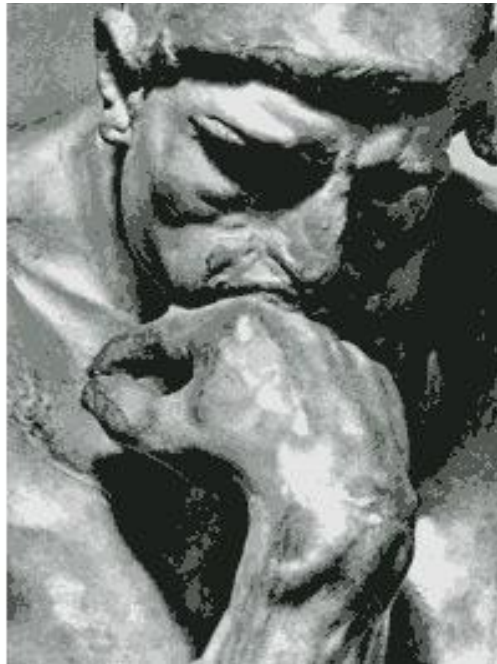


ზ.ჯაბუა, ა.გიგინეიშვილი, მ.ბერულავა

# თვისებრივი ამოცანები ზოგად ფიზიკაში

მეორე შეესებული გამოცემა



თბილისი 2013

წიგნში მოცემულია თვისებრივი ამოცანები ზოგადი ფიზიკის ნაწილებიდან: მექანიკა, სითბო და მოლეკულური ფიზიკა, ელექტრობა და მაგნეტიზმი, ოპტიკა. მოყვანილია ყველა ამოცანის ამოხსნა და მითითებები მათ ამოხსნისას. ამოცანების შინაარსი შეესაბამება ბაკალავრიატისა და უმაღლესი პროფესიული განათლების სტუდენტების სასწავლო პროგრამას ზოგად ფიზიკაში. წიგნი გარკვეულ დახმარებას გაუწევს საშუალო სკოლის მოსწავლეებსა და ფიზიკით დაინტერესებულ ყველა პირს ცოდნის გაღრმავების საქმეში.

წიგნი წარმოადგენს მეორე გამოცემას. პირველ გამოცემასთან შედარებით დამატებულია ორმოცდაათზე მეტი ამოცანა. გადამუშავებულია ზოგიერთი ამოცანის ამოხსნა.

ავტორები დიდი ყურადღებით მიიღებენ ყველა საქმიან შენიშვნას და წინადადებას, რომლებიც შეგიძლიათ მოგვაწოდოთ ელექტრონულ მისამართზე: Z.Jabua@hotmail.com

რეცენზენტი: ასოცირებული პროფესორი, ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა  
კანდიდატი ბეჟან კოტია

## სარჩევი

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| შესავალი -----              | 4  |
| ამოცანები -----             | 5  |
| პასუხები და ამოხსნები ----- | 28 |
| ლიტერატურა -----            | 60 |

ყოველთვის, როცა ესა თუ ის მოვლენა ხდება, - განსაკუთრებით როცა ეს მოვლენა ახალია, - საკუთარ თავს დაუსვით კითხვა: რატომ ხდება ასე? რა არის ამის მიზეზი?" და ადრე თუ გვიან თქვენ მიაგნებთ მიზეზს.

მაიკლ ფარადეი

## შესავალი

ფიზიკის თვისებრივი ამოცანების ამოხსნას განსაკუთრებული ადგილი უკავია თეორიული მასალის ათვისების საქმეში. ის საშუალებას აძლევს სტუდენტს სხვადასხვა კუთხით შეხედოს და გაიზიაროს ამ მოვლენის და შესაბამისი კანონების გავრცელების სფეროები და პრაქტიკულად გამოიყენოს ცოდნა.

წიგნში მოცემულია ამოცანები ზოგადი ფიზიკის ყველა ნაწილიდან და მოყვანილია ამოცანების ამოხსნა და მითითებები მათ ამოსახსნელად. აქცენტი გაკეთებულია ისეთ საკითხებზე, რომელთა საფუძვლიანი გარჩევა დიდ სარგებლობას მოუტანს პრაქტიკოს ინჟინრებს. ზოგიერთი ამოცანის პირობა ისეა შედგენილი, რომ მისი ამოხსნა მოითხოვს ფიზიკური კანონების ღრმა ანალიზს და ზოგჯერ პირობა, რომელიც ეწინააღმდეგება “სად აზრს” აღმოჩნდება, რომ სწორია.

დამხმარე სახელმძღვანელო ძირითადად განკუთვნილია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბაკალავრიატისა და უმაღლესი პროფესიული განათლების სტუდენტებისათვის. წიგნი გარკვეულ დახმარებას გაუწევს საშუალო სკოლის მოსწავლეებს და ფიზიკით დაინტერესულ ყველა პირს ცოდნის გადრმავეების საქმეში.

## ამოცანები

- 1). ორი მატარებელი მოძრაობს ერთმანეთის საწინააღმდეგოდ, ერთი აღმოსავლეთის მიმართულებით თანაბარჩქარებულად, ხოლო მეორე – დასავლეთის მიმართულებით თანაბარშენელებულად. როგორ არის მიმართული მატარებლების აჩქარებები?
- 2). რატომ ვარდება ჰაერში დიდი წონის ქვა უფრო სწრაფად, ვიდრე იმავე ჯამური წონის ქვის წვრილი ნამსხვრევები?
- 3). თვითმფრინავისთვის რომელი მიმართულებითაა უფრო ხელსაყრელი აფრენა, ქარის მიმართულებით თუ საწინააღმდეგოდ? რატომ?
- 4). როგორ უნდა იმოძრაოს ძრავიანმა ნავმა მდინარეში, რომ უმოკლეს დროში გავიდეს მეორე ნაპირზე.
- 5). რატომ არ იზრდება უსასრულოდ მატარებლის სიჩქარე გზის ჰორიზონტალურ უბანზე, მიუხედავად წვეის ძალის უწყვეტად მოქმედებისა?
- 6). ხომ არ არის წინააღმდეგობა ნათქვამში: “სხეულის წრეწირზე თანაბრად მოძრაობისას ადგილი აქვს აჩქარებას”. შეიძლება აჩქარებას ჰქონდეს ადგილი თანაბარი მოძრაობისას?
- 7). შეიძლება თუ არა სპორტსმენი წყლის თხილამურებზე მოძრაობდეს კატერზე სწრაფად?
- 8). თვითმფრინავის ჰაერში წონასწორობისათვის საკმარისია წნევათა მცირე სხვაობაც კი. მაგალითად, თუ ფრთის ქვემოთ წნევა შეადგენს 1 ატმ-ს, ზემოთ კი - 0,99 ატმ-ს, რამდენიმე ტონიანი თვითმფრინავიც კი წონასწორობაშია. ასეთი მცირე წნევათა სხვაობისას როგორ იჭერს წონასწორობას თვითმფრინავი?
- 9). მექანიკის პირველი კანონი შეიძლება ასე ჩამოყალიბდეს: სხეული ინარჩუნებს უძრაობის ან წრფივი თანაბარი მოძრაობის მდგომარეობას, ვიდრე სხვა სხეულების მოქმედება არ აიძულებს მას შეიცვალოს ეს მდგომარეობა. მაშინ რატომ არის, რომ სადღურს მიახლოებულ ვაგონში მდგარი მგზავრები გაჩერების მომენტში გადაიხრებიან არა წინ, როგორც ამას მოითხოვს ინერციის კანონი, არამედ უკან.
- 10). თუ ელმავლის ბორბლებს და რელსებს შორის ხახუნი არ იარსებებს, ელმავალი ვერ დაძრავს ვაგონებს. ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად, თანაბარი მოძრაობის დროს განვითარებული წვეის ძალა ტოლია ხახუნის ძალისა ელმავლის წამყვან ბორბლებსა და რელსებს შორის:

$$F_{\text{წვ}} = F_{\text{ხახ}} = k_1 P_1$$

სადაც  $k_1$ - ხახუნის კოეფიციენტი ელმავლის წამყვან ბორბლებსა და რელსებს შორის; ხოლო  $P_1$  - ელმავლის წონა.

ასევე ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად წვეის ძალა ტოლი უნდა იყოს იმ ძალის, რომლის საწინააღმდეგოდაც ელმავალი ასრულებს მუშაობას, ე.ი. თანაბარი მოძრაობის დროს წვეის ძალა ტოლია ვაგონის ბორბლებსა და რელსებს შორის ხახუნის ძალის:

$$F_{\text{წვ}} = k_2 P_2$$

სადაც  $k_2$ - ხახუნის კოეფიციენტი ვაგონის ბორბლებსა და რელსებს შორის; ხოლო  $P_2$  - ვაგონის წონა.

ცხადია  $k_1 P_1 = k_2 P_2$  (ფოლადის ხახუნი ფოლადზე). მივიღეთ რომ  $P_1 = P_2$  ე.ი. ელმავლის წონა ვაგონების წონის ტოლია. რაც აშკარა შეუსაბამობაა. რით აიხსნება ეს?

11). დიდი ხნის ნახმარი შიგაწვის ძრავას ყურადღებით დათვალიერებისას ჩანს, რომ მისი ცილინდრის ცვეთა გაცილებით მეტია იმ ადგილებში სადაც ხდება დგუშის გაჩერება და მოძრაობის მიმართულების შეცვლა.

ერთი შესხედვით ეს ფაქტი ეწინააღმდეგება “სად აზრს”, რომლის თანახმადაც ცვეთა განსაკუთრებით იქ უნდა იყოს მეტი სადაც დგუშის მოძრაობის სიჩქარე მაქსიმალურია. ვინაიდან სველი ხახუნის ძალა პირდაპირპროპორციულია სიჩქარის და კიდევ უფრო მეტიც, მაღალი სიჩქარის კვადრატისაც კი. რით აიხსნება ეს ფაქტი?

12). რატომ უწყდებათ გვარლი მშენებლობაზე გამოუცდელ მეამწეებს, როდესაც ისინი ყურადღებას არ აქცევენ ტვირთის ქანაობას?

13). ცნობილი მეცნიერი არისტოტელე თვლიდა, რომ თუ ქვას, რომელიც საკუთარი სიმძიმის ძალით ვარდება ქვემოთ, დავადებთ მეორე ქვას, ეს უკანასკნელი უბიძგებს რა ქვედა ქვას აამოძრავებს მას უფრო მაღალი სიჩქარით.

სინადვილეში ცდებით დამტკიცებულია, რომ ყველა სხეული ვარდება ერთნაირი აჩქარებით და აჩქარების სიდიდე არაა დამოკიდებული სხეულის მასაზე.

რაში მდგომარეობს არისტოტელეს შეცდომა?

14). რით განსხვავდება ერთმანეთისაგან ქაღალდის და ლითონის საჭრელი მაკრატლები?

15). ცნობილია, რომ ველოსიპედისტს თავისუფლად შეუძლია განავითაროს 100 ნ წვეის ძალა. თუ ჩავთვლით, რომ ხახუნის ძალა მუდმივია და 50 ნ-ის ტოლი, ხოლო

ველოსიპედისტის მასა ველოსიპედთან ერთად შეადგენს 100 კგ-ს, ადვილად გამოვთვლით მის აჩქარებას

$$a = \frac{100 \text{ } \cancel{\text{ნ}} - 50 \text{ } \cancel{\text{ნ}}}{100 \text{ კგ}} = 0,5 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2}$$

ასეთი აჩქარებისას მოძრაობის დაწყებიდან უკვე 20 წუთში სიჩქარე გახდება  $v = 0,5 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2} \cdot 1200 \text{ წმ} = 600 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}$ . მაგრამ ეს თითქმის ტყვიის სიჩქარეა! სად არის მსჯელობაში შეცდომა დაშვებული?

16). ბევრს წაუკითხავს ტრაბახა ბარონ მიუნჰაუზენის შესახებ, რომელმაც საკუთარი თმების აწვეით შეძლო ჭაობიდან ცხენიანად ამოსვლა. მაგრამ ასე იქცევა ველოსიპედისტი, რომელიც ტროტუარზე აღის. იმ მომენტში როცა ბორბალი მიუახლოვდება ტროტუარის კიდეს ის საჭეს ექაჩება თავისკენ, ამ დროს ველოსიპედის წინა ნაწილი წამოიწევა და ველოსიპედი თავისუფლად აღის ტროტუარზე.

რატომ გამოუდის ველოსიპედისტი ის, რაც შეუძლებელია მიუნჰაუზენისთვის?

17). მსოფლიო მიზიდულობის კანონი ასე ჩაიწერება:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{R^2}.$$

ამ ფორმულის ანალიზით შეიძლება შემდეგ დასკვნამდე მივიდეთ: სხეულებს შორის მანძილის შემცირებასთან ერთად უნდა გაიზარდოს მათი ურთიერთმიზიდულობის ძალა და გახდეს უსასრულოდ დიდი როდესაც ეს მანძილი ნულის ტოლი გახდება.

მაშ რატომ არის ასე ადვილი ქვის აღება მიწიდან, სკამიდან წამოდგომა და ა.შ?

18). სხეულები ვარდებიან დედამიწის მიზიდულობის ძალის გავლენით. რაშია ამ მტკიცების უზუსტობა?

19). რატომ არ არის დედამიწაზე ევერესტზე უფრო მაღალი მთა?

20). წარმოვიდგინოთ ასეთი სურათი: ვთქვათ  $m$  მასის უძრავ ოთხთვალას მოხვდა ასეთივე მასის ჰორიზონტალურად  $v$  სიჩქარით მოძრავი ჭურვი და გაიჩხირა მასში. ოთხთვალა მასში გაიჩხირა ჭურვთან ერთად დაიწყებს მოძრაობას, რომლის საწყისი სიჩქარეც შეიძლება ვიპოვოთ მოძრაობის რაოდენობის შენახვის კანონის გამოყენებით:

$$v_1 = \frac{mv}{2m} = \frac{v}{2}$$

შესაბამისად, ოთხთვალას კინეტიკური ენერგია ჭურვთან ერთად გამოითვლება ფორმულით:

$$w_1 = \frac{2m\left(\frac{v}{2}\right)^2}{2} = \frac{mv^2}{4},$$

ჭურვის კინეტიკური ენერგია მოხვედრამდე იყო

$$w = \frac{mv^2}{2}$$

როგორც ვხედავთ ის ორჯერ მეტია ცალ-ცალკე ჭურვისა და ოთხთვალას კინეტიკურ ენერგიაზე.

სად გაქრა დანარჩენი ენერგია?

21). რით აიხსნება ის, რომ ადამიანი, რომელიც მირბის ეცემა წინ, როდესაც ფეხს წამოკრავს რაღაც წინააღმდეგობას, ხოლო ადამიანი, რომელსაც ყინულზე ფეხი დაუცურდა ეცემა უკან?

22). შეიძლება თუ არა თანამგზავრის გაშვება ისე, რომ ის მუდმივად იმყოფებოდეს დედამიწის ერთი და იმავე პუნქტის ზემოთ?

23). ვთქვათ ერთი ვედრო ნახშირი ავიტანეთ მეოთხე სართულზე, ამ დროს მისი პოტენციური ენერგია გაიზრდება დაახლოებით 800 ჯ-ით (ნახშირის წონა ~ 80 ნ - ია, სიმაღლე, რომელზედაც ის ავიტანეთ - ~ 10 მ). სად გაქრება ეს დამატებითი ენერგია ნახშირის ღუმელში დაწვის შემდეგ?

24). გააგრძელებს თუ არა წვას დედამიწის ირგვლივ ორბიტაზე მოძრავი თანამგზავრის შიგნით ანთებული ასანთის ღერი?

25). რაიმე სხეულის დედამიწის ზედაპირზე ასაწევად აუცილებელია მუშაობის შესრულება მისი პოტენციური ენერგიის გასაზრდელად. ეს მუშაობა სხვადასხვა შემთხვევაში სხვადასხვა წყაროებით სრულდება. მაგალითად ლიფტის ძრავა ამ ენერგიას იღებს ელექტროწყაროდან, თვითმფრინავის ძრავა – საწვავიდან.

საიდან იღებს ამ ენერგიას სტრატოსტატი, მეტეოროლოგიური ზონდი და სხვა ანალოგიური მოწყობილობა, რომელსაც ძრავა არ გააჩნია?



26). რატომაა, რომ ცირკის მსახიობის ტანზე დადებულ მძიმე გრდემლზე უროს დარტყმა საშიში არაა მსახიობისთვის, მაშინ როდესაც, ამავე უროს დარტყმა პირდაპირ ტანზე შეიძლება სასიკვდილო აღმოჩნდეს?

27). რაც უფრო მკვეთრია მოსახვევი, მით უფრო მეტი სიდიდის ცენტრისკენული ძალა მოქმედებს მანქანაზე. მაგრამ უცნაურად ხომ არ მოსჩანს ის ფაქტი, რომ ავტოსაგზაო შემთხვევის დროს მანქანა ყოველთვის გადაყირავდება ცენტრისკენული ძალის საწინააღმდეგო მიმართულებით, კერძოდ, თუ ის უხვევს მარჯვნივ, შეიძლება გადაყირავდეს მარცხნივ და პირიქით.

როგორ შეიძლება აიხსნას ეს მოვლენა?

28). ორი ერთნაირი სატვირთო მანქანიდან ერთი დატვირთულია შეშით, ხოლო მეორე – იმავე მასის თივით. რომელი მათგანი შეიძლება გადაბრუნდეს უფრო ადვილად?

29). ჩვეულებრივ კამერტონის მიერ გამოცემული ბგერა იმდენად სუსტია, რომ ის მხოლოდ მცირე მანძილზე ვრცელდება. მაგრამ თუ კამერტონი დამაგრებულია რეზონატორზე – მართკუთხა პარალელეპიპედის ფორმის ყუთზე, ხმა კარგად ისმის საკმაოდ დიდი ზომის აუდიტორიაშიც კი.

საიდან მოდის მეორე შემთხვევაში “ზედმეტი” ენერგია? ხომ არ ირღვევა ენერგიის შენახვის კანონი?

30). ბევრმა არ იცის, რომ სახელგანთქმულ იტალიელ ფიზიკოსს გალილეო გალილეის (1564 – 1642) სიცოცხლის ბოლომდე ეეჭვებოდა ატმოსფეროს წნევის არსებობა. ამ უკანასკნელის აღმოჩენის პრივილეგია ეკუთვნის მეორე იტალიელ ფიზიკოსს ევანჯელისტა ტორიჩელის (1608 – 1642), რომელიც სხვათაშორის გალილეო გალილეის მოწაფე იყო. თავისი აზრის დასადასტურებლად გალილეის მოჰყავდა ასეთი მსჯელობა: წყლის ან ნებისმიერი სითხის შიგნით გამოყოფილ სითხის მოცულობაზე მოქმედებს ორი, ერთმანეთის საწინააღმდეგოდ მიმართული ძალა – დედამიწის მიზიდულობის ძალა და ამომგდები ძალა. არქიმედეს კანონის თანახმად ეს ორი ძალა სიდიდით ერთმანეთის ტოლია. ამიტომ გამოყოფილი მოცულობა წონასწორობაშია, ე.ი. არც იძირება და არც ზედაპირზე ამოდის. შეიძლება ითქვას, რომ სითხე სითხეში არაფერს იწონის. მაგრამ როგორ შეიძლება ქვედა ფენებს აწვებოდეს ის, რასაც თვითონ წონა არ გააჩნია.

ასე მაგალითად, გალილეი ამბობდა, რომ “ჰაერს ჰაერში წონა არ გააჩნია” და ამიტომ ის ცხადია ვერ დააწვება ქვედა ფენებს და მაშასადამე ვერც დედამიწას.

რაში მდგომარეობს გალილეო გალილეის შეცდომა?

31). ბოთლის ყელს მიმხმარი ხრახნიანი საცობის მოხსნა გაადვილდება თუ მას რამდენიმე ფენა ქსოვილის ნაჭერს შემოვახვევთ. აიხსნება თუ არა ეს ფაქტი მხოლოდ იმ გარემოებით, რომ ამ დროს უფრო ეფექტურად ვუჭერთ ხელს საცობს?

32). შემჩნეულია, რომ რაც უფრო დატვირთულია ტივი მით უფრო ჩქარა მოძრაობს ის. რით შეიძლება აიხსნას ეს?

33). ერთ-ერთ სამეცნიერო პოპულარულ ჟურნალში მკითხველი წერდა “ჩვენთან, სოფელში შემოდგომასა და ზამთარში ისეთი ძლიერი ქარები იცის, რომ ხშირად სახლის სახურავს აძრობს. ერთმა მოხუცმა თქვა: “გაუკეთეთ სხვენის მოპირდაპირე მხარეებს სარკმლები და სახურავებიც არ აძვრება”. ჩვენ გაგვიკვირდა რჩევა, მაგრამ მაინც შევამოწმეთ. აღმოჩნდა, რომ ვინც გააკეთა სარკმლები მათი სახურავები გადარჩა, ვინც არა – გადაძვრა.”

შეეცადეთ ახსნათ ეს მოვლენა.

34). ბადმინტონის გამოცდილი მოთამაშე სწაფად მოძრავი ვოლანის (ბადმინტონის ბურთი) მიღებისას სწაფად იხევეს უკან. რატომ უადვილდება მას ამ დროს დარტყმის მოგერიება?

35). დამოკიდებულია თუ არა ბორბლებიანი ტრაქტორის წნევა ნიადაგზე ბორბლის კამერის შიგა წნევაზე?

36). წყალი გადმოპირქვავებული ბოთლიდან “ბუყბუყით” იღვრება. სამედიცინო “სათბურებიდან” კი თანაბარი უწყვეტი ნაკადით გადმოდის. რატომ?

37). რატომ ტკაცუნობს ხმელი შეშა წვის დროს?

38). ახსენით რატომაა ლურსმნის ამოდრობა ფიცრიდან უფრო იოლი თუ მას გადავლუნავთ და ამოდრობისას დავატრიალებთ აქეთ-იქით.

39). გამოცდილი მესაათეები გვირჩევენ მექანიკური მაჯის საათის დაქოქვას დილით და არა საღამოს, ხელიდან მოხსნისთანავე. რატომ?

40). შეუძლია თუ არა მუშაობის შესრულება უძრაობის ხახუნის ძალას?

41). რატომ არ ინთება სველი ასანთის ღერი?

42). დედამიწა ბრუნავს მზის გარშემო დაახლოებით 39,9 კმ/წმ სიჩქარით. ზამთარში მოძრაობის სიჩქარე მეტია, ხოლო ზაფხულში ნაკლები. იკარგება თუ არა კინეტიკური ენერგიების სხვაობა ზამთრისა და ზაფხულის პერიოდს შორის დედამიწის მზის გარშემო ორბიტაზე მოძრაობისას?

43). შეიცვლება თუ არა საქანელას რხევის პერიოდი, თუ საქანელას დაფაზე დავდებთ ტვირთს?

44). თუ ფეხით სიარულისას ხელში გვიკავია თოკზე გამობმულ ტვირთი, გარკვეული ტემპით სიარულისას ტვირთი შეიძლება მნიშვნელოვნად გადაიხაროს წონასწორობის მდგომარეობიდან. რატომ?

45). შეიცვლება თუ არა მეტროს ესკალატორის ძრავას მიერ შესრულებული მუშაობა, თუ მეზავრი, რომელიც უძრავად იდგა თანაბრად ზევით მოძრავი ესკალატორის საფეხურზე, თვითონაც დაიწეებს მოძრაობას ზევით.

46). ცნობილია, რომ წნევის გავლენით სხეულები იკუმშებიან: აირები ძლიერ, სითხეები – გაცილებით ნაკლებად და შეკუმშვას განსაკუთრებით ეწინააღმდეგებიან მყარი სხეულები.

აქედან გამომდინარე, ხომ არ უნდა დავასკნათ, რომ ჩაძირული ხომალდები ვერასოდეს მიაღწევენ ფსკერს, ვინაიდან დიდ სიღრმეებზე წყალი იმდენად შეკუმშულია, რომ მისი სიმკვრივე აღემატება ლითონის სიმკვრივეს, რომლისგანაც დამზადებულია გემის კორპუსი.

სწორია თუ არა ეს მსჯელობა?

47). უკვე პირველი ჰაერნაოსნები ამჩნევდნენ, რომ დედამიწიდან არცთუ ისე მაღლა ტემპერატურა ნაკლებია ზედაპირის სიახლოვეს ტემპერატურასთან შედარებით. იმ სიმაღლეებზე კი, რომლებზედაც დაფრინავენ თანამედროვე სამგზავრო თვითმფრინავები ტემპერატურა იმდენად დაბალია, რომ საჭირო ხდება სალონის გათბობა. სიმაღლის შემდგომი ზრდისას შეიმჩნევა ე.წ. ინვერსია - ტემპერატურის გაზრდა. რამდენიმე ასეულ კილომეტრ სიმაღლეზე ჰაერის მოლეკულებს ისეთი სიჩქარე გააჩნიათ, რომლებსაც შეესაბამება რამდენიმე ათასი გრადუსი ცელსიუსის ტოლი ტემპერატურა.

მაშინ რით აიხსნება ის ფაქტი, რომ ამ სიმაღლეზე მფრინავი დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრები არც დნებიან და არც იწვიან.

48). გადავლუნავთ, რა ფოლადის ზოლს ჩვენ მას მივაწვდით გარკვეულ ენერგიას. ზოლი მოვათავსოთ ჭიქაში ისე, რომ ჭიქის კედლებმა არ მისცენ მას გასწორების საშუალება. ავავსოთ ჭიქა გოგირდმჟავით. ფოლადი თანდათან გაიხსნება და გაქრება მისთვის მინიჭებულ ენერგიასთან ერთად. მაგრამ შესაძლებელია ენერგიის გაქრობა?

49). ფიზიკის ცნობარიდან ვიგებთ, რომ რკინის სითბოტევადობა თითქმის 20% - ით მეტია სპილენძის სითბოტევადობაზე. შესაბამისად ერთნაირი გახურებისა და მასების პირობებში რკინისაგან დამზადებული სარჩილავის შინაგანი ენერგიის მარავი ამდენადვე მეტი იქნება სპილენძის სარჩილავთან შედარებით.

რატომ არის, რომ სარჩილავის დასამზადებლად იყენებენ არა იაფ რკინას არამედ უფრო ძვირ სპილენძს?

50). თუ წყალში ჩაეყოფთ საკმაოდ წვრილ (კაპილარულ) მინის მილს, შევამჩნევთ, რომ მასში წყლის სვეტი დაიწეებს აწევას და დაიკავებს გარკვეულ სიმაღლეს, რომელიც მილის დიამეტრის უკუპროპორციულია (წვრილ კაპილარებში სიმაღლე რამდენიმე მეტრსაც კი აღწევს)

ენერგიის რა წყაროს მეშვეობით ხდება შესაძლებელი კაპილარული მოვლენა?

51). ცნობილია, რომ სხეულის წრფივი ზომები ტემპერატურის მიხედვით იცვლება შემდეგი კანონით:

$$l_t = l_0(1 + \alpha t) \quad (1)$$

სადაც  $l_t$  სხეულის სიგრძეა  $t^{\circ}C$  ტემპერატურაზე,  $l_0$  - სხეულის სიგრძე  $0^{\circ}C$  ტემპერატურაზე,  $\alpha$  - წრფივი გაფართოების ტემპერატურული კოეფიციენტი მოცემული მასალისათვის,  $t$  - ტემპერატურა  $^{\circ}C$ .

დავუშვათ, რომ ტემპერატურა შემცირდა

$$t = -\frac{t}{\alpha}$$

სიდიდემდე. ჩავსვათ ეს მნიშვნელობა (1) ფორმულაში, მივიღებთ

$$l_t = l_0 \left( 1 - \alpha \cdot \frac{t}{\alpha} \right) = 0,$$

ტემპერატურის შემდგომი შემცირებისას, ნუთუ სხეულის წრფივი ზომა უარყოფითი გახდება?

52). ჩავატაროთ ასეთი ცდა: სუფთა ღრმა თევზზე დავასხათ გამოხდილი წყალი და მის ზედაპირზე დავყაროთ ასანთის ღეროები. ამის შემდეგ ასანთებს შორის შუალედში წყალში ჩაყაროთ შაქრის ნატეხები. შევამჩნევთ, რომ ასანთის ღეროები მიცურდებიან შაქრის ნატეხთან. თუ შაქრის ნატეხების ნაცვლად გამოვიყენებთ საპონს ვნახავთ, რომ ასანთის ღეროები პირიქით “გაიქცვიან” მისგან სხვადასხვა მხარეს.

როგორ შეიძლება ავხსნათ ეს მოვლენა?

53). როგორი სითხე შეგვიძლია ჩავასხათ ჭიქაში ისე, რომ სითხის ზედაპირი ჭიქის კედლის ზემოთ იყოს აწეული?

54). ცნობილია, რომ სითბოს გადაცემას ერთი სხეულიდან მეორეზე ადგილი აქვს მაშინ, როდესაც მათი ტემპერატურები განსხვავებულია. ამიტომ სრულიად გაუგებარია, თუ რატომ ორთქლდება ჭიქაში ან თეფშზე დასხმული წყალი, რომელსაც იგივე ტემპერატურა აქვს, როგორც გარემოს. სითხის აორთქლებას სჭირდება გარკვეული სითბო, რომელსაც ის მეზობელი გარემოდან ვერ მიიღებს, ვინაიდან ამ უკანასკნელს იგივე ტემპერატურა გააჩნია. მაინც როგორ ხდება აორთქლება?

55). გამოცდაზე ერთ იტალიელ სტუდენტ გოგონას დაუსვეს კითხვა: “როგორც თქვენთვის ცნობილია, პროვანსალური ზეთის დუდილის ტემპერატურა უფრო მაღალია ვიდრე კალის დნობის ტემპერატურა. ახსენით რატომაა შესაძლებელი საჭმლის მომზადება პროვანსალურ ზეთზე მოკალულ ქვაბში”. (ცნობილია, რომ იტალიაში საუკეთესო ჭურჭლად ითვლება მოკალული სპილენძის ჭურჭელი). რა უნდა უპასუხოს სტუდენტმა?

56). ცნობილია, რომ წნევის შემცირებით წყლის დუდილის ტემპერატურა მცირდება. რატომ არ შეიძლება სამზარეულოს ქვაბებს გაუკეთდეს ჰაერის ამოსატუმბი მოწყობილობა? ეს ხომ დიდი რაოდენობის სითბოს დაზოგავდა?

57). შეიძლება თუ არა კანის დამწვრობა მივიღოთ ყინულით, ხოლო კალა გავადნოთ ცხელი წყლით?

58). რატომ ყრიან მარილს ზამთარში ტროტუარზე ყინულისაგან გასანთავისუფლებლად?

59). მონოკრისტალისაგან გამოჭრილი კუბი გახურებისას იცვლის არა მარტო მუცულობას, არამედ ფორმასაც. რატომ?

60). რატომაა, რომ ძალიან ზუსტი საზომი ინსტრუმენტები მზადდება განსაკუთრებული შენადნობისაგან – ინვარისაგან?

61). მავანმა შეიტყო სამი გამოგონების შესახებ: პირველი მათგანის გამოყენება პირდებოდა საწვავის 30%-იან, მეორის – 25% - იან, ხოლო მესამის – 45% - იან ეკონომიას. ამ ადამიანმა გადაწყვიტა ისეთი მანქანის აგება, რომელშიც გამოყენებული იქნებოდა სამივე გამოგონება, რაც მისი აზრით მისცემდა  $30\%+25\%+45\% = 100\%$  -იან ეკონომიას.

რამდენად საფუძვლიანია “გამომგონებლის” იმედი?

62). სითბური მანქანის მარგი ქმედების კოეფიციენტი იანგარიშება ფორმულით:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

სადაც  $T_1$  და  $T_2$  შესაბამისად გამახურებლისა და მაცივრების აბსოლუტური ტემპერატურებია.

ამ გამოსახულებიდან ჩანს, რომ გამახურებლის მუდმივი ტემპერატურის პირობებში სითბური ძრავას მარგი ქმედების კოეფიციენტი მით მეტია რაც ნაკლებია მაცივრის ტემპერატურა.

რით აიხსნება ის ფაქტი, რომ ავტომობილი, რომელიც, ასევე სითბურ ძრავას წარმოადგენს, ზამთარში გაცილებით მეტ ბენზინს ხარჯავს ვიდრე ზაფხულში. ზამთარში ხომ გარემოს ტემპერატურა, რომელიც მაცივრის როლს თამაშობს, შესამჩნევად დაბალია, ხოლო ბენზინის წვის შედეგად შექმნილი ტემპერატურა ზაფხულშიც და ზამთარშიც ერთნაირია.

63). თუ დანაყოფიან ცილინდრულ ჭურჭელში ჩავასხმათ ერთნაირი მოცულობის ზეთს და წყალს ვნახავთ, რომ რომ ნარევის მოცულობა ორჯერ მეტი იქნება ერთ-ერთი სითხის მოცულობაზე. თუ ერთმანეთში შევურევთ ასევე ტოლი მოცულობის სპირტსა და წყალს ჯამური მოცულობა ნაკლები იქნება გაორკეცებულ მოცულობაზე. რატომ?

64). რატომ არ იბზარება ლითონი ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილებისას, მაშინ როდესაც იმავე პირობებში ქვას უჩნდება მრავლობითი ბზარები?

65). გათბობის ეფექტურობის გასაზრდელად რა უფრო უკეთესია, გათბობის რადიატორების შეღებვა თეთთად თუ შავად?

66). რომელი საქარხნო მიღებია უკეთესი რკინის თუ აგურის?

67). ცნობილია, რომ ჰაერის ტემპერატურა ნაშუადღევს უფრო მაღალია ვიდრე შუადღისას. რატომ?

68). მაცივრების ხმარების წესებში წერია, რომ დროგამოშვებით აუცილებელია მისი გამორთვა. რატომ?

69). ექიმმა ავადმყოფს დაუნიშნა რამდენიმე წვეთი წამლის მიღება. უნდა გაიზარდოს თუ უნდა შემცირდეს წვეთების რაოდენობა, თუ წვეთებს ითვლიან ძალიან გამთბარ ოთახში.

70). სანთურის ალი ბოლავს. თუ მას ზემოდან მივუახლოვებთ ვერტიკალურ მინის მილს, ბოლვა შეწყდება. მაგრამ ისევ განახლდება თუ მილს ზემოდან დავხურავთ. ახსენით ეს მოვლენა.

71). პნემატური ჩაქუჩის მუშაობისას ცილინდრიდან გამოდის თეთრი “კვამლი”. რით აიხსნება ეს?

72). თუ ვიოლინოს თბილი ოთახიდან გამოვიტანთ გარეთ, ყინვაში სიმები იჭიმება. რატომ?

73). თუ გავარვარებულ ელექტროქურის ზედაპირზე დავაწვეთებთ წყლის წვეთს ის დიდხანს ჩერდება და თითქმის არ აორთქლდება, მაგრამ თუ ამას გავაკეთებთ სუსტად გახურებულ ქურაზე, წვეთი თითქმის მყისიერად აორთქლდება. ახსენით ეს მოვლენა.

74). დავუშვათ მოიძებნა სითხე, რომლის სითბური გაფართოების კოეფიციენტი ნებისმიერ ტემპერატურაზე ნულის ტოლია. როგორ მოიქცევა ეს სითხე თუ მას ჩავასხამთ ლითონის ქვაბში და დავდგამთ გავარვარებულ ელექტროქურაზე?

75). რატომ ხურდება ტუმბო როდესაც ველოსიპედის კამერას ვბერავთ?

76). რა მოსდის საპნის ბუშტს როცა ის სკდება? სად ქრება იგი?

77). რატომ ეკრობიან ერთმანეთს ფუნჯის ბეწვები წყლიდან ამოდების შემდეგ?

78). რატომ ხერხდება წყლის გადმოდერა წვეთობით მინის წრილყელიანი წურჭლიდან, ხოლო ვერცხლისწყლის არა?

79). გარეთ მთელი დღე შემოდგომის წვიმიანი დღეა. სამზარეულოში გასაშრობად კიდია სარეცხი. გაშრება თუ არა ის უფრო სწრაფად თუ სარკმელს გამოვადებთ?

80). ცნობილია, რომ როდესაც ატმოსფერული ჰაერი გადალახავს მაღალი მთის მასივს მისი ტემპერატურა გადალახვის მერე უფრო მაღალია ვიდრე გადალახვამდე. რით აიხსნება ეს მოვლენა?

81). რატომ ტოვებს თეთრ კვალს თვითმფრინავი ცაში?

82). ცხადია მუდმივი ძრავის აგება შეუძლებელია, ვინაიდან ეს ეწინააღმდეგება ენერჯის შენახვის კანონს. მაგრამ რატომ არ ააგო ვინმემ ისეთი მოწყობილობა, რომელიც იმუშავებდა მსოფლიო ოკეანეების გაცივების ხარჯზე?

მართლაც ცნობარებიდან ვიგებთ, რომ ოკეანეების ჯამური მასა დაახლოებით შეადგენს  $1,4 \cdot 10^{21}$  კგ-ს. ვინაიდან წყლის სითბოტევადობა ტოლია  $4,2$  კჯ/(კგ·K) – ის, მსოფლიო ოკეანეების წყლის  $1$  K - ით გაცივებისას გამოიყოფა სითბო:

$$1,4 \cdot 10^{21} \text{ კგ} \cdot 4,2 \text{ კჯ}/(\text{კგ} \cdot \text{K}) \approx 6 \cdot 10^{24} \text{ ჯ.}$$

დედამიწაზე არსებული ყველა ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ენერჯია დაახლოებით ტოლია  $2 \cdot 10^{19}$  ჯ-ის, ეს კი იმას ნიშნავს, რომ მსოფლიო ოკეანიდან მიღებული ენერჯია კაცობრიობას ეყოფა ათასობით წლის განმავლობაში.

პრაქტიკულად ეს იქნებოდა მუდმივი ძრავა. მეცნიერებაში მას ეწოდება “მეორე გვარის მუდმივი ძრავა”. სხვათაშორის შევნიშნოთ, რომ მეორე გვარის მუდმივი ძრავას აგება არ ეწინააღმდეგება ენერჯის შენახვის კანონს.

83). ნორმალურ პირობებში ჰაერი შეიძლება ჩაითვალოს იდეალურ აირად. მისი შინაგანი ენერჯია პირდაპირპროპორციულია მასის  $m$  და აბსოლუტური ტემპერატურის  $T$ :

$$U = \alpha m T$$

სადაც  $\alpha$  პროპორციულობის კოეფიციენტია და წარმოადგენს კუთრ სითბოტევადობას.

ოთახის გათბობისას ჰაერი თბება, ფართოვდება და მისი ნაწილი სხვასხვა ღრეხობიდან გამოდის ოთახიდან, ასე, რომ ოთახში მყოფი ჰაერის მასა მცირდება. ამ დროს ოთახის მოცულობა და ჰაერის წნევა მის შიგნით უცვლელია. ამიტომ შინაგანი ენერჯის ცვლილება შეიძლება ასე ჩავწეროთ:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \alpha m_2 T_2 - \alpha m_1 T_1 = \alpha (m_2 T_2 - m_1 T_1).$$

გამოვიყენოთ კლაპეირონის ფორმულა

$$Pv = \frac{m}{\mu} RT.$$

ვინაიდან, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ოთახში წნევა მუდმივია და ის ტოლია გარეშე წნევის და იცვლება მხოლოდ ჰაერის მასა, მივიღებთ:

$$m_2 T_2 = m_1 T_1 = \frac{Pv\mu}{RT} = const.$$

აქედან გამოდის, რომ ღუმელში შეშის წვის მიუხედავად ჰაერის შინაგანი ენერჯია ოთახში უცვლელი რჩება.



რატომ ვათბობთ მაშინ საცხოვრებელ შენობას და სად მიდის წვის შედეგად გამოყენებული სითბო?

84). ვთქვათ ორი ერთნაირი რადიუსის რკინის ბირთვი, რომელთაგან ერთი მაგიდაზე დევს, ხოლო მეორე პრაქტიკულად უჭიმვად ძაფზეა დაკიდებული, გაახურეს  $20 -$  დან  $100^{\circ}\text{C}$  - მდე. ერთი შეხედვით გადაცემული სითბოს რაოდენობის საანგარიშო ფორმულის

$$\Delta Q = mc\Delta t$$

შესაბამისად, ბირთვებისათვის გადაცემული სითბოს რაოდენობები ერთნაირი უნდა იყოს. სინამდვილეში პირველი ბირთვისთვის გადაცემული სითბო მეტია. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ პირველი ბირთვის მასალის სითბოტევადობა მეტია ვიდრე მეორის, მაგრამ ორივე ხომ რკინისაგანაა დამზადებული?

რატომ გახდა ეს შესაძლებელი? როგორი სითბოტევადობათა მნიშვნელობებია მოყვანილი ფიზიკურ ცნობარებში?

85). რა მოხდება თუ  $0^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურის ყინულს მოვასხამთ ცხელ წყალს? უდავო გვეჩვენება, რომ ყინული მთლიანად ან ნაწილობრივ გადნება იმის და მიხედვით საკმარისია თუ არა წყალი. თუ ყინული  $0^{\circ}\text{C}$ -ზე გაცილებით დაბლაა გაცივებული ყინული არ გადნება, არამედ რამდენადმე გათბება. მაგრამ რით აიხსნება მოულოდნელი შედეგი, რომელიც მიიღება შემდეგი ამოცანის ამოხსნისას?

ვთქვათ  $1$  ლ  $100^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურის წყალი ჩასხმულია  $1$  კგ მასის დოქში, რომელიც დამზადებულია  $0,838$  კჯ/(კგ·C) კუთრი სითბოტევადობის მქონე მასალისგან. დოქში დევს  $1,3$  კგ  $0^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურის ყინული. რა ტემპერატურა დამყარდება დოქში წყლის ჩასხმის შემდეგ?

შევადგინოთ სითბური ბალანსის განტოლება:

ცხელი წყლის მიერ გაცემული სითბო –  $1 \text{ კგ} \cdot 4,19 \text{ კჯ}/(\text{კგ} \cdot \text{C}) (100^{\circ}\text{C} - t)$ ,

დოქის მიერ მიღებული სითბო -  $1 \text{ კგ} \cdot 0,838 \text{ კჯ}/(\text{კგ} \cdot \text{C})t$ ,

ყინულის გადნობაზე დახარჯული სითბო –  $1,3 \text{ კგ} \cdot 335 \text{ კჯ}/\text{კგ}$ ,

წარმოქმნილი წყლის გათბობაზე დახარჯული სითბო -  $1 \text{ კგ} \cdot 4,19 \text{ კჯ}/(\text{კგ} \cdot \text{C})t$ .

ენერჯის შენახვის კანონიდან გამომდინარე შეგვიძლია დავწეროთ:

$$1 \text{ კგ} \cdot 4,19 \text{ კჯ}/(\text{კგ} \cdot \text{C}) (100^{\circ}\text{C} - t) = 1 \text{ კგ} \cdot 0,838 \text{ კჯ}/(\text{კგ} \cdot \text{C})t + 1,3 \text{ კგ} \cdot 335 \text{ კჯ}/\text{კგ} + 1 \text{ კგ} \cdot 4,19 \text{ კჯ}/(\text{კგ} \cdot \text{C})t.$$

ამ განტოლების ამოხსნით მივიღებთ  $t = -1,6^{\circ}\text{C}$ , ე.ი. მდუღარე წყლის დამატების შემდეგ ყინულის ტემპერატურა შემცირდა.

როგორ აიხსნება ეს უცნაური შედეგი?

86). შეიძლება თუ არა გავზარდოთ სხეულის ტემპერატურა ისე, რომ მას არ გადავცუთ სითბო?

შეეცადეთ მოიყვანოთ იმ სხეულების ტემპერატურის ზრდის მაგალითები, რომლებიც მონაწილეობას არ იღებენ გარემოსთან სითბოს ურთიერთცვლის პროცესში.

87). ისეთ ცივ ქვეყნებში როგორებიცაა კანადა ან ისლანდია, კარგადაა ცნობილი, რომ გარეთ ყინვისას გადგმული ცხელი წყალი უფრო სწაფად იყინება, ვიდრე ცივი. ეს შეიძლება შეუძლებლად მოგეჩვენოთ, მაგრამ ფაქტია, რომელსაც თავის დროზე ფრანსის ბეკონიც აღნიშნავდა. რით აიხსნება ეს მოვლენა?

88). რატომ შეიძლება “მიეყინოს” თითო ცივ ლითონს?

89). რატომ არ გრძნობს თვალი სიცივეს?

90). წარმოვიდგინოთ სტარტზე ვერტიკალურად მდგომი რაკეტა. მისი წვევის ძალა შეიძლება შეიცვალოს ძალიან ფართო ფარგლებში საწვავის მიწოდების რეგულირებით და შესაძლებელია ისეთი წვევის ძალის განვითარება, რომ ის ზუსტად ტოლი იქნება რაკეტის წონის. ამ შემთხვევაში რაკეტა უძრავად იქნება “ჩამოკიდებული” დედამიწის ზედაპირის მიმართ.

იქნება ერთი შეხედვით პარადოქსალური სიტუაცია: ძრავაში იწვის საწვავი, ვითარდება ძალიან დიდი წვევა, მაგრამ შესრულებული მუშაობა  $A = FS$  ფორმულის თანახმად ნულის ტოლია, ვინაიდან გადაადგილება  $S$  ნულის ტოლია.

სად მიდის ამ დროს საწვავის ენერგია?

91). სისტემამ მუშაობა რომ შეასრულოს საჭიროა მას მიეწოდოს ენერგია. ასე მაგალითად, ცილინდრში დგუშის ქვეშ მყოფი აირის მიერ მუშაობის შესასრულებლად – დგუშის ასწევად, საჭიროა აირის გათბობა.

მაგრამ ზოგჯერ იგივე შედეგი შეიძლება მივიღოთ საწინააღმდეგო ქმედებით: ჩავასხათ წყალი ბოლომდე თუჯის სფეროში და მჭიდროდ დავხუროთ. გავაცივოთ სფერო ისე, რომ მასში მყოფი წყალი გაიყინოს, ვნახავთ, რომ სფერო გასკდება, ე.ი. შესრულდება მუშაობა.

საიდან მოვიდა ის ენერგია, რომელმაც სფერო გახეთქა?

92). ტროლეიბუსში, ავტობუსში, ტრამვაიში კარების გაღება და დახურვა ხდება შეკუმშული ჰაერით. ყოველგვარი მუშაობა, როგორც ცნობილია, ხორციელდება რაღაც ენერგიის წყაროთი. ზოგჯერ ამბობენ, რომ “შეკუმშული აირი მუშაობას ასრულებს იმ პოტენციური ენერგიის ხარჯზე, რომელიც მას გააჩნია”. მაგრამ ასეთი მსჯელობა მცდარია. სინამდვილეში არცთუ ძლიერ შეკუმშული ჰაერი ოთახის ტემპერატურაზე, იდეალური აირის მსგავსია, რომლის შინაგანი ენერგია დამოკიდებული არაა მოცულობაზე ვინაიდან იდეალური აირის მოლეკულები

ერთმანეთთან არ ურთიერთქმედებენ. ამიტომ ჰაერის არც შეკუმშვის და არც გაფართოების დროს შინაგანი ენერგია პრაქტიკულად არ იცვლება.

ენერგიის რა წყაროს საშუალებით იხურება და იღება კარები?

93). ბიჭმა შენიშნა, რომ წყალი ჭიქაში, რომელშიც ელექტრომაღულარა ძეგს, უფრო სწრაფად აღუდდება თუ მას დავდგამთ არა ცენტრალური გათბობის რადიატორზე, არამედ მის ზემოთ განთავსებულ ფანჯრის რაფაზე. რით შეიძლება ამ მოვლენის ახსნა?

94). იღუდებს თუ არა წყალი სინჯარაში, რომელიც ჩაშვებულია მდულარე წყლიან კოლბაში?

95). ორი მოსწავლე შევიდა სასადილოში და მესამე კერძად აიღო ჩაი. პირველმა მოსწავლემ მაშინათვე გახსნა ჭიქაში შაქარი, ხოლო მეორემ ჯერ შეჭამა პირველი კერძი, მერე მეორე და ამის შემდეგ გახსნა შაქარი. რომელი მოსწავლე დალევს უფრო ცხელ ჩაის?

96). შეიძლება თუ არა აირის სითბოტევადობა იყოს უარყოფითი?

97). წყლით სავსე მჭიდროდ დახურული ბოთლის შიგნით იმყოფება ჰაერის ბუშტულა. როდის იქნება ბუშტულის ზომები უფრო დიდი როცა წყალი თბილია, თუ როდესაც ცივია?

98). ცნობილია, რომ ინდოელ იოგებს შეუძლიათ გაიარონ გავარვარებულ ნაკვერჩხლებზე ისე, რომ ფეხისგული არ დაეწვათ. რით აიხსნება ეს მოვლენა?

99). კონდენსატორის ბრტყელ ფირფიტებს შორის ჩამოკიდებულია მსუბუქი ლითონის ბურთულა, კონდენსატორის ფირფიტებზე მუდმივი ძაბვის მოდების შემდეგ ბურთულას მიიზიდავს ერთ-ერთი ფირფიტა, შეეხება რა მას ბურთულა ის განიზიდება მეორე ფირფიტისაკენ და ასეთი მოძრაობები განმეორდება მრავალჯერ. ახსენით ეს მოვლენა.

100). რატომ განიმუხტება აუცილებლად ოთახის პირობებში დამუხტული ელექტროსკოპი?

101). ბრტყელი საჰაერო კონდენსატორის ფირფიტებს შორის მიზიდულობის ძალა იანგარიშება ფორმულით:

$$F = QE$$

სადაც  $Q$  კონდენსატორის ერთ-ერთი ფირფიტის მუხტია, ხოლო  $E$  ფირფიტებს შორის ელექტრული ველის დაძაბულობა.

ბრტყელი კონდენსატორის ფირფიტებს შორის ელექტრული ველი ერთგვაროვანია და ელექტრული ველის დაძაბულობა დამოკიდებული არაა მათ შორის მანძილზე:

$$E = \frac{Q}{2\epsilon_0 S},$$

სადაც  $\epsilon_0$  ელექტრული მუდმივაა,  $S$  - ფირფიტის ფართობი (ეს და შემდეგი ფორმულები ჩაწერილია SI სისტემაში). ამიტომ ფირფიტებს შორის მიზიდულობის ძალა არ უნდა შეიცვალოს თუ ფირფიტებს ცოტა დაეუახლოვებთ ან დაეაშორებთ ერთმანეთს.

ხომ არ ეწინააღმდეგება ეს კულონის კანონს

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon_0 R^2},$$

რომლის მიხედვითაც მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალა უკუპროპორციულია მათ შორის მანძილის კვადრატის?

102). მუავა აკუმულატორის კორპუსზე, რომლის შიგა წინაღობა 0,1 ომია, გაკეთებულია წარწერა “ელექტრომამოძრავებელი ძალა 4 ვ, მაქსიმალური განმუხტვის დენი 4 ა”. თუ აკუმულატორის პოლუსებს მიეუერთებთ გამტარს თუნდაც 0,1 ომი წინააღობით, მივიღებთ დენს, რომლის სიდიდეა

$$\frac{4 \text{ ვ}}{0,1 \text{ ომი} + 0,1 \text{ ომი}} = 20 \text{ ა}$$

ე.ი. მითითებულზე 5 – ჯერ მეტს.

რა არის ამ განსხვავების მიზეზი?

103). მოსწავლემ ომმეტრით გაზომა 100 ვტ-იანი ნათურის წინააღობა და მიიღო 35 ომი. მიღებული შედეგის შესამოწმებლად მან გადაწყვიტა გამოეანგარიშებინა წინააღობა ნათურაზე აღნიშნული სიმძლავრისა და ნომინალური ძაბვის მიხედვით, რომელიც 220 ვ-ის ტოლია.

გამოიყენა რა ცნობილი ფორმულა  $R = U^2/N$ , სადაც  $N$  სიმძლავრეა, მან მისდა გასაოცრად მიიღო 484 ომი, ე.ი. 14-ჯერ მეტი სიდიდე ვიდრე გაზომილი.

რით აიხსნება მიღებული შედეგების სხვაობა?

104) რატომაა მოკლე ჩართვისას ძაბვა დენის წყაროს მომჭერებზე თითქმის ნულის ტოლი, მიუხედავად იმისა, რომ დენი წრედში მაქსიმალურია?

- 105). წარმოადგენს თუ არა დენის წყარო წრედში ელექტრული მუხტების წყაროს?
- 106). ვარვარების ნათურის ძაფი ძლიერ ხურდება მაშინ როდესაც მიმყვანი გამტარები ცივია. რატომ?
- 107). სად არის ელექტრონების კონცენტრაცია მეტი ლითონის ზედაპირზე, თუ მის შიგნით?
- 108). რატომ არის, რომ ელექტროლიტში დენის გავლისას ელექტროდებზე გამოიყოფა ნივთიერება, ხოლო ლითონში გავლისას ამას ადგილი არა აქვს?
- 109). გალვანურ აბაზანის, ექსპლოატაციისას, ზოგჯერ ცვლიან დენის მიმართულებას. რატომ?
- 110). განუზავებელ გოგირდმჟავას ინახავენ რკინის ჭურჭელში, ხოლო განზავებულს – მინის ჭურჭელში. რატომ?
- 111). რატომ გვიჩვენებს დენს გალვანომეტრი თუ მის მომჭერებზე მიერთებულ ფოლადისა და ალუმინის მავთულების მეორე ბოლოებს ჩავარჭობთ ლიმონში ან ვაშლში? და არის ამის მიზეზი?
- 112). როგორ დავადგინოთ ავტომობილის აკუმულატორის პოლუსების ნიშნები ორი ცალი სპილენძის გამტარით და ნედლი კარტოფილით.
- 113). რკინის ნაჭერს ზემოდან მივუახლოვოთ მაგნიტი. თუ რკინის ნაჭრის წონა და მანძილი ამ ნაჭერსა და მაგნიტს შორის ძალიან დიდი არ არის რკინა მიეკრობა მაგნიტს. აღვნიშნოთ ნაჭრის წონა  $P$ -თი, ხოლო მანძილი მაგნიტამდე  $h$ -ით, მაშინ მაგნიტის მიერ შესრულებული მუშაობა იქნება  $A = Ph$ .
- ცალკეულ თითოეულ შემთხვევაში ეს მუშაობა რა თქმა უნდა მცირეა, მაგრამ ცდა შეიძლება გავიმეოროთ რამოდენიმეჯერ. ამასთან მაგნიტი არავითარ თვალშისაცემ ცვლილებას არ განიცდის და მისი “მაგნიტური ძალაც” არ სუსტდება.
- ხომ არ ეწინააღმდეგება ეს ენერჯის შენახვის კანონს?
- 114). ელექტროძრავაზე მიმაგრებულ ფირფიტაზე გაკეთებულია წარწერა:

$$U = 220 \text{ ვ}, \quad I = 5 \text{ ა}, N = 0,9 \text{ კვტ.}$$

თუ ჩვეულებრივ, როგორც ეს კეთდება სიმძლავრის გაანგარიშებისას, გადავამრავლებთ პირველ ორ ციფრს, მივიღებთ 1.1 კვტ.

რატომაა ფირფიტაზე სხვა ციფრი მითითებული?

115). გამოთვლებით დადგენილია, რომ 1 მმ<sup>2</sup> განივკვეთის სპილენძის გამტარში 6 ადენის გავლისას ელექტრონების მოძრაობის სიჩქარეა 0.03 სმ/წმ. შეიძლება ვთქვათ, რომ ეს სიჩქარე საკმაოდ მცირეა. მაგრამ სინამდვილეში ჩვენ ვამჩნევთ, რომ ჩამრთველის ჩართვისას ნათურა მყისიერად აინთება. როცა ვლამპარაკობთ საქალაქთაშორისო ტელეფონით ერთი კონტინენტიდან მეორეზე ისეთი შთაბეჭდილება რჩება თითქოს ჩვენი თანამოსაუბრე ჩვენს გვერდითაა. როგორ შევათანხმეთ ერთმანეთთან ელექტრონების ნელი მოძრაობა და სიგნალის სწრაფი გადაცემა?

116). როგორ ხორციელდება ენერჯის გადაცემა ტრანსფორმატორის პირველადი კოჭიდან მეორედზე, ისინი ხომ ერთმანეთთან გამტარით არაა მიერთებული.

117). ნახევარგამტარებში მუხტის გადამტანების კონცენტრაცია გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე ლითონებში. ერთმანეთთან მიმდევრობით მიერთებულია ერთნაირი განივკვეთის ნახევარგამტარი და ლითონის გამტარი, რომლებსაც ტოლი განივკვეთები აქვთ. რის ხარჯზე იქნება დენის სიდიდე ერთნაირი ნახევარგამტარსა და ლითონში?

118). საკვლევე ლაბორატორიაში ცვლად მაგნიტურ ველში ნახევარგამტარების ქცევის შესასწავლად, მაგნიტური ველის შექმნის მიზნით მუყაოს კარკასზე დაახვიეს კოჭა და მასში გაატარეს დენი. ვინაიდან ცდისთვის სასურველი იყო მაქსიმალური დაძაბულობის მაგნიტური ველის მიღება, ლაბორანტმა ერთმანეთზე დაახვია სამი ერთნაირი კოჭა, ივარაუდა რა, რომ მათი პარალელური შეერთებით მიიღებდა სამჯერ მეტ დაძაბულობას.

ცდამ აჩვენა, რომ სამი კოჭას მაგნიტური ველი იგივე სიდიდის იყო როგორც ერთის. ლაბორატორიის ხელმძღვანელმა, რომელსაც მიმართა ლაბორანტმა, აუხსნა ამ მოვლენის მიზეზი, მაგრამ ამასთან შენიშნა, რომ სამი კოჭას პარალელურ შეერთებას მაინც აქვს აზრი.

რატომ დარჩა უცვლელი მაგნიტური ველი და რატომაა სამი კოჭას გამოყენება უფრო ხელსაყრელი ვიდრე ერთის?

119). ვარვარების ნათურაში ატარებენ ერთნაირი ძაბვის ჯერ მუდმივ, ხოლო შემდეგ ცვლად დენს. გამოიყოფა თუ არა ერთნაირი რაოდენობის სითბო ამ შემთხვევაში?

120). ცნობილია დენი, რომელიც ჩნდება ხეზე მუხის დარტყმისას, ადამიანს მაშინაც კი აზიანებს როდესაც ის არ ეხება ხეს. რატომ?

121). რატომ გაჩნიათ მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემ ანძებს ორი დამატებითი გამტარი, რომლებიც იზოლირებულია ანძებისაგან და რომლებიც განლაგებულია ძირითადი გამტარების ზემოთ.

122). შემჩნეულია, რომ მესი უფრო ხშირად ეცემა ხეებს, რომელთა ფესვებიც ღრმად ჩადის მიწაში. რატომ?

123). ვთქვათ გვაქვს  $C_1 = 1$  მკფ ტევადობის ბრტყელი კონდენსატორი, რომელშიც დიელექტრიკულ ფენად გამოყენებულია მინის თხელი ფირფიტა, რომლის ფარდობითი დიელექტრიკული შეღწევადობა  $\epsilon_{\text{ფ}} = 5$  და კონდენსატორის შემონაფენებს შორის ძაბვა  $U_1 = 100$  ვ. მაშინ ვიანგარიშებთ რა კონდენსატორის ენერგიას ფორმულით:

$$W_1 = \frac{CU^2}{2}$$

მივიღებთ  $W_1 = 0,005$  ჯ. მას შემდეგ რაც ექსპერიმენტატორმა გამოიტანა მინის ფირფიტა კონდენსატორიდან, ტევადობა შემცირდა და გახდა  $C_2 = \frac{C_1}{5} = 0,2$  მკფ. ვინაიდან მუხტის სიდიდე კონდენსატორში არ შეცვლილა, პოტენციალთა სხვაობა ფირფიტებს შორის გაიზარდა იმდენჯერ რამდენჯერაც შემცირდა ტევადობა, ე.ი. 5-ჯერ და გახდა  $U_1 = 500$  ვ.

აქედან გამომდინარე, კონდენსატორის ენერგია მინის ფირფიტის მოშორების შემდეგ გახდა:

$$W_2 = \frac{0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 25 \cdot 10^6 \cdot 2}{2} = 0,025 \text{ ჯ.}$$

რის ხარჯზე გაიზარდა კონდენსატორის ენერგია? ის ხომ არ ყოფილა მიერთებული დენის წყაროსთან.

124). თუ სიბნელეში ავურევთ შაქარს ჭიქაში შეიძლება შევამჩნიოთ ნათება (ტრიბოლუმინესცენცია). რა არის ამის მიზეზი?

125). ჩვეულებრივ მიიჩნევა, რომ ყოველ მაგნიტს გააჩნია ორი პოლუსი – ჩრდილო და სამხრეთი. მაგრამ ქვემოთ მოყვანილი მსჯელობა თითქოს აბათილებს ამ აზრს.

ავიღოთ ფოლადის ბირთვი და ის ზედაპირიდან ცენტრისკენ დავჭრათ პირამიდებად. ანუ ისე, რომ პირამიდების წვერო ემთხვეოდეს ბირთვის ცენტრს, ხოლო ფუძე იყოს ბირთვის ზედაპირის რაღაც ნაწილი. მიღებული პირამიდები დავამაგნიტოთ ისე, რომ მათი წვეროები იყოს ერთსახელა: ე.ი. ყველა სამხრეთი ან ყველა ჩრდილოეთი. ამის შემდეგ ისევ ავაწყოთ ბირთვი, მაშინ, ცხადია ზედაპირზე დარჩება ერთი პოლუსი და შესაბამისად მივიღებთ ერთპოლუსიან მაგნიტს?!

126). 120 ვ დენის წყაროსთან დამატებით 40 ომიანი წინააღობით მიერთებულია ხელსაწყო, რომელიც მოიხმარს 50 ვტ ენერგიას.

ამ მონაცემებით ვიანგარიშოთ ხელსაწყოში გამავალი დენი.

ცხადია ხელსაწყოზე ძაბვისა და წინაღობაზე ძაბვების ჯამი ტოლი უნდა იყოს ქსელის ძაბვის:

$$U_j = U_b + U_{\text{წ}}$$

თუ  $N$ -ით აღვნიშნავთ ხელსაწყოს სიმძლავრეს,  $I$ - თი დენის ძაღას წრედში,  $R$ -ით დამატებითი წინაღობის სიდიდეს, მივიღებთ განტოლებას:

$$\frac{N}{I} + IR = U_j$$

რიცხვითი მონაცემების ჩასმის შემდეგ გვექნება:

$$\begin{aligned} \frac{50}{I} + 40I &= 120 \\ 40I^2 - 120I + 50 &= 0 \end{aligned}$$

ამ კვადრატული განტოლების ამოხსნის შემდეგ მივიღებთ დენის ძაღის ორ მნიშვნელობას:

$$I_1 = 0,5 \text{ ა და } I_2 = 2,5 \text{ ა.}$$

რა სიდიდს დენი გაღის სინამდვილეში ხელსაწყოში?

127). ვთქვათ გვაქვს  $r$  სიდიდის შიგა წინაღობის მქონე მუდმივი დენის წყარო და მასთან მიერთებული  $R$  წინაღობა.  $I$  იყოს წრედში გამავალი დენის სიდიდე,  $N_1$  კი  $R$  წინაღობაზე გამოყოფილი სიმძლავრე,  $N_2$  - მთლიანად წრედის სიმძლავრე, მაშინ მარგი ქმედების კოეფიციენტი იანგარიშება ფორმულით:

$$K = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I^2 R}{I^2 (R+r)} = \frac{R}{R+r},$$



ეს ფორმულა შეიძლება ასეც ჩავწეროთ

$$K = \frac{1}{1 + \frac{r}{R}}$$

ამ უკანასკნელიდან ჩანს, რომ რაც უფრო მეტჯერ აღემატება  $R$   $r$ -ს მით მეტია მარგი ქმედების კოეფიციენტი.

თუ ეს ასეა, მაშინ რატომ ცდილობენ მომხმარებლისა და დენის წყაროს ისე შერჩევას, რომ მათი წინაღობები რაც შეიძლება ახლოს იყოს ერთმანეთთან, თუმცა ამ შემთხვევაში მარგი ქმედების კოეფიციენტი მხოლოდ 50% - ია?

128). ფიზიკის წრის მოსწავლეები ტემპერატურის გასაზომად იყენებდნენ თერმოწყვილს და გალვანომეტრს. მაგრამ ცდის ბოლოს ტემპერატურა იმდენად დიდი გახდა, რომ გალვანომეტრის ისარი გასცდა სკალას. გალვანომეტრის მგრძობიარობის შესამცირებლად ერთ-ერთმა მოსწავლემ წამოაყენა წინადადება გალვანომეტრთან მიერთებინათ იმავე სიდიდის წინაღობათა წყობილი. ის ფიქრობდა, რომ ასეთი შუნტის ჩართვის შემდეგ გალვანომეტრში გაივლიდა მთლიანი დენის მხოლოდ ნახევარი და გალვანომეტრის ისარი “დაუბრუნდებოდა” სკალას. წინადადება მიღებულ იქნა, მაგრამ ახალგაზრდა ფიზიკოსების გასაკვირვად შუნტმა არავითარი გავლენა არ მოახდინა გალვანომეტრის ჩვენებაზე. ფიქრის შემდეგ მეგობრებმა დაადგინეს, რომ ეს ასეც უნდა მომხდარიყო. როგორ ახსნეს მათ ეს ფაქტი?

129). თუ ელექტროლიტურ აბაზანაში დენის ძალა ტოლია  $I$ -ს, მაშინ ელექტროდზე  $t$  დროში გამოიყოფლი ნივთიერების  $m$  მასა, ფარადეის კანონის თანახმად, იანგარიშება ფორმულით:

$$m = kIt,$$

სადაც  $k$  ნივთიერების ელექტროქიმიური ეკვივალენტია.

თუ ერთმანეთთან მიმდევრობით შევაერთებთ  $n$  რაოდენობის ერთნაირ აბაზანას, ყველა მათგანში გაივლის ერთიდაიგივე სიდიდის  $I$  დენი და ყველა აბაზანაში ერთად გამოიყოფა  $n$ -ჯერ მეტი ნივთიერება, ვიდრე ერთში. ხომ არ ნიშნავს ეს იმას, რომ მთლიანი მოწყობილობის მარგი ქმედების კოეფიციენტი ასევე  $n$ -ჯერ მეტია ერთი აბაზანის მარგი ქმედების კოეფიციენტზე?

130). შეიძლება თუ არა დადებითად დამუხტული სფეროს საშუალებით ისე, რომ მისი მუხტი არ შეიცვლოს, დავმუხტოთ ორი სხვა სფერო – ერთი დადებითად, ხოლო მეორე – უარყოფითად.

131). წყლით სავსე ჭიქაში მოათავსეს ქინძისთავი ისე, რომ ის ცურავს. საით გადაადგილდება ქინძისთავი თუ მასთან ახლოს მივიტანთ ებონიტის ღეროს?

132). ორი ერთნაირი ჭიქიდან ერთში ასხია გამოსხილი, ხოლო მეორეში - ტკბილი წყალი. ორივე ჭიქა ღიაა და ერთმანეთის გვერდით დგას ოთახში სადაც ტემპერატურა  $20^{\circ}\text{C}$ -ის ტოლია. რა შეიძლება ითქვას თითოეულ ჭიქაში წყლის ტემპერატურის შესახებ?

133). მეტალურგებს ქარხანაში მუშაობა უხდებათ მძიმე პირობებში. გავარგარებული ლითონი ქმნის ძალიან მაღალ ტემპერატურას. ერთი შეხედვით ისე ჩანს, რომ მათი ტანსაცმელი დამზადებული უნდა იყოს დაბალი სითბოგამტარობის მასალისაგან. სინამდვილეში მათ ტანსაცმელს ფარავენ ლითონის თხელი ფენით, რომელიც სითბოს ძალიან კარგი გამტარია. რა მიზნით აკეთებენ ამას?

134). რით აიხსნება შემდეგი მოვლენა:  $800^{\circ}\text{C}$ -მდე გახურებული რკინა ანათებს ძალიან კაშკაშად, ხოლო ამავე ტემპერატურამდე გახურებული კვარცის ნათება ძლივს შესამჩნევია?

135). სინათლის ტალღის სიგრძე –  $\lambda$ , სიჩქარე –  $c$  და გარდატეხის მაჩვენებელი –  $n$ , ერთმანეთთან დაკავშირებულია ფორმულით:

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{c_1}{c_2} = n_{1,2}.$$

მოყვანილი ტოლობიდან ჩანს, რომ ერთი გარემოდან მეორეში გადასვლისას სინათლის ტალღის სიგრძე იცვლება. ასე მაგალითად თუ ჰაერში ტალღის სიგრძეა 0,65 მკმ, წყალში, რომლის გარდატეხის მაჩვენებელი ჰაერის მიმართ 1,33 - ის ტოლია, ტალღის სიგრძე იქნება ნაკლები:

$$\lambda_2 = \frac{\lambda_1}{n_{1,2}} = \frac{0,65}{1,33} \approx 0,49 \text{ მკმ.}$$

0,65 მკმ ტალღის სიგრძე შეესაბამება წითელ სინათლეს, 0,49 მკმ-ცისფერს.

ხომ არ ნიშნავს ეს იმას, რომ წითელი ფანრის შუქს წყალში მყოფი მყვინთავი აღიქვამს ცისფრად?

136). რატომ არ რწყავენ მცენარეებს მზიან ცხელ ამინდში?

137). სიგარეტის მწვეველ ადამიანზე დაკვირვება გვიჩვენებს, რომ კვამლს გააჩნია ან მოცისფრო ან მოწითალო-ყვითელი შეფერილობა იმის და მიხედვით თუ როგორი მდგომარეობა უკავია დამკვირვებელს მწველის, კვამლისა და სინათლის წყაროს მიმართ.

რატომაა კვამლის შეფერილობა დამოკიდებული დამკვირვებლის პოზიციაზე?

138). რატომ ირხევა საგნის კონტურები ცხელ ამინდში?

139). რით აიხსნება ძვირფასი ქვების ბრწყინვა?

140). რატომ არის დღისით ძნელი გარედან ოთახის დათვალიერება ფანჯრის მინებიდან?

141). ტელესკოპის გამადიდებლობის ქვეშ იგულისხმება, ფარდობა, რომელიც გვიჩვენებს თუ რამდენჯერ მეტია კუთხე რომლიდანაც ჩანს მნათობი კუთხეზე, რომლითაც ეს მნათობი ჩანს შეუიარაღებელი თვალით.

ვარსკვლავების ძალიან დიდი დაშორების გამო (გაგისხენოთ, რომ უახლოესი ვარსკვლავიდანაც კი სინათლე, რომლის სიჩქარე შეადგენს 300 000 კმ/წმ-ს, მოდის დაახლოებით ორი წლის განმავლობაში!). კუთხე საიდანაც შეუიარაღებელი თვალით ჩანს ვარსკვლავი პრაქტიკულად ნულის ტოლია. ამიტომ ძალიან ძლიერ, თანამედროვე ტელესკოპებშიც კი ვარსკვლავები ჩანან როგორც წერტილები.

გამომდინარეობს თუ არა აქედან, რომ ტელესკოპები შეიძლება გამოყენებულ იქნას მხოლოდ ახლოს მდებარე ობიექტების, მაგალითად, პლანეტების შესასწავლად და გამოუსადეგარნი არიან ვარსკვლავების დასამზერად?

142). სინათლის სხივი რომელი ფერის ქაღალდზე აწარმოებს მეტ წნევას, შავზე თუ თეთრზე?

143). რატომ შეიძლება ერთდამიმავე სიმძლავრის ლუმინესცენტურ ე.წ. დღის ნათების ნათურას ვუყუროთ თავისუფლად ისე, რომ თვალი არ მოგგვრას, ხოლო ვარვარების ნათურას არა?

144). როგორი ნათურების დაყენებაა უკეთესი მაღაზიებში, სადაც ყიდიან ქსოვილებს: ვარვარების ნათურების თუ დღის განათების?

145). თუ ერთმანეთთან ძალიან ახლოს მივიტანთ საჩვენებელ და ცერა თითს და გავხედავთ სინათლეზე, შევამჩნევთ ბნელ ზოლს. რატომ?

146). თუ წყლის ზედაპირი ირხევა, გამოსახულება მასში იღებს სხვადასხვა უჩვეულო ფორმებს. რატომ?

147). საით უბერავს ქარი ჭექა-ქუხილის დროს?

148). თუ საგანს დაეაკვირდებით წვრილი ნახვრეტიდან შეიძლება მივიღოთ საგნის მკვეთრი გამოსახულება. ნახვრეტის ზომის შემცირებასთან ერთად სიმკვეთრე დაიკარგება. რატომ?

149). ატომის აგებულება (ატომბირთვის ირგვლივ მოძრაობენ ელექტრონები) გავს მზის სისტემის აგებულებას (მზის ირგვლივ მოძრაობენ პლანეტები). რა განსხვავებაა მათ შორის?

150). რით განსხვავდება ძირითად მდგომარეობაში მყოფი ატომი აღგზნებულ მდგომარეობაში მყოფი ატომისაგან?

151). რატომ არ იწვევენ მძიმე ელემენტებში ბირთვულ რეაქციას რადიაქტიური პრეპარატების მიერ გამოსხივებული  $\alpha$ -ნაწილაკები?

## პასუხები და ამოხსნები

1). თანაბარაჩქარებული მოძრაობის დროს აჩქარების მიმართულება ემთხვევა სხეულის მოძრაობის მიმართულებას, ხოლო თანაბარშენელებული მოძრაობის დროს სხეულის მოძრაობის საწინააღმდეგოდ არის მიმართული. ე.ი. დასავლეთის მიმართულებით მოძრავი მატარებლის აჩქარება ისევე, როგორც აღმოსავლეთის მიმართულებით მოძრავი მატარებლის – მიმართულია აღმოსავლეთის მიმართულებით.

2). ერთეულ წონაზე მოსული ზედაპირის ფართი წვრილი ნამსხვრეეების შემთხვევაში გაცილებით მეტია ვიდრე დიდი ქვის შემთხვევაში. ცნობილია, რომ რაც მეტია ზედაპირის ფართობი მით მეტია ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა, ე.ი. დიდი ქვა ნაკლებ წინაღობას განიცდის და უფრო სწრაფად ვარდება.

3). იმისათვის, რომ თვითმფრინავი აფრინდეს საჭიროა ჰაერის მიმართ მას გააჩნდეს საკმარის მაღალი სიჩქარე ცხადია, ჰაერის მიმართ მაქსიმალური სიჩქარე თვითმფრინავს ექნება პირქარის დროს და ამდენად, აფრენა ხელსაყრელია ქარის საწინააღმდეგო მიმართულებით.

4). მდინარის დინების მართობული მიმართულებით.

5). სხეულის სიჩქარის გაზრდისას იზრდება წინააღმდეგობის ძალებიც, რომლებიც საბოლოო ჯამში აწონასწორებენ წვევის ძალას. ამიტომ დროის გარკვეული შუალედის შემდეგ მატარებლის მოძრაობა თანაბარი ხდება.

6). წინააღმდეგობა არ არის. სიჩქარე ვექტორული სიდიდეა და ხასიათდება როგორც რიცხვითი მნიშვნელობით, ასევე მიმართულებით სივრცეში. იცვლება

ვექტორული სიდიდე ნიშნავს, რომ იცვლება ან სიდიდე ან მიმართულება ან ორივე ერთად. წრეწირზე თანაბარი მოძრაობისას სიჩქარის ვექტორის სიდიდე არ იცვლება, მაგრამ იცვლება მიმართულება (ტრაექტორის ყოველ წერტილში გააჩნია ამ წერტილში გავლებული მხების მიმართულება). ამდენად თანაბარი მოძრაობა წრეწირზე აჩქარებული მოძრაობაა.

7). შეიძლება, თუ სპორტსმენი იმოძრაებს თოკის მართობული მიმართულებით წრეწირის მხების გასწვრივ.

8). თვითმფრინავის ფრთის ფართობი საკმაოდ დიდია – დაახლოებით 50 მ<sup>2</sup>. არქიმედეს კანონის თანახმად ამწევი ძალა ტოლია ფრთის ნამრავლისა წნევაზე, ე.ი. გვაქვს:

$$F = PS = 500\,000 \text{ სმ}^2 \cdot 0,01 \frac{\text{კგ}}{\text{სმ}^2} = 5\,000 \text{ კგძ}$$

ეს კი საკმაოდ დიდი ძალაა იმისათვის, რომ თვითმფრინავი წონასწორობაში იყოს (გავიხსენოთ, რომ 1 კგძ ეს არის ძალა რომლითაც 1 კგ მასის სხეული აწევა საყრდენს).

9). ვაგონის დამუხრუჭებისას მგზავრი ინერციით წინ იხრება. ეწინააღმდეგება რა დავარდნას ადამიანი ინსტიქტურად ძაბავს ფეხის კუნთებს. გაჩერებისას მგზავრი ვერ ასწრებს მოდუნებას და ისინი მას უბიძგებენ უკან.

10). ოდესღაც ითვლებოდა, რომ ორთქმავალი ვერ მოიყვანდა მოძრაობაში შემადგენლობას, თუ მისი წონა არ იქნებოდა მეტი შემადგენლობის წონაზე და შესაბამისად, ორთქმავალს უკეთებოდა სხვადასხვა კონსტრუქციის დანამატები.

ამოცანის ამოხსნისას დაშვებულია შეცდომა, კერძოდ სრულიად დაუსაბუთებლად მიღებულია, რომ ვაგონების ბორბლების რელსთან ხახუნის კოეფიციენტი ტოლია ელმავლის წამყვანი ბორბლების რელსთან ხახუნის კოეფიციენტის.

საქმე ისაა, რომ ვაგონებისა და ელმავლის ბორბლის რელსებთან შეხების წერტილები დაძვრის მომენტში უძრავია. მაშასადამე ორივე შემთხვევაში საქმე გვაქვს არა დინამიკურ, არამედ სტატიკურ ხახუნთან, რომლის კოეფიციენტიც არ არის მკაცრად მუდმივი სიდიდე, ის იცვლება 0-დან რაღაც გარკვეულ სიდიდემდე, როდესაც ხდება ადგილიდან “მოწყვეტა” და მოძრაობის დაწყება. ვინაიდან როგორც ელმავლის ისე ვაგონის ბორბლები თავისუფლად ბრუნავენ, ხახუნის კოეფიციენტი მაქსიმალურზე ნაკლებია, მაგრამ ისინი ერთმანეთის ტოლი არაა: ელმავლის წამყვანი ბორბლებისათვის ის უფრო მეტია ვიდრე ვაგონის ბორბლებისათვის. ელმავლის წონის ნამრავლი ხახუნის უფრო დიდ კოეფიციენტზე თანაბარი მოძრაობისას ტოლია შემადგენლობის წონის ნამრავლისა უფრო პატარა ხახუნის კოეფიციენტზე. ელმავლის ხახუნის კოეფიციენტი  $k_1$  და

ვაგონების სახუნის კოეფიციენტი  $k_2$  შეიძლება ერთმანეთისაგან რამდენჯერმე განსხვავდებოდნენ. პირველად ეს ფაქტი ექსპერიმენტალურად დაადასტურა იუინერმა **ჰედლეიმ** ჯერ კიდევ 1813 წელს.

11). მომუშავე ძრავას დგუში ზედა და ქვედა მკვდარ წერტილებში დროის ძალიან მცირე მონაკვეთში ჩერდება და იცვლის მოძრაობის მიმართულებას. ამ დროს ზეთი გამოიდევნება დგუშსა და ცილინდრს შორის არსებული შუალედიდან და შესაბამისად ადგილი აქვს “მშრალ” სახუნს, მანამ სანამ დგუში არ მოხვდება ცილინდრის შეხეთილ უბანში. ჩხადია, მშრალი უბნების ცვეთა მეტია ვიდრე შეხეთილის.

12). მოქანავე ტვირთის წონა ტრაექტორიის ქვედა წერტილში:

$$P = mg + \frac{mv^2}{R},$$

სადაც,  $R$  გვარლის სიგრძეა,  $m$  – ტვირთის მასა,  $v$  – ტვირთის სიჩქარე ქანაობისას. თუ ქანაობა საგრძნობია, სიჩქარე შეიძლება საგრძნობი იყოს და ტვირთის წონამ შეიძლება გადააჭარბოს გვარლის სიმტკიცეს და გვარლი გაწყვიტოს.

13). არისტოტელე თვლიდა, რომ ზემოთ დადებული ტვირთის დანიშნულებაა უბიძგოს ქვედა ტვირთს. სინამდვილეში ეს ასე არ არის: ისინი მოძრაობენ დამოუკიდებლად. რამდენჯერაც გაიზრდება მასა იმდენჯერ გაიზრდება ძალა, ხოლო აჩქარება უცვლელი რჩება, ზუსტად ნიუტონის მეორე კანონის შესაბამისად:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}.$$

14). ქალაქის საჭრელ მაკრატელს გააჩნია გრძელი მჭრელი პირი და თითქმის ასეთივე სიგრძის ტარი, ხოლო ლითონის საჭრელი მაკრატლის მჭრელი პირი მოკლეა, ტარი კი - გრძელი, ვინაიდან ლითონის ჭრისთვის საჭიროა მეტი ძალა ვიდრე ქალაქისათვის.

15). ჩვეულებრივ შეცდომას ხედავენ იმაში, რომ სიჩქარის ზრდასთან ერთად იზრდება წინააღმდეგობის ძალებიც (სახუნი, ჰაერის წინააღმდეგობა), ხოლო ჯამური ძალა და აჩქარება შესაბამისად მცირდება, საბოლოოდ კი სიჩქარეს არ შეუძლია მიიღოს დიდი მნიშვნელობები.

სინამდვილეში საქმე სხვანაირადაა, ვინაიდან შეიძლება წარმოვიდგინოთ ისეთი პირობები, როდესაც წინააღმდეგობის ძალები დამოკიდებული არაა სიჩქარეზე. ასეთია პრაქტიკულად რაკეტის მოძრაობა კოსმოსურ სივრცეში, სადაც ეს ძალები არ არსებობენ ან მათი უგულებელყოფა შეიძლება.

შეცდომის აღმოსაჩენად ვიანგარიშით სიმძლავრე, რომელიც უნდა განავითაროს ველოსიპედისტმა მეოცე წუთის ბოლოს: ვთქვათ წვევის ძალა ტოლია 100 ნ-ის, ხოლო სიჩქარე 600 მ/წმ-ის. ცნობილი ფორმულის გამოყენებით მივიღებთ:

$$N = 100 \text{ ნ} \cdot 600 \text{ მ/წმ} = 60\ 000 \text{ ჯ/წმ} = 60 \text{ კვტ.}$$

ე.ი. მივიღეთ შეუსაბამო შედეგი, ვინაიდან ასეთი სიმძლავრის განვითარება ადამიანს შეუძლია უკიდურესად მცირე დროში, მაგალითად ნახტომის შესრულებისას.

მაგრამ სწორედ ამაში მდგომარეობს ამ პარადოქსის ასხნა: ვინაიდან სიმძლავრის მნიშვნელობამ არ უნდა მიიღოს უაზროდ დიდი მნიშვნელობა, ველოსიპედისტის მიერ განვითარებული წვევის ძალა შემცირდება სიჩქარის ზრდასთან ერთად.

16). მიუნხაუზენსა და ველოსიპედისტს შორის არსებითად დიდი განსხვავებაა. თუ დავეუჯერებთ მოთხრობას მიუნხაუზენმა “შესძლო” შინაგანი ძალებით “მხედარი-ცხენი” სიმძიმის ცენტრის აწვეა დედამიწის ზედაპირიდან. ეს ეწინააღმდეგება ფიზიკის კანონებს და ამდენად შეუძლებელია. ველოსიპედისტმა კი მოსწია რა საჭე თავისკენ და ველოსიპედის ბორბალი ასწია ზემოთ დედამიწის ზედაპირის მიმართ, ერთდროულად დაიწია საჭისკენ. ამ დროს “ველოსიპედისტი-ველოსიპედი” სისტემის სიმძიმის ცენტრი დარჩა იმავე სიმაღლეზე.

17). მსოფლიო მიზიდულობის კანონი, რომელიც ჩაწერილია ასეთი ფორმით:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{R^2},$$

სამართლიანია წერტილოვანი სხეულებისათვის, ანუ ისეთი სხეულებისათვის რომელთა წრფივი  $l$  ზომები გაცილებით ნაკლებია სხეულების ცენტრებს შორის  $R$  მანძილზე.

თუ უტოლობა  $R \gg l$  არ სრულდება, მაშინ ამ კანონის გამოყენებისას უნდა ვიყოთ ფრთხილად და მხედველობაში მივიღოთ სხეულის ფორმა და ზომები. სხეულებს შორის ურთიერთქმედების ძალების საპოვნელად საჭიროა სხეული აზრობრივად დავეყოთ ისეთ მცირე ნაწილებად, რომ თითოეული მათგანი წარმოადგენდეს “მატერიალურ წერტილს”, მოვქმენოთ ძალები, რომლებითაც პირველი სხეულის ყოველი წერტილი მიიზიდავს მეორე სხეულის ყოველ “წერტილს” და ყველა ძალა ვექტორულად შევკრიბოთ. ზოგადად ყველა ამ ძალის შეკრება რთული მათემატიკური ამოცანაა, მაგრამ თუ ურთიერთმოქმედი სხეულები წარმოადგენენ ღრუ სფეროებს ან ბირთვებს (რომელთა ზედაპირზე ან მოცულობაში ნივთიერება თანაბრად არის განაწილებული), მაშინ ურთიერთქმედების ძალა შეიძლება გამოვთვალოთ ზემოთ მოყვანილი ფორმულით,

დაწვებული იმ შემთხვევიდან როდესაც სფეროებს შორის მანძილი სფეროების რადიუსების თანაზომადია, დამთავრებული იმ შემთხვევით როდესაც  $R = R_1 + R_2$  ( $R_1$  და  $R_2$  სფეროების ან ბირთვების რადიუსებია).

ნებისმიერი ფორმის სხეულებისათვის თუ  $R$  მცირეა, მოყვანილი ფორმულით სარგებლობა არ შეიძლება. მაგალითად ტორის მასის ცენტრი ძევს ტორის გარეთ, ამიტომ შეიძლება მცირე ზომის ბირთვი განვაღვათ ისე, რომ მისი ცენტრი დაემთხვეს ტორის მასის ცენტრს. ამ შემთხვევაში ცხადია  $R = 0$ , მაგრამ ურთიერთქმედების ძალა არ იქნება უსასრულოდ დიდი, როგორც ეს ფორმულიდან გამომდინარეობს. პირიქით, ყველა იმ ძალის გეომეტრიული შეკრება, რომლებიც მოქმედებენ ბირთვისა და ტორის ცალკეულ ნაწილებს შორის იძლევა ნულის ტოლ ტოლქმედს.

ბოლოს შეიძლება ყურადღება გავამახვილოთ ერთ უზუსტობაზე, რომელიც დაშვებულია ამოცანის პირობაში, როდესაც ორი სხეული ერთმანეთს ეხება ეს სულაც არ ნიშნავს იმას, რომ მათი მასების ცენტრებს შორის მანძილი ნულის ტოლია. ასე მაგალითად, მხები სფეროებისათვის როგორც ვნახეთ  $R = R_1 + R_2$ .

18). უნდა ითქვას, რომ სხეული და დედამიწა ერთმანეთს იზიდავენ (ნიუტონის მესამე კანონი), მაგრამ დედამიწის მასა გაცილებით მეტია სხეულის მასაზე და ჩვენ ვერ ვამჩნევთ მის მოძრაობას სხეულის მიმართ.

19). თუ დედამიწაზე მთის სიმაღლე იქნებოდა კრიტიკულზე მეტი, მაშინ წნევა ფუძესთან გახდებოდა ისეთი, რომ გააღნობდა ქვედა ფენებს. მარსზე მიზიდულობის ძალა ნაკლებია და ამიტომ მთების კრიტიკული სიმაღლეც მეტია.

20). ცხადია ენერჯის შენახვის კანონი არ ირღვევა. უბრალოდ საჭირო იყო იმ გარემოების გათვალისწინება, რომ ჭურვის მოხვედრა ოთხთვალასთან ატარებს არადრეკად ხასიათს, ე.ი. ჭურვის კინეტიკური ენერჯის ნაწილი, კერძოდ ნახევარი, დაიხარჯა ოთხთვალას შიგნით ჭურვის მოძრაობისას წინააღმდეგობის ძალის დაძლევაზე და საბოლოოდ გათბობაზე, ხოლო მეორე ნახევარმა ოთხთვალა მოიყვანა მოძრაობაში.

21). მოვლენა მარტივად აიხსნება ნიუტონის პირველი კანონით. პირველ შემთხვევაში ფეხები ანელებენ ადამიანის მოძრაობას, ხოლო სხეული ინერციით განაგძობს მოძრაობას წინ, ამიტომაც ადამიანი ეცემა წინ, მოძრაობის მიმართულებით. მეორე შემთხვევაში სხეული ინერციით ინარჩუნებს მოძრაობას წინ მუდმივი სიჩქარით, მაშინ როდესაც ფეხები მოცურების გამო უფრო სწრაფად გადაადგილდებიან და ადამიანი შესაბამისად ეცემა უკან

22). ეს შესაძლებელია მაშინ, როდესაც თანამგზავრის ბრუნვის პერიოდი ტოლია დედამიწის ბრუნვის პერიოდის თავისი ღერძის გარშემო, ხოლო მისი ორბიტის სიბრტყე ემთხვევა დედამიწის ეკვატორის სიბრტყეს.



23). თუ ნახშირი იწვის მეოთხე სართულზე, წვის პროდუქტების (წყალი, ნახშირის ოქსიდი და სხვა) პოტენციური ენერგია ზუსტად იმდენით მეტი იქნება ნახშირის ენერგიაზე ატანამდე, რამდენითაც გაიზარდა ატანილი ნახშირის პოტენციური ენერგია.

24). თუ თანამგზავრის ძრავები ჩართული არაა, თანამგზავრის შიგნით მყოფი ყველა სხეული უწონობის მდგომარეობაშია. ამის გამო ჰაერის კონვექციას თანამგზავრის შიგნით ადგილი არა აქვს და წვის პროდუქტები დაგროვდებიან რა ალის სიხლოვეს ჩააქრობენ მას.

25). ჰაერბურთი გამოდევნის ჰაერის რაღაც მოცულობას, რომლის მასაც ჰაერბურთის მასაზე მეტია, ვინაიდან მის გასაბერად იყენებენ აირს, რომლის სიმკვრივეც ჰაერის სიმკვრივეზე ნაკლებია. ჰაერბურთის ასვლისას რაღაც  $H$  სიმაღლეზე მისი პოტენციური ენერგია იზრდება  $Vdgh$  სიდიდით, სადაც  $V$  ჰაერბურთის მოცულობაა,  $d$  – მისი საშუალო სიმკვრივე,  $g$  – თავისუფალი ვარდნის აჩქარება. ამასთან ჰაერბურთის ადგილს იკავებს იმავე სიმაღლიდან დაშვებული ჰაერი, რომლის პოტენციური ენერგია მცირდება  $Vd_1gh$  სიდიდით, სადაც  $d_1$ - ჰაერის სიმკვრივეა. “ჰაერი - ჰაერბურთი” სისტემის პოტენციური ენერგია მცირდება სიდიდით:

$$VgH(d_1 - d) > 0$$

ამ მოგებული ენერგიის ხარჯზე ჰაერბურთი ალის ზემოთ. ე.ი. აქ იგივე ფაქტორები მოქმედებენ, რა ფაქტორებიც იწვევენ წყალში ხის ნაჭრის, აირის ბუშტულების ტივტივს და ა.შ.

26). ვინაიდან გრდემლის მასა გაცილებით მეტია უროს მასაზე, სინქარე რომელსაც შეიძენს გრდემლი არადრეკადი დაჯახებისას, ძალიან მცირეა და შესაბამისად მცირეა ძალაც, რომელიც მოდის მსახიობის ტანზე. გარდა ამისა, გრდემლის შეხების ზედაპირი ტანთან მეტია, ვიდრე უროს ზედაპირი, ამდენად გრდემლის მიერ წარმოებული წნევა სხეულზე დარტყმის მომენტში, ნაკლებია, ვიდრე უროს წნევა. ამდენად დარტყმა უვნებელია

27). აქ არავითარი წინააღმდეგობა არ არის, ისევე როგორც არ არის წინააღმდეგობა იმაში, რომ თუ ქუჩაში მიმავალი ადამიანი ფეხს წამოკრავს რაიმე მძიმე საგანს ის ვარდება წინ, მიუხედავად იმისა, რომ შემაფერხებელი ძალა მიმართულია მოძრაობის საპირისპიროდ. ორივე შემთხვევაში საქმე გვაქვს ნიუტონის პირველ კანონთან – ინერციის კანონთან.

28). უფრო ადვილად გადაბრუნდება თივით დატვირთული მანქანა, ვინაიდან მისი სიმძიმის ცენტრი უფრო მაღლაა განთავსებული, ვიდრე შეშით დატვირთულის.

სხეულის მდგრადობა მით მეტია, რაც უფრო დაბლაა განთავსებული სიმძიმის ცენტრი.

29). კამერტონის ენერჯია თანდათან მიიღევა, ვინაიდან მისი რხევები ცოტ-ცოტათი გამოსხივდება გარემოში. გაბნევა იზრდება და უფრო სწრაფად მიმდინარეობს, თუ კამერტონი დამაგრებულია რეზონატორზე ან უბრალოდ ეხება მაგიდას, ვინაიდან ამ დროს გამოსხივება ხდება არა მარტო კამერტონის შტოებიდან, არამედ რეზონატორის ან მაგიდის ზედაპირიდანაც. ამრიგად, მართალია მეორე შემთხვევაში უფრო ძლიერი ბგერა ისმის, მაგრამ მისი ხანგრძლივობა ნაკლები იქნება, თუმცა ჯამური გამოსხივებული ენერჯია ორივე შემთხვევაში ერთნაირია.

30). სითხეში ჩაძირულ სხეულზე ყოველთვის მოქმედებს ამომგდები ძალა, მაშინაც კი როდესაც წყალში “ჩაძირულია” წყალი. ვინაიდან რაღაც აზრობრივად გამოყოფილ სითხის მოცულობაზე მოქმედებს ორი ურთიერთ გამაწონასწორებელი ძალა. უნდა გვახსოვდეს, რომ ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად, ძალები ყოველთვის წყვილ-წყვილად ჩნდება. ამიტომ, თუ არსებობს ზემოთ მიმართული არქიმედეს ძალა, რომელიც გამოყოფილ მოცულობაზე მოქმედებს, ეს მოცულობა იმოქმედებს გარშემო მყოფ სითხეზე ძალით, რომელიც ტოლია “გამოდევნილი” სითხის ანუ საკუთარი წონის და მიმართულია ქვემოთ. ამრიგად, მართალია “წყალს წყალში წონა არ გააჩნია”, მაგრამ ის მაინც აწევა ქვედა ფენებს და იმ ჭურჭლის ფსკერს რომელშიც ის იმყოფება. ცხადია, ასეთივე მსჯელობა სამართლიანია ჰაერისთვისაც.

31). არა მარტო ამ გარემოებით. საცობზე შემოხვეული ქსოვილი ზრდის იმ ძალის მხარს, რომლითაც საცობს ვხსნით, მაშინ როდესაც საცობის ყელთან ურთიერთქმედების ძალების მომენტი უცვლელია.

32). ნაპირებთან, ფსკერთან, ჰაერთან ხახუნის გამო მდინარეში უფრო სწრაფად მოძრაობენ წყლის ის ფენები, რომლებიც მდინარის შუა ნაწილში, ზედაპირიდან რამდენადმე ქვემოთ იმყოფებიან. ტივი დატვირთვისას უფრო ღრმად ჩადის მდინარეში და ქვედა ნაწილი ხვდება წყლის იმ ფენებში, რომლებიც უფრო სწრაფად მოძრაობს, რის გამოც დატვირთული ტივის სიჩქარე იზრდება.

33). წნევა ქარის ნაკადში ნაკლებია, ვიდრე უძრავი ჰაერის წნევა. ამიტომ თუ სახურავის ფრონტონებს სარკმლები არა აქვთ, წარმოიქმნება ამწევი ძალა, რომელიც აძრობს სახურავს. საკმარისია სარკმლები გაკეთდეს, რომ ჰაერი იწყებს მოძრაობას სახურავის ქვემოთაც და წნევათა სხვაობა მცირდება – წნევის ძალა არასაკმარისი ხდება სახურავის მოსაძრობად.

ამავე მოვლენას ემყარება სამხედროების რჩევა: საარტილერიო გასროლის დროს საჭიროა პირის გაღება. ამ დროს ყურის აპკის ორივე მხარეს წნევა თანაბრდება და აპკი არ ზიანდება.

34). მოთამაშის მოძრაობა ვოლანის მოძრაობის მიმართულებით ამცირებს ამ უკანასკნელის სიჩქარეს ჩოგნის მიმართ, ამიტომ იზრდება ვოლანის მოძრაობის დრო მისი მიღწევადობის ზონამდე და მოთამაშე ასწრებს მომზადებას ზუსტი დარტემისათვის.

35). დამოკიდებულია. კამერის შიგნით წნევის გაზრდისას დედამიწაზე ბორბლების საყრდენი ფართი მცირდება და შესაბამისად, ტრაქტორის წნევა მასზე იზრდება.

36). როცა წყალი ბოთლიდან გადმოდის, ჰაერი მასში ფართოვდება, მისი წნევა ეცემა და ატმოსფერულზე ნაკლები ხდება, ამის გამო გარეთა ჰაერი ბოთლში ბუშტულების სახით შეიჭრება – სითხე “ბუებუყებს”. რეზინის “სათბურას” კედლები ელასტიურია, წყლის გადმოდინებისას ისინი იკუმშება და ჰაერის წნევა შიგნით ყოველთვის გარეთა წნევის ტოლია, ამიტომ წყალი უწყვეტი ნაკადით გამოედინება.

37). ხის ნაჭერში არსებული ჰაერი ცხელდება, ფართოვდება და ხეთქავს ხის ბოჭკოს რის გამოც ისმის ტკაცანი.

38). ძირითადი მიზეზი, რომლის გამოც გადაღუნული ლურსმნის მობრუნებისას აქეთ-იქით უფრო ადვილია მისი ამოძრობა, მდგომარეობს იმაში, რომ ამ დროს იცვლება ხახუნის ძალის მიმართულება, რომელიც სრიალის დროს სიჩქარის საწინააღმდეგოდ არის მიმართული. მოღუნული ლურსმნის მობრუნება კი ადვილია (ბრუნვის მხარი გაზრდილია და მოსაბრუნებლად ნაკლები ძალაა საჭირო), ხოლო ლურსმნის ამოსაღებად საჭირო ძალა მკვეთრად მცირდება ვინაიდან საჭიროა არა მთლიანად ხახუნის ძალის გაკომპენსირება, რომელიც მიმართულია ლურსმნის მთლიანი სიჩქარის საწინააღმდეგოდ, არამედ მისი მხოლოდ იმ მდგენელის საწინააღმდეგოდ, რომელიც ლურსმნის გასწვრივ არის მიმართული.

39). მაჯიდან ახლად მოხსნილი საათის ზამბარა გამთბარია სხეულის სითბოთი. დავქოქავთ რა მას ბოლომდე, გაცივებისას ის შეიკუმშება, დამოკლდება და შეიძლება გაწყდეს.

40). შეუძლია. ამის დადასტურება შეიძლება შემდეგი მაგალითით: ვთქვათ რკინიგზის ვაგონის იატაკზე დევს ტვირთი და მატარებელმა დაიწყო მოძრაობა, ტვირთი მასსა და იატაკს შორის არსებული ხახუნის ძალის გავლენით გადაადგილდება ვაგონთან ერთად ისე, რომ ის ამ უკანასკნელის მიმართ უძრავია, მას შემდეგ, რაც ვაგონი გადაადგილდება რაღაც მანძილზე, ტვირთი შეიძენს ენერგიას. ეს ენერგია, ცხადია, მან შეიძინა უძრავობის ხახუნის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობის მეშვეობით.

41). ასანთის ღერი აინთება მაშინ, როდესაც მისი ტემპერატურა მიაღწევს ღერის თავის აალების ტემპერატურას. ტენიანი ღერის ხახუნისას ასანთის კოლოფის ზედაპირზე, ენერგიის დიდი ნაწილი იხარჯება ტენის აორთქლებაზე. ამიტომ ღერის თავის ტემპერატურა ვერ აღწევს აალების ტემპერატურამდე.

42). დედამიწის კინეტიკური ენერგია არ იკარგება. დედამიწა მზის ირგვლივ ბრუნავს არა წრიულ არამედ გაჭიმულ ელიფსურ ორბიტაზე. ამასთან, ზაფხულში ის მზისგან უფრო შორს იმყოფება ვიდრე ზამთარში. ზამთარში დედამიწის კინეტიკური ენერგია რამდენადმე იზრდება და როგორც გამოთვლები აჩვენებენ, ამდენადვე მცირდება პოტენციური ენერგია. ზაფხულში კი პირიქით. დედამიწის კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამი კი მისი ორბიტის ნებისმიერ წერტილში მუდმივი სიდიდეა, რაც შეესაბამება ენერგიის შენახვის კანონს.

43). საქანელა შეიძლება განვიხილოთ როგორც მათემატიკური ქანქარა. ამიტომ საქანელას რხევის პერიოდი დამოკიდებული არაა მასაზე.

44). გარკვეული ტემპით სიარულისას როდესაც ბიძგების სიხშირე გაუტოლდება ტვირთის რხევის სიხშირეს ადგილი ექნება რეზონანსს, რაც გამოიწვევს ტვირთის ძლიერ გადახრას წნასწორობის მდგომარეობიდან.

45). დიას მუშაობა შემცირდება. როგორც მოძრავ ისე უძრავ ესკალატორს მგზავრი აწვება ერთნაირი ძალით - საკუთარი წონით. ცხადია, მგზავრის მოძრაობა ან უძრაობა არანაირ გავლენას არ ახდენს ესკალატორის ძრავის წვევის ძალაზე. ამასთან ერთად, მგზავრი ზევით მოძრაობისას ასრულებს რაღაც მუშაობას და ამოდის უფრო სწრაფად, ვიდრე ეს მოხდებოდა უძრავად ყოფნის შემთხვევაში. შესაბამისად, მგზავრის ამოსაყვანად ესკალატორის ძრავა ნაკლებ მუშაობას ასრულებს.

46). სითხეების კუმშვადობა ძალიან მცირეა: ასე მაგალითად, მოდებული წნევის ყოველ ერთ ატმოსფეროზე წყალი იკუმშება საწყისი სიდიდის მხოლოდ 0,00005 ნაწილით.

ადვილად გამოითვლება, რომ წყლის სიმკვრივე ფოლადის სიმკვრივეს გაუტოლდება დაახლოებით 50 000 ატ წნევაზე. ასეთი წნევა კი მიიღწევა 500 კმ სიღრმეზე და თუ გავითვალისწინებთ რკინის კუმშვადობასაც, ვნახავთ, რომ საჭიროა გაცილებით მეტ სიღრმეზე ჩასვლა. იმ ფაქტის გთვალისწინებით, რომ მსოფლიო ოკეანის მაქსიმალური სიღრმე 11 კმ-ია, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ჩაძირული ხომალდები ყოველთვის აღწევენ ფსკერს.

47). დედამიწის ზედაპირიდან საკმაოდ მაღლა ატმოსფერო ძალიან გაიშვიათებულია და შესაბამისად, მოცულობის ერთეულში მოლეკულების რაოდენობა მცირეა. ამიტომ მიუხედავად იმისა, რომ თითოეულ მოლეკულას გაჩნია

საკმაოდ დიდი კინეტიკური ენერგია, მათი რაოდენობა არაა საკმარისი იმისათვის, რომ ხომალდის კედლებს გადასცეს შესამჩნევი სიდიდის ენერგია. პირიქით, როცა თანამგზავრი არ არის განათებული მზის სხივებით ის გამოსხივებით გადასცემს გარემოს გაცილებით მეტ ენერგიას ვიდრე ღებულობს და შესაძლებელია მნიშვნელოვნად გაცივდეს თუ არ იქნა მიღებული სპეციალური ზომები.

ხომალდის გახურება ატმოსფეროს მკვრივ ფენებში შემოსვლისას ხდება სრულიად სხვა მიზეზით – ხომალდის ზედაპირის ხახუნით ჰაერთან.

შევნიშნოთ, რომ ტემპერატურის ცნების გამოყენება ცალკეული მოლეკულის მიმართ არ შეიძლება; ტემპერატურაზე, როგორც სტატისტიკურ სიდიდეზე ლაპარაკი შეიძლება მხოლოდ მაშინ, როდესაც არსებობს ნაწილაკების საკმაოდ დიდი რაოდენობა. სწორედ ამ მიზეზითაა ნათქვამი ამოცანის პირობაში “ჰაერის მოლეკულებს ისეთი სიჩქარეები გააჩნიათ, რომლებსაც შეესაბამება რამდენიმე ათასი გრადუსის შესაბამისი ტემპერატურა”.

48). ცხადია ენერგია უკვალოდ არ ქრება. მართლაც, როგორც საკმაოდ ზუსტმა გაზომვებმა აჩვენეს გადაღუნული ფოლადის ზოლის მუკავში გახსნის შემდეგ ამ უკანასკნელის ტემპერატურა მართალია მცირედით მაგრამ მაინც იზრდება იმ ტემპერატურასთან შედარებით როდესაც მასში იხსნება ფოლადის სწორი ზოლი.

49). სარჩილავის გამოყენებისას მნიშვნელობა აქვს არა მარტო დაგროვებულ შინაგან ენერგიას, არამედ იმასაც თუ რა სიჩქარით გასცემს ის ამ ენერგიას. ვინაიდან სპილენძის სითბოგამტარობა დაახლოებით 6-ჯერ მეტია რკინის სითბოგამტარობაზე, სპილენძისაგან დამზადებული სარჩილავი გაცილებით სწრაფად გასცემს სითბოს. დიდ როლს თამაშობს ასევე სპილენძის რკინასთან შედარებით გაცილებით მაღალი ქიმიური მდგრადობა.

50). კაპილარულ მილებში სითხის აწევას ადგილი აქვს მაშინ, როდესაც სითხის მოლეკულებს შორის შეჭიდულობის ძალები ნაკლებია შეჭიდულობის ძალებზე სითხის მოლეკულებსა და მილის მოლეკულებს შორის. ამრიგად, სითხის აწევის მუშაობა სრულდება “სითხე-მილი” სისტემის პოტენციური ენერგიის შემცირების ხარჯზე.

51). თუ ავიღებთ თუნდაც ძალიან მაღალი სითბური გაფართოების მქონე ნივთიერებას, მაინც  $-\frac{1}{\alpha}$  სიდიდე გაცილებით ნაკლები იქნება  $-273^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე, ე.ი. აბსოლუტურ ნულზე. ასე მაგალითად, ტყვიისათვის  $\alpha = 3 \cdot 10^{-5}\text{C}^{-1}$  და  $-\frac{1}{\alpha} = -3 \cdot 10^6\text{C}$ . ასეთი ტემპერატურები კი პრინციპულად მიუღწეველია, უფრო სწორად ისინი არ არსებობენ.

52). შაქრის ფხვნილის წყალში ხსნარს უფრო მაღალი ზედაპირული დაჭიმულობა გაჩნია ვიდრე სუფთა წყალს, ამიტომ შაქრის ხსნარით დაკავებული ზედაპირი ცდილობს შემცირდეს ზომებში და თან წარიტაცებს ასანთის ღეროებს შაქრის

ნატეხისაკენ. საპნის გახსნისას წყლის ზედაპირის დაჭიმულობა მცირდება (სწორედ ამ მიზეზით აიხსნება საპნის მრეცხავი თვისება), საპნის ხსნარით დაკავებული ზედაპირი ფართოვდება და ასანთის ღეროები წაინაცვლებენ თევზის კიდისაკენ, მიყვებიან რა საზღვარს სუფთა წყალთან.

53). უნდა ჩავასხათ არადამასველებელი სითხე, რადგანაც სითხის მოლეკულებს შორის შეჭიდულობის ძალები ამ შემთხვევაში მეტია, ვიდრე შეჭიდულობის ძალები სითხის მოლეკულებსა და მინას შორის. ყველა ამ ძალის ტოლქმედი მიმართულია სითხის შიგნით და აკავებს სითხის იმ ნაწილაკებს, რომლებიც ჭიქის კედლებს ზემოთაა.

54). ნებისმიერ ტემპერატურაზე სითხის შიგნით არსებობენ როგორც “სწრაფი” ისე “ნელი” მოლეკულები. აორთქლება ხდება სითხის ზედაპირიდან იმ სწრაფი მოლეკულების მოწყვეტით, რომელთა ენერგიებიც საკმარისია სხვა მოლეკულების შეჭიდულობის ძალების დასაძლევად. სწრაფი მოლეკულების მოწყვეტის შემდეგ დარჩენილი მოლეკულების საშუალო სიჩქარე მცირდება და შესაბამისად, კლებულობს სითხის საშუალო ტემპერატურაც, რომელიც როგორც ცნობილია განისაზღვრება მოლეკულების საშუალო სიჩქარით. ამის შემდეგ ტემპერატურები უკვე ტოლი აღარ არის და შესაძლებელია სითბოცვლა.

55). მიუხედავად უხერხულობისა რასაც გრძნობდა გოგონა გამომცდელის წინაშე (გამომცდელი იყო თვითონ **ენრიკო ფერმი**), მან სწორად უპასუხა დასმულ კითხვას: “საჭმლის მომზადებისას დუღს არა ზეთი, არამედ წყალი, რომელსაც შეიცავს საჭმელი”.

56). წნევის შემცირებით წყალი მართლაც უფრო დაბალ ტემპერატურაზე დუღს, მაგრამ მნიშვნელოვანია არა საკუთრივ დუღილის პროცესი, არამედ ტემპერატურა. მიუხედავად წყლის დუღილისა დაბალ ტემპერატურაზე ვერ მოიხარშება ხორცი, ვერ მოხდება სამედიცინო ხელსაწყოების სტერილიზაცია და ა.შ.

57). მაგალითად 40 ატ წნევაზე წყალი დუღს  $249,3^{\circ}\text{C}$ -ზე, ამავე დროს კალის დნობის ტემპერატურა პრაქტიკულად იგივეა რაც ნორმალურ ატმოსფერულ წნევაზე –  $232^{\circ}\text{C}$ . ამრიგად 40 ატ წნევის ქვეშ მყოფ წყალში შეგვიძლია გავადნოთ კალა.

შეიძლება დამწვრობა მივიღოთ ყინულითაც, ასე მაგალითად, ცნობილია ყინულის კრისტალური მოდიფიკაცია, რომელიც 20 000 ატ წნევის ქვეშ არ დნება  $75^{\circ}\text{C}$ -ზეც კი და ცხადია ასეთი ტემპერატურის ყინულმა შეიძლება გამოიწვიოს დამწვრობა.

58). ყინულისა და მარილის ნარევის დნობის ტემპერატურა უფრო დაბალია ვიდრე სუფთა ყინულის. ვინაიდან გარემომცველი ჰაერის ტემპერატურა დნობის ამ ტემპერატურაზე მაღალია, ნარევი იწყებს სწრაფად დნობას.

59). მონოკრისტალის ანიზოტროპიის გამო სითბური გაფართოების წრფივი კოეფიციენტი სხვადასხვა მიმართულებით სხვადასხვაა, ამიტომ მონოკრისტალის ფორმა იცვლება.

60). ინვარს გაჩნია დაბალი სითბური გაფართოების წრფივი კოეფიციენტი, ამიტომ ტემპერატურის შემთხვევითი ცვლილებები გავლენას არ ახდენს გამზომი ინსტრუმენტის ცდომილებაზე.

61). ანგარიში არაკორექტულია. საწვავის 100%-იანი ეკონომია ნიშნავს მუდმივი ძრავის შექმნის შესაძლებლობას. სამივე გამოგონების გამოყენება, ცხადია, მოიტანს ეკონომიას, მაგრამ არა 100%-იანს.

გაანგარიშების გასამარტივებლად დაუშვათ, რომ დანადგარი მოიხმარდა 100 კგ საწვავს საათში. პირველი გამოგონების შემდეგ საწვავის ხარჯი შემცირდება 70 კგ/სთ-მდე, მეორე გამოგონება იძლევა 25%-იან ეკონომიას, მაგრამ უკვე 70 კგ-დან. მრიგად, ორი გამოგონების გამოყენების შემდეგ საწვავის ხარჯი შეადგენს 52,5 კგ/სთ. ბოლოს მესამე გამოგონება იძლევა 45%-იან ეკონომიას და ის საშუალებას იძლევა ხარჯი შემცირდეს 28,9 კგ/სთ – მდე. საბოლოო შედეგი დამოკიდებული არაა იმაზე თუ რა მიმდევრობით ჩავატარებთ ანგარიშს, ყველა შემთხვევაში ეკონომია იქნება დაახლოებით 71,1%.

62). თანაფარდობა

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

რომელიც გვიჩვენებს დამწვარი სათბობის ენერჯის იმ ნაწილს, რომელიც შესაძლებელია სითბური მანქანის მიერ გარდაქმნილ იქნას მუშაობად, ზამთარში მართლაც იზრდება. მაგრამ წელიწადის ამ დროს ზეთი ძრავაში, გადაცემათა კოლოფში, უკანა ხიდის დიფერენციალში და საპოხი საკისრებში იმდენად გასქელებულია, რომ ხახუნზე დანაკარგები მნიშვნელოვნად მატულობს. ამიტომ მანქანის რეალური მარგი ქმედების კოეფიციენტი ზაფხულში ნაკლებია, ვიდრე ზამთარში. გარდა ამისა, საკმაო რაოდენობის ბენზინი იხარჯება მანქანის დაქოქვისა და გახურების დროს, რაც მნიშვნელოვნად ადიდებს ბენზინის დანახარჯს ზამთარში.

63). წყლისა და ზეთის მოლეკულები ვერ შეადწვევენ ერთმანეთში, რაც იმას ნიშნავს, რომ ისინი ქმნიან მექანიკურ ნარევს, რომლის მოცულობაც ტოლია შემაღლებული სითხეების მოცულობათა ჯამის. სპირტისა და წყლის მოლეკულები კი შერევისას ერთმანეთში შეადწვევენ მათში არსებული შუალედებით და გარდა ამისა ერთმანეთთან ქმნიან ქიმიურ ნაერთსაც, რომლის მოცულობაც ნაკლებია წყლისა და სპირტის მოცულობათა ჯამზე.

64). ლითონებს განწიანთ მაღალი სითბოგამტარობა, ამიტომ ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილებისას ლითონი მთელს მოცულობაში სწრაფად ხურდება ან ცივდება, რის გამოც არ წარმოიქმნება ისეთი მექანიკური დაძაბულობა, რომელსაც შეუძლია ბზარების გაჩენა. ქვები პირიქით – ხასიათდებიან დაბალი სითბოგამტარობით და ტემპერატურის მკვეთრი ზრდისას გარე ფენები უფრო ხურდება და შესაბამისად უფრო ფართოვდება ვიდრე შიგა ფენები (გაცივებისას ადგილი აქვს პირიქით მოვლენას) და ამის გამო ქვებში გაჩენილი ძაბვები იწვევს მათ გაბზარვას.

65). უკეთსია შავი ფერით დაფარვა.

66). გარეთა ჰაერსა და მილის შიგნით მყოფ ჰაერს შორის წნევათა სხვაობის გაზრდით, წნევა იზრდება. რაც უფრო მაღალია ჰაერის ტემპერატურა, მით ნაკლებია მისი სიმკვრივე და წნევა მილში. აგურის სითბოგამტარობა ნაკლებია რკინის სითბოგამტარობაზე, ამიტომ აგურის მილებში ჰაერი ნაკლებად ცივდება, შესაბამისად წნევაც მეტია, ამიტომ აგურის მილების გამოყენება უკეთესია.

67). ჯერ მიწა თბება მზის სხივებით, ხოლო შემდეგ თვითონ მიწა ათბობს ჰაერს, ამიტომ ჰაერისა და მიწის გათბობის მაქსიმუმები არ ემთხვევა ერთმანეთს და ჰაერის ტემპერატურაც ნაშუადღევს მეტია.

68). პროდუქტების უმრავლესობა შეიცავს წყალს. წყალი ორთქლდება და შემდეგ იყინება მაცივრის ყველზე ცივ ნაწილში – საორთქლებელში. ეს უკანასკნელი იფარება ყინულის სქელი ფენით, რომელიც სითბოს ცუდი გამტარია, შესაბამისად მცირდება კამერიდან სითბოს გადაცემა და საბოლოო ჯამში მაცივრის ტემპერატურა არასაკმარისად დაბალია.

69). ნივთიერების ზედაპირული დაჭიმულობის ძალა ტემპერატურის გაზრდით მცირდება. მიტომ, მოწყვეტილი წვეთის მასა ძალიან თბილ ოთახში ნაკლებია ცივ ოთახში მოწყვეტილ მასასთან შედარებით. ექიმის მიერ დანიშნული დოზის მისაღებად საჭიროა წვეთების რაოდენობის გაზრდა.

70). ჰაერის გახურებით მისი სიმკვრივე მცირდება და იწყება კონვექცია: ჟანგბადით გაღარიბებული ნაკლებად მკვრივი ჰაერი მიდის ზემოთ, ხოლო მის ადგილს იკავებს ჟანგბადით უფრო მდიდარი ცივი ჰაერი და ამით ის აღს უზრუნველყოფს საჭირო ჟანგბადით. კონვექციისას შემხვედრი ნაკადები ერთმანეთს ხელს უშლიან მოძრაობაში, ნაწილობრივ ერევიან ერთმანეთში, ნარევი ღარიბდება ჟანგბადით და ალი ბოლავს.

71). ”კვამლი” – წარმოადგენს ჰაერისა და მასში მყოფი წყლის ორთქლის ადიბატური გაცივების შედეგს.

72). ფოლადის სითბური გაფართოების კოეფიციენტი მეტია ვიდრე ხის, რომლისგანაც დამზადებულია ვიოლინოს კორპუსი.



73). ძლიერ გახურებული ქურიდან წვეთი გამოყოფილია სითბოს ცუდი გამტარი ორთქლით. სუსტად გახურებულ ქურას კი წვეთი მჭიდროდ ეკვრის.

74). კონვექციური დინებები არ იარსებებდა და სითხის ქვედა ფენებს ექნებოდათ გაცილებით მაღალი ტემპერატურა ვიდრე ქვედა ფენებს.

75). ჩატუმბვის პროცესი იმდენად სწრაფად მიმდინარეობს, რომ ტუმბოს შიგნით შეკუმშული ჰაერი ვერ ასწრებს გარემოსთვის სითბოს გადაცემას და ხურდება, მასთან ერთად ხურდება ტუმბოს კედლებიც, პროცესის მრავალგზის გამეორება კედლების ტემპერატურას მნიშვნელოვნად ზრდის.

76). საპნის ბუშტი გადაიქცევა ძალიან მცირე ზომის წვეთებად.

77). წყლიდან ამოღებული ფუნჯის ბეწვები დაფარულია წყლის აფსკით და ზედაპირული დაჭიმულობის გამო ბეწვები ეკვრიან ერთმანეთს. გაშრობის შემდეგ ეს ძალები ქრება და ფუნჯის ბეწვები ერთმანეთს სცილდება.

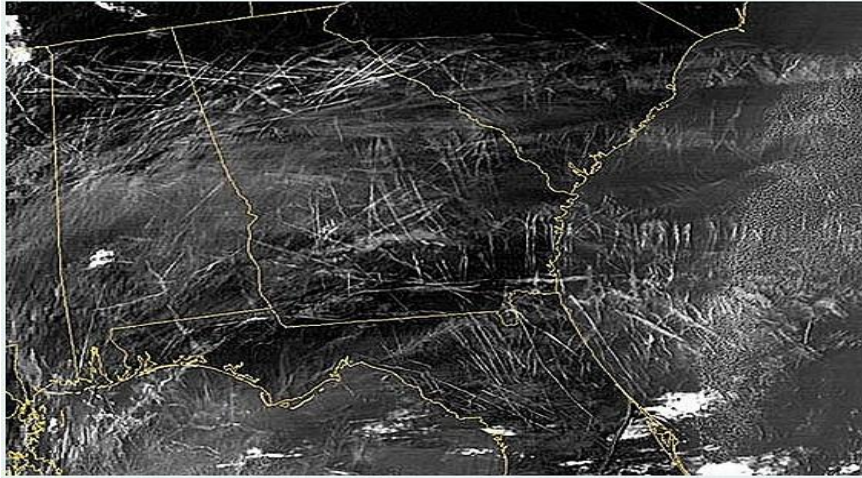
78). წყლისა და მინის მოლეკულებს შორის შეჭიდულობა უფრო მეტია, ვიდრე წყლის მოლეკულებს შორის. წყლის წვეთი მინას ეკრობა, მანამ სანამ მისი წონა საკმარისად არ გაიზრდება. შეჭიდულობის ძალები ვერცხლისწყლის მოლეკულებსა და მინის მოლეკულებს შორის გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე შეჭიდულობის ძალები ვერცხლისწყლის მოლეკულებს შორის და ვერცხლისწყლის წვეთი არ გროვდება მინის ზედაპირზე.

79). სარეცხი უფრო სწრაფად გაშრება. ვინაიდან შენობის გარეთ ტემპერატურა ნაკლებია ვიდრე ოთახში, შესაბამისად ორთქლის წნევა შენობაში მეტია და გაღებული სარკმლიდან ორთქლის ნაწილი ადვილად გააღწევს გარეთ.

80). ჰაერის მაღლა ასვლისას გაფართოების პროცესი ტენიან – ადიაბატურია. ყოველივე ამის გამო ჰაერის ზემოთ გადაადგილებისას ტემპერატურა უფრო ნაკლები სიდიდით მცირდება, ვიდრე მისი ზრდა ხდება დაბლა დაშვებისას.

81). თვითმფრინავის ძრავაში იწვის ნახშირწყლები, რომლის ერთ-ერთი წვის პროდუქტია წყალი, უფრო სუსტად მისი ორთქლი, რომელიც გახურებულია მაღალ ტემპერატურამდე. ცხელი წყლის ორთქლი საქშენიდან გამოსვლისთანავე კონდენსირდება და ქმნის ძაფისებურ ღრუბელს, რომელიც შედგება წყლის უმცირესი წვეთებისაგან ან ყინულის კრისტალებისაგან, ვინაიდან ასეთ სიმაღლეზე ჰაერის ტემპერატურა ძალიან დაბალია  $-40^{\circ}\text{C}$ .

ფოტოსურათზე, რომელიც გადაღებულია დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრებიდან ჩანს თუ როგორაა დაფარული დედამიწა თეთრი მკვრივი ბადით, რომელიც წარმოადგენს თვითმფრინავების კვალს.



82). ენერჯის შენახვის კანონთან ერთად, თერმოდინამიკაში არსებობს კანონი, რომლის შინაარსი შემდეგია: ბუნება მოწყობილია ისე, რომ ნებისმიერი სითბური მანქანის მუშაობისთვის აუცილებელია გამახურებელი და “მაცივარი”.

ოკეანის წყლები შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც გიგანტური გამახურებელი. მაგრამ სითბური მოწყობილობისათვის საჭიროა ასევე გიგანტური “მაცივარი”, რომლის შექმნაც შეუძლებელია.

ოკეანის წყლების სითბოს გამოყენებაზე დაფუძნებული სითბური მანქანის მუშაობა არ ეწინააღმდეგება თერმოდინამიკის პირველ კანონს, მაგრამ წინააღმდეგობაშია მეორე კანონთან. ასეთი სითბური მანქანა, რომც ააგონ მისი მარგი ქმედების კოეფიციენტი

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

ძალიან დაბალი იქნება, ვინაიდან მაცივრისა და გამახურებლის ტემპერატურებს შორის სხვაობა მცირეა. ასე მაგალითად, წყლის ტემპერატურა ოკეანის ზედაპირზე დახლოებით  $27^{\circ}\text{C}$  ტოლია, ხოლო სიღრმეში -  $-2^{\circ}\text{C}$  და შესაბამისად, მარგი ქმედების კოეფიციენტი შეადგენს 8,3 %.

83). ცნობილი ასტროფიზიკოსი **რემდენი** წერდა: კითხვაზე “რატომ ვანთებთ ღუმელს ზამთარში?” არასპეციალისტი უპასუხებს: “იმიტომ რომ ოთახი უფრო თბილი იყო”. თერმოდინამიკის მცოდნე კი ალბათ ასე: “იმიტომ, რომ ოთახს მივაწოდოთ ის ენერჯია, რომელიც აკლია”. ამ შემთხვევაში არასპეციალისტი უფრო მართალი იქნება.

მართლაც, როგორც ვაჩვენეთ, ოთახის ტემპერატურის გაზრდის ხარჯზე მასში მყოფი ჰაერის შინაგანი ენერჯის ნაზრდი, ზუსტად ტოლია გათბობის გამო გასული ჰაერის მასის შემცირებით გამოწვეული ენერჯის დანაკარგის. ასე, რომ მთელი ენერჯია, რომელსაც ჩვენ ვაწვდით ოთახის ჰაერს გადის გარეთ კარებისა

და ფანჯრების ღრეჩობის გავლით. გამოდის, რომ ჩვენ ვათბობთ არა ოთახს არამედ გარემოს. მაშინ რატომ ვწვავთ შეშას? საქმე ისაა, რომ ადამიანის ორგანიზმისთვის სრულიად მეორეხარისხოვანია ჰაერის ჯამური ენერჯის სიდიდე, მაშინ როდესაც ის ძალიან მგრძობიარეა “ერთ მოლეკულაზე მოსული ტემპერატურის” მიმართ და ოთახს ვათბობთ ზუსტად იმ მიზეზის გამო რა მიზეზითაც დედამიწაზე სიცოცხლე არ იქნებოდა ადგილი რომ არ ჰქონდეს მზის ენერჯის განუწყვეტელ მოდინებას.

84). თერმოდინამიკის პირველი კანონის თანახმად სისტემისათვის გადაცემული სითბოს რაოდენობა ტოლია შინაგანი ენერჯის ნაზრდს დამატებული სისტემის მიერ გარე ძალების საწინააღმდეგოდ შესრულებული მუშაობა:

$$Q = \Delta U + A.$$

ვინაიდან ორივე ბირთვის საწყისი და საბოლოო ტემპერატურები ერთნაირია, ერთნაირი იქნება შინაგანი ენერჯიების ნაზრდიც. მაგრამ სითბური გაფართოების გამო პირველი ბირთვის სიმძიმის ცენტრი ზემოთ აიწევს, ხოლო მეორის დაბლა დაეშვება. ამრიგად პირველ ბირთვის უნდა მივაწოდოთ დამატებითი ენერჯია (სითბო), რათა შესრულდეს დადებითი მუშაობა გრავიტაციული ძალების საწინააღმდეგოდ (ე.ი. უნდა გაიზარდოს ბირთვის პოტენციური ენერჯია). მეორე ბირთვის სიმძიმის ცენტრი დაბლა დაიწევს. ე.ი. ბირთვების ტემპერატურების ერთი და იმავე სიდიდით გაზრდისას  $Q_1 > Q_2$ . გამოდის, რომ ნივთიერების სითბოტევადობა არაა მუდმივი სიდიდე და გახურების პირობების შესაბამისად მას შეუძლია მიიღოს სხვადასხვა მნიშვნელობა  $-\infty$ -დან  $+\infty$ -მდე! მყარი სხეულებისათვის, როგორც წესი, საკმარისია ერთი სითბოტევადობის ცოდნა, კერძოდ, სითბოტევადობისა მუდმივი წნევის დროს, რომელიც მოყვანილია ცნობარებში. აირებისათვის კი ხშირად საჭიროა სითბოტევადობის ცოდნა მუდმივი მოცულობის დროს.

პირველად ამ ფაქტს, რომ მყარ სხეულებს ისე, როგორც აირებს, უნდა გააჩნდეთ სხვადასხვა სითბოტევადობა ყურადღება მიაქცია ფრანგმა მეცნიერმა ბიომ.

85). ამოცანის ტექსტში დაშვებულია შეცდომა, როცა ნათქვამია, რომ მდუღარე წყლის დასხმის შემდეგ მთელი ყინული გადნება. სინამდვილეში მდუღარე წყალი არაა საკმარისი მთელი ყინულის გასადნობად, ყინულის ნაწილი რჩება და დოქში ტემპერატურა არ აიწევს  $0^{\circ}\text{C}$  მაღლა. ამიტომ სითბური ბალანსის განტოლების შედგენისას უნდა გავითვალისწინოთ მხოლოდ მდუღარე წყლის მიერ გაცემული სითბო

$$1 \text{ კგ} \cdot 4,19 \text{ კჯ}/(\text{კგ} \cdot \text{C})$$

და სითბო, რომელიც დაიხარჯა ყინულის დნობაზე

$$m \cdot 335 \text{ კჯ}/\text{კგ}$$

სადაც  $m$  – გამდნარი ყინულის მასაა.

დოქი სითბური ბალანსის განტოლებაში არ შედის ვინაიდან, მისი ტემპერატურა უცვლელია. მიღებული გამოსახულებების გატოლებით მივიღებთ  $m = 1,25$  კგ.

შესაბამისად დოქში იქნება 2,25 კგ წყალი და 0,05 კგ ყინული და ნარევის ტემპერატურა იქნება  $0^{\circ}\text{C}$ .

86). შეიძლება, მაგალითად ჯერ კიდევ ძველ დროში ადამიანებმა ისწავლეს ცეცხლის მოპოვება ხახუნით.

87). აქ გადამწყვეტ ფაქტორს ასრულებს აორთქლება. თუ გარეთ, ყინულში გავდგამთ ერთნაირი მასის ცხელ და ცივ წყალს, ცხელი წყლის უფრო სწრაფი აორთქლების გამო მისი მასა შემცირდება, უფრო სწრაფად გაცივდება და შესაბამისად უფრო სწრაფად გაიყინება.

88). როცა შევეხებით ცივი ლითონის ზედაპირს, თითზე არსებული ტენი იყინება და თითი შეიძლება “მიეყინოს” მას. ლითონთან მიყინვა უფრო ალბათურია ვიდრე ხესთან, ვინაიდან ლითონის სითგამტარობა დიდია და თითი სწრაფად ცივდება.

89). თვალს არ გააჩნია სიცივისადმი მგრძობიარე ნერვული დაბოლოებები.

90). მუშაობა პროცესია, რომლის შედეგადაც ხდება ენერჯის გადაცემა ერთი სხეულიდან მეორეზე. გადაცემული ენერჯის სიდიდე ამ შემთხვევაში განისაზღვრება ძალის ნამრავლით გადაადგილებაზე (თუ მათი მიმართულებები ემთხვევა ერთმანეთს).

მუშაობა წარმოადგენს ენერჯის გადაცემის ერთ-ერთ და არა ერთადერთ ხერხს. ყოველდღიურ ცხოვრებაში უფრო ხშირად ვხვდებით ენერჯის გადაცემის მეორე გზას – სითბოგადაცემას.

მიუხედავად ძრავების მუშაობისა რაკეტა ჰაერში უძრავადაა “ჩამოკიდებული” და ვინაიდან გადაადგილება არ ხდება მუშაობაც ნულის ტოლია. ყოველივე ეს იმას ნიშნავს, რომ ძრავაში საწვავის წვისას გამოყოფილი ენერჯია უკვალოდ ქრება – წვის პროცესში გამოყოფილი აირები, გახურებულია მაღალ ტემპერატურამდე და მათ თან მიაქვთ ის ენერჯია რაც გააჩნდა საწვავს.

91). ამოცანის პირობაში თითქოს არსებობს რაღაც შეუსაბამობა, ვინაიდან ორივე შემთხვევაში გარე ძალების წინააღმდეგ მუშაობა სრულდება არა “თავისთავად”,

არამედ რაღაც ენერჯის ხარჯზე. სინამდვილეში არანაირ წინააღმდეგობას ადგილი არა აქვს, რადგანაც პირველ შემთხვევაში ენერჯის მიწოდება ხდება გარედან – გამახურებლიდან, მეორე შემთხვევაში კი მუშაობა სრულდება შინაგანი ენერჯის შემცირების ხარჯზე.

92). ვინაიდან ჰაერის მოლეკულებს შორის ურთიერთქმედების ძალები პრაქტიკულად ნულის ტოლია, შეკუმშული აირის ენერჯია წარმოადგენს მისი მოლეკულების კინეტიკური ენერჯიების ჯამს. შეკუმშვისას დახარჯული ენერჯია ხმარდება ამ ენერჯის გაზრდას, რაც გამოიხატება ტემპერატურის მომატებაში. პირიქით, ჰაერის გაფართოებისას ეს უკანასკნელი ასრულებს მუშაობას შინაგანი ენერჯის ხარჯზე, ე.ი. მოლეკულების კინეტიკური ენერჯის ხარჯზე. თუ ამ დროს გარედან ენერჯის მიწოდება არ მოხდა, ჰაერის ტემპერატურა შემცირდება, მაგრამ პრაქტიკულად ის სწრაფად აღდგება გარემოსთან სითბოსცვლის გამო. ამრიგად შეკუმშული ჰაერი მუშაობას ასრულებს გარემოს შინაგანი ენერჯის ხარჯზე. შევნიშნოთ, რომ ენერჯის ამავე რაოდენობას გახურებული ჰაერი შეკუმშვისას გადასცემს გარემოს.

93). ჰაერის კონვექციური ნაკადებით. ჰაერის ტემპერატურა რადიატორის ზემოთ უფრო მაღალია, ვიდრე ტემპერატურა ფანჯრის რაფის ზემოთ, მაგრამ ნაკლებია წყლის დუღილის ტემპერატურაზე, ამიტომ რადიატორიდან წამოსული თბილი ჰაერი ვერ ახურებს ჭიქას, რომელშიც იმყოფება ადუღებული წყალი, პირიქით აცივებს კიდევ მას (თითქოს ხდება იძულებითი გაცივება თბილი ჰაერით), თავის მხრივ ეს ჰაერი უფრო სწრაფად მოძრაობს, ვიდრე ფანჯრის რაფის ზემოთ მყოფი უფრო ცივი ჰაერი და გახურებულ ჭიქას ართმევს სითბოს მნიშვნელოვან რაოდენობას.

94). დუღილი წარმოადგენს ორთქლადქცევის პროცესს, როდესაც აორთქლება ერთდროულად მიმდინარეობს სითხის ზედაპირიდან და მოცულობიდან. დუღილის პროცესი მოითხოვს სითბოს უწყვეტ მიწოდებას. როდესაც წყალი სინჯარაში გახურდება  $100^{\circ}\text{C}$  - მდე კოლბიდან სინჯარისკენ სითბოს მიწოდება შეწყდება და მენზურაში წყალი არ ადუღდება

95). შაქრის გახსნისას ადგილი აქვს სითბოს გარკვეული რაოდენობის შთანთქმას და ამ დროს ჩაის ტემპერატურა ეცემა. სითბოს კარგვა გარემოში მით უფრო ნაკლებია, რაც ნაკლებია ჩაისა და გარემოს ტემპერატურა. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ ჩაი, რომელშიც გახსნილია შაქარი დროის მოცემულ მონაკვეთში დაკარგავს ნაკლებ სითბოს ვიდრე უშაქრო ცხელი ჩაი. ამიტომ ის მოსწავლე, რომელმაც შაქარი გახსნა უფრო ცხელ ჩაის დალევს.

96). შეიძლება. სითბოტევადობა  $C$  ეწოდება სითბოს რაოდენობას  $Q$ , რომელიც საჭიროა ტემპერატურის გასაზრდელად  $1\text{K}$  - ით. ფორმულიდან  $C = Q/\Delta T$  ჩანს,

რომ აირის სითბოტევადობა იქნება უარყოფითი, თუ მუშაობა, რომელიც ხრულდება აირის მიერ მეტია მისთვის მიწოდებულ სითბოზე. ასეთი პროცესის დროს აირი გაცივდება.

97). როცა ცივია, ვინაიდან ამ შემთხვევაში წყლის მოცულობა მცირდება (წყალი იკუმშება) და ჰაერი იკავებს მთელ დასაშვებ მოცულობას.

98). მეცნიერმა **ლეინდერფოსტმა** ცდებით დაადგინა, რომ თუ გავარგარებული ლითონის ზედაპირზე დავაწვეთებთ წყალს ის არ გაიშლება, არამედ მიიღებს ბურთულის ფორმას და დაიწყებს ბრუნვას ისე, რომ არ ადუღდება, თუმცა ძალიან დაბალი სიჩქარით აორთქლდება. ბურთულასა და ლითონის ზედაპირს შორის წარმოიქმნება ორთქლის მაიზოლირებელი ფენა, რომელიც ხელს უშლის სითბოს გადაცემას. მეცნიერმა **კოუმ** დაადასტურა ეს ეფექტი და გამოთქვა მოსაზრება, რომ ნაკვერცხალზე მოძრაობისას ფეხის გულებზე გამოიყოფა ოფლი რომელიც იღებს ბურთულების ფორმას და იცავს ფეხის გულებს დამწვრობისაგან. გარდა ამისა ფეხის გულების კონტაქტის დრო გახურებულ ნაკვერცხლებთან ძალიან მცირეა (წამის ნაწილები) და სითბო მთლიანად ვერ ასწრებს გადასვლას სხეულზე.

99). კონდენსატორის ფირფიტებს შორის არსებული ელექტრული ველის გავლენით ბურთულაზე ინდუცირდება მუხტები. ეს მუხტები ბირთვის ზედაპირზე გადანაწილდებიან ისე, რომ ფირფიტისაკენ მიმართულ მხარეზე დაგროვდება ფირფიტის მუხტის საწინააღმდეგო ნიშნის მუხტი. ბირთვის შეხებისას ფირფიტასთან, მასზე გადმოდის ფირფიტების ერთსახელა მუხტი და ადგილი აქვს განზიდვას ამ ფირფიტისაგან და მიზიდვას მეორე ფირფიტისაკენ. შემდეგ ეს პროცესი მეორდება. საბოლოოდ ბირთვს გადააქვს მუხტი ერთი ფირფიტიდან მეორეზე.

100). დამუხტული ელექტროსკოპის ფურცლებს შორის ჩნდება ელექტრული ველი, რომელშიც ყოველთვის არსებობს იონების გარკვეული რაოდენობა, რომლებიც წარმოიქმნება გარეშე იონიზატორების მოქმედებით (მაგალითად კოსმოსური გამოსხივებით). ეს იონები მოძრაობენ ელექტროსკოპის ფურცლებისაკენ და ანეიტრალენ მის მუხტს.

101). კულონის კანონი აღწერს ურთიერთქმედებას წერტილოვან მუხტებს შორის (გაატარეთ ანალოგია №17 ამოცანასთან). პრაქტიკულად ეს იმას ნიშნავს, რომ დამუხტული სხეულის ზომები გაცილებით ნაკლებია მათ შორის მანძილზე. თუ დამუხტული სხეულები ერთმანეთისაგან საკმაოდ არ არის დაცილებული, მათ შორის მანძილის ცნება გარკვეულწილად აზრს კარგავს და ურთიერთქმედების ძალის დასადგენად საჭიროა სხეული აზრობრივად დაეყოს მცირე ზომის (“წერტილოვან”) ნაწილებად და მოვძებნოთ იმ ძალების ტოლქმედები, რომლებითაც

მეორე სხეულის წერტილები მოქმედებენ პირველი სხეულის წერტილებზე, ეს ტოლქმედი გვიჩვენებს პირველ სხეულზე მოქმედ ელექტრულ ძალას და ის დამოკიდებულია სხეულის ფორმასა და მასზე მუხტების განაწილებაზე. მრიგად, როგორც ვხედავთ ურთიერთქმედების ძალების გამოთვლა საკმაოდ შრომატევადი სამუშაოა.

კონდენსატორის ფირფიტები არ წარმოადგენენ წერტილოვან წყაროებს და ამიტომ მათ შორის ურთიერთქმედების ძალის გამოთვლა კულონის კანონით არ შეიძლება.

102). აკუმულატორებზე ნაჩვენებია მაქსიმალურად დასაშვები დენის ძალა მისი ნორმალური ექსპლოატაციის პირობებში. გადატვირთვის შემთხვევაში შესაძლებელია უფრო მაღალი დენების მიღებაც, მაგრამ ამ დროს მისი ფირფიტები იშლება და აკუმულატორი სწრაფად გამოდის მწყობრიდან. გადატვირთვის მიმართ ძალიან მგრძობიარენი არიან ტყვიის მუავა აკუმულატორები. ავტომობილების, ე.წ სტარტულ აკუმულატორებს გააჩნიათ სპეციალური მოწყობილობა რათა ძრავას გაშვებისას, მცირე დროით მიღებულ იქნას დიდი დენები ისე, რომ აკუმულატორი არ დაზიანდეს. ტუტე აკუმულატორები უკეთესად იტანენ გადატვირთვებს ვინაიდან მათ გააჩნიათ უფრო მაღალი შიგა წინაღობა, თუმცა ამით მნიშვნელოვნად იზღუდება დენის სიდიდე.

103). წინაღობის გაზომვისას ნათურის ძაფში გამავალი დენი მცირეა, ძაფი თითქმის არ ხურდება და ფაქტიურად იზომება ძაფის წინაღობა.

როდესაც წინაღობის სიდიდეს ვანგარიშობთ ფორმულით, მასში ვსვამთ სიმძლავრის იმ მნიშვნელობას, რომელიც შეესაბამება მუშა დენს და რომელიც ახურებს გამტარს თეთრ ვარვარებამდე, ტემპერატურის გაზრდისას წინაღობა იზრდება

$$R = R_0(1 + \alpha t)$$

კანონის შესაბამისად. ჩავსვამთ რა ამ ფორმულაში ცხელი და ცივი ძაფების ტემპერატურებს და აგრეთვე ვოლფრამის წინაღობის ტემპერატურული კოეფიციენტის მნიშვნელობას  $\alpha = 0,0046^{\circ}\text{C}^{-1}$  მივიღებთ ძაფის ვარვარების ტემპერატურას:

$$t = \frac{484 \text{ ომი} - 35 \text{ ომი}}{35 \text{ ომი} \cdot 0.0046^{\circ}\text{C}^{-1}} = 2800^{\circ}\text{C}$$

რაც ძალიან ახლოსაა რეალურ მნიშვნელობასთან. ტემპერატურის ასეთი მაღალი მნიშვნელობისას ცხადია წინაღობაც მაღალი იქნება.

104). მოკლე ჩართვისას წრედის გარე უბნის წინაღობა გაცილებით ნაკლებია შიგა წინაღობასთან შედარებით. ამიტომ, მიუხედავად იმისა, რომ დენი წრედში დიდია, ძაბვის ვარდნა გარე წრედში, რომელიც ტოლია მომჭერებზე ძაბვის, ძალიან მცირეა.

105). დენის წყაროებში, გარეშე არაელექტრული წყაროების გავლენით, ადგილი აქვს ელექტრული მუხტების უწყვეტ დაყოფას დადებითად და უარყოფითად დამუხტულ ნაწილაკებად. რის გამოც მის პოლუსებზე ჩნდება მუდმივი პოტენციალთა სხვაობა. ამრიგად, დენის წყარო არ ქმნის მუხტებს. მუხტების შექმნა ან გაქრობა შეუძლებელია, შესაძლებელია მხოლოდ მუხტების დაყოფა და გადაადგილება. დენის წყარო შეიძლება შევადაროთ წყლის ტუმბოს, რომელიც აწვდის რა წყალს სახლის ზედა სართულებს ქმნის მხოლოდ წყლის დონეთა სხვაობას, მაგრამ, ცხადია, არ ქმნის წყალს.

106). ჯოულ-ლენცის კანონის თანახმად სითბოები, რომლებიც გამოიყოფა გამტარებზე მათი მიმდევრობითი შეერთებისას, პირდაპირპროპორციულია მათი წინაღობის. ვარვარების ნათურის წინაღობა გაცილებით მეტია მიმყვანი გამტარების წინაღობაზე და ამიტომ ვარვარების ძაფი ძლიერ ხურდება, ხოლო მიმყვანი გამტარები – სუსტად.

107). ლითონიდან ემისიის დროს მის ირგვლივ არსებობს ელექტრონული ღრუბელი, რომელიც დადებითად დამუხტულ ლითონთან ერთად ქმნის ელექტრულ ველს, რომლის ძალწირები მიმართულია ლითონიდან გარეთ ზედაპირის მართობულად. ზედაპირულ ფენაში ლითონის შიგნით არსებული ელექტრონები განიზიდებიან ელექტრონული ღრუბლის მიერ და გადაადგილდებიან მის სიღრმეში. შესაბამისად, თავისუფალი ელექტრონების კონცენტრაცია ზედაპირულ ფენაში რამდენადმე ნაკლებია ვიდრე მის შიგნით.

108). ელექტრული ველის გავლენით ელექტროლიტში იონები გადაადგილდებიან ელექტროდებისაკენ, რომლებზედაც ხდება მათი ნეიტრალიზაცია და გამოლექვა. ამის შემდეგ მათი მოძრაობა წყდება. ლითონებში ელექტრული ველის გავლენით ელექტრონები გარე წრედში გადაადგილდებიან დენის წყაროს უარყოფითი პოლუსიდან დადებითისაკენ და გარეშე ძალების გავლენით დენის წყაროს შიგნით დადებითი პოლუსიდან უარყოფითისაკენ. ამრიგად ელექტრონების მოძრაობის ტრაექტორია შეკრულია და ამდენად, წრედის არცერთ უბანზე არ ხდება ნივთიერების გამოყოფა.

109). ნამზადზე ლითონი გამოიყოფა პირდაპირი დენის მიმართულებისას. მცირე ხნით უკუ მიმართულების დენის გავლისას გამოლექილი ლითონი ნაწილობრივ იხსნება ძირითადად კათოდის მიკროშვერილებზე. ეს აუმჯობესებს დანაფარის ხარისხს.



110). განუზავებელი გოგირდმჟავა ელექტროლიტი არაა, ხოლო განზავებული – ელექტროლიტია. განზავებული გოგირდმჟავას რკინის ჭურჭელში შენახვისას ადგილი ექნება ელექტროლიზს.

111). მჟავა, რომელიც შედის ლიმონში ან ვაშლში და ორი განსხვავებული მავთული წარმოადგენს თავისებურ გალვანურ ელემენტს.

112). სპილენძის მავთულები უნდა მივუერთოთ აკუმულატორის მომჭერებს, ხოლო თავისუფალი ბოლოები ჩავარჭოთ კარტოფილში. ელექტროლიზის გამო ბატარეის დადებით პოლუსზე გამოიყოფა უანგბადი, რომელიც იმოქმედებს სპილენძთან. სპილენძის წარმოქმნილი ოქსიდები და ჰიდროქსიდები კარტოფილს მიანიჭებენ მოცისფრო-მომწვანო ფერს.

113). მაგნიტისა და რკინის ერთმანეთთან მიახლოებისას “მუდმივი მაგნიტი-რკინა” სისტემის პოტენციური ენერგია მცირდება ზუსტად იმ მუშაობის ტოლი სიდიდით, რომელიც იხარჯება მიზიდულობის ძალების საწინააღმდეგოდ გადაადგილებისას. ენერგიის საწყისი მნიშვნელობის აღსადგენად საჭიროა მაგნიტი მოვაშოროთ რკინას. ცხადია, ამისათვის საჭიროა მუშაობის შესრულება, რომელიც რკინის ნაჭრის აწვევისას მაგნიტის მიერ შერულებული მუშაობის ტოლია.

114). ცვლადი დენის წრედში ჩართულ ხელსაწყოში ძაბვა და დენი შეიძლება ისე იცვლებოდეს, რომ მათი მაქსიმალური მნიშვნელობები შესაძლებელია ერთმანეთს დაემთხვეს. ამ შემთხვევაში ამბობენ, რომ დენი და ძაბვა ფაზით ემთხვევა ერთმანეთს. ეს ხდება მაშინ, როდესაც ცვლადი დენის წრედში ჩართულ ხელსაწვოს გაჩნია მხოლოდ აქტიური წინაღობა და მოხმარებული სიმძლავრე გამოითვლება ფორმულით:

$$N = IU$$

სადაც  $I$  და  $U$  შესაბამისად დენის ძალისა და ძაბვის ეფექტური მნიშვნელობებია.

მხოლოდ აქტიური წინაღობები აქვთ მაგალითად, ვარვარების ნათურებს, ელექტროქურებს და სხვა.

მაგრამ თუ ცვლადი დენის წრედში ჩავრთავთ ინდუქტივობას ან კონდენსატორს, მაშინ დენის ძალა და ძაბვა მაქსიმალურ მნიშვნელობებს ერთდოულად ვერ აღწევენ. ამ შემთხვევაში ამბობენ, რომ დენის ძალა და ძაბვა ფაზით წანაცვლებულია და სიმძლავრის ფორმულაში ჩნდება ახალი თანამამრავლი  $k$ , რომელსაც სიმძლავრის კოეფიციენტი ეწოდება:

$$N = kIU$$

თანამამრაველ  $k$ -ს ხშირად უწოდებენ “კოსინუს  $\varphi$ “-ს.  $\varphi$  არის ძვრის კუთხე დენსა და ძაბვას შორის.

ელექტროძრავის ხვიას გაჩნია არამართო აქტიური, არამედ ინდუქციური წინაღობაც. ამის გამო ხვიაში გამავალ დენსა და მასზე მოდებულ ძაბვას შორის ჩნდება ფაზით წანაცვლება. ძვრის კუთხის კოსინუსი ძრავის ნორმალური მუშაობის რეჟიმში ტოლია:

$$k = \frac{N}{IU} = \frac{900 \text{ ვტ}}{220 \text{ ვ} \cdot 5 \text{ ა}} = 0,82.$$

ჩვეულებრივ “კოსინუს  $\varphi$ “-ს მნიშვნელობა, რომელიც ძრავის მუშაობის ოპტიმალურ რეჟიმს შეესაბამება, ნაჩვენებია ელექტროძრავის პასპორტში.

115). კითხვზე პასუხის გასაცემად საჭიროა გავარკვიოთ თუ რა არის დენის სიჩქარე. ეს არ არის ელექტრონების მოძრაობის სიჩქარე, არამედ ის წარმოადგენს იმ ელექტრომაგნიტური ტალღების გავრცელების სიჩქარეს, რომელიც იწვევს ელექტრონების მიმართულ მოძრაობას. ელექტრომაგნიტური ტალღის მოძრაობის სიჩქარე ტოლია  $300\ 000$  კმ/წმ-ის. ცნობილ რუს ფიზიკოსს **ა.იოფეს** მოყვანილი აქვს ასეთი საიტერესო განგარიშება: თუ ტელეგრაფის მავთულის ერთ ბოლოზე შევცლით პოტენციალს  $10$  ვ-ით, დამკვირვებელი, რომელიც  $600$  კმ-ის დაშორებით იმყოფება მეორე ბოლოსთან, დენის ცვლილებას იგრძნობს  $\frac{600 \text{ კმ}}{300\ 000 \text{ კმ/წმ}} = 0,002$  წმ-ის შემდეგ. მაგრამ ელექტრონები ამ მანძილის გავლას მოანდომებდნენ  $100\ 000$  წელს!

ელექტრომაგნიტური ველი თითქმის მყისიერად ვრცელდება და ამიტომ ერთდროულად იწვევს ელექტრონების მიმართულ მოძრაობას გამტარის მთელ სიგრძეში.

116). დენის გავლისას პირველ კოჭაში, მასში აღიძვრება მაგნიტური ნაკადი, რომელიც მთლიანად გაივლის გულარში და განჭოლავს მეორე კოჭის ხვიებს. ვინაიდან პირველად კოჭაში გადის ცვლადი დენი მაგნიტური ნაკადიც ცვლადი იქნება და სწორედ ეს ცვლადი ნაკადი გამოიწვევს ინდუქციის ელექტრომამოძრავებელი ძალის გაჩენას მეორად კოჭაში.

117). მუხტის გადამტანების მოწესრიგებული მოძრაობის სიჩქარე ნახევარგამტარებში მეტია, ვიდრე მასთან მიმდევრობით მიერთებულ ლითონის გამტარში.

118). ერთ კარკასზე დახვეული სამი პარალელური კოჭა შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც, ერთი კოჭა რომელზედაც დახვეულია სამჯერ დიდი განივკვეთის

გამტარი. მუდმივი დენის წყაროსთან მიერთებისას კოჭაში გაივლის ზუსტად სამჯერ მეტი სიდიდის დენი, ვინაიდან ზუსტად სამჯერ ნაკლებია კოჭას წინაღობა. ამიტომ მუდმივი დენის წრედში მაგნიტური ველიც სამჯერ გაიზრდება. სხვანაირადაა საქმე ცვლადი დენის წრედთან მიერთებისას.

ცვლადი დენის წრედში კოჭას სრული წინაღობა დამოკიდებულია არა მარტო აქტიურ წინაღობაზე, არამედ კოჭას ხვიათა რიცხვზე, კოჭას გეომეტრიულ ზომებზე და ცვლადი დენის სიხშირეზე. თუ ხვიათა რიცხვი დიდია, მცირე აქტიური წინაღობის დროსაც კი სრული წინაღობა დიდი იქნება. ლაბორანტმა მიაერთა რა სამი კოჭა პარალელურად, მან ფაქტიურად შეამცირა აქტიური წინაღობა, მაშინ როდესაც ინდუქციური წინაღობა არ შეცვლილა, ვინაიდან არ შეცვლილა წრედიდან მოხმარებული დენის ძალა და კოჭას შიგნით მაგნიტური ველის სიდიდე. პარალელური შეერთება ხელსაყრელია იმდენად რამდენადაც თითოეულ კოჭაში გამავალი დენი შემცირდა სამჯერ და ამიტომ თითოეული კოჭაც ნაკლებად გახურდება.

119). განვიხილავთ რა სპირალს როგორც აქტიურ წინაღობას, შეიძლება ვთქვათ, რომ ის ორივე შემთხვევაში ერთნაირად გახურდება, ვინაიდან ამოცანის პირობის ძალით მუდმივი დენის ძაბვა ტოლია ცვლადი დენის ძაბვის მოქმედი მნიშვნელობის  $U_{\text{გ.ჯოულ-დენცის კანონის ძალით შესაბამისად გამოყოფილი სითბოს რაოდენობები იქნება:$

$$Q_1 = U^2 t / R$$

$$Q_2 = U_{\text{გ.ჯოულ-დენცის კანონის ძალით შესაბამისად გამოყოფილი სითბოს რაოდენობები იქნება:}}$$

შედარებიდან ჩანს, რომ სითბოს რაოდენობები ტოლია.

120). ადამიანის დაზიანება ხდება იმიტომ, რომ დენი, რომელიც ჩნდება მესდარტემულ ხეში, ხის ძირიდან მიწაში გაედინება რადიალური მიმართულებით და ქმნის ძაბვის ვარდნას. ამ დენის ნაწილმა ფეხის ტერფის მეშვეობით შესაძლებელია შეაღწიოს ადამიანის ორგანიზმშიც. საფრთხის შესამცირებლად უმჯობესია ადამიანმა ფეხები გადგას ერთი წრეწირის გასწვრივ ან შეატყუპოს.

121). დამატებითი გამტარები განკუთვნილია ანძების დასაცავად მესის დარტემისაგან.

122). ხეები, რომლებსაც ღრმა ფესვები აქვთ უკეთესად უკავშირდებიან ნიადაგის წყალგამტარ ფენებს, უკეთეს კონტაქტს ქმნიან მიწასთან და ამდენად დამუხტული ღრუბლების გავლენით მათზე კარგად გროვდება მიწიდან მომდინარე მუხტები, რომელთა ნიშანიც ღრუბლების მუხტის ნიშნის საწინააღმდეგოა.

123). კონდენსატორის ფირფიტებისაკენ მიმართული მინის ფირფიტის ზედაპირებზე, პოლარიზაციის გამო, ჩნდება მასთან დაკავშირებული მუხტები, რომელთა ნიშანიც საწინააღმდეგოა კონდენსატორის შესაბამისი ფირფიტის მუხტის ნიშნის. კონდენსატორიდან მინის ფირფიტის გამოდებისას ექსპერიმენტატორს უწევს სხვადასხვა ნიშნიანი მუხტების მიზიდულობის კულონური ძალების დასაძლევად საჭირო მუშაობის შესრულება.

124). სინათლეს ასხივებს შაქრის მოლეკულები, რომლებიც აღიგზნებიან ელექტრული ველით, რომელიც განპირობებულია მუხტების განსხვავებით კრისტალის სიბრტყეებზე. ეს ველი წარმოიქმნება შაქრის კრისტალების გაბობისას მათი შერევის დროს.

125). მიღებულ სისტემას არ ექნება მაგნიტური თვისებები, ვინაიდან სრული სიმეტრიის გამო, შედგენილი ბირთვის და მის გარშემო არსებული სივრცის ყოველ წერტილში გაივლის ურთიერთ საწინააღმდეგოდ მიმართული მაგნიტური ძაღწირების ერთნაირი რაოდენობა. სხვა სიტყვებით, რომ ვთქვათ “მაგნიტი: თვითონ განამაგნიტებს თავის თავს. მაგრამ ეს სრულებით არ ნიშნავს იმას, რომ შეუძლებელია სფეროს ფორმის მაგნიტის შექმნა; მთავარია მის ზედაპირზე არსებობდეს ერთსახელიანი პოლუსები, თუნდაც არატოლი რაოდენობით. მაგალითად შეიძლება ბირთვი დამაგნიტდეს ისე, რომ ზედაპირზე იყოს ერთი სამხრეთი და ორი ჩრდილოეთი პოლუსი ან პირიქით. ზოგიერთს მიაჩნია, რომ ეს შეუძლებელია, მაგრამ გავიხსენოთ დედამიწა, რომელიც გიგანტურ მაგნიტს წარმოადგენს.

126). ორივე პასუხი სწორია, მაგრამ ეს იმას არ ნიშნავს, რომ ხელსაწყოში ერთდროულად გადის სხვადასხვა სიდიდის დენი. შესაძლებელია აეწყოს ორი ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავებული წრედი, რომელთაგან თითოეული აკმაყოფილებს ამოცანის პირობას.

დენის მიღებული ორი სხვადასხვა მნიშვნელობისა და დამატებითი წინაღობის სიდიდისათვის შეიძლება მივიღოთ ძაბვის ორი მნიშვნელობა:

$$U_{წინ}^1 = 0,5ა \cdot 40ომი = 20 ვ$$

$$U_{წინ}^2 = 2,5ა \cdot 40ომი = 100 ვ$$

ანალოგიურად მიიღება ძაბვის ორი მნიშვნელობა ხელსაწყოზე:

$$U_{ხელ}^1 = \frac{50 ვტ}{0,5ა} = 100 ვ,$$

$$U_{ბელ}^2 = \frac{50 \text{ ვტ}}{2,5 \text{ ა}} = 20 \text{ ვ}$$

და ხელსაწყოს წინაღობის ორი მნიშვნელობა

$$r_{ბელ}^1 = \frac{120 \text{ ვ}}{0,5 \text{ ა}} - 40 \text{ ომი} = 200 \text{ ომი},$$

$$r_{ბელ}^2 = \frac{120 \text{ ვ}}{2,5 \text{ ა}} - 40 \text{ ომი} = 8 \text{ ომი}.$$

ამოცანა არ შეიცავს არანაირ მონაცემს, რათა უპირატესობა მივანიჭოთ პირველ ან მეორე ამონახსნს. თუმცა, თუ ვიანგარიშებთ ორივე შემთხვევაში დამატებითი წინაღობის მიერ მოხმარებულ სიმძლავრეებს:

$$N^1 = (0,5 \text{ ა})^2 \cdot 40 \text{ ომი} = 10 \text{ ვტ},$$

$$N^2 = (2,5 \text{ ა})^2 \cdot 40 \text{ ომი} = 250 \text{ ვტ}$$

და შევადარებთ ხელსაწყოს სიმძლავრეს (50 ვტ), მეორე ვარიანტი ნაკლებ ალბათურად მოგვეჩვენება.

ამრიგად, ორივე ამონახსნი მართებულად უნდა მივიჩნიოთ. თუ გვინდა, რომ ამოცანას მხოლოდ ერთი ვარიანტი ჰქონდეს, მაშინ უნდა მოვითხოვოთ რაიმე დამატებითი პირობა, მაგალითად დამატებით წინაღობაზე გამოყოფილი სიმძლავრე.

127). მართლაც რაც მეტია  $R$ , მით მეტია ელექტროენერჯის გამოყენების კოეფიციენტი და ის 1-ის ტოლი გახდება მაშინ, როდესაც მომხმარებლის წინაღობა “უსასრულოდ დიდია”, რაც ცხადია, მიუღწევადია, მაგრამ მასთან მიახლოება შესაძლებელია.

დენის წყაროსთან მიერთებული წინაღობის მნიშვნელოვანი გაზრდა მიზანშეწონილი არაა. მართალია ამ დროს ძაბვა გაიზრდება, მაგრამ ვერ გადააჭარბებს დენის წყაროს ემძ-ს. ამასთან როდესაც  $R$  უსასრულოდ გაიზრდება დენის ძალის სიდიდე უსასრულოდ შემცირდება. ამრიგად, სიმძლავრის ფორმულაში

$$N = IU$$

პირველი თანამამრაველი წინააღობის უსასრულო ზრდისას მიისწრაფის 0-საკენ, ხოლო მეორე – ემპ-ს მნიშვნელობისაკენ. ადვილი შესამჩნევია, რომ დენის წყაროდან მოხმარებული სიმძლავრე მიისწრაფის 0-საკენ.

არასასურველია დაბალი წინააღობის მომხმარებლის გამოყენებაც, ვინაიდან ზემოთ მოყვანილ სიმძლავრის ფორმულაში პირველი თანამამრაველი ვერ გახდება  $\varepsilon/r$ -ზე მეტი (ასეთი დენი გაივლის მოკლე ჩართვისას), მაშინ როდესაც ძაბვა დატვირთვის წინააღობაზე ამ წინააღობის ნულისკენ სწრაფვისას ასევე მიისწრაფის ნულისაკენ.

შეიძლება დამტკიცდეს, რომ მომხმარებლის მიერ რეალიზებული სიმძლავრე მაქსიმალური იქნება მაშინ, როდესაც მისი წინააღობა გაუტოლდება დენის წყაროს შიგა წინააღობას. დავწეროთ მომხმარებლის სიმძლავრის საანგარიშო ფორმულა

$$N = \frac{\varepsilon^2}{(R + r)^2} R.$$

გავამრავლოთ მრიცხველი და მნიშვნელი  $4r$ -ზე, მივიღებთ:

$$N = \frac{4rR\varepsilon^2}{4r(R + r)^2},$$

გამოვიყენოთ იგივეობა

$$4Rr = (R + r)^2 - (R - r)^2,$$

მივიღებთ

$$N = \frac{\varepsilon^2}{4r} \left[ 1 - \frac{(R-r)^2}{(R+r)^2} \right].$$

ამ უკანასკნელი ფორმულიდან ჩანს, რომ  $N=0$  როცა  $R=0$  და  $R=\infty$ , ხოლო როცა  $R=r$  სიმძლავრე მიაღწევს მაქსიმუმს.

128). შუნტის ჩართვამდე გალვანომეტრში გამავალი დენი გამოანგარიშება სრული წრედისათვის ომის კანონის ფორმულით:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

სადაც  $\varepsilon$  არის თერმოწყვილის ემპ,  $r$  – მისი წინაღობა,  $R$  – გალვანომეტრის წინაღობა.

შუნტის მიერთების შემდეგ, რომლის წინაღობაც ასევე  $R$ -ის ტოლია, გალვანომეტრში გაივლის, დენი რომლის სიდიდეა

$$I_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\varepsilon}{r+R/2}.$$

ვინაიდან გალვანომეტრთან შედარებით თერმოწყვილის წინაღობა ძალიან დაბალია, პირველი შესაკრები მნიშვნელში ორივე გამოსახულებაში შეგვიძლია უკუვაგლოთ და მივიღებთ:

$$I_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\varepsilon}{r + R/2} = \frac{\varepsilon}{R} = I_1.$$

მრიგად, გალვანომეტრის წინაღობა და შესაბამისად მისი ჩვენება არ უნდა შეიცვალავს.

თუ გალვანომეტრის წინაღობა გაცილებით აღემატება წრედის დანარჩენი ნაწილის წინაღობას, როგორც ამას ადგილი აქვს ჩვენს შემთხვევაში, მაშინ ის იმუშავებს ვოლტმეტრის რეჟიმში. მისი სკალა ნაკლებად მგრძობიარე რომ გავხადოთ საჭიროა მიმდევრობით მივუერთოთ წინაღობა. დამწყები ფიზიკოსები სწორედ ასე უნდა მოქცეულიყვნენ.

129). მართლაც, ვინაიდან ყველა აბაზანაში გადის ერთი და იმავე სიდიდის დენი,  $n$  რაოდენობის აბაზანაში უნდა გამოიყოს  $n$  – ჯერ მეტი ნივთიერება ვიდრე ერთ მათგანში. მაგრამ აქედან სრულებით არ გამომდინარეობს, რომ ერთიდაიგივე დროში მეორე მოწყობილობაში გამოიყოფა  $n$  – ჯერ მეტი ნივთიერება, ვიდრე პირველში. ამის მიზეზი ისაა, რომ თუ ახალ მოწყობილობაში დენის წყარო არ შეიცვალა დენის სიდიდე აუცილებლად შემცირდება ორი მიზეზით:

- 1). სავსებით ცხადია, რომ ელექტროლიტური აბაზანების მიმდევრობითი შეერთებისას “თხევადი გამტარის” წინაღობა გაიზრდება, რაც გამოიწვევს წრედის წინაღობის გაზრდას და აქედან გამომდინარე დენის ძალის შემცირებას,
- 2). მეორე მიზეზი ნაკლებად ტრივიალურია. ელექტროლიტში დენის გავლა იწვევს ელექტროდებზე მთელ რიგ ფიზიკო-ქიმიურ პროცესებს, რის შედეგადაც

ელექტროქიმიური აბაზანა მუშაობას იწყებს როგორც გალვანური ელემენტი, რომლის ემპ მიმართულია მოდებულის საწინაღმდეგოდ.

ამრიგად, აბაზანების რიცხვის გაზრდა თითქოს უნდა იწვევდეს ელექტროდებზე გამოყოფილი ნივთიერების მასის ზრდას, მაგრამ სინამდვილეში ის უკეთეს შემთხვევაში იგივე რჩება (პრაქტიკაში ყოველთვის შეინიშნება შემცირება).

130). ორივე სფერო იზოლატორებზე, შევახოთ ერთმანეთს და მივიტანოთ ახლოს დამუხტულ სფეროსთან (ელექტრულ ველში). შემდეგ პირველი სფერო დავაშოროთ მეორეს. დამუხტულ სფეროსთან ახლოს მყოფი სფერო დაიმუხტება უარყოფითად, ხოლო მეორე, მოშორებით მყოფი – დადებითად.

131). ქინძისთავი მოშორდება დეროს შემდეგი მიზეზის გამო: თავდაპირველად დამუხტულ დეროს მიუახლოვდება არამარტო ქინძისთავი არამედ წყალიც. წყლის მიზიდვის გამო ის ამოიბურცება, ქინძისთავის ქვეშ გაჩენილი პატარა ბურცობიდან კი ქინძისთავი დაცურდება.

132). დისტილირებული წყლის ტემპერატურა რამდენადმე ნაკლები იქნება ვიდრე ტკბილის. ეს მოვლენა შეიძლება ასე აიხსნას: აორთქლების გამო სითხის ტემპერატურა დაიკლებს და ჭიქაში მყოფი სითხეების ტემპერატურა ოთახის ტემპერატურაზე ნაკლები გახდება. თავის მხრივ, ტკბილ სითხეში მყოფი წყლის მოლეკულების შეჭიდულობა შაქრის დიდი ზომის მოლეკულებთან აძნელებს წყლის აორთქლების პროცესს, მაშინ როდესაც დისტილირებული წყლის მოლეკულები შედარებით იოლად აორთქლდებიან და ტემპერატურაც რამდენადმე დაბალი იქნება.

133). გახურებული ლითონიდან ადამიანზე სითბო ძირითადად გამოსხივებით გადადის. გამდნარი ლითონის ტემპერატურაზე სითბოს გადაცემა ძირითადად ხდება ინფრაწითელი გამოსხივებით, რომელიც როგორც ელექტრომაგნიტური ტალღა, ძალიან ძლიერ აირეკლება ლითონის ზედაპირით.

134). როგორც ცნობილია, ლითონებში ბირთვიდან ყველაზე შორს მყოფი (ე.წ. სავალენტო) ელექტრონები ადვილად აღიგზნებიან სითბური ენერგიის ხარჯზე და ასევე ადვილად უბრუნდებიან საწყის მდგომარეობას. ამ დროს ისინი ასხივებენ სინათლეს. კვარცხა და მინაში ყველა ელექტრონი მტკიცედ არის დაბმული ბირთვთან და ძნელად იცვლიან თავის ენერგეტიკულ მდგომარეობას. შესამჩნევი ნათების მისაღწევად საჭიროა გაცილებით მაღალი ენერგიები.

135). დამკვირვებლის თვალში ფერის შეგრძნება დამოკიდებულია არა ტალღის სიგრძეზე, რომელიც თავის მხრივ დამოკიდებულია გარემოს გარდატეხის მაჩვენებელზე, არამედ ელექტრომაგნიტური რხევების სიხშირეზე. ეს სიხშირე არ იცვლება ერთი გარემოდან მეორეში გადასვლის დროს და განისაზღვრება მხოლოდ სინათლის წყაროს მახასიათებლებით.



მდენად, ფერი, რომელსაც დამკვირვებელი ჰაერში აღიქვამს, როგორც წითელს ასეთივე იქნება წყალშიც.

136). მცენარის ფოთლებზე წვიმის შემდეგ დარჩენილი წყლის წვეთები თამაშობენ მცირე ზომის ლინზების როლს, რომლებსაც შეუძლიათ მზის სხივების შეკრება – ფოკუსირება ფოთოლზე, რასაც შეუძლია ფოთლების დამწვრობა გამოიწვიოს.

137). თამბაქოს კვამლის ნაწილაკები სხვადასხვანაირად აბნევენ მათზე მოხვედრილ სინათლეს და ეს დამოკიდებულია ტალღის სიგრძეზე, ყველაზე ნაკლებად გაიბნევიან მცირე ტალღის სიგრძის მქონე ტალღები – იისფერი, ლურჯი და ცისფერი. სპექტრის მეორე მხარეს მყოფი გრძელტალღიანი – წითელი სხივები გაცილებით ნაკლებად გაიბნევიან. ამიტომ კვამლში გასული სინათლის კონაში ჭარბობენ მოწითალო შეფერილობები. პირიქით, სინათლის წყაროს მხრიდან ან ოდნავ მის გვერდზე მყოფი დამკვირვებელი ძირითადად ხედავს მოკლეტალღიან სხივებს და კვამლი ეჩვენება მოცისფროდ.

პრაქტიკაში ყოველთვის ითვალისწინებენ სინათლის სხივების შთანთქმის დამოკიდებულებას მათი ფერისაგან: კერძოდ გამაფრთხილებელ ხელსაწყოებში იყენებენ წითელი ფერის მინებს (შუქნიშანი!), ომის პრობებში, შუქმენიღვის მიზნით სარგებლობენ ლურჯი ფანრებით და ა.შ.

რაც შეეხება კვამლის “ნამდვილ ფერს” ის ალბათ შავია, ვინაიდან შეიცავს დიდი რაოდენობის დაუმწვარი ნახშირის ნაწილაკებს.

138). ცხელ ამინდში ნიადაგიდან ვერტიკალურად ზემოთ ცირკულირებენ ჰაერის გახურებული ნაკადები. არათანაბარი გახურების გამო ჰაერის სიმკვრივე განუწყვეტლივ და უწყესრიგოდ იცვლება, ხოლო სიმკვრივის ცვლა იწვევს გარდატეხის კოეფიციენტის ცვლილებას. ამის გამო საგნის მოხაზულობა მერხვეი გვეჩვენება.

139). ძვირფასი ქვების ბრწყინვა აიხსნება სრული შინაგანი არეკვლის მოვლენით, რაც მიიღწევა ქვების სპეციალური მოწახსნაგებით.

140). ფანჯრიდან გარეთ მოდის სინათლის ორი ნაკადი; პირველი წარმოქმნილია მინიდან არეკლილი სხივებით, ხოლო მეორე – სხივებით, რომლებიც რამდენჯერმე აირეკლება ოთახის კედლებიდან და შემდეგ გამოდის გარეთ. ამ უკანასკნელის ინტენსივობა დაბალია მრავაჯერადი არეკვლისა და გაბნევის გამო. ამიტომ დამკვირვებელი ხედავს მხოლოდ მინის ანარეკლს და არა ოთახის შიგა არეს.

141). მოყვანილ მსჯელობაში ყველაფერი სწორია გარდა დასკვნისა. ტელესკოპები მართლაც არ იძლევიან ვარსკვლავების გადიდებულ გამოსახულებას, მაგრამ ძალიან უწყობენ ხელს ასტრონომიულ დაკვირვებებს.

ვარსკვლავებზე დაკვირვებისას ტელესკოპის დანიშნულებას წარმოადგენს არა გადიდებული გამოსახულების მიღება, არამედ ადამიანის თვალში მოხვედრილი სინათლის ნაკადის გაზრდა. ტელესკოპის გამოყენებისას ადამიანის თვალის ბადურაზე მოხვედრილი სინათლის ნაკადი იმდენჯერ იზრდება რამდენჯერაც ტელესკოპის შესასვლელი ხვრელის ფართობი აღემატება ადამიანის თვალის გუგის ფართობს. თანამედროვე ტელესკოპებში ეს სიდიდე აღწევს 360 000, ამიტომ ტელესკოპში ისეთი მნათობებიც კი ჩანს, რომელთა დანახვა შეუიარაღებელი თვალით შეუძლებელია.

142). ირეკლება რა თეთრი ქაღალდიდან სინათლის სხივი მასზე ახდენს წნევას, რომელიც გამოითვლება ფორმულით:

$$P = \frac{I}{c} (1 + \rho)$$

სადაც  $P$  – წნევაა,  $I$  – სინათლის ინტენსივობა, ანუ სინათლს ენერგია, რომელიც 1 წმ-ში ეცემა სხეულის ერთეულ ფართობს,  $c$  – სინათლის სიჩქარე ვაკუუმში,  $\rho$  – სინათლის არეკვლის კოეფიციენტი. თეთრი ქაღალდისათვის  $\rho = 1$ , ამიტომ

$$P = \frac{2I}{c}.$$

შავი ქაღალდიდან პრაქტიკულად არეკვლას ადგილი არა აქვს ამიტომ

$$P = \frac{I}{c}.$$

მოყვანილი ფორმულებიდან ჩანს, რომ თეთრ ქაღალდზე სინათლის წნევა მეტია ვიდრე შავზე.

143). ლუმინესცენტურ ნათურაში გამოსხივება ხდება ზედაპირიდან რომლის ფართობიც გაცილებით მეტია ვარვარების ნათურის ძაფის ზედაპირის ფართობზე.

144). დღის განათების, ვინაიდან მათი გამოსხივება სპექტრალურად უფრო ახლოსაა მზის სინათლესთან და ქსოვილებს ექნებათ ბუნებრივი ფერი.

145). ბნელი ზოლი – ესაა ინტერფერენციული სურათის ბნელი ხაზების ერთობლიობა, რომელიც ჩნდება თითებს შორის დრეჩოში სინათლის დიფრაქციის გამო.

146). წყლის მერხევი ზედაპირი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც სხვადასხვა ამოხნექილი და ჩაზნექილი ლინზების ერთობლიობა, რომლებიც სხვადასხვა გამოსახულებას იძლევიან.

147). თუ ღრუბელი დაშორებულია რამდენიმე კოლომეტრით, ქარი უბერავს ღრუბლისაკენ, ვინაიდან ღრუბლის წინა ფრონტზე ჰაერის ნაკადი მიმართულია ზემოთ. როდესაც ღრუბელი ახლოსაა, ქარი უბერავს ღრუბლიდან, ვინაიდან ცივი ჰაერი, რომელსაც წარიტაცებს წვიმა, მიმართულია ქვემოთ.

148). ვიდრე ნახვრეტის ზომები გაცილებით მეტია საგანზე დაცემული სინათლის ტალღის სიგრძეზე, დიფრაქციას ადგილი არა აქვს და მიიღება მკვეთრი გამოსახულება. გამოსახულების ასაგებად შეიძლება გამოვიყენოთ გეომეტრიული ოპტიკის კანონები. როგორც კი ნახვრეტის ზომები შემცირდება იმ ზომებამდე, რომ ისინი თანაზომადები გახდებიან სინათლის ტალღის სიგრძის, საჭიროა გავითვალისწინოთ დიფრაქციის მოვლენა. შესაბამისად, გამოსახულება იქნება არამკვეთრი

149). ელექტრონებსა და ბირთვს შორის მოქმედებენ მიზიდულობის ელექტრული ძალები, ხოლო მზესა და მზის სისტემის პლანეტებს შორის – მიზიდულობის გრავიტაციული ძალები.

გარდა ამისა, ელექტრონების მოძრაობა ატომში არ აკმაყოფილებს კლასიკური მექანიკის პრინციპებსა და კანონებს, არამედ ემორჩილება კვანტური მექანიკის კანონებს.

150). ძირითადი განსხვავება ამ მდგომარეობებს შორის ისაა, რომ აღგზნებულ მდგომარეობაში მყოფ ატომში, ელექტრონები მოძრაობენ ორბიტებზე, რომლებიც უფრო დაშორებული არიან ბირთვიდან ვიდრე ძირითად მდგომარეობაში მყოფი ატომების ელექტრონები და შესაბამისად მათ გააჩნიათ ენერჯიის მეტი მარაგი.

151). ასეთი  $\alpha$ -ნაწილაკების ენერჯია არასაკმარისია იმისათვის, რომ მათ გადალახონ მძიმე ელემენტების ბირთვების განზიდვის ელექტრული ძალები და მიუახლოვდნენ მათ  $10^{-15}$ მ მანძილზე. სწორედ ამ მანძილებიდან დაწყებული ნუკლონებს შორის ურთიერთქმედების ძალები მნიშვნელოვნად აღემატება ელექტრული ურთიერთქმედების ძალებს.

## ლიტერატურა

1. აგიბინეიშვილი, გ. კუკულაძე. ზოგადი ფიზიკის კურსი. თბ., 2008
2. A.Shipman,J.Vilson, R.Todd. A Introduction to Physical Science. Lon., 2007.
3. H.Yong, R. Freedman,. Yniversity Physics. Sen.Barb., 2006.
4. J.Taylor, C.Zafirotos, M.Dubson. Modern Physics for Sciencests and Engeers. N.Y.,2005.
5. D.Wilson, A.Butta. College Physics.N.Y., 2005
6. B.E.Baque. Ophysical questions from everyday life. Los.Ang.,2004
6. ქ. ჩხეიძე. ფიზიკა ცნობისმოყვარეთათვის. თბილისი, 1998
7. В.И.Лукашик.Физическая олимпиада. М., 1987
8. В.Н.Ланге. Физические парадоксы и софизмы. М.,1978
9. В.Г.Зубов, В.П.Шальнев.Задачи по физике. М., 1975