

ფიზიკა ამოცანებში – სითხეები და აირები

(გაგრძელება)

მკითხველს შევახსენებთ სითხეებსა და აირებთან დაკავშირებულ ძირითად დებულებებს.

წნევა არის სიდიდე, რომელიც ტოლია ზედაპირის ფართობის ერთეულზე მის მართობულად მოქმედი ძალის სიდიდისა. თუ ძალა მოქმედებს წრფის გასწვრივ, რომელიც ზედაპირის მართობთან α კუთხეს ადგენს, წნევა ტოლი იქნება ზედაპირის ფართობის ერთეულზე მოქმედი ძალის ზედაპირისადმი მართობული მდგენელის სიდიდისა. საზოგადოდ, წნევა

$$P = \frac{F \cos \alpha}{S},$$

სადაც F ზედაპირზე მოქმედი ძალაა, ხოლო S - ზედაპირის ფართობი. წნევის ერთეულად მიღებულია ზედაპირის მართობულად მოქმედი 1ნ ძალის მიერ 1მ² ფართობზე წარმოებული წნევა და მას პასკალი ეწოდება. თუ ძალა მოქმედებს ზედაპირის მართობულად, $\alpha = 0$, და

$$P = \frac{F}{S}.$$

წნევა, რომელსაც ქმნის h სიმაღლის სითხის სვეტი ჭურჭლის ფსკერზე, განისაზღვრება სითხის სიმკვრივით (ρ) და ამ სვეტის სიმაღლით:

$$p = \rho gh.$$

სადაც g არის თავისუფალი ვარდნის აჩქარება. ეს ფორმულა იმის მაჩვენებელია, რომ ჰორიზონტალური მიმართულებით სითხის მიერ შექმნილი წნევა ერთი და იგივეა. ამ ფორმულაშიც იგულისხმება, რომ სითხის სვეტი ვერტიკალურია. წინააღმდეგ შემთხვევაში წნევას ჭურჭლის ფსკერზე განსაზღვრავდა სითხის სვეტის სიმაღლის ვერტიკალური მდგენელი.

ჰიდრავლიკური მანქანის მუშაობის პრინციპი ეფუძნება პასკალის კანონს, რომლის თანახმად, სითხის მიერ წარმოებული წნევა ყველა მიმართულებით თანაბრად გადაეცემა. ჰიდრავლიკური მანქანის მცირე ფართობის დგუშზე მცირე ძალის მოქმედებით დიდ დგუშზე შესაძლებელია გაცილებით მეტი ძალის გადაცემა, რაც მძიმე ტვირთების ასწევად გამოიყენება. ჰიდრავლიკური მანქანის დგუშებზე მოქმედი ძალები დგუშების ფართობების პირდაპირპროპორციულია:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}.$$

პასკალის კანონის შედეგი ის არის, რომ ზიარჭურჭელში ჩასხმული ორი სხვადასხვა სითხის სვეტის სიმაღლე ამ სითხეების სიმკვრივის უკუპროპორციულია:

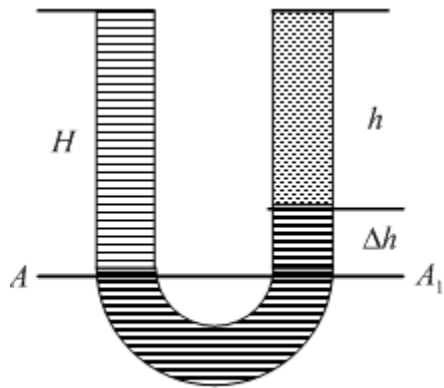
$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}.$$

ატმოსფერული წნევა რიცხობრივად ტოლია 760მმ ვერხლისწყლის სვეტის მიერ წარმოებული წნევისა და უდრის: $p_0 = 1.01325 \cdot 10^5$ პა. ვერხლისწყლის 1მმ სვეტის მიერ წარმოებულ წნევას ეწოდება 1 ტორი. 1ტორი=133.3პა.

არქიმედეს კანონის თანახმად, სითხეში ან აირში ჩადირულ სხეულზე მოქმედი ძალა ტოლია სხეულის მიერ გამოდევნილი სითხის ან აირის მოცულობისა:

$$F = \rho g V,$$

სადაც ρ არის სითხის/აირის სიმკვრივე, g - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, ხოლო V - სხეულის მიერ გამოდევნილი სითხის/აირის მოცულობა.



ნახ. 1

ზიარჭურჭელი: U -ს მაგვარ მილში ჩასხმულია ვერცხლისწყალი. მილის მარცხენა მუხლი პირამდე აავსეს წყლით, ხოლო მარჯვენა - ზეთით. იპოვეთ ვერცხლისწყლის დონეთა სხვაობა მუხლებში, თუ წყლის სვეტის სიმაღლეა $H = 15$ სმ, წყლის სიმკვრივე $\rho_1 = 1000$ კგ/მ³, ზეთის სიმკვრივე $\rho_2 = 800$ კგ/მ³, ხოლო ვერცხლისწყლის სიმკვრივე $\rho_3 = 13600$ კგ/მ³.

ასეთი ამოცანების ამოხსნის დროს, უპირველესად, უნდა გვახსოვდეს, რომ სითხეში ერთსა და იმავე დონეზე წნევა ყველგან ერთნაირია. ამოცანის პირობიდან გამომდინარე, უნდა ავირჩიოთ ნულოვანი დონე, საიდანაც ავითვლით

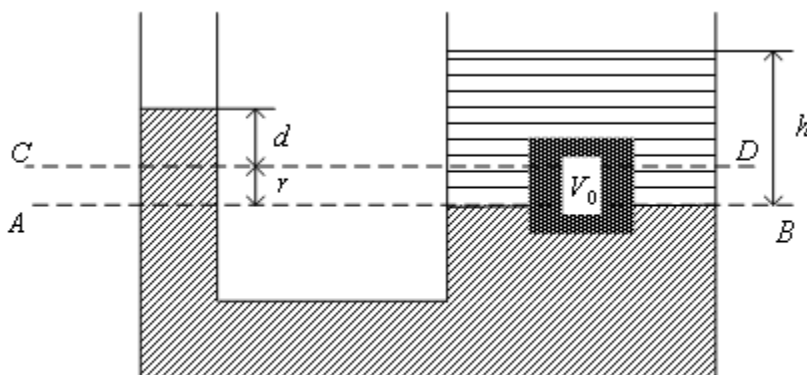
სითხის სვეტის სიმაღლეს. ორი სხვადასხვა სითხის შემთხვევაში, ბუნებრივია, ასეთ დონედ ავირჩიოთ ამ სითხეების გამყოფი საზღვარი. თუ შერეულია სამი განსხვავებული სითხე, მაშინ ნულოვან დონედ უნდა ავირჩიოთ სითხეების გამყოფი უდაბლესი საზღვარი. ვინაიდან წყლის სიმკვრივე მეტია ზეთისაზე, ვერცხლისწყლის დონე მარცხენა მუხლში დაიწევს, ხოლო მარჯვენაში, პირიქით, აიწევს (იხ. ნახ. 1). ავირჩიოთ ნულოვან დონედ წყლისა და ვერცხლისწყლის გამყოფი საზღვარი AA_1 . ნახაზიდან ჩანს, რომ $H = h + \Delta h$. არჩეულ დონეზე ორივე მუხლში ერთი და იგივე წნევა გვექნება. მარცხენა მუხლში ამ დონეზე წნევას ქმნის წყლის სვეტი, ხოლო მარჯვენაში - ვერცხლისწყალი და ზეთი. ამიტომ

$$\rho_1 g H = \rho_2 g h + \rho_3 g \Delta h,$$

საიდანაც მივიღებთ:

$$\Delta h = \frac{(\rho_1 - \rho_2) H}{\rho_3 - \rho_2} = 0.23 \text{ სმ.}$$

სხეული ზიარჭურჭელში: სხვადასხვა დიამეტრის მქონე ორ ვერტიკალურ ცილინდრულ ზიარჭურჭელში ჩასხმულია ვერცხლისწყალი (სიმკვრივე ρ_1). განიერ მუხლში ჩაუშვებს კუბის ფორმის მქონე V_0 მოცულობის რკინის სხეული (სიმკვრივე ρ_0), რის გამოც ვერცხლისწყლის დონემ ორივე მუხლში აიწია. შემდეგ იმავე მუხლში ჩაასხეს იმდენი წყალი (სიმკვრივე ρ_2), რომ ვერცხლისწყლის დონემ განიერ მუხლში დაიწია საწყის ნიშნულამდე. განსაზღვრეთ წყლის სვეტის სიმაღლე, თუ ვიწრო მუხლის განივკვეთის ფართობია S_1 (ნახ. 3).



ნახ. 3

სხეულის ჩაშვებამდე მუხლებში ვერცხლისწყალი AB დონეზეა. კუბის ჩაშვების შემდეგ არქიმედეს კანონის გამო ვერცხლისწყალი ორივე მუხლში r მანძილით აიწევს და ერთ CD დონეზე გაჩერდება. ამის შემდეგ მარჯვენა მუხლში წყლის

ჩასხმა გამოიწვევს მარჯვენა მუხლში ვერცხლისწყლის დონის AB ნიშნულზე დაბრუნებას, მარცხენაში კი, პირიქით, ვერცხლისწყლის დონე CD დონიდან აიწევს d მანძილით. წყლის სვეტის h სიმაღლის საპოვნელად გამოვიყენოთ ორივე მუხლში წნევების ტოლობის პირობა AB დონეზე :

$$\rho_1 g(d+r) = \rho_2 g h.$$

ამავე დროს ორივე მუხლში ვერცხლისწყლის მოცულობის ნამატი მარჯვენა მუხლში კუბის ჩაშვების შემდეგ ერთი და იგივეა:

$$(d+r)S_1 = V_2,$$

სადაც V_2 არის კუბის ვერცხლისწყალში ჩადირული ნაწილი (კუბი ნაწილობრივ ჩაიდირება, რადგან მისი სიმკვრივე ვერცხლისწყლისაზე ნაკლებია). ამ ორი განტოლებიდან თუ გამოვრიცხავთ $d+r$, მივიღებთ:

$$h = \frac{\rho_1}{\rho_2 S_1} V_2. \quad (1)$$

V_2 მოცულობის გამოსათვლელად დაგვჭირდება არქიმედეს კანონის გამოყენება. აქ ორი შემთხვევა უნდა განვიხილოთ: ა) კუბი მთლიანად დაიფარება წყლით; ბ) კუბი წყლით ნაწილობრივ დაიფარება. განვიხილოთ ა შემთხვევა. არქიმედეს კანონის თანახმად:

$$\rho_0 g V_0 = \rho_1 g V_2 + \rho_2 g (V_0 - V_2).$$

აქედან გამოვთვალოთ V_2 და ჩავსვათ h გამოსათვლელ ფორმულაში. მივიღებთ:

$$h = \frac{\rho_1(\rho_0 - \rho_2)}{\rho_2(\rho_1 - \rho_2)} \frac{V_0}{S_1}. \quad (2)$$

გავანალიზოთ ეს შედეგი. უპირველესად, შევნიშნოთ, რომ კუბის წიბოს სიგრძეა $V_0^{1/3}$. h სიმაღლის მინიმალური მნიშვნელობა იქნება

$$h_{min} = \frac{V_0 - V_2}{V_0^{2/3}}.$$

ეს მოხდება მაშინ, თუ ვიწრო მუხლის განივკვეთის ფართობი აკმაყოფილებს პირობას:

$$S_1 = \frac{\rho_1(\rho_0 - \rho_2)}{\rho_2(\rho_1 - \rho_0)} V_0^{2/3}. \quad (3)$$

რადგან $h \geq h_{min}$ ამ ამოხსნას აზრი ექნება, თუ

$$S_1 \leq \frac{\rho_1(\rho_0 - \rho_2)}{\rho_2(\rho_1 - \rho_0)} V_0^{2/3}. \quad (4)$$

განვიხილოთ ბ შემთხვევა. არქიმედეს კანონს ამ შემთხვევაში ექნება შემდეგი სახე:

$$\rho_0 g V_0 = \rho_1 g V_2 + \rho_2 g h V_0^{2/3}. \quad (5)$$

აქ V_2 კვლავ კუბის ვერცხლისწყალში ჩადირული მოცულობაა და, ცხადია, იგი განსხვავებულია წინა შემთხვევაში გამოთვლილი შესაბამისი მოცულობისგან. თუმცა (1) ფორმულა ამ შემთხვევაშიც სამართლიანია. თუ (1) და (5) განტოლებებიდან გამოვრიცხავთ V_2 მოცულობას, მარტივი გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ:

$$h = \frac{\rho_0 V_0}{\rho_2 (S_1 + V_0^{2/3})}. \quad (6)$$

აქ h მაქსიმალური მნიშვნელობა

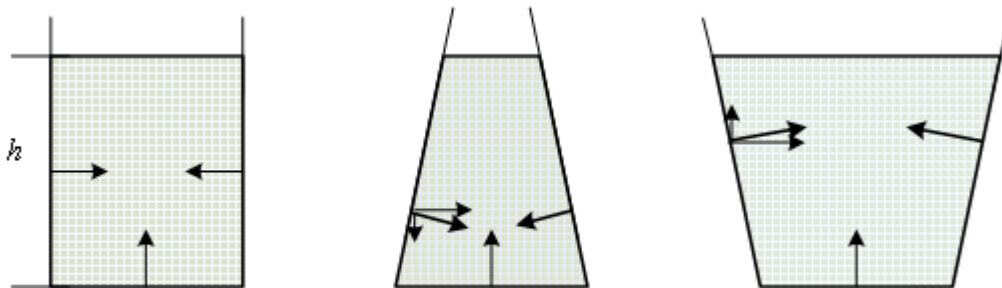
$$h_{max} = \frac{V_0 - V_2}{V_0^{2/3}}.$$

ცხადია, ეს მაქსიმალური მნიშვნელობა მიიღწევა კვლავ S_1 -ის (3) ტოლობით განსაზღვრული მნიშვნელობისთვის. რადგან $h \geq h_{max}$, (5) ამოხსნას აზრი ექნება, თუ

$$S_1 \geq \frac{\rho_1(\rho_0 - \rho_2)}{\rho_2(\rho_1 - \rho_0)} V_0^{2/3}. (7)$$

ჰიდროსტატიკური პარადოქსი: წაკვეთილი კონუსის ფორმის მქონე ჭურჭელი მოცილებადი ფსკერით ჩაშვებულია წყალში. თუ ჭურჭელში ჩაასხამენ 0.5კგ წყალს, ხუფი მოსცილდება ჭურჭელს. მოსცილდება თუ არა ხუფი ჭურჭელს, თუ მასში ა) ჩავდებთ 0.5 კგ მასის საწონს? ბ) ჩავასხამთ 0.5 კგ ზეთს? გ) ჩავასხამთ 200 გ ვერცხლისწყალს?

ვიდრე ამ ამოცანის კითხვებს ვუპასუხებდეთ, განვიხილოთ ე.წ. **ჰიდროსტატიკური პარადოქსი:** გავიხსენოთ, რომ ჭურჭლის ფსკერზე წნევა იქმნება სითხეზე სიმძიმის ძალის მოქმედების გამო. ცნობილია, რომ ერთი და იმავე ფართობის ფსკერის მქონე ჭურჭელში მოცემული სითხის ერთი და იმავე სიმაღლის სვეტი ქმნის ერთსა და იმავე წნევას, განურჩევლად ჭურჭლის ფორმისა. განვიხილოთ ცილინდრული ფორმისა და წაკვეთილი კონუსის ფორმის (ზევიდან ქვევით ფართოვდება ან ვიწროვდება) ჭურჭელი. ამ ჭურჭლის მოცულობა სხვადასხვაა. თუ მასში ჩავასხამთ ერთსა და იმავე სითხეს ისე, რომ სითხის სვეტის სიმაღლე სამივე შემთხვევაში ერთნაირი იყოს, მაშინ ჭურჭლის ფსკერზე შექმნილი წნევაც ერთი და იგივე იქნება. მეორე მხრივ, ჭურჭლის მოცულობათა განსხვავების გამო სითხეზე მოქმედი სიმძიმის ძალები სამივე შემთხვევაში სხვადასხვა იქნება. აქედან გამომდინარეობს, რომ ფსკერზე მოქმედი წნევის ძალებიც განსხვავებული უნდა იყოს. ეს კი ეწინააღმდეგება ფსკერზე წნევების ტოლობას. სწორედ ამაში მდგომარეობს **ჰიდროსტატიკური პარადოქსი**. თუ ყურადღებით გავაანალიზებთ სითხეზე მოქმედ ძალებს და, სახელდობრ, გავითვალისწინებთ ჭურჭლის კედლების მხრიდან მოქმედ რეაქციის ძალებს, დავრწმუნდებით, რომ პარადოქსი არ არსებობს.



ნახ. 2

მე-2 ნახატზე ნაჩვენებია სითხეზე მოქმედი რეაქციის ძალები ჭურჭლის ფსკერისა და კედლების მხრივ. ცილინდრულ ჭურჭელში კედლის მხრივ მოქმედი რეაქციის ძალები აწონასწორებენ ერთმანეთს და, მაშასადამე, წნევის ძალა რიცხობრივად ტოლია ფსკერის მხრივ მოქმედი რეაქციის ძალისა, რომელიც, თავის მხრივ, უტოლდება სითხეზე მოქმედი სიმძიმის ძალის სიდიდეს. კონუსის ფორმის ჭურჭელში კედლის მხრივ მოქმედ რეაქციის ძალებს აქვთ როგორც ჰორიზონტალური, ასე ვერტიკალური მდგენელები. მათი ტოლქმედის ჰორიზონტალური მდგენელი ნულის ტოლია (სიმძიმის ძალის ჰორიზონტალური მდგენელი უდრის ნულს), ამიტომ ძალების ვერტიკალური მდგენელებისთვის სითხის წონასწორობის პირობა ასე ჩაიწერება (საკოორდინატო ღერძი მივმართოთ ვერტიკალურად ზევით):

$$N - mg + R_y = 0,$$

სადაც N არის ფსკერის რეაქციის ძალის სიდიდე, R_y - კედლის რეაქციის ძალების ტოლქმედის ვერტიკალური მდგენელი, ხოლო m - სითხის მასა. ჩვენ გვაინტერესებს ფსკერის რეაქციის ძალა:

$$N = mg - R_y.$$

ნახაზიდან ჩანს, რომ კონუსისთვის, რომელიც ვიწროვდება ქვევიდან ზევით, $R_y < 0$, რაც იმას მოასწავებს, რომ რეაქციის ძალა (შესაბამისად, სითხის წნევის ძალა ფსკერზე) სითხეზე მოქმედი სიმძიმის ძალაზე მეტია. თუ ჭურჭელი ქვევიდან ზევით იშლება, მაშინ $R_y > 0$, ამიტომ რეაქციის ძალის სიდიდე იმავე სიმძიმის ძალისაზე ნაკლებია. ცილინდრული ჭურჭლისთვის $R_y = 0$. შევნიშნოთ, რომ წნევის ძალასა და სიმძიმის ძალას შორის სხვაობა რიცხობრივად უტოლდება კონუსურ ჭურჭელსა და ცილინდრულ ჭურჭელში ჩასხმულ სითხეზე მოქმედი სიმძიმის ძალებს შორის სხვაობას.

ახლა შევეცადოთ, პასუხი გავცეთ ამოცანაში დასმულ კითხვებს. პირობის თანახმად, ცილინდრულ ჭურჭელში 0.5 კგ წყლის ჩასხმისას ფსკერი მოსწყდება ჭურჭელს. კონუსში, რომელიც ქვემოდან ზემოთ ვიწროვდება, ფსკერზე წნევის ძალა მეტია 0.5 კგ მასის სითხეზე მოქმედ სიმძიმის ძალაზე, ამიტომ თუ ჭურჭელში წყლის მაგივრად ჩავდებთ 0.5კგ მასის საწონს, ფსკერი ვერ მოსწყდება ჭურჭელს, რადგან ამ დროს სითხის მხრივ ხუფზე მოქმედი წნევის ძალა მეტია 0.5 კგ-ზე (კედლის მხრივ მოქმედი რეაქციის ძალა არ გვაქვს). იგივე მოხდება, თუ ჭურჭელში ჩავასხამთ 0.5 კგ ვერცხლისწყალს. მისი სვეტის სიმაღლე წყლის სვეტის სიმაღლეზე ნაკლები იქნება, ამიტომ საშუალო ძალა, რომლითაც ვერცხლისწყალი აწევს ჭურჭლის კედელს (ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად, სიდიდით ჭურჭლის კედლის რეაქციის ძალის ტოლი), ამ შემთხვევაში მეტი იქნება, ვიდრე წყლის შემთხვევაში, ხოლო ფსკერზე მოქმედი წნევის ძალა, შესაბამისად, ნაკლები. თუ ჩავასხამთ 0.5 კგ ზეთს, მაშინ ფსკერი მოსწყდება ჭურჭელს. ზეთის სვეტის სიმაღლე მეტი იქნება ჭურჭელში ჩასხმული იმავე რაოდენობის წყლის სვეტის სიმაღლეზე. ჭურჭლის კედლის რეაქციის ძალა წყლის შემთხვევასთან შედარებით გაიზრდება და, შესაბამისად, ფსკერზე წნევის ძალა გადააჭარბებს წყლისთვის ამ ძალის იმ მნიშვნელობას, როდესაც ფსკერი ჭურჭელს მოსწყდება. თუ ავიღებთ ქვევიდან ზევით გაფართოებულ ჭურჭელს, სურათი საპირისპირო იქნება - ზეთის შემთხვევაში ფსკერი არ მოსწყდება ჭურჭელს, ხოლო საწონისა და ვერცხლისწყლის შემთხვევაში - კი.

ჰიდრავლიკური მანქანა: $m = 2000$ კგ ტვირთი ჰიდრავლიკური მანქანის მეშვეობით ასწიეს. გაიგეთ, რამდენჯერ მეტია დიდი დგუმის ზედაპირის ფართობი პატარა დგუმისაზე, თუ ტვირთის ასაწევად შესრულდა $A = 500$ ჯ მუშაობა. პატარა დგუმმა შეასრულა $n = 10$ სვლა და ყოველ სვლაზე გადაადგილება შეადგენდა $h = 10$ სმ-ს. მანქანის მარგი ქმედების კოეფიციენტი $k = 80\%$.

ჰიდრავლიკური მანქანის ზემოთ მოყვანილი ფორმულა არ ითვალისწინებს ხახუნზე დანაკარგს. თუ ხახუნი არსებობს, მაშინ ფორმულა სახეს შეიცვლის. ვთქვათ მცირე დგუმის ფართობია S_1 , ხოლო დიდი დგუმისა - S_2 . თუ მცირე დგუმზე ვიმოქმედებთ F_1 ძალით მაშინ მის მიერ შესრულებული მუშაობა იქნება

$$A = F_1 n h. (1)$$

აღვნიშნოთ დიდი დგუმის გადაადგილება ერთ სვლაზე H - ით. თუ დიდ დგუმზე მოქმედი ძალაა F_2 , მაშინ ამ დგუმის მიერ შესრულებული მუშაობა იქნება

$$F_2 nH = kA = kF_1 nh. (2)$$

ამავე დროს, შეგვიძლია დავწეროთ:

$$S_1 h = S_2 H. (3)$$

(2) და (3) ფორმულების გაერთიანებით მივიღებთ შემდეგ ტოლობას:

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{F_2}{kF_1}.$$

ჩვენს ამოცანაში $F_2 = mg$. (1)-დან შეიძლება განვსაზღვროთ F_1 . საბოლოოდ საძიებელი სიდიდისთვის მივიღებთ:

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{mgnh}{kA} \approx 500.$$

ყინული წყლის ზედაპირზე: S ფუძის ფართობის მქონე წყლიან ჭურჭელში ჩაშვებულია ყინულის ნაჭერი, რომელშიც ა) ჩაყინულია m ტყვიის ბურთულა; ბ) ჩაყინულია იმავე მასის ხის ნაჭერი; გ) ყინულის შიგნით მოთავსებული ჰაერის ბუშტი; გაიგეთ, როგორ შეიცვლება წყლის დონე ჭურჭელში სამივე შემთხვევაში, თუ ყინული მთლიანად გადნება. წყლის სიმკვრივეა ρ_0 , ხოლო ყინულში მოთავსებული ნივთიერებისა - ρ .

თავდაპირველად გავარკვიოთ, თვისებრივად რა მოხდება ყინულის გადნობის შემდეგ. ვთქვათ, გვაქვს ყინულის ნაჭერი მასში მოთავსებული სხეულის გარეშე. ყინულის ნაჭერი ნაწილობრივ არის ჩადირული წყალში. ჩადირულ ნაწილს უკავია ზუსტად ყინულის მიერ გამოდევნილი სითხის ტოლი მოცულობა და ამ უკანასკნელის მასა ყინულის მასის ტოლია. ყინულის გადნობის შემდეგ ეს მასა დაიკავებს გამოდევნილი სითხის მოცულობის ტოლ მოცულობას და ამის გამო წყლის დონე არ შეიცვლება.

თუ ყინულში მოთავსებულია რაიმე ნივთიერება, მაშინ ყინულის ჩადირული ნაწილის მოცულობა მეტი იქნება, ვიდრე ტყვიისა მის გარეშე (ნივთიერების მასის გამო). გამოდევნილი წყლის მასა გაუტოლდება ყინულისა და ნივთიერების მასათა ჯამს. ყინულის მთლიანად გადნობის შემდეგ ტყვია ჩაიძირება, ხოლო ჭურჭელში წყალს დაემატება წყალი, რომლის მოცულობა ტოლი იქნება ნივთიერებისა და წყლად გადაქცეული ყინულის მოცულობათა ჯამისა. ეს უკანასკნელი ტყვიის შემთხვევაში ნაკლებია, ვიდრე გამოდევნილი წყლის მოცულობა. ამიტომ სითხის დონე ჭურჭელში დაიწევს. ხის ნაჭერი არ ჩაიძირება, იტივტივებს წყლის ზედაპირზე. გამდნარი ყინულისა და ხის ნაჭრის ჯამური მოცულობა გამოდევნილი წყლის მოცულობაზე მეტი იქნება და წყლის დონე მოიმატებს. ჰაერის ბუშტის შემთხვევაში ჰაერის მასა იმდენად უმნიშვნელოა, რომ წყლის დონე პრაქტიკულად არ შეიცვლება. იმავე შედეგს მივიღებთ, თუ ჩავატარებთ რაოდენობრივ ანალიზს შემდეგი მოსაზრებით: ჭურჭლის ფსკერზე წნევა გამოწვეულია სითხის, ყინულის და მასში ჩაყინული სხეულის/ჰაერის მასით:

$$F = m_1 g + m_2 g + m g = PS. (1)$$

აქ F არის წნევის ძალა სითხის ფსკერზე, m_1 , m_2 - სითხისა და ყინულის მასები, P - სითხის წნევა (რომლის სიდიდე დამოკიდებულია მხოლოდ სითხის სვეტის სიმაღლეზე). ყინულის მთლიანად გადნობის შემთხვევაში სითხის წნევის ძალა კვლავ (1) ფორმულაში შემავალი სიდიდეებით განისაზღვრება, ე.ი. არც წნევის ძალა და არც წნევა ჭურჭლის ფსკერზე არ შეიცვლება. განსხვავება ის არის, რომ ტყვიის ბურთულა უშუალოდ შექმნის წნევას ჭურჭლის ფსკერზე, ხის ნაჭერი კი - არა (ის იტივტივებს), ამიტომ თვით სითხის მიერ წარმოებული წნევა P სიდიდისგან განსხვავებული იქნება, ეს კი ნიშნავს, რომ სითხის დონე უნდა შეიცვალოს. ყინულის გადნობის შემდეგ ფსკერზე წნევის ძალა იქნება

$$F = \rho_0 g(h + \Delta h)s + mg - F_s = \rho_0 g(h + \Delta h)S + mg - \rho_0 g \frac{m}{\rho} \quad (2)$$

სადაც Δh არის სითხის დონის ცვლილება ყინულის მთლიანად გადნობის შემდეგ (რომელიც დადებითი შეიძლება იყოს და უარყოფითიც). მეორე მხრივ, იგივე წნევის ძალა $F = \rho_0 g h$, რომლის გათვალისწინებით (2) ფორმულიდან მივიღებთ:

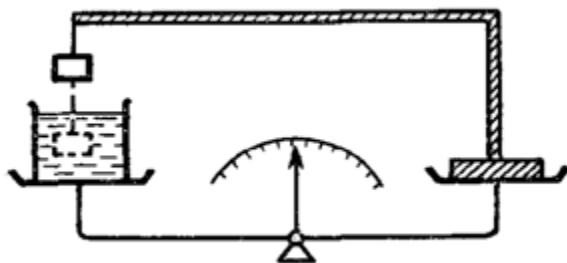
$$\Delta h = \frac{(\rho_0 - \rho)m}{\rho \rho_0 S} \quad (3)$$

როგორც ვხედავთ, ტყვიის ბურთულის შემთხვევაში $\Delta h < 0$, რაც იმას ნიშნავს, რომ სითხის დონე დაიწევს. ხის ნაჭრის შემთხვევაში $\Delta h > 0$, ანუ სითხის დონე აიწევს იმავე სიდიდით. თუ ყინულის შუაში ჰაერის ბუშტი იქნება, (3)-ის მრიცხველი იმდენად მცირე სიდიდეა (მასის სიმცირის გამო), რომ შეიძლება, პრაქტიკულად ნულის ტოლად ჩავთვალოთ, ამდენად, სითხის დონე არ შეიცვლება. თუ ეს სივრცე ამოვსებულია ყინულით, მაშინ (3) ტოლობის მრიცხველი ნულის ტოლია და წყლის დონე არ შეიცვლება.

დინამომეტრის ჩვენება: დინამომეტრზე ჩამოკიდებულია წყლით პირამდე სავსე ჭურჭელი. მასში ჩაუშვებს ძაფზე ჩამოკიდებული საწონი ისე, რომ იგი არ ეხება ჭურჭლის ფსკერს. შეიცვლება თუ არა დინამომეტრის ჩვენება?

როდესაც საწონს ჩაუშვებთ წყლიან ჭურჭელში, მასზე იმოქმედებს ამომგდები ძალა და ჩვენება უნდა შეიცვალოს. მეორე მხრივ, ვინაიდან ჭურჭელი პირამდე სავსეა წყლით, იქიდან გადმოიღვრება ზუსტად საწონის მოცულობის ტოლი რაოდენობის სითხე, რომლის წონა ამომგდები ძალი ტოლია. ამის გამო დინამომეტრის ჩვენება არ შეიცვლება.

ბერკეტთან სასწორის ჩვენება: ბერკეტთან სასწორზე გაწონასწორებულია ჭურჭელი წყლით და შტატივი, რომელზეც ჩამოკიდებულია $m = 0.1$ კგ მასის საწონი. (ნახ. 4). შემდეგ ეს საწონი ჩაუშვებს წყალში. როგორ აღვადგინოთ წონასწორობა, თუ საწონის სიმკვრივე $\rho = 8 \cdot 10^3$ კგ/მ³, ხოლო წყლის სიმკვრივე $\rho_0 = 10^3$ კგ/მ³?



ნახ. 4

როდესაც საწონს ჩაუშვებთ წყლიან ჭურჭელში, საწონზე იმოქმედებს ამომგდები ძალა, რის გამოც შტატივზე მოქმედი დაჭიმულობის ძალა შემცირდება ამომგდები ძალის ტოლი სიდიდით და სასწორის მარჯვენა მხარე აიწევს. გარდა ამისა, ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად, საწონიც იმოქმედებს სითხეზე იმავე სიდიდის ძალით, რაც დამატებით გამოიწვევს

სასწორის მარჯვენა მხარის აწევას. ამრიგად, წონასწორობა აღდგება, თუ სასწორის მარჯვენა მხარეს დავუმატებთ საწონს, რომლის წონაც ორჯერ მეტია არქიმედეს ძალის სიდიდეზე. შესაბამისად, საწონის მასა

$$M = 2\rho_0 V = \frac{\rho_0 m}{\rho} = 0.025 \text{ კგ.}$$