan jarak yang ditempuh bola itu dalam  $v$ ,  $h$ , dan  $\varphi$ ! [3 pts]
- (b) Jika koefisien restitusi dinotasikan sebagai  $e$ , tentukan kecepatan bola sesaat setelah tumbukan! [2 pts]
- (c) Tentukan nilai dari  $\varphi$  yang dibutuhkan supaya jarak yang ditempuh bola maksimal! Anggap  $e = 1$ . [4 pts]

Pada akhirnya, MARI memarahi SUNNY karena telah menganggunya berlatih musik.

## 2 Silinder dan Dua Prisma (11 poin)

Sebuah bola pejal bermassa  $M$  dengan radius  $R$  diletakan diantara dua prisma yang saling kontak di ujungnya. Prisma yang memiliki massa  $m_1$  membentuk bidang miring, dengan kemiringan  $\alpha$  dari sumbu horizontal. Sedangkan prisma yang memiliki massa  $m_2$  membentuk bidang miring juga, tapi dengan kemiringan  $\beta$  dari sumbu horizontal. Di kedua bagian soal ini, kita anggap permukaan lantai sangat licin.

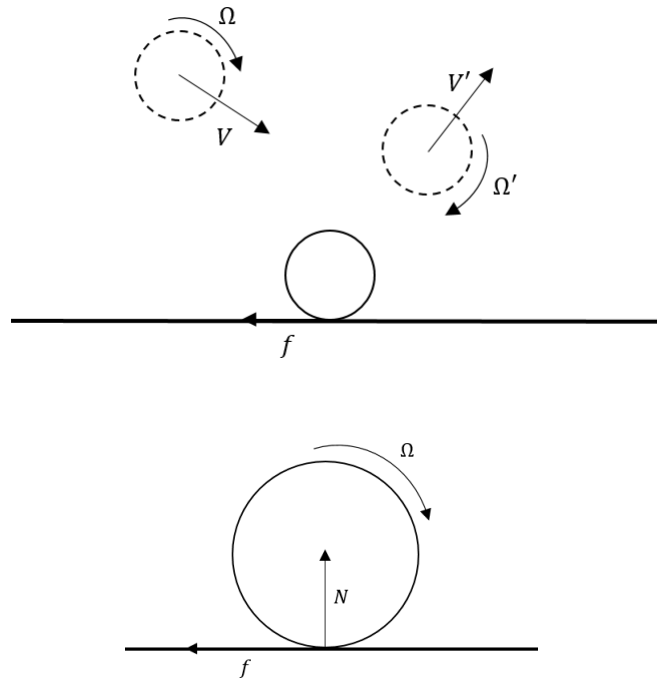


- (a) Carilah hubungan percepatan  $m_1$  dengan  $m_2$ ! [2 pts]
- (b) Jika semua permukaan licin, carilah percepatan  $m_1$ ,  $m_2$ , dan  $M$ ! [4 pts]
- (c) Jika kedua permukaan bidang miring kasar, carilah percepatan  $m_1$ ,  $m_2$ , dan  $M$ ! [5 pts]

### 3 Dinamika Bola Basket (12 poin)

Seperti hari-hari biasa di FARAWAY TOWN, KEL mengajak SUNNY untuk bermain sampai sore hari. Sore hari pun tiba, SUNNY pun pulang, begitu juga dengan KEL. Tapi KEL merasa janggal sama bola basketnya. Ia berandai-andai bagaimana cara kerja tumbukan bola basketnya pada saat menyentuh lantai yang kasar.

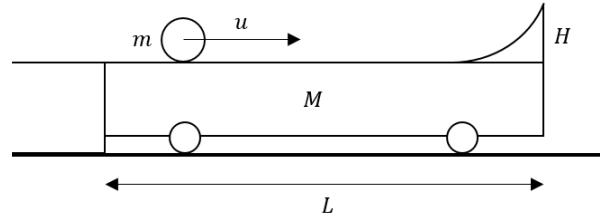
Misalkan KEL melempar sebuah bola basket dengan kecepatan  $V$ , dan kecepatan sudut  $\Omega$  dari ketinggian  $H$ . Akibat dari gaya gesek yang diakibatkan oleh gaya kontak bola terhadap lantai, gaya gesek ini menghasilkan sebuah impuls yang arahnya berlawanan dengan kecepatan bolanya. Akibat dari ini juga, kecepatannya sudutnya berubah menjadi  $\Omega'$ , dimana  $\Omega' > \Omega$ . Ambil momen inersia bola basket  $I = \frac{2}{5}MR^2$ , dan asumsikan tumbukan di sumbu vertikal bersifat elastik sempurna.



- Uniknya, jika kita jatuhkan bola ini dari ketinggian yang sama tanpa kecepatan sudut,  $H$ , bola ini tidak akan memantul ke sumbu horizontal. Mengapa? [1 pts]
- Kita akan mengambil kasus dimana KEL melempar bola dari ketinggian  $H$  dengan kecepatan linear  $V$  dan kecepatan sudut  $\Omega$  dengan sudut  $\phi$  terhadap sumbu horizontal. Tulislah impuls dan kecepatan linear dan sudut akhir dari bola sesaat setelah tumbukan! [3 pts]
- Berapakah fraksi energi yang hilang? [2 pts]
- KEL melempar bola dari ketinggian  $H$  dengan kecepatan linear  $V$  dan kecepatan sudut  $\Omega$  dengan arah horizontal. Berapakah ketinggian yang diraih setelah tumbukan? [2 pts]
- Setelah berberapa kali tumbukan, bola basket KEL akhirnya berhenti bergerak. Berapakah jarak yang ditempuh bola itu? [4 pts]

#### 4 "Ikut donk!" (12 poin)

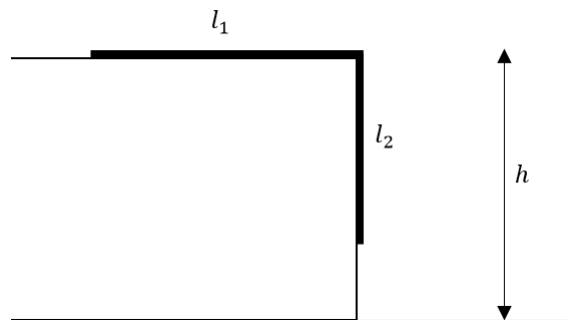
Sebuah partikel bermassa  $m$  memiliki kecepatan  $u$ , bergerak menuju sebuah kereta yang memiliki massa  $M$  dan panjang  $L$ . Kereta ini memiliki sebuah tanjakan yang tingginya  $H$ , yang juga tidak membentuk sudut  $90^\circ$ . Pada awalnya, sistem bola dan sistem kereta dapat dipisah. Lalu setelah beberapa saat, partikel akan terpental vertikal relatif terhadap kereta.



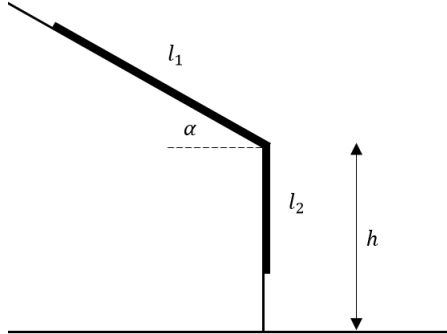
- Tentukan nilai minimal  $u$  supaya tidak dapat terpental terhadap kereta! [3 pts]
- Tentukan waktu yang dibutuhkan partikel dari saat terpental sampai mendarat ke kereta itu lagi! [4 pts]
- Setelah mendarat, partikel akan bergerak ke arah negatif, lalu jatuh dari kereta. Berapakah perubahan kecepatan kereta sebelum dan setelah partikel jatuh? [5 pts]

#### 5 Tali Meluncur Bebas (10 poin)

- Sebuah tali yang memiliki panjang  $l = l_1 + l_2$  diletakkan di sebuah meja datar yang licin. Diketahui rapat panjang dari tali ini adalah  $\rho$ , dan hanya gaya gravitasi yang membuat tali ini terjun bebas. Sesaat setelah tali diletakkan di meja licin, tali pun dilepas dan gerak bebas. Untuk soal ini, ambil ketinggian meja terhadap tanah  $h > l_1 + l_2$ . Tentukan kecepatan tali pada saat tali sudah menyentuh tanah. [4 pts.]

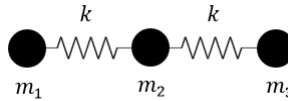


- (b) Sebuah tali yang memiliki panjang  $l = l_1 + l_2$  diletakkan di sebuah meja licin yang miring, dengan kemiringannya  $\alpha$  terhadap humbu horizontal. Diketahui rapat panjang dari tali ini adalah  $\rho$ , dan hanya gaya gravitasi yang membuat tali ini terjun bebas. Sesaat setelah tali diletakkan di meja licin, tali pun dilepas dan gerak bebas. Untuk soal ini, ambil ketinggian terhadap tanah ialah  $h > l_1 + l_2$ , sesuai dengan gambar. Tentukan kecepatan tali pada saat tali sudah menyentuh tanah. [6 pts.]

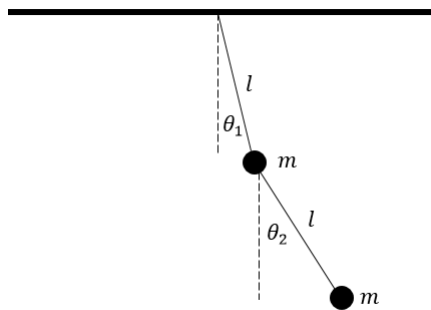


## 6 Osilasi Terkopel (15 poin)

- (a) Tiga buah partikel dengan massa  $m_1$ ,  $m_2$  dan  $m_3$  diikat dengan dua buah pegas yang memiliki konstanta pegas yang sama, yaitu  $k$ . Konfigurasi bendanya bisa dilihat digambar dibawah ini. Suatu saat, ketiga partikel ini disimpangkan. Tentukan periode osilasi untuk setiap partikel itu untuk simpangan kecil! [7 pts.]

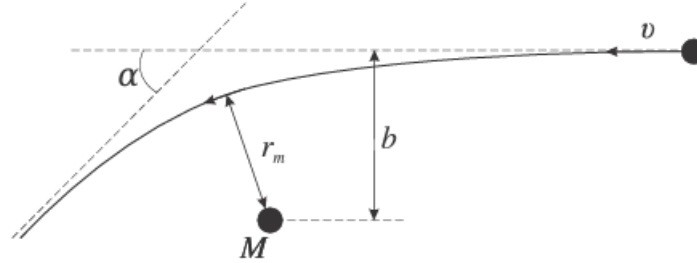


- (b) Sebuah bandul dengan panjang  $l$  dan massa  $m$  diikatkan dengan sebuah bandul yang sama. Pasangan bandul itupun diikatkan dengan sebuah plafon yang datar. Dari keadaan diam, bandul diatas disimpangkan dengan sudut  $\theta_1$ , dan bandul yang dibawah disimpangkan dengan sudut  $\theta_2$ . Anggap  $\theta_1, \theta_2 \ll 1$  tentukan periode osilasi untuk setiap bandul! [8 pts.]



## 7 Mekanika Orbit Hiperbola (15 poin)

Di dalam Mekanika Benda Langit, ada 4 jenis orbit yang kita ketahui, yaitu lingkaran jika  $F_s = F_g$ , elips jika  $T + U < 0$ , parabola jika  $T + U = 0$  (yang artinya kecepatan objek di orbit parabola selalu sama dengan  $v_{esc}$ ), dan hiperbola jika  $T + U > 0$ . Untuk soal ini, kita hanya akan membahas mekanika benda langit dalam orbit hiperbola.



Kita definisikan  $\alpha$  sebagai sudut defleksi atau sudut pembelokan,  $r_m$  adalah apsis - jarak terdekat antar dua partikel, dan  $b$ , parameter tumbukan.

- (a) Misalkan sebuah partikel yang memiliki massa  $m$  meluncur dengan kecepatan  $v$  seperti di gambar atas. Energi potensial gravitasi dari  $m$  akan bertambah seiring mendekati  $M$  yang diam. Buktikan bahwa

$$U = -\frac{GMm}{r}$$

Ambil  $r$  sebagai jarak dari  $m$  terhadap  $M$ . [2 pts]

- (b) Buktikan bahwa sudut defleksi dapat diespreksikan dengan [3 pts]

$$\alpha = 2 \cot^{-1} \left( \frac{v^2 b}{GM} \right)$$

- (c) Kita pergi ke dunia elektromagnetisme sekejap. Misalkan dua buah partikel yang sama dengan muatan  $+q$  untuk massa  $m$ , dan  $+Q$  untuk massa  $M$ . Partikel yang memiliki muatan  $q$  meluncur dari  $r = \infty$  dengan kecepatan awal  $v$ . Gambarlah sketsa orbitnya dan buktikan hal yang saa di bagian (a), dan (b) masih berlaku untuk partikel-partikel yang bermuatan listrik! [5 pts]
- (d) Buatlah kasus untuk kecepatan maksimal partikel massa  $m$ , yaitu  $v$ , supaya dia dapat menumbuk induknya. Ambil radius induknya  $R_i$ ,  $b > r_i$ . [2 pts]
- (e) *Roche limit* adalah suatu batasan suatu orbit benda langit dimana benda itu masih bisa mempertahankan dirinya sendiri sebelum hancur akibat dari gaya pasang surut dari induknya. Radius dari roche limit,  $R_R$  ialah

$$R_R = 2.52 R_I \sqrt[3]{\frac{\rho_m}{\rho_M}}$$

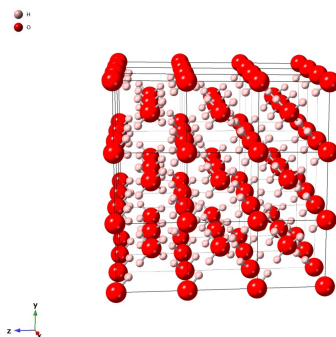
dengan  $R_P$  ialah jari jari induknya,  $\rho_m$  adalah massa jenis partikel  $m$ , dan  $\rho_M$  adalah massa jenis partikel  $M$ , asumsikan kedua partikel memiliki densitas yang seragam. Carilah nilai minimal  $v$  supaya tidak hancur karena melewati batas roche! [2 pts]

- (f) Carilah nilai  $v$  untuk  $\rho_m = 1380$  kilogram per meter kubik,  $\rho_M = 5500$  kilogram per meter kubik,  $b = 38400$  km,  $R_I = 6371$  km, dan  $M = 6 \times 10^{24}$  kg. [1 pts]

## 8 Ice 7 (16 points)

Compared to the nature of the Earth, the Universe is much more weird than you might think. One of the reasons why is that, it's because we have actually discovered an exoplanet outside of our Solar System, named Gliese 1214b, which is fully covered in Water. Unlike the Earth, which is made out of 71% water and 29% land, Gliese 1214b's surface is completely submerged in water, hundreds of kilometers deep.

We know that as we dive deeper into the depths of the sea, the pressure will become higher than it is in the surface. With enough pressure, the water could form an unique form of ice, also known as ice 7. Ice 7 can be formed from liquid water above 3 GPa (30000 atm) by lowering its temperature to room temperature, although the temperature here will not be a huge concern for this problem. Scientists hypothesize that ice 7 may comprise the ocean floor of Europa as well as exoplanets such as Gliese 1214 b that we have mentioned before.



With the change of the pressure,  $dP$ , we also have consider the change of the density of the fluid,  $d\rho$ . With that, we could use the concept of Bulk's modulus,  $B$ , where

$$B = -V \left( \frac{\partial P}{\partial V} \right)_T$$

This partial differential equation notates that we have to set  $T$  as constant (which is as we said before, not a concern). We may also define the hydrostatic pressure as

$$P = \rho gh$$

- (a) Define the change of the pressure according to the change of the depth,  $\frac{dp}{dh}$ ! [1 pts]
- (b) With the concept of conservation of mass, prove that [3 pts]

$$B = \rho \frac{dP}{d\rho}$$

- (c) The deepest trench on the Earth, Mariana trench, is around 11.7 km deep. What is the pressure and what is the density of the water at its deepest point? [4 pts]
- (d) Assume that the planet GJ 1214b is fully made out of water. What is the pressure and density of its core? Take  $R = 17470$  km, and  $M = 4.9 \times 10^{26}$  kg, and the density of water  $\rho = 1025$  kilogram for every meters cubed. [4 pts]
- (e) At what depth such that the waters here isn't pressured enough to form ice 7? [4 pts]