თერმოდინამიკა იდეალური აირის კანონების სწავლება

ზურაბ ბართაია
სოლომონ (სოსო) კოსტავა

როგორ ვახდენ ფიზიკის გაკვეთილზე მ კ თ - ის ძირითადი დებულებების, ცნებების და დასკვნების განმტკიცებას საგაკვეთილო და დამოუკიდებელი მუშაობის დროს. *(თერმოდინამიკა იდეალური აირის კანონები).*

თერმოდინამიკა პრაქტიკულად მეტად საჭირო მეცნიერებაა, მისი თეორიული და უფრო მეტად პრაქტიკული ცოდნა სჭირდება ნებისმიერი დარგის მუშაკს, ბუნებას, მისი ფლორისა და ფაუნის არსებობისათვის, მცენარეებს ზრდა - განვითარებისათვის.

მ კ თ - ის მიხედვით, აირში მიმდინარე პროცესების აღწერა მასში შემავალი მოლეკულების ურთიერთქმედების ხასიათის გათვალისწინებით, თეორიული და ურთიერთქმედების რაოდენობრივი, მათემატიკური შეფასებები არა თუ რთული, არამედ შეუძლებელია. გამოუვალი მდგომარეობიდან მოიძებნა გამოსავალი - აირის მდგომარეობის თუ მიმდინარე პროცესების აღწერა მისი შესაბამისი პარამეტრების საშუალებით.

აირის აღწერისათვის განიხილავენ აირის ორ მოდელს იდეალურს და რეალურს.

იდეალური აირი ისეთი აირია, სადაც მოლეკულებს შორის ურთიერთქმედება მხედველობაში არ მიიღება, ასეთი აირი ბუნებაში არ არსებობს, მას შეიძლება დაუახლოვდეთ თუ ჭურჭელში, რომელშიც რეალური აირია, ამოვტუმბავთ დაახლოებით ***0.001*** მმ ვც სვ წნევამდე.

თერმოდინამიკაში აღიწერება აირთა მდგომარეობა მისი ძირითადი სამი პარამეტრით*:* წნევა - ***P***, მოცულობა - ***V*** და აბსოლუტური ტემპერატურა -***TK.*** ამ სამი ძირითადი პარამეტრიდან, რომელიმე ერთის მუდმივობის პირობებში დარჩენილი ორიდან, რომელიმე მეორე პარამეტრის ცვლილებით, მესამეზე დაკვირვების და ცვლილების კანონზომიერების აღმოჩენას თერმოდინამიკაში იზოპროცესები ეწოდება .

განვიხილოთ ამოცანები, რომლებსაც ვიყენებ ამ თემის შესწავლისას, ამოცანებს ძირითადად ვარჩევ პ. რიმკევიჩის, დ. დემკოვიჩის, წიგნებიდან ვახდენ მათ კორექტირებებს, რათა ის მოერგოს თემასთან დაკავშირებული ძირითადი ამოცანის მოთხოვნასა და გადაწყვეტას.

იზოთერმული პროცესი, მუდმივი *(Tk=Const)* - ტემპერატურის დროს მიმდინარე პროცესს ეწოდება იზოთერმული.

იზოთერმული პროცესის დროს აირის მოცულობის ცვლილებით აკვირდებიან წნევის ცვლილებას*:* მეცნიერებმა, ბოილმა და მარიოტმა ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად დაადგინეს, რომ*:*

აირის მოცემული მასისათვის, მუდმივი ტემპერატურის პირობებში წნევა მოცულობის უკუპროპორციულია.

ე. ი როცა $m=const$, $Tk=const$, მაშინ $P(V)\sim \frac{1}{V}$ ანუ $\frac{p_1}{p_2}=\frac{V_2}{V_1}$ ან $p_1V_1=p_2V_2$.

აირთა კანონებზე ამოცანები მრავლადაა ძველ თუ ახალ ამოცანათა კრებულებში, მაგრამ ისინი გათვლილია ძირითადად ფორმულების, პროცესებისა და მოვლენების აღქმაზე და არაფრით არაა გამიზნული პრაქტიკული საჭიროების მიზნით გამოყენებაზე.

ამოცანები, რომლებსაც ძირითადად ვიყენებ საგაკვეთილო მუშაობისას ბოილ - მარიოტის კანონის შესწავლის დროს.

ა. *75* ნა.*1* - ზე გამოსახული $S=24$ $სმ^2$ განივკვეთის ფართობის მქონე დგუში გადაადგილეს $\frac{1}{3}$ - ით: ა) მარცხნივ, ბ) მარჯვნივ . თითოეულ შემთხვევაში დაადგინეთ:

1. რამდენჯერ შეიცვლება აირის წნევა ცილინდრში?

2. რა ძალით უნდა ვიმოქმედოთ ამისათვის დგუშზე?

მოიფიქრეთ: *3.* ასეთი დგუშის გამოყენებით მექანიკური ჩამკეტ - გამღები მოწყობილობის ავტომატური სქემა (ბოილ - მარიოტის კანონის საფუძველზე მომუშავე რელე).

ა. *76*, კომპრესორი ატმოსფეროდან ყოველ წმ - ში შეიწოვს *3*ლ ჰაერს, რომელიც მიეწოდება *9* ატმ წნევაზე განსაზღვრულ *45*ლ მოცულობის ბალონს. საწყისი წნევა ატმოსფერულის ტოლია. მინიმუმ რამდენი ჩატუმბვაა ამისათვის საჭირო?

ა.*77*. დგუშზე, რომლის განივკვეთის ფართობია $S=20$ $სმ^2$ და მოცულობა $V=240$ $სმ^3$, მოქმედებენ $F=1200$ ნ ძალით, რის გამოც ის გადაადგილდება *2* სმ - ით. დაადგინეთ: ა) გაფართოვდა თუ ბ) - -- შეიკუმშა აირი?

II. იზობარული პროცესი. მუდმივი ($P=const$) - წნევის დროს მიმდინარე პროცესს ეწოდება იზობარული.

იზობარული პროცესის დროს ტემპერატურის ცვლილების პირობებში აკვირდებიან მოცულობის ცვლილებას. ფრანგმა მეცნიერმა გეი-ლუსაკმა შეისწავლა ასეთი პროცესი და დაადგინა:

აირის მოცემული მასისათვის მუდმივი წნევის პირობებში მოცულობა აბსოლუტური ტემპერატურის პროპორციულია.

მაშასადამე, როცა $P=const$; მაშინ $V(T)\sim T$ ანუ $\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}$.

ამოცანები, რომლებსაც ვიყენებ გაკვეთილზე გეი - ლუსაკის კანონის განხილვისას .

ა. *78*. აირის ტემპერატურა ცილინდრულ დგუშში (ნახ.*1*) 7^0C- *ია*. საჭიროა, დგუში გადაადგილდეს საწყისი სიგრძის $\frac{1}{5}$ - ით, როგორ მოვახერხებთ ამას დგუშზე გარეგანი ზემოქმედების გარეშე?

დაადგინეთ:

1. როგორ იცვლება ამ დროს მოლეკულათა ურთიერთქმედება ? როგორ ახსნით დგუშის გადაადგილების და შემდგომ წონასწორობის პირობას ?

2. როგორ შეიცვალა ამ დროს ჰაერის ტემპერატურა ?

მოიფიქრე და დააპროექტე:

3. ჰაერის რელეს მოწყობილობა, რომელიც გამოდგება მექანიკური მოწყობილობების ან ელექტრული წრედის ჩამრთველ - ამომრთველად და რომლის მუშაობის პრინციპი დამოკიდებული იქნება გეი - ლუსაკის კანონზე.

რელე არის ავტომატური ჩართვა - ამორთვის მოწყობილობა, რომელსაც შეუძლია განსაზღვრულ პირობებში ჩართოს ან გამორთოს რაიმე მოწყობილობა.

ა. *79*, რეზინის კამერაში მყოფი ჰაერის მოცულობა შეიძლება გახდეს *7*ლ. ცნობილია, რომ 21^0C - ზე მისი მოცულობა - *6* ლ - ია. რა მაქსიმალურ ტემპერატურამდე შეიძლება გავათბოთ რეზინის კამერა ?

ა. *80.* როგორაა დამოკიდებული აირის სიმკვრივე აბსოლუტურ ტემპერატურაზე იზობარული პროცესის დროს ?

III. იზოქორული პროცესი. მუდმივი (V=Const) - მოცულობის დროს მიმდინარე პროცესს ეწოდება იზოქორული.

იზოქორული პროცესის დროს ტემპერატურის ცვლილებით აკვირდებიან წნევის ცვლილებას. ფრანგმა მეცნიერმა შარლიმ შეისწავლა ასეთი პროცესი და დაადგინა:

აირის მოცემული მასისათვის მუდმივი მოცულობის პირობებში წნევა აბსოლუტური ტემპერატურის პროპორციულია.

ამრიგად, როცა $m = Const$, $V = Const$: **მაშინ** $p(T) \sim T$ **ანუ** $\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$

ა. *81.* ცილინდრულ ჭურჭელში (ნახ. *1*) $S = 24\ სმ^2$ ფართობის დგუში უძრავადაა დამაგრებული. აქ მყოფი ჰაერის საწყისი ტემპერატურაა -23^0C, წნევა *80* კპა, ჰაერი გაათბეს 52^0C - მდე. დაადგინეთ:

1. როგორ იცვლება ამ დროს ჰაერის მოლეკულების ქაოსური მოძრაობის ენერგია? რა ემართება ურთიერთქმედების ენერგიას ?

2. რამდენჯერ მეტია ჰაერის წნევა ჭურჭელში ატმოსფერულზე ?

3. რა მაქსიმალური ძალის ქმედებას განიცდის დგუში ?

მოიფიქრე და დააპროექტე:

4. მარტივი მოწყობილობა, რომელიც გამოდგება მექანიკური სისტემების ან ელექტრული წრედების ავტომატურ რეჟიმში ჩამრთველ - ამომრთველად და რომლის ქმედება დამოკიდებული იქნება მხოლოდ შარლის კანონზე

ა. ***82,*** რა ტემპერატურის აირი იყო დახშულ ჭურჭელში თუ ***140 K*** - თი გათბობისას , წნევა ***1,5*** - ჯერ გაიზარდა ***?***

ა, ***83.*** რამდენჯერ შეიცვლება წნევა დახშულ ჭურჭელში, თუ მისი ტემპერატურა შეიცვლება საწყისი ტემპერატურის $\frac{1}{4}$ - ით ***?***

ა. ***84.*** როგორია აირის ერთეულოვან მოცულობაში მოლეკულების რაოდენობის ***(***სიმკვრივის***)*** დამოკიდებულება აბსოლუტურ ტემპერატურაზე***:*** ა***)*** იზოქორული პროცესების დროს ***?***

IV. იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება

ტოლობას, რომელიც რაოდენობრივად აკავშირებს ერთმანეთთან აირის წნევას, აბსოლუტურ ტემპერატურას და მოცულობას, აირის მდგომარეობის განტოლება ან მენდელეევ - კლაპეირონის განტოლება ეწოდება.

აირის მდგომარეობისათვის $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ $\mathcal{P}\,\mathcal{V} = \mathcal{C}onst.$ კლაპეირონის განტოლებებია.

$\mathcal{P}\,\mathcal{V} = \mathcal{R}\,\mathcal{T}$ -კლაპეირონის განტოლებაა ერთი მოლი აირისათვის. აქ $\mathcal{R} = 8,31\,\frac{ჯ}{K}$ აირის მუდმივაა.

თუ აირში μ - მოლი ნივთიერებაა, მაშინ გვაქვს $\mathcal{P}\,\mathcal{V} = \mu\,\mathcal{R}\,\mathcal{T}$, ან $\mathcal{P}\,\mathcal{V} = \frac{N}{N_a}\mathcal{R}\,\mathcal{T}$, ან $\mathcal{P}\,\mathcal{V} = \frac{m}{M}\mathcal{R}\,\mathcal{T}$ ეს მენდელეევ - კლაპეირონის განტოლებაა.

ა, ***85.*** ნახ. ***1.***- ზე გამოსახული ცილინდრული დგუშის მოცულობა $\mathcal{V} = 240$ *სმ3 – ია* დგუშის ფართობი $S = 24$ *სმ*^{2} . წნევა ცილინდრში ატმოსფერულის ტოლია ***(100***კპა ***)*** აირის ტემპერატურა $7^o\mathcal{C}$ - დგუში დააყენეს ვერტიკალურ მდგომარეობაში და მასზე დადეს ტვირთი, რომლის მასაც დგუშთან ერთად ***12*** კგ - ია. ცილინდრი გაათბეს 77^oC *– მდე.* დაადგინეთ***:***

1. რა მიმართულებით გადაადგილდება დგუში ***?***

2. დგუშის გადაადგილების სიდიდე.

მოიფიქრე და დაამზადე***:***

3. რელეს სქემა, რომელიც გამოდგება მექანიკური მოწყობილობის, ელექტრული წრედის და ა. შ. ავტომატური ჩართვა - ამორთვისათვის და რომლის მუშაობაც დამოკიდებული იქნება აირთა გაერთიანებულ კანონზე***?***

მითითება***:*** აირის საწყისი პარამეტრებია***:*** წნევა P_o = ***100***კპა = 10^5 პა , მოცულობა V_o =***240*** *სმ*^{3} = ***2,4*** 10^{-4} *მ*^{3} განივკვეთის ფართობი S_o = ***24*** *სმ*^{2} = ***2,4*** 10^{-3} *მ*^{2}, ტემპერატურაT_o - $7^o\mathcal{C}$ = ***280K.***

საბოლოო პარამეტრებია: წნევა $\mathcal{P} = P_o + \frac{mg}{S_o}$, მოცულობა $\mathcal{V}$ - $V_o + S\,|l|$, $\mathcal{T} = 77^o\mathcal{C}$ =350 $\mathcal{K}$.

კლაპეირონის განტოლების თანახმად $\frac{P\,V}{T} = \frac{P_o\,Vo}{T_o}$, აქედან $\mathcal{V} = \frac{p_o\,V_o\,T}{P\,T_o}$, მეორეს მხრივ $V_o + S\,|l| = \frac{P_O\,V_o\,T}{P\,T_o}$, აქედან $|\,\ell| = \frac{(P_o\ \ T - pT_o)V_o}{P\,T_o\,V_0}$.

უკანასკნელი განტოლებიდან გამომდინარე, როცა $P_o\,T - PT_O > 0$ დგუში აიწევს ზევით, თუ არადა ჩამოიწევს ქვევით.

უკანასკნელში ჩასმით მივიღებთ: $|\,\ell\,| = 0{,}019$ მ = 1,9 სმ - ით აიწევს დგუში.

ა, 86. $\mathcal{V} = 250$ დმ^3 მოცულობის ჭურჭელში $\mathcal{T} = 27^o\,C$ − ზე იმყოფება $m = 0{,}4$ კგ მასის აირი $\mathcal{P} = 2.$ 10^5 პა წნევის პირობებში. განსაზღვრეთ:

1, მოლეკულათა რა რაოდენობაა აირში ? პასუხები: ($\mathcal{N} = \frac{P\,V\,N_a}{R\,T}$)

2. ცალკეული მოლეკულის მასა. ($m_o = \frac{m}{N}$)

3. აირის გვარობა. ($\mathcal{M} = \frac{m\,R\,T}{P\,V}$)

4. აირის სიმკვრივე მოცემული პირობებისათვის ($\rho = \frac{m}{V}$)

(მიუთითეთ ამოხსნაში რამდენიმე ვარიანტზე) .

ა. 87. 1,2 10^7 პა წნევაზე გათვალისწინებული ჰერმეტიულად დახურული ჭურჭელი ავსებულია $27^0\mathcal{C}$ ტემპერატურის წყლით. გაუძლებს თუ არა ეს ჭურჭელი წნევას, რომელიც შეიძლება აწარმოოს წყლის მოლეკულებმა, თუ მათ შორის ურთიერთქმედება გაქრება ?

მითითება: წყლის მოლეკულებს შორის ურთიერთქმედების შეწყვეტა ნიშნავს, რომ ის იდეალური აირია და მისთვის სამართლიანია მენდელეევ - კლაპეირონის განტოლება:

$\mathcal{P}\,\mathcal{V} = m/\mathcal{M}\,\mathcal{R}\mathcal{T}$, აქედან $\mathcal{P} = \frac{m}{V}\frac{P}{M}\,\mathcal{R}\,\mathcal{T} = \frac{p\,R}{M}\,\mathcal{T} = 1{,}4\ 10^7$ პა $< P_0 = 1{,}2\ 10^7$.

დასკვნა - ვერ გაუძლებს.

(აქ $\rho = 10^3\ \frac{\text{კგ}}{\text{მ}^3}$ წყლის სიმკვრივეა - იგივე იქნება მისგან მიღებული იდეალური აირის სიმკვრივე, რადგანაც ჭურჭელში მოლეკულების რაოდენობა და მოცულობა არ იცვლება).

ა. 88. სამედიცინო ჟანგბადით ავსებული ბალონის მუშა წნევააP_1 = 14,7 10^7 პა. დამყარდება თუ არა ბალონში P_0 = 9,8 10^6 პა წნევა, თუ მისგან გამოუშვებთ მასში არსებული ჰაერის $\frac{1}{3}$ - ს (ტემპერატურა უცვლელია).

მითითება: პროცესის მიმდინარეობისას აირის მოცულობა და ტემპერატურა არ იცვლება.

საწყისი პარამეტრებია: წნევა -P_1 მასა - m_1

საბოლოო პარამეტრებია : წნევა -$\mathcal{P}$ მასა - $m = m_1 - m_2 = m_1 - \frac{1}{3} m_1 = \frac{2}{3} m_1$

მენდელეევ - კლაპეირონის განტოლების თანახმად $P_1 \mathcal{V} = \frac{m_1}{M} \mathcal{R} \mathcal{T}$

$\mathcal{P} \mathcal{V} = \frac{m}{M} \mathcal{R} \mathcal{T}$ ანუ $\frac{P}{P_1} = \frac{m}{m_1} = \frac{2}{3}$ აქედან

$\mathcal{P} = \frac{2}{3}\ p_1 = \frac{2}{3} 14{,}7\ 10^7$ პა $= 9{,}8\ 10^6$ პა - ს. პასუხი: $9{,}8\ 10^6$ პა - ს.

კვლევითი ხასიათის ამოცანები, რომლებსაც ორივე მასწავლებელი ვიყენებთ სწავლების დროს.

დინამიკის კანონების გამოყენება
ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის მოძრაობა

271. 80 მ სიმაღლიდან ჰორიზონტალურად ისროლეს ისარი. დაადგინეთ.
1. დაეცემა თუ არა ზედაპირზე ისარი: ა) 3 წმ; ბ) 3,5 წმ; გ) 4 წმ-ში?
2. ამოცანის მონაცემებით შესაძლებელია თუ არა ისრის ფრენის სიშორის განსაზღვრა?

272. 20 მ სიმაღლიდან 10 მ/წმ სიჩქარით ჰორიზონტალურად გაისროლეს ბურთი. დაადგინეთ, არის თუ არა ბურთის
1. მოძრაობის დრო: ა) 1,5 წმ; ბ) 2 წმ; გ) 2,5 წმ.
2. ფრენის სიშორე ა) 20 მ; ბ) 25 მ; გ) 30 მ?

273. ჰორიზონტალურად 8 მ/წმ სიჩქარით გასროლილი ბურთის სიჩქარემ ზედაპირის დაცემის წერტილში აღმართულ მართობთან შეადგინა 30^0-იანი კუთხე. დაადგინეთ, არის თუ არა: **1.**
ბურთი ზედაპირისადმი გასროლილი: ა) 9 მ; ბ) 9,4 მ; გ) 9,6 მ სიმაღლიდან?
2. ბურთის ფრენის სიშორე: ა) $\frac{32}{5}$ მ; ბ) $\frac{32}{5\sqrt{3}}$ მ; გ) $\frac{32}{5}\sqrt{3}$ მ?

274. ზედაპირისადმი 15 მ სიმაღლიდან ჰორიზონტალურად 10 მ/წმ სიჩქარით ისროლეს ქვა. დაადგინეთ, იქნება თუ არა ქვის **1.** ფრენის სიშორე ა) $10/\sqrt{3}$ მ, ბ) $10\sqrt{2}$ მ, გ) $10\sqrt{3}$ მ ?
2. ზედაპირზე დაცემის წერტილში აღმართულ მართობთან სიჩქარის მიერ შედგენილი კუთხე: ა) 30^0, ბ) 45^0, გ) 60^0 ?

275. ზედაპირისადმი 32 მ სიმაღლეზე მდებარე აივნიდან ბიჭმა ისროლა ბურთი, რომლის სიჩქარემ ზედაპირზე აღმართულ მართობთან შეადგინა 45^0-იანი კუთხე. დაადგინეთ, არის თუ არა:
1) ბურთის ფრენის დრო ა) 0,5 წმ, ბ) 0,6 წმ, გ) 0,8 წმ ?
2) ბურთი გასროლილი ჰორიზონტალური სიჩქარით ა) 6 მ/წმ, ბ) 8 მ/წმ, გ) 10 მ/წმ?

276. ზედაპირისადმი h = 20 მ სიმაღლიდან ნასროლი ,,ჭურვისათვის'' აღმოჩნდა, რომ დაცემის წერტილში სიჩქარის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მდგენელები ტოლია. დაადგინეთ, არის თუ არა:
1) ,,ჭურვი" გასროლილი: ა) 10 მ/წმ, ბ) 20 მ/წმ, გ) 25 მ/წმ ჰორიზონტალური სიჩქარით?
2) ,,ჭურვის''ფრენის სიშორე ა) 20 მ, ბ) 40 მ, გ) 60 მ?

277. ზედაპირისადმი ***h***-სიმაღლიდან v_0 სიჩქარით გასროლილი სხეულის ტრაექტორიის სიგრძე წრეწირის მეოთხედის ტოლია, როგორია ამ დროს: ა) სიჩქარის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მდგენელები?

278. ზედაპირისადმი ***h***-სიმაღლიდან **4** მ/წმ სიჩქარით გასროლილი „ჭურვის“ ფრენის სიშორე **2**-ჯერ მეტია გასროლის ***h***-სიმაღლეზე. უსვრიათ თუ არა ,,ჭურვი'' : ა) **5** მ; ბ) **7,5** მ; გ)**10**მ სიმაღლიდან?

279. ზედაპირისადმი ***h***-სიმაღლიდან **4** მ/წმ სიჩქარით გასროლილი ბურთის ფრენის სიშორე ორჯერ ნაკლები აღმოჩნდა ვარდნის სიმაღლეზე. უსვრიათ თუ არა ბურთი:
ა) **12,2** მ; ბ)**12,8** მ; გ)**13,2** მ სიმაღლიდან?

280. **5** მ სიმაღლიდან **6** მ/წმ სიჩქარით ისროლეს ,,ჭურვი“. დაადგინეთ და გამოიკვლიეთ: მოხვდება თუ არა ,,ჭურვი'' ჰორიზონტალურ ზედაპირზე ***h***-ფუძიდან **12** მ-ით დაშორებულ სამიზნეს? ,,ჭურვის'' მიზანში მოხვედრისათვის საკმარისია თუ არა:
1. სიჩქარის შეუცვლელად გასროლის სიმაღლე გავზარდოთ: ა) **2**-ჯერ; ბ) **4**)-ჯერ; გ) **8**-ჯერ? **2.** გასროლის სიმაღლის შეუცვლელად სიჩქარე გავზარდოთ: ა) **0,5**-ჯერ; ბ) **2**-ჯერ; გ) **4**-ჯერ?

281. ზამბარიანი ,,დამბაჩიდან'' ვერტიკალურად ზევით ასროლილმა ჭურვმა ზედაპირიდან აიწია H =**9** მ სიმაღლეზე. დაადგინეთ h = 4 მ სიმაღლეზე ჰორიზონტალურად დაყენებული ,,დამბაჩიდან'' გასროლილი ჭურვი H -ის ფუძიდან დავარდება თუ არა ა) **10** მ, ბ)**12** მ, გ) **8** მ მანძილზე?

282. მშვილდიდან ვერტიკალურად ზევით ნასროლმა ისარმა მიაღწია H = **25** მ სიმაღლეს, შემდეგ ისარი ისროლეს ზედაპირიდან ***h*** - სიმაღლეზე მდებარე აივნიდან ჰორიზონტალურად. დაადგინეთ, არის თუ არა აივანი ზედაპირიდან: ა) **2** მ; ბ) **4** მ; გ) **6** მ სიმაღლეზე ?

283. ზედაპირისადმი h = 5 მ სიმაღლეზე მდებარე აივნიდან ჰორიზონტალურად გასროლილმა ისარმა იფრინა **20** მ-ზე. დაადგინეთ: აიწევა თუ არა ზედაპირიდან ვერტიკალურად ამავე მშვილდიდან ნასროლი ისარი: ა) **20** მ, ბ) **22** მ, გ) **25** მ მაქსიმალურ სიმაღლეზე?

284. თვითმფრინავი მიფრინავს H=**500** მ სიმაღლეზე. მისგან ჩამოგდებული ყუმბარა ჩამოგდების ვერტიკალის ფუძიდან ჰორიზონტალურ ზედაპირზე S =**600** მ-ის დაშორებით დავარდა. მიფრინავდა თუ არა თვითმფრინავი v_0 =**216** მ/წმ სიჩქარით?

ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობა

285. სხეული გასროლილია ჰორიზონტისადმი კუთხით. როგორ იცვლება ამ დროს სხეულის სიჩქარის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მდგენელები? რისი ტოლია სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელი ტრაექტორიის უმაღლეს წერტილში? რისი ტოლია სხეულის სიჩქარე ამ წერტილში?

286. სხეული გასროლილია ჰორიზონტისადმი α-კუთხით და v_0 -საწყისი სიჩქარით დაამტკიცეთ, რომ:

1. ტრაექტორიის უმაღლეს მდებარეობას სხეული მიაღწევს $t = \frac{V_0 \sin\alpha}{g}$ დროში*?*

*2.*ფრენის მაქსიმალური სიმაღლე გამოითვლება $H = \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$ ფორმულით*?*

287.სხეული გასროლილია ჰორიზონტისადმი α-კუთხით და v_0 -საწყისი სიჩქარით დაამტკიცეთ, რომ*:*

1. ფრენისათვის საჭირო დრო გამოითვლება ფორმულით $t = \frac{2V_0 \sin\alpha}{g}$

*2.*ფრენის მაქსიმალური სიშორე $S = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$*?*

288.სხეული გასროლილია ჰორიზონტისადმი α-კუთხით და v_0 -საწყისი სიჩქარით. დაამტკიცეთ, რომ*:*

1. სხეულის მოძრაობის ტრაექტორია პარაბოლაა, რომლის განტოლებაა*:*

$y = x \tan\alpha - \frac{g}{V_0^2 \cos\alpha^2}$

2. პარაბოლას წვეროს კოორდინატებია*:* $x_0 = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{2g}$, $y_0 = \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$

289.სხეული გასროლილია ჰორიზონტისადმი α-კუთხით და v_0 -საწყისი სიჩქარით. დაამტკიცეთ, რომ*:*

1. ფრენის მაქსიმალური სიშორე მიიღწევა, როცა α=*45°*.

2. ფრენის სიშორე და აწევის სიმაღლის მაქსიმალური მნიშვნელობები ტოლია როცა *tg*α=*4.*

290.წყლის რეზინის მილიდან ჭავლი მიმართეს ჰორიზონტისადმი ჯერ *30°*-იანი, შემდეგ კი *60°*-იანი კუთხით. შეადარეთ ერთმანეთს მათი ფრენის სიშორეები და აწევის სიმაღლეები.

291. არტილერისტმა ესროლა ჭურვი გასროლის ადგილიდან *1,44* კმ-ით დაშორებულ სამიზნეს. ჭურვის ლულიდან გამოვარდნის სიჩქარეა *432* კმ/სთ. მოახვედრებს თუ არა არტილერისტი მიზანში, როცა ლულის ღერძი ჰორიზონტთან ადგენს ა*) 30°*, ბ*) 60°*, გ*) 45°*-იან კუთხეს*?*

292.არტილერისტმა ყუმბარმტყორცნის ლულა დააყენა ჰორიზონტისადმი α = 45^0 - იანი კუთხით. ლულიდან ჭურვის გამოვარდნის სიჩქარეა *540* $\frac{\text{კმ}}{\text{სთ}}$. მოახვედრა თუ არა არტილერისტმა*:* ა*) 2* კმ*;* ბ*) 2,25* კმ*;* გ *) 2,5* კმ. მანძილით დაშორებულ სამიზნეს *?*

293.არტილერისტმა მოახვედრა მიზანში *S₀=1,21* კმ-ით დაშორებულ სამიზნეს, როცა ყუმბარმტყორცნის ლულა ჰორიზონტთან ადგენს α =*45°* -იან კუთხეს. დაადგინეთ იყო თუ არა ყუმბარმტყორცნის ლულიდან გამოვარდნილი ჭურვის სიჩქარე*:* ა*) 100* მ/წმ. ბ*) 110* მ/წმ, გ*) 120* მ/წმ*?*

294.ზამბარიანი დამბაჩიდან ვერტიკალურად ზევით ნასროლმა ,,ჭურვმა“ მიაღწია *H=12* მ სიმაღლეს. შეიძლება თუ არა ასეთი დამბაჩიდან ნასროლმა ,,ჭურვმა“ იფრინოს *S₀=12* მ-ზე, როცა დამბაჩის ღერძი ჰორიზონტისადმი დახრილია*:* ა*) 15°*-იანი*;* ბ*) 75°*-იანი კუთხით*?*

295.ზამბარიანი დამბაჩიდან ვერტიკალურად ზევით ნასროლმა ,,ჭურვმა“ მიაღწია *H=9* მ სიმაღლეს როცა დამბაჩა დააყენეს α_0 -კუთხით, მოახვედრეს *S₀ =18* მ-ით დაშორებულ სამიზნეს, რომელ შემთხვევაშია შესაძლებელი ეს თუ დამბაჩა შეიძლება დავაყენოთ*:* ა*) 45°;* ბ*) 30°;* გ*) 60°*-იანი კუთხეებით*?*

აჩქარებულად მოძრავი სხეულის წონა.

296. ადამიანი იმყოფება ლიფტში. იქნება თუ არა მისი სიმძიმის ძალა, წონა და წნევის ძალა ერთნაირი, როცა: ა) ლიფტი უძრავია; ბ) მოძრაობს თანაბრად; გ) მოძრაობს აჩქარებულად ზევით; დ) მოძრაობს აჩქარებულად ქვევით?

297. ბაგირი უძლებს 2500 ნ დატვირთვას შეიძლება თუ არა ასეთი ბაგირით 200 კგ მასის ტვირთი ავწიოთ 20 მ-ზე: ა) 3 წმ-ში; ბ) 5 წმ-ში?

298. შესაძლებელია თუ არა 10 ლ მოცულობის წყლით სავსე ვედრო ამოვიტანოთ: ა) 10 მ; ბ) 12მ; გ) 14 მ სიღრმის ჭიდან 2 წმ-ში 160 ნ დატვირთვის გამძლეობის ბაგირით? ბაგირის წონას მხედველობაში ნუ მიიღებთ.

299. ერთი და იმავე აჩქარებით, ტვირთის აწევისა და დაწევისას, ბაგირში აღძრული დრეკადობის ძალთა სხვაობა არ უნდა აღემატებოდეს 0,5mg-ს. შესაძლებელია თუ არა ასეთი ბაგირით ტვირთის აწევა: ა) 2,5 მ/წმ²-ზე მეტი; ბ) 2,5 მ/წმ²-ზე ნაკლები აჩქარებით?

300. 80 კგ მასის ადამიანი იმყოფება ლიფტში, რომელმაც შეიძლება იმოძრაოს მაქსიმალური 2,5 მ/წმ² აჩქარებით. შესაძლებელია თუ არა, ლიფტში ადამიანის წონა იყოს:
ა) 0,5 კნ; ბ) 0,6 კნ; გ) 0,8 კნ; დ) 1 კნ; ე)1,2 კნ?

301. 2 კგ მასის ვედროს 12,5 მ სიღრმის ჭაში ჩაშვებისას ბაგირზე აღძრული დრეკადობის ძალა აღმოჩნდა 18 ნ. ექნება თუ არა ვედროს წყლის ზედაპირზე შეხებისას ა) 5 მ/წმ; ბ) 6 მ/წმ სიჩქარე?

302. ჭოკით მხტომელთა შეჯიბრებაზე სპორტსმენმა დაძლია 6,4 მ სიმაღლეზე გადადებული თამასა. ახტომიდან 0,8 წმ -ში. დაადგინეთ: განიცდიდა თუ რა სპორტსმენი ა) 2,5 -ჯერ; ბ) 3 -ჯერ; გ) 3,5 -ჯერ გადატვირთვას ? რას განიცდის სპორტსმენი თამასის გადავლების შემდეგ ლეიბზე დახტომამდე ?

303. დასაშვებია თუ არა 10 მ სიმრუდის ხიდზე ავტომობილმა იმოძრაოს: ა) 36 კმ/სთ-ზე მეტი; ბ) 36 კმ/სთ-ზე ნაკლები სიჩქარით? რას განიცდის ავტომობილში მყოფი ადამიანი ხიდის შუა წერტილზე, როცა მისი სიჩქარეა 36 კმ/სთ?

304. წყლით სავსე ვედრო შეიძლება ვაბრუნოთ სახელურზე მიმაგრებული 1 მ სიგრძის თოკით ვერტიკალურ სიბრტყეში ისე რომ ბრუნვისას წყალი არ გადმოიღვაროს მისგან. რა დროსაა ეს შესაძლებელი? საკმარისია თუ არა ამისათვის ვედრო ვაბრუნოთ: ა) 2 წმ-ზე ნაკლები, ბ) 2 წმ-ზე მეტი პერიოდით? მიიღეთ რომ $\pi^2=9,8$; $g=9,8$ მ/წმ²

305. $l = 2,5$ მ სიგრძის საქანელაზე ზის $m = 50$ კგ მასის ბიჭი. საქანელა გადახრეს რაღაც კუთხით და გაუშვეს ხელი საქანელას წონასწორობაში გავლისათვის დასჭირდა $t_1 = 1,25$ წმ დრო. იქნება თუ არა ბიჭის წონა წონასწორობაში გავლისას ა) 700 ნ-ზე მეტი, ბ) 700 ნ-ზე ნაკლები? (მიიღეთ რომ $\pi^2=9,8$, $g=9,8$მ/წმ²)

306. თვითმფრინავი 576 კმ/სთ სიჩქარით ფრენის დროს შემოწერს ვერტიკალურ ,,მარყუჟს'' რომლის რადიუსი 3,2 კმ-ია რას განიცდის მფრინავი ,,მარყუჟის'' უდაბლეს და უმაღლეს წერტილში. დაადგინეთ იქნება თუ არა მფრინავის გადატვირთვა ტრაექტორიის
1. უმაღლეს წერტილში: ა) 0,1, ბ) 0,2, გ) 0,3;
2. უდაბლეს წერტილში: ა)1,6, ბ)1,7, გ)1,8

307. ბიჭი ვერტიკალურ სიბრტყეში თანაბრად აბრუნებს l-.სიგრძის ძაფზე მობმულ m - მასის ბურთულას. ტრაექტორიის უმაღლეს წერტილზე ბურთულას წონა mg-ს ტოლია. დაადგინეთ არის თუ არა
1) ბრუნვის მინიმალური სიჩქარე: ა) $\sqrt{gl}$; ბ) $\sqrt{1,5gl}$; გ)$\sqrt{2gl}$ –ს ტოლი ?
2) წონა ტრაექტორიის უმაღლეს წერტილზე: ა) 2mg ბ) 2,5mg, გ) 3mg - ს ტოლი?

308. ბიჭი ვერტიკალურ სიბრტყეში თანაბრად აბრუნებს ℓ-.სიგრძის ღეროზე ჩამოცმულ m -მასის ბურთულას. ტრაექტორიის უმაღლეს წერტილზე ბურთულას წონა აღმოჩნდა $0,5mg$-ს ტოლი. დაადგინეთ, შეიძლება თუ არა, რომ:

1. ბურთულა ბრუნავდეს: ა) $\sqrt{0,5gl}$, ბ) $\sqrt{gl}$, გ) $\sqrt{gl}$ –სიჩქარით ?

2. წონა ტრაექტორიის უმაღლეს წერტილზე: ა) $1,5mg$; ბ) $2mg$; გ) $2,5mg$?

რა განსხვავებაა მიღებულ შედეგებს შორის?

309. h - სიმაღლის ცილინდრული ვედროს ფუძის ფართობია S- და ფსკერზე აქვს ნ- ფართობის ხვრელი, დაამტკიცეთ, როცა ვედრო:

1. უძრავია, ის დაიცლება $t = \frac{S}{ნ}\sqrt{\frac{2h}{g}}$ - დროში ?

2. მოძრაობს ვერტიკალურად ზევით a -აჩქარებით $t = \frac{S}{ნ}\sqrt{\frac{2h}{g+a}}$ -დროში?

3 . მოძრაობს ვერტიკალურად ქვევით a -აჩქარებით $t = \frac{S}{ნ}\sqrt{\frac{2h}{g-a}}$ -დროში?

310. H =25 მ სიმაღლის ჭიდან $a = 2\ \frac{მ}{წმ^2}$ აჩქარებით ამოაქვთ h = 48 სმ სიმაღლის წყლით სავსე ცილინდრული ვედრო, ვედროს ფსკერზე აქვს r -რადიუსის ხვრელი. შეიძლება თუ არა ჭიდან ამოვიტანოთ ვედროში არსებული წყლის ნახევარი მაინც, როცა ხვრელის რადიუსი ა) 4 -ჯერ, ბ) 5 -ჯერ, გ) 7-ჯერ ნაკლებია ფსკერის R -რადიუსზე ?

311. რატომაა, რომ მსოფლიო ოკეანის დონე ეკვატორზე უფრო მეტია, ვიდრე პოლუსზე ? შეაფასეთ, არის თუ არა ოკეანის დონეთა სხვაობა დედამიწის ცენტრიდან ეკვატორისა და პოლუსის უკიდურეს წერტილებს შორის: ა) 20 კმ, ბ) 27კმ, გ) 34კმ ? მიიღეთ მხედველობაში, რომ თავისუფალი ვარდნის აჩქარება პოლუსზე g_3 = $9,83\ \frac{მ}{წმ^2}$ -ია, ეკვატორის უკიდურესი წერტილიდან დედამიწის ცენტრამდე მანძილი R = 6400 კმ -ია. დედამიწის ღერძის გარშემო ბრუნვის პერიოდი T = 1 დღე - ღამეა.

მოძრაობა ხახუნის ძალის მოქმედებით

312. ჰორიზონტალურ გზაზე 43,2 კმ/სთ სიჩქარით მოძრავი 1,2 ტ მასის ავტომობილის მძღოლმა დაამუხრუჭა, რის შემდეგაც ავტომობილმა გაიარა 20 მ და გაჩერდა. დაადგინეთ, არის თუ არა:

1. ავტომობილზე მოქმედი ხახუნის ძალის სიდიდე: ა) 4კნ; ბ) 4,32კნ; გ) 4,64 კნ?

2. ზედაპირსა და ავტომობილის საბურავებს შორის ხახუნის კოეფიციენტი: ა) 0,3; ბ) 0,36; გ) 0,42?

313. ჰორიზონტალურ გზაზე 18 მ/წმ სიჩქარით მოძრავმა ავტომობილმა დამუხრუჭების შემდეგ იმოძრავა 4 წმ და გაჩერდა. დაადგინეთ, არის თუ არა :

1. დამუხრუჭებიდან გაჩერებამდე ავტომობილის მიერ გავლილი მანძილი: ა) 36 მ, ბ) 40 მ, გ) 44 მ?

2. საბურავის ზედაპირთან ხახუნის კოეფიციენტი ა) 0,3; ბ) 0,4; გ) 0,45?

314. ჰორიზონტალურ გზაზე 15 მ/წმ სიჩქარით თანაბრად მოძრავი ავტომობილის მძღოლმა დაამუხრუჭა და 30 მ-ის გავლის შემდეგ ის გაჩერდა. დაადგინეთ, არის თუ არა :

1. მოძრაობის დრო დამუხრუჭებიდან გაჩერებამდე*:* ა*) 4* წმ*;* ბ*) 5* წმ*;* გ*) 6* წმ*?*

2. საბურავის ზედაპირთან ხახუნის კოეფიციენტი*:* ა*) 0,35;* ბ*) 0,375;* გ*) 0,4?*

315. გზის მონაკვეთზე, სადაც დაყენებულია სურ*. 41* -ზე გამოსახული ნიშანი, მძღოლმა გამოიყენა ავარიული დამუხრუჭება, სპ -ის ავტოინსპექტორმა თვალის კვალის მიხედვით დაადგინა, რომ სამუხრუჭე მანძილი *16* მ -ია*.* ხახუნის კოეფიციენტი საბურავსა და გზას შორის *0,45* -ია*.* დაადგინეთ*,* დაარღვია თუ არა მძღოლმა მოძრაობის წესები *?*

სურ. 41

316. მაგიდის ზედაპირზე მოთავსებულ ქაღალდის ფურცელზე დადგეს წყლიანი ჭიქა*,* ჩათვალეთ*,* რომ ხახუნის კოეფიციენტი ჭიქასა და ქაღალდს შორის *0,3*-ია და დაადგინეთ*:*

1. რა მდებარეობაში იქნება ჭიქა ქაღალდის მიმართ*,* თუ ქაღალდს ვამოძრავებთ*:*

ა*) 3* მ/წმ²აჩქარებაზე მეტი*,* ბ*) 3* მ/წმ²-ის ტოლი*,* გ*) 3* მ/წმ²-აჩქარებაზე ნაკლები აჩქარებით*?*

2. შეიცვლება თუ არა ცდის შედეგი*,* როცა ჭიქა იქნება ცარიელი*?* რატომ*?* შეამოწმეთ*.*

317. ავტომობილის ძარაზე ძევს ყუთი*,* ავტომობილის *2,5* $\frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2}$ აჩქარებით დაძვრისას იგი ადგილზე რჩება *(*ძარის მიმართ*),* *3* $\frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2}$ აჩქარებით დამუხრუჭებისას კი ყუთი ძარის მიმართ გადაადგილდება*.* დაადგინეთ*,* ყოფილა თუ რა ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობა ძარასა და ყუთს შორის ა*)* $\mu < 0{,}25$*,* ბ*)* $0{,}25 < \mu < 0{,}3$*,* დ*)* $\mu > 0{,}3$ *?*

318. რა უნდა მოიმოქმედოს მძღოლმა მკვეთრ მოსახვევთან მიახლოებისას*?* დასაშვებია თუ არა იმავე მოსახვევში მანევრირება იგივე სიჩქარით*,* როცა ამინდი ნისლიანია*,* ფოთოლცვენაა ან მოლიპული გზაა*?*

319. ჰორიზონტალურ გზაზე ავტომობილი უხვევს $r = 25$ მ რადიუსის მოსახვევში*,* ხახუნის კოეფიციენტი საბურავსა და გზას შორის $\mu = 0{,}4$*.* დაადგინეთ*,* დასაშვებია თუ არა ავტომობილმა*:*

1. დაიწყოს მოხვევა*,* როცა მისი სიჩქარე ა*)..* $v \geq 36\,\frac{\text{კმ}}{\text{სთ}}$*,* ბ*)* $v \leq 36\,\frac{\text{კმ}}{\text{სთ}}$

2. მანევრირება დაიწყოს სიჩქარის დასაშვებ ზღვრულ მნიშვნელობაზე ა*) 1,5;* ბ*) 2;* გ*) 2,5* - ჯერ ნაკლები სიჩქარით*.* თუ საბურავებსა და გზას შორის ხახუნის კოეფიციენტი შემცირდება *4* -ჯერ *?*

320. ჰორიზონტალურ გზაზე ავტომობილის მოსახვევში უსაფრთხოდ მანევრირების ზღვრული სიჩქარეა *72* კმ/სთ*,* როცა ხახუნის კოეფიციენტი საბურავსა და გზას შორის *0,4*-ია*?* დასაშვებია თუ არა ასეთი მოსახვევის რადიუსი იყოს*?* ა*)* $R \geq 100$ მ*?,* ბ*)*$R < 100$ მ*.* რატომ*?*

321. ჰორიზონტალურ გზაზე ავტომობილი *15* მ/წმ სიჩქარით იწყებს მანევრირებას *45* მ რადიუსის მოსახვევში*.* დასაშვებია თუ არა მოხვევა*,* როცა საბურავსა და გზას შორის ხახუნის კოეფიციენტია*:* ა*)* $\mu < 0{,}5$*;* ბ*)* $\mu > 0{,}5$ *?*

322. *2* წმ პერიოდით მბრუნავი ფირსაკრავის დისკზე შეიძლება მოვათავსოთ მცირე ზომის საგანი*.* ბრუნვის ცენტრიდან ზღვრული დაშორება*,* რომლის დროსაც საგანი დისკოზე ჯერ კიდევ უძრავია *30* სმ-ია*.* ამ მონაცემებით დაადგინეთ დისკოსა და საგანს შორის არის თუ არა ხახუნის კოეფიციენტი*:* ა*) 0,25;* ბ*) 0,3;* გ*) 0,35*-ის ტოლი*.* შესაძლებლობის

ფარგლებში ამ ხერხით განსაზღვრეთ ხახუნის კოეფიციენტი, რისთვისაც დისკოზე მოათავსეთ საშლელი, მონეტა და ა. შ. (ჩათვალეთ, რომ $\pi^2 = 9{,}8$; $g = 9{,}8$მ/წმ²)

ანოტაცია თემა 4-ზე

თერმოდინამიკა იდეალური აირის კანონები

თერმოდინამიკა, იდეალური აირი და მისი კანონები ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი თემაა როგორც თეორიული, ასევე პრაქტიკული თვალსაზრისითაც. აუცილებელია, თანამედროვე ადამიანმა იცოდეს აირთა კანონები შემოქმედებითად, შემდგომ მისი პრაქტიკაში მოხერხებული გამოყენებისათვის. თემაში დეტალურადაა განხილული, თუ როგორ ვახდენ საგაკვეთილო პროცესში თემის საკითხების განმტკიცებას პრაქტიკული ხასიათის ამოცანებით.

Annotation

Topic 4: Thermodynamics and the Laws of Ideal Gases

Thermodynamics, the ideal gas, and its laws are a crucially important topic, both from a theoretical and a practical standpoint. It is essential for a modern person to know the gas laws in a creative way, for their subsequent clever application in practice. The topic elaborates in detail on how I achieve the reinforcement of the subject matter during the lesson through practical problem-solving exercises.

ლიტერატურა:

1. ფიზიკა - სხვადასხვა ავტორთა აკრედიტირებული სახელმძღვანელოები.
2. ფიზიკის ამოცანების მოქმედი და ადრეული ამოცანათა კრებულები.

3. ზურაბ ბართაია "აზროვნების განვითარების აქტივობები ფიზიკის გაკვეთილზე", 16 მაისი, 2019 წ. http://mastsavlebeli.ge/?p=21766

4. ზურაბ ბართაია „ბიჰევიორიზმის კონცეფცია და მისი გამოყენება სწავლებაში". 5 თებერვალი, 2020წ

http://mastsavlebeli.ge/?p=24606

5. ზურაბ ბართაია - პერკინსის, უზნაძის, ბლუმის თეორიები და აზროვნების განვითარება ფიზიკის გაკვეთილზე, 21 იანვარი 2021
http://mastsavlebeli.ge/?p=28344

6. ზურაბ ბართაია - რატომ უნდა ვიცოდეთ ფიზიკა? 10 მაისი, 2021
http://mastsavlebeli.ge/?p=29415

7. ზურაბ ბართაია - რატომ უნდა ვიცოდეთ ფიზიკა? (მე-2 ნაწილი), 13 იანვარი. 2022
http://mastsavlebeli.ge/?p=31616

8. ზურაბ ბართაია -„ ძირითადი ამოცანის დაზუსტება, განზოგადება და გადაწყვეტა ფიზიკის გაკვეთილზე „ 24 აგვისტო, 2023

https://mastsavlebeli.ge/?p=37194

9. ზურაბ ბართაია -„ ძირითადი ამოცანის დაზუსტება, განზოგადება და გადაწყვეტა ფიზიკის გაკვეთილზე „ 7 ნოემბერი 2024

https://mastsavlebeli.ge/?p=41452

10. ზურაბ ბართაია- „ ძირითადი ცნებების დაზუსტება და სწავლების მეთოდები მკთ - იის თემის გავლისას“ 20 აგვისტო 2025წ.

https://mastsavlebeli.ge/?p=44820