შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი
SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

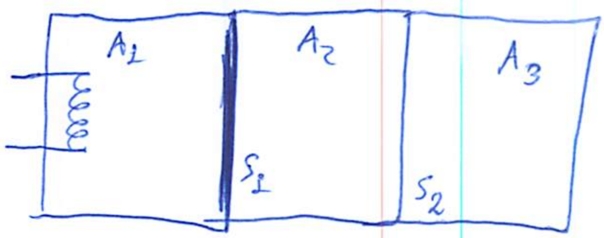
შესარჩევი ტურები ფიზიკის 45-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

მაგიდა № 7

07.05.2014/ ფიზ/IV/PH417

ამოცანა № 1

გვერდი № 1



რადგანაც დგუშები ~~სწრაფად~~ მდგომარეობს, ამიტომ ყველა აირის წნევები ტოლი უნდა იყოს, წინააღმდეგ შემთხვევაში დგუშები არ გაჩერდება.

ანუ საბოლოოდ $P_1 = P_2 = P_3 \equiv P$.

და რადგან S_2 დგუში კარგი გამტარებელია A_2 და A_3 ნაწილში აირების ტემპერატურა იქნება. $T_2 = T_3 = \frac{9T_0}{4}$

ვინაიდან A_2-ს და A_3 აირების მოცულობა იქნება

რადგან ყველგან $V\frac{PV}{T} = \nu R \Rightarrow \boxed{V = \frac{\nu RT}{P}}$

ანუ $V_2 = V_3 \equiv V$; ხოლო $V_1 = 3V_0 - 2V$

რადგან S_1 იზოლირებულია, ამიტომ A_2 და A_3-ში მოთავსებულ აირებს ჰქონდეს სითბო არ ეცვლება, ამიტომ ვიყენებთ პუასონის ადიაბატის განტოლებას.

$T_0 (2V_0)^{\gamma-1} = \frac{9}{4} T_0 (2V)^{\gamma-1}$: სადაც $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{5}{3}$

$V_0^{2/3} = \frac{9}{4} V^{2/3} \Rightarrow \sqrt[3]{V_0} = \frac{3}{2}\sqrt[3]{V} \Rightarrow V = \frac{8}{27} V_0$

ამიტომ $V_1 = 3V_0 - 2V = 3V_0 - \frac{16}{27} V_0 = \frac{65}{27} V_0$

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი
SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

შესარჩევი ტურები ფიზიკის 45-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

მაგიდა № 7

07.05.2014/ ფიზ/IV/PH 427

ამოცანა № 1

გვერდი № 2

ვიპოვოთ P. გამოვიყენოთ $\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{PV_2}{\frac{9}{4}T_0}$

$PV_2 = \frac{9}{4}P_0V_0 \Rightarrow P = \frac{9}{4}P_0 \cdot \frac{V_0}{\frac{8}{27}V_0} = \frac{243}{32}P_0$

ვიპოვოთ T_1

$\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{PV_1}{T_1} \Rightarrow T_1 = \frac{P}{P_0}\frac{V_1}{V_0} \cdot T_0 = \frac{243}{32} \cdot \frac{65}{27} T_0 = \frac{585}{32} T_0$

შევადგინოთ ცხრილი

$P_1 = \frac{243}{32}P_0$	$P_2 = \frac{243}{32}P_0$	$P_3 = \frac{243}{32}P_0$
$V_1 = \frac{65}{27}V_0$	$V_2 = \frac{8}{27}V_0$	$V_3 = \frac{8}{27}V_0$
$T_1 = \frac{585}{32}T_0$	$T_2 = \frac{9T_0}{4}$	$T_3 = \frac{9T_0}{4}$

~~რადგან~~ A_3-ში მოთავსებული აირის მიერ შესრულებული მუშაობა A_2 და A_3-ში აირების შიგა ენერგიის ნაზრდის ტოლია $A_1 = \Delta U = \frac{2\nu R}{\gamma - 1}(T_2 - T_0) =$ $\quad \nu = 1$ მოლი

$= 3\nu R \cdot \frac{5}{4} T_0$ გავითვალისწინოთ რომ $\nu R T_0 = P_0V_0$

მივიღებთ $A_1 = \frac{15}{4} P_0V_0$

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი
SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

შესარჩევი ტურები ფიზიკის 45-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

მაგიდა № 7

07.05.2014/ ფიზ/IV/PH414

ამოცანა № 1

გვერდი № 3

რაც A_2 აირმა სისტემიდან სითბო მიიღო, ის სითბო მოხმარდა გარე სხეულზე მუშაობის შესრულებას და აირის შინაგანი ენერგიის ზრდას.

$$Q = A_2 + \Delta U'$$

$$\Delta U' = \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_0) = \frac{3}{2}\nu R \cdot \frac{553}{32} T_0 = \frac{553 \cdot 3}{2 \cdot 32} P_0 V_0$$

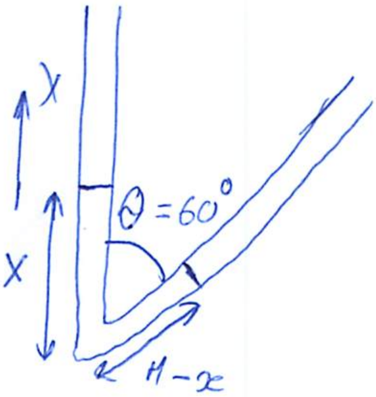
ამიტომ $Q = \frac{1899}{64} P_0 V_0$

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი
SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

შესარჩევი ტურები ფიზიკის 45-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

მაგიდა № 7	07.05.2014/ ფიზ/IV/PH417
ამოცანა № 2	გვერდი № 4



განვიხილოთ შემთხვევა, როცა სწორ მუხლში წყალი არის x სიმაღლეზე, ხოლო დახრილ მუხლში კი $(H-x)$-ზე მაშინ სწორ მუხლში დარჩენილი წყალი ცდილობს წყლის დონის აწევას დახრილ მუხლში. ხოლო დახრილი კი პირიქით.

ამიტომ თუ x ღერძს ვერტიკალურად ზევით მივმართავთ გვექნება

$$ma_x = mg\frac{H-x}{H}\cos\theta - mg\frac{x}{H} \quad ; \quad a_x = \ddot{x}$$

ამიტომ $\ddot{x} = g\cos\theta - \frac{g}{H}x\cos\theta - \frac{g}{H}x = g\cos\theta - \frac{g}{H}(1+\cos\theta)x$

თუ განტოლების ორივე მხარეს გავამრავლებთ $\left(-\frac{g}{H}(1+\cos\theta)\right)$-ზე

მივიღებთ $\ddot{\left(g\cos\theta - \frac{g}{H}(1+\cos\theta)x\right)} = -\frac{g}{H}(1+\cos\theta)\left(g\cos\theta - \frac{g}{H}(1+\cos\theta)x\right)$

თუ $g\cos\theta - \frac{g}{H}(1+\cos\theta)x \equiv y$ მივიღებთ $\ddot{y} = -\frac{g}{H}(1+\cos\theta)y$

ეს კი რხევის განტოლებაა, სადაც $\omega^2 = \frac{g}{H}(1+\cos\theta) = \frac{3g}{2H}$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{2H}{3g}}$$

ვფიქრობ ეს არ ყოფილა პერიოდი. რადგან ჩემ მიერ დაწერილი განტოლება მუშაობს მანამ სანამ $x > 0$

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი
SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

შესარჩევი ტურები ფიზიკის 45-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

მაგიდა № 7

07.05.2014/ ფიზ/IV/PH417

ამოცანა № 2

გვერდი № 5

ამასთან, რომ ვიპოვე გამოსახულება ამ რაოდენობა ~~...~~ ხერხი x t-ის ტოლი. გამოვიყენოთ x(t) დამოკიდებულება.

ჩვენ ვიცით რომ $y = c_1 \sin\omega t + c_2 \cos\omega t$

$$t=0 \quad \left.\begin{cases} y_0 = -g \\ \left(\frac{dy}{dt}\right)_{t=0} = 0 \end{cases}\right\} \Rightarrow c_2 = -g; \quad c_1 = 0.$$

$$g\cos\theta - \frac{g}{M}(1+\cos\theta)x = -g\cos\omega t$$

$$\frac{g}{2} - \frac{3g}{2M}x = -g\cos\omega t$$

აქ x-ს ჩავსვამთ $x=0$ მაშინ გამოვა $\cos\omega t_0 = -\frac{1}{2}$

$\Rightarrow \omega t_0 = \frac{2\pi}{T} t_0 = \frac{2\pi}{3} \Rightarrow t_0 = \frac{T}{3}$ აქედან ვხედავთ, რომ ნახევარი პერიოდის განმავლობაში სანამ ბურთულა დახრილ მხარეში ამოძრავდა. სრული ნახევარი პერიოდი იქნება $T' = 2t_0 + t'$ (t' არის დრო რომელიც დახრილ მხარეში ასვლა-ჩამოსვლაზე იხარჯება)

ამასთან, რომ ვიპოვოთ დრო ჯერ ვიპოვოთ ბურთულის სიჩქარე მაშინ, როცა ის დახრილ მხარეში ასვლას იწყებს.

$$|v| = \left|\frac{dx}{dt}\right| = \frac{2M\omega}{3}\sin\omega t_0 = \frac{2M\omega}{3}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{M\omega}{\sqrt{3}}$$

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

შესარჩევი ტურები ფიზიკის 45-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

მაგიდა № 7

07.05.2014/ ფიზ/IV/PH417

ამოცანა № 2

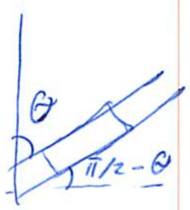
გვერდი № 6

ახლა ნული არის v_0 ტანის სიჩქარეზე ამიტომ [illegible]

აჩქარება

$-g\cos\theta =$

$= -\frac{g}{2}$



ამიტომ $t' = 2 \cdot \frac{v_0}{g\cos\theta} = \frac{4v_0}{g}$

საერთო $T' = \frac{2T}{3} + \frac{4v_0}{g} = \frac{4H\omega}{\sqrt{3}\,g} + \frac{2T}{3}$

შევიტანოთ 1ს, რომ $\omega = \sqrt{\frac{3g}{2H}}$

გამოვა $T' = \frac{4H}{\sqrt{3}\,g} \cdot \sqrt{\frac{3g}{2H}} + \frac{4\pi}{3}\sqrt{\frac{2H}{3g}} =$

$= \sqrt{\frac{8H}{g}} + \frac{4\pi}{3}\sqrt{\frac{2H}{3g}}$

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი
SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

შესარჩევი ტურები ფიზიკის 45-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

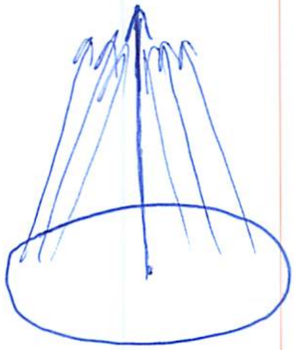
მაგიდა № 7

07.05.2014/ ფიზ/IV/PH417

ამოცანა № 3

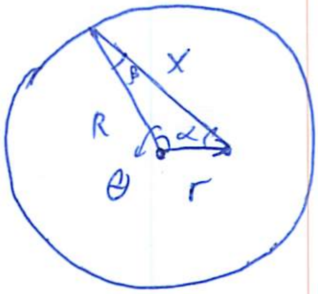
გვერდი № 7

1.1



ცვილის ღერძზე x. ველი ვერტიკალური იქნება ხოლო გვერდებში კი დახრილი ასიმეტრიულ ~~[illegible]~~ ცვილის ფორმა [illegible] გვექნება

1.2



პირველ რიგში დავიწყოთ x-ის დამოკიდებულება α კუთხეზე.

sin-ების თეორემით

$$\frac{r}{\sin\beta} = \frac{R}{\sin\alpha} \Rightarrow \sin\beta = \frac{r}{R}\sin\alpha$$

რადგან $r << R$ ამიტომ $\sin\beta \approx \beta = \frac{r}{R}\sin\alpha$

cos-თეორემით. $x^2 = R^2 + r^2 - 2rR\cos\theta = R^2 + r^2 + 2rR\cos(\alpha+\beta)$

r^2 მეორე რიგის სიმცირეა, ამიტომ [illegible].

$$x^2 \approx R^2 + 2rR\cos(\alpha+\beta) = R^2\left(1 + \frac{2r}{R}\cos(\alpha+\beta)\right)$$

$$\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta \approx \cos\alpha - \beta\sin\alpha \quad (\cos\beta \approx 1)$$

$$x^2 = R^2\left(1 + \frac{2r}{R}\cos\alpha - \frac{2r}{R}\beta\sin\alpha\right)$$

$r\beta$ ნამრავლი მეორე რიგის სიმცირეა, ამიტომ მას [illegible] [illegible]

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი
SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

შესარჩევი ტურები ფიზიკის 45-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

მაგიდა № 7

07.05.2014/ ფიზ/IV/PH 417

ამოცანა № 3

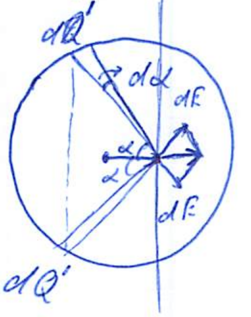
გვერდი № 8

$$x \approx R\sqrt{1+\frac{2r}{R}\cos\alpha} = R\left(1+\frac{2r}{R}\cos\alpha\right)^{1/2}$$

გამოვიყენოთ მიახლოებითი ფორმულა

$$x = R\left(1+\frac{1}{2}\cdot\frac{2r}{R}\cos\alpha\right) = R\left(1+\frac{r}{R}\cos\alpha\right)$$

ახლა განვიხილოთ [illegible]



გავყოთ რგო 2 ნაწილად. [illegible] მუხტები
[illegible] ნაწილები ქმნის [illegible]
[illegible], [illegible] ნაწილები
მუხტები. [illegible] და [illegible]
[illegible]. [illegible] ველი [illegible]
[illegible] r-ის [illegible].

ამიტომ $E = \int 2dE\cos\alpha$ [illegible] $\alpha \in (0;\frac{\pi}{2}) \cup (\frac{3\pi}{2};2\pi)$
[illegible] ველი

რომ [illegible] $\alpha \in (\pi/2;\frac{3\pi}{2})$ [illegible], [illegible]
[illegible] ველი.

$$dE = k\frac{dq}{x^2} = \frac{k}{x^2}\cdot Q\cdot\frac{x\,d\alpha}{2\pi R} = \frac{kQ\cdot d\alpha}{2\pi R x}$$

$$E = \int 2\cdot\frac{kQ\,d\alpha}{2\pi R x}\cos\alpha = \frac{kQ}{\pi R^2}\int\frac{\cos\alpha\cdot d\alpha}{1+\frac{r}{R}\cos\alpha} \approx$$

$$\approx \frac{kQ}{\pi R^2}\int\left(1-\frac{r}{R}\cos\alpha\right)\cos\alpha\cdot d\alpha$$

გამოვიყენოთ 1C ფაქტი, რომ $\int \cos\alpha \cdot d\alpha = \sin\alpha$

$\cos^2\alpha = \frac{1+\cos 2\alpha}{2}$ რაც საბოლოოდ მოგვცემს $|E| = \frac{kQ}{2R^3} r = \frac{Q}{8\pi\varepsilon_0 R^3} r$

$\vec{E} = -\vec{r} \cdot \frac{Q}{8\pi\varepsilon_0 R^3}$ „–" იმიტომ წერია, რომ ველის ნიშანი მიუთითებს, უკვე ... და ჩვენი ველი $\vec{r}$-ის საწინააღმდეგო მხარეს.

1.3

აქ განვიხილოთ მცირე კუთხის φ გადახრა. მაშინ მომენტი ღეროს დაკიდების წერტილის მიმართ. $M = mg \cdot l\varphi + q|E| \cdot l = J\varepsilon = -J\varphi''$

$\varepsilon = -\varphi''$ რადგან მომენტი წონასწორობისკენ აბრუნებს კუთხეს.

$J = ml^2 \Rightarrow mgl\varphi + ql\frac{Q}{8\pi\varepsilon_0 R^3} l\varphi = -ml^2\varphi''$

$-\varphi'' = \varphi\left(\frac{g}{l} + \frac{qQ}{8\pi\varepsilon_0 R^3 m}\right)$ $\qquad T = \frac{2\pi}{\omega}$

აქედან $\sqrt{\frac{g}{l} + \frac{qQ}{8\pi\varepsilon_0 R^3 m}} = \omega$ ესაა რხევის კუთხური სიხშირე

თუ $\omega = 0 \Rightarrow \frac{g}{l} = -\frac{qQ}{8\pi\varepsilon_0 R^3 m} \Rightarrow q = -\frac{8\pi\varepsilon_0 R^3 g m}{Ql}$

SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

შესარჩევი ტურები ფიზიკის 45-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

მაგიდა № 7

07.05.2014/ ფიზ/IV/ PH417

ამოცანა № 3

გვერდი № 10

ამიტომ ჩხირი არ შეტრიალდება თუ $q < -\frac{8\pi\varepsilon_0 R^3 g m}{Q\ell}$

1.4

თუ მუხტი არ არის მაშინ $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} = \frac{2\pi}{\omega_0}$

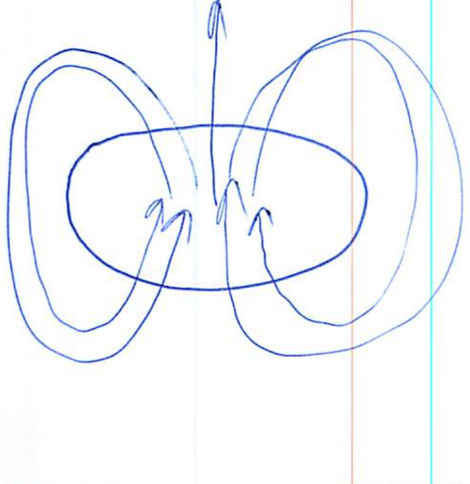
$$\frac{T}{T_0} = \frac{\omega_0}{\omega} = \sqrt{\frac{\frac{g}{\ell}}{\frac{g}{\ell} + \frac{qQ}{8\pi\varepsilon_0 R^3 m}}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{qQ\ell}{8\pi\varepsilon_0 g R^3 m}}}$$

ჩვენ შემთხვევაში $m = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3$

ხ: (ელექტრული ძაბვისა) შემდეგი სფეროების პოტენციალი

$U = k\frac{2q}{d} \Rightarrow q = \frac{dU}{2k}.$

2.1



შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი
SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

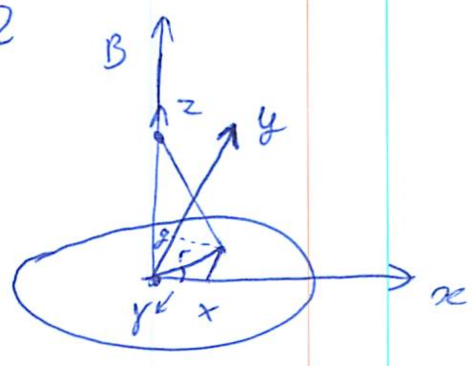
შესარჩევი ტურები ფიზიკის 45-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

მაგიდა № 7

07.05.2014/ ფიზ/IV/PH417

ამოცანა № 3

2.2



მაგნიტ ველის ნაწილაკზე მოქმედი ძალა.

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

მისი გეგმილი x და y ღერძებზე

$$F_x = q(\vec{v} \times \vec{B})_x = q(v_y B_z - B_y v_z) = q v_y B_z = q v_y B$$

$$F_y = q(\vec{v} \times \vec{B})_y = q(v_z B_x - B_z v_x) = -q v_x B_z = -q v_x B$$

$r = \sqrt{x^2+y^2}$; $\varphi \approx \dfrac{\sqrt{x^2+y^2}}{l}$ (მცირე კუთხეები).

mg-ს გეგმილი xy სიბრტყეზე არის $mg \cdot \varphi = mg \dfrac{\sqrt{x^2+y^2}}{l}$

ხოლო მისი გეგმილები x და y ღერძებზე $(mg)_x = -mg \dfrac{\sqrt{x^2+y^2}}{l} \cos\alpha =$

$$= -\frac{mg\sqrt{x^2+y^2}}{l} \frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}} = -\frac{mg \cdot x}{l}$$

$$(mg)_y = -\frac{mgy}{l}.$$

ნიუტონის II კანონი
$$\begin{cases} ma_x = (mg)_x + F_x = -\dfrac{mgx}{l} + q v_y B \\ ma_y = (mg)_y + F_y = -\dfrac{mgy}{l} - q v_x B \end{cases}$$

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

შესარჩევი ტურები ფიზიკის 45-ე საერთაშორისო ოლიმპიადისათვის

მაგიდა № 7

07.05.2014/ ფიზ/IV/ PH417

ამოცანა № 3

გვერდი № 12

[illegible]
$$\begin{cases} a_x = -\frac{g}{l}x + \frac{q v_y B}{m} \\ a_y = -\frac{g}{l}y - \frac{q v_x B}{m} \end{cases}$$

ამ აჩქარებაში I წევრი ქანქარის სიხშირეა, ხოლო მე-2 წევრები კი სისტემის ბრუნვის ~~[illegible]~~ კუთხურ სიჩქარის [illegible].

[illegible] [illegible] [illegible] [illegible].

თუ გავითვალისწინებთ, რომ მაგნ. ველი სიჩქარის მოდულს არ ცვლის და მხოლოდ ცენტრისკენულ აჩქარებას ანიჭებს, მივიღებთ. $m\Omega^2 r = q\Omega r B \Rightarrow \Omega = \frac{qB}{m}$

როგორც ვხედავთ $\Omega = const$

ხოლო ვიცით, რომ $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$