



# ფიზიკის შესავალი - 1 ლექცია 10

ტემპერატურა და სითბო, სითბური გაფართოება  
კუთრი სითბოტევადობა, ფაზური გადასვლები

## ტემპერატურა და სითბო

გამდნარი მეტალი ცხელია

ანუ მას გააჩნია მაღალი ტემპერატურა

მას გააჩნია სითბო: შეგვიძლია გავათბოთ სხვა სხეულიც.



რა განსხვავებაა ტემპერატურასა და სითბოს შორის?

## წინა ლექციაში

ატომები  
ატომის ბირთვი  
ელემენტარული ნაწილაკები

აგრეგატული მდგომარეობები  
დიფუზია  
ბროუნის მოძრაობა

## ტემპერატურა

რა არის ტემპერატურა? ცივი და ცხელი სხეულები;

ტემპერატურა არის მყარი სხეულის, სითხის ან აირის მაკროსკოპული მახასიათებელი

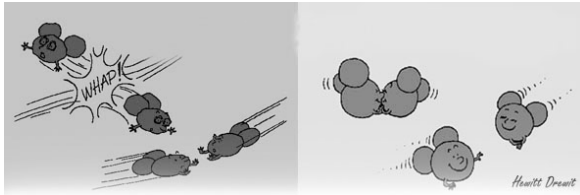
სხეულის მიკროსკოპული თვისებები განაპირობებენ მის მაკროსკოპულ მახასიათებლებს;

ტემპერატურა განისაზღვრება მოლეკულების ქაოსური მოძრაობის საშუალო სიჩქარით

## ტემპერატურა

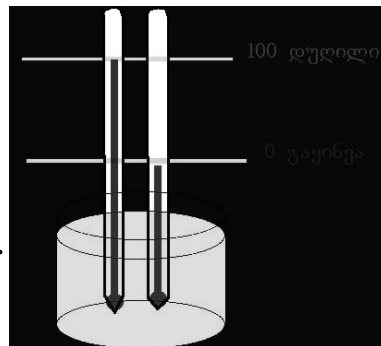
რაც უფრო სწრაფად მოძრაობენ მოლეკულები (ატომები) მით უფრო ცხელია სხეული და მით უფრო მეტია მისი ტემპერატურა

ტემპერატურა ახასიათებს სხეულში მოლეკულების მოძრაობის სიჩქარეს



## ტემპერატურის ცელსიუსის სკალა

გაფრთხილებთ წყლის გაყინვის და დუღილის ტემპერატურები და შუალედი გავყოთ 100 ნაწილად (გრადუსად).



ცელსიუსის სკალა:

- 0 °C – წყლის გაყინვის ტემპერატურა
- 100 °C – წყლის დუღილის ტემპერატურა
- 36.6 °C – ჯანმრთელი ადამიანის სხეულის ტემპერ.

## ტემპერატურა

ტემპერატურის საზომი ხელსაწყო: თერმომეტრი

ტემპერატურის საზომი ერთეულები:

- °C – გრადუს ცელსიუსი
- F – ფარენჰეიტი
- K – კელვინი



## ტემპერატურის ფარენჰეიტის სკალა

0 ფარენჰეიტი (°F): ამონიუმის ქლორიდის წყალხსნარის გაყინვის ტემპერატურა;

100 ფარენჰეიტი (°F): ადამიანის სხეულის ტემპერატურა;

შუალედი გავყოთ 100 ნაწილად და მივიღებთ 1 გრადუს ფარენჰეიტის შესაბამის ტემპერატურის ცვლილებას

## ცელსიუსის და ფარენჰეიტის სკალები

ადამიანის ტემპერატურა:  $36\text{ }^{\circ}\text{C} = 100\text{ }^{\circ}\text{F}$   
 წყლის დუღილის ტემპერ.:  $100\text{ }^{\circ}\text{C} = 212\text{ }^{\circ}\text{F}$   
 წყლის გაყინვის ტემპერატურა:  $0\text{ }^{\circ}\text{C} = 32\text{ }^{\circ}\text{F}$

ცელსიუსის ფარენჰეიტში გადაყვანის ფორმულა

$$T_F = 1.8 T_C + 32^{\circ}$$

მაგალითად:  $T_C = 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_F = 46.4\text{ }^{\circ}\text{F}$

## მინიმალური ტემპერატურა

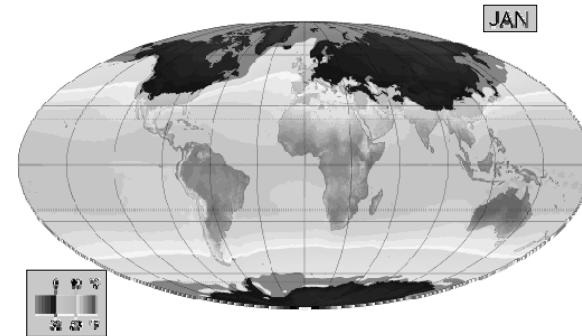
*სადამდე შეიძლება გავაციოთ სხეული?  
 რა არის მინიმალური შესაძლო ტემპერატურა?*

ტემპერატურის კლებისას მოლეკულების მოძრაობის სიჩქარე ეცემა.

მინიმალური ტემპერატურისას მოლეკულების სიჩქარე განუღებია

ტემპერატურის აბსოლუტური მინიმუმი:  
 უძრავი მოლეკულები

## საშუალო წლიური ტემპერატურა



## ტემპერატურის კელვინის სკალა

კელვინის სკალა:

ტემპერატურის სკალა რომელშიც ტემპერატურის აბსოლუტური მინიმუმი შეესაბამება 0-ს, ხოლო დანაყოფის სიდიდე ემთხვევა ცელსიუსის გრადუსის ბიჯს.

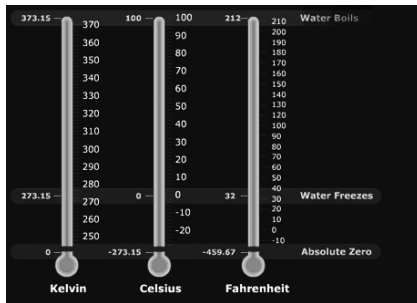
კელვინის ერთეულებში გაზომილ ტემპერატურას აბსოლუტური ტემპერატურა ეწოდება

$$0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273.15\text{ K}$$

## აბსოლუტური ტემპერატურა

აბსოლუტური ტემპერატურა დადებითი სიდიდეა

$$T_C = T_K - 273.15$$



## წირითი გაფართოება

მეტალის ან სხვა მყარი სხეულის ტემპერატურის მატებისას შესაძლებელია მოიმატოს სხეულის ერთ-ერთმა ზომამ (მაგ. სიგრძე)

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

$\Delta T$  – ტემპერატურის ცვლილება

$L_0$  – სხეულის საწყისი სიგრძე

$\Delta L$  – სხეულის სიგრძის ცვლილება

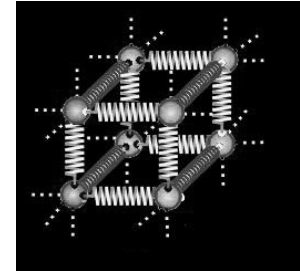
$\alpha$  – წირითი გაფართოების კოეფიციენტი

## სითბური გაფართოება

სხეულის ფიზიკური თვისებები დამოკიდებულია მის ტემპერატურაზე: მაგ. სითბური გაფართოება

ტემპერატურის მატებისას სხეულები ფართოვდებიან

იზრდება მოლეკულების ქაოსური მოძრაობის სიჩქარე, მათი რხევის ამპლიტუდა და მოლეკულებს შორის მანძილი: სხეული ფართოვდება



## მოცულობითი გაფართოება

ტემპერატურის მატებისას სითხეები და გაზები ფართოვდებიან მთლიან მოცულობაში

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$

$\Delta T$  – ტემპერატურის ცვლილება

$V_0$  – ნივთიერების საწყისი მოცულობა

$\Delta V$  – მოცულობის ცვლილება

$\beta$  – მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი

## წრფივი გაფართოების კოეფიციენტები

მატერია	$\alpha$ ( $K^{-1}$ )
ალუმინი	$2.4 \cdot 10^{-5}$
სპილენძი	$1.7 \cdot 10^{-5}$
ფოლადი	$1.2 \cdot 10^{-5}$
შუშა	$0.9 \cdot 10^{-5}$
კვარცი	$0.04 \cdot 10^{-5}$

## მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტები

მატერია	$\beta$ ( $K^{-1}$ )
ალუმინი	$7.2 \cdot 10^{-5}$
სპილენძი	$5.1 \cdot 10^{-5}$
ფოლადი	$3.6 \cdot 10^{-5}$
შუშა	$2.7 \cdot 10^{-5}$
კვარცი	$0.12 \cdot 10^{-5}$

## სითბური გაფართოება

სითბური გაფართოება მეტალებში

საინჟინრო სტრუქტურების სეზონური პრობლემა

ზაფხულში: გაფართოება

ზამთარში: შეკუმშვა



## სითბური გაფართოება

სითბური გაფართოების შედეგად წარმოქმნილი მექანიკური ძალა



### სითბური გაფართოება: ალუმინის ღერო



### სითბური გაფართოება: ბურთულა და რგოლი

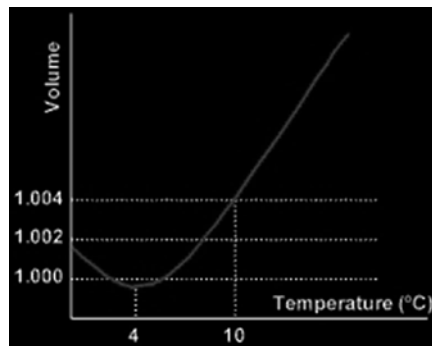


### წყლის სითბური გაფართოება

წყალი ფართოვდება როგორც გათბობისას, ისე გაყინვის დროს გაციებისას

წყლის მოლეკულის თავისებურება

მაქსიმალურად მკვრივი წყალი: 4 °C



### სითბოს რაოდენობა

ენერგია, რომელიც იხარჯება სხეულის ტემპერატურის მოსამატებლად გადაეცემა სხეულს სითბური ენერგიის სახით.

ორ სხეულს შეუძლია სითბური ენერგიის გაცვლა, თუკი არსებობს მათ შორის ტემპერატურათა სხვაობა. წინააღმდეგ შემთხვევაში ამზობენ რომ სხეულები არიან სითბურ წონასწორობაში.

სითბოს ერთეული (Q): კალორია

$$1 \text{ კალორია} = 4.186 \text{ ჯოული (SI)}$$

## კუთრი სითბოტევადობა

სხვადასხვა სხეულებისათვის ერთიდაგივე რაოდენობა სითბოს გადაცემისას სხეულების ტემპერატურა იცვლება განსხვავებულად.

$$Q = C M \Delta T$$

$Q$  – სითბოს რაოდენობა

$M$  – მასა

$\Delta T$  – ტემპერატურის ცვლილება

$C$  – კუთრი სითბოტევადობა

## კუთრი სითბოტევადობა

ერთიდაგივე ტემპერატურის და სხვადასხვა მეტალის ბურთულები პარაფინის ზედაპირზე

*რაც მეტია მეტალის  
სითბოტევადობა  
მით უფრო ღრმად  
ჩაიძირება იგი  
პარაფინში*



## კუთრი სითბოტევადობა

კუთრი სითბოტევადობა განსაზღვრავს ენერგიის რაოდენობას, რომელიც საჭიროა 1 კგ მასის სხეულის ტემპერატურის 1 გრადუსით შესაცვლელად.

ანალოგიურად, კუთრი სითბოტევადობა გვიჩვენებს რა რაოდენობით სითბოს ამოღება შეიძლება სხეულიდან მისი გაციებისას.

ვერცხლი:  $C = 234$  (ჯ/კგ K)

ალუმინი:  $C = 910$  (ჯ/კგ K)

წყალი:  $C = 4190$  (ჯ/კგ K)

## ენერგიის შენახვის კანონი

ჩაკეტილი თერმომექანიკური სისტემის სრული ენერგია ინახება

$$\Delta E_K + \Delta U + \Delta Q + A = 0$$

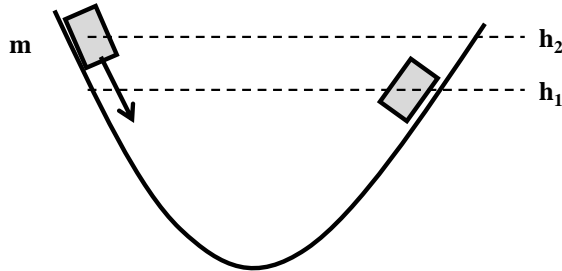
$\Delta E_K$  – კინეტიკური ენერგიის ცვლილება

$\Delta U$  – პოტენციური ენერგიის ცვლილება

$\Delta Q$  – სითბოს რაოდენობის ცვლილება

$A$  – შესრულებული მუშაობა

## გათბობა ხახუნით



რა სითბოს რაოდენობა გამოიყო სხეულის მოძრაობისას?

$$\Delta Q = \Delta U = mg(h_2 - h_1)$$

## ფაზური გადასვლები

ფაზური გადასვლა შესაძლებელია მუდმივ წნევაზე ტემპერატურის ცვლილების გამო:

მაგალითად წყლის გაცხელება და დუღილი  
ფაზური გადასვლა: აორთქლება

ფაზური გადასვლა შესაძლებელია მუდმივ ტემპერატურაზე წნევის ცვლილებით

მაგალითად სითხის აორთქლება გაუხშობის გამო

## ნივთიერების ფაზური გადასვლები

ერთიდაიგივე ნივთიერება სხვადასხვა ტემპერატურაზე ან წნევაზე შეიძლება იმყოფებოდეს სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში

ერთი აგრეგატული მდგომარეობიდან (ფაზიდან) მეორეში გადასვლის პროცესს ფაზური გადასვლა ეწოდება

ფაზური გადასვლის მაგალითები:  
დნობა, აორთქლება, კონდენსაცია ...

## ფაზური გადასვლები: წყალი

მყარი–სითხე: დნობა

მყარი–აირი: სუბლიმაცია

სითხე–მყარი: გაყინვა

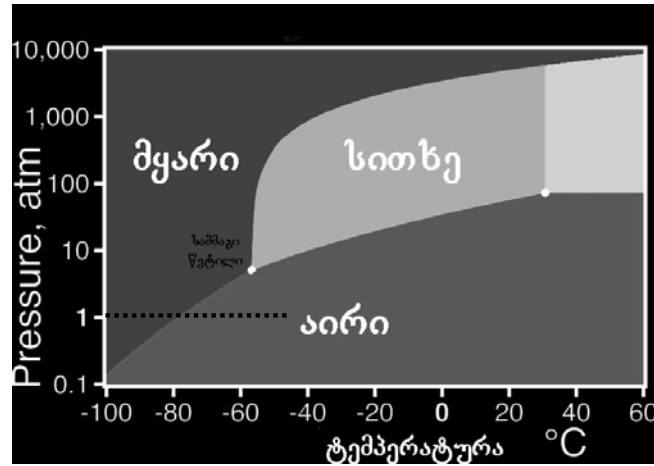
სითხე–აირი: აორთქლება

აირი–სითხე: კონდენსაცია

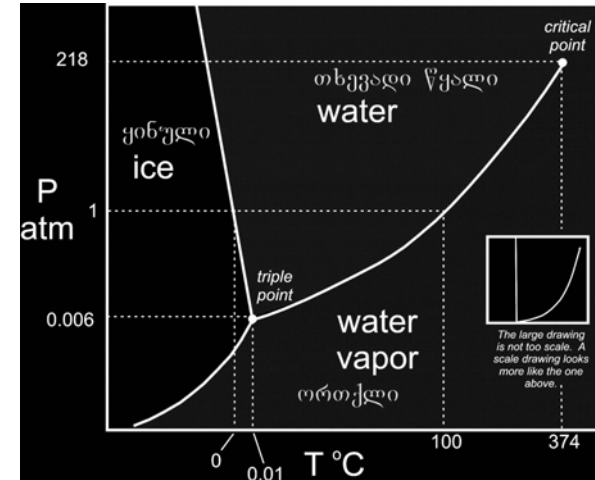
აირი–მყარი: კონდენსაცია (დალექვა)



### CO<sub>2</sub>-ის ფაზური დიაგრამა



### წყლის ფაზური დიაგრამა



### სამმაგი წერტილები

$$P_{ატმ} = 100 \text{ კ პა} = 10^5 \text{ პა}$$

ნივთიერება	T (K)	P (კ პა)
არგონი	83.81	68.9
ნახშირორჟანგი	216.55	517
ეთილენი	104	0.12
მეთანი	90.68	11.7
ჟანგბადი	54.36	0.152
წყალი	273.16	0.611
წყალბადი	13.84	7.04

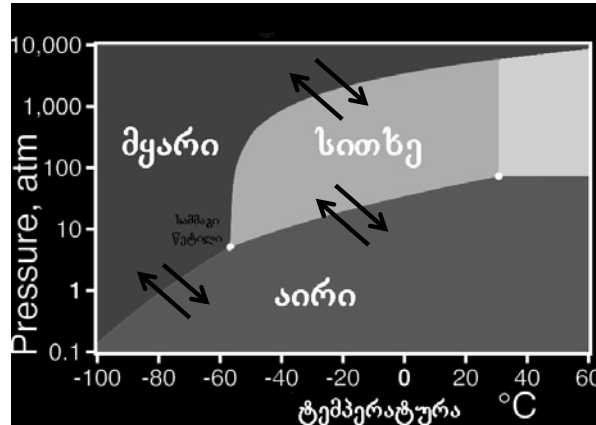
### ფაზური გადასვლა

ფაზური გადასვლისას დროს ხდება სითბოს გამოყოფა ან შთანთქმა

მაგალითად სითხის ასაორთქლებლად საჭიროა სითბოს გადაცემა

აირის კონდენსაციის დროს სითბო – გამოიყოფა

### CO<sub>2</sub>-ის ფაზური გადასვლები სითბოს გადაცემა ან სითბოს გამოყოფა



### ფაზური გადასვლის კუთრი სითბო

(სითხე/აირი) აორთქლების კუთრი სითბო:

სპირტი            855 კილო ჯოული/კგ  
წყალი            2260 კილო ჯოული/კგ (100 °C)

(მყარი/სითხე) დნობის კუთრი სითბო:

ვერცხლი        88.3 კილო ჯოული/კგ  
სპილენძი       134 კილო ჯოული/კგ

### ფაზური გადასვლის კუთრი სითბო

m მასის ნივთიერების ფაზური გადასვლისთვის  
საჭირო სითბოს რაოდენობა

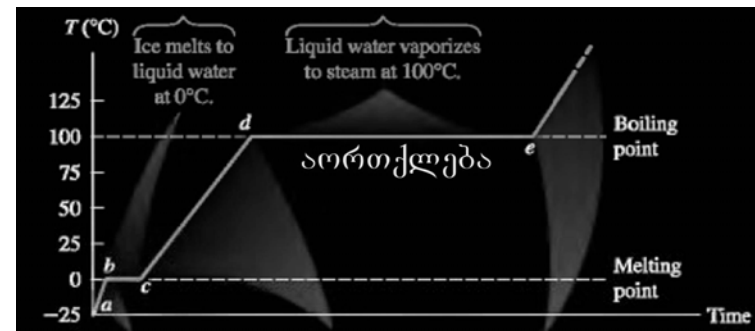
$$Q = \pm \lambda m$$

λ - ფაზური გადასვლის კუთრი სითბო  
დადებითი ნიშანი: ფაზური გადასვლა “ზევით”  
უარყოფითი ნიშანი: ფაზური გადასვლა “ქვევით”

სხვადასხვა ნივთიერებას გააჩნია სხვადასხვა  
ფაზური გადასვლის განსხვავებული სითბური  
თვისებები

### ფაზური გადასვლა

ტემპერატურა ფაზური გადასვლისას არ იცვლება  
გადაცემული სითბო ხმარდება ფაზურ გადასვლას  
მუდმივ ტემპერატურაზე



## ამოცანა

რა რაოდენობის სითბო უნდა გადავცეთ 18 გრადუს ცელსიუსზე მყოფ 100 გრამ წყალს რომ იგი სრულიად ავართქლოთ?

რომელი პროცესი მოითხოვს მეტ სითბოს და რამდენად: წყლის გაცხელება თუ აორთქლება?

$$M = 100 \text{ გრამ} = 0.1 \text{ კგ}$$

$$T_0 = 18 \text{ გრად C}$$

## სითბო და იდეალური აირი

ტემპერატურა და სითბო

სითბოტევადობა და სითბური გაფართოება

ფაზური გადასვლები

## ამოცანა

$Q_1$  – წყლის 100 გრადუსამდე გასაცხელებლად საჭირო სითბო

$Q_2$  – 100 გრადუსიანი წყლის აორთქლებისათვის საჭირო სითბო

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 = C M \Delta T = C M (T_{\text{ფ}} - T_0) \quad Q_2 = \lambda M$$

$$Q = 4190 \cdot 0.1 (100-18) + 2260 \cdot 10^3 \cdot 0.1 = 34 \, 358 + 226 \, 000$$

$$Q = 260 \, 358 \text{ ჯოული} = 260.358 \text{ კილო ჯოული}$$

$$Q_2 / Q_1 = 226000/34358 \approx 6.6$$

[www.tevza.org/home/course/phys2013](http://www.tevza.org/home/course/phys2013)