# ფიზიკის შესავალი

## ლექცია 12

წნევა სითხეებში და აირებში
პასკალის კანონი
არქიმედეს კანონი
ბერნულის განტოლება
კაპილარული მოვლენები



## წინა ლექციაში

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

მოლეკულურ–კინეტიკური თეორია
ბოლცმანის მუდმივა, ავოგადროს რიცხვი



## სიმკვრივე

ნივთიერების სიმკვრივე ტოლია მასისა და იმ მოცულობის ფარდობის, რომელიც უკავია ამ მასას

$$\rho = M / V$$

ერთეული (SI): კგ/მ$^3$

მაგ: $\rho_{\text{ყინული}} < \rho_{\text{წყალი}}$

ერთიდაიგივე რაოდენობის ( M ) წყლის გაყინვისას:

$M = \rho_{\text{წ}} V_{\text{წ}} = \rho_{\text{ყ}} V_{\text{ყ}}$

$V_{\text{ყინული}} > V_{\text{წყალი}}$



## ნივთიერებების სიმკვრივეები

| | | |
|---|---|---|
| ყინული | 920 | კგ/მ$^3$ |
| წყალი | 1000 | კგ/მ$^3$ |
| გლიცერინი | 1260 | კგ/მ$^3$ |
| ალუმინი | 2700 | კგ/მ$^3$ |
| რკინა | 7800 | კგ/მ$^3$ |
| სპილენძი | 8900 | კგ/მ$^3$ |
| ვერცხლი | 10500 | კგ/მ$^3$ |
| ოქრო | 19300 | კგ/მ$^3$ |
| პლატინა | 21400 | კგ/მ$^3$ |

## წნევა

ზედაპირის პერპენდიკულარულად ფართობის ერთეულზე მოქმედ ძალას წნევა ეწოდება

$$P = F / S$$

P - წნევა, F - ძალა, S - ფართობი

*ყურადღებით: არ აგვერიოს იმპულსში*

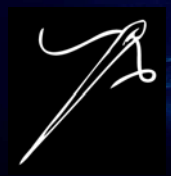
ერთეული (SI): ნიუტონი/მ$^2$ = პასკალი



## წნევა

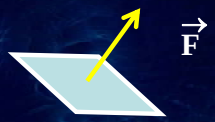
მუდმივი ძალის შემთხვევაში ფართობის შემცირება იწვევს წნევის ზრდას

შევამციროთ მოქმედების ზედაპირის ფართი



## წნევა სითხეებში

სითხე (ან აირი) მოქმედებს ჭურჭლის კედელზე ძალით, რომელიც უდრის სითხის წნევისა და ზედაპირის ფართობის ნამრავლს, ხოლო მიმართულია ზედაპირის პერპენდიკულარულად




$$\vec{F} = P\,\Delta S\,\vec{n}$$

$\vec{n}$ - ზედაპირის მართობული ერთეულოვანი ვექტორი



## წნევა სითხეებში

ცვალებადი წნევა სითხეში შეიძლება განისაზღვროს მცირე ზედაპირზე მოქმედი ძალით

$$P = \Delta F_{\perp} / \Delta S$$

წნევა მოქმედებს ზედაპირზე

წნევა ერთ წერტილში:

$$P = \Delta F_{\perp} / \Delta S, \quad \Delta S \to 0 \quad (P = dF_{\perp} / dS)$$

## ჰიდროსტატიკა

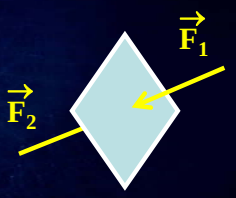
ჰიდროსტატიკური მდგომარეობა: უძრავი სითხეები წონასწორობაში

ნებისმიერ ზედაპირზე სითხის შიგნით მოქმედი ძალების ჯამი ნულია.

$F_1 = -F_2$

$P_1 S n_1 = -P_2 S n_2$

$n_1 = -n_2$



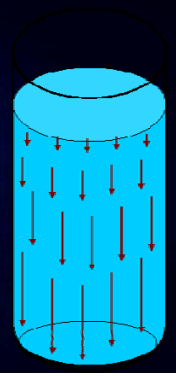

$P_1 = P_2$

ჰიდროსტატიკური წონასწორობის პირობა



## სითხე სიმძიმის ველში

სიმიძიმის ველში სითხის ზედა ფენები აწვებიან ქვედა ფენებს. შესაბამისად იზრდება ქვედა ფენებზე დაწოლის ძალა და სითხის წნევა.



წნევა ლოკალური სიდიდეა და დამოკიდებულია სიღრმეზე: მანძილზე სითხის ზედაპირიდან გაზომვის წერტილამდე



## სითხეები სიმძიმის ველში

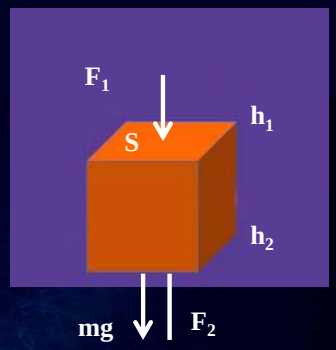
გავაკეთოთ სამი ერთიდაიგივე ფართობის ნახვრეტი ჭურჭელში:

წნევა მატულობს სიღრმესთან ერთად



## წნევის სიღრმეზე დამოკიდებულება

ჰიდროსტატიკური წონასწორობა:




$F_1 + mg = F_2$

$P_1 S + mg = P_2 S$

$P_2 - P_1 = mg / S$

$m = \rho V = \rho S (h_2 - h_1)$

$P_2 - P_1 = \rho g (h_2 - h_1)$

## წნევა სითხეში

წნევა ერთგვაროვან სითხეში იზრდება სიღრმის პირდაპირპორციულად

$$P = P_0 + \rho g h$$

P - წნევა h სიღრმეზე

$P_0$ – წნევა სითხის ზედაპირზე

*მაგალითად: ატმოსფერული წნევა*



## წნევა წყლის სიღრმეში

$$F = P S = \rho g h S, \qquad F = m g$$

S ფართობზე მოსული წნევა ექვივალენტურია m მასის წონის: $m = \rho h S$

წყალი: $\rho = 1000$ კგ/მ$^3$

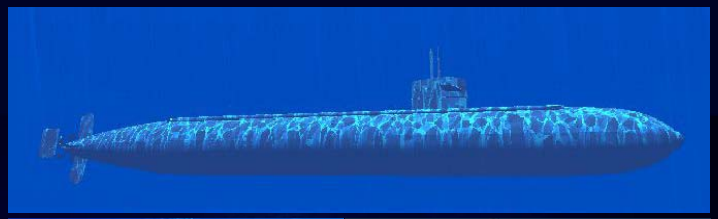
h = 1 მეტრი: m = 1000კგ = 1 ტონა

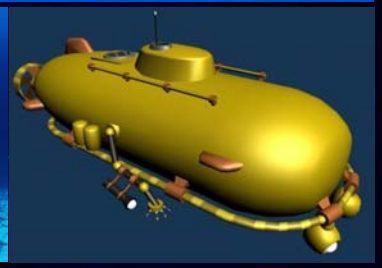
h = 10 მეტრი: m = $10^4$ კგ = 10 ტონა

h = 1000 მეტრი: m = $10^6$ კგ = 1000 ტონა



## წნევა წყლის სიღრმეში







## ატმოსფერული წნევა

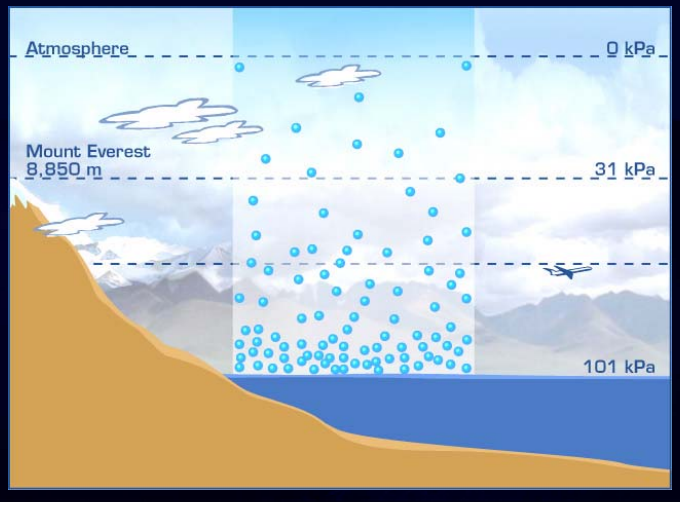
სიმძიმის ველში მოთავსებული აირის წნევის მაგალითი: დედამიწის ატმოსფეროს წნევა

$P_{ატმ}$ = 101 325 პასკალი ( ~100 კილო პასკალი)

ატმოსფერული წნევა იცვლება სიმაღლის ცვლასთან ერთად

*მაგალითი:*
*მთაში ჩაკეტილი პლასტიკური ბოთლის ჩამოტანა ბარში*

## ატმოსფერული წნევა

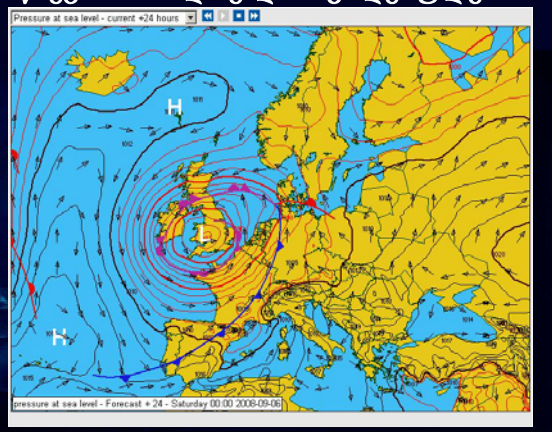





## ატმოსფერული წნევა

ატმოსფერული წნევის ამინდზე დამოკიდებულება

*ციკლონი*
*ანტიციკლონი*






## ატმოსფერული წნევა (მანომეტრი)

ატმოსფერული წნევის გამზომვა ვერცხლისწყლის სვეტის სიმაღლით:

$P = \rho g h$

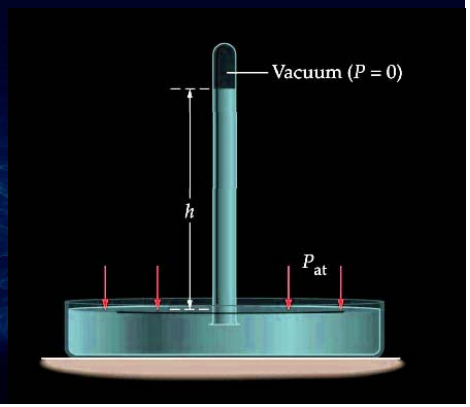
$P = P_{ატმ}$

$\rho = \rho_{Hg}$

$h = 760$ მმ

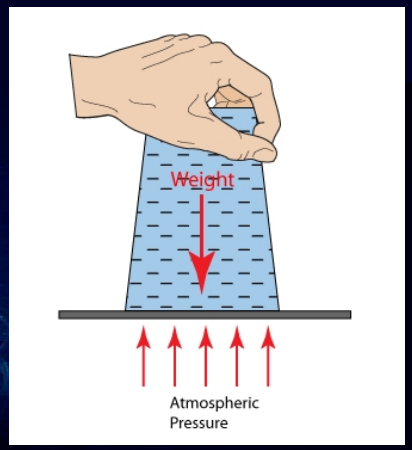
$\rho = \rho_{H20}$

$h = 10$ მეტრი






## ატმოსფერული წნევა

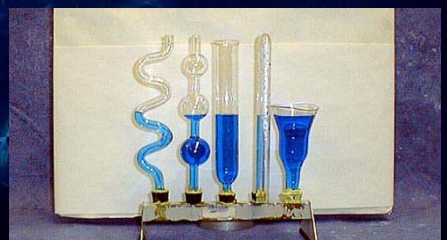


## ატმოსფერული წნევა

## პასკალის კანონი

**სითხეზე მოქმედი წნევა თანაბრად გადაეცემა სითხის ნებისმიერ წეტილს და ჭურჭლის კედლებს**

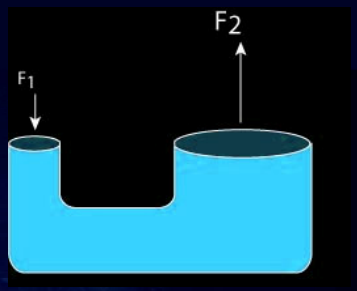
სითხის წნევა არ არის დამოკიდებული ჭურჭლის ფორმაზე ან გეომეტრიაზე, მნიშვნელოვანია მხოლოდ წნევა (ანუ სითხის სიღრმე)





## ჰიდრავლიკური დგუში

პასკალის კანონის რეალიზაცია




$P_1 = P_2$

$F_1 / S_1 = F_2 / S_2$

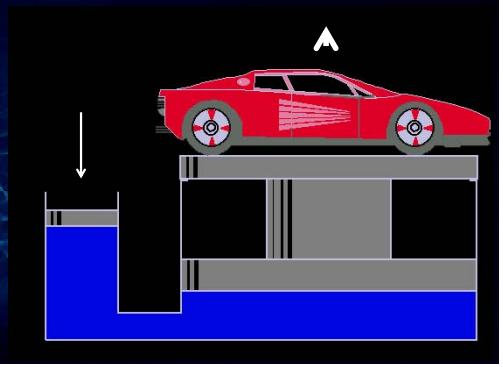
$F_1 = F_2 S_1/S_2$

$S_1 / S_2 < 1$ $F_1 < F_2$



## ჰიდრავლიკური დგუში

ნაკლები ფართობის დგუშზე ზეწოლით შესაძლებელია დიდი ფართობის დგუშზე მეტი ძალით ზემოქმედება



ძალის გადაცემა წნევით

(უკუმშვადი სითხე)

## არქიმედეს კანონი

სითხეში ჩაძირულ სხეულზე მოქმედებს ამომგდები ძალა, რომელიც ტოლია სხეულის მიერ გამოდევნილი წყლის წონის და მიმართულია ზევით

$$F = \rho V g$$

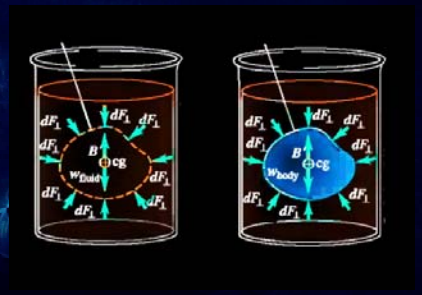
თუკი სხეულის სიმკვრივე ნაკლებია წყლის სიმკვრივეზე ამომგდები ძალის და წონის ჯამი მიმართულია ზევით და სხეული ტივტივებს

თუკი სხეულის სიმკვრივე მეტია წყლის სიმკვრივეზე ამომგდები ძალის და წონის ჯამი მიმართულია ქვევით და სხეული იძირება



## არქიმედეს კანონი

ჰიდროსტატიკურ წონასწორობაში წყლის ნებისმიერი ფორმის მოცულობაზე მოქმედებს გარეშე ძალები რომლთა ტოლქმედი უდრის თხევადი სხეულის წონას

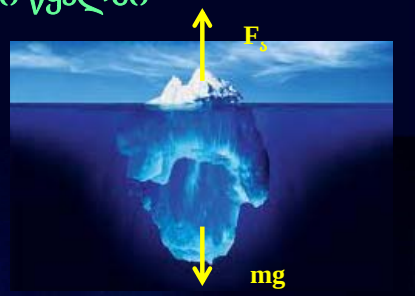




## არქიმედეს კანონი

სხვადასხვა მოცულობის სხეულები გამოდევნიან სხვადასხვა რაოდენობა წყალს: მათზე მოქმედი ამომგდები ძალა განსხვავდება

## ყინული წყალში




$F_ა = \rho_{წყ} V g$

$mg = \rho_{ყინ} V g$

$F = (\rho_{წყ} - \rho_{ყინ}) V g > 0$

ყინული ტივტივებს

წონასწორობაში: $\rho_{წყ} V_1 g = \rho_{ყინ} V_0 g$

$V_1$ - ჩაძირული მოცულობა

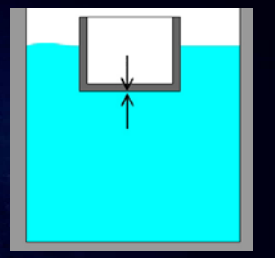
$V_0$ - სრული მოცულობა

$$V_1 = V_0 \rho_{ყინ} / \rho_{წყ} = 0.9$$

აისბერგის 90% წყალში ჩაძირულია

## როგორ ცურავენ გემები?

რკინის სიმკვრივე მეტია წყლის სიმკვრივეზე:
*რკინა იძირება*



სხეულის ფორმა განაპირობებს საშუალო სიმკვრივის კლებას

$M = m_{\text{რკინა}} + m_{\text{ჰაერი}}$

$V = v_{\text{რკინა}} + v_{\text{ჰაერი}}$

$\rho_{\text{საშუალო}} = M / V < \rho_{\text{წყალი}}$



## არქიმედეს ძალა ატმოსფეროში

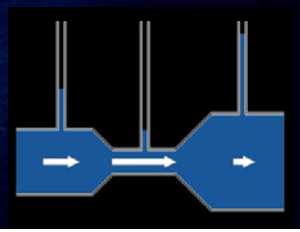
სახეულის საშუალო სიმკვრივე ნაკლებია ვიდრე გარემო ჰაერის სიმკვრივე

## სითხეები მოძრაობაში

სითხეს მოძრაობისას უჩნდება კინეტიკური ენერგია
წნევას გააჩნია პოტენციური ენერგია

წნევის პოტენციური ენერგიისა და სითხის კინეტიკური ენერგიების ჯამი ინახება

$P + \rho v^2/2 = \text{constant}$



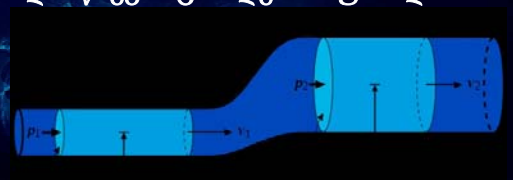


## ბერნულის განტოლება

$$P + \rho v^2/2 + \rho g h = \text{constant}$$

v - დინების სიჩქარე, P - წნევა, ρ - სიმკვრივე

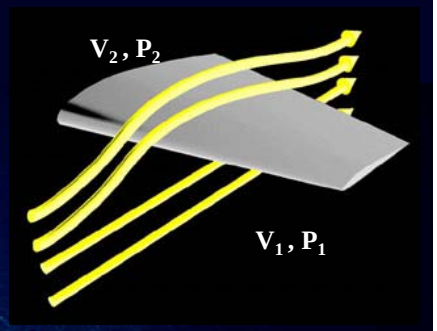
სითხის მილებში დინების დინამიკის განმსაზღვრელი კანონი: დინების სიჩქარე მატულობს, ხოლო წნევა მცირდება თუ მილი ვიწროვდება



## ბერნულის პრინციპის გამოყენება

ამწევი ძალა ფრთაზე:

$V_2 > V_1$
$P_1 < P_2$




წნევათა ცვლილებით გამოწვეული ამწევი ძალა

$$F = (P_2 - P_1)\, S$$



## ბერნულის პრინციპის გამოყენება

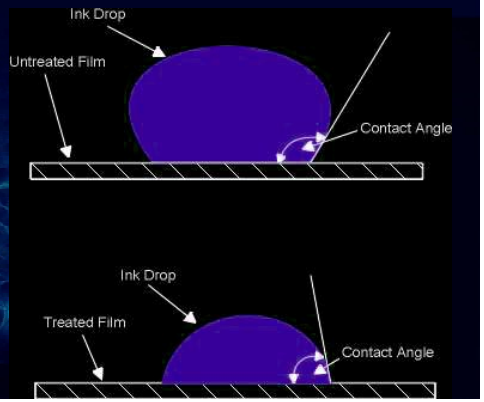
გემებს შორის წნევის შემცირება

ახლო მცურავი გემების შეჯახების საშიშროება

## ზედაპირული დაჭიმულობა

სითხის მყარ სხეულთან ურთიერთქმედების ტიპები

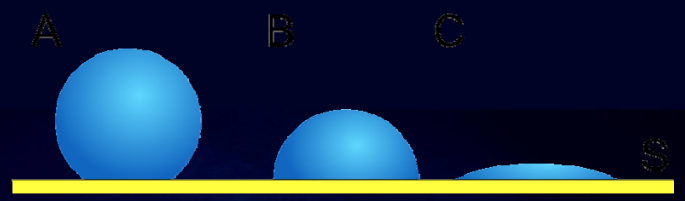
ზედაპირული დაჭიმულობა განსაზღვრავს კიდეების სიმრუდის რადიუსს

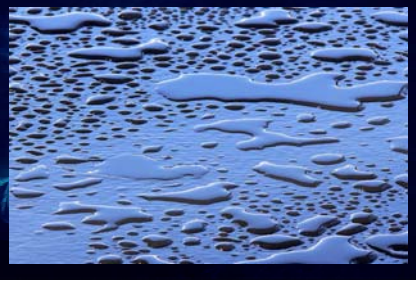





## ზედაპირული დაჭიმულობა

## სხვადასხვა ზედაპირული დაჭიმულობა

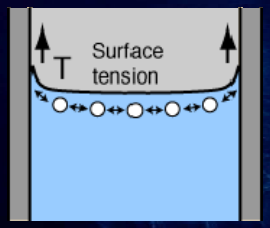


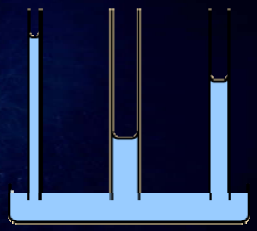





## კაპილარები

მილი, რომლის რადიუსი ზედაპირული მოცემული სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის რადიუსის რიგისაა



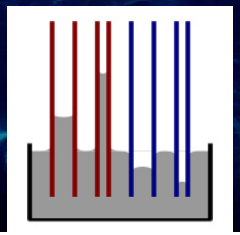





## კაპილარები

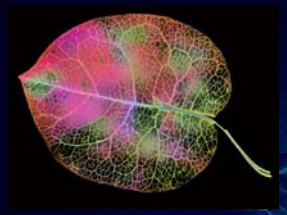
თუკი სითხე ასველებს კაპილარს, მაშინ კაპილარული ძალები იწვევენ სითხის დონის აწევას

თუკი სითხე ზედაპირს არ ასველებს, მაშინ კაპილარული ძალები იქვევენ სითხის დონის დაწევას





## კაპილარები



წნევა სითხეებში და აირებში
პასკალის კანონი
არქიმედეს კანონი

ბერნულის განტოლება
კაპილარული მოვლენები



www.tevza.org/home/course/phys2012