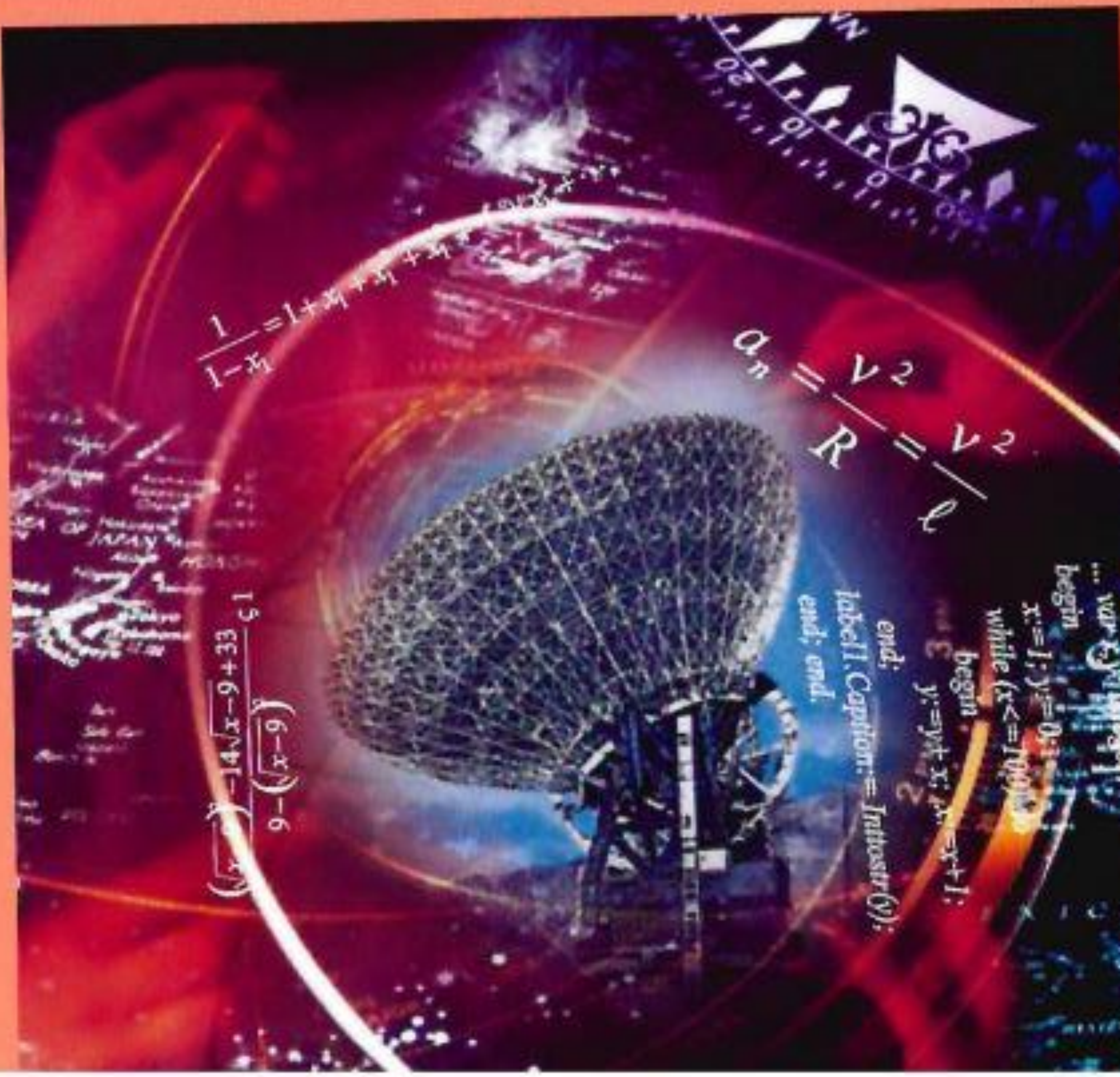
ISSN 2091-5586

FIZIKA, MATEMATIKA va INFORMATIKA

2/2022



ТАЪЛИМ ТИЗИМИДА ЎҚИТИЛАДИГАН ФИЗИКА ФАНИДАН МАСАЛАЛАР ЕЧИШ МЕТОДИКАСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

М.Б.Дусмуратов, *ТВЧДПИ ўқитувчиси*

Ушбу мақолада ҳавонинг қаршилиги ҳамда оғирлик кучи таъсирида вертикал ҳаракат қилаётган жисмнинг ҳаракат қонунлари ўрганилган ва уларга доир масалалар ишлаб кўрсатилган.

Калит сўзлар: *Эркин тушиш тезланиши, ҳаракат тенгламаси; тезлик тенгламаси; интеграллаш; интеграл чегаралари; ҳавонинг қаршилиги.*

Данная статья посвящена изучению закона движения тела, движущегося под действием силы сопротивления воздуха и тяготения, и некоторые решенные задачи относятся к этой теме.

Ключевые слова: *Ускорение свободного падения; уравнение движения; скорость движения; взять интеграл; пределы интеграла; сопротивление воздуху.*

This article is devoted to the learning law of motion of a body moving under resistive force of an air and fravity and some problems solved belongs this topic.

Key words: *Free falling acceleration; the equation of motion; velocity of motion; to take integral; limits of integral; resistance of an air.*

Маълумки, умумтаълим ўрта мактабларининг юқори синфлари ва академик лицей ҳамда олий таълим муасссасаларида ўқувчи ва талабаларига эркин тушаётган ёки тик юқорига отилган жисмнинг ҳаракатини ўрганиш мавзуларида ҳавонинг қаршилиги эътиборга олинмаган ҳол учун, яъни фақат оғирлик кучи таъсири остидаги жисм ҳаракати ўқитилади. Олий таълим муассасаларида ҳам бу масала чуқурлаштириб дифференциал ва вектор кўринишларида ўқитилади. Аслида, ҳавонинг қаршилиги эътиборга олинадиган ҳолдаги ҳаракати ҳақиқатга анча яқин бўлиб, бунга эса олий таълим муассасаларида кам эътибор берилади. Шунинг учун ҳам оғирлик кучи ва ҳавонинг қаршилигини биргаликда эътиборга олинган ҳолдаги жисмнинг ҳаракатини ўрганиш талабаларни реал вазиятга анча яқинлаштиради.

Биламизки, муҳитнинг қаршилиги тезликнинг биринчи даражасига ёки иккинчи даражасига тўғри пропорционал бўлиши мукин. Лекин, ҳаво билан содир бўладиган ҳодисаларда (автомобил ҳаракатини ўрганишда, авиацияда, ҳарбий техникада парашют, ўқ, снаряд ва бошқаларни ўрганишда) қаршилик кучини тезликнинг иккинчи даражасига пропорционал деб қаралади. Биз ушбу мақолада айнан шу ҳол учун ер сиртидан тик ҳолда юқорига отилган жисм ҳамда бирор баландликдан пастга ташланган жисм ҳаракатини алоҳида-алоҳида ўрганамиз ва уларга оид масалалар ишлаймиз.

I. Дастлаб, жисм ϑ_0 бошланғич тезлик билан тик ҳолда юқорига отилган ҳол учун жисмнинг $y=y(t)$ ҳаракат тенгламасини, $\vartheta=\vartheta(t)$ оний тезлик тенгламасини ҳамда ихтиёрий h баландликдаги ϑ тезлигини аниқлайдиган формулани келтириб чиқарамиз ва уларга доир бир неча масалалар ечамиз.

Ньютоннинг 2-қонунига кўра $m\ddot{y}=-mg-\beta\vartheta^2$ бўлади [1]. Бу дифференциал тенгламани қуйидаги кетма-кетликда ечиш орқали вақт формуласини аниқлаймиз.

$$m\frac{d\vartheta}{dt}=-\left(mg+\beta\vartheta^2\right),\ \rightarrow\ \ dt=-\frac{md\vartheta}{mg+\beta\vartheta^2}=-\frac{m}{\beta}\cdot\frac{d\vartheta}{\vartheta^2+\frac{mg}{\beta}},\rightarrow$$

$$t=\int_0^t dt=-\frac{m}{\beta}\cdot\int_{\vartheta_0}^{\vartheta}\frac{d\vartheta}{\vartheta^2+\frac{mg}{\beta}}=-\frac{m}{\beta}\cdot\sqrt{\frac{\beta}{mg}}\cdot arctg\left(\sqrt{\frac{\beta}{mg}}\cdot\vartheta\right)\Bigg|_{\vartheta_0}^{\vartheta}=$$

$$=-\sqrt{\frac{m}{\beta g}}\cdot\left[arctg\left(\sqrt{\frac{\beta}{mg}}\cdot\vartheta\right)-arctg\left(\sqrt{\frac{\beta}{mg}}\cdot\vartheta_0\right)\right]=\sqrt{\frac{m}{\beta g}}\cdot arctg\left(\frac{\sqrt{\frac{\beta}{mg}}(\vartheta_0-\vartheta)}{1+\frac{\beta}{mg}\vartheta_0\vartheta}\right)$$

Шундай қилиб, ер сиртидан тик юқорига ϑ_0 бошланғич тезлик билан тик ҳолда юқорига отилган жисмнинг ихтиёрий ϑ тезликка эга бўлиш вақт онини ушбу формула ёрдамида аниқлаш мумкин экан [1], [2].

$$t=\sqrt{\frac{m}{\beta g}}\cdot arctg\left(\frac{\sqrt{\beta mg}\left(\vartheta_0-\vartheta\right)}{mg+\beta\vartheta_0\vartheta}\right)\qquad(I.1)$$

Бу формуладан фойдаланиб, жисмнинг кўтарилиш вақтини ҳам аниқлашимиз мумкин. Бунда $\vartheta=0$ бўлишини эътиборга олиш кифоя қилади.

$$t_k=\sqrt{\frac{m}{\beta g}}\cdot arctg\left(\sqrt{\frac{\beta}{mg}}\,\vartheta_0\right)\qquad(I.2)$$

(I.1) формуладан фойдаланиб жисмнинг кўтарилгунгача бўлган ихтиёрий тезлигини вақтга боғланиш тенгламасини ҳосил қилиш мумкин [2].

$$\sqrt{\beta mg}\cdot\left(\vartheta_0-\vartheta\right)=tg\left(\sqrt{\frac{\beta g}{m}}t\right)\cdot\left(mg+\beta\vartheta_0\vartheta\right)$$

$$\sqrt{\beta mg}\,\vartheta_0-\sqrt{\beta mg}\,\vartheta=tg\left(\sqrt{\frac{\beta g}{m}}t\right)mg+tg\left(\sqrt{\frac{\beta g}{m}}t\right)\beta\vartheta_0\vartheta$$

$$\sqrt{\beta mg}\,\vartheta_0 - mg\,tg\left(\sqrt{\frac{\beta g}{m}}t\right) = \left[\sqrt{\beta mg} + \beta\vartheta_0\,tg\left(\sqrt{\frac{\beta g}{m}}t\right)\right]\vartheta$$

$$\vartheta = \frac{\sqrt{\beta mg}\,\vartheta_0 - mg\,tg\left(\sqrt{\frac{\beta g}{m}}t\right)}{\sqrt{\beta mg} + \beta\vartheta_0\,tg\left(\sqrt{\frac{\beta g}{m}}t\right)} \qquad (I.3)$$

Энди эса жисмнинг кўтарилиш жараёнидаги тезлик ва координата орасидаги боғланишни келтириб чиқарайлик [2], [3].

$$m\ddot{y} = m\frac{d\vartheta}{dt} = m\frac{\vartheta\, d\vartheta}{dy} = -mg - \beta\vartheta^2$$

$$dy = -\frac{m\vartheta\, d\vartheta}{mg + \beta\vartheta^2} = -\frac{m}{\beta}\cdot\frac{\vartheta\, d\vartheta}{\vartheta^2 + \frac{mg}{\beta}}, \quad \rightarrow \quad \int_0^y dy = -\frac{m}{2\beta}\cdot\int_{\vartheta_0}^{\vartheta}\frac{d\left(\vartheta^2 + \frac{mg}{\beta}\right)}{\vartheta^2 + \frac{mg}{\beta}}$$

$$y = -\frac{m}{2\beta}\cdot\ln\left(\vartheta^2 + \frac{mg}{\beta}\right)\Bigg|_{\vartheta_0}^{\vartheta} = \frac{m}{2\beta}\cdot\ln\left(\frac{\vartheta_0^2 + \frac{mg}{\beta}}{\vartheta^2 + \frac{mg}{\beta}}\right) = \frac{m}{2\beta}\cdot\ln\left(\frac{mg + \beta\vartheta_0^2}{mg + \beta\vartheta^2}\right)$$

$$y = \frac{m}{2\beta}\cdot\ln\left(\frac{mg + \beta\vartheta_0^2}{mg + \beta\vartheta^2}\right) \qquad (I.4)$$

Юқоридаги формуладан фойдаланиб максимал кўтарилиш баландлигини аниқлай оламиз [3], [4].

$$y_{\max} = \frac{m}{2\beta} \cdot \ln\left(1 + \frac{\beta \vartheta_0^2}{mg}\right) \qquad \text{(I.4a)}$$

II. Энди эса жисм бирор y_0 нуқтадан ϑ_0 бошланғич тезлик билан тик ҳолда пастга отилган ҳол учун жисмнинг $y=y(t)$ ҳаракат тенгламасини, $\vartheta=\vartheta(t)$ оний тезлик тенгламасини ҳамда ихтиёрий y баландликдаги ϑ тезлигини аниқлайдиган формулани келтириб чиқарамиз ва уларга доир бир неча масалалар ечамиз.

Ньютоннинг 2-қонунига кўра $m\ddot{y} = mg - \beta\vartheta^2$ бўлади. Бу дифференциал тенгламани қуйидаги кетма-кетликда ечиш орқали вақт формуласини аниқлаймиз [1].

$$m\frac{d\vartheta}{dt} = mg - \beta\vartheta^2, \;\rightarrow\; dt = -\frac{md\vartheta}{mg - \beta\vartheta^2} = -\frac{m}{\beta} \cdot \frac{d\vartheta}{\vartheta^2 - \frac{mg}{\beta}}, \rightarrow$$

$$t = \int_0^t dt = -\frac{m}{\beta} \cdot \int_{\vartheta_0}^{\vartheta} \frac{d\vartheta}{\vartheta^2 - \frac{mg}{\beta}} = -\frac{m}{\beta} \cdot \frac{1}{2\sqrt{\frac{mg}{\beta}}} \cdot \ln\left|\frac{\vartheta - \sqrt{\frac{mg}{\beta}}}{\vartheta + \sqrt{\frac{mg}{\beta}}}\right|_{\vartheta_0}^{\vartheta} =$$

$$= \frac{1}{2}\sqrt{\frac{m}{\beta g}} \ln\left|\frac{\left(\vartheta_0 - \sqrt{\frac{mg}{\beta}}\right)\left(\vartheta + \sqrt{\frac{mg}{\beta}}\right)}{\left(\vartheta_0 + \sqrt{\frac{mg}{\beta}}\right)\left(\vartheta - \sqrt{\frac{mg}{\beta}}\right)}\right| = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{m}{\beta g}} \ln\left|\frac{\left(\sqrt{\frac{mg}{\beta}} - \vartheta_0\right)\left(\sqrt{\frac{mg}{\beta}} + \vartheta\right)}{\left(\sqrt{\frac{mg}{\beta}} + \vartheta_0\right)\left(\sqrt{\frac{mg}{\beta}} - \vartheta\right)}\right|$$

Пастга тушаётган жисмнинг эришиш мумкин бўлган энг катта тезлигида оғирлик кучи ҳавонинг қаршилик кучига тенглашади [1], [2].

$$m\ddot{y} = mg - \beta\vartheta^2 = 0, \ \rightarrow \ mg = \beta\vartheta_{\max}^2, \ \vartheta_{\max} = \sqrt{\frac{mg}{\beta}}$$

Шундай қилиб, бирор ϑ_0 бошланғич тезлик билан пастга отилган жисмнинг ихтиёрий ϑ тезликка эришиш вақтини қуйидагича ёзиш мумкин [4], [5].

$$t = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{m}{\beta g}}\ln\left|\frac{\left(\sqrt{\frac{mg}{\beta}} - \vartheta_0\right)\left(\sqrt{\frac{mg}{\beta}} + \vartheta\right)}{\left(\sqrt{\frac{mg}{\beta}} + \vartheta_0\right)\left(\sqrt{\frac{mg}{\beta}} - \vartheta\right)}\right| = \frac{\vartheta_{\max}^2}{2g}\ln\left|\frac{(\vartheta_{\max} - \vartheta_0)(\vartheta_{\max} + \vartheta)}{(\vartheta_{\max} + \vartheta_0)(\vartheta_{\max} - \vartheta)}\right|$$

(II.1)

Юқоридаги формуладан фойдаланиб эркин ташланган жисм учун ҳам формула ҳосил қилиш мумкин [1], [4], [5].

$$t = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{m}{\beta g}}\ln\left|\frac{\sqrt{\frac{mg}{\beta}} + \vartheta}{\sqrt{\frac{mg}{\beta}} - \vartheta}\right| = \frac{\vartheta_{\max}^2}{2g}\ln\left|\frac{\vartheta_{\max} + \vartheta}{\vartheta_{\max} - \vartheta}\right| \qquad \text{(II.2)}$$

Ньютоннинг дифференциал кўринишдаги иккинчи қонунини ечиш орқали жисмнинг y координатаси ва ϑ тезлигини боғлаган тенгламани аниқлаш мумкин [2], [3].

$$m\frac{\vartheta d\vartheta}{dy} = mg - \beta\vartheta^2, \ \rightarrow \ dy = \frac{m\vartheta d\vartheta}{mg - \beta\vartheta^2} = -\frac{m}{\beta}\cdot\frac{\vartheta d\vartheta}{\vartheta^2 - \frac{mg}{\beta}}, \ \rightarrow$$

$$s=\int_{y_0}^{y} dy = y - y_0 = -\frac{m}{2\beta}\cdot\int_{\vartheta_0}^{\vartheta}\frac{d\left(\vartheta^2-\frac{mg}{\beta}\right)}{\vartheta^2-\frac{mg}{\beta}} = -\frac{m}{2\beta}\cdot\ln\left|\vartheta^2-\frac{mg}{\beta}\right|\Bigg|_{\vartheta_0}^{\vartheta} =$$

$$= -\frac{m}{2\beta}\cdot\ln\left|\frac{\vartheta^2-\frac{mg}{\beta}}{\vartheta_0^2-\frac{mg}{\beta}}\right| = -\frac{m}{2\beta}\cdot\ln\left|\frac{\frac{mg}{\beta}-\vartheta^2}{\frac{mg}{\beta}-\vartheta_0^2}\right| = -\frac{m}{2\beta}\cdot\ln\left|\frac{\vartheta_{\max}^2-\vartheta^2}{\vartheta_{\max}^2-\vartheta_0^2}\right|$$

$$y = y_0 - \frac{m}{2\beta}\cdot\ln\left|\frac{\frac{mg}{\beta}-\vartheta^2}{\frac{mg}{\beta}-\vartheta_0^2}\right| = y_0 - \frac{\vartheta_{max}^2}{2g}\cdot\ln\left|\frac{\vartheta_{\max}^2-\vartheta^2}{\vartheta_{\max}^2-\vartheta_0^2}\right| \qquad \text{(II.3)}$$

Юқоридаги формулани эркин ташланган жисм учун ҳам қўллаш мумкин [1], [5].

$$y = y_0 - \frac{m}{2\beta}\cdot\ln\left|1-\frac{\beta\vartheta^2}{mg}\right| = y_0 - \frac{\vartheta_{max}^2}{2g}\cdot\ln\left|1-\left(\frac{\vartheta}{\vartheta_{\max}}\right)^2\right| \qquad \text{(II.3a)}$$

(II.3) формулани бир неча математик алмаштиришлар бажариш натижасида тезликни аниқлаш формуласига эга бўламиз [4].

$$\vartheta = \sqrt{\frac{mg}{\beta}-\left(\frac{mg}{\beta}-\vartheta_0^2\right)\cdot e^{-\frac{2\beta(y-y_0)}{m}}} = \sqrt{\vartheta_{\max}^2-\left(\vartheta_{\max}^2-\vartheta_0^2\right)\cdot e^{-\frac{2g(y-y_0)}{\vartheta_{\max}^2}}}$$

(II.4)

Юқоридаги формулани эркин ташланган жисм учун ҳам қўллаш мумкин.

$$\vartheta = \sqrt{\frac{mg}{\beta} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2\beta(y-y_0)}{m}}\right)} = \vartheta_{\max}\sqrt{1 - e^{-\frac{2g(y-y_0)}{\vartheta_{\max}^2}}} \qquad \text{(II.4a)}$$

III. Энди эса юқорида келтириб чиқарилган барча формулалар юзасидан бир неча масалалар ишлаш орқали билимларимизни мустаҳкамлаб оламиз.

1-масала: Массаси 2 *кг* бўлган жисм вертикал ҳолда тик юқорига 60 м/с тезлик билан отилган. Бу жисмнинг тезлиги $\vartheta\ [m/s]$ га тенг бўлганда $R = 0{,}01\vartheta^2\ [N]$ га тенг бўлган ҳаво қаршилигига учрайди. Неча секунддан кейин бу жисм ўзининг энг юқориги нуқтасига эришади? Максимал кўтарилиш баландлиги қандай [4], [5].

Ечиш: Бу масалани ечиш учун юқорида келтириб чиқарилган (I.2) ҳамда (I.4a) формулаларидан фойдаланамиз.

$$t_k = \sqrt{\frac{m}{\beta g}} \cdot arctg\left(\sqrt{\frac{\beta}{mg}}\,\vartheta_0\right) = \sqrt{\frac{2kg}{0{,}01\frac{kg}{m}\cdot 9{,}8\frac{m}{s^2}}} \cdot arctg\left(\sqrt{\frac{0{,}01\frac{kg}{m}}{2kg\cdot 9{,}8\frac{m}{s^2}}}\cdot 60\frac{m}{s}\right) =$$

$$= 4{,}517s \cdot 0{,}935 = 4{,}224s.$$

$$h_{\max} = \frac{m}{2\beta}\cdot\ln\left(1 + \frac{\beta\vartheta_0^2}{mg}\right) = \frac{2kg}{2\cdot 0{,}01\frac{kg}{m}}\cdot\ln\left(1 + \frac{0{,}01\frac{kg}{m}\cdot 3600\frac{m^2}{s^2}}{2kg\cdot 9{,}8\frac{m}{s^2}}\right) =$$

$$= 100m \cdot 1{,}0426 = 104{,}26m.$$

Демак, жисм t_k=*4,224 s* вақтда ва h_{max}=*104,26 m* баландликка кўтарилар экан. Агар ҳавонинг қаршилиги эътиборга олинмаганда эди, у ҳолда *6,122 s* вақтда ва *183,67 m* баландликка кўтарилган бўлар эди.

2-масала: Массаси *5 кг* бўлган жисм вертикал ҳолда тик юқорига *80 м/с* тезлик билан отилган. Бу жисмнинг тезлиги ϑ $[m/s]$ га тенг бўлганда $R = 0{,}02\,\vartheta^2$ $[N]$ га тенг бўлган ҳаво қаршилигига учрайди. Неча секунддан кейин бу жисмнинг тезлиги икки марта камаяди? Бу пайтда ер сиртидан қанча баландликда бўлади [5]?

Ечиш: Бу масалани ечиш учун юқорида келтириб чиқарилган (I.1) ҳамда (I.41a) формулаларидан фойдаланамиз.

$$t = \sqrt{\frac{m}{\beta g}} \cdot arctg\left(\frac{\sqrt{\beta mg}\,(\vartheta_0 - \vartheta)}{mg + \beta\vartheta_0\vartheta}\right) = \sqrt{\frac{5kg}{0{,}02\frac{kg}{m}\cdot 9{,}8\frac{m}{c^2}}}\cdot$$

$$\cdot arctg\left(\frac{\sqrt{0{,}02\frac{kg}{m}\cdot 5kg\cdot 9{,}8\frac{m}{c^2}}\left(80\frac{m}{s} - 40\frac{m}{s}\right)}{5kg\cdot 9{,}8\frac{m}{c^2} + 0{,}02\frac{kg}{m}\cdot 80\frac{m}{s}\cdot 40\frac{m}{s}}\right) = 5{,}05s\cdot 0{,}337 = 1{,}70\,s.$$

$$h = \frac{m}{2\beta}\cdot\ln\left(\frac{mg + \beta\vartheta_0^2}{mg + \beta\vartheta^2}\right) = \frac{5kg}{2\cdot 0{,}02\frac{kg}{m}}\cdot\ln\left(\frac{5kg\cdot 9{,}8\frac{m}{s^2} + 0{,}02\frac{kg}{m}\cdot 6400\frac{m^2}{c^2}}{5kg\cdot 9{,}8\frac{m}{s^2} + 0{,}02\frac{kg}{m}\cdot 1600\frac{m^2}{c^2}}\right) =$$

$$= 125m\cdot\ln(2{,}185) = 97{,}71m.$$

Демак, жисм $t=1{,}70\ s$ вақтда ва $h=97{,}71\ m$ баландликка кўтарилар экан. Агар ҳавонинг қаршилиги эътиборга олинмаганда эди, у ҳолда *4,08 s* вақтда ва *244,9 m* баландликка кўтарилган бўлар эди.

3-масала: Радуслари тенг ва зичликлари ρ_1 ва ρ_2 бўлган турли материаллардан ясалган иккита шар ҳавода тушмоқда. Муҳитнинг қаршилиги тезликнинг квадратига пропорционал деб ҳисоблаб, шарлар эришадиган энг катта тезликларнинг нисбати аниқлансин [5], [6].

Ечиш: Шарлар энг катта тезликка эришганда уларнинг тезланишлари нолга айланади, яъни оғирлик кучи ва ҳавонинг қаршилик кучи ўзаро тенглашади.

$$\begin{cases} m_1 g = \beta \vartheta_{1.\max}^2 \\ m_1 g = \beta \vartheta_{1.\max}^2 \end{cases}, \rightarrow \begin{cases} \rho_1 V g = \beta \vartheta_{1.\max}^2 \ (1) \\ \rho_1 V g = \beta \vartheta_{1.\max}^2 \ (2) \end{cases}, \rightarrow \ (1):(2)$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_1} = \left(\frac{\vartheta_{1.\max}}{\vartheta_{2.\max}}\right)^2, \ \rightarrow \ \frac{\vartheta_{1.\max}}{\vartheta_{2.\max}} = \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_1}}$$

4-масала: Массаси *100 г* бўлган шарча оғирлик кучи таъсири остида пастга тушмоқда. Бунда шарча ҳавонинг қаршилигига учрайди, шарча ҳаракати $x = 4,9t - 2,45\left(1 - e^{-2t}\right)$ тенгламага биноан содир бўлади. Бунда x – метрларда, t –сонияларда ўлчанади, Ox ўқи эса вертикал бўйлаб пастга йўналган деб олинг. Ҳавонинг R қаршилик кучининг вақтга ва тезликка боғланиш тенгламалари R=R(t) ва R=R(ϑ) ни келтириб чиқаринг. $g=10 m/s^2$ деб олинг [5].

Ечиш: Берилган $x=x(t)$ функциядан вақт бўйича 2 марта олинганда $a=a(t)$ тезланиш тенгламаси келиб чиқади.

$$\vartheta(t) = \frac{d}{dt}x(t) = \left(4,9t - 2,45\left(1 - e^{-2t}\right)\right)' = 4,9 + 4,9e^{-2t} \ \text{[m/ s]};$$

$$a(t) = \frac{d}{dt}\vartheta(t) = \left(4,9 + 4,9e^{-2t}\right)' = -9,8e^{-2t} \ \ [\text{m/ s}^2].$$

Қаршилик кучининг вақтга боғланиш тенгламасини ёзамиз.

$$R(t) = m \cdot a(t) = 0,1 \cdot \left(-9,8e^{-2t}\right) = -0,98 \cdot e^{-2t} \ \ \text{[N]}$$

Энди қаршилик кучининг тезликка боғланиш тенгламасини тузамиз.

$$R(\vartheta)=-0,98\cdot e^{-2t}=-0,2\cdot 4,9\cdot e^{-2t}=-0,2\cdot(\vartheta-4,9)=-0,2\vartheta+0,98 \quad [N]$$

Юқоридаги келтириб чиқарилган формулалар ҳамда кўриб ўтилган барча масалалар талабаларга жисмнинг ҳаво қаршилигии эътиборга олган ҳолда ишлаш кўникмасини шакллантиришда ёрдам беради. Уларга физика масалаларини ҳам дифференциал тенгламалар ёрдамида ечиш мумкин эканлигини ўргатади. Бу эса талабаларни табиат ҳодисаларни ўрганишда реал ҳолатга яқинлашиш имконини беради.

Адабиётлар:

1. О.Ахмаджанов. Физика курси. –Т.: Ўқитувчи, 1987. –254 б.

2. Ў.Қ.Назаров, Ҳ.З.Икромова, К.А. Турсунметов. Умумий физика курси (механика ва молекуляр физика). –Т.: Ўзбекистон, 1992. –279 б.

3. Л.С.Жданов, Г.Л.Жданов. Физика. Т.: Ўқитувчи, 1994. –566 б.

4. И.В.Савельев. Умумий физика курси, 1-қисм.– Т:Ўқитувчи,1971. –367 б.

5. Д.Джанколи. Физика, 1-часть. М.: Мир. 1989. –652.

6. Halliday & Resnick. Principles of physics. Cleveland state university. Cover image from © M.Darlush/Shutterstock, 9th edition. 2011. –1248 pages.

7. Ferdinand P.Beer, E.Russell Johnston. Vector mechanics for Engineers. McGraw-Hill Book Company, 5th edition, Chapter2. 1988. –1028 pages.