

ზურაბ ბართაია

რატომ უნდა ვიცოდეთ ფიზიკა

(მეორე ნაწილი)

ამოცანა 1 (3). გვაქვს სხვადასხვა ფორმის (საოჯახო) ჭურჭელი. ვიპოვოთ მისი მოცულობა.

მათემატიკის მეთოდი. თუ ჭურჭელს აქვს რომელიმე წესიერი სივრცითი გეომეტრიული ფიგურის ფორმა, მაშინ მისი მოცულობის გაგება შესაძლებელია მეტრული გაზომვებით. მაგალითად, თუ ჭურჭელი ცილინდრული ფორმისაა (ასეთი ფორმისაა ძირითადად საოჯახო ჭურჭელი), უნდა გავზომოთ მისი განივკვეთის (ფსკერის) დიამეტრი - d (მაგალითად, სახაზავით ან საზომი ლენტით), შემდეგ გამოვთვალოთ ჭურჭლის ფსკერის ფართობი $S = \frac{\pi d^2}{4}$ და მოცულობა $V = Sh = \frac{\pi d^2}{4} h$ (1) ფორმულით. h ჭურჭლის კედლის სიმაღლეა, ის მეტრულად მარტივად გაზომვადია.

ამ გზით შეიძლება ნებისმიერი წესიერი სივრცითი გეომეტრიული ფორმის მქონე ჭურჭლის მოცულობის განსაზღვრა.

არაწესიერი ფორმის სხეულების მოცულობის გამოთვლა რთულია. ეს ამოცანა სცილდება ელემენტარული მათემატიკის მეთოდებს. ის უმაღლესი მათემატიკის ცოდნას მოითხოვს.

ფიზიკის მეთოდი. თუ სიგრძის გასაზომი არავითარი საშუალება არ გვაქვს, ფიზიკა გვთავაზობს ასეთ ხერხს: ავიღოთ ჭურჭლის დიამეტრისა და სიმაღლის ტოლი სიგრძის ძაფები, ჩამოვკიდოთ რომელიმე მათგანზე მსუბუქი ბურთულა. ასეთი ქანქარა მოვიყვანოთ რხევით მოძრაობაში, წამმზომით განვსაზღვროთ რხევის პერიოდი და ფორმულით $T = 2\pi \sqrt{\frac{d}{g}}$ (2) ვიპოვოთ ჭურჭლის დიამეტრი - d .

ანალოგიურად ვიპოვოთ სიმაღლეს და შემდეგ (1) ფორმულით გამოვიანგარიშებთ ჭურჭლის მოცულობას.

არაწესიერი ფორმის ჭურჭლის მოცულობის გამოსათვლელად აღწერილი ხერხი გამოუსადეგარია.

ფიზიკა გვთავაზობს არაწესიერი ფორმის სივრცითი სხეულის (ჭურჭლის) მოცულობის გამოთვლის საინტერესო ხერხს.

არაწესიერი (მით უფრო - წესიერი) ფორმის ჭურჭლის მოცულობის გამოთვლა მარტივად შეიძლება, თუ გვაქვს სასწორი და წვრილსაწონები (თუ ელექტროსასწორი გვაქვს, მით უკეთესი - წვრილსაწონები არ დაგვჭირდება) შემდეგი ხერხით:

ავილოთ ცარიელი ჭურჭელი და აწონით ვიპოვოთ მისი მასა - M_1 . შემდეგ ჭურჭელი პირამდე ავავსოთ წყლით და კვლავ ვიპოვოთ მისი მასა - M_2 . $M_1 - M_2$ სიდიდე იქნება ჭურჭელში ჩასხმული წყლის მასა და ვინაიდან ცნობილია წლის სიმკვრივე ρ_F , რომელიც ყველა ცნობარშია მოცემული ($\rho_F = 1000 \frac{\text{კგ}}{\text{მ}^3}$), ადვილად ვიპოვოთ მოცულობას ფორმულით $V = \frac{M_1 - M_2}{\rho_F}$ (3)

(3) ფორმულის გამოყენებით დიდი სიზუსტით შეიძლება ჭურჭლის მოცულობის განსაზღვრა. ამასთან, ამ ხერხით გამოთვლილი მოცულობის სიზუსტის ხარისხი გაცილებით მაღალია, ვიდრე (1) ან (2) ფორმულებით გამოთვლილის.

ამოცანა 2 (4): როგორ დავადგინოთ, რა ნივთიერებისგანაა დამზადებული სხმული, თუ ის ერთგვაროვანი და წესიერი სივრცითი გეომეტრიული ფიგურის ფორმისაა?

ფიზიკის მეთოდი: თუ სხმულს აქვს წესიერი სივრცითი გეომეტრიული ფიგურის ფორმა, მეტრული გაზომვით ადვილად ვიპოვოთ მისი მოცულობის გამოსათვლელად საჭირო პარამეტრებს და შესაბამისად V - მოცულობას. აწონით განვსაზღვრავთ სხეულის მასას - m და ფორმულით $\rho = \frac{m}{V}$ (4) გამოვთვლით მის სიმკვრივეს, სიმკვრივის მიღებულ მნიშვნელობას შევადარებთ სიმკვრივეთა ცხრილს (რომელიც ფიზიკის ყველა სახელმძღვანელოსა და ცნობარშია) და დავადგინოთ, რა ნივთიერებისგანაა დამზადებული სხმული.

თუ სხმული არაწესიერი გეომეტრიული ფორმისაა, მაშინ

ფიზიკის მეთოდი ასეთია: ავილოთ წყლით პირამდე სავსე ჭურჭელი, აწონით გავიგოთ მისი მასა - M_1 , ჩავუშვათ ჭურჭელში სხმული ისე, რომ ის მთლიანად ჩაიძიროს. ჭურჭლიდან წყალი გადმოიღვრება. ამოვიღოთ სხმული ჭურჭლიდან და აწონით კვლავ გავიგოთ მისი მასა - M_2 . გადმოღვრილი წყლის მოცულობა იქნება $V = \frac{M_1 - M_2}{\rho_F}$, სადაც ρ_F წყლის სიმკვრივეა.

ასეთივე მოცულობა ექნება სხმულს და თუ აწონით გავიგებთ სხმულის მასას - m , მაშინ (4) ფორმულით ვიპოვოთ მის სიმკვრივეს ρ -ს. მიღებულ შედეგს შევადარებთ სიმკვრივეთა ცხრილს და გავიგებთ, რომელი ნივთიერებისგანაა დამზადებული სხმული.

სხმულის მოცულობა შეიძლება ასეც განგვესაზღვრა: გვეპოვა გადმოღვრილი წყლის მოცულობა (ამის მრავალი ხერხი არსებობს; რამდენიმე მათგანი აღწერილია შესავალ ნაწილში), რაც სხმულის მოცულობაცაა.

საინტერესოა, შეიძლება თუ არა არაერთგვაროვანი და არაწესიერი ფორმის მქონე სხეულის სიმკვრივის გამოთვლა, მის შემადგენლობაში შემავალი ნივთიერებების პროცენტული წილის განსაზღვრა, შენადნობის კომპონენტების მასის გაანგარიშება.

ქიმიის გზა: ნებისმიერი სხეულის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები დამოკიდებულია მასში სხვადასხვა ერთგვაროვანი ნივთიერების შემცველობაზე. ხშირად საჭიროა:

1. სხეულის (ნაერთის) შემადგენლობაში შემავალი ნივთიერებათა სახეობების ცოდნა;

2. სხეულის შემადგენლობაში არსებული თითოეული ნივთიერების რაოდენობრივი შეფასება.

ამ ამოცანის გადაწყვეტის საშუალებას იძლევა ქიმიის მეთოდებიც. თანამედროვე ლაბორატორიებში შეიძლება ჩატარდეს ქიმიური და ანალიტიკური კვლევების მთელი კასკადი:

* როგორ შეიძლება დავადგინოთ, რა ნივთიერებებისგან შედგება სხეული (ნაერთი)?

* როგორ დავადგინოთ სხეულის შემადგენლობაში შემავალი ნივთიერებების პროცენტული თანაფარდობა?

მას შემდეგ, რაც საკმაოდ რთული ქიმიური კვლევებითა და შედეგების ანალიზით დადგინდება სხეულის ქიმიური შემადგენლობა, ხდება სხეულიდან თითოეული შემადგენელი ნივთიერების გამოყოფა-განცალკევება. ასეთი პროცედურების დროს ქიმია ეყრდნობა იმ ზოგად კანონზომიერებას რომ *სხეულის შემადგენლობაში შემავალი ნივთიერებები ინარჩუნებენ მხოლოდ მათთვის დამახასიათებელ თვისებებს.*

სხეულიდან (ნაერთიდან) თითოეული ნივთიერების გამოსაყოფად, იმის მიხედვით, რა თვისებისაა, იყენებენ ისეთ ხერხებს, როგორცაა დალექვა, ფილტრირება, აორთქლება, დნობა, კრისტალიზაცია, დისტილაცია. რომელიმე არჩეული ხერხით დგინდება სხეულის შემადგენელი ცალკეული ნივთიერებების მასა - $m_{\text{ს}}$. თუ სხეულის მასაა $m_{\text{სხ}}$ (მისი გაგება შეიძლება აწონით), მაშინ სხეულის შემადგენელი რომელიმე ნივთიერების პროცენტული წილი განისაზღვრება $\omega = \frac{m_{\text{ს}}}{m_{\text{სხ}}}$ 100% ფორმულით, მასური (ხვედრითი) წილი - $\omega = \frac{m_{\text{ს}}}{m_{\text{სხ}}}$ ფორმულით.

სხეულის ფორმას ქიმიური ანალიზისთვის მნიშვნელობა არ აქვს.

ქიმიის გზა გამოირჩევა მაღალი სიზუსტით, მაგრამ მის განხორციელებას სჭირდება სპეციალური ლაბორატორია, რომელიც უმეტესად მიუწვდომელია.

ფიზიკის გზა. ამ ამოცანის გადაწყვეტის საინტერესო მეთოდებს გვთავაზობს ფიზიკა. მაგალითად, თანამედროვე ფიზიკაში ასეთი ანალიზის საყრდენი მეთოდია სპექტრული ანალიზი, რომლითაც ნაერთის შენადგენლობაში შემავალი კომპონენტების რაოდენობა შეიძლება განისაზღვროს 10^{-10} გრამის სიზუსტით. აღნიშნული მეთოდი სამეცნიერო თუ სპეციალური ლაბორატორიების გარეთ პრაქტიკულად გამოუყენებელია.

არსებობს პრობლემის გადაწყვეტის უფრო მარტივი გზა. ჯერ გავცნოთ არქიმედეს კონკრეტულ შემთხვევას და შემდგომ ზოგადად გადავწყვიტოთ დასმული პრობლემა.

ლეგენდა სამეფო გვირგვინის შესახებ

სირაკუზის მეფემ ჰეირონმა ოქრომჭედელს სამეფო გვირგვინი შეუკვეთა და საჭირო რაოდენობის ოქრო მისცა. განსაზღვრული ხნის შემდეგ ოქრომჭედელმა მეფეს ულამაზესი გვირგვინი მიართვა. მეფეს ის ძალიან მოეწონა და ოსტატს უხვი გასამრჯელო გადაუხადა. რამდენიმე ხნის შემდეგ მეფეს მოახსენეს, რომ ოქრომჭედელმა ის გააცურა - ოქროში სხვა ლითონი გაურია. მეფე დაეჭვდა და გვირგვინი ააწონინა. მისი წონა მეფის მიერ გაცემული ოქროს წონის ტოლი აღმოჩნდა. უმშვენიერესი გვირგვინის გადადნობა მეფეს დაენანა და დახმარებისთვის არქიმედეს მიმართა - სთხოვა დაედგინა, სუფთა ოქროსი იყო გვირგვინი თუ სხვა მინარევსაც შეიცავდა.

ხანგრძლივი ფიქრის შემდეგ, როცა არქიმედე წყლით სავსე აბაზანაში ჩავიდა საბანაოდ და აბაზანიდან წყალი გადმოიღვარა, მეცნიერი დაფიქრდა მიხვდა, რომ სითხეში ჩადირული სხეულის მოცულობა მის მიერ გამოდევნილი სითხის მოცულობის ტოლია (ამ აღმოჩენას უკავშირდება ცნობილი გამოთქმა „Eureka!“ – „ვიპოვე!“). ასე დაადგინა არქიმედემ გვირგვინის მოცულობა, რის შემდეგაც პრობლემის გადაჭრა აღარ გასჭირვებია.

პრობლემის გადაჭრის გზა: ვიპოვოთ გვირგვინის სიმკვრივე - ρ და შევადაროთ ის ოქროს სიმკვრივეს - $\rho_m = 20000 \frac{\text{კგ}}{\text{მ}^3}$ -ს. თუ აღმოჩნდა, რომ:

1. $\rho > \rho_m$, მაშინ გვირგვინი შეიცავს მინარევს (მინარევებს), რომლის (რომელთა საერთო) სიმკვრივე ოქროს სიმკვრივეზე მეტია: $\rho_s > \rho_m$.
2. $\rho = \rho_m$, მაშინ გვირგვინი მთლიანად ოქროსია. მასში სხვა ნივთიერების მინარევი არ არის.
3. $\rho < \rho_m$, მაშინ გვირგვინი შეიცავს მინარევს (მინარევებს), რომლის (რომელთა საერთო) სიმკვრივე ოქროს სიმკვრივეზე ნაკლებია: $\rho_s < \rho_m$.

პრობლემის გადასაჭრელად არქიმედეს მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტის ალგორითმი:

1. აწონით განსაზღვრა გვირგვინის წონა ჰაერში (ის აღმოჩნდა $P_0 = 20$ ნ).
2. გვირგვინი ჩაუშვა წყლიან ჭურჭელში ისე, რომ მთლიანად ჩადირულიყო წყალში, და იპოვა გვირგვინის წონა წყალში (ის აღმოჩნდა $P = 18,75$ ნ).

მონაცემების საფუძველზე არქიმედემ დაადგინა გვირგვინის სიმკვრივე.

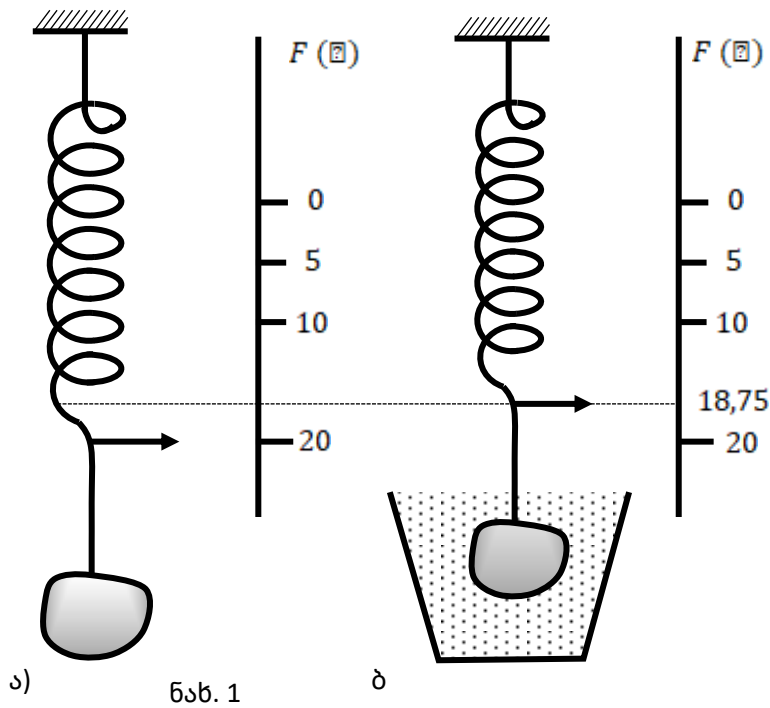
ამოხსნა:

მოც: $P_0 = 20$ ნ

$\rho = ?$

$P = 18,75$ ნ

$\rho_m = 20000 \frac{\text{კგ}}{\text{მ}^3}$



წყალში ჩაშვებულ გვირგვინზე მოქმედებს ამომგდები ძალა $F_3 = P_0 - P$ (5), მაგრამ $F_3 = \rho_f g V$ (6). აქ ρ_f წყლის სიმკვრივეა, V - გვირგვინის მოცულობა.

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{P_0}{g\rho} \quad (7)$$

ამრიგად, $F_3 = \rho_f \frac{P_0}{\rho}$ (8).

(8) გავითვალისწინოთ (5)-ში, მივიღებთ $P_0 - P = \rho_f \frac{P_0}{\rho}$ (9). აქედან $\rho = \frac{\rho_f P_0}{P_0 - P} = \frac{10^3 \cdot 20}{1,25 \cdot 10^3} = 16 \cdot 10^3 \frac{\text{კგ}}{\text{მ}^3} < 20 \cdot 10^3 \frac{\text{კგ}}{\text{მ}^3}$

მიღებული შედეგის ანალიზი: ექსპერიმენტზე დაყრდნობით დაადგინა გვირგვინის სიმკვრივე $\rho < \rho_{\text{წყ}}$ რაც ნიშნავს, რომ ნაკეთობაში ოქროს გარდა გამოყენებულია სხვა ნივთიერებაც (ნივთიერებებიც).

იმ დროის ტექნოლოგიური პროცესების ანალიზით გაირკვა, რომ ოქრომჭედელს გვირგვინის დასამზადებლად შეეძლო გამოეყენებინა მხოლოდ ოქროსა და ვერცხლის შენადნობი. არსებული მონაცემების საფუძველზე დაადგინეთ:

რა წონის ოქროსა და ვერცხლს შეიცავს გვირგვინი? (ჩათვალიეთ, რომ ვერცხლის სიმკვრივე $10000 \frac{\text{კგ}}{\text{მ}^3}$).

ამოხსნის ალგორითმი და გვირგვინში შენადნობთა მასების გამოსათვლელი ზოგადი ფორმულის დადგენა:

1. დავწეროთ შენადნობის სიმკვრივის გამოსათვლელი ზოგადი ფორმულა:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{V_m + V_g} = \frac{P_0}{g(V_m + V_g)} \quad (10)$$

2. დავადგინოთ გვირგვინში ოქროსა და ვერცხლის მოცულობები:

$$V_{\text{ოქრო}} = \frac{m_{\text{ოქრო}}}{\rho_{\text{ოქრო}}} = \frac{P_{\text{ოქრო}}}{g \rho_{\text{ოქრო}}} \quad (11) - \text{ოქროს მოცულობა გვირგვინში}$$

$$V_{\text{ვერცხლი}} = \frac{m_{\text{ვერცხლი}}}{\rho_{\text{ვერცხლი}}} = \frac{P_{\text{ვერცხლი}}}{g \rho_{\text{ვერცხლი}}} \quad (12) - \text{ვერცხლის მოცულობა გვირგვინში}$$

3. ვიპოვოთ გვირგვინის მთლიანი მოცულობა V . ამისთვის შევკრიბოთ (11) და (12). მივიღებთ

$$V_{\text{ოქრო}} + V_{\text{ვერცხლი}} = \frac{P_{\text{ოქრო}}}{g \rho_{\text{ოქრო}}} + \frac{P_{\text{ვერცხლი}}}{g \rho_{\text{ვერცხლი}}} = \frac{P_{\text{ოქრო}} \rho_{\text{ვერცხლი}} + P_{\text{ვერცხლი}} \rho_{\text{ოქრო}}}{\rho_{\text{ვერცხლი}} \rho_{\text{ოქრო}}} \quad (13).$$

4. გვირგვინის სიმკვრივის გამოსათვლელი ზოგადი ფორმულის დადგენა.

(13)-ის ჩასმით (10)-ში და მცირედი გამარტივების შემდეგ შევძლებთ სიმკვრივის გამოსახულების მიღებას.

$$\rho = \frac{P_{\text{ოქრო}} \rho_{\text{ოქრო}} \rho_{\text{ვერცხლი}}}{P_{\text{ოქრო}} \rho_{\text{ვერცხლი}} + P_{\text{ვერცხლი}} \rho_{\text{ოქრო}}} \quad (14)$$

(14) დან $\rho (P_{\text{ოქრო}} \rho_{\text{ვერცხლი}} + P_{\text{ვერცხლი}} \rho_{\text{ოქრო}}) = P_{\text{ოქრო}} \rho_{\text{ოქრო}} \rho_{\text{ვერცხლი}}$ უკანასკნელ გამოსახულებაში გავითვალისწინოთ, რომ $P_{\text{ოქრო}} = P_0 - P_{\text{ვერცხლი}}$ და ჩასმის შემდეგ გამარტივებით მივიღებთ:

$$P_{\text{ვერცხლი}} = P_0 \frac{\rho_{\text{ვერცხლი}} (\rho_{\text{ოქრო}} - \rho)}{\rho (\rho_{\text{ოქრო}} - \rho_{\text{ვერცხლი}})} \quad (15)$$

$$P_{\text{ოქრო}} = P_0 \frac{\rho_{\text{ოქრო}} (\rho - \rho_{\text{ვერცხლი}})}{\rho (\rho_{\text{ოქრო}} - \rho_{\text{ვერცხლი}})} \quad (16)$$

(15) და (16) ფორმულებით შესაძლებელია გვირგვინში ოქროსა და ვერცხლის წონათა განსაზღვრა.

ანალოგიურად შეიძლება ნებისმიერკ შენადნობის სიმკვრივისა და მასში შემავალი ნივთიერებების წონის განსაზღვრა. ეს ხერხი ზემოთ განხილულ სხვა ხერხებზე მარტივია.

აი, რატომ უნდა ვიცოდეთ ფიზიკა!

გამოყენებული ლიტერატურა:

. ზურაბ ბართაია. სწავლების მართვა და უკუკავშირის პრინციპი, როგორც ძირითადი კიბერნეტიკული ცნებები

<http://mastsavlebeli.ge/?p=17994>

. ზურაბ ბართაია. ფიზიკის ამოცანები, როგორც სწავლებისა და აღზრდის საშუალება

<http://mastsavlebeli.ge/?p=18154>

. ზურაბ ბართაია. ამოცანის პირობის გააზრების მნიშვნელობა

<http://mastsavlebeli.ge/?p=21260>

. ზურაბ ბართაია. აზროვნების განვითარების აქტივობები ფიზიკის გაკვეთილზე

<http://mastsavlebeli.ge/?p=21766>

. ზურაბ ბართაია. ბიჰევიორიზმის კონცეფცია და მისი გამოყენება სწავლებაში

<http://mastsavlebeli.ge/?p=24606>

. ზურაბ ბართაია. პერკინსის, უზნაძის, ბლუმის თეორიები და აზროვნების განვითარება ფიზიკის გაკვეთილზე

<http://mastsavlebeli.ge/?p=28344>