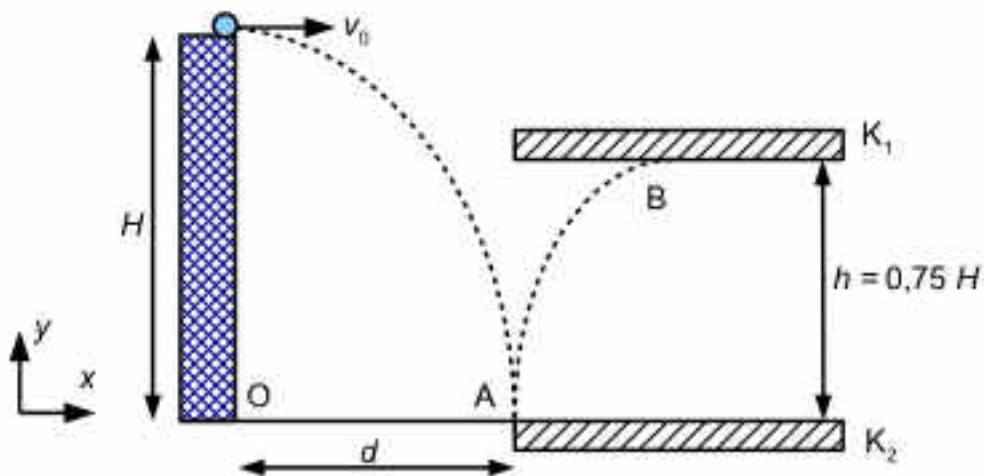
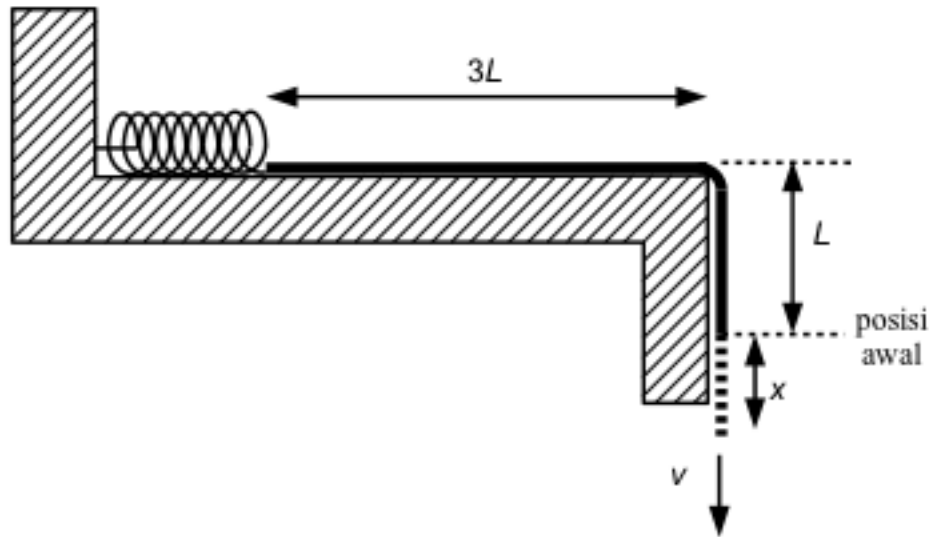


1. **(25 poin)** Sebuah bola kecil bermassa  $m$  ditembakkan dari atas sebuah tembok dengan ketinggian  $H$  (jari-jari bola  $R$  jauh lebih kecil dibandingkan dengan  $H$ ). Kecepatan awal horizontal bola adalah  $v_0$  dan tidak berotasi. Dua buah keping sejajar  $K_1$  dan  $K_2$  berjarak  $h = 0,75 H$  diletakkan sejauh  $d$  dari dasar tembok (titik O). Jika momen inersia bola adalah  $\frac{2}{5} mR^2$ , maka :
- (2 poin)** Tentukan berapa jarak  $d$  agar bola bisa persis mengenai titik A yang berada pada ujung kiri keping bawah  $K_2$ .
  - (8 poin)** Dengan menganggap tumbukan antara bola dan keping bawah  $K_2$  lenting sempurna dan juga ada gesekan yang sangat besar namun **TIDAK** terjadi slip sama sekali dalam seluruh proses tumbukan, maka :
    - Apakah energi mekanik sistem kekal?
    - Tentukan arah gaya gesek dalam tumbukan ini !
    - Tuliskan persamaan impuls gaya gesek dalam arah sumbu  $x$  !
    - Tuliskan persamaan impuls sudut terhadap pusat massa bola akibat gaya gesek !
  - (6 poin)** Hitung kecepatan bola dalam arah sumbu  $x$  sesaat setelah tumbukan di titik A! Hitung juga kecepatan sudut bola setelah tumbukan tersebut!
  - (2 poin)** Tumbukan kedua terjadi di titik B juga secara lenting sempurna dan tanpa slip seperti pada tumbukan pertama. Koordinat titik B adalah  $(\lambda d, h)$ , dengan  $\lambda$  adalah sebuah konstanta tanpa dimensi. Ambil koordinat titik O sebagai titik  $(0,0)$ . Hitung nilai  $\lambda$  !
  - (1 poin)** Tentukan arah gaya gesek pada titik B selama proses tumbukan kedua!
  - (4 poin)** Hitung kecepatan bola dalam arah sumbu  $x$  dan hitung juga kecepatan sudut bola setelah tumbukan kedua !
  - (2 poin)** Tentukan posisi (koordinat) terjadinya tumbukan ketiga (titik C). Ambil koordinat titik O sebagai titik  $(0,0)$ .



2. **(20 poin)** Seutas tali homogen (massa  $M$ , panjang  $4L$ ) diikat pada ujung sebuah pegas (konstanta pegas  $k = \frac{Mg}{2L}$ ) yang melekat pada dinding. Ujung bebas tali tergantung di tepi meja dengan posisi awal  $L$ . Ketika tali dilepaskan, maka ujung bebas tali bergeser sejauh  $x$  dari posisi awal yang mengakibatkan tali berosilasi harmonik sederhana. Anggap pegas dan tali selalu dijaga dalam keadaan kontak dengan permukaan meja dan tidak ada gesekan sama sekali.



Hitung :

- A. **(10 poin)** Kecepatan tali  $v$  saat tali tergeser sejauh  $x$  dari posisi awal.
  - B. **(10 poin)** Periode dan amplitudo osilasi ujung bebas tali.
3. **(25 poin)** Sebuah cincin bermassa  $M$  dengan jari-jari  $R$  (tebal cincin jauh lebih kecil dibandingkan dengan  $R$ ) digantung pada sebuah paku berjari-jari  $r$  (pusat paku di titik  $O$ ). Momen inersia cincin terhadap pusat massanya adalah  $MR^2$ . Anggap ada gesekan yang besar antara paku dan cincin, sehingga cincin tidak bisa slip. Tinjau hanya osilasi dengan amplitudo sudut kecil.
- A. **(5 poin)** Jika ukuran paku diabaikan ( $r$  menuju nol), tentukan periode osilasi system!
  - B. **(10 poin)** Jika ukuran paku tidak diabaikan (jari-jari paku adalah  $r$ ).
    - i. Carilah hubungan sudut simpangan pusat massa cincin ( $\theta$ ) dengan simpangan sudut cincin ( $\phi$ ). (Pada saat simpangan sudut  $\theta = 0$ , titik A pada cincin menyentuh paku. Saat pusat cincin menyimpang sejauh  $\theta$ , titik A berpindah ke posisi A'. Cincin

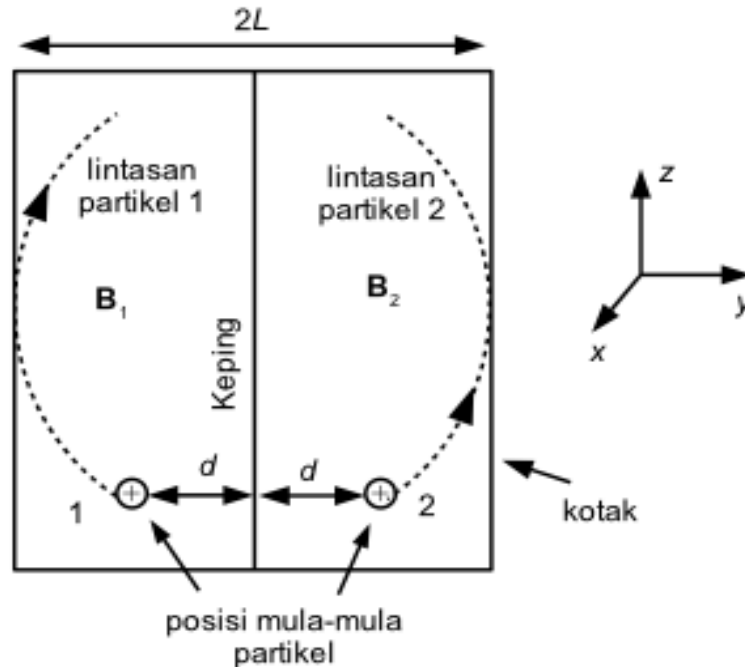
- ii. Carilah periode osilasi cincin!
- iii. Tunjukkan bahwa untuk limit jari-jari  $r$  menuju nol, hasilnya sama dengan yang diperoleh pada pertanyaan A!

- C. **(10 poin)** Sekarang paku dengan jari-jari  $r$  diganti dengan sebuah cincin lain yang berjari-jari  $r$  (dengan  $r < R$ ) dan memiliki massa  $m$  (momen inersia cincin kecil terhadap pusat massanya adalah  $mr^2$ ). Cincin kecil ini dibuat bebas berputar terhadap titik pusatnya (titik O), tetapi titik pusat tersebut selalu dijaga tetap diam. Anggap ada gaya gesek yang besar antara kedua cincin sehingga keduanya tidak bisa slip (tergelincir).
- Carilah hubungan simpangan sudut cincin besar  $\phi$ , simpangan sudut cincin kecil  $\beta$  dan simpangan pusat massa cincin besar  $\theta$ . (Petunjuk: gunakan hasil dari pertanyaan B. Anda hanya butuh menambahkan satu suku yang merupakan efek perputaran cincin kecil).
  - Carilah periode osilasi cincin!
  - Tunjukkan bahwa untuk limit massa  $m$  sangat besar, hasilnya menjadi sama dengan hasil pertanyaan B.

### Petunjuk umum:

- Jika anda menggunakan metode energi:
    - Carilah energi kinetik total sistem dan energi potensial sistem. Kemudian bandingkan hasil ini dengan energi kinetik dan energi potensial bandul sederhana untuk mendapatkan periode sistem.
    - Terdapat 2 jenis energi kinetik yaitu energi kinetik translasi dan energi kinetik rotasi. Ingat bahwa energi kinetik rotasi cincin besar diberikan oleh  $EK_R = \frac{1}{2} I \omega_\phi^2$ , dengan  $\omega_\phi$  adalah laju perubahan sudut  $\phi$ .
  - Jika anda menggunakan metode gaya:
    - Bandingkan persamaan gerak yang didapat dengan persamaan gerak bandul sederhana.
  - Persamaan untuk bandul sederhana (dengan panjang tali bandul =  $R$  dan massa  $M$ ):
    - Energi kinetik bandul sederhana:  $EK = \frac{1}{2} M R^2 \omega_\theta^2$
    - Energi potensial bandul sederhana:  $EP = -MgR \cos \theta$
    - Persamaan gerak bandul sederhana:  $-MgR \sin \theta = MR \alpha_\theta$  atau  $\alpha_\theta + \frac{g}{R} \sin \theta = 0$ , dengan  $\alpha_\theta$  adalah percepatan sudut  $\theta$ .
    - Untuk amplitudo sudut kecil ( $\sin \theta \approx \theta$ ), periode osilasi:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{MR^2}{MgR}} = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}$
4. **(20 poin)** Pada soal ini kita ingin merancang sebuah alat (kotak) untuk menyimpan partikel-partikel bermuatan. Tinjau dua muatan positif (muatan 1 dan muatan 2) identik masing-masing memiliki massa  $m$  dan muatan  $q$ . Di tengah-tengah kotak di antara kedua muatan tersebut terdapat sebuah keping yang dialiri arus listrik sedemikian sehingga medan magnet ( $\mathbf{B}_1$  dan  $\mathbf{B}_2$ ) yang dihasilkan seragam dan konstan. Besar medan magnet  $\mathbf{B}_1$  dan  $\mathbf{B}_2$  sama yaitu  $B$ . Arah medan magnet diatur sedemikian sehingga kedua muatan bergerak dalam bidang datar mengikuti lintasan simetris seperti terlihat pada gambar (tampak atas). Anggap kehadiran keping tidak mempengaruhi besar dan arah gaya listrik di antara kedua muatan. Abaikan medan magnet yang timbul akibat muatan bergerak. Abaikan juga medan gravitasi.
- A. **(4 poin)** Tentukan arah vektor medan magnet  $\mathbf{B}_1$  dan  $\mathbf{B}_2$ .

- B. (6 poin) Tentukan vektor gaya-gaya yang bekerja pada muatan 1 dan juga pada muatan 2 pada suatu waktu  $t$ . Tuliskan persamaan gerak pada saat  $t$  untuk muatan 2 saja!
- C. (2 poin) Apakah energi mekanik (energi kinetik + energi potensial listrik) sistem kekal?
- D. (8 poin) Jika mula-mula kedua muatan diam dengan jarak di antara keduanya adalah  $2d$ , berapakah ukuran minimum kotak ( $2L$ ) untuk menyimpan kedua muatan ini ? (nyatakan dalam  $k$ ,  $d$ ,  $B$  dan  $m$ ) **Petunjuk:** gunakan hasil B dan C untuk mendapatkan hasil D. Anda hanya membutuhkan integral yang sederhana untuk mengerjakan soal ini.



Catatan: Gaya magnetik (Lorentz) diberikan oleh  $F_B = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$   
 dengan :  $\mathbf{v}$  adalah vektor kecepatan partikel bermuatan  $q$  ;  
 $\mathbf{B}$  adalah medan magnet

Gaya listrik (Coulomb) diberikan oleh  $F_{12} = \frac{kq_1q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}$

dengan :  $\mathbf{F}_{12}$  adalah gaya pada muatan 1 oleh muatan 2.

$q_1$  dan  $q_2$  adalah muatan yang berinteraksi

$k$  adalah sebuah konstanta

$r_{12}$  adalah jarak di antara kedua muatan

$\hat{r}_{12}$  adalah vektor satuan yang menunjukkan posisi muatan 1 relatif terhadap muatan 2.