

## სავალდებულო მინიმუმის საკითხები მოდულში „ზოგადი ფიზიკა I“

### მეთოდური მითითება

#### 1. ფიზიკის საგანი. მექანიკური მოძრაობა, გზა და გადაადგილება.

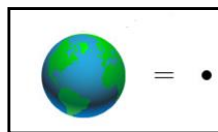
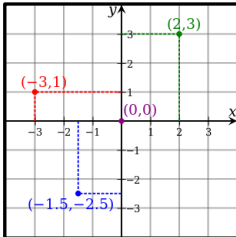
ფიზიკა ბუნების შემსწავლელი მეცნიერებაა, რომელიც შეისწავლის მატერიალური სამყაროს ზოგად თვისებებსა და კანონებს. ამ ზოგადობის გამო, ფიზიკა და მისი კანონები საფუძვლად უდევს მთელ ბუნებისმეტყველებას. ფიზიკა გახდა ახალი იდეების წყარო, რომელმაც გარდაქმნა თანამედროვე ტექნიკა: ბირთვული ენერგეტიკა, კვანტური ელექტრონიკა, რადიოლოკაცია და მრავალი სხვა. ფიზიკა შეისწავლის: მექანიკურ, სითბურ, ელექტრომაგნიტურ და სინათლის მოვლენებს. ფიზიკის შესწავლისას გამოიყენება საგანგებო ტერმინები: ფიზიკური სხეული, მატერია, ნივთიერება. დაკვირვებები და ცდები ფიზიკური ცოდნის წყაროებია. დაკვირვება და ცდა ყოველთვის დაკავშირებულია *გაზომვებთან*, ამისთვის კი სათანადო ხელსაწყოებია საჭირო.

სამყაროში არსებულ სხეულთა ზომები და მათ შორის მანძილები ძალიან ფართო დიაპაზონში იცვლება. ერთმანეთისგან მკვეთრად განსხვავებული სიდიდის რიცხვების ჩასაწერად მოსახერხებელია 10-ის ხარისხების გამოყენება. ჯერადი და წილადი ერთეულების აღსანიშნავად იყენებენ თავსართებს.

ერთეულთა საერთაშორისო სისტემა (SI) წარმოადგენს ყველაზე ფართოდ გავრცელებულ საზომ ერთეულთა სისტემას როგორც მეცნიერებაში, ასევე ყოველდღიურ ცხოვრებაში. დღეისათვის SI მიღებულია საზომ ერთეულთა ძირითად სისტემად მსოფლიოს უმეტეს ქვეყანაში. მასში შედის 7 ძირითადი და 2 დამატებითი ერთეული.

მექანიკის ძირითადი ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ განსაზღვროს სხეულის მდებარეობა დროის ნებისმიერ მომენტში. ამისათვის საჭიროა ათვის სისტემა. **ათვლის სისტემა:** ათვის სხეული, მასთან დაკავშირებული კოორდინატთა სისტემა, დროის ასათვლელი ხელსაწყო.

**დეკარტეს კოორდინატთა სისტემა** განსაზღვრავს ნებისმიერი წერტილის მდებარეობას (წრფეზე ერთი, სიბრტყეზე ორი, ხოლო სივრცეში სამი რიცხვის) **კოორდინატების** მეშვეობით, რომლებიც არიან დადებითი ან უარყოფითი რიცხვები, და განსაზღვრავენ მანძილს ამ წერტილიდან ორ ფიქსირებულ ურთიერთმართობულ წრფეებამდე (კოორდინატთა ღერებამდე).



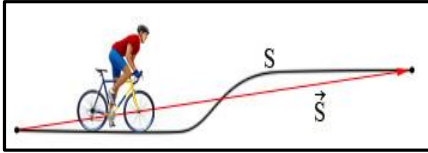
სხეულის მოძრაობის შესასწავლად საჭიროა მისი შემადგენელი ყველა წერტილის მოძრაობის შესწავლა. სხეულს, რომლის ზომა მოცემულ პირობებში შეიძლება უგულვებელყოთ, **ნივთიერი (მატერიალური) წერტილი** ეწოდება. გადატანითი მოძრაობისას ნივთიერი წერტილად შეიძლება ჩაითვალოს სხეული, რომლის ზომებიც გაცილებით მცირეა იმ მანძილთან შედარებით, რომელზედაც ის მოძრაობას.

**მექანიკური მოძრაობა** ეწოდება სხეულის მდებარეობის ცვლილებას სივრცეში სხვა სხეულების მიმართ.

მოძრაობისას სხეული შემოწერს წირს, რომელსაც **ტრაექტორია** ეწოდება. ტრაექტორიის სიგრძეს **გავლილი მანძილი** ეწოდება და აღინიშნება  $S$  ან  $l$  - ით, SI სისტემაში მანძილის

ერთეულია მეტრი.

**გადაადგილება** ეწოდება წრფის მიმართულ მონაკვეთს, რომელიც სხეულის საწყის მდებარეობას აერთებს ბოლო მდებარეობასთან. აღნიშვნა  $\vec{S}$  - ით, SI სისტემაში გადაადგილების ერთეულია მეტრი (მ).



**2. მოძრაობის სახეები: თანაბარი და არათანაბარი. მოძრაობის ფარდობითობა.**

**წრფივი თანაბარი მოძრაობა** - ეწოდება ისეთ მოძრაობას, რომლის დროსაც სხეული დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედში ტოლ მანძილს გადის. წრფივი თანაბარი მოძრაობის **სიჩქარე** ვექტორული ფიზიკური სიდიდეა, რომელიც რიცხობრივად ტოლია გადაადგილების ფარდობისა დროსთან, რომელშიც მოხდა ეს გადაადგილება. თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე რომ ვიპოვოთ, გავლილი მანძილი უნდა გავყოთ დროზე:

$$\vec{v} = \frac{\vec{S}}{t}, \quad v_x = \frac{X - X_0}{\Delta t}$$

SI სისტემაში სიჩქარის ერთეულია  $[\frac{მ}{წმ}]$ . სისტემგარეშე ერთეულებია:

$$\frac{კმ}{წმ}, \frac{კმ}{სთ}, კვანძი \dots \quad 1 კვანძი = 1 \frac{საზღვაო მილი}{სთ} = \frac{1852 მ}{3600 წმ}$$

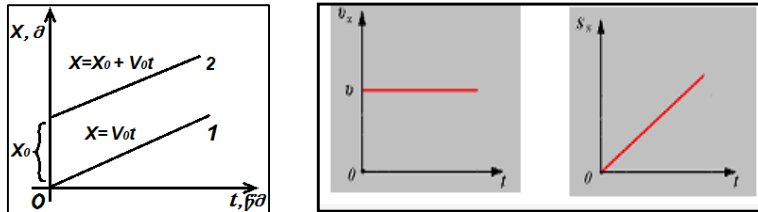
**საზღვაო მილი** - დედამიწის მერიდიანის 1 მიწუტის ტოლი რკალის სიგრძე.

წრფივი თანაბარი მოძრაობა არის მოძრაობა აჩქარების გარეშე  $a = 0$ , რადგანაც  $\vec{v} = const$ .

**თანაბარი მოძრაობის განტოლება ზოგადი სახით** ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$x = \pm x_0 \pm v_x t$$

მოძრაობის გრაფილულად წარმოდგენის მიზნით აგებენ გრაფიკებს. კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი წარმოადგენს წრფეს.



**არათანაბარი მოძრაობა.** წრფივ მოძრაობას, რომლის დროსაც სხეული დროის სხვადასხვა შუალედებში სხვადასხვა გადაადგილებას ასრულებს, წრფივი არათანაბარი მოძრაობა ეწოდება. არათანაბარი მოძრაობის **საშუალო სიჩქარე** იზომება სხეულის გადაადგილების შეფარდებით დროის იმ შუალედთან, რა დროშიაც გადაადგილება შესრულდა:

$$\vec{v}_{საშ} = \frac{\vec{S}}{t}; \quad v_{საშ} = \frac{S}{t} = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

სხეულის სიჩქარეს დროის მოცემულ მომენტში და ტრაექტორიის მოცემულ წერტილში **მყისი სიჩქარე** ეწოდება. მყისი სიჩქარე, ანუ სიჩქარე მოცემულ წერტილში ტოლია ტრაექტორიის ამ წერტილის შემცველ უბანზე საკმაოდ მცირე გადაადგილების ფარდობისა

დროს იმ მცირე შუალედთან, რომლის განმავლობაშიც ეს გადაადგილება მოხდა. იგი ვექტორული სიდიდეა და მისი მიმართულება ემთხვევა გადაადგილების მიმართულებას მოცემულ წერტილში. მისი სიჩქარე იზომება **სპიდომეტრით**.

სიჩქარე წარმოადგენს კოორდინატის პირველი რიგის წარმოებულს დროით, ხოლო აჩქარება კი - კოორდინატის მეორე რიგის წარმოებულს დროით, ე.ი.

$$v = \frac{dx}{dt}, \quad a = \frac{d^2x}{dt^2}$$

სხეულის მოძრაობის განხილვისას აუცილებელია ათვლის სხეულის (ათვლის სისტემის) მითითება, რადგან არ არსებობს აბსოლუტურად უძრავი სხეული. მოცემული სხეული ერთსა და იმავე დროს შეიძლება ერთი ათვლის სხეულის მიმართ მოძრაობდეს, ხოლო მეორე ათვლის სისტემის მიმართ უძრავი იყოს. ამ შემთხვევაში ვამბობთ, რომ სხეულის მდებარეობა, მოძრაობა, ტრაექტორია და მოძრაობის მიმართულება **ფარდობითია**:

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2\cos\alpha}$$

ფარდობითია უძრაობა, მოძრაობა, გადაადგილება, სიჩქარე და მოძრაობის მიმართულება.

### 3. წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა. თავისუფალი ვარდნა.

**წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა** ეწოდება ისეთ მოძრაობას, რომლის დროსაც სხეულის სიჩქარე დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედში ერთნაირად იცვლება. აჩქარება რომ ვიპოვოთ, სიჩქარის ცვლილება უნდა გავყოთ დროის შუალედზე:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}, \quad a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{\Delta t}$$

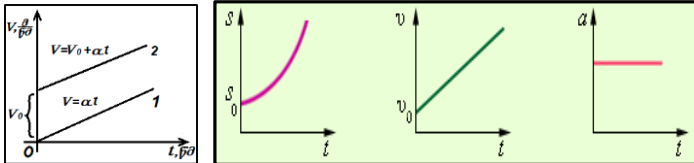
აჩქარება ვექტორული სიდიდეა, SI სისტემაში მისი ერთეულია  $\left[\frac{m}{s^2}\right]$ . თანაბარაჩქარებული მოძრაობის საბოლოო სიჩქარე და გადაადგილება გამოითვლება შემდეგი ფორმულებით (სკალარული სახით):

$$v = v_0 + at, \quad S = v_0t + \frac{at^2}{2} \quad \text{ან} \quad S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

**მოძრაობის განტოლება ზოგადი სახით:**

$$x = \pm x_0 \pm v_{0x}t \pm \frac{a_x t^2}{2}$$

თანაბარაჩქარებული მოძრაობის გრაფიკები:



**სხეულის თავისუფალი ვარდნა.** თანაბარაჩქარებული მოძრაობის საინტერესო შემთხვევაა სხეულთა თავისუფალი ვარდნა. უჰაერო სივრცეში სხეულის ვარდნას სიმძიმის ძალის მოქმედებით, თავისუფალი ვარდნა ეწოდება. მოძრაობა, რომლის დროსაც სხეულს ხელს არაფერი არ უშლის. ასეთი მოძრაობა მუდმივი,  $g = 9,8 \text{ მ/წმ}^2$  თავისუფალი ვარდნის აჩქარებით ხდება. ეს აჩქარება ყოველთვის მიმართულია ვერტიკალურად ქვემოთ.

რა დროსაც ანდომებს ვერტიკალურად ზემოთ ასროლილი სხეული მაქსიმალურ სიმაღლეზე ასვლას, იმავე დროში ვარდება იგი უკან ამ სიმაღლიდან. რა სიჩქარითაც ავისროლეთ სხეული ვერტიკალურად ზემოთ, იმ სიჩქარით დაბრუნდება იგი დედამიწაზე.

**მოძრაობის განტოლებები ასე გამოისახება:**

1) ვარდნილი სხეულის სიჩქარე და გავლილი მანძილი:

$$v = v_0 + gt, \quad h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}, \quad h = \frac{v^2 - v_0^2}{2g}.$$

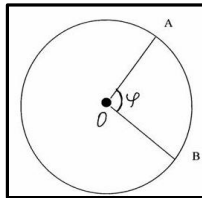
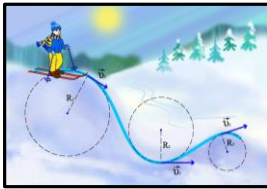
2) ზევით ასროლილი სხეულის სიჩქარე და გავლილი მანძილი:

$$v = v_0 - gt, \quad h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

3) სხეულის ასვლის მაქსიმალური სიმაღლის გამოსათვლელად უნდა დავუშვათ, რომ  $v = 0$ , ამიტომ  $h_{max} = \frac{v_0^2}{2g}$ .

#### 4. მრუდწირული მოძრაობა. თანაბარი მოძრაობა წრეწირზე.

ისეთ მოძრაობას, რომლის დროსაც სხეული მოძრაობს მრუდ წირზე, მრუდწირული ჰქვია.



მრუდწირული მოძრაობის კერძო სახეა თანაბარი მოძრაობა წრეწირზე. ამ შემთხვევაში სიჩქარის მოდული უცვლელია, მაგრამ იცვლება მიმართულება.

**რადიუსის შემობრუნების  $\varphi$**  კუთხის გაზომვა შეიძლება შესაბამისი რკალის სიგრძის რადიუსთან შეფარდებით  $\varphi = \frac{l}{R}$ , თუ  $l = R$ , მაშინ  $\varphi = 1$ . კუთხის ამ ერთეულს რადიანი ეწოდება. ე.ი. რადიანი არის ორ რადიუსს შორის მოთავსებული ისეთი კუთხე, რომლის შესაბამისი რკალის სიგრძე რადიუსის ტოლია.

წრეწირზე სხეულის მოძრაობა ხასიათდება წირითი და კუთხური სიჩქარეებით. წირითი სიჩქარე იანგარიშება რკალის სიგრძის რადიუსთან შეფარდებით:

$$v = \frac{l}{t}, \quad \left[ \frac{\partial}{\partial t} \right]$$

კუთხური სიჩქარე რიცხობრივად ტოლია დროის ერთეულში რადიუსის შემობრუნების კუთხის:

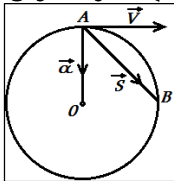
$$\omega = \frac{\varphi}{t}, \quad \left[ \frac{\text{რად}}{\text{წმ}} \right]$$

$v = \omega \cdot R \rightarrow$  ეს ტოლობა ერთმანეთთან აკავშირებს წირით და კუთხურ სიჩქარეებს.

წრეწირზე სხეულის 1 წმ-ში სრულ შემოვლათა რიცხვს ბრუნთა რიცხვი, ანუ **ბრუნვის სიხშირე** ეწოდება. მას აღნიშნავენ  $n$  - ით. სიხშირის ერთეულია  $\text{ჰც} = \frac{1}{\text{წმ}}$ . რადგან რადიუსის ერთი შემობრუნებისას შემოიწერება  $2\pi$  რად კუთხე, ამიტომ, თუ 1 წმ-ში რადიუსი შემობრუნდება  $n$  - ჯერ, იგი შემოწერს  $2\pi n$  რად კუთხეს. ეს კი რიცხობრივად კუთხური სიჩქარეა.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n.$$

#### ბრუნვის პერიოდი



ეწოდება დროის იმ შუალედს, რომლის განმავლობაში სხეული წრეწირზე ერთხელ შემობრუნდება. აღნიშნავენ  $T$  - ით, ერთეულია წამი. პერიოდი და ბრუნთა რიცხვი ურთიერთშებრუნებული სიდიდეებია.

წრეწირზე თანაბრად მოძრავ სხეულის გააჩნია აჩქარება, რომელიც მიმართულია წრეწირის ცენტრისკენ რადიუსის გასწვრივ და მას ცენტრისკენული აჩქარება ეწოდება. სხეულის აჩქარება ტოლია მისი

წრფივი სიჩქარის კვადრატის ფარდობას წრეწირის რადიუსთან:

$$a_{\text{ცვ}} = \frac{v^2}{r}, \quad \left[ \frac{\text{მ}^2}{\text{წმ}^2} \right].$$

$$a_{\text{ცვ}} = 4\pi^2 n^2 R = \frac{4\pi^2 \cdot R}{T^2}.$$

**მრუდწირული მოძრაობის დროს:** სიჩქარე მიმართულია მხეზის გასწვრივ;

გადაადგილება მიმართულია ქორდის გასწვრივ;

აჩქარება წრეწირის ცენტრისკენ, რადიუსის გასწვრივ.

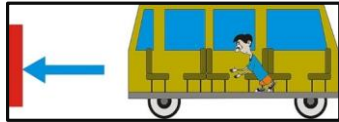
კუთხური აჩქარება იანგარიშება შემდეგნაირად:  $\varepsilon = \frac{\omega}{t}, \quad \left[ \frac{\text{რად}}{\text{წმ}^2} \right].$

### 5. ნიუტონის კანონები. სხეულის სიმკვრივე.

#### ნიუტონის I კანონი

არსებობენ ათვლის ისეთი სისტემები, რომელთა მიმართაც გადატანით მოძრავი სხეულები ინარჩუნებენ უძრაობის ან წრფივი თანაბარი მოძრაობის მდგომარეობას, თუ მათზე სხვა სხეულები არ მოქმედებენ, ან ეს მოქმედება კომპენსირებულია

(თუ სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი  $\vec{R} = 0$ , მაშინ  $\vec{v} = const$ ,  $\vec{a} = 0$ ).



თვით იმ მოვლენას, როდესაც სხეული მოძრაობის სიჩქარეს ინარჩუნებს მასზე გარეშე ზემოქმედებათა კომპენსირებისას, **ინერციას** უწოდებენ.

სხეულის თვისებას, შეინარჩუნოს გარე მოქმედებათა კომპენსირებისას თავისი უძრაობა, ან მოძრაობის სიჩქარე, **ინერტულობა** ეწოდება. ინერტულობა ყველა სხეულის დამახასიათებელი თვისებაა: სხეულის სიჩქარის შესაცვლელად საჭიროა რაღაც დრო. რაც უფრო მეტი დროა საჭირო სხეულის სიჩქარის მოცემული სიდიდით შესაცვლელად, მით უფრო ინერტიულია სხეული.

ინერტულობა სხეულთა ის თვისებაა, რომელზედაც დამოკიდებულია მათი აჩქარებები ურთიერთქმედების დროს. სხეულის ინერტულობა ხასიათდება განსაკუთრებული ფიზიკური სიდიდით, რომელსაც მასა ეწოდება.

$$\frac{|\vec{a}_1|}{|\vec{a}_2|} = \frac{m_2}{m_1}$$

სადაც  $m_1$   $m_2$  ურთიერთქმედი სხეულების მასებია, ხოლო  $\vec{a}_1$ ,  $\vec{a}_2$  - მათი აჩქარებები. მაშასადამე, სხეულის მასა არის სიდიდე, რომელიც მის ინერტულობას გამოსახავს.

#### ნიუტონის II კანონი

ამყარებს დამოკიდებულებას სხეულის აჩქარებასა და ამ სხეულზე მოქმედ ძალას შორის:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

სხეულის მიერ შექმნილი აჩქარება პროპორციულია მისი გამომწვევი ძალისა და უკუპროპორციულია სხეულის მასისა.

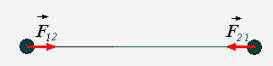
ძალა აჩქარებისა და დეფორმაციის მიზეზია. ძალა ვექტორული სიდიდეა, აქვს მოდების წერტილი.

**სხეულის სიმკვრივე.**

ტოლი მოცულობის, მაგრამ სხვადასხვა ნივთიერებისაგან დაზადებულ ერთგვაროვან სხეულებს სხვადასხვა მასები აქვთ. სხეულის მასა დამოკიდებულია იმ ნივთიერების გვარობაზე, რომლისგანაც ეს სხეულია დაზადებული. ნივთიერების სიმკვრივე არის სიდიდე, რომელიც იზომება მასისა და მოცულობის ფარდობით:

$$\rho = \frac{m}{V}, \left[ \frac{\text{კგ}}{\text{მ}^3} \right].$$

**ნიუტონის III კანონი**

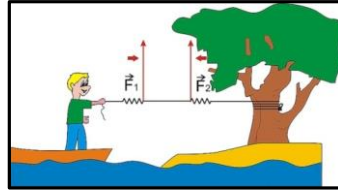
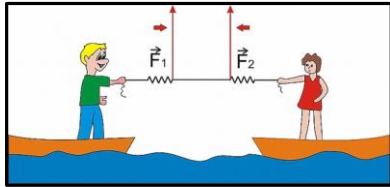


სხეულები ერთიმეორეზე ურთიერთქმედებენ მოდულეებით ტოლი, ერთი წრფის გასწვრივ ურთიერთსაპირისპიროდ მიმართული ძალებით. ყოველი ქმედება იწვევს სიდიდით

ტოლსა და საპირისპირო მიმართულებების უკუქმედებას.

ძალები ერთმანეთს არ აწონასწორებენ, ვინაიდან ისინი მოდებულია სხვადასხვა სხეულებზე.

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

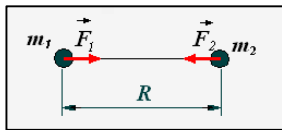


SI სისტემაში ძალის ერთეულია ნიუტონი.  $1\text{ნ} = 1\text{კგ} \cdot \frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2}$ ;

ტექნიკაში (კილოგრამ ძალა)  $1\text{კგძ} = 9,8\text{ნ}$ ;  $1\text{დნ} = 10^{-5}\text{ნ}$ .

**6. ძალები ბუნებაში**

**მსოფლიო მიზიდულობის კანონი** მართებულია ბუნებაში არსებული ყველა სხეულისა და ნაწილაკისათვის. ყოველი ორი სხეული ერთმანეთს იზიდავს ძალით, რომელიც მათი მასების ნამრავლის პირდაპირპროპორციულია, მათ ცენტრებს შორის მანძილის კვადრატის უკუპროპორციული და მიმართულია ამ სხეულების ცენტრების სემანერტეხელი წრფრის გასწვრივ:

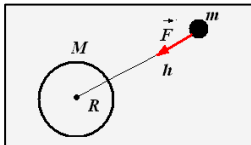


$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$$

G - პროპორციულობის კოეფიციენტს გრავიტაციული მუდმივა ეწოდება:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{ნ} \cdot \text{მ}^2}{\text{კგ}^2}$$

**სიმძიმის ძალა.** ძალას, რომლითაც დედამიწა იზიდავს სხეულს, სიმძიმის ძალა ეწოდება. სიმძიმის ძალა მიდებულია სხეულის სიმძიმის ცენტრში და მიმართულია დედამიწის ცენტრისკენ, ვერტიკალურად ქვემოთ. ამ ძალის მოქმედებით m მასის სხეული იძენს თავისუფალი ვარდნის აჩქარებას, რომელიც ვარდნილი სხეულის მასაზე არაა დამოკიდებული და ყველა სხეულისათვის ერთი და იგივეა.



$$g = \frac{F}{m} = G \frac{M}{R^2}$$

სიმძიმის ძალა სხეულის მასის პირდაპირპროპორციულია:

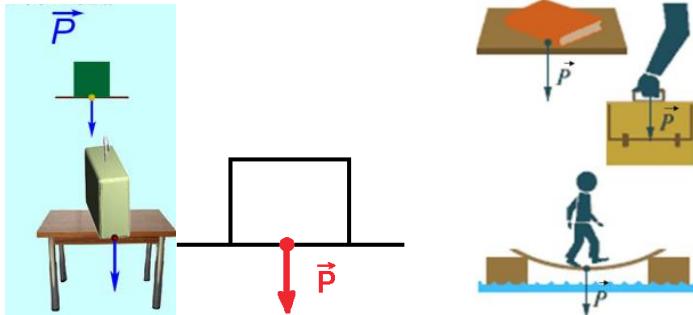
$$\vec{F} = m\vec{g}.$$

სიმძიმის ძალა მუდმივა მხოლოდ მოცემულ ადგილას და დამოკიდებულია გეოგრაფიულ განედსა და დედამიწის ზედაპირიდან მის დაშორებაზე:

$$F = G \frac{m \cdot M}{(R + h)^2}$$

სადაც  $R = 6400$ კმ - დედამიწის რადიუსია,  $M = 6 \cdot 10^{24}$  კგ - დედამიწის მასა,  $h$  - დედამიწის ზედაპირიდან დაშორება.

**წონა.** წონა არის ძალა, რომლითაც სხეული დედამიწის მიზიდულობის გამო მოქმედებს საყრდენზე ან საკიდელზე. წონა მოდებულია საყრდენზე ან საკიდელზე და მიმართულია ვერტიკალურად ქვევით.



წონის ერთეულია ნიუტონი. წონა არ არის მუდმივი სიდიდე, იგი იცვლება, როდესაც სხეული მოძრაობს აჩქარებულად.

უძრავი სხეულის წონა ასე გამოითვლება:  $\vec{P} = m\vec{g}$ ;

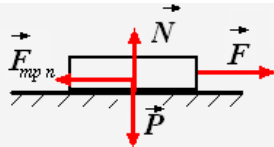
თუ სხეული ვერტიკალურად ზევით მოძრაობს  $\vec{a}$  აჩქარებით მაშინ მისი წონა იმატებს:  $\vec{P} = m(\vec{g} + \vec{a})$ . თუ  $\vec{a} = n\vec{g}$ , მაშინ  $\vec{P} = m(\vec{g} + n\vec{g}) = m\vec{g}(n + 1)$ . ამ მოვლენას გადატვირთვა ეწოდება.

თუ  $\vec{a}$  აჩქარებით ქვევით მოძრაობს, მაშინ წონა იკლებს:  $\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$ .

თუ სხეული თავისუფლად ვარდება ე.ი  $\vec{a} = \vec{g}$ , მაშინ  $\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{g}) = 0$  და სხეული უწონობის მდგომარეობაშია.

### ხახუნის ძალა

ძალას, რომელიც აღიძვრება ერთი სხეულის მეორე ზედაპირზე მოძრაობისას და მიმართულია მოძრაობის საპირისპიროდ ხახუნის ძალა ჰქვია.  $F = \mu N = \mu m g$ , სადაც  $\mu$  - არის ხახუნის კოეფიციენტი. უძრაობის ხახუნის ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობა  $N$  - წნევის ძალის (ან საყრდენის რეაქციის ძალის) პროპორციულია. ხახუნის კოეფიციენტი განყენებული სიდიდეა - „რიცხვია“. მას ერთეული არ აქვს.



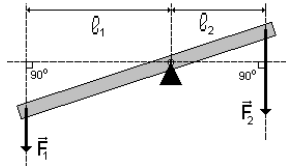
### 7. სტატიკა. მარტივი მექანიზმები.

მოწყობილობას, რომელიც გამოიყენება ძალის გარდასაქმნელად მექანიზმი ეწოდება. მარტივი მექანიზმებია: ბერკეტი და დახრილი სიბრტყე. მათი ნაირსახეობები შესაბამისად: ჭოჭონაქი, ჯალამბარი, სოლი და ხრახნი. ბერკეტი მყარი სხეულია, რომელსაც შეუძლია ბრუნვა უძრავი

საყრდენის გარშემო. ბერკეტი წონასწორობაშია თუ ბერკეტზე მოქმედი ძალები მისი მხრების უკუპროპორციულია:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$F_1 d_1 = F_2 d_2; \quad \left. \begin{array}{l} d_1 - \\ d_2 - \end{array} \right\} \text{ძალის მხარი.}$$



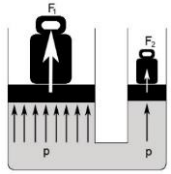
ძალის ნამრავლს მის მხარზე ძალის მომენტი ეწოდება და აღინიშნება:

$$M = F \cdot d.$$

ერთეულია ნიუტონ-მეტრი (ნ·მ).

არცერთი მარტივი მექანიზმი მუშაობაში მოგებას არ გვაძლევს - მექანიკის ოქროს წესი.

ჰიდრავლიკური მანქანა იძლევა ძალაში მოგებას იმდენჯერ, რამდენჯერაც დიდი დგუშის ფართობი მეტია პატარა დგუშის ფართობზე:



$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$$

### 8. მასათა ცენტრი და სიმძიმის ცენტრი.

მასათა ცენტრს ზოგჯერ სიმძიმის ცენტრთან აიგივებენ, მაგრამ ეს, სამართლიანი არ არის, თუმცა ეს ცენტრები ხშირად ერთმანეთს ემთხვევა.

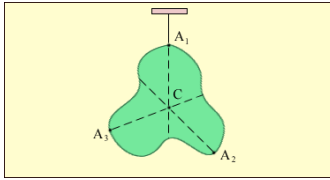
**მასათა ცენტრი** არის ის წერტილი, რომელშიც შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ თავმოყრილია სისტემის მთელი მასა. გარდა ამისა, მასათა ცენტრი არის ის წერტილი, რომელშიც იკვეთება წრფეები, რომელთა გასწვრივ მოქმედი ძალები სხეულს გადატანით მოძრაობას ანიჭებს.

**სიმძიმის ცენტრი** შეიძლება ასე განვმარტოთ: თუ სისტემის შემადგენელ სხეულებზე მოქმედ სიმძიმის ძალებს შევკრებთ, მაშინ მათი ტოლქმედი მოდებული იქნება სისტემის სიმძიმის ცენტრში.

თუ სხეულისთვის (ან სხეულთა სისტემისთვის) გრავიტაციული ველი შეიძლება ჩაითვალოს ერთგვაროვანად, მაშინ სიმძიმის ცენტრი ემთხვევა მასათა ცენტრს. წინააღმდეგ შემთხვევაში სიმძიმის ცენტრი მცირედენ წანაცვლებულია მასათა ცენტრის მიმართ.

მასათა ცენტრის პოვნაში ხშირად გვეხმარება ამა თუ იმ სხეულის სიმეტრიის თვისებები და მათი ერთგვაროვნება. თუ სხეული ერთგვაროვანია, მისი მასათა ცენტრი/სიმძიმის ცენტრი ემთხვევა მის გეომეტრიულ ცენტრს. მაგალითად, ბრტყელი მართკუთხა ფორმის სხეულის მასათა ცენტრი/სიმძიმის ცენტრი ემთხვევა დიაგონალების გადაკვეთის წერტილს, სფერული სხეულისა - მის ცენტრს, ხოლო სამკუთხედისა - მისი მედიანების გადაკვეთის წერტილს.





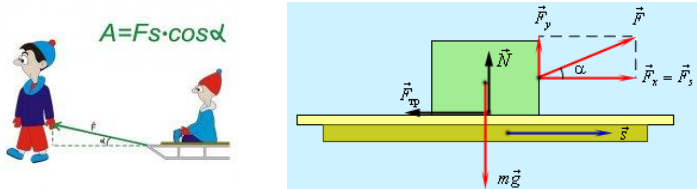
**9. მექანიკური მუშაობა და ენერგია. სიმძლავრე. მკ კოეფიციენტი**

თუ სხეული ძალის მოქმედებით გადაადგილდება, მაშინ სრულდება მექანიკური მუშაობა, რომელიც დამოკიდებულია ძალისა და გადაადგილების სიდიდეზე, აგრეთვე მათ შორის კუთხეზე. ეს დამოკიდებულება ასე ჩაიწერება:

$$A = F \cdot S \cos \alpha.$$

თუ ძალის მიმართულება ემთხვევა გადაადგილების მიმართულებას მაშინ:  $A > 0$ , თუ არ ემთხვევა  $A < 0$ , თუ  $\alpha = 90^\circ$ , მაშინ მუშაობა არ სრულდება.

მუშაობის ერთეულია *ჯოული*:  $1 \text{ ჯ} = 1 \text{ ნ} \cdot \text{მ}$   
*იერგი* =  $10^{-7} \text{ ჯ}$ .



მექანიკური მუშაობის დროსთან შეფარდებას სიმძლავრეს უწოდებენ. ე.ი.

$$N = \frac{A}{t}$$

სიმძლავრის ერთეულია - *ვატი*.  $1 \text{ ვტ} = 1 \text{ ჯ/წმ}$ ,  
 $1 \text{ კვტ} = 1000 \text{ ვტ}$ ;  $1 \text{ ჰვტ} = 100 \text{ ვტ}$ ;  $1 \text{ მვტ} = 10^{-6} \text{ ვტ}$ ;  
 $1 \text{ ცხმ} = 735 \text{ ვტ}$ .

კავშირი სიმძლავრესა და სიჩქარეს შორის შემდეგია:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot S}{t} = F \cdot v.$$

**ენერგია**

მექანიკური ენერგია ფიზიკური სიდიდეა, რომლის ხარჯზეც სრულდება მექანიკური მუშაობა. მექანიკური ენერგიის ორი სახე არსებობს: პოტენციური და კინეტიკური ენერგია. კინეტიკური ენერგია გააჩნია  $v$  სიჩქარით მოძრავ სხეულს, რომელიც ფორმულით ასე ჩაიწერება:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

პოტენციური ენერგია გააჩნია  $h$  სიმაღლეზე აწეულ სხეულს ან გაჭიმულ (შეკუმშულ) ზამბარას. შესაბამისად ფორმულით ასე გამოითვლება:

$$E_p = mgh; \quad E_s = \frac{kx^2}{2}.$$

კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამს სრული მექანიკური ენერგია ეწოდება. ენერგიის მუდმივობის კანონი ასე ჩაიწერება: იმ სხეულთა კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამი, რომლებიც ჩაკეტილ სისტემას ქმნიან, მუდმივია.

$$E_k + E_p = \text{const.}$$

ან: ერთი სახის ენერგია გადადის მეორეში და პირიქით.

$$\frac{mv^2}{2} + mgh = const.$$

ენერჯის ერთეულია: ჯოული, კილოჯოული, კალორია, კკალორია.

კავშირი მუშაობასა და კინეტიკურ ენერჯიას შორის:

$$A = F \cdot S = ma \cdot S = m \frac{v - v_0}{t} \cdot S = m \frac{v^2 - v_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედის მიერ შესრულებული მუშაობა კინეტიკური ენერჯიის ცვლილების ტოლია:

$$A = E_{k2} - E_{k1}.$$

### 10. სხეულის იმპულსი და ძალის იმპულსი

სხეულის მასისა და სიჩქარის ნამრავლს სხეულის იმპულსი ეწოდება.

$$\vec{P} = m\vec{v}$$

იმპულსი ვექტორული სიდიდეა.

თუ  $m$  მასის სხეულის სიჩქარე იყო  $v_1$  და გახდა  $v_2$  მაშინ:  $m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$  სიდიდეს იმპულსის ცვლილება ეწოდება. იმპულსის ცვლილება ხდება, როცა სხეულზე მოქმედებს  $F$  ძალა. ძალის ნამრავლს მისი მოქმედების ხანგრძლივობაზე ძალის იმპულსი ჰქვია  $\vec{F} \cdot t$ . ძალის იმპულსი იმპულსის ცვლილების ტოლია:

$$\vec{F} \cdot t = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1.$$

იმპულსის ერთეულია:  $[კგ \cdot \frac{მ}{წმ}]$ , ძალის იმპულსისა:  $[წ \cdot წმ]$

სისტემას, რომელიც გამოყოფილია სხვა სხეულების ზემოქმედებისაგან, იზოლირებული ქვია. იზოლირებულ სისტემაში იმპულსების გეომეტრიული ჯამი მუდმივია სხეულთა ნებისმიერი ურთიერთქმედებისას:

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2$$

სხეულთა დაჯახება ორგვარია: აბსოლუტურად დრეკადი და აბსოლუტურად არადრეკადი. დრეკადი დაჯახების დროს სხეული იცვლის მოდულით ტოლი სიჩქარის მიმართულებას  $\vec{v}_1 = -\vec{v}_2$ , ხოლო არადრეკადი დაჯახების დროს სხეულის სიჩქარე ნულის ტოლი ხდება.

სხეულის მოძრაობას, რომელიც აღიძვრება სხეულიდან მისი რომელიღაც ნაწილის რაიმე სიჩქარით მოშორებისას რეაქტიული მოძრაობა ეწოდება.

### 11. ჰიდროაეროსტატიკა

#### წნევა

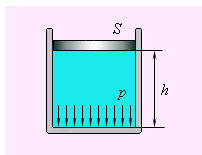
წნევა ფიზიკური სიდიდეა, რომელიც ტოლია ზედაპირისადმი პერპენდიკულარულად მოქმედი ძალის შეფარდებისა ამ ზედაპირის ფართობთან:

$$P = \frac{F}{S}.$$

$$\left(\frac{წ}{მ^2} = პა\right), 1კპა = 1000პა.$$

წნევა გამოწვეულია ხშირად სიმძიმის ძალის მოქმედებით:

$$P = \frac{mg}{S}.$$



დედამიწის ირგლივ არსებული ჰაერის გარსი - ატმოსფერო დედამიწის მიზიდულობის გამო აწვება დედამიწის ზედაპირს და ყველა სხეულზე აწარმოებს წნევას, რომელსაც ატმოსფერული

წნევა ჰქვია. ატმოსფერული წნევა გაზომილი იქნა ტორიჩელის მიერ და ის ტოლია: 760 მმ.ვწყ.სვ.=101 300 პა. ამ წნევას ნორმალური ჰქვია.

წნევას აწარმოებს ჭურჭელში მოთავსებული სითხეები, როგორც ფსკერზე ასევე კედლებზე, რომელიც გამოითვლება ასე:

$$P = \rho gh.$$

ატმოსფერული წნევის საზომ ხელსაწყოს ბარომეტრი ექვია. ატმოსფერულზე მეტი ან ნაკლები წნევის გასაზომად იყენებენ მანომეტრებს.

არსებობს წნევის საზომი სხვა ერთეულები:

$$\text{ტექნიკური ატმოსფერო: } 1 \text{ ატ} = 1 \frac{\text{კგძ}}{\text{სმ}^2} = \frac{9,8 \text{ ნ}}{10^{-4} \text{ მ}^2} = 9,8 \cdot 10^4 \text{ პა.}$$

1 ბარი =  $10^5$  პა,

1 მმ.ვწყ.სვ = 133პა.

**ბერნულის კანონი** -  $\frac{mv_1^2}{2} + \rho gh_1 + P_1 = \frac{mv_2^2}{2} + \rho gh_2 + P_2$

მილში სითხის ან აირის დინების სიჩქარესა და ფართობს შორის დამოკიდებულება:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1}$$

წყლის ან ჰაერის ნაკადში წნევა მეტია იმ ადგილებში, სადაც ნაკლებია ნაკადის დინების სიჩქარე.

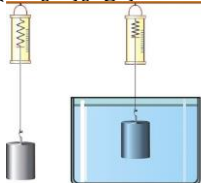
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

### არქიმედეს ძალა

სითხეში ან აირში მოთავსებულ სხეულზე მოქმედებს ვერტიკალურად ქვევიდან ზევით მიმართული ამომგდები ძალა, რომელსაც არქიმედეს ძალას უწოდებენ.

$$F_s = \rho gV$$

არქიმედეს ძალა ტოლია, სხეულის მოცულობის ტოლი სითხის ან აირის წონისა. ის დამოკიდებულია სითხის/აირის სიმკვრივეზე და სხეულის მოცულობაზე.



სითხეში მოთავსებულ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა შეიძლება მეტი იყოს არქიმედეს ძალაზე, მაშინ სხეული იძირება. თუ არქიმედეს ძალა ტოლია სიმძიმის ძალისა, სხეული ცურავს. თუ არქიმედეს ძალა მეტია სიმძიმის ძალაზე სხეული ამოდის სითხიდან ზედაპირზე და ტივტივებს.

## 12. მექანიკური რხევები და ტალღები

ისეთ მოძრაობას, რომლის დროსაც სხეული რიგრიგობით გადაადგილდება ხან ერთ მხარეს, ხან მეორე მხარეს რხევა ეწოდება. რხევა ორი სახისაა: თავისუფალი და იძულებითი. თავისუფალი რხევა აღიძვრება სისტემის შიგა ძალებით, იძულებითი რხევა გარე ძალებით. ჰარმონიული რხევის განტოლება:

$$x = x_{max} \cos \omega_0 t.$$

წონასწორობის მდებარეობიდან სხეულის უდიდესი გადახრის მოდულს ამპლიტუდა ეწოდება. აღინიშნება  $x_{max}$  (მ);  $\omega_0$  - ციკლური სიხშირე, ანუ რხევათა რიცხვი  $2\pi$  წამში.

პერიოდი არის დრო, რომელიც საჭიროა ერთი სრული რხევისათვის. აღინიშნება  $T$ -თი,

ერთეულია წამი.

1 წმ-ში შესრულებულ რხევათა რიცხვის სიხშირე ჰქვია. აღინიშნება  $\mathcal{V}$ -თი, ერთეულია ჰერცი  $\mathcal{V} = \nu \overline{\omega}^{-1} = \frac{1}{\overline{\omega}}$ ,

$$\mathcal{V} = \frac{1}{T}, T = \frac{1}{\mathcal{V}}.$$

რხევის სიჩქარე (კოორდინატის გაწარმოება დროით):

$$v_x = -\omega_0 x_{max} \sin\left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}\right)$$

აჩქარება (სიჩქარის გაწარმოება დროით):

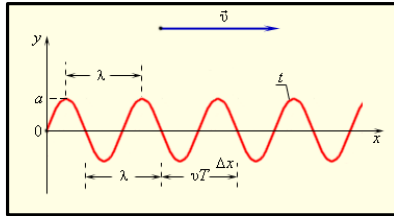
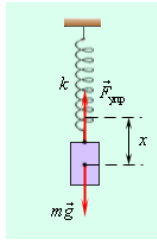
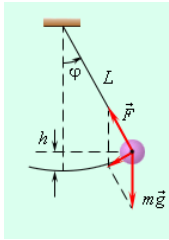
$$a_x = \omega_0^2 x_{max} \cos(\omega_0 t + \pi).$$

იძულებითი რხევების ამპლიტუდის მკვეთრ ზრდას, როდესაც სისტემაზე მოქმედი გარე ძალის ცვლილების სიხშირე ემთხვევა თავისუფალი რხევების სიხშირეს, **რეზონანსი** ეწოდება.

თავისუფალი რხევის საინტერესო მაგალითებია ზამბარაზე დაკიდებული ტვირთის რხევა და მაფზე დაკიდებული ტვირთის რხევა.

მათემატიკური ქანქარას რხევის პერიოდი ასე გამოითვლება:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

ზამბარაზე დაკიდებული ტვირთის რხევის პერიოდი:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ .



რხევების გავრცელებას დრეკად გარემოში **ტალღა** ეწოდება. ტალღა არის ორი სახის: განივი და გრძივი. მანძილს, რომელზეც ვრცელდება რხევა პერიოდის განმავლობაში, ტალღის სიგრძე ეწოდება და აღინიშნება  $\lambda$  ასოთი (ერთეულია მეტრი). ტალღის სიჩქარე  $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \mathcal{V}$ .

ბგერა არის რხევების გავრცელება დრეკად გარემოში, რომლის მოსმენაც შესაძლებელია გარკვეულ პირობებში (17-20 000 ჰც სიხშირის დიაპაზონი). ბგერა ვრცელდება სამივე გარემოში სხვადასხვა სიჩქარეებით. თუ  $v < 17$  ჰც - ინფრაბგერაა,  $v > 20 000$  ჰც - ულტრაბგერა. ულტრაბგერა პრაქტიკაში გამოიყენება ექოლოტისა და ლოკატორის მოწყობილობებში.

### 13. მოლეკულურ-კინეტიკური თეორიის დებულებები და ძირითადი განტოლება

ნივთიერების აგებულების მოლეკულურ-კინეტიკური თეორიას საფუძვლად უდევს სამი დებულება:

1. ნივთიერება შედგება ნაწილაკებისაგან;
2. ნაწილაკები ქაოსურად მოძრაობენ;
3. ნაწილაკები ურთიერთქმედებენ.

ნაწილაკების ზომები ძალიან მცირეა, ამიტომ ზოგადად სხეულში მათი რაოდენობა დიდია. ავოგადროს მუდმივა არის მოლეკულების ან ატომების რიცხვი 1 მოლ ნივთიერებაში. ის ტოლია:  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$  მოლი<sup>-1</sup>.

მოლეკულურ-კინეტიკური თეორიის ძირითადი განტოლება ასე ჩაიწერება:

$$P = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \overline{E_k}$$

აწ

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT \Rightarrow P = nkT$$

სადაც  $P$  – წნევა;  $m_0$  – ერთი მოლეკულის მასა;  $n = \frac{N}{V}$  – კონცენტრაცია;  $v$  – მოლეკულების მოძრაობის სიჩქარე;  $k$  – ბოლცმანის მუდმივა  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{ჯ}{პლ}$ ;  $T$  – აბსოლუტური ტემპერატურა:  $T = t + 273^0$ , ერთეულია გრადუსი კელვინი  $^{\circ}K$ .

ერთეულ მოცულობაში მოლეკულების რიცხვს მოლეკულების კონცენტრაცია ეწოდება, მისი საზომი ერთეულია:  $\frac{1}{პ^3} = პ^{-3}$ .

ზღვრულ ტემპერატურას, რომლის დროსაც იდეალური აირის წნევა ნული ხდება, მუდმივი მოცულობისას ან მოცულობა ნულისაკენ მიისწრაფვის მუდმივი წნევის დროს, **ტემპერატურის აბსოლუტური ნული** ეწოდება  $T = 0^{\circ}K$ .

ერთი მოლი ნივთიერების მასას **მოლური მასა** ეწოდება. აღინიშნება  $M$ -ით. მისი ერთეულია ( $\frac{პმ}{მოლი}$ ):

$$M = m_0 \cdot N_A - \text{მოლური მასა } \left(\frac{პმ}{მოლი}\right); \quad m = m_0 \cdot N - \text{ნებისმიერი მასა (კგ)}$$

**ნივთიერების რაოდენობა** ( $\nu$ ) ეწოდება მოცემული სხეულის მოლეკულათა რიცხვის ფარდობას ავოგადროს რიცხვთან:

$$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$$

ნივთიერების რაოდენობის ერთეულია **მოლი**. **მოლი** ნივთიერების რაოდენობაა, რომელიც იმდენ მოლეკულას შეიცავს, რამდენი ატომიგაა 0,012 კგ ნახშირბადში.

**დიფუზია** არის მოვლენა, როდესაც ადგილი აქვს შემხები ნივთიერების ნაწილაკების ურთიერთშეღწევას. დიფუზია სწრაფად მიმდინარეობს აირებში ვიდრე სითხეებში და შესაბამისად მყარ სხეულებში, რაც გამოწვეულია ნივთიერებათა აგრეგატულ მდგომარეობათა ხასიათიდან.

#### 14. იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება. იზოპროცესები

**იდეალური აირი** ეწოდება აირს, რომლის შემადგენელი მოლეკულების ურთიერთქმედება სრულიად უმნიშვნელოა. იდეალური აირი სისტემაა მოლეკულებისა, რომლებიც ერთმანეთთან არ ურთიერთქმედებენ და შეიძლება ჩავთვალოთ მატერიალურ წერტილად.

იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება (კლაპეირონის განტოლება) ასე ჩაიწერება:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$P_1, P_2$  – საწყისი და საბოლოო წნევა;  $V_1, V_2$  – საწყისი და საბოლოო მოცულობები,  $T_1, T_2$  – აბსოლუტური ტემპერატურები.

ხოლო მენდელეევი-კლაპეირონის განტოლება ჩაიწერება შემდეგი სახით:

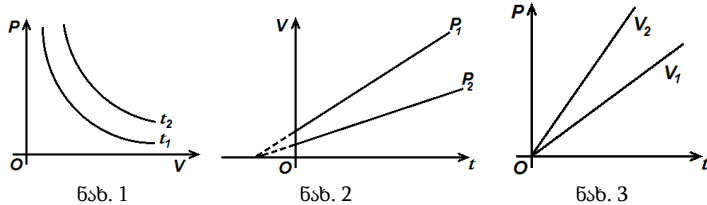
$$PV = \frac{m}{M}RT$$

სადაც  $m$  – აირის მასა,  $M$  – მოლური მასა,  $R$  – აირის უნივერსალური მუდმივა  $R = 8,31 \frac{ჯ}{გრად \cdot მოლი}$ .

პროცესს, რომელიც მიმდინარეობს მუდმივი ტემპერატურის დროს, **იზოთერმული** პროცესი ეწოდება,  $T = const$ . ასეთი პროცესის დროს მოცემული მასის აირის წნევისა და მოცულობის ნამრავლი მუდმივია, თუ აირის ტემპერატურა უცვლელია (ბოილ-მარიოტის კანონი)

$$PV = const, T = const$$

გრაფიკულად იზოთერმას აქვს შემდეგი სახე (ნახ. 1 - ჰიპერბოლა):



ნახ. 1

ნახ. 2

ნახ. 3

თერმოდინამიკური სისტემის მდგომარეობის ცვლილებას მუდმივი წნევის დროს **იზობარული პროცესი** ეწოდება. მუდმივი წნევის დროს მოცემული მასის აირის მოცულობა აბსოლუტური ტემპერატურის პირდაპირპროპორციულია (გეი-ლუსაკის კანონი):

$$P = const, \frac{V}{T} = const.$$

იზობარა გრაფიკულად გამოისახება (ნახ. 2 - წრფე). გეი-ლუსაკის კანონი სხვაგვარად ასე ჩაიწერება:  $V = V_0 \alpha T$ , სადაც  $\alpha = \frac{1}{273} \text{ კელ}^{-1}$  - აირის მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი.

მუდმივი მოცულობის დროს მიმდინარე პროცესს **იზოქორული** ეწოდება. მუდმივი მოცულობის დროს მოცემული მასის აირის წნევა აბსოლუტური ტემპერატურის პირდაპირპროპორციულია (შარლის კანონი):

$$\frac{P}{T} = const, V = const.$$

იზოქორა გრაფიკულად გამოისახება (ნახ. 3 - წრფე).  $P = P_0 \gamma T$ ,  $\gamma = \frac{1}{273} \text{ კელ}^{-1}$  - აირის წნევის ტემპერატურული კოეფიციენტი.

**15. სითბური მოვლენები. სითბოს რაოდენობა. თერმოდინამიკის საფუძვლები**

ენერგიას, რომელიც სხეულს გადაეცემა სითბოცვლის შედეგად, სითბოს რაოდენობა ეწოდება:

$$Q = cm(t_2 - t_1) = cm\Delta t.$$

სითბოს რაოდენობა დამოკიდებულია სხეულის მასაზე, ტემპერატურის ცვლილებაზე და ნივთიერების გვარობაზე. აქ  $c$  - **კუთრი სითბოტევადობა**. ეს ის სითბოს ის რაოდენობა, რომელიც საჭიროა 1კგ ნივთიერების 1°C - ით გასათბობად (ან გასაცივებლად).

$m$  მასის სხეულის 1°C - ით გასათბობად/გასაცივებლად საჭირო სითბოს **სითბოტევადობა** ეწოდება:

$$C = c \cdot m, \left( \frac{\text{ჯ}}{\text{გრად}} \right).$$

სითბოს რაოდენობის ერთეული SI სისტემაში არის ჯოული. სისტემის გარეშე ერთეულია კალორია: 1 კალორია = 4,2 ჯ, 1 ჯ  $\approx$  0,24 კალორია.

**საწვევის სითბო:**  $Q = qm$ , სადაც  $q$  - წვის კუთრი სითბოა, ერთეული  $\left( \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ}} \right)$ .

**ორთქლადქცევის სითბო:**  $Q = rm$ , სადაც  $r$  - ორთქლადქცევის კუთრი სითბოა, ერთეული  $\left( \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ}} \right)$ .

**დნობის სითბო:**  $Q = \lambda m$ ,  $\lambda$  - დნობის კუთრი სითბოა, ერთეული  $\left( \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ}} \right)$ .

იდეალური აირის **მთელი შინაგანი ენერგია** მისი მოლეკულების სითბური მოძრაობის კინეტიკური ენერგიაა. სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობისა და ურთიერთქმედების ენერგიას, შინაგანი ენერგია ეწოდება. იდეალური ერთატომიანი აირის შინაგანი ენერგია პირდაპირპროპორციულია მისი აბსოლუტური ტემპერატურის:

$$U = \frac{m}{M} \frac{3}{2} R T.$$

შინაგანი ენერგიის ერთეულია **ჯოული**. თერმოდინამიკაში აირის შეკუმშვის ან გაფართოების დროს იცვლება მისი შინაგანი ენერგია. ე.ი. სრულდება მუშაობა, რომელიც ასე გამოითვლება:

Commented [H1]:

$$A = P(V_2 - V_1) = P\Delta V.$$

**თერმოდინამიკის I კანონი** არის ენერჯის მუდმივობისა და გარდაქმნის კანონი, რომელიც ვრცელდება სითბურ მოვლენაზე და ის ასე ყალიბდება: ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლის დროს სისტემის შინაგანი ენერჯის ცვლილება ტოლია გარე ძალთა მუშაობისა და სისტემაზე გადაცემული სითბოს რაოდენობათა ჯამისა:

$$\Delta U = A + Q;$$

$\Delta U$  - შინაგანი ენერჯის ცვლილება,  $A$  - მუშაობა აირზე,  $Q$  - სითბო. თერმოდინამიკის I კანონი ასეც ჩაიწერება:

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

სადაც,  $A'$  - თვით აირის მიერ შესრულებული მუშაობაა.

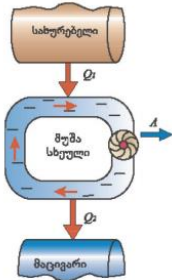
1. იზოქორული პროცესის დროს  $V = const$ . აირის მუშაობა  $A' = 0$ , ამიტომ  $Q = \Delta U$ ; სისტემის ენერჯის ცვლილება ტოლია გადაცემული სითბოს რაოდენობის. თუ  $\Delta Q > U$ , აირი თბება და მაშინ  $\Delta U > 0$  - ე.ი. შინაგანი ენერჯია იზრდება (და პირიქით);
2. იზოთერმული პროცესის დროს  $T = const$ . აირის შინაგანი ენერჯია არ იცვლება  $Q = A$ ;
3. იზობარული პროცესის დროს  $P = const$  და  $Q = \Delta U + A'$

თუ აირი თბება, იგი ფართოვდება და დადებით მუშაობას ასრულებს  $A' > 0$ . ამავე დროს იზრდება მისი შინაგანი ენერჯია.

4. ადიაბატური პროცესის დროს  $Q = 0$ , შინაგანი ენერჯის შეცვლა ხდება მხოლოდ მუშაობის შესრულებით  $\Delta Q = A$ .

## 16. სითბური ძრავა

მოწყობილობას (მანქანას), რომელშიც საწვავის შინაგანი ენერჯია გარდაიქმნება მექანიკურ ენერჯიად, სითბური ძრავა ეწოდება. სითბური ძრავის ძირითადი **მუშა სხეულია** აირი, რომელიც წარმოიქმნება **სახურებელში** საწვავის დაწვისას და მაცივარი, რომელსაც უნდა გადაეცეს გარკვეული სითბო, რომ მანქანამ შეასრულოს მუშაობა:



$$A_{სს} = Q_1 - Q_2;$$

სადაც  $Q_1$  - სახურებლის სითბოა (სრული ენერჯია),  $Q_2$  - მაცივარზე გადაცემული სითბო.

ძრავას მქ კოეფიციენტი ეწოდება ძრავას მიერ შესრულებული სასარგებლო მუშაობის შეფარდებას სახურებლიდან მიღებულ სითბოს რაოდენობასთან:  $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%$ . მქ-ს გამოსახვენ %-ებში.

სითბური ძრავას მქ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობა ასეც გამოითვლება:  $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%$ , სადაც  $T_1$  - სახურებლის ტემპერატურაა,  $T_2$  - მაცივრის ტემპერატურა.

საწვავზე მომუშავე მანქანების შიგაწვის ძრავები ატმოსფეროში განუწყვეტლივ გამოტყორცნიან მათე ნივთიერებებს, ამიტომ საჭიროა ნამუშევარი აირების გაწმენდა, რაც უზრუნველყოფს გარემოს დაბინძურებისაგან დაცვას, რასაც დიდი როლი აქვს კაცობრიობისათვის.