

# „წყალი პირუკუ“

## ექსპერიმენტის არსი

მარტივი ცდა, რომლის დროს ამოყირავებულ ჭიქიდან წყალი არ იღვრება.

### გამოყენების სფერო/საკვანძო სიტყვები

წნევა, წყალი, ატმოსფერული წნევა, ჰიდროსტატიკური წნევა

## საჭირო მასალა

ჭიქა

წყალი

ქაღალდის ნაჭერი (ან მუყაოს, პლასტმასის და ა.შ. ფირფიტა), რომლის დიამეტრი ოდნავ აღემატება გამოსაყენებელი ჭიქის დიამეტრს.

## განხორციელება

ჭიქას წყლით ვავსებთ. ვახურავთ მას მუყაოს ნაჭერს. გვიჭირავს რა მუყაო ხელით, ამოვაყირავოთ ჭიქა და მუყაოს ხელი გავუშვათ.

## განმარტება

სიმბოლოები, რომლებიც გამოყენებულია ტექსტში:

d – წყლის სიმკვრივე

g – გრავიტაციული აჩქარება

V – წყლის მოცულობა

h – წყლის სვეტის სიმაღლე

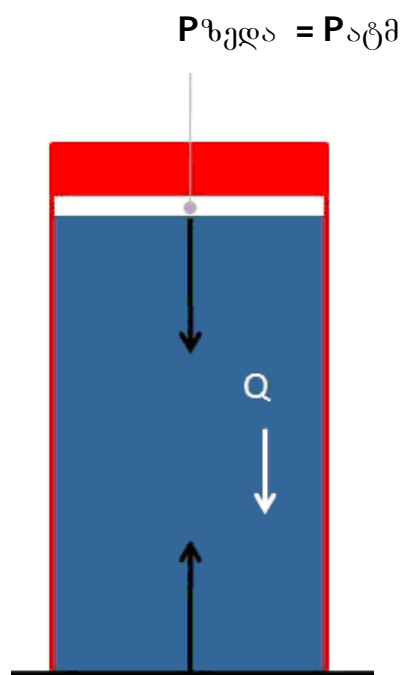
S – ჭიქის პირის დიამეტრი

$m_{\text{წყ}}$  – წყლის მასა

$m$  ფირფ – ფირფიტის მასა

$p_{\text{ატმ.}}$  – ატმოსფერული წნევა

I. წყალი ჭიქაში (შებრუნებული პოზიცია – გაუწონასწორებელი მდგომარეობა)



$P_{\text{ქვედა}} = P_{\text{ატმ.}}$

ძალები, რომლებიც მოქმედებენ “წყალი + ფირფიტაზე“ ზევით:

$$F_{\uparrow} = p_{\text{ქვედა}} \cdot S$$

ძალები, რომლებიც მოქმედებენ “წყალი + ფირფიტაზე“ ქვევით:

$$F_{\downarrow} = (m_{\text{წყ.}} + m_{\text{ფირფ.}}) \cdot g + p_{\text{ატმ.}} \cdot S$$

ჯამური ძალა მიმართული იქნება ქვევით:

$$F_{\uparrow} - F_{\downarrow} = (m_{\text{წყ.}} + m_{\text{ფირფ.}}) \cdot g$$

სისტემაზე “წყალი + ფირფიტა“ მოქმედებს შემდეგი ძალები:

1. ატმოსფერული წნევის ძალა ზევიდან (იმ ჰაერის მხრიდან, რომელიც მოქცეულია ჭიქაში წყლის სვეტის ზევით).
2. ატმოსფერული წნევის ძალა, რომელიც ჭიქის გარე ზედაპირზე ქვევიდან მოქმედებს.
3. გრავიტაციის (მიზიდულობის ძალა, რომელიც წყალს და ფირფიტას ქვევით ექაჩება.

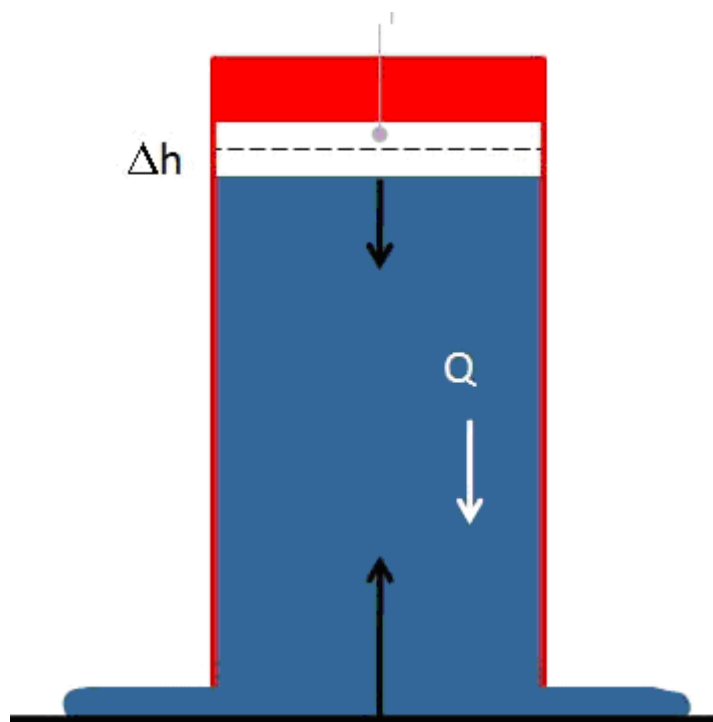
თავდაპირველად, წყლის სვეტის ზევით არსებულ ჰაერს აქვს ატმოსფერული წნევა (იმიტომ რომ იგი ასეთი წნევის მქონე ჰაერისგან არის წარმოქმნილი); აქედან გამომდინარე, ზედა და ქვედა წნევები იდენტურია, მაგრამ მიმართულია ურთიერთსაწინააღმდეგოდ. ამრიგად, ჯამური ძალა, რომელიც მოქმედებს სისტემაზე “წყალი + ფირფიტა”, სინამდვილეში არის უბრალოდ წყლისა და ფირფიტის წონა. ასეთ სიტუაციაში წყალი და ფირფიტა თავისუფალ ვარდნას იწყებს, რაც ხდება მყისიერად. \*წყლისათვის გასაავალი წარმოიქმნება. წყალი ფირფიტაზე იღვრება და იქვე რჩება. წყლის რაოდენობა მცირდება და ამგვარად ჩვენ „გჭიმავთ“ იმ ჰაერის მოცულობას, რომელიც მოქცეულია წყლის სვეტის ზევით. ამის გამო მისი წნევა  $\Delta p$ -Ti მცირდება. წყლის სვეტის სიმაღლე  $\Delta h$  – ით მცირდება. ვინაიდან ზედა წნევა ვარდნას იწყებს, ზედა და ქვედა წნევებს შორის წონასწორობა ირღვევა, რის გამოც წარმოიქმნება ძალა, რომელიც მიმართულია ზევით და რომელიც თითოეული გადმოსული წყლის წვეთის შესაბამისად იზრდება. ეს ზრდა გაგრძელდება იმ დრომდე, ვიდრე ჯამური ძალა, რომელიც მიმართულია ზევით, არ გაუტლოდდება მიზიდულობის ძალას, რომელიც მიმართულია ქვევით. ამ მომენტში წყლის და ფირფიტის ვარდნა შეწყდება.

\*კლასტმასის ფირფიტის გამოყენებისას წყალი ფირფიტაზე იღვრება. ქაღალდის ფურცლის შემთხვევაში წყალი, უბრალოდ, ქაღალდის მიერ

შეიწოდება. ორივე შემთხვევაში იგი გამოდის ჭიქიდან, რისი მიზეზი ჭიქაში მოქცეული ჰაერის წნევაა.

II. წყალი ჭიქაში (შებრუნებული პოზიცია – გაწონასწორებული მდგომარეობა)

$$P_{\text{ზედა}} = P_{\text{ატმ}} - \Delta p$$



$$P_{\text{ქვედა}} = P_{\text{ატმ}}$$

$$F_{\uparrow} = p_{\text{ატმ}} S$$

$$F_{\downarrow} = (m_{\text{წყ.}} + m_{\text{ფირფ.}}) g + (p_{\text{ატმ.}} - \Delta p) S$$

წყალი არ იღვრება, ე.ი. ჯამური ძალა=0:

$$F\uparrow - F\downarrow = 0$$

$$\Delta pS = (m_{\text{წყ.}} + m_{\text{ფირფ.}})g$$

თუ ფირფიტის მასა უმნიშვნელოა, მაშინ:

$$\Delta pS = m_{\text{წყ.}} \cdot g$$

$$\Delta pS = dVg = dShg$$

$$\Delta p = dhg$$

აირის გაფართოება ზედა ნაწილში – იზოთერმული გარდაქმნა:

$$\Delta p = p_{\text{ატმ}} \cdot \frac{\Delta V}{(V + \Delta V)} = p_{\text{ატმ}} \cdot \frac{\Delta h}{(h + \Delta h)}$$

აქედან გამომდინარე :

$$dhg = p_{\text{ატმ}} \cdot \frac{\Delta h}{(h + \Delta h)} \Rightarrow \Delta h = \frac{h^2}{(p_{\text{ატმ}}/dg - h)}$$

წყლისათვის (**h** გამოითვლება სანტიმეტრებში) .

გაწონასწორებულ მდგომარეობაში ჯამური ძალა, რომელიც მოქმედებს სისტემაზე წყალი + ფირფიტა შეადგენს 0-ს. ასეთ დროს, როგორც წყალი, ასევე ფირფიტა არ გადაადგილდება არც ზევით, არც ქვევით. თუკი ამას გამოვსახავთ ძალთა ტოლობით და იდეალური აირის განტოლებით ვისარგებლებთ  $\Delta p$  გამოთვლის მიზნით, შეგვიძლია დავადგინოთ, რომ წყლის სვეტის „თავდაყირა“ შენარჩუნებისთვის საკმარისია, რომ წყლის დონემ ჭიქაში

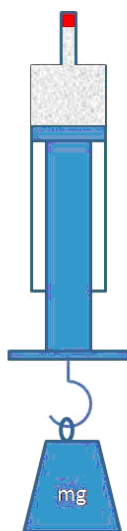
დაიწიოს 1 მმ-ით! თითქოს გაუგებარია, მაგრამ ფორმულები ამას გვიჩვენებს. ეს დაწვევა იმდენად უმნიშვნელოა, რომ ადამიანის თვალი ამას ვერ ამჩნევს, თუმცა საკმარისად ბევრია იმისათვის, რომ უკუღმა („თავდაყირა“) გააჩეროს სითხის 10 სმ-იანი სვეტი. თუკი ჩვენ გვსურს გავიგოთ, თუ სადამდე უნდა დავწიოთ წყლის დონე (რომლის სიმაღლე შეადგენს  $h$ -ს) იმისათვის, რომ ჭიქის გადაბრუნებისას წყალი არ გადმოიღვაროს ჭიქიდან, ვსარგებლობთ ფორმულით (სადაც სიმაღლე გამოითვლება სმ-ში):

$$\Delta h = \frac{h^2}{1000 - h}$$

შეგახსენებთ, რომ სიდიდე 1000 არის იმის შედეგი, რომ ცდაში გამოსაყენებელ სითხედ წყალი ავირჩიეთ. სხვა სითხეებისთვის გვექნებოდა სხვა რიცხვი (ნაკლები – უფრო მეტი სიმკვრივის მქონე სითხეებისთვის).

ანალოგიური ცდა – დაკიდოთ ტვირთი გასავალდახშული შპრიცის დგუშზე.

### დახშული გასავალი



წყლის და ქაღალდის მასა

## ალტერნატიული ვარიანტები

არ არის სავალდებულო, რომ ჭიქა ბოლომდე იყოს სითხით ავსებული.

## გასათვალისწინებელი მომენტები

იმისათვის, რომ ჭიქიდან წყლის გადმოღვრისას რაიმე ღირებული არ დაგასველოთ, ექსპერიმენტის ჩატარება უმჯობესია დიდი ჭურჭლის თავზე.