



*იყრნე ჭყვრხიშვილანს ხახვლმანს
ნძილანს ხახვლმნიგო ყნავუნსიქეფი*

ფიზიკის შესავალი

ლექცია 11

წნევა სითხეებში და აირებში

პასკალის კანონი

არქიმედეს კანონი

ბერნულის განტოლება

კაპილარული მოვლენები

წინა ლექციაში

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

სიმკვრივე

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

$$\rho = M / V$$

ერთეული (SI): კგ/მ³

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 სიმკვრივები

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/მ³
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/მ² = **პასკალი**

წნევა

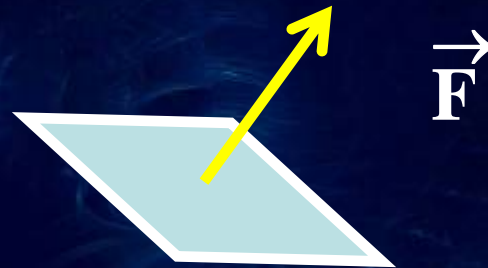
მუდმივი ძალის შემთხვევაში ფართობის შემცირება იწვევს წნევის ზრდას

შევამციროთ მოქმედების
ზედაპირის ფართი



წნევა სითხეებში

სითხე (ან აირი) მოქმედებს ჭურჭლის კედელზე ძალით, რომელიც უდრის სითხის წნევისა და ზედაპირის ფართობის ნამრავს, 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:

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

ჰიდროსტატიკა

ჰიდროსტატიკური მდგომარეობა: უძრავი სითხეები წონასწორობაში

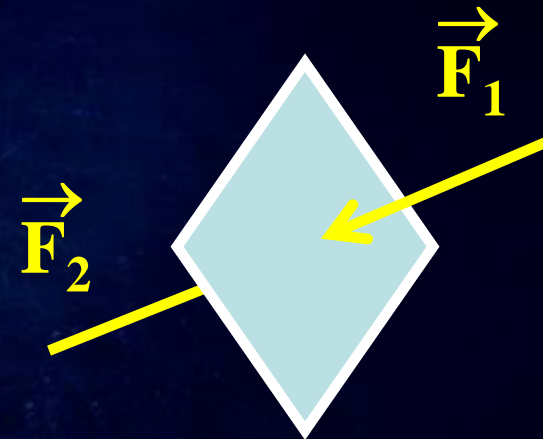
ნებისმიერ ზედაპირზე სითხის შიგნით მოქმედი ძალების ჯამი ნულია.

$$\mathbf{F}_1 = -\mathbf{F}_2$$

$$\mathbf{P}_1 \mathbf{S} \mathbf{n}_1 = -\mathbf{P}_2 \mathbf{S} \mathbf{n}_2$$

$$\mathbf{n}_1 = -\mathbf{n}_2$$

$$\mathbf{P}_1 = \mathbf{P}_2$$



ჰიდროსტატიკური წონასწორობის პირობა

სითხე სიმძიმის ველში

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

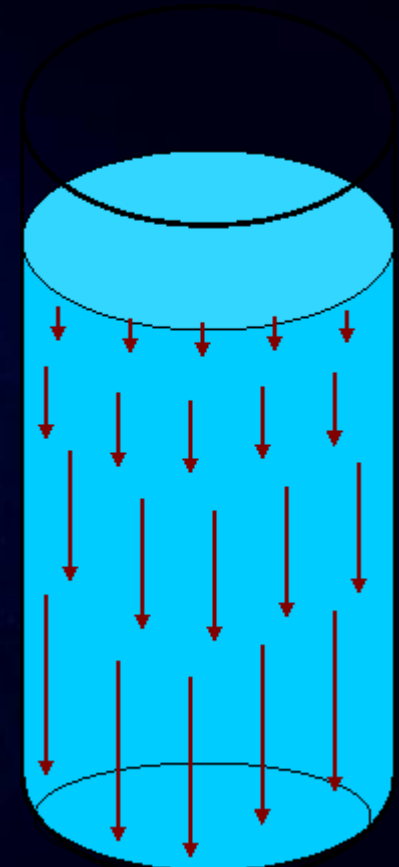
წნევა ლოკალური

სიდიდეა და დამოკიდებულია

სიღრმეზე:

მანძილზე სითხის ზედაპირიდან

გაზომვის წერტილამდე



სითხეები სიმზიმის ველში

გავაკეთოთ სამი ერთიდაიგივე ფართობის ნახვრეტი
ჭურჭელში:

წნევა
მატულობს
სიღრმესთან
ერთად



წნევის სიღრმეზე დამოკიდებულება

ჰიდროსტატიკური
წონასწორობა:

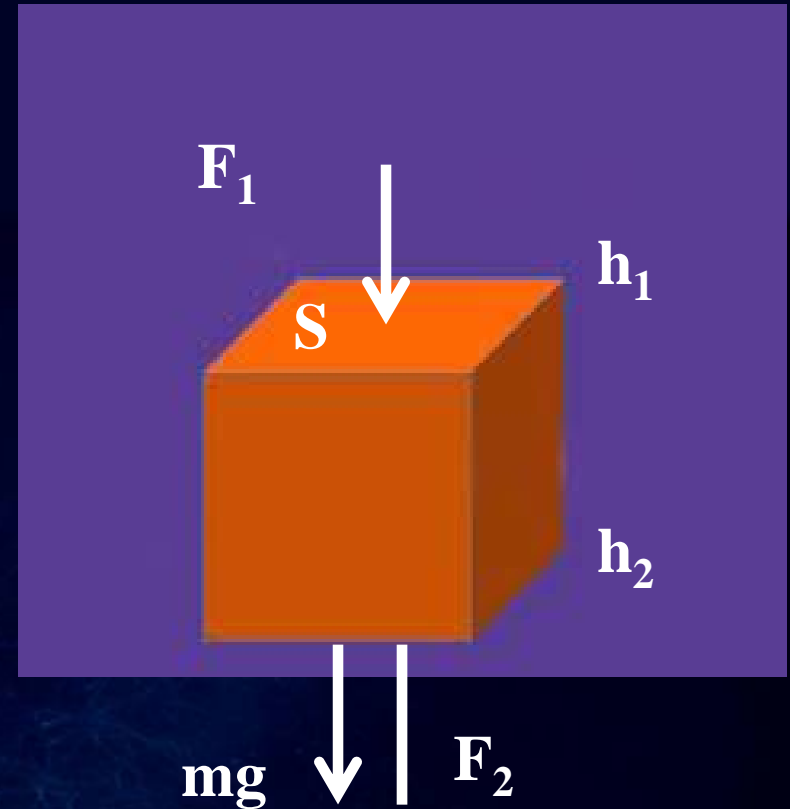
$$F_1 + mg = F_2$$

$$P_1 S + mg = P_2 S$$

$$P_2 - P_1 = mg / S$$

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

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



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

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

S ფართობზე მოსული წნევა ექვივალენტურია m მასის წონის:

$$m = \rho h S$$

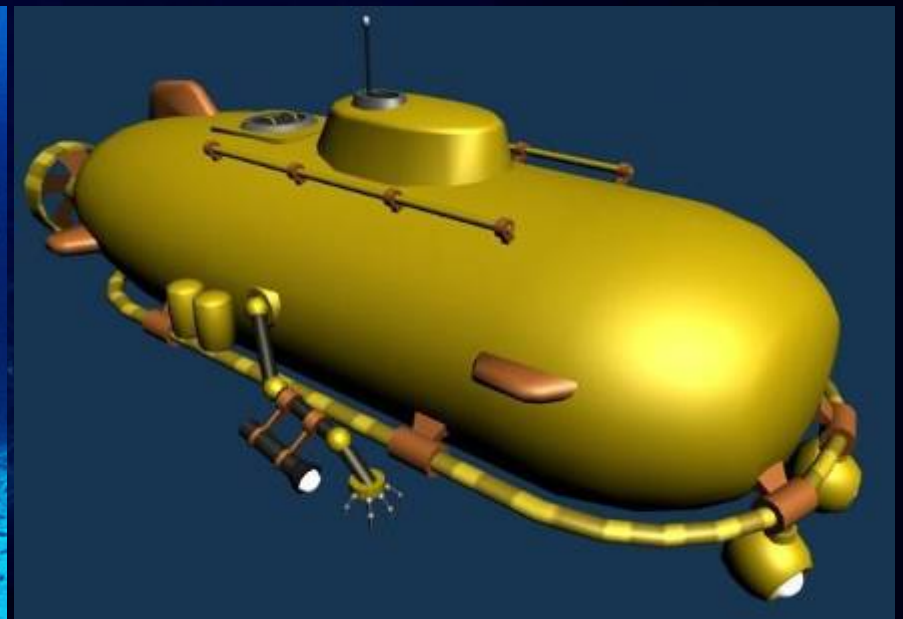
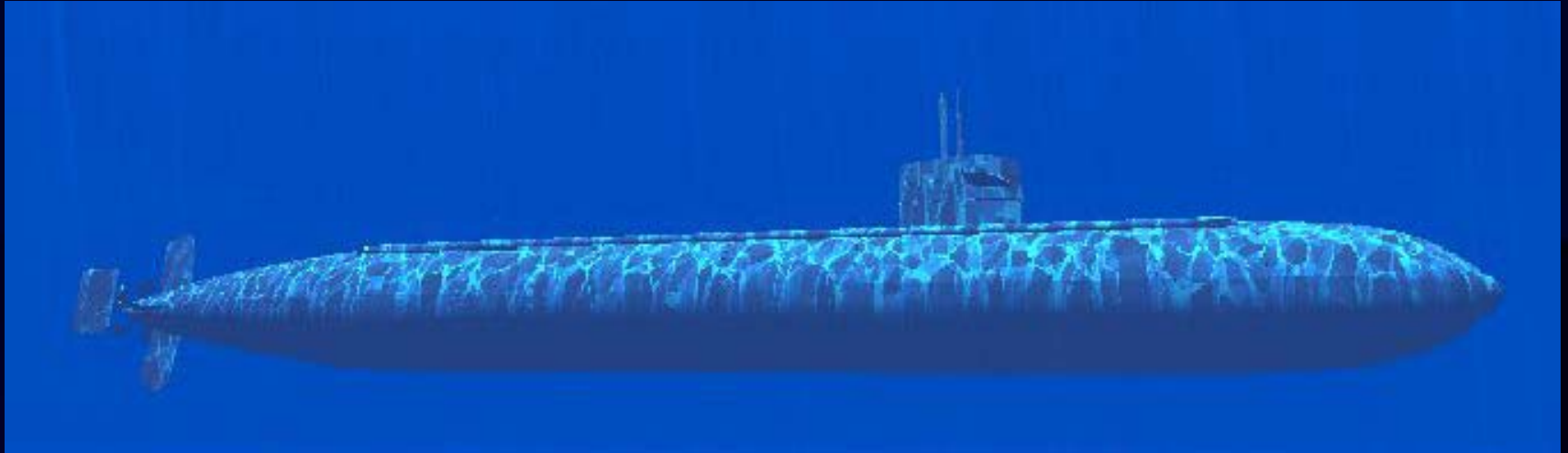
წყალი: $\rho = 1000 \text{ კგ/მ}^3$

$h = 1$ მეტრი: $m = 1000 \text{ კგ} = 1 \text{ ტონა}$

$h = 10$ მეტრი: $m = 10^4 \text{ კგ} = 10 \text{ ტონა}$

$h = 1000$ მეტრი: $m = 10^6 \text{ კგ} = 1000 \text{ ტონა}$

წნევა წყლის სიღრმეში



ატმოსფერული წნევა

სიმძიმის ველში მოთავსებული აირის წნევის მაგალითი: დედამიწის ატმოსფეროს წნევა

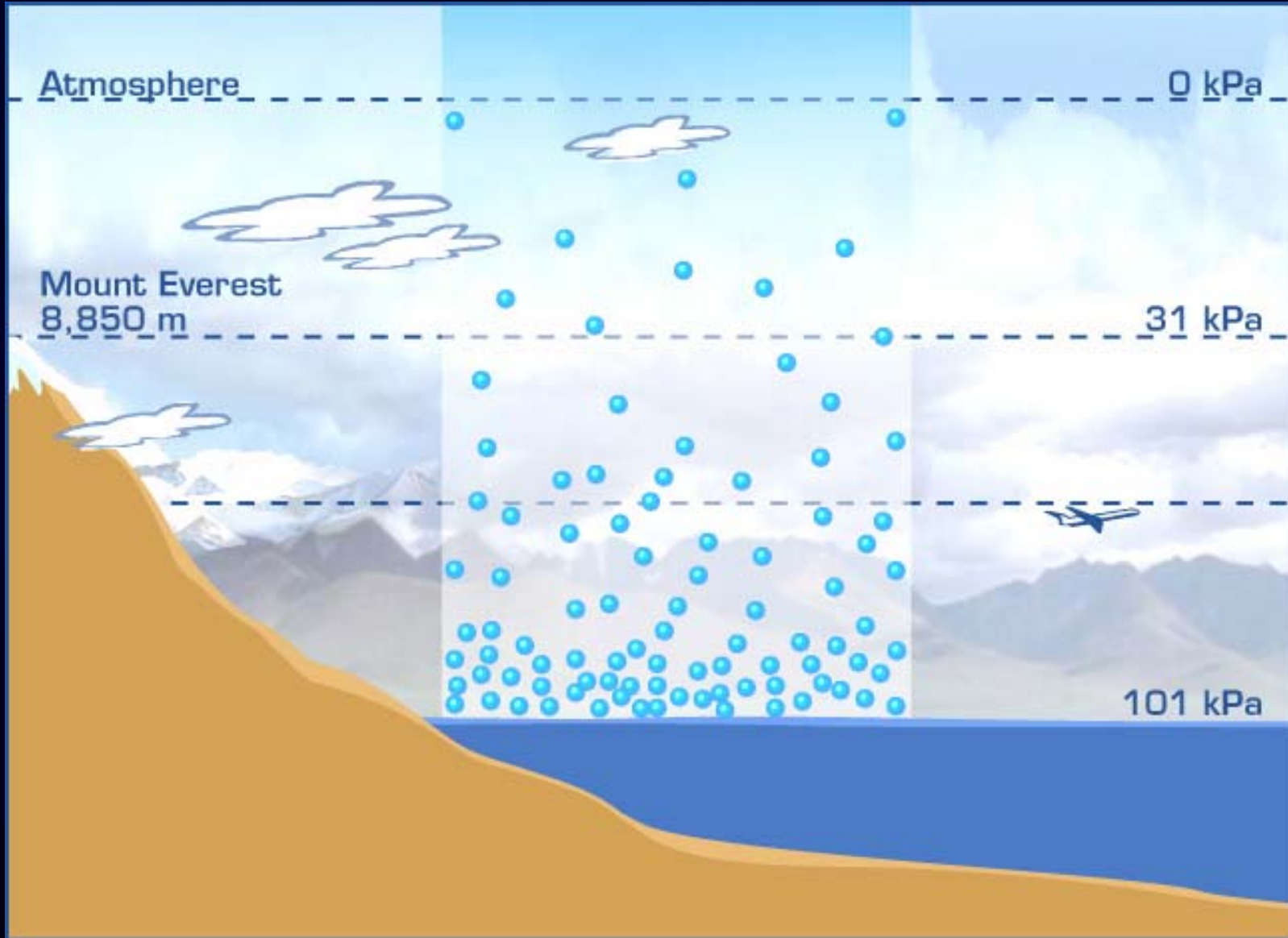
$P_{ატმ} = 101\ 325$ პასკალი (~100 კილო პასკალი)

ატმოსფერული წნევა იცვლება სიმაღლის ცვლასთან ერთად

მაგალითი:
მთაში ჩაკეტილი
პლასტიკური ბოთლის
ჩამოტანა ბარში



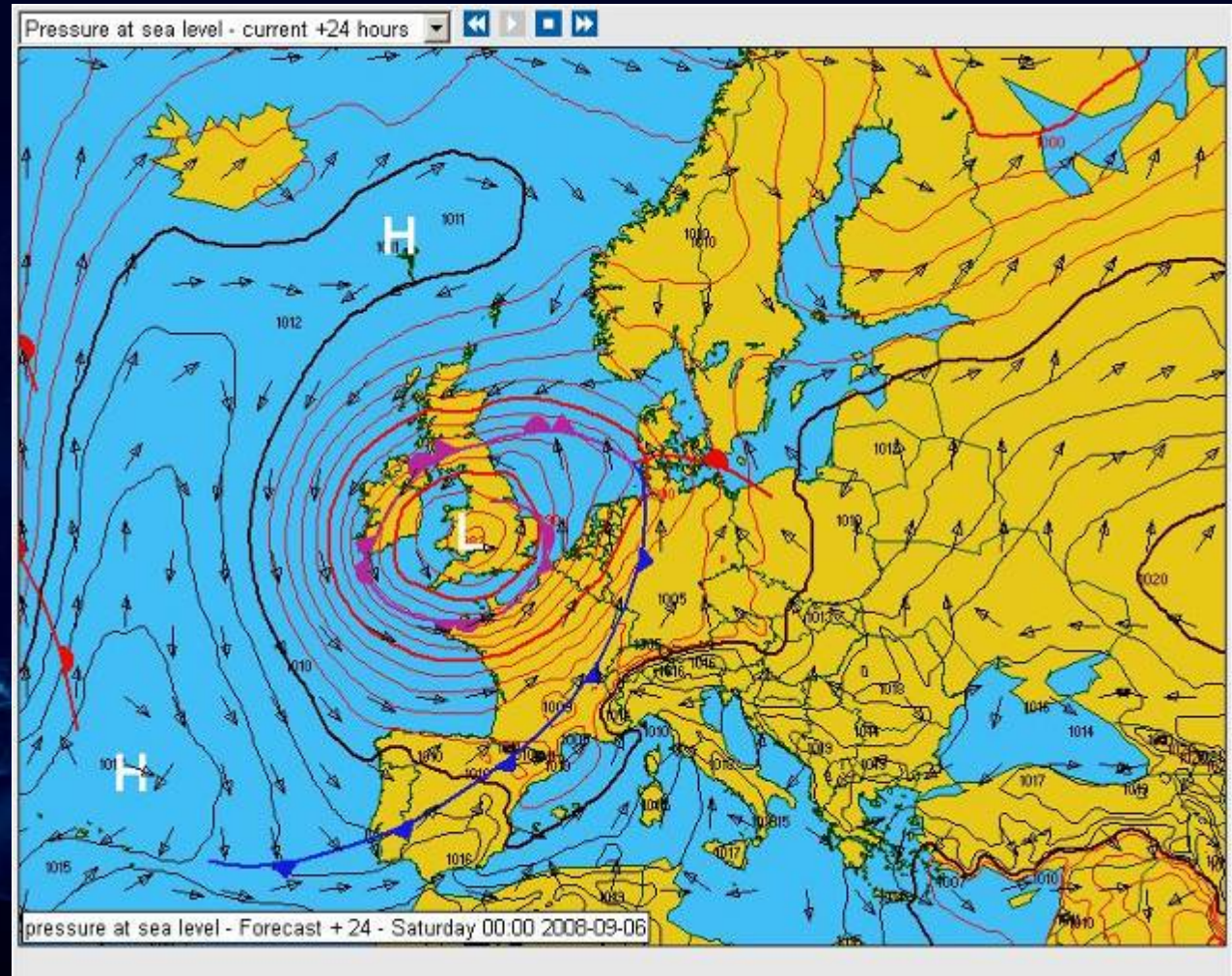
ატმოსფერული წნევა



ატმოსფერული წნევა

ატმოსფერული წნევის ამინდზე დამოკიდებულება

ციკლონი
ანტიციკლონი



ატმოსფერული წნევა

ატმოსფერული წნევის გამზომვა ვერცხლისწყლის სვეტის სიმაღლით:

$$P = \rho g h$$

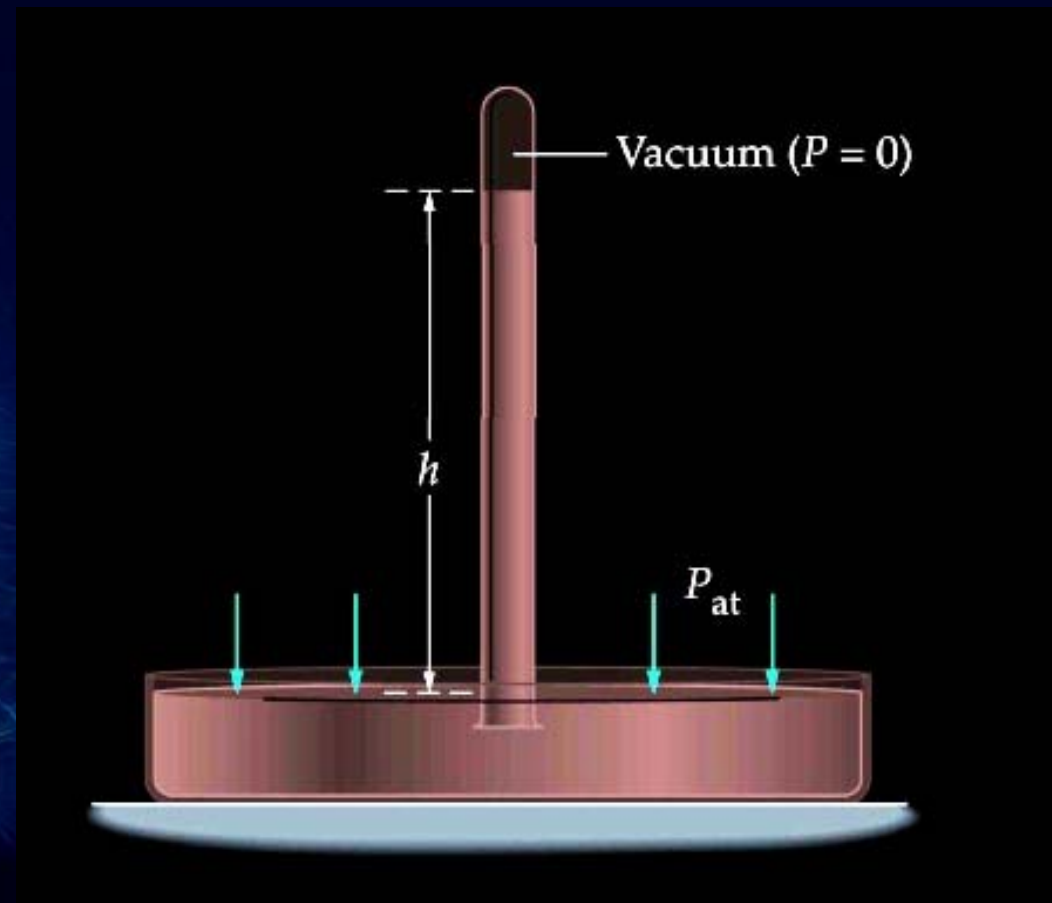
$$P = P_{\text{ატმ}}$$

$$\rho = \rho_{\text{Hg}}$$

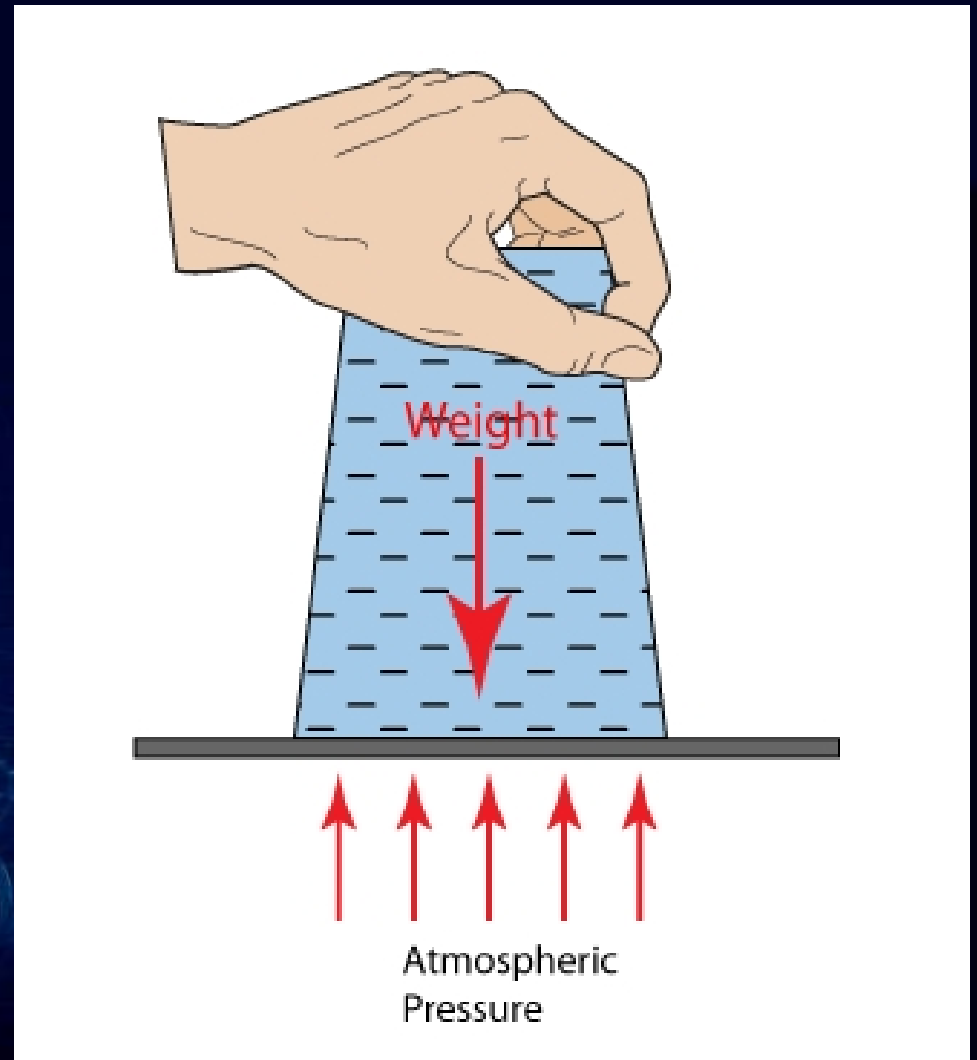
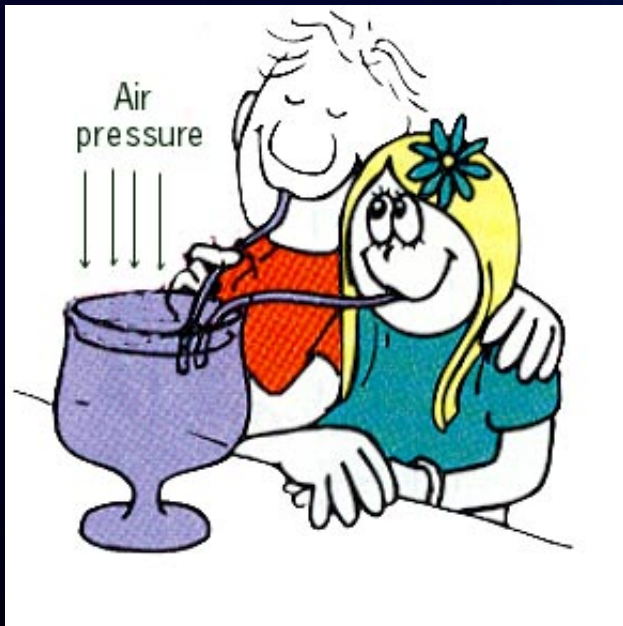
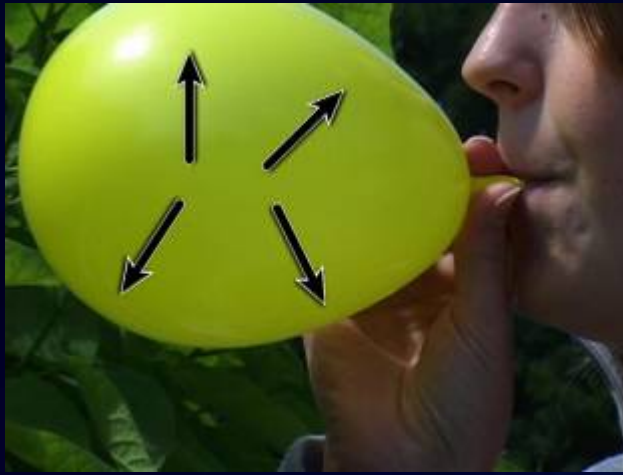
$$h = 760 \text{ მმ}$$

$$\rho = \rho_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$h = 10 \text{ მეტრი}$$



ატმოსფერული წნევა



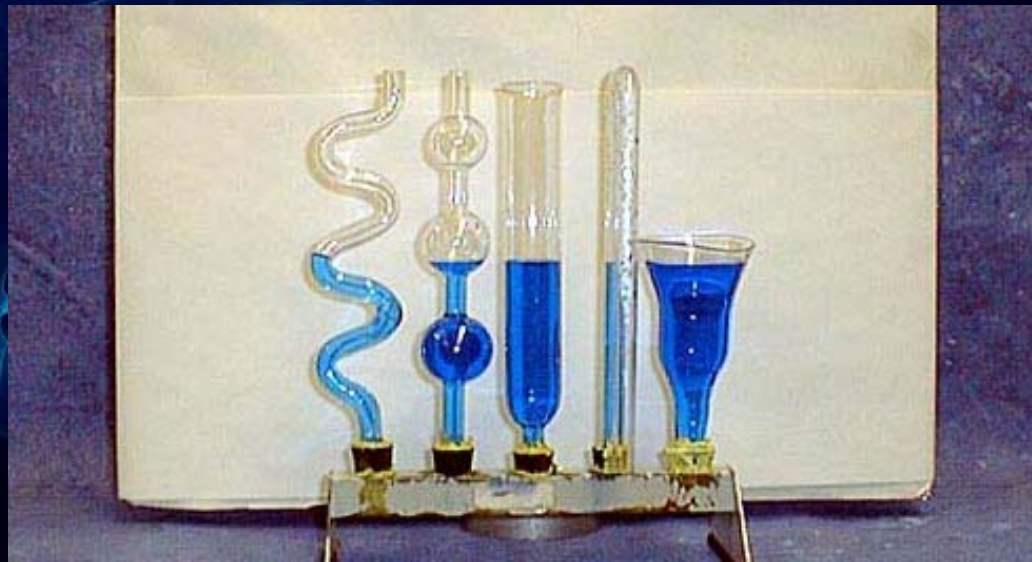
ატმოსფერული წნევა



ჰასკალის 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)



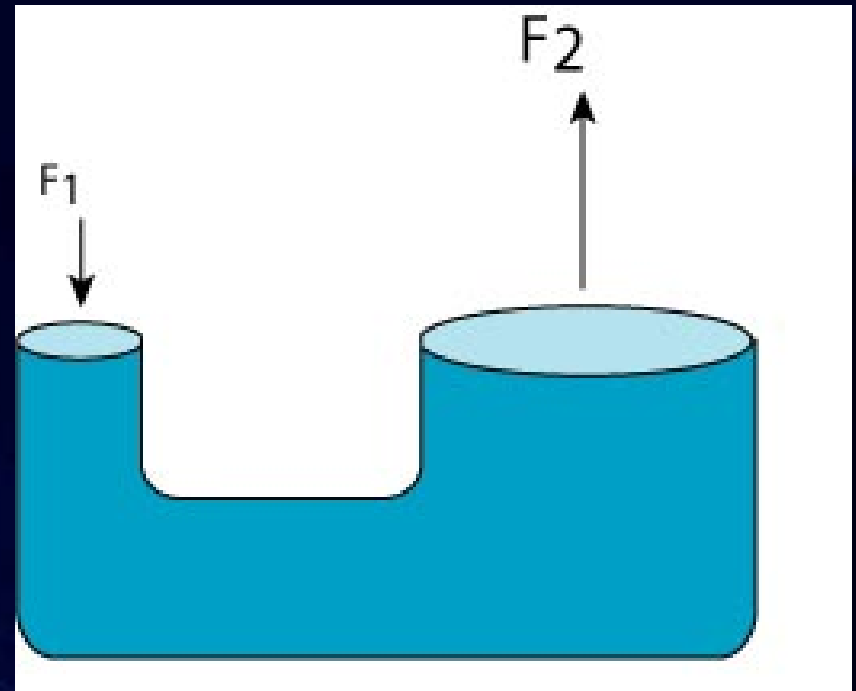
ჰიდრავლიკური დგუში

პასკალის კანონის
რეალიზაცია

$$P_1 = P_2$$

$$F_1 S_1 = F_2 S_2$$

$$F_2 = F_1 S_2/S_1$$



$$S_2 / S_1 > 1$$

$$F_2 > F_1$$

ჰიდრავლიკური დგუში

ნაკლები ფართობის დგუშზე ზეწოლით
შესაძლებელია დიდი ფართობის

დგუშზე მეტი
ძალით

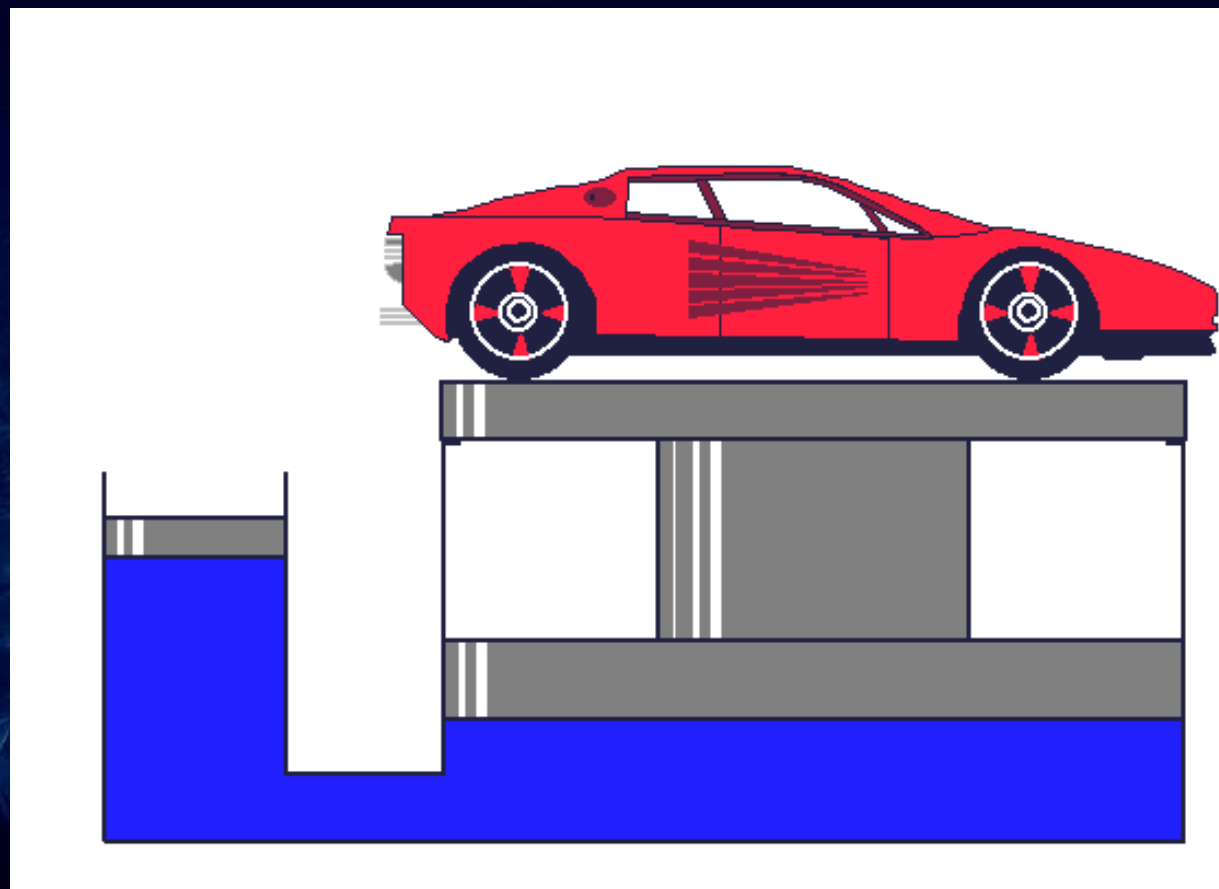
ზემოქმედება

ძალის

გადაცემა

წნევით

(უკუმშვადი სითხე)



არქიმედეს კანონი

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

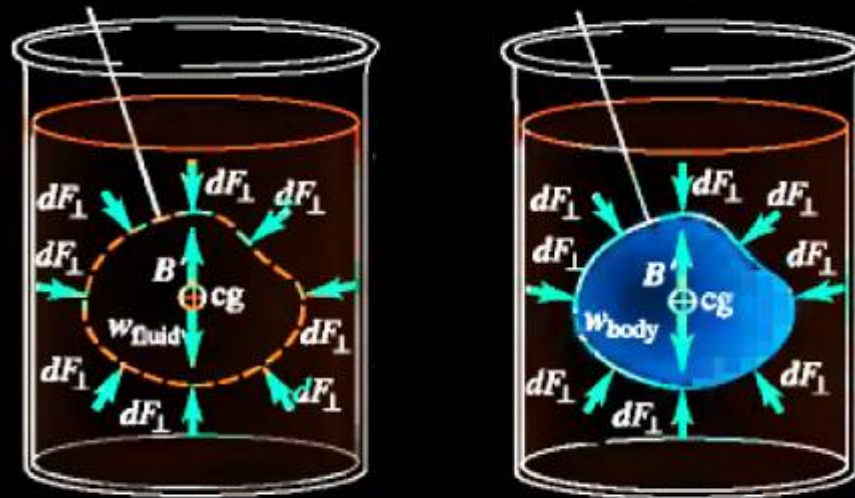
$$F = \rho V g$$

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

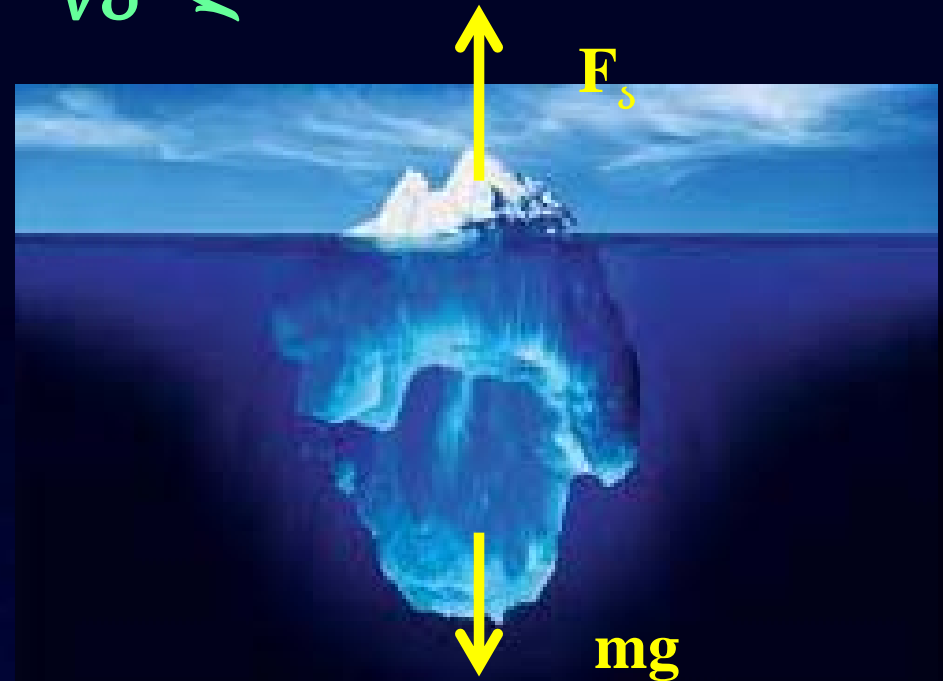
თუკი სხეულის **სიმკვრივე მეტია** წყლის სიმკვრივეზე ამომგდები ძალის და წონის ჯამი მიმართულია ქვევით და სხეული **იძირება**

არქიმედეს კანონი

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



ყინული წყალში



$$F_s = \rho_{\text{წყ}} V g$$

$$F - mg = \rho_{\text{წყ}} V g - m g$$

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

ყინული ტივტივებს

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

V_1 - ჩაძირული მოცულობა

V_0 - სრული მოცულობა/

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

აისბერგის 90% წყალში ჩაძირულია

როგორ ცურავენ გემები?

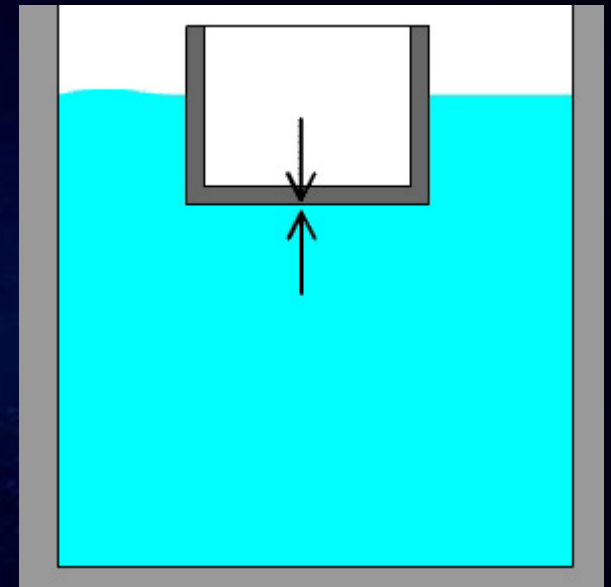
რკინის სიმკვრივე მეტია წყლის სიმკვრივეზე:
რკინა იძირება

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

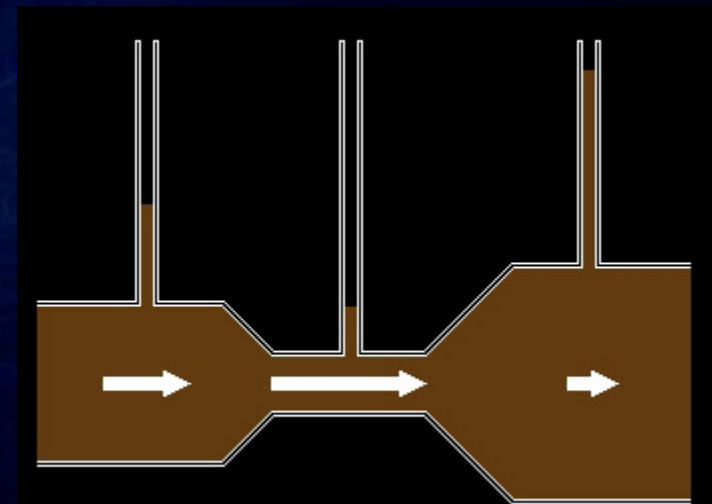


სითხეები მოძრაობაში

სითხეს მოძრაობისას უჩნდება კინეტიკური ენერჯია
წნევას გააჩნია პოტენციური ენერჯია

წნევის პოტენციური ენერჯიისა და სითხის
კინეტიკური ენერჯიების ჯამი ინახება

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

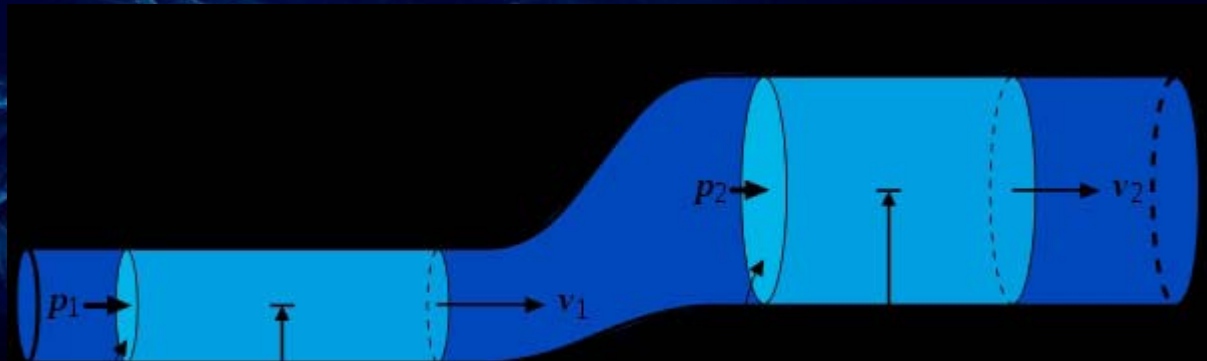


ბერნულის განტოლება

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

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

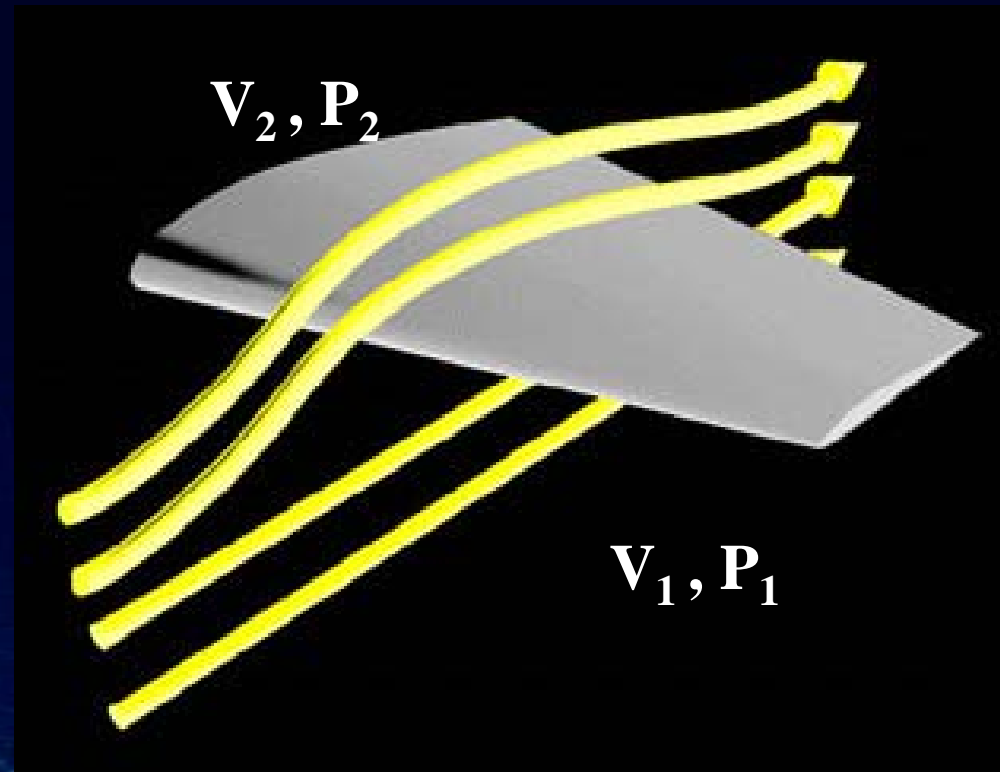
ამწვევი ძალა ფრთაზე:

$$V_2 > V_1$$

$$P_1 < P_2$$

წნევათა ცვლილებით
გამოწვეული ამწვევი
ძალა

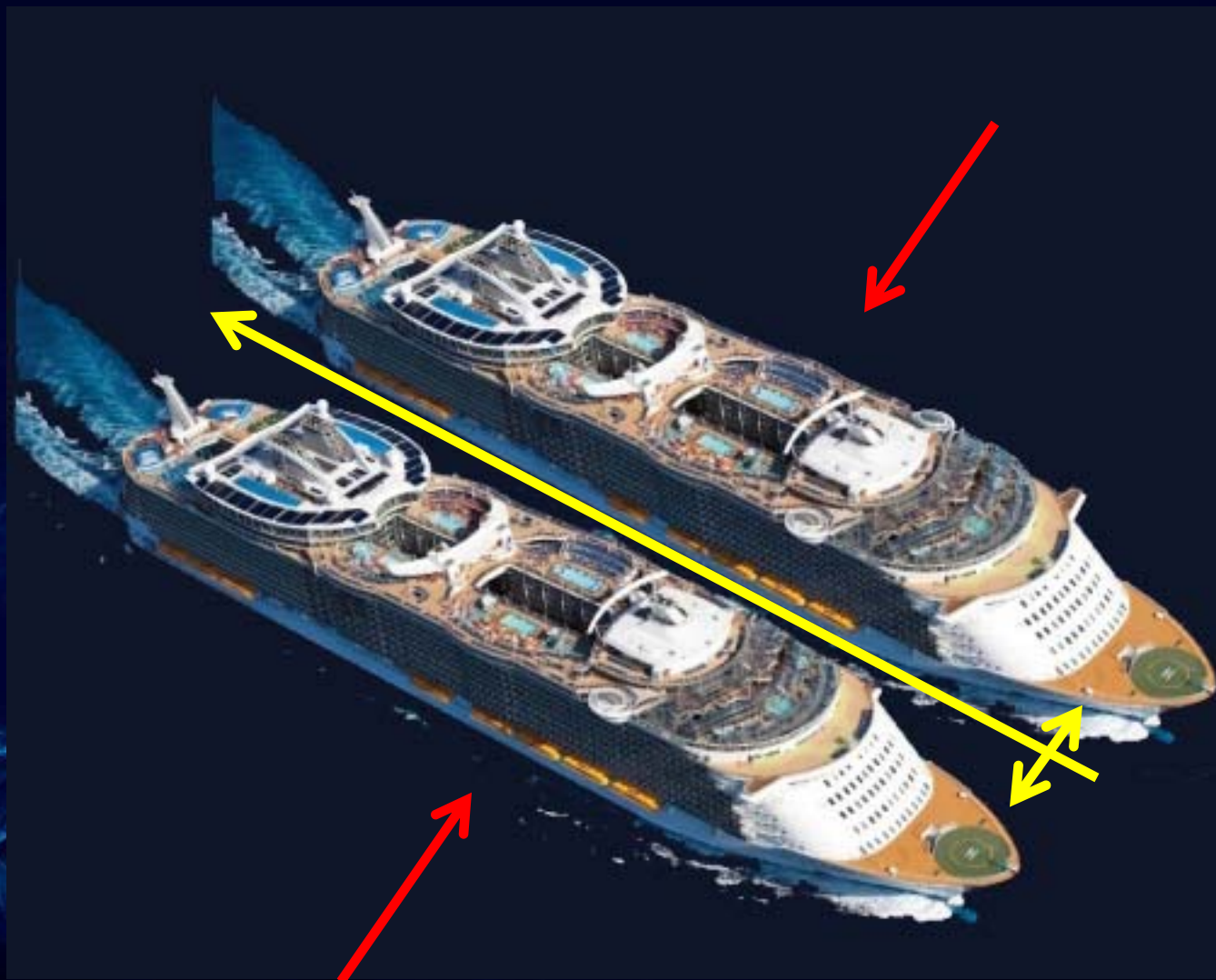
$$F = (P_2 - P_1) S$$



ბერნულის პრინციპის გამოყენება

გემებს შორის
წნევის
შემცირება

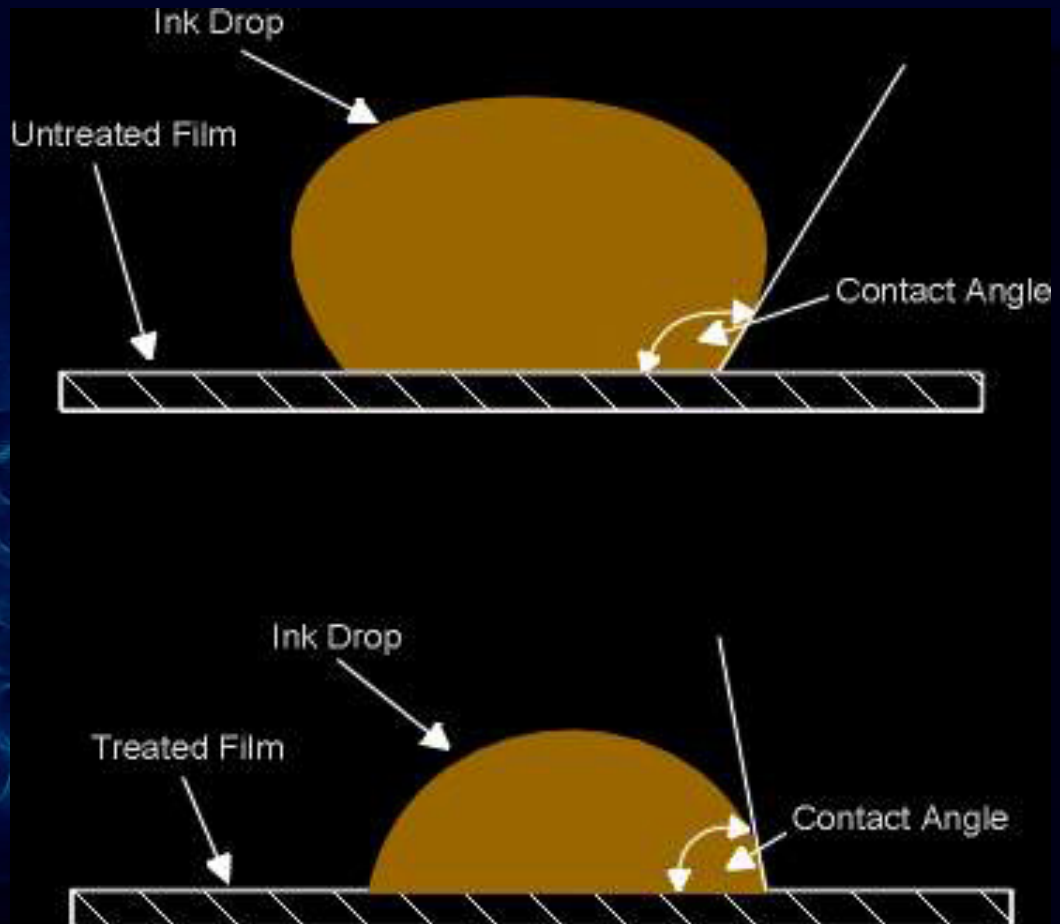
ახლო
მცურავი
გემების
შეჯახების
საშიშროება



ზედაპირული დაჭიმულობა

სითხის მყარ სხეულთან ურთიერთქმედების ტიპები

ზედაპირული
დაჭიმულობა
განსაზღვრავს
კიდეების
სიმრუდის
რადიუსს

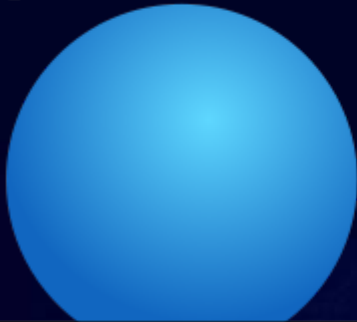


ზედაპირული დაჭიმულობა



სხვადასხვა ზედაპირული დაჭიმულობა

A



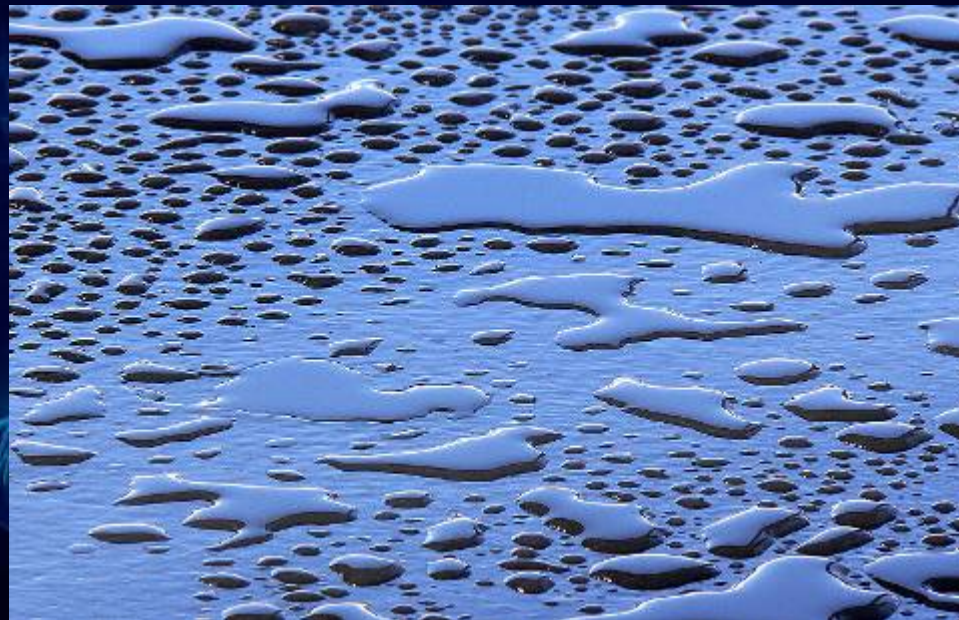
B



C

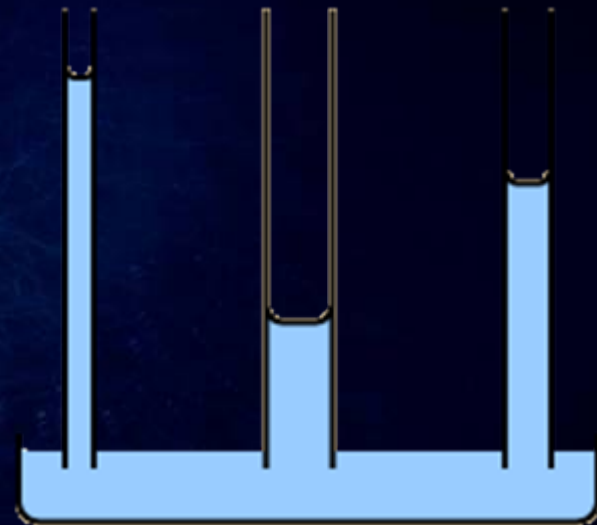
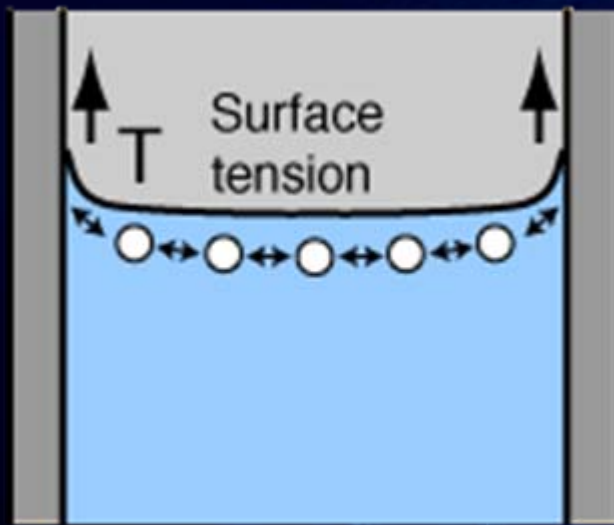


S



კაპილარები

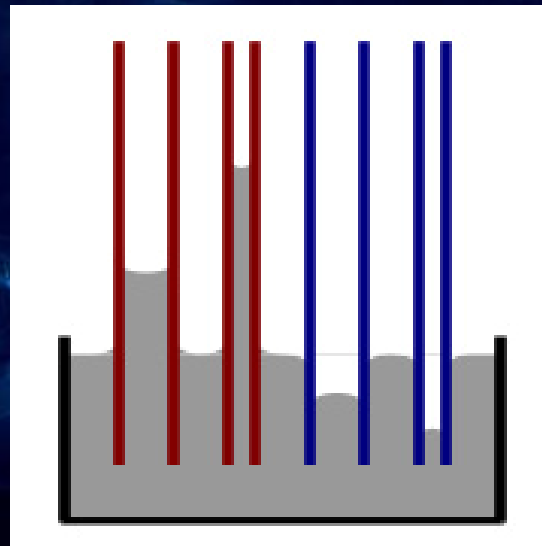
მილი, რომლის რადიუსი მოცემული სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის რადიუსის რიგისაა



კაპილარები

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

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



ჰიდროსტატიკა და ჰიდროდინამიკა

სიმკვრივე და წნევა
წყლის სვეტის წნევა
ატმოსფერული წნევა

პასკალის კანონი
არქიმედეს კანონი

ბერნულის განტოლება
ზედაპირული დაჭიმულობა
კაპილარული ძალები

www.tevza.org/home/course/phys2010

