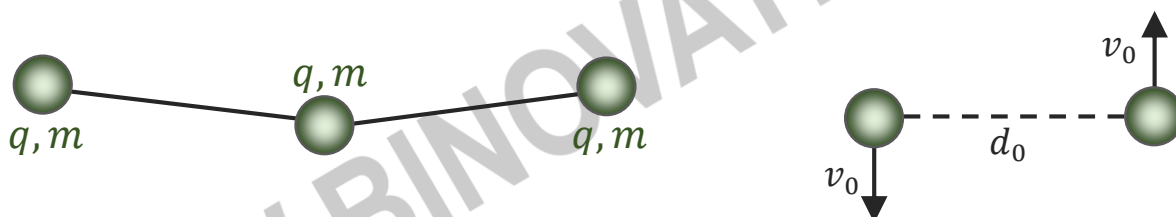


PELATIHAN OSN JAKARTA 2016

LISTRIK MAGNET (*INTERMEDIATE LEVEL*)

- Sebuah sistem terdiri dari tiga buah partikel bermuatan yang dipasang pada kawat isolator licin horisontal. Partikel di kiri dan kanan adalah partikel identik bermuatan $+Q$ yang dipaku di tempatnya dan berjarak d satu sama lain. Partikel di tengah bermassa m dan bermuatan $+q$, serta bisa bergerak bebas di sepanjang kawat tersebut. Tentukan periode osilasi kecil partikel m terhadap titik kesetimbangannya. $T = \pi\sqrt{md^3/(8kQq)}$
- Perhatikan gambar di bawah. Tiga buah partikel identik dengan massa m dan muatan q dihubungkan dengan dua utas tali isolator ringan yang panjangnya d . Partikel-partikel tersebut diletakkan pada permukaan meja isolator licin sempurna. Pada awalnya, semua partikel ditahan diam dan kedua tali hampir sejajar satu sama lain. Sesudah partikel-partikel dilepaskan, diamati sistem tersebut berosilasi dengan periode T . Tentukan muatan ketiga partikel! **Jawab:** $q = \sqrt{(16\pi^2 md^3)/(3kT^2)}$



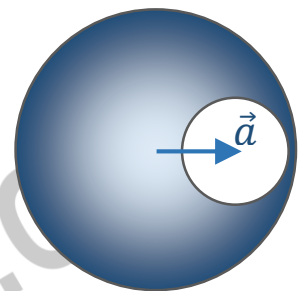
- Perhatikan gambar di atas. Di luar angkasa, dua partikel bermuatan $+q$ dan $-q$ dengan massa yang sama ditahan diam pada jarak d_0 satu sama lain. Kedua partikel kemudian dilepaskan dengan kecepatan awal v_0 pada arah yang berlawanan dan tegak lurus garis yang menghubungkan kedua bola. Selanjutnya, diamati kecepatan minimum bola-bola tersebut adalah v . Tentukan massa partikel-partikel tersebut! $m = kq^2/(d_0 v_0 (v_0 + v))$
- Dua bola kecil bermuatan listrik $+q_1$ dan $+q_2$ digantung menggunakan dua utas tali isolator ringan yang panjangnya sama ke suatu titik yang sama di langit-langit. Massa kedua partikel tersebut berturut-turut adalah m_1 dan m_2 . Jika tali pertama membentuk sudut θ_1 terhadap vertikal, tentukan sudut θ_2 yang dibentuk tali kedua terhadap vertikal. $m_2 \sin \theta_2 = m_1 \sin \theta_1$
- Dua partikel $\{M, +Q\}$ dan $\{m, -q\}$ diletakkan pada daerah bermedan listrik homogen E . Sesudah keduanya dilepaskan tanpa kecepatan awal, jarak antar keduanya tetap konstan L . Berapakah L ? $L = (((M + m)kQq)/(E(qM + Qm)))^{0,5}$

6. Dua buah partikel kecil memiliki muatan listrik yang sama besar tetapi berlawanan tanda. Massa kedua partikel tersebut adalah m dan $2m$. Pada awalnya, jarak antar kedua partikel adalah d , dan kelajuan keduanya adalah v , dimana kecepatan partikel $2m$ mengarah ke partikel m , tetapi kecepatan partikel m mengarah tegak lurus garis yang menghubungkan kedua partikel. Selama gerakan selanjutnya, diamati kedua partikel tersebut beberapa kali berada pada jarak $3d$ satu sama lain. Tentukan *rentang* muatan masing-masing partikel!

$$\sqrt{2\eta/3} < |q| < \sqrt{17\eta/18}, \text{ dimana } \eta = (dmv^2)/k$$

7. Carilah potensial listrik di pinggir pelat lingkaran berjari-jari R yang memiliki muatan per satuan luas σ . $V = \sigma R / (\pi \epsilon_0)$

8. Perhatikan gambar di samping. Di dalam bola pejal dengan muatan per satuan volume ρ terdapat rongga berbentuk bola. Pusat rongga berada pada vektor posisi \vec{a} terhadap pusat bola. Berapa medan listrik di dalam rongga? Tentukan juga potensial di pusat rongga dengan asumsi $V = 0$ di titik yang jauh sekali. Asumsikan juga permitivitas listrik bola tersebut sama dengan permitivitas vakum.



$$\vec{E} = \rho \vec{a} / (3\epsilon_0)$$

9. Sebuah bola isolator pejal berjari-jari R memiliki rapat muatan per satuan volume ρ . Berapakah energi potensial sistem ini? $EP = 16\pi^2 \rho^2 kR^5 / 15 = 3kQ^2 / (5R)$

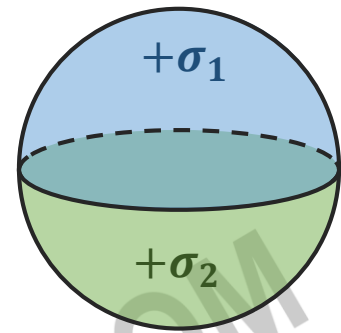
10. Perhatikan gambar di bawah! Sebuah bola isolator pejal berjari-jari R yang memiliki rapat muatan per satuan volume $+\rho$ "beririsan" dengan bola pejal lain berjari-jari R yang memiliki rapat muatan per satuan volume $-\rho$. Pusat bola negatif berada pada vektor posisi \vec{a} terhadap pusat bola positif. Tentukan medan listrik pada daerah "irisan" kedua bola. Permitivitas listrik kedua bola sama dengan permitivitas vakum. $\vec{E} = \rho \vec{a} / (3\epsilon_0)$



11. Perhatikan gambar di atas. Sebuah kulit bola memiliki rapat muatan per satuan luas yang *tidak konstan*: $\sigma(\theta) = \sigma_0 \cos \theta$ dimana σ_0 adalah sebuah konstanta positif dan θ adalah sudut polar (sudut terhadap sumbu z). Tentukan medan listrik di dalam kulit bola tersebut. $E = \sigma_0 / (3\epsilon_0)$

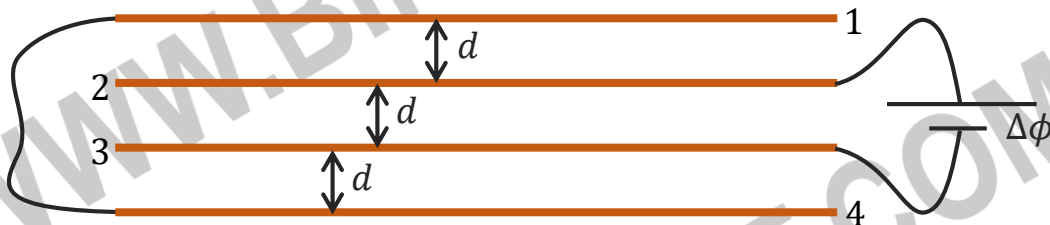
12. Sebuah kapasitor pelat sejajar dengan luas pelat A dihubungkan ke sebuah baterai dengan ggl $\Delta\phi$ dan hambatan dalam yang sangat kecil. Salah satu pelat bergetar sehingga jarak antar kedua pelat adalah $d = d_0 + a \cos(\omega t)$ dimana $a \ll d_0$. Kapasitor akan rusak jika arus sesaat dalam rangkaian mencapai nilai maksimum I_m . Berapakah amplitudo getaran a supaya kapasitor tidak rusak? $a = d_0^2 I_m / (\epsilon_0 A \Delta\phi \omega)$

13. Sebuah kulit bola isolator tipis berjari-jari R dengan rapat muatan per satuan luas σ dibelah menjadi dua bagian sama besar. Tentukan gaya yang diperlukan untuk menjaga kedua bagian tersebut tetap bersatu. $F = \sigma^2 \pi R^2 / (2\epsilon_0)$



14. Perhatikan gambar di samping. Sebuah kulit bola isolator tipis dibelah menjadi dua sama besar. Salah satu bagian diberi rapat muatan per satuan luas $+\sigma_1$ dan bagian yang lain diberi $+\sigma_2$. Tentukan gaya yang diperlukan untuk menjaga kedua bagian tersebut tetap bersatu. $F = \sigma_1 \sigma_2 \pi R^2 / (2\epsilon_0)$

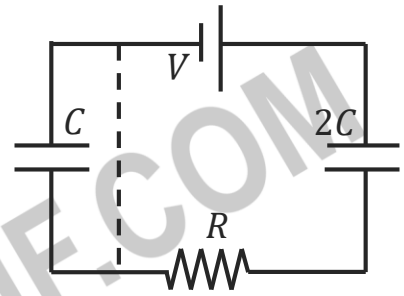
15. Perhatikan gambar di bawah. Sebuah sistem terdiri dari empat buah pelat logam yang sangat luas. Jarak antar dua pelat yang berurutan adalah d . Pelat 1 dan 4 terhubung dengan kawat konduktor. Pelat 2 dan 3 diberi beda potensial $\Delta\phi$. Tentukan medan listrik di antara pelat-pelat ini, dan tentukan besar muatan per satuan luas pada masing-masing pelat. $E_{23} = \Delta\phi/d$, $E_{12} = E_{34} = E_{23}/2$, $-\sigma_1 = \sigma_4 = \epsilon_0 \Delta\phi / (2d)$, $\sigma_2 = -\sigma_3 = 3\epsilon_0 \Delta\phi / (2d)$



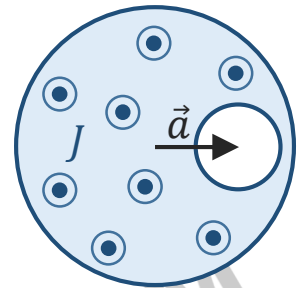
16. Sebuah kapasitor pelat sejajar berbentuk bujur sangkar dengan panjang sisi l dan jarak antar pelat d dipasang vertikal di atas cairan dielektrik dengan konstanta κ dan massa jenis ρ . Sisi bawah pelat tepat menyentuh permukaan cairan. Tegangan antara kedua pelat kapasitor tersebut kemudian dinaikkan secara perlahan-lahan dari nol menjadi V . Tentukan tinggi cairan dielektrik yang naik dalam celah antara kedua pelat! $h = \epsilon_0 (\kappa - 1) V^2 / (2d^2 \rho g)$

17. Terdapat N titik. Antara dua titik sembarang dihubungkan dengan hambatan R . Tentukan hambatan pengganti antara dua titik sembarang. $R_{tot} = 2R/N$

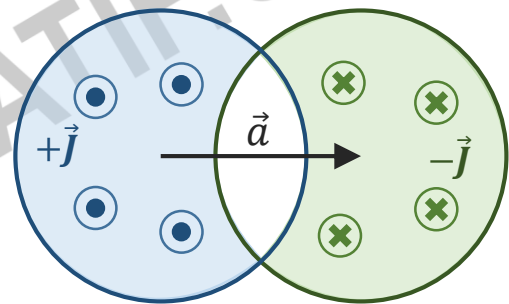
18. Perhatikan gambar di samping. Sebuah rangkaian terdiri dari resistor R , kapasitor C dan $2C$, serta baterai ideal bertegangan V . Berapa banyak panas yang ditimbulkan pada rangkaian jika sebuah kawat tanpa hambatan ditambahkan pada rangkaian pada garis putus-putus? $Q = 2CV^2/3$



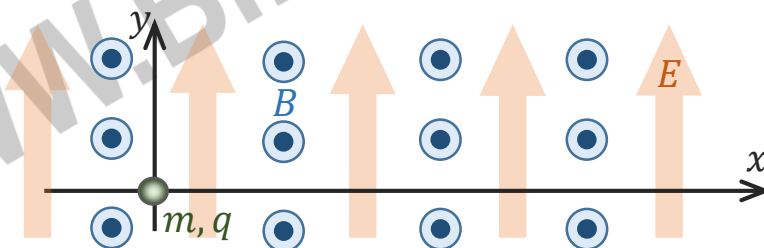
19. Perhatikan gambar di bawah. Sebuah kabel *infinite* berjari-jari R memiliki rapat arus konstan J . Di dalam kabel tersebut, terdapat rongga berbentuk silinder *infinite* yang sumbu simetrinya berada pada vektor posisi \vec{a} terhadap sumbu simetri kabel. Tentukan medan magnet di dalam rongga! Asumsikan permeabilitas kabel sama dengan permeabilitas vakum. $\vec{B} = \mu_0 \vec{J} \times \vec{a} / 2$



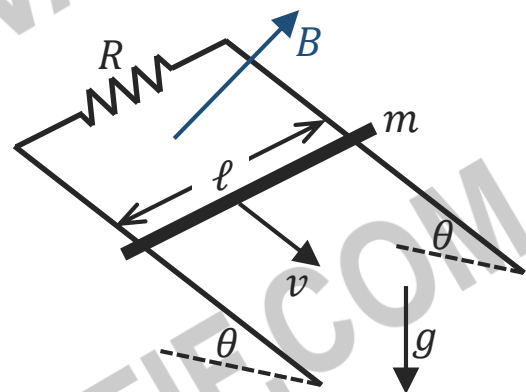
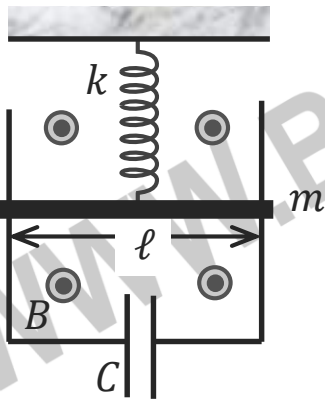
20. Perhatikan gambar di atas! Sebuah kabel *infinite* berjari-jari R yang memiliki rapat arus per satuan luas $+\vec{J}$ “beririsan” dengan kabel *infinite* lain berjari-jari R yang memiliki rapat arus yang sama besar tetapi berlawanan arah. Tentukan medan magnet pada daerah “irisan” kedua kabel. Sumbu simetri kabel kedua berada pada vektor posisi \vec{a} terhadap sumbu simetri kabel pertama. Asumsikan permeabilitas magnet kedua kabel sama dengan permeabilitas vakum. $\vec{B} = \mu_0 \vec{J} \times \vec{a} / 2$



21. Perhatikan gambar di bawah. Suatu daerah memiliki medan listrik homogen $E\hat{j}$ dan medan magnet homogen $B\hat{k}$. Sebuah partikel bermassa m dan bermuatan $+q$ dilepaskan tanpa kecepatan awal pada posisi $\{x, y\} = \{0, 0\}$.
- Tentukan kecepatan partikel tersebut sebagai fungsi waktu! $v_y = v_m \sin \omega t$, $v_x = v_m(1 - \cos \omega t)$, dimana $v_m = E/B$ dan $\omega = Bq/m$.
 - Tentukan koordinat y partikel sebagai fungsi waktu! Berapakah koordinat y maksimum yang bisa dicapai partikel? Abaikan gravitasi. $y(t) = (v_m/\omega)(1 - \cos \omega t)$. $y_{maks} = 2v_m/\omega = 2Em/B^2q$
 - Buktikan juga bahwa: $qEy = \frac{1}{2}mv_x^2 + \frac{1}{2}mv_y^2$. Apakah arti persamaan ini?



22. Sebuah rangkaian mekanik/listrik ditunjukkan pada gambar di bawah. Sebuah batang konduktor tanpa hambatan dengan panjang ℓ dan massa m disentuhkan ke kawat konduktor berbentuk huruf U. Tidak ada gesekan antara batang dan kawat. Batang tersebut dihubungkan dengan pegas berkonstanta k ke langit-langit. Sistem berada dalam medan magnet konstan B yang homogen dan tegak lurus bidang kawat U. Pada sisi bawah kawat U dipasang kapasitor dengan kapasitansi C . Tentukan periode osilasi sistem. Abaikan gravitasi. $T = 2\pi\sqrt{(m + CB^2\ell^2)/k}$



23. Perhatikan gambar di atas. Sebuah batang dengan massa m dan panjang ℓ dapat meluncur tanpa gesekan pada kawat konduktor berbentuk huruf U yang membentuk sudut θ terhadap horisontal. Pada sisi atas kawat U tersebut, dipasang resistor dengan resistansi R . Terdapat medan listrik homogen B yang tegak lurus bidang kawat U dan percepatan gravitasi g yang mengarah ke vertikal bawah. Jika batang mulai dari keadaan diam, tentukanlah kecepatan batang sebagai fungsi waktu. $v(t) = g\tau \sin \theta (1 - e^{-t/\tau})$ dimana $\tau = mR/(B^2\ell^2)$
24. Mirip dengan soal sebelumnya, tetapi resistor R diganti dengan kapasitor C . Tentukan kecepatan batang sebagai fungsi waktu. $v(t) = (mg \sin \theta)t/(m + B^2\ell^2C)$
25. Mirip dengan soal sebelumnya, tetapi kapasitor C diganti dengan induktor L . Tentukan kecepatan batang sebagai fungsi waktu. $v(t) = (g \sin \theta/\omega) \sin \omega t$ dengan $\omega = \sqrt{B^2\ell^2/(mL)}$