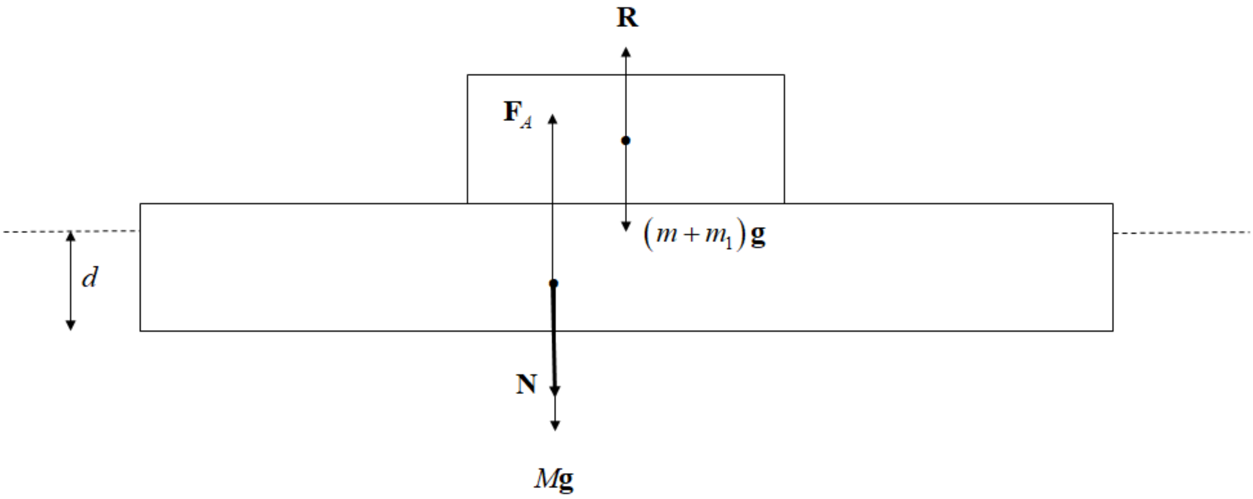
МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА
22 април 2023 г., София
Решения на темата за пета състезателна група (11.-12. клас)

Задача 1. Падъл

а) Силите са дадени на фигурата. Центърът на масата на дъската и центърът на масата на системата 'момче-топка' са отместени хоризонтално, за да не се претрупва чертежът. Масата на дъската е M , а земното ускорение $\mathbf{g}$, Архимедовата сила е $\mathbf{F}_A$, реакцията на дъската е $\mathbf{R}$. Натискът, с който момчето действа на дъската е $\mathbf{N}$. От третия принцип на Нютон следва $\mathbf{R} = -\mathbf{N}$, т.е. за големините на силите, имаме

$$R = N \tag{1}$$



Балансът на силите ни дава:

$$(m + m_1)g = R \tag{2}$$

$$Mg + N = F_A \ , \tag{3}$$

а за Архимедовата сила имаме:

$$F_A = \rho lwd \ . \tag{4}$$

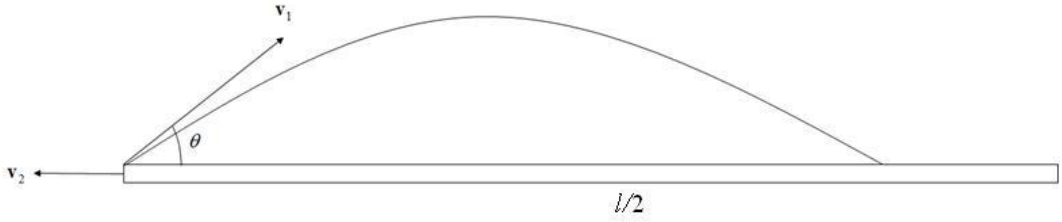
Решаването на горната система уравнения, като отчетем, че:

$$M = \rho_0 lwh \tag{5}$$

дава:

$$d = \frac{\rho_0}{\rho} h + \frac{m + m_1}{\rho lw} \ . \tag{6}$$

б) На чертежа е показана половината от дъската, защото момчето е седнало по средата. С $\mathbf{v}_1$ сме обозначили скоростта на топката, а с $\mathbf{v}_2$ – скоростта на системата 'момче-дъска' (момчето не е начертано за простота на чертежа).



От закона за запазване на импулса имаме:

$$m_1 v_1 \cos\theta - (m + M) v_2 = 0 \qquad (7)$$

Нещо повече, при $v_1 = v_{1\max}$, топката ще падне точно в края на дъската, а при $v_1 > v_{1\max}$, топката ще падне във водата, извън дъската. В такъв случай, при $v_1 = v_{1\max}$ имаме:

$$l/2 - v_1 \cos\theta = v_2 t \qquad (8)$$

Където t е времето за полет на топката. Както е известно от кинематиката, времето за полет е:

$$t = \frac{2 v_1 \sin\theta}{g} \qquad (9)$$

Решавайки горната алгебрична система и използвайки (5), получаваме:

$$v_{1\max} = \sqrt{\frac{gl}{2\sin 2\theta} \frac{m + \rho_0 wlh}{m + m_1 + \rho_0 wlh}} \qquad (10)$$

Когато $v_1 = v_{1\max}$ за v_2 получаваме (използвайки (7)),

$$v_2 = \frac{m_1 \cos\theta}{m + \rho_0 wlh} \sqrt{\frac{gl}{2\sin 2\theta} \frac{m + \rho_0 wlh}{m + m_1 + \rho_0 wlh}} \qquad (11)$$

в) На чертежа са показани всички сили, които действат върху системата 'момче-дъска', като новото ѝ равновесно положение, след като е олекнала с m_1, е означено с d_1. Избираме оста Oy вертикално надолу с начало в новото равновесно положение. Написвайки втория закон на Нютон, получаваме:

$$(m + M) g - \rho g (d_1 + y) lw = (m + M) a_y \qquad (12)$$

От условието за равновесие знаем, че:

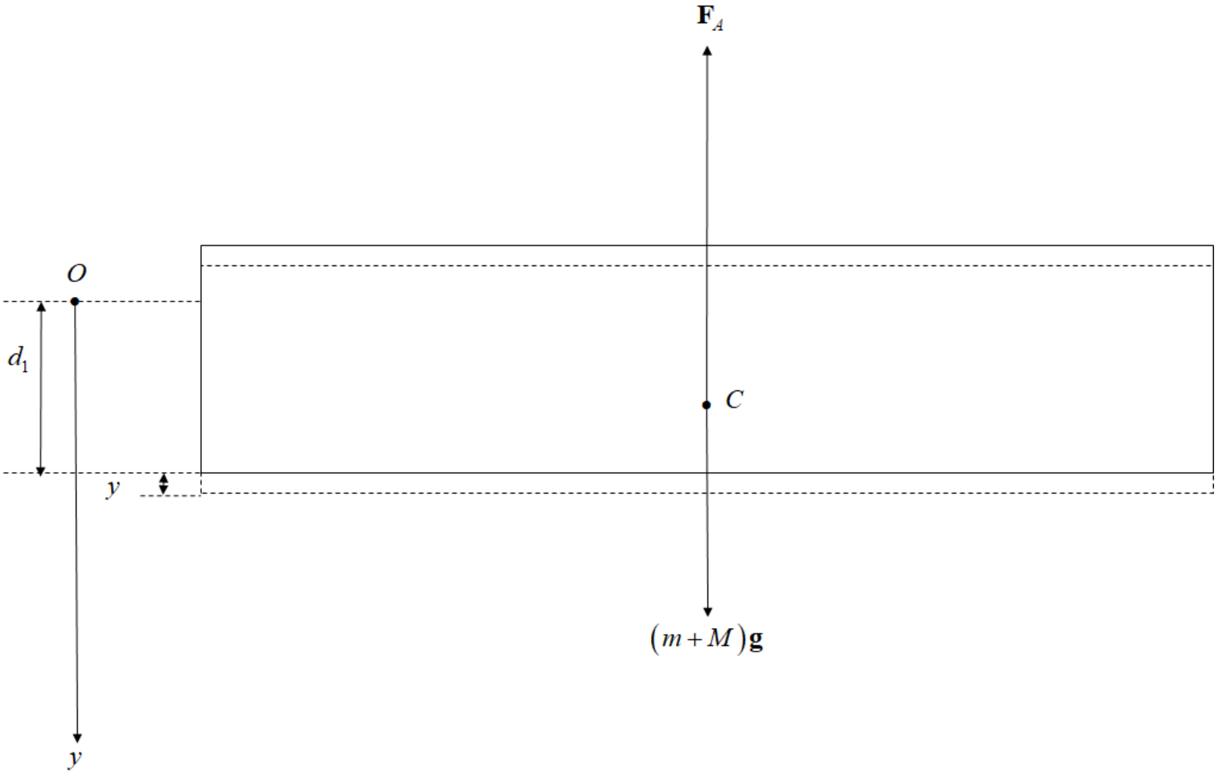
$$(m + M) g - \rho g d_1 lw = 0 \qquad (13)$$

Използвайки това условие, както и уравнение (5), уравнение (12) се опростява до:

$$a_y = -\frac{\rho g l w}{m + \rho_0 l w h} y \tag{14}$$

Коефициентът на пропорционалност между a_y и y е свързан с кръговата честота на трептенето: $a_y = -\omega^2 y$. Оттук получаваме честотата на трептене и съответно периода:

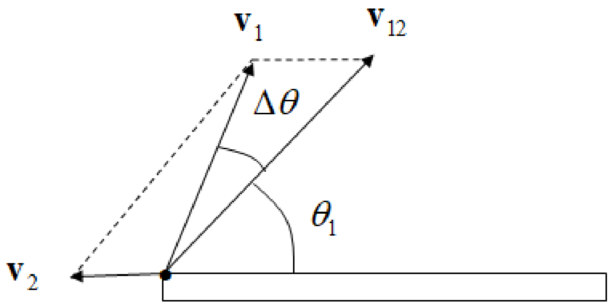
$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\rho g l w} + \frac{\rho_0}{\rho}\frac{h}{g}} \tag{15}$$



г) Търсената връзка е очевидно:

$$\mathbf{v}_1 = \mathbf{v}_{12} + \mathbf{v}_2 \tag{16}$$

а съответният чертеж е даден вдясно:



д) От чертежа е ясно, че $\theta > \theta_1$. Като разложим векторите по компоненти, получаваме:

$$v_{12} \cos\theta_1 = v_1 \cos\theta + v_2 \tag{17}$$

$$v_{12} \sin\theta_1 = v_1 \sin\theta \tag{18}$$

Като разделим двете уравнения, получаваме:

$$\mathrm{tg}\theta_1 = \frac{v_1 \sin\theta}{v_1 \cos\theta + v_2} \tag{19}$$

Като използваме условието (7), както и факта, че $\theta_1 = \theta - \Delta\theta$, то имаме:

$$\operatorname{tg}(\theta - \Delta\theta) = \frac{\sin\theta}{\cos\theta + \dfrac{m_1}{m+M}\cos\theta} = \operatorname{tg}\theta \frac{1}{1 + \dfrac{m_1}{m+M}} \approx \operatorname{tg}\theta\left(1 - \frac{m_1}{m+M}\right) \qquad (20)$$

Сега развиваме по формулата: $\operatorname{tg}(\alpha - \beta) = \dfrac{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta}{1 + \operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\beta}$ и използвайки приблизителните равенства, получаваме

$$\operatorname{tg}(\theta - \Delta\theta) \approx \operatorname{tg}\theta - \frac{\Delta\theta}{\cos^2\theta} \qquad (21)$$

Като сравним (20) с (21), получаваме:

$$\Delta\theta \approx \frac{m_1}{m+M}\cos^2\theta \qquad (22)$$

Задача 2. Трептене на точков електричен дипол

а) **Първи начин.** Малък участък от пръстена, разглеждан като точков електричен заряд, създава върху оста на пръстена електрично поле с потенциал

$$\Delta\varphi = k\frac{\Delta q}{\sqrt{R^2 + z^2}}. \qquad \textbf{[1 т.]}$$

Като сумираме потенциалите, създадени от всички малки участъци на пръстена, намираме

$$\varphi(z) = k\frac{Q}{\sqrt{R^2 + z^2}}, \qquad \textbf{[0,5 т.]}$$

където оста $0z$ е насочена вертикално нагоре. За потенциалната енергия на дипола намираме

$$U(z) = q\varphi(z + \delta) - q\varphi(z). \qquad \textbf{[1 т.]}$$

Като отчетем, че $\varphi(z+\delta) - \varphi(z) = \varphi'(z)\delta$ и пресметнем:

$$\varphi'(z) = -kQ\frac{z}{(R^2 + z^2)^{3/2}}, \qquad \textbf{[1 т.]}$$

потенциалната енергия придобива вида

$$U(z) = -kQ\frac{pz}{(R^2 + z^2)^{3/2}} \qquad \textbf{[0,5 т.]}$$

или алтернативно:

$$\varphi(z+\delta) \approx kQ\frac{1}{(R^2 + z^2 + 2z\delta)^{1/2}} \approx kQ\left[\frac{1}{\sqrt{R^2 + z^2}} - \frac{z\delta}{(R^2 + z^2)^{3/2}}\right], \qquad \textbf{[1 т.]}$$

и за потенциалната енергия получаваме отново

$$U(z) = -kQ\frac{pz}{(R^2 + z^2)^{3/2}} \qquad \textbf{[0,5 т.]}$$

б) Потенциалната енергия на дипола е отрицателна при $z > 0$ (диполът се намира над пръстена) **[0,5 т.]** и положителна при $z < 0$ (диполът се намира под пръстена) **[0,5 т.].** Около $z = 0$ потенциалната енергия намалява линейно **[0,5 т.]**, докато при $z \to -\infty$ клони към нула чрез положителни стойности **[0,5 т.]**, а при $z \to \infty$ клони към нула чрез отрицателни стойности **[0,5 т.].**

При $z_1 = -R/\sqrt{2}$ **[0,5 т.]** потенциалната енергия на дипола има максимум

$$U_{\max} = \frac{4kpQ}{3^{3/2}R^2}, \qquad \textbf{[0,25 т.]}$$

докато при $z_2 = R/\sqrt{2}$ **[0,5 т.]** – има минимум

$$U_{\min} = -U_{\max}. \qquad \textbf{[0,25 т.]}$$

или алтернативно:

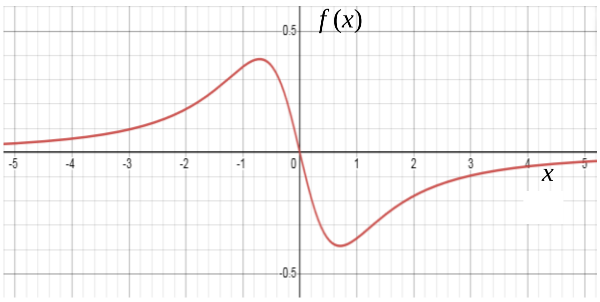
Тъй като потенциалната енергия е нечетна функция на z, **при** $z_1 = -a$ **[0,5 т.]** потенциалната енергия на дипола има максимална стойност $U_{\max}$, докато при $z_2 = a$ **[0,5 т.]** – има минимална стойност

$$U_{\min} = -U_{\max}. \qquad \textbf{[0,5 т.]}$$

Графиката на потенциалната енергия на дипола

$$f(x) = \frac{R^2}{kQp}U(z) = -\frac{x}{(1+x^2)^{3/2}}$$

като функция на $x = z/R$ е показана на фигурата. **[1 т.]**



в) Трептене е възможно, когато движението се извършва около минимума на потенциалната енергия, т.е. при енергия на дипола $\varepsilon < 0$ **[0,5 т.]**. Следователно началното положение трябва да е $z_0 > 0$ **[0,5 т.]**, а началната скорост трябва да удовлетворява условието

$$\varepsilon = \frac{mv_0^2}{2} - kQ\frac{pz_0}{(R^2 + z_0^2)^{3/2}} < 0, \qquad \textbf{[0,5 т.]}$$

откъдето следва

$$v_0 < \sqrt{\frac{2}{m}\frac{kpQz_0}{\left(R^2 + z_0^2\right)^{3/2}}}. \qquad \textbf{[0,5 т.]}$$

г) Диполът извършва хармонични трептения при малко отклонение от равновесното положение, когато потенциалната енергия може да се апроксимира с израза

$$U(z) \approx U_{\min} + \frac{1}{2}U''(z_2)(z - z_2)^2. \qquad \textbf{[0,5 т.]}$$

Тогава периодът на хармоничното трептене е

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{U''(z_2)}}. \qquad \textbf{[0,5 т.]}$$

След двукратно диференциране на потенциалната енергия намираме

$$U''(z) = kQp\frac{4z}{(R^2+z^2)^{5/2}}\left[1+5\frac{R^2-2z^2}{R^2+z^2}\right], \qquad \textbf{[1 т.]}$$

$$U''(z_2) = \frac{4^2}{3^{5/2}R^4}kQp, \qquad \textbf{[1 т.]}$$

откъдето следва

$$T = \frac{3^{5/4}\pi R^2}{2}\sqrt{\frac{m}{kpQ}} \approx 0,2\ \text{s}. \qquad \textbf{[1 т.]}$$

или алтернативно:

Диполът извършва хармонични трептения при малко отклонение от равновесното положение, когато потенциалната енергия може да се апроксимира с израза

$$U(z) \approx U_{\min} + \frac{1}{2}K(z-z_2)^2. \qquad \textbf{[0,5 т.]}$$

Тогава периодът на хармоничното трептене е

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}. \qquad \textbf{[0,5 т.]}$$

Ще запишем потенциалната енергия във вида

$$U(z) = -kQp\frac{(z-a)+a}{\left\{R^2+\left[(z-a)+a\right]^2\right\}^{3/2}} = -kQp\frac{\left[(z-a)+a\right]}{\left(R^2+a^2\right)^{3/2}}\left\{1+\frac{2a(z-a)}{R^2+a^2}+\frac{(z-a)^2}{R^2+a^2}\right\}^{-3/2}. \textbf{[0,5 т.]}$$

Като използваме формулата от условието на задачата, можем да получим

$$\left\{1+\frac{2a(z-a)}{R^2+a^2}+\frac{(z-a)^2}{R^2+a^2}\right\}^{-3/2} \approx 1-\frac{3a(z-a)}{R^2+a^2}+\frac{3(z-a)^2}{2(R^2+a^2)^2}(4a^2-R^2), \qquad \textbf{[0,5 т.]}$$

при което имаме

$$U(z) \approx -\frac{kQpa}{(R^2+a^2)^{3/2}} + \frac{kQp(2a^2-R^2)}{(R^2+a^2)^{5/2}}(z-a) + kQp\frac{3a(3R^2-2a^2)}{2(R^2+a^2)^{7/2}}(z-a)^2. \qquad \textbf{[0,5 т.]}$$

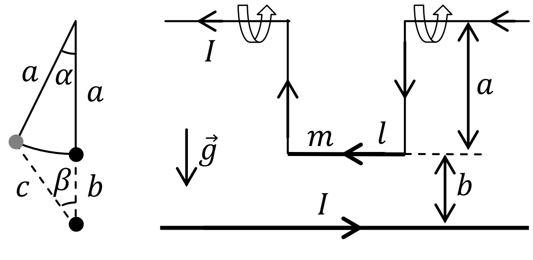
Тъй като изразът с $(z-a)$ не трябва да присъства, намираме $a = R/\sqrt{2}$ **[0,5 т.].** Тогава имаме

$$K = \frac{4^2}{3^{5/2}R^4}kQp, \qquad \textbf{[0,5 т.]}$$

откъдето следва

$$T = \frac{3^{5/4}\pi R^2}{2}\sqrt{\frac{m}{kpQ}} \approx 0,2\ \text{s}. \qquad \textbf{[0,5 т.]}$$

Задача 3. Магнитно махало



а) За да бъде подвижният проводник в безтегловност, силата на тежестта му трябва да е равна на магнитната сила на отблъскване, $mg = BI_1 l$. **[0.5 т.]** Тъй като

$B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi b}$, **[0.5 т.]** то $mg = \frac{\mu_0 {I_1}^2 l}{2\pi b}$, **[0.5 т.]** откъдето $I_1 = \sqrt{\frac{2\pi mgb}{\mu_0 l}}$. **[0.5 т.]**

б) При отклонение на малък ъгъл на подвижния проводник възвръщата тангенциална сила, която му действа, е $F_в = mgsin\alpha - BIl\sin(\alpha+\beta)$. **[0.5 т.]** При малки ъгли $F_в \approx mg\alpha - BIl(\alpha+\beta)$. Тъй като $a\alpha \approx b\beta,\ \beta = \alpha\frac{a}{b}$. Замествайки в израза за силата, $F_в \approx mg\alpha - BIl\left(\alpha + \alpha\frac{a}{b}\right) = \left[mg - BIl\frac{a+b}{b}\right]\alpha$. **[0.5 т.]** Съответно възвръщащият въртящ момент е $M_в = \left[mg - BIl\frac{a+b}{b}\right]a\alpha = D\alpha$. **[0.5 т.]** Тъй като възвръщащият въртящ момент е пропорционален на ъгъла на отклонение, движението ще е хармонично трептене с кръгова честота $\omega_0 = \sqrt{\frac{D}{ma^2}} = \sqrt{\frac{mg - BIl\frac{a+b}{b}}{ma}} = \sqrt{\frac{g}{a} - \frac{\mu_0 I^2 l(a+b)}{2\pi mab^2}}$. **[1.5 т.]**

в) Честотата ω_0 ще стане нула, когато $\frac{g}{a} = \frac{\mu_0 {I_2}^2 l(a+b)}{2\pi mab^2}$, откъдето $I_2 = \sqrt{\frac{2\pi mgb}{\mu_0 l}\frac{b}{a+b}}$, **[0.5 т.]** $I_2 = I_1\sqrt{\frac{b}{a+b}}$. **[0.5 т.]**

г) Когато подвижният проводник се намира в равновесие при някакъв ъгъл на отклонение от вертикалата α, тангенциалните компоненти на силата на тежестта и магнитната сила трябва да са равни: $mgsin\alpha = BI_\alpha l\sin(\alpha+\beta)$ или $mgsin\alpha = \frac{\mu_0 {I_\alpha}^2}{2\pi c} l\sin(\alpha+\beta)$. **[0.5 т.]** Така $I_\alpha = \sqrt{\frac{2\pi mgc}{\mu_0 l}\frac{sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta)}}$. **[0.5 т.]** От синусовата теорема за триъгълника на чертежа $\frac{c}{sin\alpha} = \frac{a+b}{\sin[\pi-(\alpha+\beta)]} = \frac{a+b}{\sin(\alpha+\beta)}$. **[0.3 т.]** Замествайки в горната формула $I_\alpha = \sqrt{\frac{2\pi mgc^2}{\mu_0 l(a+b)}}$. **[0.5 т.]** От косинусовата теорема за триъгълника на чертежа $c^2 = a^2 + (a+b)^2 - 2a(a+b)\cos\alpha$. **[0.2 т.]** Следователно $I_\alpha = \sqrt{\frac{2\pi mg[a^2+(a+b)^2-2a(a+b)\cos\alpha]}{\mu_0 l(a+b)}}$. **[0.5 т.]** В граничните случаи: $I_\alpha(\alpha\to 0)$, $I_0 = \sqrt{\frac{2\pi mgb^2}{\mu_0 l(a+b)}} = I_2$; **[0.2 т.]** $I_\alpha(\alpha\to\pi), I_\pi = \sqrt{\frac{2\pi mg(2a+b)^2}{\mu_0 l(a+b)}}$. **[0.3 т.]**

д) Подвижният проводник ще бъде в безтегловност в най-горното си положение, когато силата на тежестта му е равна на магнитната сила на отблъскване:

$mg = BI_3 l = \frac{\mu_0 {I_3}^2 l}{2\pi(2a+b)}$, **[0.2 т.]** откъдето $I_3 = \sqrt{\frac{2\pi mg(2a+b)}{\mu_0 l}}$, **[0.5 т.]** $I_3 = I_\pi\sqrt{\frac{a+b}{2a+b}}$. **[0.3 т.]**

е) Когато равновесното положение на подвижния проводник е на ъгъл α спрямо вертикалата, тангенциалните компоненти на силата на тежестта mg и на магнитната сила $F_м$ са равни, $mg\sin\alpha = F_м\sin(\alpha+\beta)$. Отклонявайки подвижния проводник на малък ъгъл $\Delta\alpha$ от равновесното му положение, възвръщащата сила ще бъде $F_в = mg\sin(\alpha+\Delta\alpha) - F_м\sin(\alpha+\Delta\alpha+\beta+\Delta\beta)$. Използвайки че ъглите $\Delta\alpha$ и $\Delta\beta$ са малки, $F_в = mg\sin\alpha\cos\Delta\alpha + mg\cos\alpha\sin\Delta\alpha - F_м\sin(\alpha+\beta)\cos(\Delta\alpha+\Delta\beta) - F_м\cos(\alpha+\beta)\sin(\Delta\alpha+\Delta\beta)$, $F_в \approx mg\sin\alpha + mg\cos\alpha\Delta\alpha - F_м\sin(\alpha+\beta) - F_м\cos(\alpha+\beta).(\Delta\alpha +$

$\Delta\beta)$. Съкращавайки първия и третия член в сумата, $F_{\text{в}} \approx mg\cos\alpha\Delta\alpha - F_{\text{м}}\cos(\alpha + \beta).(\Delta\alpha + \Delta\beta)$. **[0.5 т.]** От чертежа може да се получи, че $\Delta\beta = \Delta\alpha\frac{a}{c}\cos(\alpha + \beta)$. **[0.5 т.]** Замествайки в израза за силата, $F_{\text{в}} \approx mg\cos\alpha\Delta\alpha - F_{\text{м}}\cos(\alpha + \beta).\left(\Delta\alpha + \Delta\alpha\frac{a}{c}\cos(\alpha + \beta)\right) = \left\{mg\cos\alpha - F_{\text{м}}\cos(\alpha + \beta)\left[1 + \frac{a}{c}\cos(\alpha + \beta)\right]\right\}\Delta\alpha$. **[0.5 т.]** Нека първо опростим този израз. Магнитната сила $F_{\text{м}} = mg\frac{\sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta)}$. От синусовата теорема отношението $\frac{a}{c} = \frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$. Замествайки тези два израза в израза за силата, $F_{\text{в}} \approx mg\left\{\cos\alpha - \frac{\sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta)}\cos(\alpha + \beta)\left[1 + \frac{\sin\beta}{\sin\alpha}\cos(\alpha + \beta)\right]\right\}\Delta\alpha$. **[0.5 т.]** Правим следните тригонометрични преобразувания: Изразът в квадратните скоби се преобразува така: $1 + \frac{\sin\beta}{\sin\alpha}\cos(\alpha + \beta) = \frac{\cos\beta\sin(\alpha+\beta)}{\sin\alpha}$. **[0.5 т.]**. Тогава $F_{\text{в}} \approx mg\left\{\cos\alpha - \frac{\sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta)}\cos(\alpha + \beta)\left[\frac{\cos\beta\sin(\alpha+\beta)}{\sin\alpha}\right]\right\}\Delta\alpha$, $F_{\text{в}} \approx mg[\cos\alpha - \cos(\alpha + \beta)\cos\beta]\Delta\alpha$. Сега изразът в квадратните скоби може да се опрости така: $\cos\alpha - \cos(\alpha + \beta)\cos\beta = \sin\beta\sin(\alpha + \beta)$. **[0.5 т.]** Така $F_{\text{в}} \approx mg\sin\beta\sin(\alpha + \beta)\Delta\alpha$. Съответно възвръщащият въртящ момент е $M_{\text{в}} \approx mg\sin\beta\sin(\alpha + \beta)a\,\Delta\alpha$. Използвайки отново синусовата теорема ($\frac{a}{\sin\beta} = \frac{a+b}{\sin(\alpha+\beta)}$), $M_{\text{в}} \approx mg\,(\sin\beta)^2(a + b)\Delta\alpha$. **[0.5 т.]** Тъй като въртящият момент е пропорционален на отклонението от равновесното положение, движението ще е трептене с кръгова честота $\omega_\alpha = \sqrt{\frac{mg\,(\sin\beta)^2(a+b)}{ma^2}} = \sqrt{\frac{g\,(\sin\beta)^2(a+b)}{a^2}} = \sqrt{\frac{g}{a}\,(\sin\beta)^2(1 + \frac{b}{a})}$. **[0.5 т.]**

ж) Кръговата честота ω_α ще има максимална стойност, когато ъгълът β има максимална стойност. Това ще се случи, когато отсечката c е допирателна към окръжността. **[0.2 т.]** Тогава $\sin\beta = \frac{a}{a+b}$, а $\cos\alpha = \frac{a}{a+b}$. **[0.3 т.]** Замествайки $\omega_{\alpha max} = \sqrt{\frac{g}{a+b}}$. **[0.5 т.]**

Задача 4. Билеща на Бийе

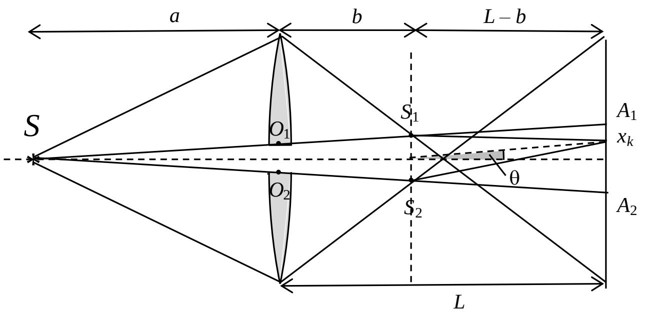
а) От формулата за тънка леща:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \qquad \textbf{[1,0 т]}$$

намираме:

$$b = \frac{af}{a - f} = 7{,}5\ \text{cm}. \qquad \textbf{[1,0 т]}$$

б) Двете половини пречупват лъчите като две отделни събирателни лещи с еднакво фокусно разстояние *f*, но с успоредни оптични оси, отместени на разстояние h, една от друга. Всяка от тях фокусира лъчите от източника на еднакво разстояние b от лещата, в точки, отместени спрямо оста, на която се намира източникът. На фигурата, за всяка полу-леща е показан ходът на два лъча, формиращи съответния образ на източника. Образите се намират на пресечните точки между лъчите SO_1 и SO_2, минаващи през оптичните центрове на двете половини, с екрана (вертикалната пунктирана линия)



За правилно построен чертеж: **[2,0 т]**

При липсващи елементи: лъчите SO_1 и SO_2 или лъчите, които се пречупват от лещата, се отнемат по 0,5 т.

От подобието на триъгълниците SO_1O_2 и SS_1S_2 получаваме пропорцията:

$$\frac{S_1S_2}{O_1O_2} = \frac{a+b}{a}.$$ **[1,0 т]**

Като вземем предвид, че $O_1O_2 = h$ и $S_1S_2 = d$, намираме:

$$d = \frac{(a+b)h}{a} = 1{,}5.10^{-3}\text{m} = 1{,}5 \text{ mm}.$$ **[1,0 т]**

в) Двата образа са кохерентни източници на вълни, подобно на процепите в опита на Юнг. Разтоянието от източниците до екрана е $L_1 = L - b = 92{,}5$ cm. Тъй като $d \ll L_1$, условието за максимум от порядък k може да се запише:

$$d \sin\theta_k = k\lambda,$$ **[1,0 т]**

където θ_k е дефинираният на фигурата ъгъл. Ако изберем върху екрана вертикална ос x с начало в нулевия максимум, тогава координатата на k-тия максимум е:

$$x_k = L_1 \tan\theta_k.$$ **[0,5 т]**

Тъй като $\lambda \ll d$, за максимуми от сравнително малък порядък е изпълнено приближението на малки ъгли: $\sin\theta_k \approx \tan\theta_k \approx \theta_k/\text{rad}$. Тогава получаваме:

$$x_k \approx L_1 \sin\theta_k = k\frac{L_1\lambda}{d},$$ **[1,0 т]**

което означава, че максимумите следват през практически равни разстояния:

$$\Delta x = x_{k+1} - x_k = \frac{L_1\lambda}{d} = \frac{0{,}925 \text{ m}\;.\;\, 6{,}50.10^{-7} \text{ m}}{1{,}5.10^{-3} \text{ m}} \approx 4{,}0.10^{-4} \text{ m} = 0{,}4 \text{ mm}.$$ **[1,5 т]**

Краищата A_1 и A_2 на интерференчната картина върху екрана съответстват на лъчите, които минават през оптичните центрове O_1 и O_2 на двете полу-лещи. От подобието на триъгълниците SO_1O_2 и SA_1A_2 получаваме пропорцията:

$$\frac{A_1A_2}{O_1O_2} = \frac{L+a}{a}.$$ **[1,0 т]**

Като вземем предвид, че $O_1O_2 = h$ и означим с $W = A_1A_2$ широчината на интерференчната картина, намираме:

$$W = \frac{(L+a)h}{a} \approx 7{,}67.10^{-3}\text{m} = 7{,}67 \text{ mm}.$$ **[1,0 т]**

Тъй като максимумите са разположени симетрично спрямо нулевия, е изпълнено условието:

$$x_k \leq \frac{W}{2},$$ **[1,0 т]**

т.е. максималният порядък на интерференчен максимум е:

$$k_{\max} = \left[\frac{W}{2\Delta x}\right] = 9,$$ **[1,0 т]**

където [...] означава цяла част. Като вземем предвид и нулевия максимум, намираме че общият брой максимуми е:

$$N = 2k_{\max} + 1 = 19.$$ **[1,0 т]**