① Q_1 $\varphi = \text{const}$

② Q_2 ③ Q_3

$\varphi = V_{11} Q_1$

$\varphi = V_{11}' Q_1 + V_{12} Q_2 = V_{11} Q_1$

$\varphi = V_{11}'' Q_1 + V_{12}' Q_2 + V_{13} Q_3 = V_{11}' Q_1 + V_{12} Q_2$

$$\Rightarrow Q_3 = \frac{V_{11}' Q_1 + V_{12} Q_2 - V_{11}' Q_1 - V_{12}' Q_2}{V_{13}}$$

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი
SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

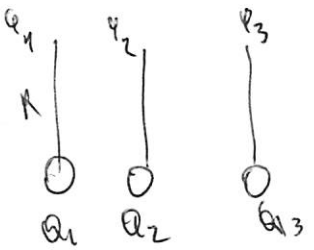
შესარჩევი ტურები ფიზიკის 47-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

მაგიდა № 16

12.04.2016/ ფიზ/I/ 025

ამოცანა № 1

გვერდი № 2



$$\textcircled{1} \to \varphi_2 + \varphi_3 + VQ_1$$

$$\textcircled{2} \to \varphi_1 + \varphi_3 + VQ_2$$

$$\textcircled{3} \to \varphi_1 + \varphi_2 + VQ_3 = \varphi$$

$$\varphi = VQ_1$$

$$\varphi = \varphi_1 + VQ_2 = VQ_1$$

$$\Rightarrow \varphi_1 = V(Q_1 - Q_2)$$

$$\varphi = V(Q_1 - Q_2) + \varphi_2 + VQ_3 = VQ_1$$

$$\Rightarrow Q_3 = \frac{VQ_2 - \varphi_2}{V} = Q_2 - \frac{\varphi_2}{V}$$

$$\varphi_1 = \alpha Q_1 \quad \varphi_2 = \alpha Q_2 \quad \varphi_3 = \alpha Q_3$$

$$\varphi_1 = \alpha Q_1 = V(Q_1 - Q_2) \Rightarrow \alpha = \frac{V(Q_1 - Q_2)}{Q_1}$$

$$\varphi_2 = \frac{V(Q_1 - Q_2)}{Q_1} \cdot Q_2$$

$$\Rightarrow Q_3 = Q_2 - \frac{(Q_1 - Q_2)Q_2}{Q_1} = \frac{Q_1Q_2 - Q_1Q_2 + Q_2^2}{Q_1} = \frac{Q_2^2}{Q_1}$$

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

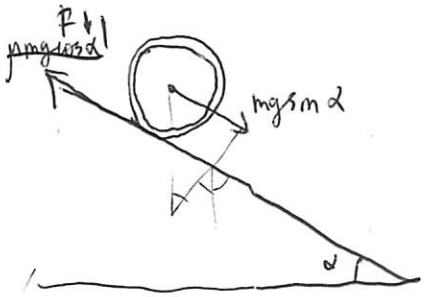
შესარჩევი ტურები ფიზიკის 47-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

მაგიდა № 16

12.04.2016/ ფიზ/I/ 025

ამოცანა № 3

გვერდი № 1

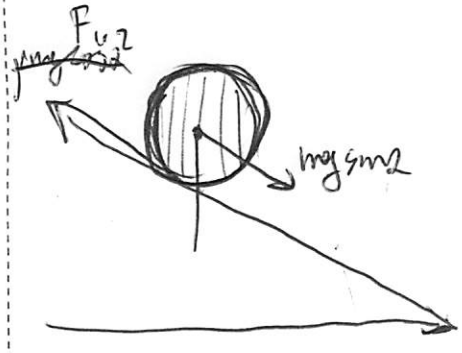


$mg\sin\alpha - F_b = ma_{1c} \Rightarrow a_{1c} = g\sin\alpha - \mu g\cos\alpha$

$F_b R = I\varepsilon = m_1 R^2 \frac{a_{1c}}{R}$

$F_b = m_1 a_{1c} = mg\sin\alpha - ma_{1c}$

$\Rightarrow a_{1c} = \frac{g\sin\alpha}{2}$

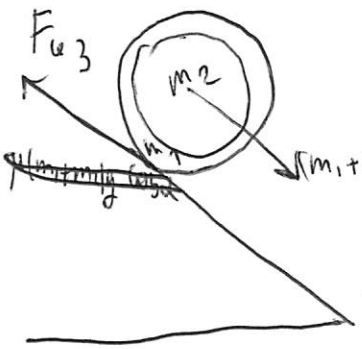


$mg\sin\alpha - F_b = ma = mg\sin\alpha - \frac{ma}{2}$

$F_b R = \frac{mR^2}{2}\frac{a_c}{R} \Rightarrow F_b = \frac{ma_{2c}}{2}$

$\frac{3ma}{2} = mg\sin\alpha$

$a_{2c} = \frac{2}{3} g\sin\alpha$



შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი
SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

შესარჩევი ტურები ფიზიკის 47-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

მაგიდა № 16

12.04.2016/ ფიზ/I/ 025

ამოცანა № 3

გვერდი № 2

$(m_1+m_2)g\sin\alpha - F_{b3} = (m_1+m_2)a_{3c}$

$F_{b3}R = I\frac{a_{3c}}{R} = m_1R^2\frac{a_{3c}}{R} \Rightarrow F_{b3} = m_1a_{3c} = \frac{(m_1+m_2)a_{3c}}{2}$

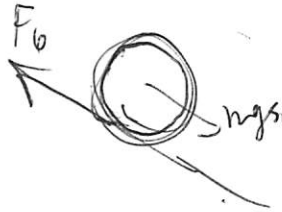
$\Rightarrow (m_1+m_2)g\sin\alpha = a_{3c}(2m_1+m_2) \Rightarrow a_{3c} = \frac{(m_1+m_2)g\sin\alpha}{2m_1+m_2}$

$m_1 = \frac{m_2a_{2c}}{2a_{3c}-a_{2c}}$

$a_1 : a_2 = \frac{1}{2} : \frac{2}{3} = 3$

$\Rightarrow a_{3c} = \frac{\sqrt{a_2^2 - g\sin\alpha a_2} - a_2}{4}$

ბ)



$mg\sin\alpha - F_b = ma$ $\quad F_b \le \mu N$

$F_b = mg\sin\alpha - ma \le \mu N$

~~$F_bR = maR$~~ $F_b = ma$

$mg\sin\alpha \le 2\mu N \le 2\mu mg\cos\alpha$

$\mu \ge \frac{\sin\alpha}{2\cos\alpha} \Rightarrow \frac{tg\alpha}{2}$ $\quad \boxed{\mu \ge \frac{tg\alpha}{2}}$

$\vec{m}$-ის მგლისტების პირობა

$mg\sin\alpha - F_b = ma$ $\quad F_b = \frac{ma}{2}$ $\Rightarrow$ $mg\sin\alpha - \frac{ma}{2} = 2F_b$

$\Rightarrow F_b = \frac{mg\sin\alpha}{3} \le \mu mg\cos\alpha \Rightarrow \boxed{\mu \ge \frac{tg\alpha}{3}}$

~~$\mu \ge \frac{tg\alpha}{n}$~~ $n > 3$

~~$\mu \ge \frac{tg\alpha}{2}$~~

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი
SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

შესარჩევი ტურები ფიზიკის 47-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

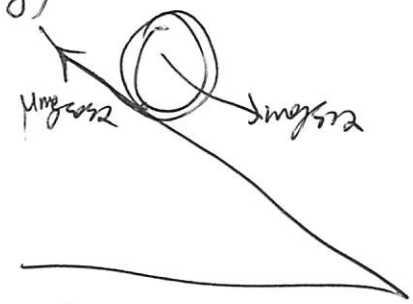
მაგიდა № 16

12.04.2016/ ფიზ/I/ 025

ამოცანა № 3

გვერდი № 3

ა)



$\mu mg\cos\alpha R = mR^2 \varepsilon_1$

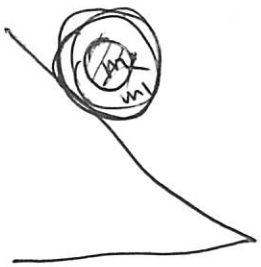
$\varepsilon_1 = \frac{\mu g \cos\alpha}{R}$

$\rightarrow M = m_1 + m_2$

$\mu mg\cos\alpha R = \frac{MR^2}{2} \varepsilon_2$

$\Rightarrow \varepsilon_2 = \frac{2\mu g\cos\alpha}{R}$

~~$\varepsilon_2 : \varepsilon_1$~~ $\varepsilon_1 : \varepsilon_2 = 1 : 2$



~~$\mu mg\cos\alpha$~~ $\mu(m_1+m_2)g\cos\alpha R = I_3 \varepsilon_3$

$I_3 = m_1 R^2$

$\frac{\mu(m_1+m_2)g\cos\alpha}{m_1 R} = \varepsilon_3$

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

შესარჩევი ტურები ფიზიკის 47-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

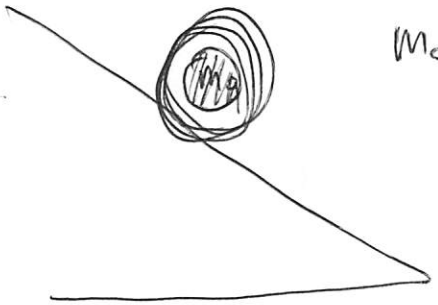
მაგიდა № 16

12.04.2016/ ფიზ/I/ 025

ამოცანა № 3

გვერდი № 4

ბ)



$$m_0 a = F + mg\sin\alpha$$

$$|F| = |m_0 a - m_0 g \sin\alpha|$$

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

შესარჩევი ტურები ფიზიკის 47-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

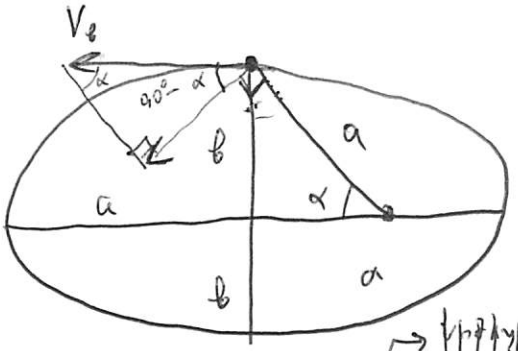
მაგიდა № 16

12.04.2016/ ფიზ/I/ 025

ამოცანა № 4

გვერდი № 1

ა)



$$W = \frac{mV_\theta^2}{2} - G\frac{mM}{a}$$

$$\frac{GmM}{a^2}\sin\alpha = \frac{mV_\theta^2}{r} \qquad \left(\sin\alpha = \frac{b}{a}\right) \Rightarrow \frac{GmM}{a^2}\cdot\frac{b}{a} = \frac{mV_\theta^2}{r}$$

$$\Rightarrow \frac{GMb}{a^3} = \frac{V_\theta^2}{r} \quad (1)$$

$$\frac{\pi a b}{2\pi\sqrt{\frac{a^3}{GM}}} = \frac{a^2\frac{d\alpha}{2}}{dt} \Rightarrow (2)\quad b\sqrt{\frac{GM}{a^3}} = a\frac{d\alpha}{dt}$$

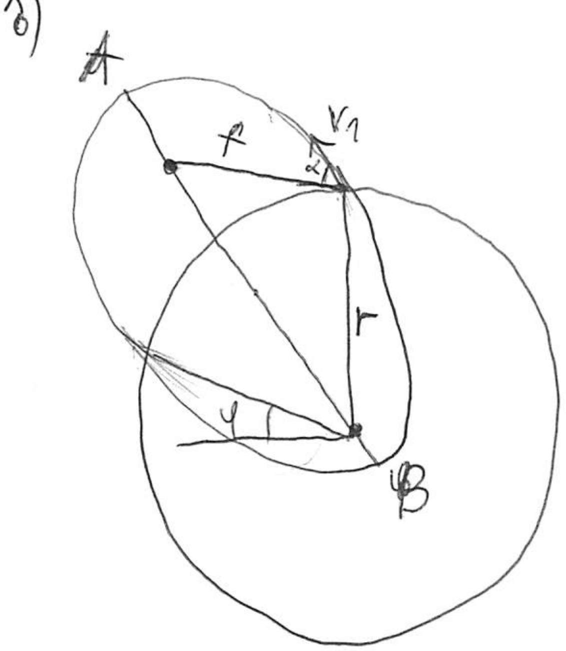
$$\left(\sin\alpha = \frac{b}{a}\right)$$

$$(2) \Rightarrow a\sqrt{\frac{GM}{a^3}} = V_\theta \Rightarrow V_\theta^2 = \frac{GM}{a}$$

$$\Rightarrow \frac{mV_\theta^2}{2} = \frac{GmM}{2a}$$

$$W = \frac{GmM}{2a} - \frac{GmM}{a} = \frac{GmM(-1)}{2a} = -\frac{GmM}{2a}$$

ბ)



$$W = \frac{mv_1^2}{2} - G\frac{mM}{r} = -\frac{GmM}{2a}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{mv_1^2}{2} = \frac{GmM}{r} - \frac{GmM}{2a}.$$

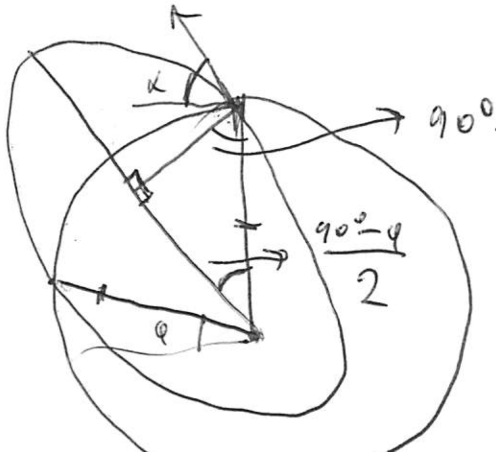
v_1 ხომ არის ცნობილი

a უკვე არის ცნობილი

$f + r = 2a$ a ხომ არის ცნობილი

ცნობილი f უკვე არის ცნობილი, f ვიცით ასევე

ცნობილი ხდება ის AB წრფის მდებარეობა



$$90° - \left(\frac{90° - φ}{2}\right) = \frac{90° + φ}{2}$$

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი
SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

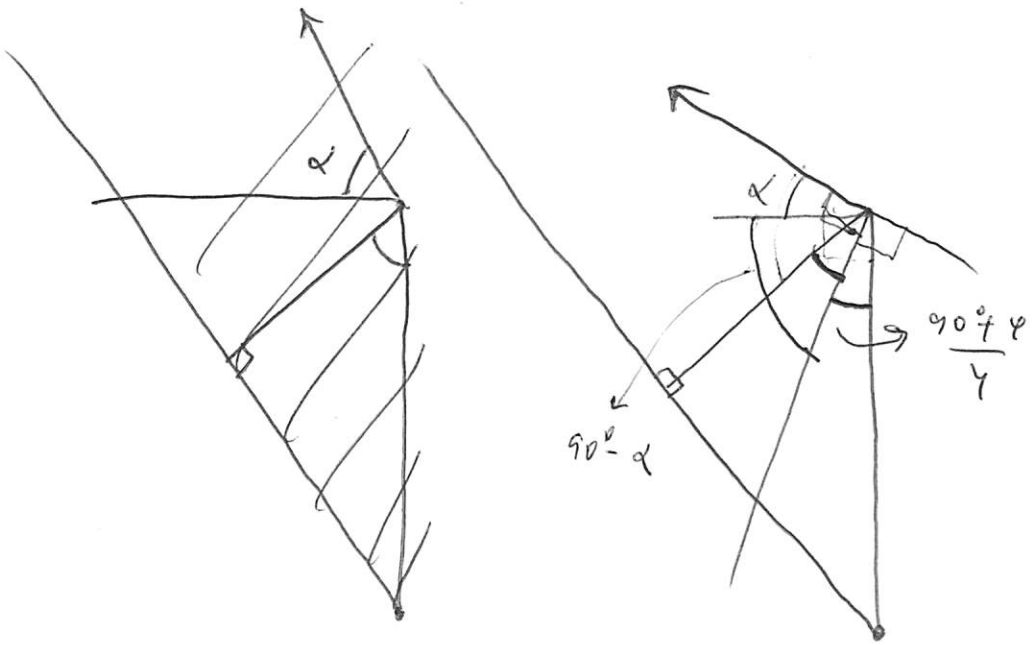
შესარჩევი ტურები ფიზიკის 47-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

მაგიდა № 16

12.04.2016/ ფიზ/I/ 025

ამოცანა № 4

გვერდი № 3



$$90° - \alpha + \frac{90° + \varphi}{4} = 90°$$

$$\Rightarrow \quad \alpha = \frac{90° + \varphi}{4}$$

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი
SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

შესარჩევი ტურები ფიზიკის 47-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

მაგიდა № 16

12.04.2016/ ფიზ/I/ 075

ამოცანა № 3

გვერდი № 4

ბ)

$$\frac{mv_1^2}{2} - G\frac{mM}{R} = -\frac{GmM}{2a}$$

$$R\sin\left(\frac{90^\circ-\varphi}{2}\right) = f \qquad R+f = 2a \Rightarrow a = \frac{R+f}{2}$$

$$\frac{v_1^2}{2} = \frac{GM}{R} - \frac{GM}{2a} = \frac{GM}{R} - \frac{GM}{2\left(\frac{R+f}{2}\right)} = \frac{GM}{R} - \frac{aM}{R+f}$$

$$v_1^2 = 2GM\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+f}\right) = 2GM\frac{1}{R}\left(1 - \frac{1}{1+\sin\left(\frac{90-\varphi}{2}\right)}\right)$$

$$\alpha = \frac{90^\circ+\varphi}{2} \qquad 2\alpha - 90^\circ = \varphi \qquad \sin\left(\frac{90^\circ-(2\alpha-90^\circ)}{2}\right) =$$

$$= \sin\left(\frac{90^\circ-2\alpha+90^\circ}{2}\right) =$$

$$= \sin\left(\frac{180^\circ-2\alpha}{2}\right) = \sin\left(90^\circ-\alpha\right) = \cos\alpha$$

$g = \frac{GM}{R^2}$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2aM}{R}\left(1 - \frac{1}{1+\cos\alpha}\right)} = \sqrt{2g\left(\frac{\cos\alpha}{1+\cos\alpha}\right)R}$$

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი
SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

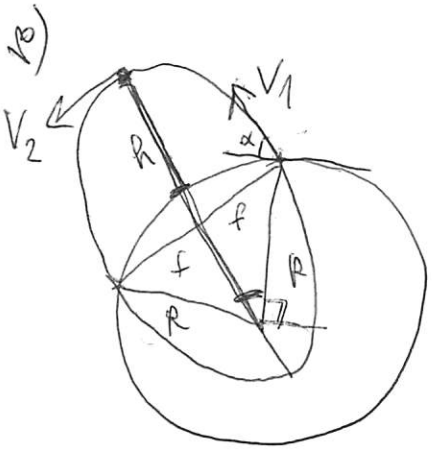
შესარჩევი ტურები ფიზიკის 47-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

მაგიდა № 16

12.04.2016/ ფიზ/I/ 025

ამოცანა № 4

გვერდი № 5



$$-G\frac{mM}{R+f} = \frac{mV_2^2}{2} - G\frac{mM}{R+h}$$

$$V_1 \cos\alpha R = V_2 (R+h)$$

$$-\frac{GmM}{R+f} = \frac{m}{2}\frac{V_1^2\cos^2\alpha R^2}{(R+h)^2} - G\frac{mM}{R+h}$$

$$-\frac{GM}{R+R\cos 2\alpha} = \frac{V_1^2\cos^2\alpha R^2}{2(R+h)^2} - \frac{GM}{R+h} =$$

$$= \frac{2GM\cos^2 2\alpha}{R(1+\cos 2\alpha)} \cdot \frac{\cos^2\alpha R^2}{2(R+h)^2} - \frac{GM}{R+h}$$

$$-\frac{1}{R(1+\cos 2\alpha)} = \frac{\cos 2\alpha \cos^2\alpha R}{(1+\cos 2\alpha)(R+h)^2} - \frac{1}{R+h} = \frac{R\cos^2\alpha\cos 2\alpha - (1+\cos 2\alpha)(R+h)}{(R+h)^2(1+\cos 2\alpha)}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{(R+h)(\cos 2\alpha + 1) - R\cos^2\alpha\cos 2\alpha}{(R+h)^2} \Rightarrow$$

$$(R+h)^2 - (R+h)(1+\cos 2\alpha)R + R^2\cos^2\alpha\cos 2\alpha = 0$$

$$\Rightarrow R+h = \frac{R(1+\cos 2\alpha) \pm \sqrt{(R(1+\cos 2\alpha))^2 - 4R^2\cos^2\alpha\cos 2\alpha}}{2}$$

$$h = \frac{R(\cos 2\alpha - 1) \pm \sqrt{(R(1+\cos 2\alpha))^2 - 4R^2\cos^2\alpha\cos 2\alpha}}{2}$$

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი
SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

შესარჩევი ტურები ფიზიკის 47-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

მაგიდა № 16

12.04.2016/ ფიზ/I/ 075

ამოცანა № 4

გვერდი № 6

$$h = \frac{R}{2}\left(\cos 2\alpha - 1 \pm \sqrt{(1+\cos 2\alpha)^2 - 4\cos^2\alpha \cos 2\alpha}\right)$$

$$\alpha = \frac{90^\circ + \varphi}{4}$$

$$h = \frac{R}{2}\left(\cos\left(\frac{90^\circ+\varphi}{2}\right) - 1 \pm \sqrt{\left(1+\cos\left(\frac{90^\circ+\varphi}{2}\right)\right)^2 - 4\cos^2\left(\frac{90^\circ+\varphi}{4}\right)\cos\left(\frac{90^\circ+\varphi}{2}\right)}\right)$$

$$h = \frac{R}{2}\left(\cos\left(\frac{90^\circ+\varphi}{2}\right) - 1 + \sqrt{\left(1+\cos\frac{90^\circ+\varphi}{2}\right)^2 - 4\cos^2\left(\frac{90^\circ+\varphi}{4}\right)\cos\left(\frac{90+\varphi}{2}\right)}\right)$$

$$\left(\cos\frac{90^\circ+\varphi}{2} - 1 + \sqrt{\left(1+\cos\frac{90^\circ+\varphi}{2}\right)^2 - 4\cos^2\left(\frac{90^\circ+\varphi}{4}\right)\cos\left(\frac{90^\circ+\varphi}{2}\right)}\right)'_\varphi = 0$$

ისევ ვიპოვით φ ცვლადზე.