

## შექცევადი და შეუქცევადი პროცესები

ზურაბ ბართაია სოლომონ კოსტავა

სტატიაში განხილულია ბუნებაში მიმდინარე სითბური პროცესების გავრცელების მიმართულება, ხაზგასმულია მისი შეუქცევადობა, რაც მრავალი პრაქტიკული მაგალითებითაა გაჯერებული. განხილულია თერმოდინამიკის მეორე კანონის ფორმულირება კლაუზიუსის, კარნოსა და კლაპეირონის მიერ. ნაჩვენებია მათი იდენტურობა. სტატიაში ასევე განხილულია სითბოცვლის პროცესი და მისი კანონზომიერებები, სითბური ბალანსი და მისი განტოლება. მოცემულია შესაბამისი კვლევითი ამოცანები.

შექცევადია ისეთი პროცესი, რომელიც შეიძლება მიმდინარეობდეს როგორც პირდაპირი, ისე უკუმიმართულებით. უკუპროცესის დროს სისტემა თანმიმდევრობით გაივლის ყველა იმ მდგომარეობას, რაც მან გაიარა პირდაპირი პროცესისას და ისე უბრუნდება საწყის პოზიციას, ამასთანავე, გარემომცველ სხეულებში არ იწვევს რაიმე მუდმივ ცვლილებას.

თითქმის ყველა მექანიკური პროცესი, რომელიც მიმდინარეობს ხახუნისა და წინააღმდეგობის ძალების გარეშე, შექცევადია. მაგალითისთვის განვიხილოთ ქანქარის რხევის პროცესი:

### ამოცანა 99 (ა, ბ, გ, დ)

ა) თუ გვაქვს იდეალური მათემატიკური ქანქარა, მაშინ მისი რხევით მოძრაობაში მოყვანის შემდეგ იგი იმოძრაავს დაუსრულებლად (თუ მთლიანად გამორიცხული იქნება წინააღმდეგობის ძალები). ე.ი. პროცესი შექცევადია.

ბ) თუ გრძელ ძაფზე ჩამოკიდებულ მცირე  $m$  მასის ბურთულას (მათემატიკური ქანქარის მოდელი) მოვიყვანთ რხევით მოძრაობაში და მთლიანად გამოვრიცხავთ წინააღმდეგობის ძალებს, ბურთულა იმოძრაავს წონასწორობის მდებარეობისაკენ, გაივლის წონასწორობის წერტილს და გააგრძელებს მოძრაობას მეორე მხარეს იმავე ამპლიტუდით — ეს არის პირდაპირი პროცესი. შემდგომ ბურთულა გაჩერების გარეშე დაიძვრება უკან, თანმიმდევრულად გაივლის ყველა იმავე მდებარეობას და მივა საწყის პოზიციამდე — ეს არის უკუპროცესი. აღწერილი პროცესი შექცევადია.

გ) თუ წინააღმდეგობის ძალები ძალიან მცირეა (რეალურ გარემოში), მაშინ ბურთულის რხევის ამპლიტუდა დროის მცირე შუალედში შეიძლება ჩავთვალოთ მუდმივად და ასეთი პროცესი მიახლოებით ჩაითვლება შექცევადად.

დ) თუ წინააღმდეგობის ძალები საკმაოდ დიდია, მაშინ რხევები მიღევადია და პროცესი იქნება შეუქცევადი.

ბუნებაში ყველა მაკროსკოპული პროცესი მხოლოდ ერთი მიმართულებით მიმდინარეობს თავისთავად, შებრუნებული მიმართულებით იგივე პროცესი გარეშე

სხეულებში ცვლილებების გარეშე არ ხდება. მაშასადამე, ბუნებაში მიმდინარე ყველა რეალური პროცესი შეუქცევადია.

თერმოდინამიკის მეორე კანონი მიუთითებს შესაძლო ენერგეტიკულ გარდაქმნათა მიმართულებაზე, ის გამოხატავს პროცესთა შეუქცევადობას ბუნებაში. კანონი ჩამოყალიბებულია ცდისეული ფაქტებისა და დაკვირვებების საფუძველზე. თერმოდინამიკის მეორე კანონის ფორმულირებაზე იმუშავეს მეცნიერებმა: კლაპეირონმა, კლაუზიუსმა და კარნომ. ყველაზე მარტივი ფორმულირება მოგვცა კლაუზიუსმა:

შეუძლებელია სითბოს გადაცემა უფრო ცივი სისტემიდან უფრო ცხელზე ისე, რომ ამავდროულად არ მოხდეს სხვა ცვლილებები ორივე სისტემაში ან გარემომცველ სხეულებში.

### კითხვები და დავალებები

ა. 100. სხეულს გადაეცა სითბო და გათბა → შესაძლებელია თუ არა სხეულს წაერთვას სითბო, გაცივდეს და გარემო თავისთავად დაუბრუნდეს საწყის მდგომარეობას?

ა. 101. წყალში მხტომელი გადმოხტა კოშკიდან და ჩაყვინთა წყალში → წყლიდან ფეხებით ვერტიკალურად ვერ ამოხტება მხტომელი და ვერ დაახტება კოშკის გადასახტომ ნაწილს მხოლოდ წყლისა და გარემოს გაცივების ხარჯზე.

სავარჯიშო: ძაფზე დაკიდებული ბურთულა მოიყვანეს რხევით მოძრაობაში. აღწერეთ პროცესი, როგორი იქნება ის (შექცევადი თუ შეუქცევადი), როცა:

1. წინააღმდეგობის ძალებს მთლიანად გამოვრიცხავთ.

2. წინააღმდეგობის ძალები მოქმედებენ.

ა. 102. სწრაფად მოძრავმა ავტომობილმა მკვეთრად დაამუხრუჭა, საბურავები გათბა და გარემოში სითბო გადავიდა. შესაძლებელია თუ არა საბურავებსა და გარემოში გავრცელებულმა სითბურმა ენერგიამ, თავისთავად (გარე ზემოქმედების გარეშე), დაძრას ავტომობილი ადგილიდან და გაზარდოს მისი კინეტიკური ენერგია?

ა. 103. ცხელი და ცივი სხეულები შევახოთ ერთმანეთს. რა მოხდება? შესაძლებელია თუ არა თავისთავად სითბო ცივი სხეულიდან გადავიდეს თბილში? რატომ? შესაძლებელია თუ არა ტექნიკურად მეორე (უკუ) პროცესის იძულებითი განხორციელება? გააკეთეთ დასკვნა და შეადარეთ იგი კლაუზიუსის ფორმულირებას.

ა. 104. H სიმაღლეზე მოთავსებული წყლის ავზიდან ონკანის მოშვების შემდეგ წყალი თავისთავად ჩამოედინება. აღწერეთ მოვლენა. შესაძლებელია თუ არა წყალი თავისთავად ავიდეს იმავე H სიმაღლეზე და ჩაიღვაროს ავზში? რატომ? როგორია ეს პროცესები (შექცევადი თუ შეუქცევადი)? ტექნიკურად შესაძლებელია თუ არა უკუპროცესის განხორციელება? შეადარეთ თქვენი დასკვნა თერმოდინამიკის მეორე კანონს.

სითბოს რაოდენობა. სითბური ბალანსის განტოლება

ენერგიის რაოდენობას, რომელსაც სხეული იღებს გათბობისას ან გაცივებისას, სითბოს რაოდენობა ეწოდება.

მიღებული ან გაცემული სითბოს რაოდენობა იანგარიშება ფორმულით:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T = c \cdot m \cdot (T_{\text{საბ}} - T_{\text{საწ}})$$

სადაც  $Q$  სხეულზე გადაცემული ან მასზე ართმეული სითბოს რაოდენობაა,  $c$  – სხეულის კუთრი სითბოტევადობა, ხოლო  $T_{\text{საწ}}$  და  $T_{\text{საბ}}$  — საწყისი და საბოლოო ტემპერატურებია.

განტოლებას, რომელიც კავშირს ამყარებს სისტემაში გაცემულ და მიღებულ სითბოს რაოდენობებს შორის, სითბური ბალანსის განტოლება ეწოდება:

$$Q_{\text{მიღ}} = \eta \cdot Q_{\text{გაც}}$$

აქ  $Q_{\text{გაც}}$  არის გამოყოფილი (გაცემული) სითბოს რაოდენობა,  $Q_{\text{მიღ}}$  — ცივი სხეულის მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობა, ხოლო  $\eta$  არის მარგი ქმედების კოეფიციენტი (მქკ). თუ  $\eta = 1$ , სითბოგადაცემა მიმდინარეობს უდანაკარგოდ (იდეალური შემთხვევა).

ამოცანა 105

ნავთქურაზე დადგმულ  $m_{\text{ალ}} = 200 \text{ გ} = (0.2 \text{ კგ})$  მასის ალუმინის ჭურჭელში მოთავსებული  $m_{\text{ყ}} = 5 \text{ კგ}$  მასის და  $T_1 = -10^\circ \text{C}$  ტემპერატურის ყინული  $t = 20$  წთ-ში ადუღდა და სრულად აორთქლდა. რა მასის ნავთი დაიხარჯა ამისათვის, თუ ნავთქურის მქკ  $\eta = 85\%$  -ის ტოლია?

(მოცემულობა:  $q_{\text{ნავთი}} = 4,4 \cdot 10^7 \text{ ჯ/კგ}$ ,  $\lambda_{\text{ყინული}} = 3,4 \cdot 10^5 \text{ ჯ/კგ}$ ,  $L_{\text{წყალი}} = 2,3 \cdot 10^6 \text{ ჯ/კგ}$ ,  $c_{\text{ალ}} = 920 \text{ ჯ/(კგ} \cdot ^\circ \text{C)}$ ,  $c_{\text{ყ}} = 2100 \text{ ჯ/(კგ} \cdot ^\circ \text{C)}$ ,  $c_{\text{წყ}} = 4200 \text{ ჯ/(კგ} \cdot ^\circ \text{C})$ ).

მითითება და ამოხსნის ეტაპები:

1. ნავთის წვისას გამოყოფილი სრული სითბო:  $Q_{\text{სრ}} = m_{\text{ნავთი}} \cdot q$
2. სასარგებლო სითბო (მქკ-ის გათვალისწინებით):  $Q_{\text{სას}} = \eta \cdot Q_{\text{სრ}}$
3. სისტემის მიერ მიღებული მთლიანი სითბო:  $Q_{\text{სას}} = Q_{\text{ალ}} + Q_{\text{ყინ.გათბ}} + Q_{\text{დნობა}} + Q_{\text{წყ.გათბ}} + Q_{\text{აორთქ}}$

სადაც:

$Q_{\text{ალ}}$  არის ალუმინის ჭურჭლის გათბობისთვის საჭირო სითბო  $100^{\circ}\text{C}$ -მდე:  $Q_{\text{ალ}} = c_{\text{ალ}} m_{\text{ალ}} \cdot (100 - T_1)$

$Q_{\text{ყინ.გათბ}}$  არის ყინულის გათბობისთვის საჭირო სითბო  $0^{\circ}\text{C}$ -მდე:  $Q_{\text{ყინ.გათბ}} = c_{\text{ყინ}} \cdot m_{\text{ყინ}} \cdot (0 - T_1)$

$Q_{\text{დნობა}}$  არის ყინულის გადნობისთვის საჭირო სითბო  $0^{\circ}\text{C}$  -ზე (დნობის ტემპერატურაზე):  $Q_{\text{დნობა}} = \lambda_{\text{ყინული}} \cdot m_{\text{ყინ}}$

$Q_{\text{წყ.გათბ}}$  მიღებული წყლის  $100^{\circ}\text{C}$ -მდე გათბობისთვის საჭირო სითბო:  $Q_{\text{წყ.გათბ}} = c_{\text{წყ}} \cdot m_{\text{ყინ}} \cdot (100 - 0)$

$Q_{\text{აორთქ}}$  არის წყლის სრული აორთქლებისთვის საჭირო სითბო:  $Q_{\text{აორთქ}} = L_{\text{წყალი}} \cdot m_{\text{ყინ}}$   
ფორმულების გაერთიანებით და  $m_{\text{ნავთი}}$ -ის გამოსახვით მივიღებთ:

$$m_{\text{ნავთი}} = \frac{Q_{\text{სას}}}{\eta \cdot q_{\text{ნავთი}}}$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით:  $m_{\text{ნავთი}} \approx 0.44$  კგ, რაც მოცულობითად დაახლოებით 0,55 ლ-ის ტოლია.

კვლევის ხასიათის ამოცანები

კინეტიკური ენერგია

500. 10 კგ მასის უძრავ სხეულზე მოქმედებს 5 ნ ძალა. მოძრაობის დაწყებიდან 2 წმ-ის შემდეგ იქნება თუ არა სხეულის კინეტიკური ენერგია: ა) 4 ჯ; ბ) 5 ჯ; გ) 6 ჯ-ის ტოლი? (წინააღმდეგობა უგულებელყავით).

501. 72 კმ/სთ სიჩქარით მოძრავი სხეულის კინეტიკური ენერგია 4400 კჯ-ია. არის თუ არა სხეულის მასა: ა) 20 კგ; ბ) 22 კგ; გ) 24 კგ?

502. საკმარისია თუ არა ა) 15 გჯ; ბ) 16 გჯ მუშაობის შესრულება, რომ 500 კგ მასის თანაგზავრი გავიყვანოთ დედამიწის ახალ ორბიტაზე? ( $R_{\text{დ}} = 6400$  კმ,  $g = 10$  მ/წმ<sup>2</sup>, წინააღმდეგობა უგულებელყავით).

504. 36 კმ/სთ სიჩქარით მოძრავი 100 კგ მასის სხეული გაჩერდა. დაადგინეთ, შეასრულა თუ არა დამამუხრუჭებელმა ძალამ: ა) 4 კჯ; ბ) 4.5 კჯ; გ) 5 კჯ მუშაობა.

505. შეადარეთ ავტომობილთა კინეტიკური ენერგიები, რომელთა მასებია  $M_1$  და  $M_2$ , ხოლო სიჩქარეები —  $v_1$  და  $v_2$ , თუ:

1.  $M_2 = 2M_1$  და  $v_1 = v_2$ ;    2.  $M_2 = M_1$  და  $v_1 = 2v_2$

506. 60 კგ მასის სხეულის სიჩქარის 2-ჯერ გაზრდისათვის საჭირო შეიქნა 9 კჯ მუშაობის შესრულება. დაადგინეთ, მოძრაობდა თუ არა სხეული თავდაპირველად 36 კმ/სთ სიჩქარით.

507. სხეულის სიჩქარის 36 კმ/სთ-მდე შეცვლისათვის შესრულდა 15 კჯ მუშაობა. არის თუ არა სხეულის მასა: ა) 90 კგ; ბ) 100 კგ; გ) 120 კგ?

508. 17 მ/წმ სიჩქარით მოძრავი სხეულის იმპულსია 60 კგ·მ/წმ. დაადგინეთ, ექნება თუ არა სხეულს კინეტიკური ენერგია: ა) 500 ჯ; ბ) 510 ჯ; გ) 520 ჯ?

509. 10 კგ მასის სხეულის კინეტიკური ენერგია 125 ჯ-ია. დაადგინეთ, იქნება თუ არა ამ სხეულის იმპულსი: ა) 50 კგ·მ/წმ; ბ) 55 კგ·მ/წმ?

510.  $m = 100$  გ მასის ბურთულა ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე თანაბრად მოძრაობს  $R = 50$  სმ რადიუსის წრეწირზე  $n = 4$  წმ<sup>-1</sup> სიხშირით. დაადგინეთ:

1. ექნება თუ არა ბურთულას ორბიტაზე: ა) 6 ჯ; ბ)  $\approx 6,9$  ჯ; გ)  $\approx 7,9$  ჯ კინეტიკური ენერგია?

2. ექნება თუ არა 4-ჯერ მეტი ენერგია, თუ სიხშირეს გავზრდით: ა) 2-ჯერ; ბ) 3-ჯერ; გ) 4-ჯერ?

3. ექნება თუ არა 16-ჯერ მეტი ენერგია, თუ რადიუსს გავზრდით: ა) 2-ჯერ; ბ) 3-ჯერ; გ) 4-ჯერ?

511. 500 გ მასის სხეული აისროლეს ვერტიკალურად ზევით 20 მ/წმ სიჩქარით. დაადგინეთ, იქნება თუ არა მისი კინეტიკური ენერგია მოძრაობის დაწყებიდან 1 წმ და 3 წმ-ის შემდეგ: ა) 25 ჯ; ბ) 26 ჯ; გ) 27 ჯ-ის ტოლი? რატომ?

512.  $m = 100$  გ მასის ბურთულა ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე თანაბრად მოძრაობს  $R = 50$  სმ რადიუსის წრეწირზე  $n_1 = 3$  წმ<sup>-1</sup> სიხშირით. დაადგინეთ, საკმარისია თუ არა მასზე გარე ძალების მუშაობით: ა)  $\approx 7,1$  ჯ; ბ)  $\approx 7,5$  ჯ; გ)  $\approx 7,9$  ჯ ენერგიის გადაცემა, რომ მისი სიხშირე გაიზარდოს  $n_2 = 5$  წმ<sup>-1</sup>-მდე?

513.  $l = 40$  სმ სიგრძის ძაფზე დაკიდებული  $m = 100$  გ მასის ბურთულა ჰორიზონტალურ სიბრტყეში აღწერს წრეწირს ისე, რომ ძაფი ვერტიკალთან ქმნის  $\alpha = 60^\circ$ -იან კუთხეს. დაადგინეთ, აქვს თუ არა ბურთულას: ა) 0,25 ჯ; ბ) 0,3 ჯ; გ) 0,35 ჯ კინეტიკური ენერგია.

514. სხეული თავისუფლად ვარდებოდა 5 წმ-ის განმავლობაში. დახაზეთ გრაფიკები, რომლებიც გამოსახავენ სიჩქარისა და კინეტიკური ენერგიის დროზე დამოკიდებულებას.

სიმძიმის ძალის მუშაობა. პოტენციური ენერგია

515. ავტომობილი ეშვება მთიდან გამორთული ძრავით. რომელი ენერგიის ხარჯზე მოძრაობს ის?

516. ექნება თუ არა 15 მ სიმაღლეზე ატანილ 2 ნ წონის სხეულს: ა) 25 ჯ; ბ) 30 ჯ; გ) 35 ჯ პოტენციური ენერგია? შეასრულებს თუ არა ის ვარდნისას იმავე სიდიდის მუშაობას?

517. ბიჭი ციგით ჩამოსრიალდა H სიმაღლის გორაკიდან ჯერ  $l_1$ , ხოლო შემდეგ  $l_2$  ( $l_2 > l_1$ ) სიგრძის დაღმართზე. დაადგინეთ, რა პირობებისთვის სრულდება სიმძიმის

ძალის მიერ შესრულებული მუშაობებისთვის ქვემოთჩამოთვლილი დამოკიდებულებები ( $A_1$  და  $A_2$ ):

1.  $A_1 = A_2$ ;                      2.  $A_1 > A_2$ ;                      3.  $A_1 < A_2$ .

518. 10 მ სიმაღლის გორაკიდან ჩამოსრიალდა 5 კგ მასის ციგა და გზის ჰორიზონტალურ უბანზე გაჩერდა. დაადგინეთ, ციგის საწყის სიმაღლეზე ასაყვანად საკმარისია თუ არა მუშაობის შესრულება: ა) 0,5 კჯ; ბ) 0,65 კჯ; გ) 1 კჯ?

519. ბიჭმა ვერტიკალურად ზევით ააგდო 100 გ მასის ბურთი, რომელიც ავიდა 8 მ სიმაღლეზე. დაადგინეთ, დაიჭირეს თუ არა ბურთი:

1. ასროლის წერტილში, თუ სიმძიმის ძალის მუშაობის მოდული ზევით და ქვევით მოძრაობისას ტოლია?

2. ასროლის წერტილიდან: ა) 5 მ; ბ) 6 მ; გ) 7 მ სიმაღლეზე, თუ მთელ გზაზე სიმძიმის ძალის მუშაობა 3 ჯ-ის ტოლია?

520. დედამიწის ზედაპირიდან H სიმაღლეზე მდებარე აივნებიდან გადმოვარდა  $m = 200$  გ მასის სხეული. მისი პოტენციური ენერგიის 9 ჯ-ით შემცირების შემდეგ იგი აღმოჩნდა მიწიდან 9.5 მ სიმაღლეზე. დაადგინეთ:

1. მდებარეობდა თუ არა აივანი მიწიდან: ა) 13 მ; ბ) 14 მ; გ) 15 მ სიმაღლეზე?

2. ექნება თუ არა ბურთს მიწაზე დაცემის მომენტში პოტენციური ენერგია (ათვლის დონედ მიწის ზედაპირის აღებისას)?

521. ჰორიზონტალურად მოთავსებული ფიცრის მარჯვენა ბოლოდან მისი სიგრძის  $1/4$  მანძილზე დევს ქვა, რომლის მასა 5-ჯერ მეტია ფიცრის მასაზე. ერთსა და იმავე სიმაღლეზე ქვის ასაწევად ბიჭი ფიცრის მარჯვენა და მარცხენა ბოლოებზე რიგრიგობით მოქმედებს ძალით. დაადგინეთ, არის თუ არა:

1. ძალათა მოდულების ფარდობა: ა)  $1/2$ ; ბ)  $1/3$ ; გ)  $1/4$ -ის ტოლი?

2. შესრულებულ მუშაობათა ფარდობა: ა) 1; ბ) 1,5; გ) 2-ის ტოლი?

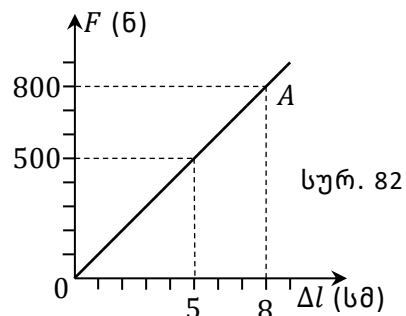
522. დედამიწის ზედაპირიდან H სიმაღლეზე ატანილი სხეულის პოტენციური ენერგია ყოველთვის გამოითვლება თუ არა ფორმულით  $E_3 = mgh$ ?

523. მიწაზე დევს 2 მ სიგრძისა და 50 კგ მასის ერთგვაროვანი ძელი, რომელიც ერთ-ერთი ბოლოს გარშემო ბრუნვით უნდა დააყენონ ვერტიკალურად. დაადგინეთ, ამისათვის:

1. საკმარისია თუ არა მუშაობის შესრულება: ა) 0,4 კჯ; ბ) 0,45 კჯ; გ) 0,5 კჯ?

2. საკმარისია თუ არა მეორე ბოლოზე ძელისადმი მართობულად მოვდოთ ძალა: ა) 24 ნ; ბ) 24,5 ნ; გ) 25 ნ?

524. ზამბარის გამჭიმავი ძალის წაგრძელებაზე დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით (სურ.82), დაადგინეთ, იქნება თუ არა 8 სმ-ით გაჭიმული ზამბარის პოტენციური ენერგია: 1) 30 ჯ; 2) 31 ჯ; 3) 32 ჯ. რა ფიზიკური აზრი აქვს გრაფიკის დახრის  $\alpha$  კუთხის ტანგენსს ( $\tan \alpha$ )?



525. საბავშვო ზამბარიანი დამბაჩის 4 სმ-ით შესაკუმშვად საჭიროა 25 ნ ძალა. დაადგინეთ, ექნება თუ არა ზამბარას პოტენციური ენერგია: ა) 0,5 ჯ; ბ) 0,55 ჯ; გ) 0,6 ჯ?

526. 20 კნ/მ სიხისტის ზამბარის პოტენციური ენერგია დეფორმაციისას გახდა 6,25 ჯ. დაადგინეთ:

1. არის თუ არა ზამბარა დეფორმირებული: ა) 2,5 სმ; ბ) 3 სმ; გ) 3,5 სმ-ით?

2. მოქმედებდა თუ არა ზამბარაზე ძალა: ა) 0,4 კნ; ბ) 0,5 კნ; გ) 0,55 კნ?

527. 8 სმ-ით დეფორმირებული ზამბარის 6 სმ-მდე შეკუმშვისას დრეკადობის ძალამ შეასრულა 0.7 ჯ მუშაობა. დაადგინეთ, რომელი სიხისტის ზამბარა იყო გამოყენებული: ა) 450 ნ/მ; ბ) 500 ნ/მ; გ) 550 ნ/მ?

528. 40 ნ ძალაზე გაანგარიშებულ დინამომეტრს აქვს 500 ნ/მ სიხისტის ზამბარა. საკმარისია თუ არა მუშაობის შესრულება: ა) 0,8 ჯ; ბ) 1 ჯ; გ) 1,2 ჯ, რომ ზამბარა სვლის შუა ნაწილიდან ბოლო დანაყოფამდე გავჭიმოთ?

529. რომელია სწორი დასკვნა: მექანიკური ენერგიის მუდმივობის კანონი სრულდება სისტემისთვის, რომლის სხეულები ურთიერთქმედებენ მხოლოდ:

ა) დრეკადობის ან სიმძიმის ძალებით.

ბ) ხახუნის ან წინააღმდეგობის ძალებით.

გ) ხახუნის ან დრეკადობის ძალებით.

დ) წინააღმდეგობის ან მიზიდულობის ძალებით.

530. სხეული ვარდება 22.5 მ სიმალიდან. დაადგინეთ, ტრაექტორიის შუა წერტილში როგორი იქნება სხეულის:

1. კინეტიკური ( $E_k$ ) და პოტენციური ( $E_p$ ) ენერგიები: ა)  $E_k = E_p$ ; ბ)  $E_k > E_p$ ; გ)  $E_k < E_p$ ?

2. სიჩქარე  $v$ : ა) 36 კმ/სთ; ბ) 54 კმ/სთ; გ) 72 კმ/სთ?

531. 200 გ მასის ვარდნილ სხეულს ტრაექტორიის იმ წერტილში, სადაც მისი პოტენციური და კინეტიკური ენერგიები ტოლია, აქვს 10 მ/წმ სიჩქარე.

1. რა მანძილზე გადაადგილდა სხეული: ა) 4 მ; ბ) 5 მ; გ) 6 მ?

2. იმყოფებოდა თუ არა სხეული ვარდნის დაწყებამდე სიმაღლეზე: ა) 8 მ; ბ) 10 მ; გ) 12 მ?

3. არის თუ არა სხეულის სრული მექანიკური ენერგია: ა) 20 ჯ; ბ) 22.5 ჯ; გ) 25 ჯ?

532. 0,6 კგ მასის ბურთი ვარდება 45 მ სიმალიდან. დაადგინეთ, მოძრაობის დაწყებიდან 1 წმ-ის შემდეგ იქნება თუ არა მისი კინეტიკური, პოტენციური და სრული ენერგიები შესაბამისად ტოლი: ა) 40 ჯ, 230 ჯ, 270 ჯ; ბ) 30 ჯ, 240 ჯ, 260 ჯ; გ) 30 ჯ, 240 ჯ, 270 ჯ?

533. ვერტიკალურად ზევით ასროლილი 100 გ მასის სხეულის პოტენციური და კინეტიკური ენერგიები გატოლდა ასროლის წერტილიდან 6,4 მ სიმაღლეზე. გამოაკვლიეთ:

1. აუსროლიათ თუ არა სხეული სიჩქარით: ა) 14 მ/წმ; ბ) 15 მ/წმ; გ) 16 მ/წმ?
  2. მიაღწევს თუ არა სხეული მაქსიმალურ სიმაღლეს: ა) 12 მ; ბ) 12,4 მ; გ) 12,8 მ?
534. 150 გ მასის სხეული აისროლეს ვერტიკალურად ზევით 20 მ/წმ სიჩქარით. გამოიკვლიეთ, ექნება თუ არა სხეულს ასროლის წერტილიდან:
1. ტოლი პოტენციური და კინეტიკური ენერგიები სიმაღლეზე: ა) 8 მ; ბ) 10 მ; გ) 12 მ?
  2. მაქსიმალური პოტენციური ენერგია სიმაღლეზე: ა) 18 მ; ბ) 20 მ; გ) 22 მ?
  3. ნებისმიერ ( $0 < H \leq 20$  მ) სიმაღლეზე სრული ენერგია: ა) 25 ჯ; ბ) 30 ჯ; გ) 35 ჯ?
535. 0.5 კგ მასის ბურთი აისროლეს ვერტიკალურად ზევით 30 მ/წმ სიჩქარით. გამოიკვლიეთ, მოძრაობის დაწყებიდან 1 წმ-ის შემდეგ იქნება თუ არა მისი კინეტიკური, პოტენციური და სრული ენერგიები შესაბამისად ტოლი: ა) 80 ჯ, 145 ჯ, 225 ჯ; ბ) 100 ჯ, 105 ჯ, 205 ჯ; გ) 100 ჯ, 125 ჯ, 225 ჯ?
536. 20 მ/წმ სიჩქარით ასროლილი სხეულის კინეტიკური ენერგია 1 წმ-ის შემდეგ აღმოჩნდა 25 ჯ. გამოიკვლიეთ, ექნება თუ არა მას ტრაექტორიის უმაღლეს წერტილში სრული მექანიკური ენერგია: ა) 90 ჯ; ბ) 100 ჯ; გ) 120 ჯ?
537. ჩოგბურთის ბურთი მიფრინავს 108 კმ/სთ სიჩქარით და ჩოგნის დარტყმის შემდეგ უკუკავშირდება 126 კმ/სთ სიჩქარით. ამის გამო ბურთის კინეტიკური ენერგია შეიცვალა 3.75 ჯ-ით. დაადგინეთ, იქნება თუ არა ბურთის იმპულსის ცვლილების მოდული: ა) 1.2 კგ·მ/წმ; ბ) 1.5 კგ·მ/წმ; გ) 2 კგ·მ/წმ-ის ტოლი?
538. ზამბარის  $x_1 = 8$  სმ-დან  $x_2 = 12$  სმ-მდე გასაჭიმვად შესრულდა 2 ჯ მუშაობა. დაადგინეთ, ექნება თუ არა ასეთ დეფორმირებულ ზამბარაზე მიმაგრებულ ნივთიერ წერტილს წონასწორობის მდებარეობის გავლისას კინეტიკური ენერგია: ა) 3,6 ჯ; ბ) 4 ჯ; გ) 4,4 ჯ?
539. 500 ნ/მ სიხისტის ზამბარაზე მიმაგრებულ ნივთიერ წერტილს შეუძლია ხახუნის გარეშე მოძრაობა X ღერძის გასწვრივ. ზამბარა დეფორმირებულია ისე, რომ მისი საწყისი კოორდინატია  $\sqrt{17}$  სმ. დაადგინეთ: ზამბარის პოტენციური ენერგიის 0,2 ჯ-ით შეცვლის შემდეგ შეიძლება თუ არა წერტილის საბოლოო კოორდინატი იყოს: ა) 6 სმ; ბ) 5 სმ; გ) 3 სმ?
540. 400 ნ/მ სიხისტის 40 გ მასის ზამბარა 5 მ სიმაღლიდან ვარდება დედამიწაზე ისე, რომ დაცემისას მისი ღერძი რჩება ვერტიკალური. დაადგინეთ, დეფორმირდება თუ არა ზამბარა მაქსიმალურად: ა) 8 სმ; ბ) 10 სმ; გ) 12 სმ-ით?
541. საბავშვო დამბაჩის ზამბარის 10 სმ-ით შესაკუმშვად საჭიროა 36 ნ ძალა. დამბაჩაში მოთავსებული ჭურვის მასა 50 გ-ია. დაადგინეთ:
1. აქვს თუ არა ზამბარას პოტენციური ენერგია: ა) 1.5 ჯ; ბ) 1.8 ჯ; გ) 2 ჯ?
  2. მიაღწევს თუ არა ვერტიკალურად ზევით გასროლილი ჭურვი სიმაღლეს: ა) 3.6 მ; ბ) 3.8 მ; გ) 4 მ?

542. ბურთი მიგორავს გლუვ ჰორიზონტალურ ზედაპირზე თანაბრად 20 მ/წმ სიჩქარით და ადის აღმართზე. დაადგინეთ, გადალახავს თუ არა ბურთი აღმართს, რომლის სიმაღლეა: ა) 18 მ; ბ) 20 მ; გ) 22 მ?

543. ბურთი თანაბრად მიგორავდა ჰორიზონტალურ გლუვ ზედაპირზე და გააგრძელა მოძრაობა აღმართზე, სადაც მაქსიმალურ სიმაღლეს მიაღწია 11,25 მ-ზე. დაადგინეთ, რა სიჩქარით მიგორავდა ბურთი თავდაპირველად: ა) 36 კმ/სთ; ბ) 54 კმ/სთ; გ) 72 კმ/სთ?

544. ჰორიზონტისადმი კუთხით 550 მ/წმ საწყისი სიჩქარით გასროლილი 40 გ მასის ჭურვის კინეტიკური ენერგია ტრაექტორიის უმაღლეს წერტილში 1512,5 ჯ-ია. რა კუთხით გაუსვრიათ ჭურვი ჰორიზონტისადმი: ა) 30°; ბ) 45°; გ) 60°?

545. მცირე მასის ბურთულა ჩამოსრიალდება უძრავი 21 სმ რადიუსის მქონე გლუვი სფეროს ზედა უკიდურესი წერტილიდან. დაადგინეთ, მოწყდება თუ არა ბურთულა სფეროს ზედაპირიდან სიმაღლეზე (ქვედა დონიდან ათვლით): ა) 30 სმ; ბ) 33 სმ; გ) 35 სმ?

546. მცირე ზომის დრეკადი ბურთულა ჩამოსრიალდა 27 სმ რადიუსის გლუვი ნახევარსფეროს უკიდურესი ზედა წერტილიდან და ეცემა ჰორიზონტალურ ზედაპირზე, რომელთანაც განიცდის აბსოლუტურად დრეკად დაჯახებას. აღწერეთ მოძრაობის ტრაექტორია.

547. შეძლებს თუ არა მცირე  $m$  მასის ბურთულა ვერტიკალურ სიბრტყეში შემოწეროს სრული წრეწირი, როცა ის ჩამოკიდებულია 1 სიგრძის:

1. უწონო მყარ ღეროზე და მას ქვედა წონასწორობის მდებარეობაში მივანიჭებთ სიჩქარეს: ა)  $v = \sqrt{gl}$ ; ბ)  $v = 1.5\sqrt{gl}$ ; გ)  $v = 2\sqrt{gl}$ ?

2. უწონო ძაფზე და მას წონასწორობაში ყოფნისას მივანიჭებთ სიჩქარეს:

ა)  $v = \sqrt{5gl}$ ; ბ)  $v = 2\sqrt{gl}$ ; გ)  $v = \sqrt{6gl}$  ?

548.  $m$  მასის ბურთულა ვერტიკალურ სიბრტყეში შემოწერს 1 რადიუსის წრეწირს. წონასწორობის (უდაბლესი) მდებარეობის გავლისას მისი გადატვირთვის კოეფიციენტი აღმოჩნდა: ა) 5; ბ) 6. დაადგინეთ, შეიძლება თუ არა ბურთულა ჩამოკიდებული ყოფილიყო: 1. უჭიმვად უწონო ძაფზე? 2. უწონო ღეროზე? რატომ?

549. დაამტკიცეთ, რომ თუ 1 სიგრძის უწონო ძაფზე ჩამოკიდებული  $m$  მასის ტვირთი ვერტიკალისადმი გადახრილია  $\alpha$  კუთხით, მაშინ წონასწორობის მდებარეობის გავლისას ძაფის დაჭიმულობის ძალა გამოითვლება ფორმულით:  $F = mg(3 - 2 \cos \alpha)$ .

550. 1 სიგრძის ძაფზე დაკიდებული  $m$  მასის ბურთულა ბრუნავს ვერტიკალურ სიბრტყეში ისე, რომ ტრაექტორიის უმაღლეს წერტილში ძაფის დაჭიმულობა 0-ის ტოლია. ააგეთ ბურთულას წონის აწევის სიმაღლეზე დამოკიდებულების გრაფიკი, როცა ათვლის წერტილად არჩეულია:

1. ტრაექტორიის უდაბლესი წერტილი.

2. ტრაექტორიის უმაღლესი წერტილი.

### 3. ბრუნვის ცენტრი.

#### დრეკადი დაჯახება

551. დაამტკიცეთ, რომ თუ  $m_1$  მასის  $v_1$  სიჩქარით მოძრავი დრეკადი ბურთულა (ჭურვი) ცენტრალურად ეჯახება  $m_2$  მასის უძრავ დრეკად ბურთულას (სამიზნეს), მაშინ დაჯახების შემდეგ:

1. პირველი ბურთულის სიჩქარე:  $u_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1$

2. მეორე ბურთულის სიჩქარე:  $u_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1$

3. თუ  $m_1 > m_2$ , ბურთულები იმოძრავენ ერთი მიმართულებით.

4. თუ  $m_1 < m_2$ , პირველი ბურთულა აირეკლება და იმოძრაებს საწინააღმდეგო მიმართულებით.

5. თუ  $m_1 = m_2$ , პირველი ბურთულა ჩერდება, ხოლო მეორე იწყებს მოძრაობას იმავე  $v_1$  სიჩქარით.

552. 2 კგ მასის ფოლადის ბურთულა მოძრაობს 5 მ/წმ სიჩქარით და ცენტრალურად ეჯახება 6 კგ მასის ფოლადის უძრავ ბურთულას. ჩათვალეთ დაჯახება აბსოლუტურად დრეკადად და დაადგინეთ:

1. იქნება თუ არა მათი სიჩქარეები სიდიდით ერთნაირი?

2. რა მიმართულებით იმოძრავენ ბურთულები?

553. 6 კგ მასის ფოლადის ბურთულა მოძრაობს 5 მ/წმ სიჩქარით და ეჯახება 2 კგ მასის უძრავ ბურთულა-სამიზნეს. ჩათვალეთ დაჯახება აბსოლუტურად დრეკადად და დაადგინეთ:

1. იქნება თუ არა ჭურვის სიჩქარე დაჯახების შემდეგ 2,5 მ/წმ?

2. იქნება თუ არა სამიზნის სიჩქარე 3-ჯერ მეტი ჭურვის საბოლოო სიჩქარეზე? რა მიმართულებით იმოძრავენ ისინი?

554. 6 მ/წმ სიჩქარით მოძრავი  $m_1$  მასის ბურთულა ეჯახება იმავე მასის ( $m_2 = m_1$ ) უძრავ ბურთულას. ჩათვალეთ დაჯახება აბსოლუტურად დრეკადად და დაადგინეთ: იმოძრავენ თუ არა სამიზნე ბურთულა სიჩქარით: 1) 6 მ/წმ; 2) 7 მ/წმ? რა მდგომარეობაში იქნება ჭურვი-ბურთულა?

555.  $m_1$  და  $m_2$  მასის ბურთულები მოძრაობენ ერთი წრფის გასწვრივ  $v_1$  და  $v_2$  სიჩქარეებით. ჩათვალეთ, რომ დაჯახება ცენტრალური და აბსოლუტურად დრეკადია.

1. თუ ბურთულები მოძრაობდნენ ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით, დაამტკიცეთ, რომ დაჯახების შემდეგ სიჩქარეებია:

$$u_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2}, \quad u_2 = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2}$$

2. თუ პირველი ბურთულა ეწევა მეორეს (მოძრაობენ თანხვედრილი მიმართულებით), ჩაწერეთ შესაბამისი სიჩქარის ფორმულები.

3. აჩვენეთ, რომ თუ  $m_1 = m_2$ , მაშინ დაჯახების შემდეგ ისინი უბრალოდ გაცვლიან სიჩქარეებს:  $u_1 = v_2$  და  $u_2 = v_1$ .

556. ერთი წრფის გასწვრივ მოძრაობა  $m_1 = m_2 = m$  მასის სხეულებმა ცენტრული, აბსოლუტურად დრეკადი დაჯახების შემდეგ გაცვალეს სიჩქარეები და იმოძრავეს: ა) ურთიერთსაწინააღმდეგო; ბ) ერთნაირი მიმართულებით. დაადგინეთ, როგორი მიმართულებით მოძრაობდნენ სხეულები დაჯახებამდე თითოეულ შემთხვევაში.

557. 6 კგ და 4 კგ მასის აბსოლუტურად დრეკადი ბურთულები მოძრაობენ ერთი წრფის გასწვრივ 5 მ/წმ და 4 მ/წმ სიჩქარეებით. დაადგინეთ, შეიძლება თუ არა ბურთულათა სიჩქარეები:

1. თანხვედრილი მოძრაობისას ურთიერთქმედების შემდეგ იყოს: ა) 4,2 მ/წმ და 5,2 მ/წმ; ბ) -4,2 მ/წმ და 5,2 მ/წმ?

2. ურთიერთსაწინააღმდეგო მოძრაობისას დაჯახების შემდეგ იყოს: ა) -2,2 მ/წმ და 6,8 მ/წმ; ბ) 2,2 მ/წმ და -6,8 მ/წმ?

558. 4 კგ და 6 კგ მასის აბსოლუტურად დრეკადი ბურთულები მოძრაობენ ერთი წრფის გასწვრივ 5 მ/წმ და 4 მ/წმ სიჩქარეებით. დაადგინეთ სიჩქარეების შესაძლო ვარიანტები დაჯახების შემდგომ სხვადასხვა საწყისი მიმართულების დროს.

559. ორი ტოლი მასის დრეკადი ბურთულა მოძრაობს ერთი წრფის გასწვრივ 6 მ/წმ და 4 მ/წმ სიჩქარეებით. დაჯახების შემდეგ იმოძრაებენ თუ არა ისინი ერთი და იმავე მიმართულებით შესაბამისად 4 მ/წმ და 6 მ/წმ სიჩქარეებით?

560. უძრავ ბურთულას არაცენტრულად ეჯახება ისეთივე მასის მეორე ბურთულა. ჩათვალით დაჯახება აბსოლუტურად დრეკადად და დაამტკიცეთ, რომ დაჯახების შემდეგ ბურთულების გაბნევის კუთხე აუცილებლად იქნება  $90^\circ$ .

561. ორი იდეალურად დრეკადი  $m_1$  და  $m_2$  მასის ბურთულა მოძრაობს ერთი წრფის გასწვრივ  $v_1$  და  $v_2$  სიჩქარეებით. დაჯახებისას ისინი დეფორმირდებიან და კინეტიკური ენერგიის ნაწილი გადადის დრეკადი დეფორმაციის პოტენციურ ენერგიაში. დაამტკიცეთ, რომ დეფორმაციის მაქსიმალური პოტენციური ენერგია:

1. როცა მოძრაობენ ერთი მიმართულებით:  $E_{\text{დ.მაქს}} = \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} (v_1 - v_2)^2$

2. როცა მოძრაობენ საწინააღმდეგო მიმართულებით:  $E_{\text{დ.მაქს}} = \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} (v_1 + v_2)^2$

562. ორი იდეალურად დრეკადი  $m_1 = 2$  კგ და  $m_2 = 3$  კგ მასის ბურთულა მოძრაობს ერთი წრფის გასწვრივ  $v_1 = 22.5$  მ/წმ და  $v_2 = 2.5$  მ/წმ სიჩქარეებით. დაადგინეთ ერთმანეთის მიმართ რა მიმართულებით მოძრაობდნენ სხეულები, თუ დრეკადობის მაქსიმალური პოტენციური ენერგია აღმოჩნდა: ა) 240 ჯ; ბ) 375 ჯ.

მექანიკური ენერგიის ცვლილება წინააღმდეგობის ძალების მოქმედებისას

563. ქვა გასრიალდა ყინულის ჰორიზონტალურ ზედაპირზე და გაჩერდა 25 მ-ის გავლის შემდეგ. ქვის მოძრაობისას მასზე მოქმედი ხახუნის ძალა მისი წონის 5%-ია ( $\mu = 0,05$ ). დაადგინეთ, დაიწყო თუ არა ქვამ სრიალი სიჩქარით: ა) 5 მ/წმ; ბ) 6 მ/წმ; გ) 7 მ/წმ?

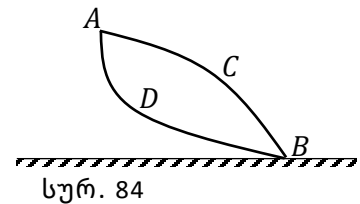
564. გარკვეული სიმაღლიდან ვარდნილ ქვას ქვიშიანი ზედაპირიდან 12 მ სიმაღლეზე ჰქონდა 8 მ/წმ სიჩქარე. ზედაპირზე დაცემის შემდეგ ქვა ქვიშაში ჩაეფლო 0.4 მ სიღრმეზე. გამოთვალეთ, მოქმედებდა თუ არა გრუნტის მხრიდან ქვაზე წინააღმდეგობის ძალა: ა) 78 ნ; ბ) 79 ნ; გ) 80 ნ?

565. 10 მ/წმ სიჩქარით მოძრაობდა 2 ტ მასის ავტომობილმა დაიწყო დამუხრუჭება. დამუხრუჭების ძალის სიდიდე 2 კნ-ია. გამოთვალეთ, შეძლებს თუ არა ავტომობილი გაჩერებამდე მანძილის გავლას: ა) 50 მ; ბ) 55 მ; გ) 60 მ?

566. 1 კგ მასის სხეული ჩამოვარდა 160 მ სიმაღლიდან და ნიადაგში ჩაეფლო 0,2 მ-ზე. ნიადაგის წინააღმდეგობის საშუალო ძალაა 7,2 კნ. დაადგინეთ:

1. ვარდებოდა თუ არა სხეული თავისუფლად ჰაერში?
2. ვარდნისას მოქმედებდა თუ არა სხეულზე ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა, რომელიც შეადგენს სიმძიმის ძალის: ა) 0,07; ბ) 0,08; გ) 0,09 ნაწილს? (ჩათვალეთ  $g = 9.8 \text{ მ/წმ}^2$ ).

567. სხეული ჩამოსრიალდება A წერტილიდან B-ში ორი ერთნაირი რადიუსის მქონე დახრილ ზედაპირზე: ჯერ ამოზნექილ ACB, ხოლო შემდეგ ჩაზნექილ ADB ტრაექტორიაზე (სურ. 84). ხახუნის კოეფიციენტი ორივე შემთხვევაში ერთნაირია. რომელ ზედაპირზე ჩამოსრიალებისას იქნება B წერტილში სხეულის სიჩქარე მეტი? რატომ?



568. ბიჭი ციგით (საერთო მასა 50 კგ) ჩამოსრიალდება 11,25 მ სიმაღლისა და  $30^\circ$ -იანი დახრილობის მთიდან. დაადგინეთ:

1. შესაძლებელია თუ არა მთის ძირში სიჩქარე იყოს: ა) 10 მ/წმ; ბ) 15 მ/წმ; გ) 20 მ/წმ?
2. როცა მთის ძირში სიჩქარე 12 მ/წმ-ია, რა წინააღმდეგობის ძალა გადალახეს მათ: ა) 89 ნ; ბ) 90 ნ; გ) 91 ნ?

569. ძაფზე დაკიდებული ბურთულა მიიტანეს კედელთან, გადახარეს  $60^\circ$ -იანი კუთხით და გაუშვეს ხელი. დაადგინეთ:

1. კედლიდან არეკვლის შემდეგ შესაძლებელია თუ არა ბურთულა გადაიხაროს კუთხით: ა)  $\alpha > 60^\circ$ ; ბ)  $\alpha = 60^\circ$ ; გ)  $\alpha < 60^\circ$ ? რა სახის ურთიერთქმედებისას არის ეს დასაშვები?
2. კედლიდან არეკვლის შემდეგ  $45^\circ$ -იანი კუთხით გადახრის შემთხვევაში, დაკარგა თუ არა ბურთულამ საწყისი მექანიკური ენერგიის: ა) 0,33; ბ) 0,36; გ) 0,4 ნაწილი?

570. 2 კგ მასის სხეული უსაწყისო სიჩქარით ვარდება 20 მ სიმაღლიდან. გამოთვალეთ:

1. ზედაპირთან შეხების მომენტში შესაძლებელია თუ არა სხეულს ჰქონდეს სიჩქარე: ა) 20 მ/წმ; ბ) 15 მ/წმ; გ) 25 მ/წმ?

2. თუ სხეული ზედაპირს დაეცა 16 მ/წმ სიჩქარით, მოქმედებდა თუ არა მასზე მოძრაობისას ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა: ა) 7,2 ნ; ბ) 9,2 ნ; გ) 0,4 ნ?

571. 0,5 კგ მასის რეზინის ბურთი უსაწყისო სიჩქარით ვარდება 50 მ სიმალიდან. დაადგინეთ:

1. შესაძლებელია თუ არა ბურთი დაეცეს ზედაპირს მოძრაობის დაწყებიდან: ა) 1 წმ; ბ) 3 წმ; გ) 5 წმ-ში?

2. თუ სხეული ვარდებოდა 4 წმ, მაშინ წინააღმდეგობის ძალის დაძლევაზე დაიხარჯებოდა თუ არა ენერგია: ა) 72 ჯ; ბ) 75 ჯ; გ) 78 ჯ?

572. 100 გ მასის სხეული ჩამოაგდეს 20 მ სიმალიდან 10 მ/წმ საწყისი სიჩქარით. იგი მიწაზე დაეცა 20 მ/წმ სიჩქარით. დაადგინეთ:

1. დაიხარჯა თუ არა მოძრაობისას წინააღმდეგობის დაძლევაზე ენერგია: ა) 4 ჯ; ბ) 5 ჯ; გ) 6 ჯ?

2. მოქმედებდა თუ არა სხეულზე საშუალო წინააღმდეგობის ძალა: ა) 0,2 ნ; ბ) 0,23 ნ; გ) 0,25 ნ?

573. 400 გ მასის ბურთულა აისროლეს ვერტიკალურად ზევით 20 მ/წმ სიჩქარით. ბურთულა იმავე წერტილში დაბრუნდა 15 მ/წმ სიჩქარით. გამოითვალეთ:

1. დაიხარჯა თუ არა წინააღმდეგობის დაძლევაზე მთელი ციკლის განმავლობაში ენერგია: ა) 30 ჯ; ბ) 35 ჯ; გ) 40 ჯ?

2. თუ ბურთულამ მიაღწია 15,625 მ მაქსიმალურ სიმაღლეს, მოქმედებდა თუ არა ზევით და ქვევით მოძრაობისას მასზე ერთნაირი წინააღმდეგობის ძალა?

574. 0,5 კგ მასის ბურთი აისროლეს ვერტიკალურად ზევით 16 მ/წმ სიჩქარით. დაადგინეთ:

1. შესაძლებელია თუ არა ბურთის მაქსიმალური აწევის სიმაღლე იყოს: ა) 10,4 მ; ბ) 12,8 მ; გ) 13,2 მ?

თუ ბურთმა რეალურად მიაღწია 10 მ სიმაღლეს, მაშინ:

2. მოქმედებდა თუ არა ბურთზე წინააღმდეგობის ძალა: ა) 1,4 ნ; ბ) 1,5 ნ; გ) 1,6 ნ?

3. დაიხარჯა თუ არა წინააღმდეგობის დაძლევაზე ენერგია: ა) 12 ჯ; ბ) 13 ჯ; გ) 14 ჯ?

575. ვერტიკალურად ზევით ასროლილმა 0,6 კგ მასის ბურთმა ასროლის წერტილიდან აიწია 20 მ-ზე. დაადგინეთ:

1. აუსროლიათ თუ არა ბურთი სიჩქარით: ა) 15 მ/წმ; ბ) 20 მ/წმ; გ) 25 მ/წმ და რა პირობებშია ეს შესაძლებელი?

თუ ბურთი რეალურად ასროლილია 22 მ/წმ სიჩქარით და მიაღწია 20 მ-ს, მაშინ:

2. მოქმედებდა თუ არა მასზე წინააღმდეგობის საშუალო ძალა: ა) 1,26 ნ; ბ) 1,28 ნ; გ) 1,32 ნ?

3. იხარჯება თუ არა წინააღმდეგობის დაძლევაზე ენერგია: ა) 25 ჯ; ბ) 25,2 ჯ; გ) 25,5 ჯ?

576. მოძრავი ბურთულა აბსოლუტურად არადრეკადად ეჯახება იმავე მასის უძრავ ბურთულას, რის შემდეგაც ისინი მოძრაობენ ერთად. დაადგინეთ, გარდაიქმნება თუ არა დაჯახებამდე არსებული მექანიკური ენერგიის რა ნაწილი შინაგან ენერგიად (სითბოდ): ა) 0,25; ბ) 0,5; გ) 0,6?

577.  $m_1$  მასის სხეული, რომელიც მოძრაობს  $v_1$  სიჩქარით, ეჯახება  $v_2$  სიჩქარით მოძრავ  $m_2$  მასის სხეულს. დაჯახება ცენტრალური და აბსოლუტურად არადრეკადია. დაამტკიცეთ, რომ ურთიერთქმედების შედეგად გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა ( $Q$ ) გამოითვლება ფორმულით:

1. როცა სხეულები მოძრაობენ ერთი მიმართულებით:  $Q = \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} (v_1 - v_2)^2$

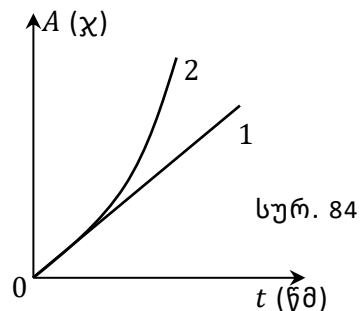
2. როცა სხეულები მოძრაობენ საწინააღმდეგო მიმართულებით:  $Q = \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} (v_1 + v_2)^2$

578. 2 კგ მასის და 22,5 მ/წმ სიჩქარით მოძრავი ბურთულა ეჯახება ამავე ნივთიერების 3 კგ მასის და 2,5 მ/წმ სიჩქარით მოძრავ ბურთულას. დაჯახება აბსოლუტურად არადრეკადია. დაადგინეთ ერთმანეთისადმი როგორი მიმართულებით მოძრაობდნენ ბურთულები დაჯახებამდე, თუ ურთიერთქმედების შემდეგ მათი ტემპერატურა გაიზარდა: ა)  $0,75^{\circ}\text{C}$ -ით; ბ)  $0,48^{\circ}\text{C}$ -ით? (ბურთულების კუთრი სითბოტევადობაა  $c = 100 \text{ ჯ}/(^{\circ}\text{C})$ ).

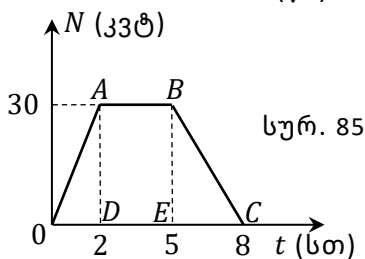
### სიმძლავრე. მანქანებისა და მექანიზმების მქც

579. ავტომობილის მოძრაობისას როდის იხარჯება უფრო მეტი საწვავი, როცა ის მოძრაობს: ა) თანაბრად თუ ბ) თანაბრაჩქარებულად?

580. მუდმივი ძალის მიერ შესრულებული მუშაობის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით (სურ. 84.) განსაზღვრეთ მოძრაობის სახე. დახაზეთ შესაბამისი სიმძლავრის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკები.



581. ავტომობილის ძრავის სიმძლავრის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით, დაადგინეთ, არის თუ არა ძრავის მიერ შესრულებული მუშაობა დროის მოცემულ შუალედში: ა) 590 მგჯ; ბ) 524 მგჯ; გ) 598 მგჯ? (სურ. 85)



582. ამწის ძრავის სასარგებლო სიმძლავრე 1.2 კვტ-ია. შეძლებს თუ არა ამწე თანაბრად, 0.04 მ/წმ სიჩქარით აწიოს ტვირთი, რომლის მასაა: ა) 30 ტ; ბ) 35 ტ?

583. 48 კვტ სასარგებლო სიმძლავრის მქონე ავტომობილი მოძრაობს აღმართზე 36 კმ/სთ მუდმივი სიჩქარით. განავითარა თუ არა მისმა ძრავამ წევის ძალა: ა) 4,8 კნ; ბ) 5,2 კნ?

584. ამწემ, რომლის მქც 60%-ია, 4 სთ მუშაობის შედეგად  $1,5 \cdot 10^3$  ტ მასის სამშენებლო მასალა 9 მ სიმაღლეზე აიტანა. განსაზღვრეთ:

1. შეასრულა თუ არა ამწემ სასარგებლო მუშაობა: ა) 130 მგჯ; ბ) 135 მგჯ; გ) 140 მგჯ?

2. რა სრული ენერგია დახარჯა სისტემამ: ა) 200 მგჯ; ბ) 215 მგჯ; გ) 225 მგჯ?

3. რა სრული სიმძლავრე განავითარა ძრავამ: ა) 15,6 კვტ; ბ) 15,625 კვტ; გ) 16,625 კვტ?

585. წყლის ტუმბოს ძრავა მოიხმარს 2,5 კვტ სიმძლავრეს და 5 მ<sup>3</sup> მოცულობის წყალი აჰყავს 12 მ სიმაღლეზე 10 წთ-ში. განსაზღვრეთ:

1. შეასრულა თუ არა ტუმბომ სასარგებლო მუშაობა: ა) 0,5 მგჯ; ბ) 0,6 მგჯ; გ) 0,7 მგჯ?

2. რა სრული ენერგია დახარჯა ტუმბომ: ა) 1,2 მგჯ; ბ) 1,5 მგჯ; გ) 1,8 მგჯ?

3. არის თუ არა ტუმბოს მქც: ა) 60%; ბ) 50%; გ) 40%?

586. ტრაქტორის წევის სიმძლავრე (სიმძლავრე კაკვზე) 21 კვტ-ია. შეძლებს თუ არა ტრაქტორი 3,5 ტ მასის მისამხელის წაყვანას 0,2 დახრილობის აღმართზე, თუ გზის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი 0,04-ია, სიჩქარით: ა) 1 მ/წმ; ბ) 1,5 მ/წმ; გ) 2 მ/წმ?

587. 1500 ტ მასის მატარებელი მოძრაობს 0,04 დახრილობის აღმართზე 1,6 მ/წმ სიჩქარით. წინააღმდეგობის კოეფიციენტი 0,06. დაადგინეთ:

1. ავითარებს თუ არა ლოკომოტივი სრულ სიმძლავრეს: ა) 2 მგვტ; ბ) 2,4 მგვტ; გ) 2,8 მგვტ?

2. არის თუ არა სასარგებლო სიმძლავრე: ა) 0,8 მგვტ; ბ) 0,9 მგვტ; გ) 0,96 მგვტ? რა პროცენტია სასარგებლო სიმძლავრე სრული სიმძლავრიდან?

588. 80% მქც-ის მქონე ჰიდროტურბინის წყლის ხარჯია 0,3 მ<sup>3</sup>/წმ. ტურბინას ამუშავებს 1,5 მ სიმაღლიდან 3 მ/წმ საწყისი სიჩქარით ვარდნილი წყალი, რომელიც ტურბინიდან გამოდის 1 მ/წმ სიჩქარით. განსაზღვრეთ:

1. შეძლებს თუ არა ძრავა 5 წმ-ში მუშაობის შესრულებას: ა) 27,5 კჯ; ბ) 28 კჯ; გ) 28,5 კჯ?

2. რა სრულ სიმძლავრეს ფლობს ვარდნილი წყლის ნაკადი: ა) 5,7 კვტ; ბ) 6 კვტ; გ) 6,3 კვტ?

3. რა სასარგებლო მექანიკურ სიმძლავრეს განავითარებს ტურბინა: ა) 4,5 კვტ; ბ) 4,56 კვტ; გ) 5 კვტ?

589.  $\alpha$  დახრილობის სიბრტყეზე მოათავსეს სხეული, რომლის ხახუნის კოეფიციენტი ზედაპირთან არის  $\mu$ . დაამტკიცეთ, რომ:

1. სხეული თავისთავად ჩამოსრიალდება, თუ  $\alpha > \arctan \mu$ .

2. ამ დახრილი სიბრტყის, როგორც მარტივი მექანიზმის მქც (η) ტვირთის თანაბრად ატანისას გამოითვლება ფორმულით:  $\eta = \frac{1}{1 + \mu \cot \alpha}$

590. h სიმაღლისა და b ფუძის სიგრძის მქონე დახრილი სიბრტყიდან ჩამოსრიალდა სხეული, რომელმაც შემდეგ ჰორიზონტალურ ზედაპირზე გაიარა L

მანძილი გაჩერებამდე. ხახუნის კოეფიციენტი დახრილ სიბრტყეზე და ჰორიზონტალურ გზაზე ერთნაირია. დაამტკიცეთ, რომ:

1. ხახუნის კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით:  $\mu = \frac{h}{b+L}$

2. ჩამოსრიალების მქვ გამოითვლება ფორმულით:  $\eta = 1 - \mu \frac{b}{h}$

591. სხეული ჩამოსრიალდა  $H$  სიმაღლისა და  $\alpha$  დახრილობის სიბრტყიდან. სიბრტყის ფუძესთან სხეულის სიჩქარე აღმოჩნდა  $v$ . დაამტკიცეთ, რომ:

1. ხახუნის კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით:  $\mu = \tan \alpha - \frac{v^2}{2gH \cot \alpha}$

2. სიბრტყის მარგი ქმედების კოეფიციენტი ჩამოსრიალებისას არის:  $\eta = \frac{v^2}{2gH}$

592. 400 კგ მასის ტვირთი აქვთ 2 მ სიმაღლისა და  $30^\circ$ -იანი დახრილობის მქონე სიბრტყეზე. ხახუნის კოეფიციენტია 0.3 (მიიღეთ  $\cot 30^\circ \approx 1,73$ ). განსაზღვრეთ:

1. საკმარისია თუ არა ტვირთის ასატანად მუშაობის შესრულება: ა) 10 კჯ; ბ) 12 კჯ; გ) 13 კჯ?

2. რა არის სიბრტყის მქვ: ა) 60%; ბ) 67%; გ) 74%?

593. 2 მ სიმაღლისა და  $45^\circ$  დახრილობის სიბრტყიდან ჩამოსრიალებული სხეულის სიჩქარე ფუძესთან 6 მ/წმ-ია. დაადგინეთ:

1. რა არის სხეულის ხახუნის კოეფიციენტი სიბრტყესთან: ა) 0.1; ბ) 0.2; გ) 0.3?

2. რა არის სიბრტყის მქვ ჩამოსრიალებისას: ა) 85%; ბ) 90%; გ) 95%?

594. 3 მ სიმაღლისა და 6 მ ფუძის სიგრძის გორაკიდან ჩამოსრიალდა სხეული, რომელიც გაჩერდა ფუძიდან ჰორიზონტალურ ზედაპირზე 9 მ-ის გავლის შემდეგ. დაადგინეთ:

1. სხეულის ხახუნის კოეფიციენტი: ა) 0.2; ბ) 0.25; გ) 0.3?

2. სიბრტყის მქვ ჩამოსრიალებისას: ა) 50%; ბ) 60%; გ) 55%?

595. 1 მ სიგრძისა და 0.6 მ სიმაღლის დახრილი სიბრტყის უმაღლესი წერტილიდან ჩამოსრიალდა სხეული. ხახუნის კოეფიციენტი სხეულსა და სიბრტყეს შორის 0.12-ია. დაადგინეთ:

1. არის თუ არა ასეთი სიბრტყის მქვ: ა) 84%; ბ) 90%; გ) 96%?

2. გაივლის თუ არა სიბრტყიდან ჩამოსრიალებული სხეული ასეთივე ზედაპირის ჰორიზონტალურ გზაზე მანძილს: ა) 4 მ; ბ) 4.2 მ; გ) 4.4 მ?

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. ფიზიკა — სხვადასხვა ავტორთა აკრედიტირებული სახელმძღვანელოები.
2. ფიზიკის ამოცანების მოქმედი და ადრეული კრებულები.
3. ზურაბ ბართაია, „აზროვნების განვითარების აქტივობები ფიზიკის გაკვეთილზე“, 16 მაისი, 2019 წ.
4. ზურაბ ბართაია, „მოლეკულურ-კინეტიკური თეორიის ძირითადი განტოლებების სწავლებისას“, mastsavlebeli.ge, 20 აგვისტო, 2025 წ.
5. ზურაბ ბართაია, სოლომონ კოსტავა, „თერმოდინამიკა, იდეალური აირის კანონები“, mastsavlebeli.ge, 21 იანვარი, 2026 წ.
6. ზურაბ ბართაია, სოლომონ კოსტავა, „შინაგანი ენერგია და მისი შეცვლის გზები, ადიაბატური პროცესი“, mastsavlebeli.ge, 23 აპრილი, 2026 წ.