

## ლალი ნადირაძე

### იდეალური აირის კანონების გამოსახვა ტემპერატურული კოეფიციენტების საშუალებით

ეროვნული სასწავლო გეგმის სტანდარტის მიხედვით, მე-11 კლასში სითბური მოვლენების ნაწილში ისწავლება იდეალური აირის კანონები - მოცემული მასის აირის მახასიათებელი სამივე პარამეტრის (წნევის, მოცულობისა და ტემპერატურის) დამოკიდებულებები, როცა ამ სამი სიდიდიდან ერთ-ერთი მუდმივია. სახელმძღვანელოებში გეი-ლუსაკის და შარლის კანონები წარმოდგენილია მოცემული მასის აირის წნევისა და მოცულობის აბსოლუტურ ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით.

ვფიქრობთ, მოსწავლეებისთვის საინტერესო იქნება, თუ ისინი გაეცნობიან აღნიშნულ ტემპერატურულ დამოკიდებულებას ცელსიუსის სკალის მიხედვითაც და შემდგომ შეადარებენ ამ დამოკიდებულებებს აბსოლუტურ ტემპერატურაზე როგორც მათემატიკური, ასევე გრაფიკული ანალიზის კუთხით. ამ ასპექტში საკითხის წარმოდგენისას აუცილებელი გახდება მოვლენის საფუძვლიანი გრაფიკული ანალიზი, რაც ხელს შეუწყობს ფიზიკაში მათი მათემატიკური ცოდნის ტრანსფერს.

სასკოლო კურსიდან მოსწავლეები იცნობენ ბოილ-მარიოტის კანონს და იციან მისი მათემატიკური ფორმულირება აბსოლუტური ტემპერატურის საშუალებით. ამ კანონის ცელსიუსის სკალით ჩაწერა აზრს მოკლებულია, რადგან ეს კანონი აღწერს მოცემული მასის აირის წნევის დამოკიდებულებას აირის მოცულობაზე მუდმივი ტემპერატურის პირობებში.

### გეი-ლუსაკის კანონი

გეი-ლუსაკის კანონი მოსწავლეებისთვის ადვილი გასაგები გახდება, თუ მას შემდეგი თანმიმდევრობით მივაწვდით: ვთქვათ, მოცემული მასის აირს  $0^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე უკავია  $V_0$  მოცულობა. წნევის მუდმივობის პირობებში აღნიშნული აირის ტემპერატურის გაზრდით მისი მოცულობა გაიზრდება და გახდება  $V$ . აირის მოცულობის ფარდობითი ცვლილება იქნება  $\frac{V-V_0}{V_0}$ . გეი-ლუსაკის მიერ ჩატარებული ზუსტი გაზომვებით დადგინდა, რომ მოცემული მასის აირის მოცულობის ფარდობითი ცვლილება მუდმივი წნევის პირობებში ტემპერატურის პირდაპირპროპორციულია.

$$\frac{V - V_0}{V_0} = \alpha t$$

პროპორციულობის კოეფიციენტს  $\alpha$ -ს კი აირის მოცულობითი გაფართოების ტემპერატურული კოეფიციენტი ეწოდება. დავადგინოთ აირის მოცულობითი გაფართოების ტემპერატურული კოეფიციენტის ფიზიკური შინაარსი.

როცა  $t = 1^{\circ}\text{C}$ , მაშინ

$$\frac{V - V_0}{V_0} = \alpha \quad (1)$$

ესე იგი აირის მოცულობითი გაფართოების ტემპერატურული კოეფიციენტი რიცხობრივად მუდმივი წნევის პირობებში მისი მოცულობის ფარდობითი ცვლილების ტოლია, მაშინ, როცა აირი  $1^{\circ}\text{C}$ -ით თბება.

გეი-ლუსაკის მიერ გაზომილ იქნა  $\alpha$  ყველა იდეალური აირისთვის და დადგინდა, რომ თითქმის ყველა იდეალური აირისთვის იგი არ იცვლება და ტოლია:

$$\alpha = \frac{1}{273} \frac{1}{\text{გრად}} = 0,0036 \text{გრად}^{-1}$$

(1) ტოლობიდან  $V - V_0 = \alpha V_0 t \Rightarrow V = V_0 + \alpha V_0 t$  და შესაბამისად,

$$V = V_0 (1 + \alpha t) \quad (2)$$

(2) გამოსახულებაში თუ შევიტანთ მოცულობითი გაფართოების ტემპერატურული კოეფიციენტის მნიშვნელობას, მივიღებთ, რომ

$$V = V_0 \left(1 + \frac{1}{273} t\right) \quad (3)$$

თუ  $t = 1^{\circ}\text{C}$ , მაშინ  $V = V_0 \left(1 + \frac{1}{273}\right)$  და შესაბამისად,

$$V = V_0 + \frac{1}{273} V_0 \quad (4)$$

მიღებული დამოკიდებულებებიდან გეი-ლუსაკის კანონი ასე შეიძლება ჩამოვაყალიბოთ:

*მოცემული მასის იდეალური აირის  $0^{\circ}\text{C}$  - დან  $1^{\circ}\text{C}$  - მდე გათბობისას უცვლელი წნევის პირობებში აირის მოცულობა იმატებს  $0^{\circ}\text{C}$  -ზე მისი მოცულობის  $\frac{1}{273}$  ნაწილით.*

0°C-ზე დაბალი ტემპერატურებისთვისაც სამართლიანია (3) გამოსახულება, თუმცა გეი-ლუსაკის კანონი ირღვევა აირის გათხევადებისას. ეს შეიძლება მოხდეს ტემპერატურის დაცემისას ან აირის ძლიერი შეკუმშვისას.

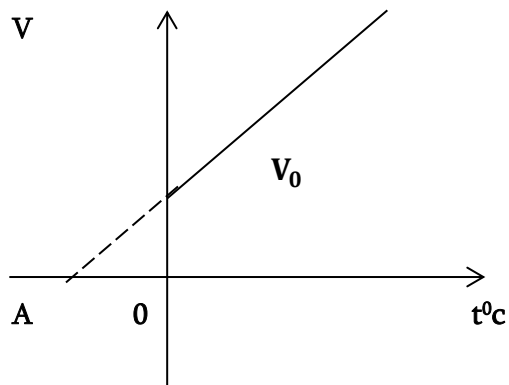
გეი-ლუსაკის კანონის გრაფიკული წარმოდგენისთვის ვაგებთ  $V = V_0(1 + \alpha t)$  გამოსახულების შესაბამის წრფეს - **იზობარას** ( $V, t$ ) სისტემაში. ამ წრფეს ვაგრძელებთ  $t$  ღერძის გადაკვეთამდე ( $A$  წერტილი).

$$A \text{ წერტილში } V = 0, \text{ ე.ი. } V = V_0(1 + \alpha t) = 0,$$

რადგან  $V_0 \neq 0$ , ესე იგი

$$1 + \alpha t = 0 \Rightarrow t = -\frac{1}{\alpha} = -273^\circ\text{C}$$

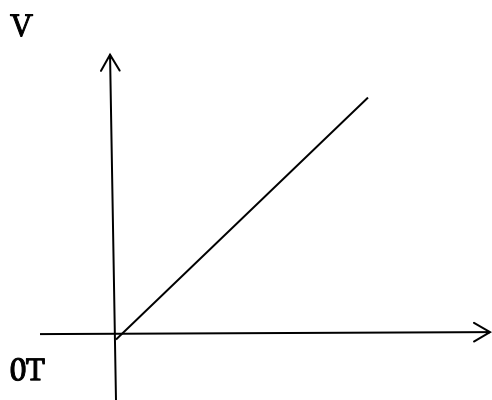
ანუ  $V = 0$ , როცა  $t = -273^\circ\text{C}$



**ნახ.1**

ეს კი ტემპერატურის „აბსოლუტური ნულია“ და იგი საფუძვლად დაედო ტემპერატურათა კელვინის სკალას. ამ სკალაზე ტემპერატურას აღვნიშნავთ  $T$  ასოთი და მისი დამოკიდებულება ცელსიუსის სკალის  $t^\circ\text{C}$  -ს შორის არის შემდეგი:  $T, K = t^\circ\text{C} + 273$

აღნიშნული მათემატიკური ანალიზის საფუძველზე იზობარა ( $V, T$ ) სისტემაში მიიღებს შემდეგ სახეს (**ნახ. 2**):



**ნახ. 2**

შესაბამისი მათემატიკური გამოსახულება კი ასე ჩაიწერება:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}, \text{ როცა } m = \text{const} \quad p = \text{const}$$

გეი-ლუსაკის კანონის ამ სახით ფორმულირებას კი მოსწავლეები უკვე იცნობენ.

## შარლის კანონი

შარლის კანონის შემთხვევაშიც ანალოგიურად თანმიმდევრულდ ვმსჯელობთ: ვთქვათ, მოცემული მასის აირს  $0^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე აქვს  $P_0$  წნევა. მოცულობის მუდმივობის პირობებში აღნიშნული აირის ტემპერატურის გაზრდით მისი წნევა გაიზრდება და გახდება  $P$ . აირის წნევის ფარდობითი ცვლილება იქნება  $\frac{P-P_0}{P_0}$ . შარლის მიერ ჩატარებული ზუსტი გაზომვებით დადგინდა, რომ მოცემული მასის აირის წნევის ფარდობითი ცვლილება მუდმივი მოცულობის პირობებში ტემპერატურის პირდაპირპროპორციულია.

$$\frac{P - P_0}{P_0} = \gamma t$$

პროპორციულობის კოეფიციენტი  $\gamma$ -ს აირის წნევის ტემპერატურული კოეფიციენტი ეწოდება. დავადგინოთ აირის წნევის ტემპერატურული კოეფიციენტის ფიზიკური შინაარსი.

როცა  $t = 1^{\circ}\text{C}$ , მაშინ

$$\frac{P - P_0}{P_0} = \gamma \quad (1)$$

ესე იგი იდეალური აირის წნევის ტემპერატურული კოეფიციენტი რიცხობრივად მისი მუდმივი მოცულობის პირობებში წნევის ფარდობითი ცვლილების ტოლია მაშინ, როცა აირი  $1^{\circ}\text{C}$ -ით თბება.

გაზომვებით დადგენდა, რომ ყველა იდეალური აირისთვის  $\gamma$  თითქმის არ იცვლება და ტოლია:

$$\gamma = \frac{1}{273} \frac{1}{\text{გრად}} = 0,0036 \text{გრად}^{-1}$$

(1) ტოლობიდან  $P - P_0 = \gamma P_0 t \Rightarrow P = P_0 + \gamma P_0 t$  და შესაბამისად,

$$P = P_0 (1 + \gamma t) \quad (2)$$

(2) გამოსახულებაში თუ შევიტანთ წნევის ტემპერატურული კოეფიციენტის მნიშვნელობას, მივიღებთ, რომ:

$$P = P_0 \left(1 + \frac{1}{273} t\right) \quad (3)$$

თუ  $t = 1^{\circ}\text{C}$ , მაშინ  $P = P_0 \left(1 + \frac{1}{273}\right)$  და შესაბამისად,

$$P = P_0 + \frac{1}{273} P_0 t \quad (4)$$

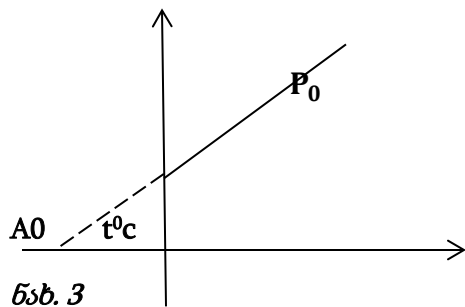
მიღებული დამოკიდებულებებიდან შარლის კანონი ასე შეიძლება ჩამოვყალიბოთ

*მოცემული მასის იდეალური აირის 0 °C-დან 1°C-მდე გათბობისას უცვლელი მოცულობის პირობებში აირის წნევა იმატებს 0 °C-ზე მისი წნევის  $\frac{1}{273}$  ნაწილით.*

გამოსახულება (3) სამართლიანია 0°C-ზე დაბალი ტემპერატურებისთვისაც, თუმცა შარლის კანონი ირღვევა აირის გათხევადებისას. ეს შეიძლება მოხდეს ტემპერატურის დაცემისას ან აირის ძლიერი შეკუმშვისას.

შარლის კანონის გრაფიკული წარმოდგენისთვის ვაგებთ  $P = P_0(1 + \gamma t)$  გამოსახულების შესაბამის წრფეს - იზოქორას (P, t) სისტემაში. ამ წრფეს ვაგრძელებთ t ღერძის გადაკვეთამდე (A წერტილი):

P



ნახ. 3

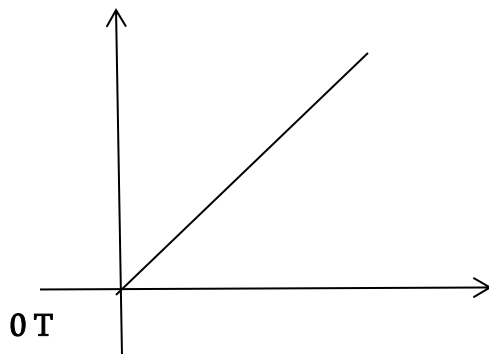
Aწერტილში  $P = 0$ , ე.ი.  $P = P_0(1 + \gamma t) = 0$ ,

რადგან  $P_0 \neq 0$ , ესე იგი

$$1 + \gamma t = 0 \Rightarrow t = -\frac{1}{\gamma} = -273^{\circ}\text{C}$$

ეს კი ტემპერატურის „აბსოლუტური ნულია“. აღნიშნული მათემატიკური ანალიზის საფუძველზე იზოქორა (P,T) სისტემაში მიიღებს შემდეგ სახეს (ნახ. 4).

V



ნახ. 4

შესაბამისი მათემატიკური გამოსახულება კი ასე ჩაიწერება:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}, \text{ როცა } m = \text{const} \text{ და } V = \text{const}$$

გვი - ლუსაკის კანონის ამ სახით ფორმულირებას კი მოსწავლეები უკვე იცნობენ.