



*აგრეთვე ჭრეხნიშვილის ხეყლომნის
ბძოლას ხეყლმწიფო ყნავერსიქეფი*

ფიზიკის შესავალი ლექცია 10

ტემპერატურა და სითბო
აირების სიმკვრივე და წნევა
იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება
ბოილ–მარიოტის და გეი–ლუსაკის კანონები
ავოგადროს რიცხვი, ფაზური გადასვლები

წინა ლექციაში

ატომები

ატომის ბირთვი

ელემენტარული ნაწილაკები

აგრეგატული მდგომარეობები

დიფუზია

ბროუნის მოძრაობა



ტემპერატურა და სითბო

გამდნარი მეტალი ცხელია

ანუ მას გააჩნია მაღალი
ტემპერატურა

მას გააჩნია სითბო:
შეგვიძლია გავათბოთ
სხვა სხეულიც.

რა განსხვავებაა ტემპერატურასა და სითბოს შორის?



ტემპერატურა

რა არის ტემპერატურა? ცივი და ცხელი სხეულები;

ტემპერატურა არის მყარი სხეულის, სითხის
ან აირის **მაკროსკოპული მახასიათებელი**

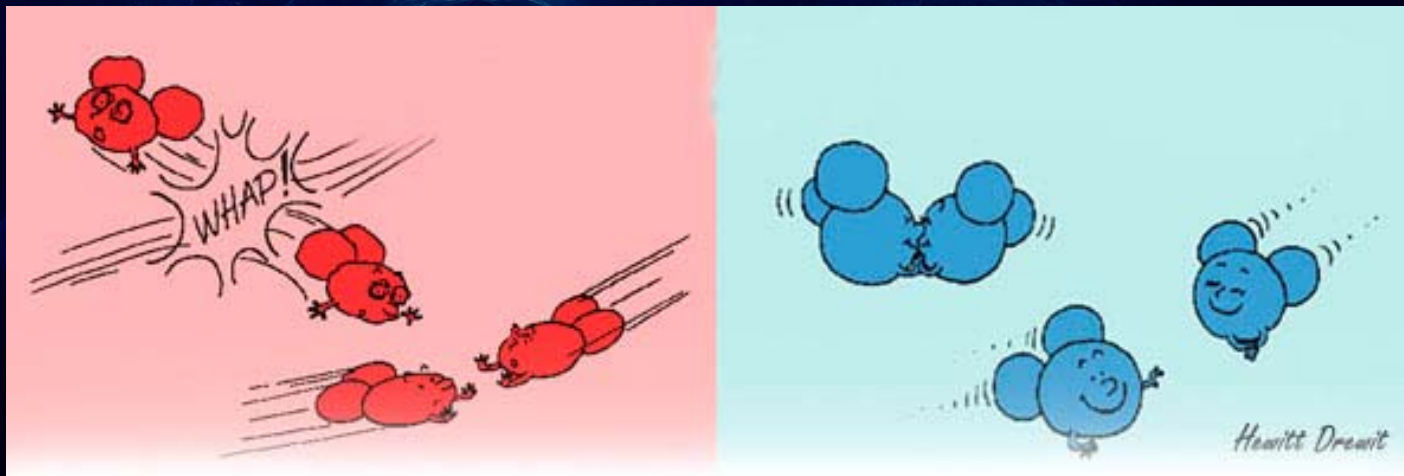
სხეულის **მიკროსკოპული** თვისებები განაპირობებენ
მის **მაკროსკოპულ** მახასიათებლებს;

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**



ტემპერატურა

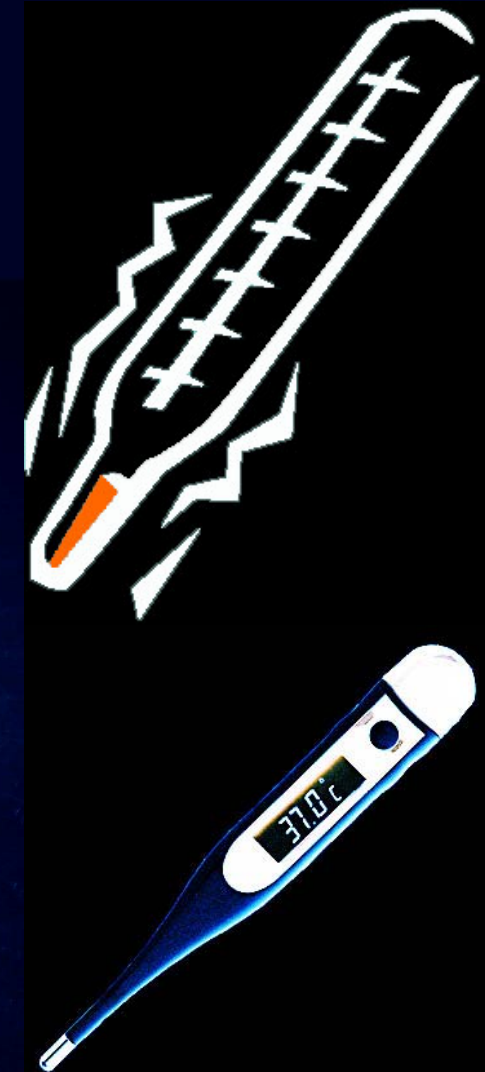
ტემპერატურის საზომი
ხელსაწყო: **თერმომეტრი**

ტემპერატურის
საზომი ერთეულები:

$^{\circ}\text{C}$ - გრადუს ცელსიუსი

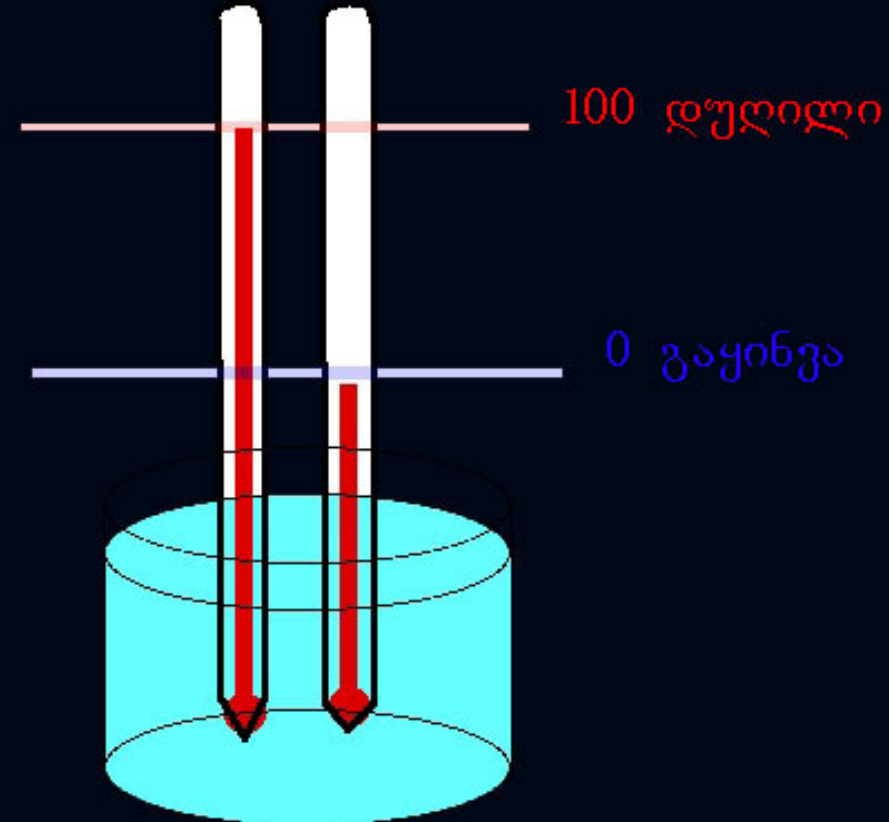
F - ფარენჰეიტი

K - კელვინი



ტემპერატურის ცელსიუსის სკალა

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



ცელსიუსის სკალა:

- $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – წყლის გაყინვის ტემპერატურა
- $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ – წყლის დუღილის ტემპერატურა
- $36.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ – ჯანმრთელი ადამიანის სხეულის ტემპერ.

ტემპერატურის ფარენჰეიტის სკალა

0 ფარენჰეიტი ($^{\circ}\text{F}$):

ამონიუმის ქლორიდის წყალხსნარის გაყინვის ტემპერატურა;

100 ფარენჰეიტი ($^{\circ}\text{F}$):

ჯანმრთელი ადამიანის 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.: $100\text{ }^{\circ}\text{C} = 212\text{ }^{\circ}\text{F}$

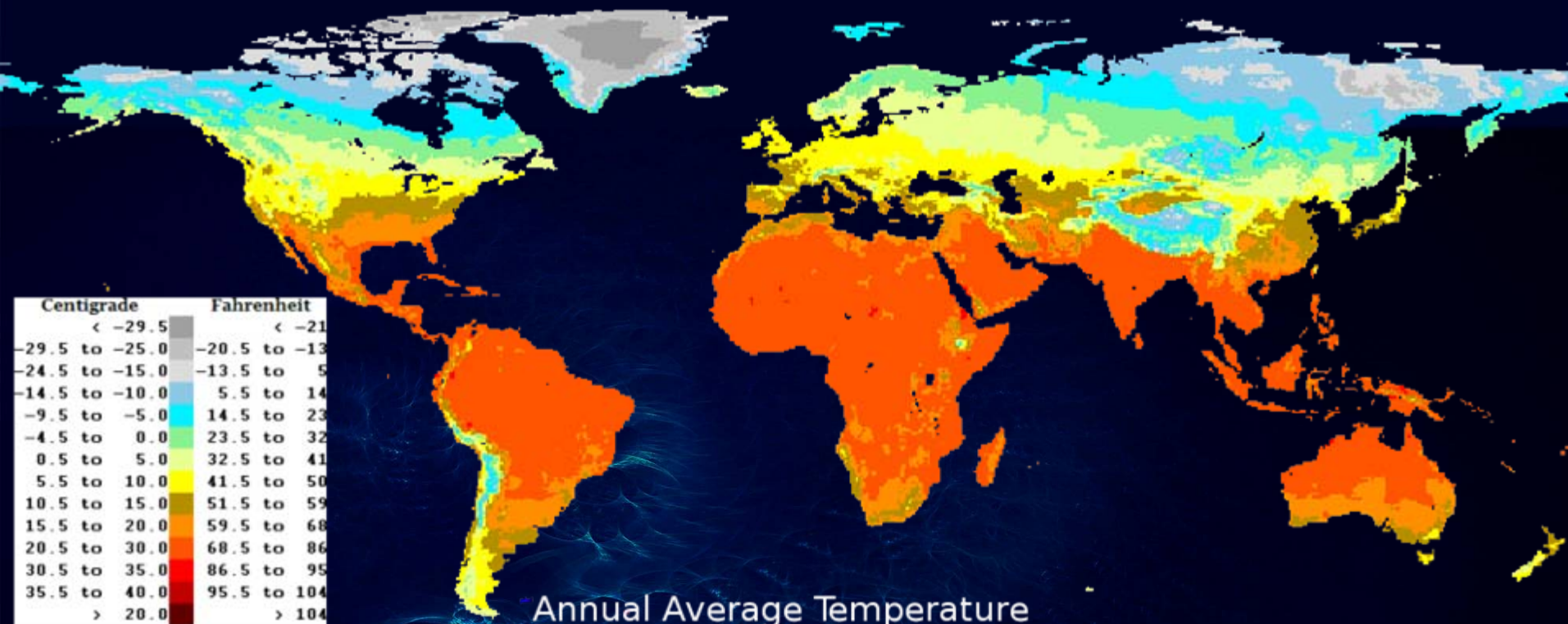
წყლის გაყინვის ტემპერატურა: $0\text{ }^{\circ}\text{C} = 32\text{ }^{\circ}\text{F}$

ცელსიუსის ფარენჰეიტში გადაყვანის ფორმულა

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

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

საშუალო წლიური ტემპერატურა



მინიმალური ტემპერატურა

სადამდე შეიძლება გავაციოთ სხეული?

რა არის მინიმალური შესაძლო ტემპერატურა?

ტემპერატურის კლებისას მოლეკულების მოძრაობის სიჩქარე ეცემა.

მინიმალური ტემპერატურისას მოლეკულების სიჩქარე განუღდება

ტემპერატურის აბსოლუტური მინიმუმი:
უძრავი მოლეკულები

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 სიდიდეს

$$T_C = T_K - 273.15$$



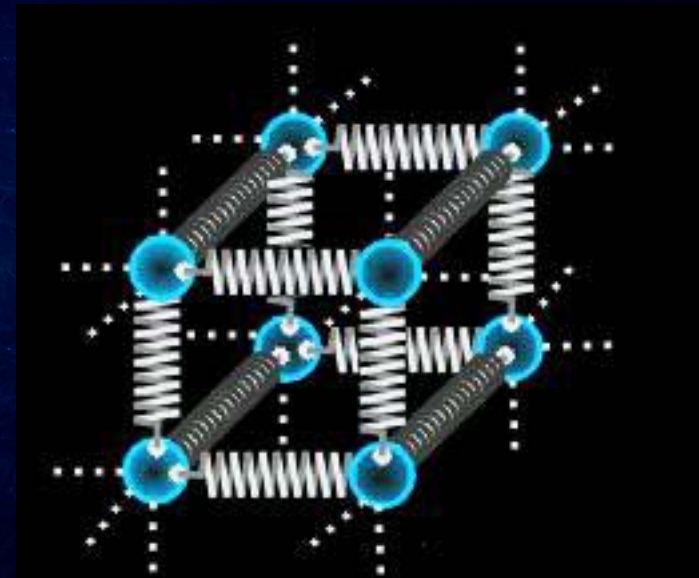
სითბური გაფართოება

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



წირითი გაფართოება

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

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

ΔT – ტემპერატურის ცვლილება

L_0 – სხეულის საწყისი სიგრძე

ΔL – სხეულის სიგრძის ცვლილება

α – წირითი გაფართოების კოეფიციენტი

მოცულობითი გაფართოება

ტემპერატურის მატებისას სითხეები და გაზები ფართოვდებიან მთლიან მოცულობაში

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

ΔT – ტემპერატურის ცვლილება

V_0 – ნივთიერების საწყისი მოცულობა

ΔV – მოცულობის ცვლილება

β – მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი

წრფივი გაფართოების კოეფიციენტები

მატერია	α (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	β (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	$0.12 \cdot 10^{-5}$

წყლის სითბური გაფართოება

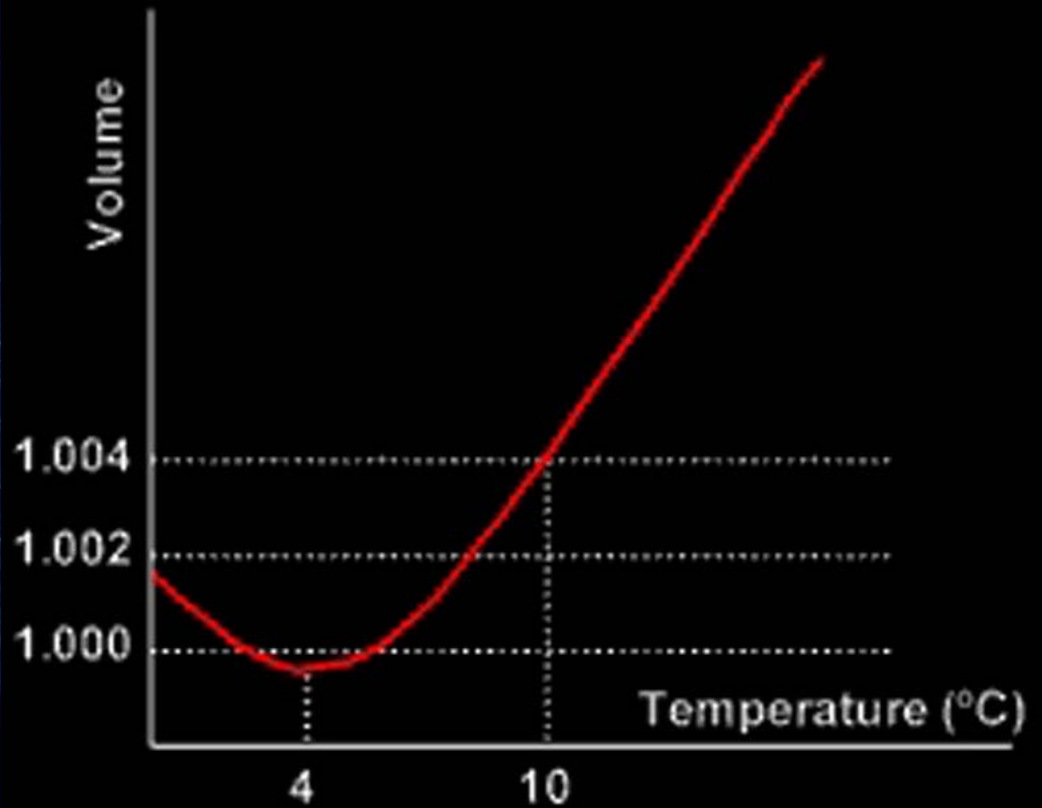
წყალი ფართოვდება როგორც გათბობისას, ისე გაყინვის დროს გაციებისას

წყლის მოლეკულის
თავისებურება

მაქსიმალურად

მკვრივი

წყალი: **4 °C**



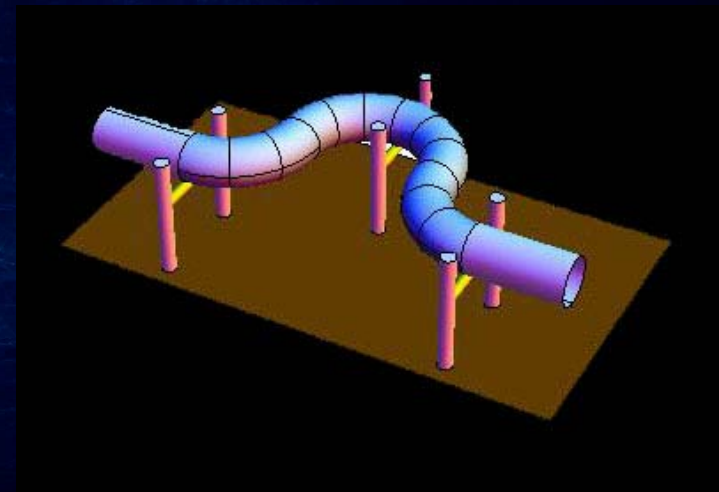
სითბური გაფართოება

სითბური გაფართოება მეტალებში

საინჟინრო სტრუქტურების სეზონური პრობლემა

ზაფხულში: გაფართოება

ზამთარში: შეკუმშვა



სითბოს რაოდენობა

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

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

სითბოს ერთეული (Q): კალორია

1 კალორია = 4.186 ჯოული (SI)

კუთრი სითბოტევადობა

სხვადასხვა სხეულებისათვის ერთიდაგივე რაოდენობა სითბოს გადაცემისას სხეულების ტემპერატურა იცვლება განსხვავებულად.

$$Q = C M \Delta T$$

Q – სითბოს რაოდენობა

M – მასა

ΔT – ტემპერატურის ცვლილება

C – კუთრი სითბოტევადობა

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 თერმოდინამიკური სისტემის სრული ენერგია ინახება

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

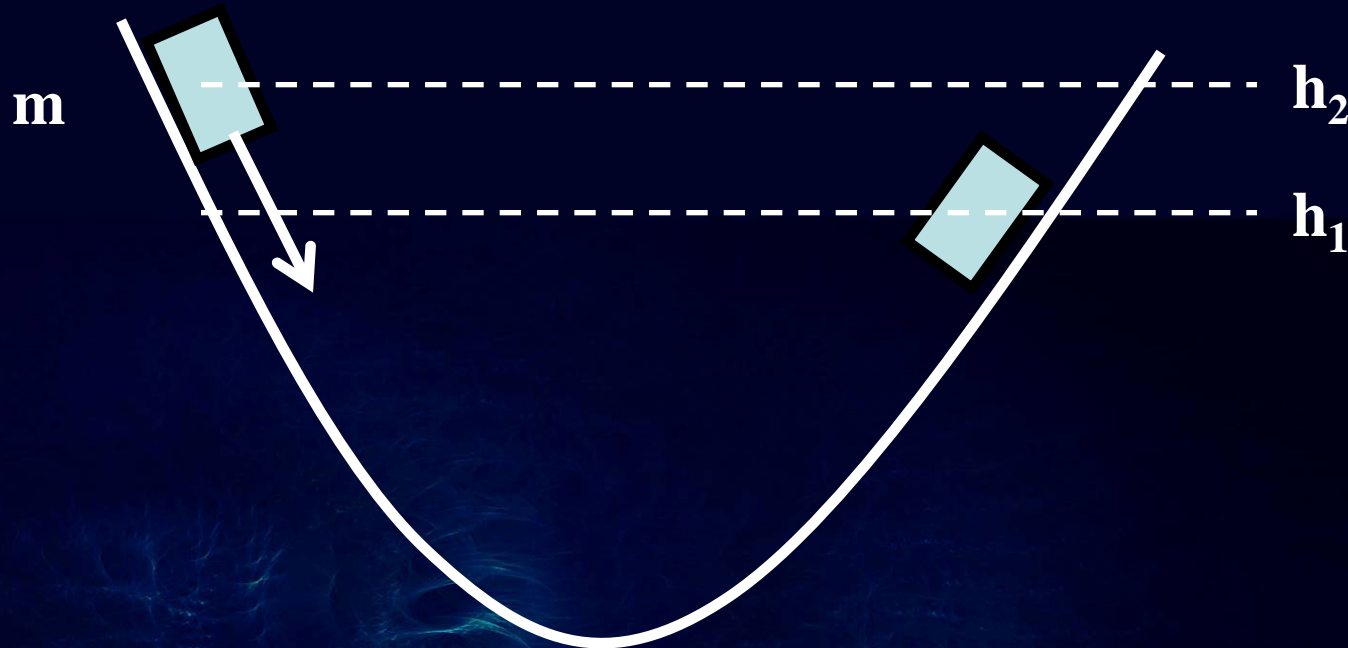
ΔE_K – კინეტიკური ენერგიის ცვლილება

ΔU – პოტენციური ენერგიის ცვლილება

ΔQ – სითბოს რაოდენობის ცვლილება

A – შესრულებული მუშაობა

გათბობა ხახუნით



რა სიბრტყის რაოდენობა გამოიყო სხეულის მოძრაობისას?

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

მოლეკულურ–კინეტიკური თეორია

მოლეკულების და ატომების მოძრაობის ურთიერთკავშირი მაკროსკოპულ თვისებებთან:

ტემპერატურა განისაზღვრება მოლეკულების მოძრაობის სიჩქარით (კინეტიკური ენერგიით);

წნევა განისაზღვრება მოლეკულების კედლებთან დრეკადი დაჯახებით გამოწვეული ძალით;

მოლეკულურ–კინეტიკური თეორიის ავტორი:
ლუდვიგ ბოლცმანი

ბოლცმანის მუდმივა

კავშირი მოლეკულების საშუალო კინეტიკურ ენერგიასა და ტემპერატურას შორის

$$\langle m V^2/2 \rangle = 3/2 K T$$

მიკროსკოპული

მაკროსკოპული

K - ბოლცმანის მუდმივა

$$K = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ ჯოული/კელვინი}$$

(ყურადღებით: K – ბოლცმანის მუდმივა, K - კელვინი)

ავოგადროს კანონი

ერთი მოლი არის მატერიის რაოდენობა, რომელიც შეიცავს იმდენივე ატომს ან მოლეკულას რამდენსაც ნახშირბადის (C^{12}) 0.012 კილოგრამი (12 გრამი).

ატომების რაოდენობა 12 გრამ ნახშირბადში, ან სხვა ნებისმიერი ნივთიერების ერთ მოლში მუდმივია და განისაზღვრება ავოგადროს რიცხვით:

$$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ (მოლეკულა/მოლში)}$$

მოლური მასა

მოლური მასა, ანუ ერთი მოლი ნივთიერების მასა

მოლეკულური მასა არის ატომის ან მოლეკულის მასა ნახშირბადის ატომის მასის მეთორმეტედის ერთეულებში (წყალბადის მასა, პროტონის მასა)

$$M(\text{H}) = 1$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 2 + 16 = 18$$

$$M(\text{O}_2) = 2 \times 16 = 32$$

მოლური მასა განსაზღვრავს რამდენად მძიმეა აირის შემადგენელი ელემენტარული ატომი ან მოლეკულა

აირის მდგომარეობის განტოლება

აირების დახასიათება შეიძლება შემდეგი სამი ძირითადი მაკროსკოპული მახასიათებლით:

P - წნევა

V - მოცულობა

T - ტემპერატურა

დადგინდა, რომ აირების ფართო კლასებისათვის ეს სამი თერმოდინამიკური პარამეტრი ერთმანეთზე დამოკიდებულია შემდეგი კანონით:

$$P V / T = \text{constant}$$

იდეალური აირი

იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება
(მენდელეევ–კლაპეირონის კანონი)

$$P V = (m / M) R T$$

P, V, T - აირის წნევა, მოცულობა და ტემპერატურა

m - აირის სრული მასა

M - აირის მოლური მასა

R - აირის უნივერსალური მუდმივა

$$R = 8.31 \text{ ჯ}/(\text{მოლი K})$$

იდეალური აირი

იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლების
ალნტერნატიული ფორმები

$$m/M = n$$

n - მოლეკულების რაოდენობა

აირის უნივერსალური მუდმივის, ავოგადროს
რიცხვისა და ბოლცმანის რიცხვის კავშირი: $R = N_A K$

$$P V = n K T$$

იდეალური აირი

მიკროსკოპული თვალსაზრისით იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება სამართლიანია როდესაც აირის წნევა, სიმკვრივე და ტემპერატურა ფორმირდება მოლეკულების (ატომების) დრეკადი დაჯახებებით და შეგვიძლია სხვა მიზიდვის ან განზიდვის ძალების უგულვებელყოფა

იდეალური აირის პროცესი: $(P_1, V_1, T_1) \rightarrow (P_2, V_2, T_2)$

$$P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2$$

თერმოდინამიკური პროცესები

შესაძლებელია სხვადასხვა ფაქტორის გამო იდეალური აირში მიმდინარე ფიზიკურ პროცესში არ იცვლებოდეს რომელიმე პარამეტრი.

თუკი პროცესის დროს ტემპერატურა მუდმივია, ამბობენ რომ პროცესი იზოთერმულია;

თუკი პროცესის დროს მუდმივია წნევა, ამბობენ რომ პროცესი იზობარულია;

თუკი პროცესის დროს მუდმივია მოცულობა, ამბობენ რომ პროცესი იზოქორულია;

იზოთერმული პროცესი

იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება
იზოთერმული პროცესისას ($T = \text{constant}$)

ბოილ მარიოტის კანონი

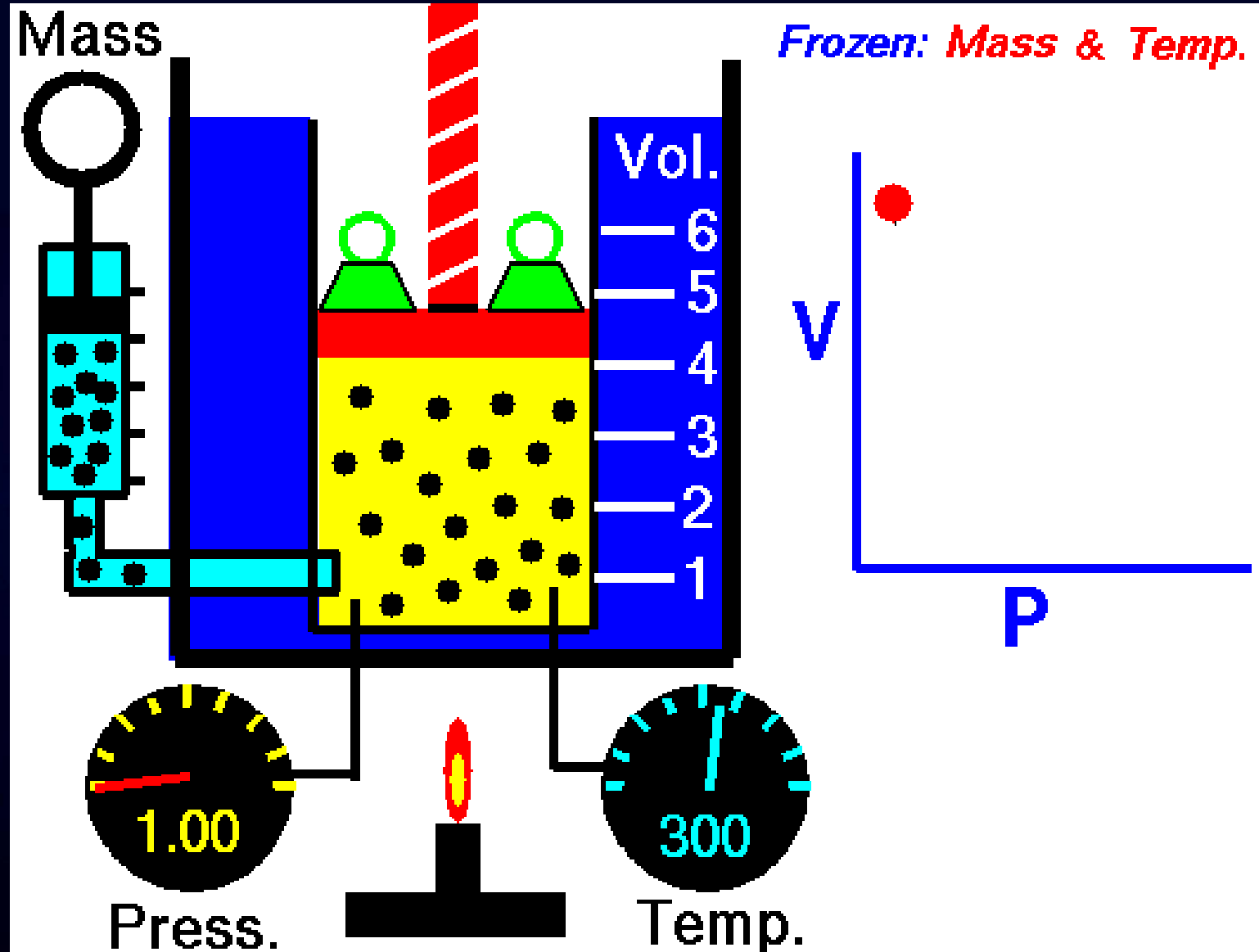
მუდმივი ტემპერატურის დროს მოცემული აირის
წნევისა და მოცულობის ნამრავლი მუდმივია

$$PV = \text{constant}$$

აირის მოცულობა უკუპროპორციულია წნევის:

$$V \sim 1/P$$

ბოილ-მარიოტის კანონი



იზობარული პროცესი

იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება
იზობარული პროცესისას ($P = \text{constant}$)

გეი-ლუსაკის კანონი

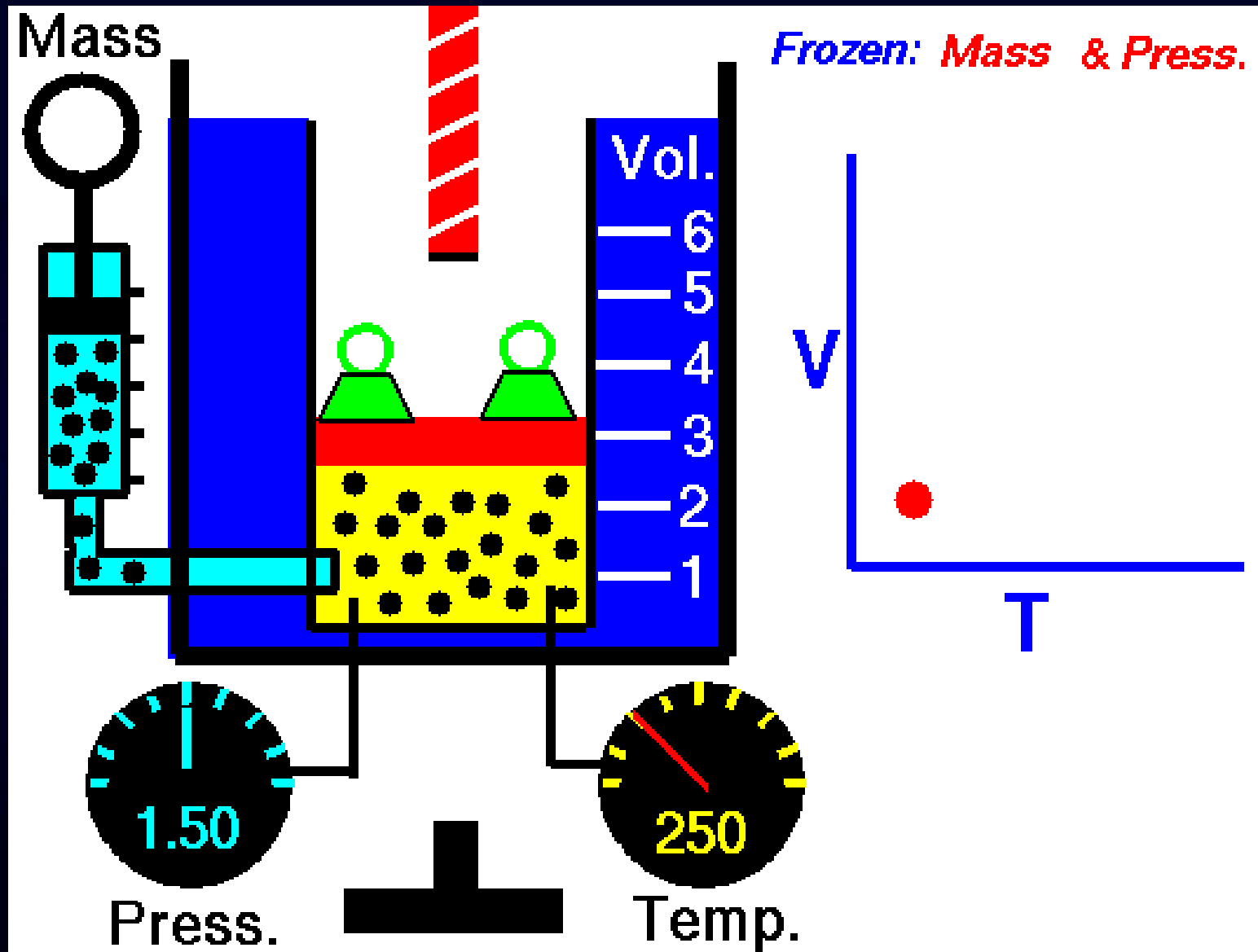
მუდმივი წნევის დროს მოცემული აირის მოცულობისა
და ტემპერატურის ფარდობა მუდმივია

$$V/T = \text{constant}$$

აირის მოცულობა პროპორციულია ტემპერატურის:

$$V \sim T$$

გეი-ლუსაკის კანონი

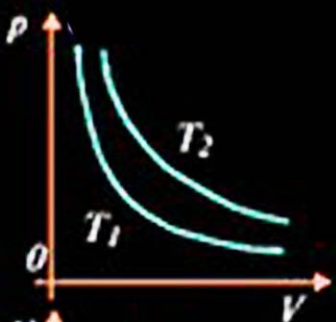


შეჯამება

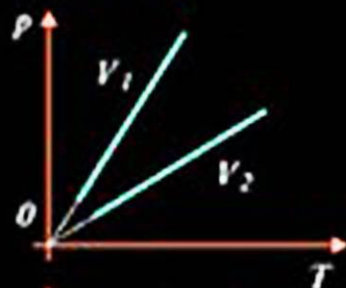
$T = \text{constant}$

$V = \text{constant}$

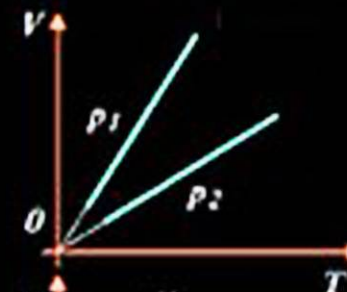
$P = \text{constant}$



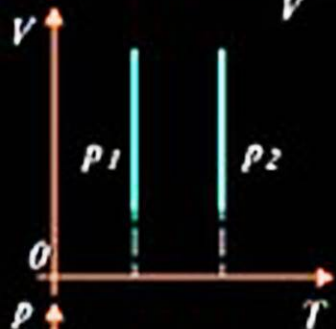
$T_1 < T_2$



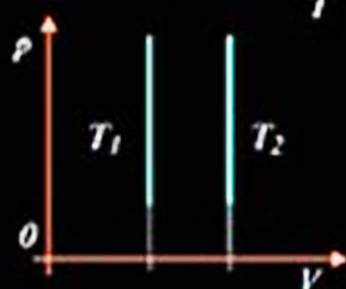
$V_1 < V_2$



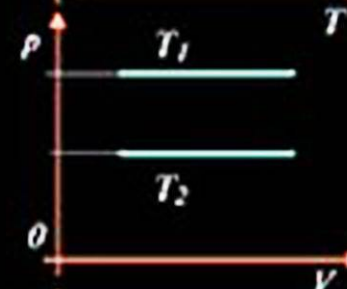
$P_1 < P_2$



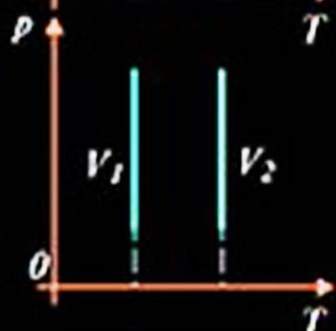
$P_1 < P_2$



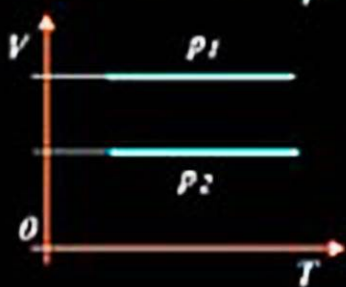
$T_1 < T_2$



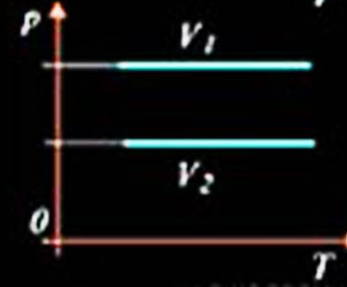
$T_1 < T_2$



$V_1 < V_2$



$P_1 < P_2$



$V_1 < V_2$

$pV, VT \quad pT.$

$pV, VT \quad pT.$

$pV, VT \quad pT.$

მუდმივი მასის აირისთვის:

$\rho \sim 1/V$

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

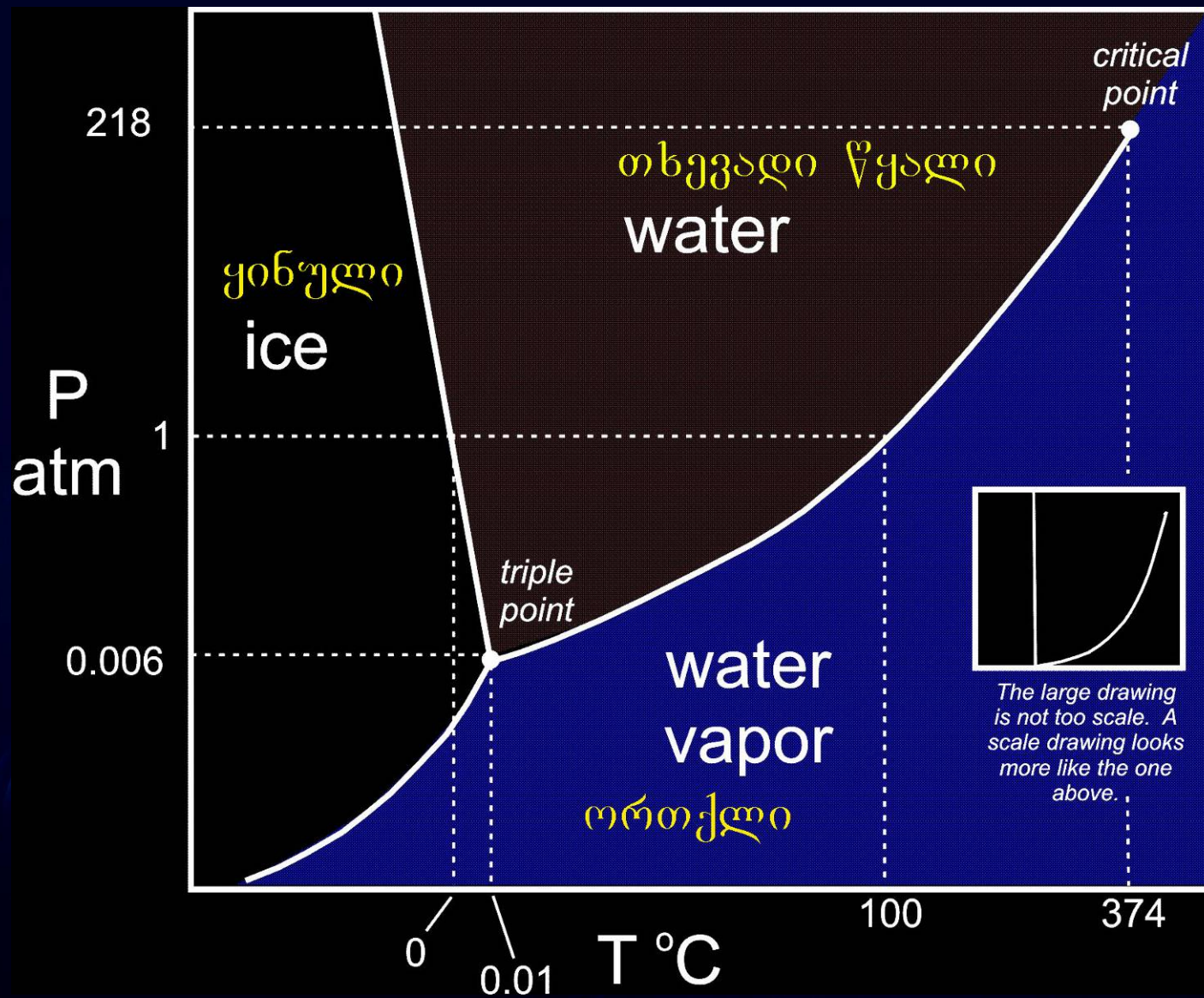
ფაზური გადასვლა შესაძლებელია მუდმივ წნევაზე ტემპერატურის ცვლილების გამო:

მაგალითად წყლის გაცხელება და დუღილი
ფაზური გადასვლა: აორთქლება

ფაზური გადასვლა შესაძლებელია მუდმივ ტემპერატურაზე წნევის ცვლილებით

მაგალითად სითხის აორთქლება გაუხშობის გამო

წყლის ფაზური დიაგრამა



სამმაგი წერტილები

სამი ფაზის გადაკვეთის წერტილი

Substance	Temperature (K)	Pressure (Pa)
Hydrogen	13.80	0.0704×10^5
Deuterium	18.63	0.171×10^5
Neon	24.56	0.432×10^5
Nitrogen	63.18	0.125×10^5
Oxygen	54.36	0.00152×10^5
Ammonia	195.40	0.0607×10^5
Carbon dioxide	216.55	5.17×10^5
Sulfur dioxide	197.68	0.00167×10^5
Water	273.16	0.00610×10^5

ფაზური გადასვლები: წყალი

მყარი–სითხე: დნობა

მყარი–აირი: სუბლიმაცია

სითხე–მყარი: გაყინვა

სითხე–აირი: აორთქლება

აირი–სითხე: კონდენსაცია

აირი–მყარი: კონდენსაცია (დალექვა)

ფაზური გადასვლა

ფაზური გადასვლისას დროს ხდება სითბოს გამოყოფა ან შთანთქმა

მაგალითად სითხის ასაორთქლებლად საჭიროა სითბოს გადაცემა

აირის კონდენსაციისაც სითბო – გამოიყოფა



ფაზური გადასვლები

m მასის ნივთიერების ფაზური გადასვლისთვის საჭირო (გამოყოფილი) 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 გადასვლის კუთრი სითბო

აორთქლების კუთრი სითბო:

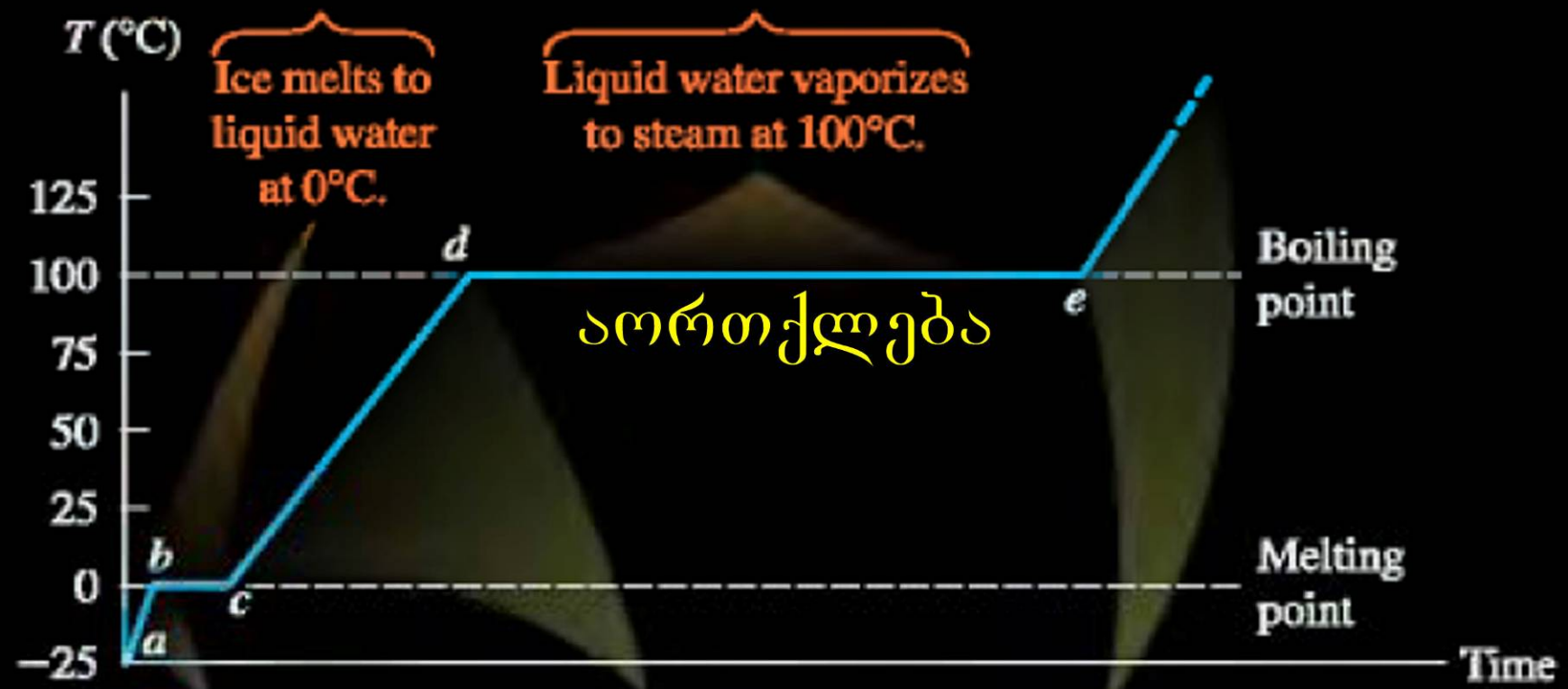
სპირტი	855 კილოჯოული/კგ
წყალი	2260 კილოჯოული/კგ (100 °C)

დნობის კუთრი სითბო:

ვერცხლი	88.3 კილოჯოული/კგ
სპილენძი	134 კილოჯოული/კგ

ფაზური გადასვლა

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



სითბო და იდეალური აირი

ტემპერატურა და სითბო

სითბოტევადობა და სითბური გაფართოება

იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება
ბოილ–მარიოტის და გეი–ლუსაკის კანონები

მოლეკულურ–კინეტიკური თეორია

ბოლცმანის მუდმივა, ავოგადროს რიცხვი

ფაზური გადასვლები

www.tevza.org/home/course/phys2010

