

ელიზბარ ელიზბარაშვილი

ფიზიკა გეოფიზიკის საფუძვლებით

(სალექციო კურსი)

2020

1

სალექციო კურსი განკუთვნილია სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოგრაფიის სპეციალობის (ბაკალავრიატის დონე) სტუდენტებისათვის.

რედაქტორი - პროფესორი, **მელორ ალფენიძე**

რეცენზენტები:

ივ.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ.ნოდუას გეოფიზიკის ინსტიტუტის ატმოსფეროს ფიზიკის სექტორის გამგე, ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი **ავთანდილ ამირანაშვილი**

გარემოს ეროვნული სააგენტოს კლიმატის განყოფილების გამგე, გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, **ლიანა ქართველიშვილი**;

შესავალი.

გეოფიზიკა - მეცნიერებათა კომპლექსი, რომელიც შეისწავლის დედამიწის გარსების ფიზიკურ თვისებებს და შემადგენლობას, მათში მიმდინარე პროცესებს.

გეოფიზიკა — მეცნიერებათა კომპლექსი, რომელიც შეისწავლის მთლიანად დედამიწის ფიზიკურ თვისებებსა და მის მყარ, თხევად და აირის გარსებში მიმდინარე ფიზიკურ პროცესებს. გეოფიზიკა განეკუთვნება დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებათა ჯგუფს და ფართოდ სარგებლობს კვლევის ფიზიკური და მათემატიკური მეთოდებით. გეოფიზიკა იყოფა სამ დიდ ნაწილად: დედამიწის ფიზიკა (იგულისხმება დედამიწის მყარი ნაწილი), ჰიდროფიზიკა, ატმოსფეროს ფიზიკა, რომლებიც თავის მხრივ, მოიცავენ ცალკეულ გეოფიზიკურ დისციპლინებს; გამოყენებით გეოფიზიკას განეკუთვნება ძიების გეოფიზიკური მეთოდები, რომლებითაც ბუნებრივ და ხელოვნურ ფიზიკურ ველებზე დაკვირვების გზით იკვლევენ დედამიწის ქერქსა და მისი შინაგან აგებულებას, სასარგებლო წიაღისეულის საბადოებს და საინჟინრო გეოლოგიის საკითხებს.

თანამედროვე გეოფიზიკა დიდი როლს თამაშობს დედამიწის შინაგანი აგებულებისა და ფიზიკური თვისებების შესწავლის საქმეში. დედამიწის შედარებით დიდი სიღრმეები უშუალო დაკვირვებისათვის (სამთო გამონამუშევრებით, ბურღვით) პრაქტიკულად მიუწვდომელია. გეოფიზიკური დაკვირვებები კი ისეთ მასალას გვაწვდის, რომლის ანალიზი საშუალებას იძლევა საკმაოდ სარწმუნო წარმოდგენა ვიქონიოთ დედამიწის შინაგან აგებულებასა და მასში მიმდინარე ფიზიკურ პროცესებზე.

დედამიწის ფიზიკის ძირითადი დარგებია: დედამიწის მაგნეტიზმი, რომელიც შეისწავლის დედამიწის მაგნიტურ ველს, მის სივრცობრივ განაწილებას და დროში ვარიაციებს; სეისმოლოგია სწავლობს მიწისძვრების წარმოქმნის მიზეზებსა და პირობებს, მათ გამოვლინებას დედამიწის ზედაპირზე, სეისმური (დრეკადი) ტალღების ბუნებასა და დედამიწის წიაღში მათ გავრცელებას,

მიწისძვრის კერებში მიმდინარე პროცესებს, დედამიწის ქერქის სუსტ რყევებს, ანუ მიკროსეისმებს.

სეისმოლოგიური დაკვირვებები ძირითადად სტაციონარულ სეისმურ სადგურებში მიმდინარეობს, ხოლო ცალკეულ მძლავრ მიწისძვრებს, მათ ნგრევით მოქმედებას და დედამიწის ქერქში მომხდარ დეფორმაციებს საგანგებოდ სწავლობენ.

დედამიწის სეისმურობის შესწავლას დიდი სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა აქვს მშენებლობის რაციონალურად წარმართვისათვის (სეისმომედეგი ანუ ანტისეისმური მშენებლობა). სეისმური დაკვირვებები საშუალებას იძლევა წარმოდგენა ვიქონიოთ დედამიწის ქერქისა და მისი შიგნეთის აგებულებაზე.

თავი 1. მექანიკის ფიზიკური საფუძვლები. დედამიწის გრავიტაციული ველი.

1.1. მატერიალური წერტილის კინემატიკა.

წრფივი თანაბარი მოძრაობა. მისი განტოლება. სიჩქარე.

წრფივი თანაბარი მოძრაობა ისეთი მოძრაობაა, როდესაც მატერიალური წერტილი (სხეული) დროის თანაბარი მონაკვეთების განმავლობაში თანაბარ მანძილს გაივლის. ასეთი მოძრაობის დროს სხეულის გადაადგილების ვექტორი მიმართულებით ემთხვევა სიჩქარის ვექტორს. ამასთან მოძრაობის საშუალო სიჩქარე დროის ნებისმიერ მონაკვეთზე ემთხვევა მის მყისიერ სიჩქარეს:

$$V_{\text{სშ.}} = v$$

წრფივი თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე– ფიზიკური ვექტორული სიდიდეა, რომელიც განისაზღვრება, როგორც სხეულის გადაადგილების მანძილის \vec{S} შეფარდება ამ გადაადგილებისათვის საჭირო დროის მონაკვეთთან t :

$$\vec{v} = \vec{S} / t$$

ამ ფორმულიდან განისაზღვრება გადაადგილება:

$$\vec{S} = \vec{v} \cdot t$$

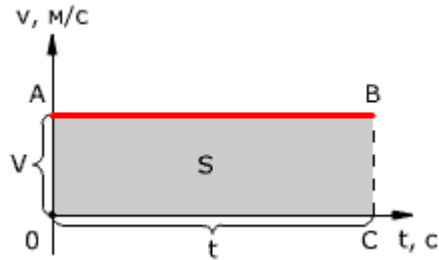
თუ OX ღერძის დადებითი მიმართულება შეესაბამება მოძრაობის მიმართულებას, მაშინ სიჩქარის პროექცია OX ღერძზე უდრის სიჩქარის სიდიდეს და დადებითია: $v_x = v$, ანუ $v > 0$

OX ღერძზე გადაადგილების პროექცია უდრის: $s = vt = x - x_0$
სადაც x_0 – სხეულის საწყისი კორდინატაა, x – საბოლოო კორდინატაა.

საიდანაც: $x = x_0 + vt$

თუ კი OX ღერძის დადებითი მიმართულება მოძრაობის მიმართულების საწინააღმდეგაა, მაშინ სხეულის სიჩქარის პროექცია OX ღერძზე უარყოფითია ($v < 0$), და მოძრაობის განტოლება დებულობს სახეს: $x = x_0 - vt$

ნახ.1.1.1 -ზე ნაჩვენებია სხეულის გადაადგილების სიჩქარის დამოკიდებულება დროზე წრფივი თანაბარი მოძრაობის დროს.



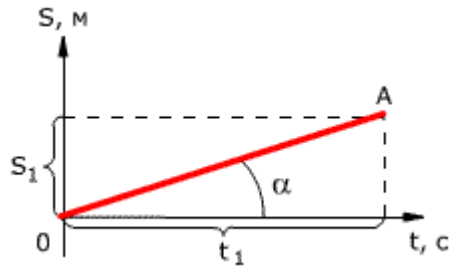
ნახ. 1.1.1. სხეულის გადაადგილების სიჩქარის დამოკიდებულება დროზე წრფივი თანაბარი მოძრაობის დროს

როგორც ნახ -დან ჩანს მოძრაობის განტოლების თანახმად სხეულის გადაადგილების პროექცია რიცხობრივად $OABC$ მართკუთხედის ტოლია.

შემდეგ ნახ.1.1.2. -დან კი ჩანს, რომ $v = s_1 / t_1 = \operatorname{tg} \alpha$

სადაც α – დახრილობის კუთხეა.

რაც მეტია α , მით სწრაფად მოძრაობს სხეული, ანუ მით მეტია სიჩქარე. კუთხის დახრილობის ტანგენსი კი უდრის სიჩქარეს:
 $\operatorname{tg} \alpha = v$



ნახ.1.1.2 სხეულის გადაადგილების პროექციის დამოკიდებულება დროზე წრფივი თანაბარი მოძრაობის დროს

არათანაბარი მოძრაობა. აჩქარება

თუ სხეულის (მატერიალური წერტილის) სიჩქარე დროის განმავლობაში იცვლება სიდიდით, ან მიმართულებით, მაშინ ასეთ მოძრაობას არათანაბარი მოძრაობა ეწოდება. სიჩქარის ცვლილების ვექტორულ ფიზიკურ სიდიდეს აჩქარება ეწოდება. საშუალო აჩქარება Δt დროის განმავლობაში განისაზღვრება ფორმულით:

$$a_{საშ.} = \Delta v / \Delta t,$$

სადაც $\Delta v = v_2 - v_1$ - სიჩქარის ვექტორის ცვლილებაა Δt დროის განმავლობაში.

თუ გადავალთ ზღვარზე, მაშინ მივიღებთ გამოსახულებას მყისიერი სიჩქარისათვის:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \dot{\vec{v}} = \ddot{\vec{r}}$$

აჩქარების ვექტორი შეიძლება გამოისახოს სხვადასხვა ხერხით:

- კორდინატთა რეგრძებზე მდგენელების სახით :

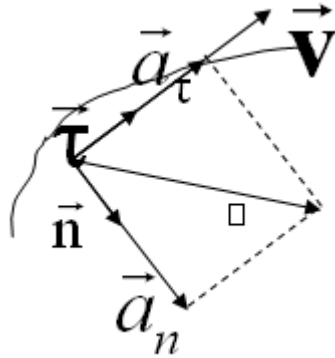
$$a = a_x i + a_y j + a_z k,$$

სადაც a_x, a_y, a_z – აჩქარების ვექტორის მდგენელებია შესაბამის ღერძებზე:

$$\begin{aligned} a_x &= v'_x = x'' \\ a_y &= v'_y = y'' \\ a_z &= v'_z = z'' \end{aligned}$$

• ტანგენციალური და ნორმალური აჩქარებების ურთიერთმართობული ვექტორების ჯამის სახით (ნახ.1.1.3):

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n = a_\tau \vec{T} + a_n \vec{n},$$



ნახ.1.1.3. ტანგენციალური, ნორმალური და სრული აჩქარება.

სადაც \vec{T} – ერთეულოვანი ვექტორია ტანგენციალური მიმართულების; \vec{n} – ერთეულოვანი ვექტორია, მიმართული მოძრაობის ტრაექტორიიდან ცენტრისკენ, ანუ \vec{T} -ს მართობულად..

$$a_\tau = dv/dt,$$

ნორმალური აჩქარება ახასიათებს სიჩქარის ცვლილებას მიმართულების მიხედვით. მისი მოდული : $a_n = v^2/R,$

სადაც R – მოცემულ წერტილში ტრაექტორიის სიმრუდის რადიუსია. სრული აჩქარების მოდული უდრის:

$$|\vec{a}| = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$$

ტანგენციალური და ნორმალური აჩქარებების მნიშვნელობების მიხედვით განასხვავებენ ბრტყელი მოძრაობის სხვადასხვა სახეობებს (იხ. ცხრილი 1.1.1)

ცხრილი 1.1.1. ბრტყელი მოძრაობის სახეობები

a_t	a_n	მოძრაობის სახეობა
0	0	წრფივი თანაბარი
const	0	წრფივი თანაბარცვალებადი
$a_t=f(t)$	0	წრფივი არათანაბარი
0	const	თანაბარი წრეწირზე
0	$\neq 0$	მრუდწიროვანი თანაბარი
const	$\neq 0$	მრუდწიროვანი თანაბარცვალებადი
$a_t=f(t)$	$a_n=f(t)$	მრუდწიროვანი არათანაბარი

1.2. მატერიალური წერტილის დინამიკა.

ძალა, მასა, იმპულსი . ძალის სახეობები.

აქამდე ჩვენ ვიხილავდით სხეულის გადაადგილებას მისი გამომწვევი მიზეზების გარეშე. დინამიკის კანონები ამყარებენ კავშირებს სხეულის მოძრაობასა და მის გამომწვევ მიზეზებს შორის.

განვიხილოთ სხეულის მოძრაობა ე.წ. ინერციულ ათვლით სისტემაში. ასეთ სისტემაში ნებისმიერი სხეულის მოძრაობა იცვლება მხოლოდ სხვა სხეულთან ურთიერთქმედების შედეგად. ამ პროცესის აღსაწერად შემოაქვთ ცნება ძალის შესახებ.

განსახვავებენ გრავიტაციულ, ელექტრულ, მაგნიტურ, ბირთვულ და სხვა ურთიერთქმედებებს (იხ. ცხრილი 2).

ძალა ეწოდება ვექტორულ სიდიდეს F , რომელიც წარმოადგენს ერთი სხეულის მეორეზე ზემოქმედების საზომს. ურთიერთდაშორებულ სხეულებს შორის ურთიერთქმედება ხორციელდება გრავიტაციული ან ელექტრული ძალების მეშვეობით.

თუ მატერიალურ წერტილზე ერთდროულად მოქმედებს რამდენიმე ძალა F_1, F_2, \dots, F_n მაშინ რეზულტირებული ძალა მათ გეომეტრიულ (ვექტორულ) ჯამს უდრის:

$$F_{\text{რეზ.}} = F_1 + F_2 + \dots + F_n.$$

ერთერთი მთავარი ცნება დინამიკაში არის მასა m . მასა განსაზღვრავს სხეულის გრავიტაციულ თვისებებს, ანუ ძალებს, რომლებიც სხეულს მიიზიდავენ, კერძოდ დედამიწა. მასა ახასიათებს სხეულის ინერციულ თვისებებს, ანუ მის თვისებას შეინარჩუნოს უძრაობა, ან წრფივი თანაბარი მოძრაობა, ან შეიცვალოს სიჩქარე.

სხეულის მასა განისაზღვრება, როგორც ნივთიერებათა რაოდენობა ამ სხეულში და უდრის ნივთიერების სიმკვრივისა ρ და სხეულის მოცულობის V ნამრავლს:

$$m = \rho \cdot V.$$

სხეულის მასა მის სიჩქარესთან ერთად განსაზღვრავს იმპულსს (მოძრაობის რაოდენობას) და სხეულის კინეტიკურ ენერჯიას.

მატერიალური წერტილის იმპულსი არის ვექტორული სიდიდე და უდრის მისი მასის და სიჩქარის ნამრავლს: $P = mv$.

ცხრილში 1.1.2, წარმოდგენილია ბუნებაში არსებული სხვადასხვა ურთიერთქმედებების მახასიათებლები.

ცხრილი 1.1.2. სხვადასხვა ურთიერთქმედებების მახასიათებლები.

ურთიერთქმედება	რადიუსი	დრო
გრავიტაციული	∞	—
ელექტრომაგნიტური	∞	$10^{-16} - 10^{-20}$ წმ
ბირთვული	10^{-15} მ	10^{-23} წმ

გრავიტაციული ურთიერთქმედება უნივერსალურია, მას ექვემდებარება ყველა ელემენტარული ნაწილაკი. ცნება ურთიერთქმედების დროის შესახებ არის ფარდობითი. ემპირიულად ის შეიძლება განხილულ იქნეს, როგორც ნაწილაკების სიცოცხლის მინიმალური დრო.

მექანიკაში ცნობილი ძალებიდან ყველაზე ფუნდამენტურია გრავიტაციული და ელექტრული. სიმძიმის ძალა მიეღწევა გრავიტაციულ ურთიერთქმედებას, ხახუნის და დრეკადობის ძალები - ელექტრომაგნიტურს.

სიმძიმის ძალა $F = mg$, სადაც m - სხეულის მასაა, g - სიმძიმის ძალის აჩქარებაა. სხეულის წონა P - არის ძალა, რომლითაც სხეული ზემოქმედებს საყრდენზე $P = m(g - a)$, სადაც a - აჩქარებაა დედამიწასთან შედარებით. თუ $a = g$, მაშინ სხეულის წონა $P = 0$ (უწონადობის მდგომარეობა).

დრეკადობის ძალა განისაზღვრება გუკის კანონის თანახმად:

$$F_{\text{დრეკ.}} = -k \cdot \Delta l,$$

სადაც k - ზამზარას სიმკაცრის კოეფიციენტია, Δl - დეფორმაციის სიდიდე.

ხახუნის ძალა წარმოიქმნება ერთი სხეულის მეორეზე ხახუნის შედეგად:

$$F_{\text{ხ.}} = \mu N,$$

სადაც μ - ხახუნის კოეფიციენტი, რაც დამოკიდებულია ხახუნის ზედაპირზე, N - საყრდენის რეაქციის ძალაა.

სხეულზე მოქმედი წინააღმდეგობის ძალა $F_{\text{წ.}} = \alpha v$, სადაც v - სხეულის სიჩქარეა გარემოს მიმართ, α სხეულისათვის დამახასიათებელი კოეფიციენტი.

არქიმედის ამომგდები ძალა: $F_{\text{არქ.}} = \rho_{\text{გ}} V$, რღე $\rho_{\text{გ}}$ - გარემოს სიმკვრივეა, V - სხეულის მოცულობა, g - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება.

ნიუტონის კანონები.

ნებისმიერი მატერიალური წერტილი ან სხეული ინარჩუნებს უძრაობის მდომარეობას ან წრფივ თანაბარ მოძრაობას, მანამ სანამ მასზე არ იმოქმედებენ ძალები. ეს არის ინერციის, ანუ ნიუტონის პირველი კანონი.

უძრაობა არის წრფივი თანაბარი მოძრაობის კერძო შემთხვევა, როდესაც :

$$\mathbf{a} = 0 \text{ და } \mathbf{v} = \text{const, ან } \mathbf{v} = 0.$$

ინერციის კანონი სამართლიანია მხოლოდ ინერციულ ე.წ.სისტემებში.

ნიუტონის მეორე კანონის თანახმად მატერიალური წერტილის(სხეულის) მასის ნამრავლი მის აჩქარებაზე ამ სხეულზე მოქმედი ძალის ტოლია: $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$.

თუ სხეულზე მოქმედებს რამოდენიმე ძალა, მაშინ გამოიყენება რეზულტირებული ტოლქმედი ძალა:

$$\mathbf{F}_{\text{რეზ}} = m\mathbf{a}.$$

ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად ძალები, რომლითაც ორი სხეული ურთიერთქმედებს ტოლია სიდიდით და ურთიერთსაწინააღმდეგოდ მიმართული: $\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21}$.

მოძრაობის რაოდენობის შენახვის კანონი

ვთქვათ სისტემა შედგება 2 სხეულისაგან. მათი მასა და მოძრაობის სიჩქარე შესაბამისად m_1 , $\bar{\mathbf{v}}_1$, და m_2 , $\bar{\mathbf{v}}_2$.

შეჯახებისას ისინი ურთიერთქმედებენ ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად $\bar{\mathbf{F}}_{12} = -\bar{\mathbf{F}}_{21}$.

ნიუტონის მეორე კანონის თანახმად: $\bar{\mathbf{F}}_{12} = \frac{\Delta \bar{\mathbf{p}}_1}{\Delta t}$, ხოლო: $\bar{\mathbf{F}}_{21} = \frac{\Delta \bar{\mathbf{p}}_2}{\Delta t}$.
მაშინ ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად გვექნება:

$$\frac{\Delta \bar{\mathbf{p}}_1}{\Delta t} = - \frac{\Delta \bar{\mathbf{p}}_2}{\Delta t},$$

შესაბამისა: $\Delta \bar{\mathbf{p}}_1 = -\Delta \bar{\mathbf{p}}_2$, ან $\Delta \bar{\mathbf{p}}_1 + \Delta \bar{\mathbf{p}}_2 = \Delta \bar{\mathbf{p}}$, ანუ $\Delta \bar{\mathbf{p}} = 0$.

ეს არის სისტემის სრული იმპულსის ვექტორის ცვლილება.

მაშასადამე სისტემის იმპულსის სრული ვექტორი ურთიერთქმედების დროს არ შეიცვალა: $\Delta \bar{\mathbf{p}} = 0$, და $\mathbf{P} = \text{const}$.

თუ სისტემა შედგება N სხეულისგან, მაშინ სისტემის იმპულსის სრული ვექტორი იქნება: $\mathbf{P} = m_1 \cdot \mathbf{v}_1 + m_2 \cdot \mathbf{v}_2 + \dots + m_N \cdot \mathbf{v}_N$, და $\mathbf{P} = \text{const}$.

ეს არის იმპულსის შენახვის კანონი. ჩაკეტილი სისტემის იმპულსის ვექტორი მუდმივია სისტემისშიგნით ნებისმიერი ურთიერთქმედებები პირობებში. მხოლოდ გარეშე ძალებს შეუძლია სისტემის იმპულსის შეცვლა.

1.3. მექანიკური მუშაობა და ენერჯია.

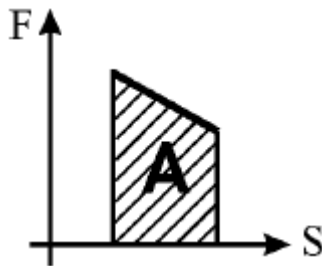
მუშაობა და სიმძლავრე

მუდმივი F ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ტოლია ძალის და S გადაადგილების მოდულების ნამრავლისა მათ ვექტორებს შორის კუთხის კოსინუსზე:

$$A = FS \cdot \cos \alpha$$

მუშაობა სკალარული სიდიდეა, ის შეიძლება იყოს დადებითი და უარყოფითი.

თუ ძალა იცვლება დროის განმავლობაში, მუშაობის გასაგებად აგებენ დამოკიდებულებას, და მიღებული გრაფიკის ქვეშ მოთავსებული ფიგურის ფართობი გამოსახავს მუშაობას:



ნახ.1.3.1. მუშაობის გამოსახვა გრაფიკულად

სიმძლავრე არის მუშაობა შესრულებული დროის ერთეულში:

$$P = \frac{A}{t}$$

ამ ფორმულით განისაზღვრება საშუალო სიმძლავრე. მყისიერი სიმძლავრე კი განისაზღვრება ფორმულით:

$$P = Fv \cdot \cos \alpha$$

მარგი ქმედების კოეფიციენტი განისაზღვრება, როგორც სასარგებლო მუშაობის შეფარდება დახარჯულ მუშაობასთან, ან სასარგებლო სიმძლავრის შეფარდება დახარჯულ სიმძლავრესთან. თუ რომელია სასარგებლო და დახარჯული მუშაობა განისაზღვრება კონკრეტული ამოცანიდან ლოგიკური მსჯელობით.

კინეტიკური ენერგია

ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც გამოისახება, როგორც სხეულის მასისა და სიჩქარის კვადრატის ნახევარნამრავლი სხეულის კინეტიკური ენერგია ეწოდება:

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

ყველა მოძრავ სხეულს გააჩნია კინეტიკური, ანუ მოძრაობის ენერგია. მისი ფიზიკური არსი შემდეგშია: იმისათვის, რომ უძრავმა სხეულმა დაიწყოს მოძრაობა, საჭიროა შესრულდეს მუშაობა, რომლიც ტოლი იქნება კინეტიკური ენერგიისა.

პოტენციური ენერგია

ცნება პოტენციური ენერგიის შესახებ შემოაქვთ მხოლოდ იმ ძალებისთვის, რომალთა მუშაობაც არ არის დამოკიდებული სხეულის მოძრაობის ტრაექტორიაზე, და განისაზღვრება მხოლოდ საწყისი და

სასრული მდებარეობებით. ასეთი ძალებია სიმძიმის და დრეკადობის ძალები.

სხეულის პოტენციური ენერგია დედამიწის სიმძიმის ძალის ველში განისაზღვრება ფორმულით:

$$E_p = mgh$$

მისი ფიზიკური არსია-პოტენციური ენერგია უდრის იმ მუშაობას, რომელსაც ასრულებს სიმძიმის ძალა სხეულის დაშვებისას ნულოვან დონეზე. h – არის მანძილი სხეულის სიმძიმის ცენტრიდან ნულოვან დონემდე. სიმძიმის ძალის მუშაობა ტოლია სხეულის პოტენციური ენერგიის ცვლილებისა შებრუნებული ნიშნით:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1})$$

მექანიკური ენერგიის შენახვის კანონი

სრული მექანიკური ენერგია ეწოდება კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამს:

$$E = E_k + E_p$$

თუ მექანიკური ენერგია არ გარდაიქმნება სხვა სახეობაში, მაგალითად სითბურში, მაშინ კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამი უცვლელი რჩება. თუკი მექანიკური ენერგია გარდაიქმნება სითბურში, მაშინ სრული მექანიკური ენერგიის ცვლილება უდრის გარეშე ძალების მუშაობას:

$$E_{\text{кон}} = E_{\text{нач}} + A_{\text{внеш}} \quad A_{\text{внеш}} = E_{\text{кон}} - E_{\text{нач}}$$

ჩაკეტილი სისტემის (სადაც გარეშე ძალები არ მოქმედებს) კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამი არის უცვლელი. ამეში მდგომარეობს ენერგიის შენახვის კანონი.

1.4. მბრუნავი სხეულის დინამიკა .

მყარი სხეულის ბრუნვითი მოძრაობა. ძალის მომენტი.

განვიხილოთ მატერიალური წერტილის ბრუნვა რაიმე O ცენტრის მიმართ F ძალის მოქმედებით. მატერიალური წერტილის რადიუს-ვექტორი \vec{r} და ძალა \vec{F} ბრუნვის ღერძის სიბრტყის მართობულეზია.

ძალის მომენტი უძრავი O წერტილის მიმართ ეწოდება \vec{M} ვექტორს , რომელიც წარმოადგენს \vec{r} , და \vec{F} ვექტორულ ნამრავლს:

$$\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}]. \quad (5.1)$$

მისი მოდული გამოისახება შემდეგი ფორმულით:
 $M = rF \sin \alpha = Fl,$

სადაც $l = r \cdot \sin \alpha$ - ძალის მხარი, ანუ უმოკლესი მანძილი მისი მოქმედების ხაზსა და ბრუნვის ცენტრს შორის.

თუ მატერიალურ წერტილზე მოქმედებს რამოდენიმე ძალ, მაშინ ძალის მომენტი გამოითვლება ფორმულით:

$$\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}_{\text{პაი}}] = [\vec{r}, (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots)] = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \dots$$

ამრიგად რეზულტირებული მომენტი ტოლია ცალკეული ძალების მომენტების ვექტორული ჯამისა.

ინერციის მომენტი

i-ური მატერიალური წერტილის ინერციის მომენტს z ღერძის მიმართ წარმოადგენს სკალარული სიდიდე, რომელიც უდრის მატერიალური წერტილის ნამრავლს ამ წერტილიდან ბრუნვის ღერძამდე მანძილის კვადრატზე:

$$I_i = m_i r_i^2.$$

სრული მყარი სხეულის ინერციის მომენტი წარმოადგენს ცალკეული მატერიალური წერტილების ინერციის მომენტების ჯამს:

$$I = \sum I_i = \sum m_i r_i^2.$$

ინერციის ძალები

თუ მგზავრი იმყოფება ტრანსპორტში, რომელიც მოძრაობს აჩქარებულად, მაშინ მგზავრი ეკვრება საჯდომის ზურგს. ხოლო თუკი ტრანსპორტი მკვეთრად ამუხრუჭებს, მაშინ მგზავრი იხრება წინ. ეს ინერციის ძალის გამოვლინებაა. როდესაც ავტომობილი უხვევს წარმოიშვება ინერციის ცენტრიდანული ძალა.

ცნობილია ცენტრიდანული ძალების ორი მნიშვნელოვანი თვისება:

1. ის მიმართულია წრეწირის ცენტრიდან რადიუსის მიმართულებით;
2. ის წრეწირის რადიუსის R პროპორციულია : $F_{\text{ცნ}} = m\omega^2 R$.

ცენტრიდანული ძალების საინტერესო გამოვლინებაა დედამიწის ფორმის ცვლილება, რომლის ბრუნვაც განაპირობებს სფეროსებური ფორმის ელიფსოიდად გაგდაქმნას.

ინერციის ძალებს მიეკუთვნება კორიოლისის ძალა. დედამიწის ბრუნვითი მოძრაობის გამო ნებისმიერი თავისუფლად ვარდნილი სხეული ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში გადაიხრება აღმოსავლეთით, სამხრეთ ნახევარსფეროში კი-დასავლეთით.

1.5. დედამიწის მოძრაობები.

დედამიწის ფორმა და ზომები

დედამიწის ფორმის სახე აინტერესებდა მეცნიერებს უძველესი დროიდან და წარმოდგენები მის შესახებ იხვეწებოდა ცოდნის დაგროვებასთან ერთად. პირველი წარმოდგენების თანახმად ითვლებოდა, რომ დედამიწა იყო ბრტყელი, დისკისმაგვარი, და გარშემორტყმული მითიური ოკეანით. ჩვენს წელთაღრიცხვამდე VI საუკუნეში გამოითქვა მოსაზრება დედამიწის სფეროსებურობის შესახებ.

მე- III საუკუნეში ჩვენს წელთაღრიცხვამდე არქიმედემ შემოიტანა ცნება სფეროიდის შესახებ. ერასტოფენემ პირველად გამოიანგარიშა გეოგრაფიული განედების სხვაობა ასუნსა და ალექსანდრიას შორის და განსაზღვრა დედამიწის ზომები მისი სფეროსებურობის გათვალისწინებით. მოცემულ პუნქტებს შორის მანძილის საფუძველზე, მან გამოითვალა დედამიწის სფეროს რადიუსი 6 311 000 მ. XVII საუკუნემდე გაბატონებული იყო აზრი დედამიწის სფეროსებურობის შესახებ აღნიშნული რადიუსით.

1669-1670 წელს ფრანგმა ასტრონომმა პიკარმა გამოიანგარიშა დედამიწის რადიუსის სიგრძე 6 371 692 მ.

პიკარის და კოპერნიკის გამოკვლევების საფუძველზე 1687 წელს ნიუტონმა დაამუშავა დედამიწის ფიგურის თეორია. დედამიწის დედამური ბრუნვის შესწავლის შედეგად ნიუტონმა დაასკვნა, რომ პლანეტის ფიგურამ ძალიან სწრაფი ბრუნვის შედეგად უნდა მიიღოს ელიფსოიდის ფორმა. დედამიწის ბრუნვის შედეგად წარმოიშვება ცენტრიდანული ძალა, რის გამოც ის ოდნავ ჩაზნექილია პოლუსებთან და ამოზნექილია ეკვატორთან. ისე, რომ პოლარული რადიუსი 21 კმ-ითი ნაკლებია ეკვატორულ რადიუსზე. ამიტომ დედამიწის ფორმა ელიფსოიდის წააგავს.

ბრუნვის ელიფსოიდი ხასიათდება დიდი ეკვატორული (a_3) და მცირე პოლარული (b) ნახევარღერძებით, და აგრეთვე პოლარული შეკუმშვით α :

$$\alpha = (a_3 - b) / a_3 \quad (1)$$

ელიფსოიდის შეკუმშვა შეიძლება გამოისახოს დედამიწის ბრუნვის ძალებით და თავისუფალი ვარდნის აჩქარებით:

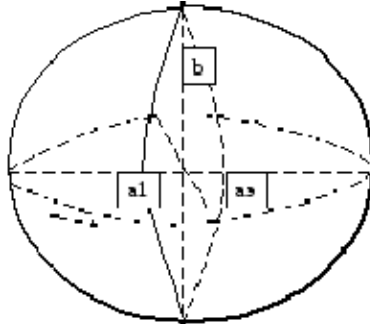
$$\alpha = kw^2d/g_3 \quad (2)$$

სადაც k - პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია დედამიწის სიმკვრივეზე, w - დედამიწის ბრუნვის კუთხური სიჩქარე, d - ბრუნვის რადიუსი g_3 - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება ეკვატორზე.

k -კოეფიციენტის მნიშვნელობები იცვლება დედამიწის სიმკვრივესთან დაკავშირებით $1/230 > \alpha > 1/576$, ანუ $1.25 > \alpha > 0.50$. მარცხენა საზღვარი მიიღო ნიუტონმა დედამიწის სხეულის ნებისმიერ წერტილში სიმკვრივის მუდმივობის დაშვების საფუძველზე, ხოლო მარჯვენა საზღვარი დაადგინა გუიგენსმა იმ დაშვებით, რომ დედამიწის მთელი მასა შაგროვილია ცენტრში.

XVIII-XIX და XX საუკუნეების პირველ ათწლეურში მეცნიერთა გამოკვლევების შედეგად დამტკიცდა, რომ დედამიწა არც სფეროა და არც ორღერძა ელიფსოიდი, არამედ სამღერძა ელიფსოიდი. ასეთი ელიფსოიდის ნიშანია, რომ არა მხოლოდ მერიდიანები, არამედ ეკვატორის გარშემოწირულობაც ელიფსოიდი. მისი ზომებია:

$a_3=6378,245$ კმ, მცირე ეკვატორული ნახევარღერძი $a_1 = 6378,032$ კმ, $b = 6356,863$ კმ, $a_3 - b = 21,382$ კმ, $\alpha= 1: 298,3$.



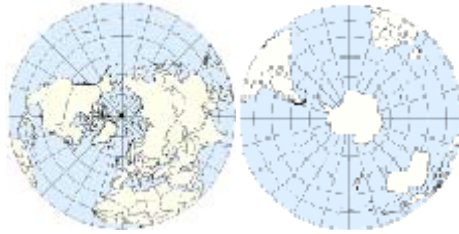
ნახ. 1.5.1. ბრუნვის სამღერძა ელიფსოიდი

სამღერძა ელიფსოიდის მოცულობა და ზედაპირის ფართობი შესაბამისად უდრის $1,083 \cdot 10^{21} \text{მ}^3$ და $5,1 \cdot 10^{14} \text{მ}^2$, მერიდიანის გარშემოწირულობა 40 008,548 კმ. ეკვატორული შეკუმშვა:

$$a_3 = (a_2 - a_1) / a_2 = 1/30\,000.$$

დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრების მონაცემებმა დაადასტურეს, სამხრეთ ნახევარსფერო უფრო შეკუმშულია, ვიდრე ჩრდილოეთ ნახევარსფერო, და ამით დედამიწის ფორმა უახლოვდება ადამიანის გულის ფორმას, ანუ კარდიოიდს, რომლის სამხრეთი პოლუსი ჩაზნექილი, ხოლო ჩრდილოეთ პოლუსი ამობურცულია.

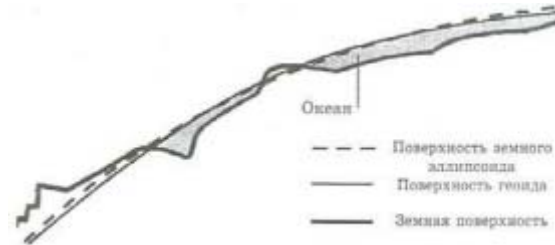
დედამიწის ფორმა არ არის მუდმივი. ის იცვლება შინაგანი და გარეგანი ფაქტორების გავლენით. მათ შორისაა დედამიწის მასა, ბრუნვის სიჩქარე, შინაგანი აგებულება და სხვ. თითოეული ამ ფაქტორის გავლენა შეუძლებელია, მაგრამ უკვე ხერხდება პოლარული შეკუმშვის შეფასება. დედამიწის მოქცევითი დამუხრუჭებს შედეგად სისტემებში დედამიწ-მთვარე და დედამიწა-მზე დედამიწის პოლარული შეკუმშვა α კლებულობს. აღსანიშნავია, რომ მისი ცვლილება ჩრდილოეთ და სამხრეთ ნახევარსფეროებში განსხვავებულია. ამისი მიზეზია დედამიწის მბრუნავი ძალების ასიმეტრიულობა, რაც გამოწვეულია ჩრდილოეთ და სამხრეთ ნახევარსფეროების არასიმეტრიულობით.



ნახ. 1.5.2. ჩრდილოეთ ნახევარსფერო-სამხრეთ ნახევარსფერო

ნახევარსფეროების არასიმეტრიულობა გამოიხატება იმაში, რომ ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ფართობით, ასევე სამხრეთ პოლუსზე მდებარეობს მატერიკი, ჩრდილოეთ პოლუსზე-ოკეანე. ჭარბობს მატერიკები, ხოლო სამხრეთში -ოკეანე. აგრეთვე განსხვავებულია ორივე ნახევარსფეროს გეოლოგიური ისტორია და ნივთიერებათ შემადგენლობა. აღნიშნული არასიმეტრიულობა ამუხრუჭებს ჩრდილოეთ პოლუსის შეკუმშვას და აჩქარებს სამხრეთ პოლუსის შეკუმშვას. ამის შედეგად წარმოიქმნება დედამიწის ფორმის პოლარული ასიმეტრია.

თუ მთელი დედამიწა დაფარული იქნებოდა შედარებით არაღრმა ოკეანეთი, მაშინ დედამიწის ზედაპირის ფორმა მთლიანად განისაზღვრებოდა წყლის ჰიდროსტატიკური წონასწორობით სიმძიმის ძალის და დედამიწის ბრუნვით გამოწვეული ძალების გავლენით. ამ პირობებში წარმოიქმნილ ეკვიპოტენციალურ ზედაპირს გეოიდს უწოდებენ.



ნახ.1.5.2. გეოიდი

ეკვიპოტენციალური ზედაპირი გულისხმობს ზედაპირს, რომლის ყველა წერტილში გრავიტაციული პოტენციალი მუდმივია. ყველა სხეულს ამ ზედაპირზე გააჩნია თანაბარი პოტენციური ენერგია, ანუ შეუძლებელია მათი გადაადგილება ერთმანეთის მიმართ სიმძიმის ძალის მოქმედებით. გეოიდის ზედაპირი ყველგან მართობულია სიმძიმის ძალის მიმართულებისა.

მატერიკების რელიეფი (მთები, მწვერვალები, ღრმულები და ა.შ.) ქმნიან მნიშვნელოვან სხვაობას დედამიწის რეალურ ზედაპირსა და გეოიდს შორის. ხმელეთის რეალური ზედაპირი გადახრილია გეოიდის ზედაპირიდან ზევით 8848 მეტრით (ევერესტი, ჰიმალაის მთებში) და ქვევით 11 022 მეტრით (მარიანის ღრმული წყნარ ოკეანეში). შედეგად გვაქვს ელიფსოიდიდან განსხვავებული დედამიწის ჰემისფერი ფორმა.

დედამიწის ორბიტალური მოძრაობა და მისი ბრუნვა ღერძის გარშემო

დედამიწა ბრუნავს მზის გარშემო ელიფსურ ორბიტაზე დასავლეთიდან აღმოსავლეთის მიმართულებით. დედამიწის ორბიტის ყველაზე ახლო წერტილს მზესთან პერიგელიას უწოდებენ, ხოლო ყველაზე შორეულს-აფელიას. მზის გარშემო სრულ შემობრუნებას დედამიწა ანდომებს 365 დღელამეს 48სთ და 46წმ-ს. ნიშანდობლივია, რომ ორბიტის ცალკეულ მონაკვეთებზე დედამიწა უფრო სწრაფად მოძრაობს. თავისი ორბიტის პირველ ნახევარს დედამიწა გაივლის დაახლოებით 186 დღელამეში (21 მარტი- 23 სექტემბერი), მეორეს - 3ა 179 დღელამეში (23სექტემბერი- 21 მარტი). ორბიტალური მოძრაობის სიჩქარე უდიდესია პერიგელიაში, უმცირესი კი აფელიაში. დედამიწის ორბიტაზე მოძრაობის საშუალო სიჩქარეა 29 780 მ/წმ, სიჩქარეთა სხვაობა პერიგელიაში და აფელიაში დაახლოებით 950 მ/წმ-ია.

ორბიტალურ მოძრაობასთან ერთად, დედამიწა ასრულებს ბრუნვით მოძრაობას თავისი ღერძის გარშემო. დედამიწის ღერძი დახრილია

ორბიტის მართობული ღერძისაგან 23.4° . ეს ბრუნვა მიმართულია აგრეთვე დასავლეთიდან აღმოსავლეთით. ერთ შემობრუნებას დედანიწა უნდება 23 სთ 56წთ 4 ბწმ.

დღედამის ხანგრძლივობა იცვლება წლის განმავლობაში. ის უდიდესია მარტში, ხოლო უმცირესია აგვისტოში. არის მოსაზრება, რომ დღედამის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია აგრეთვე მზის აქტივობისაგან. მზის მაქსიმალური აქტივობის დროს დღედამის ხანგრძლივობა 0.7 წმ-ით მეტია ვიდრე მინიმალური აქტივობის დროს.

დედამიწის ფორმის, ზომების და მოძრაობის გეოფიზიკური შედეგები

დედამიწის ელიფსოიდურობა და დედამიწის შიგნით მასების არათანაბარი განაწილება გავლენას ახდენს დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრების და სხვა საფრენი აპარატების მოძრაობაზე. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ დედამიწის ელიფსთან მიზიდულობის ნორმალური ველის ძალის ფუნქცია პირველ მიახლოებაში არის ორი შესაკრების ჯამი. ერთი მათგანი ცენტრალური ველის ფუნქციაა, მეორე ითვალისწინებს დედამიწის მიზიდულობის ფაქტიური ველის ცენტრალური ველისაგან განსხვავებას, რაც გამოწვეულია პოლარული შეკუმშვის გამო. დედამიწის ზედაპირიდან შედარებით არც თუ ისე მნიშვნელოვან მანძილებზე მეორე შესაკრები ახორციელებს მფრინავი აპარატის ორბიტის არსებით წანაცვლებას.

დედამიწის ფორმა დიდ როლს ასრულებს გეოგრაფიულ ზონალობის კანონზომიერებების ჩამოყალიბებაში და დედამიწის ზედაპირზე მზის სითბოს განაწილებაში, საბოლოოდ კი დედამიწის სითბური სარტყლების ჩამოყალიბებაში..

მნიშვნელოვანია დედამიწის ზომების გეოფიზიკური როლი. უპირველეს ყოვლისა ეს არის დედამიწის მასა M და რადიუსი R , რომლებიც განსაზღვრავს სიჩქარეს, რაც საჭიროა დედამიწის მიზიდულობის დასადგენად $v = 11,3$ კმ/წმ.

მთელი რიგი შედეგები აქვს დედამიწის ორბიტალურ მოძრაობას. მათ შორისაა წელიწადის დროთა ცვლა, და მასთან დაკავშირებული ჰაერის, წყლის, მთის ქანების და ა.შ. წლიური სვლის ჩამოყალიბება.

დედამიწის დღელამური ბრუნვის პირდაპირი შედეგია დღე და ღამის მონაცვლეობა. ამას თან ახლავს დღელამის განმავლობაში გეოსფეროების მთელი რიგი პარამეტრების ცვლილება. მაგალითად ტემპერატურის დღელამური სვლა.

დედამიწის მოძრაობების მნიშვნელოვანი შედეგებია რითმული მოვლენები. რითმებს სხვადასხვა ხანგრძლივობა აქვს: დაწყებული დღელამიდან (დღელამური რითმი-დღისა და ღამის მონაცვლეობა) და სეზონურობით (სეზონური რითმი-წლის სეზონების მონაცვლეობა), დამთავრებული რამოდენიმე ათეული ათასი წლით. არსებობს დიდი ხანგრძლივობის რითმები (21 ათასი, 40 ათასი, 92 ათასი წელი), ისინი განპირობებულია ეკლიპტიკის დახრილობის ცვლილებებით. 40 ათასი წლიანი რიტმი უკავშირდება პლანეტის კლიმატის ცვლილებას და მის გამყინვარებას. ცნობილია საშუალო ხანგრძლივობის რიტმები (2-3, 5-6, 11, 22 и 80 - 90 წელი), რაც ძირითადად გამოწვეულია მზის აქტივობის ცვლილებებით. დღელამური და სეზონური რითმები დამახასიათებელია მრავალი ბუნებრივი პროცესისათვის: მყინვარების დნობა, ფიზიკური გამოფიტვა, კლიმატური ელემენტების დღელამური და სეზონური სვლა, წყალდიდობა და ა.შ.

1.6. დედამიწის გრავიტაციული ველი

გეოფიზიკური ველები

გეოფიზიკური ველების ძირითად მახასიათებლად მიღებულია ძალა, რითაც ის მოქმედებს ერთეულოვან წყაროზე (ელექტრული მუხტი, მასა, ენერჯია). ამ ძალას უწოდებენ ველის დამაბულობას E , რომელიც ვექტორული სიდიდეა და მიმართულია ძალის მოქმედების მიმართულებით. თუ ძალა ორიენტირებულია წყაროდან რადიუსის

გასწვრივ, მაშინ დამაბულობა ითვლება დადებითად, თუკი ძალა მიმართულია წყაროსკენ, მაშინ დამაბულობა უარყოფითია. გეოფიზიკური ველების დამაბულობა ფასდება პოტენციალით, ანუ იმ მუშაობით, რომელიც უნდა შეასრულოს გარეშე ძალებმა, რომ უსასრულობიდან შემოიტანოს მოცემულ ველში ერთეულოვანი დადებითი წყარო, იმ პირობით, რომ დამაბულობა უსასრულობაში ნულის ტოლია. ეს მუშაობა წყაროს ანიჭებს ენერგეტიკულ პოტენციალს U . E და S შორის დამყარებულია კავშირი $E = -\text{grad } U$: გრადიენტი მიმართულია პოტენციალის ზრდის მიმართულებით, ხოლო დამაბულობა-მისი კლების მიმართულებით.

გეოფიზიკურ ველებს დიდი სამეცნიერო-პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ველი განსაზღვრავს, მაგალითად, ელექტრულად დამუხტული ნაწილაკების ხასიათს და მიგრაციის მიმართულებას, მთის ქანების წანაცვლების პროცესს. ველი განაპირობებს ჰაერის მასების და ბუნებრივი წყლების გადაადგილებას, საშუალებას იძლევა შესწავლილ იქნას დედამიწის შინაგანი აგებულება და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები, ჩატარდეს სასარგებლო წიაღისეულის ძიების სამუშაოები .

ყველა გეოფიზიკური ველებიდან უდიდესი მნიშვნელობა აქვს გრავიტაციულ, ელექტრომაგნიტურ და სითბურ ველებს. სწოდებდ სე მოძრაობა), ველები განსაზღვრავენ გეოსფეროების ენერჯის და ნივთიერებათა ცვლას პლანეტარული მასშტაბით.

დედამიწის გრავიტაციული ველი

დედამიწის გრავიტაციული ველი განპირობებულია დედამიწის მიზიდულობით და ცენტრიდანული ძალით, რომელიც წარმოიქმნება დედამიწის დღეღამური ბრუნვის შედეგად. ის უმნიშვნელოდ დამოკიდებულია აგრეთვე მთვარის, მზის და სხვა ციური სხეულების მიზიდულობისაგან. დედამიწის გრავიტაციული ველი ხასიათდება სიმძიმის ძალით, სიმძიმის ძალის პოტენციალით და მისი სხვადასხვა წარმოებულებით.

დედამიწის გრავიტაციული ველი სხვა გეოფიზიკურ მონაცემებთან კომპლექსში გამოიყენება დედამიწის სიმკვრივის განაწილების მოდელის, დედამიწის დრეკადობის თვისებების, დედამიწის ჰიდროსტატიკური წონასწორობის შესასწავლად. ფართოდ გამოიყენება დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრების ორბიტების და რაკეტების მოძრაობის ტრაექტორიების გამოსაანგარიშებლად. დედამიწის მაგნიტური ველის ანომალიების საფუძველზე იკვლევენ დედამიწის ქერქის და ზედა მანტიის არაერთგვაროვნებას, ახდენენ ტექტონიკურ დარაიონებას, ემებენ სასარგებლო წიაღისეულს.

დიდ კოსმოსურ ობიექტებს-პლანეტებს, ვარსკვლავებს და გალაქტიკებს გააჩნია უზარმაზარი მასა და, შესაბამისად ისინი ქმნიან მნიშვნელოვან გრავიტაციულ ველს.

გრავიტაცია არის სუსტი ურთიერთქმედება. მაგრამ რადგანაც ის მოქმედებს ნებისმიერ მანძილზე, ის ძალიან მნიშვნელოვანი ძალაა სამყაროსთვის. სხვა ურთიერთქმედებებისგან განსხვავებით გრავიტაცია უნივერსალურია, არ არსებობს ობიექტი, რომელთაც გრავიტაციული ურთიერთქმედება არ გააჩნია.

გრავიტაციის გლობალური ხასიათის გამო, მასზე დამოკიდებულია ისეთი მსხვილმასშტაბური პროცესები, როგორცაა გალაქტიკის სტრუქტურა, შავი ხვრელები, სამყაროს გაფართოება, ელემენტარული ასტრონომიული მოვლენები, დედამიწის ზედაპირის მიზიდულობა, სხეულების ვარდნა.

დედამიწის მაგნიტური ველის ძირითადი გასაზომი ელემენტებია თავისუფალი ვარდნის აჩქარება და სიმძიმის ძალის პოტენციალის მეორე წარმოებული. ამ მონაცემების საფუძველზე განსაზღვრავენ დედამიწის ფორმას. მათ იყენებენ ასტრონომიულ-გეოდეზიურ გაზომვებში, გრავიმეტრიულ ძიებაში, ნავიგაციაში, მეტეოროლოგიაში, მთელი რიგი ამოცანების გადაწყვეტისას მეცნიერების და ტექნიკის სხვადასხვა დარგებში.

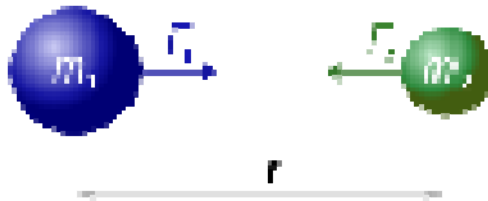
სიმძიმის ძალა და პოტენციალი

მსოფლიო მიზიდულობის კანონის თანახმად ორი წერტილი (სხეული) იზიდავს ერთმანეთს ძალით: (ნახ.9)

$$F = f m_1 m_2 / r^2_{1,2}$$

სადაც f - მიზიდულობის გრავიტაციული მუდმივაა $(6,6720 \pm 0,041) \cdot 10^{-11} \text{მ}^2/\text{კგ}^2$;

$r_{1,2}$ - მანძილი (ρ) 1 და 2 წერტილებს შორის, მასებით m_1 ი m_2 , კგ.



ნახ. 1.6.1. მსოფლიო მიზიდულობის კანონი

დედამიწასთან მჭიდროდ დაკავშირებულ ერთეულოვან წერტილოვან მასაზე ერთდროულად მოქმედებს 3 ძალა, მათ გეომეტრიულ ჯამს, ანუ ტოლქმედს სიმძიმის ძალას უწოდებენ (G):

$$G = F + I + F'$$

სადაც F - მიზიდულობის ძალაა წერტილსა და დედამიწის ყველა მასას შორის; I - ცენტრიდანული ძალა, რომელიც წარმოიშვება დედამიწის დღეღამური ბრუნვის შედეგად; F' - ციური სხეულების მიზიდულობის ძალა.

F' განისაზღვრება მსოფლიო მიზიდულობის კანონიდან. მისი რიცხვითი მნიშვნელობა და მიმართულება განუწყვეტლივ იცვლება

რაც გამოწვეულია დედამიწის და ციური სხეულების ურთიერთმდგომარეობის შეცვლით. ეს იწვევს G-ს მოქცევით ცვლილებებს.

F განისაზღვრება დედამიწის სხეულში მასების განაწილებით და მისი ფორმით. თუ პირველი მიახლოებით ჩავთვლით, რომ დედამიწა სფეროა და მისი სიმკვრივე მუდმივია, F მიმართული იქნება დედამიწის ცენტრისკენ და დაექვემდებარება კანონს:

$$F = fMm_i/r^2,$$

სადაც M ი m_i - შესამამისად დედამიწის მასა და i-ური წერტილის მასაა; r - ე.წ.გეოცენტრული მანძილი, $r = \sqrt{x^2+y^2+z^2}$, (x, y ი z - გეოცენტრული კოორდინატებია).

ცენტრიდანული ძალა I მიმართულია იმ წრის რადიუსის გასწვრივ, რომელზეც ბრუნავს დედამიწა, ის ტოლია:

$$I = m\omega^2d,$$

სადაც ω - დედამიწის ბრუნვის კუთხური სიჩქარეა; d-მანძილია ბრუნვის ღერძიდან i-ურ წერტილამდე.

I ძალა მაქსიმუმს ეკვატორზე აღწევს, სადაც ის მიზიდულობის ძალის საწინააღმდეგოა F. თუ მიმზიდველი წერტილის მასას ერთეულოვნად ჩავთვლით, მაშინ სიმძიმის ძალა რიცხობრივად გაუტოლდება თავისუფალი ვარდნის აჩქარებას (g). ის ხელს უწყობს სხეულების და საგნების გაჩერებას დედამიწის ზედაპირზე.

საერთოდ სიმძიმის ძალის ველის გამოსაკვლევად შემოაქვთ პოტენციური ენერჯის, ანუ U ცნება. ამასთან G ვექტორის პოტენციალი ეწოდება კოორდინატთა ისეთ ფუნქციას, რომლის კერძო წარმოებულებიც ტოლია ამ ვექტორის პროექციებისა შესაბამის ღერძებზე.

M მასის სფეროს გრავიტაციული პოტენციალი გამოისახება ფორმულით $U = f M/r$,

ცენტრიდანული ძალის პოტენციალი ტოლია:

$$U_1 = 0,5 \omega^2 r^2 \cos^2 \varphi$$

ხოლო დედამიწის სიმძიმის ძალის პოტენციალი განისაზღვრება, როგორც მათი ჯამი:

$$W = f M/r + 0,5 \omega^2 r^2 \cos^2 \varphi$$

ნორმალური გრავიტაციული ველი

დედამიწის გრავიტაციულ ველს რთული სურათი გააჩნია, რაც გაპირობებულია დედამიწის ქერქის და მანტიის ნივთიერებათა არაერთგვაროვნებით. დედამიწის გრავიტაციულ ველს ორ ნაწილად ყოფენ: ნორმალური გრავიტაციული ველი და ნარჩენიანორმალური ველი. დედამიწის ნორმალური გრავიტაციული ველი ხასიათდება 4 პარამეტრით: დედამიწის საერთო მასით, ელიფსოიდის ფორმით და ზომებით, დედამიწის ბრუნვის სიჩქარით.

დედამიწის ელიფსოიდი საუკეთესოდ აღწერს დედამიწის ძირითადი ზედაპირის დონეს-გეოიდს. მას გააჩნია დიდი ეკვატორული ნახევარღერძი a , პოლარული შუკუმშვადობა α , მასა M და ბრუნვის კუთხური სიჩქარე ω , რომლებიც ემთხვევა დედამიწის შესაბამის პარამეტრებს. ასეთ ელიფსოიდს ნორმალურ დედამიწას.

ნორმალური ზედაპირის პარამეტრებად გამოიყენება ნორმალურ პოტენციალს U , ნორმალური სიმძიმის ძალა g_0 , და ნორმალური ველის სხვა ელემენტები.

სიდიდე g_0 განისაზღვრება, როგორც U , პოტენციალის გრადიენტი, ანუ $g_0 = dU/dn$, სადაც n - ნორმალის მიმართულებაა. g_0 იცვლება შემდეგი კანონის შესაბამისად:

$$g_0 = (a_3 g_3 \cos^2 B + b g_n \sin^2 B) / \sqrt{a_3^2 \cos^2 B + b^2 \sin^2 B},$$

სადაც a_3 და b - შესაბამისად ელიფსოიდის დიდი და მცირე ნახევარღერძებია; g_3 და g_n - ნორმალური სიმძიმის ძალა, შესაბამისად ეკვატორზე და ელიფსოიდის პოლუსზე; B - წერტილის გეოდეზიური განედი.

ხშირად იყენებენ გამარტივებულ ფორმულას:

$$g_0 = g_3 (1 + \beta \sin^2 B - \beta_1 \sin^2 2B)$$

მას უწოდებენ ფრანგი მათემატიკოსის და ასტრონომის კლეროს ფორმულას..

კოეფიციენტები β და β_1 ურთიერთდაკავშირებულნი არიან და განისაზღვრებიან დედამიწის გრავიტაციული ველის ექსპერიმენტული მონაცემებიდან:

$$\beta = (g_n - g_3) / g_3; \beta_1 = (1/8) a^2 + (1/4) a \beta$$

პოლუსზე ($B = 90^\circ$) და მაშინ ნორმალური სიმძიმის ძალა, ანუ დედამიწის ნორმალური გრავიტაციული ველი განისაზღვრება:

$$g_n = g_0 = g_3 (1 + \beta).$$

გრავიტაციული ანომალიები

მთის ქანებს განსხვავებული სიმკვრივეები გააჩნია და მარავალფეროვან გეოლოგიურ სტრუქტურებს ქმნიან. ამის გამო წარმოიქმნებიან დედამიწის გრავიტაციული ველის დამახასიათებელი სიდიდეების ანომალიები, ანუ გადახრები ნორმალური

მნიშვნელობიდან რომლებიც იქნებოდა თუკი დედამიწის ქერქი იქნებოდა ერთგვაროვანი. ამიტომ დედამიწის ზედაპირის სხვადასხვა ადგილას გაზომილი სიმძიმის ძალის რეალური მნიშვნელობები g , განსხვავდება მისი თეორიულად გამოთვლილი მნიშვნელობებიდან. სხვაობას $g-g_0$ უწოდებენ სიმძიმის ძალის ანომალიას, ან გრავიტაციულ ანომალიას.

სიდიდე g_a განპირობებულია სიღრმეში არსებული მძიმე, ან მსუბუქი მთის ქანების არსებობით. ანომალია არსებობს დადებითი (როდესაც მასის სიჭარბეა) და უარყოფითი (მასის უკმარისობა). პირველი მათგანი დამახასიათებელია ოკეანეთა ღრმაწყლიანი ღრმულებისათვის, ხოლო მეორე - მატერიკების მაღალმთიანი ოლქებისათვის და მსუბუქი ქანების რაიონებში.

სწორად ზღვებისა და ოკეანეების სივრცეებზე $g > g_0$, ხოლო მატერიკებზე $g < g_0$. ეს აიხსნება იმით, რომ როგორც ჩანს მატერიკებზე, მთის ქედების ქვეშ განლაგებულია შემცირებული სიმკვრივის ქანები.

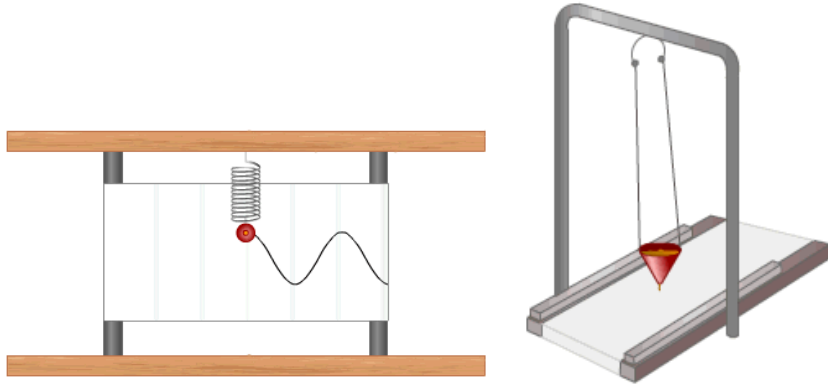
დედამიწის სიღრმეში სიმძიმის ძალა კლებულობს და დედამიწის ცენტრში ნული ხდება.

თავი 2. რხევები და ტალღები

2.1 ჰარმონიული რხევები

ჰარმონიული რხევა ისეთი პერიოდული რხევაა, მოძრაობის დამახასიათებელი კორდინატა, სიჩქარე, აჩქარება სინუსის, ან კოსინუსის კანონის შესაბამისად იცვლებიან.

თუ ნახ.-ზე წარმოდგენილ ზამბარას მივამაგრებთ ფანქარს და ზამბარას მოვჭიმავთ ისე, რომ ვაიძულებთ ქალაქდზე დატოვოს კვალი, მაშინ მივიღებთ ნახაზს, რომელიც გამოხატავს მოძრაობის გრაფიკს.



ნახ.2.1.1.

ჰარმონიული მოძრაობის გრაფილი სინუსოიდა ან კოსინუსოიდაა. ამ გრაფიკიდან ეიძლება განსაზღვრულ იქნას რხევითი მოძრაობის ყველა მახასიათებელი.



ნახ.2.1.2.

ჰარმონიული რხევის განტოლება კავშირს ამყარებს სხეულის კორდინატებსა და დროს შორის.

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

x -სხეულის კოორდინატა; $A(x_0)$ -რხევის ამპლიტუდა; ω -ციკლური სიხშირე; t -დრო; f_0 -საწყისი ფაზა; T -რხევის პერიოდი.

ჰარმონიული რხევის დროს სინუსის და კოსინუსის შესაბამისად იცვლება არა მცოლოდ კოორდინატა, არამედ ძალა და აჩქარება. ძალა და აჩქარება უდიდესია, როდესაც სხეული იმყოფება უკიდურეს მდებარეობაში, სადაც წანაცვლება მაქსიმალურია, ხოლო ნულია მაღინ, როდესაც სხეული წონასწორულ მდებარეობაშია. სიჩქარე პირიქით კიდურა მდებარეობაში ნულია, ხოლო წონასწორულ მდებარეობაში მაქსიმუმს აღწევს..

დედამიწის საკუთარი რხევები

ნებისმიერი მყარი სხეული დარტყმის შემდეგ ასრულებს რხევებს. 1911 წელს მათემატიკოსმა ლოვმა (Love) გამოიამგარიშა დედამიწის ზომების ფოლადის სფეროს საკუთარი რხევების პერიოდი და მიიღო საშუალოდ 1 საათი. პირველად დედამიწის საკუთარი კვლევები 57 წუთის პერიოდით აღმოაჩინა ბენოფმა 1952 წელს კამჩატკის მიწისძვრის შემდეგ. ჩილის 1960 წლის მიწისძვრის შემდეგ დარეგისტრირდა 54 წუთის პერიოდის რხევები.

ცნობილია დრეკადი სფეროს საკუთარი რხევის 2 ტიპი, რომელთაც უწოდებენ მოდას. სფეროიდალური რხევები იძლევიან **S** მოდას, ხოლო ბრუნვითი რხევები -- მოდას **T**. თითოეულ მათგანს თავისი კონფიგურაცია გააჩნია.

საკუთარი რხევები-შესანიშნავი მასალაა დედამიწის მოდელის შესასწავლად. ისინი შესაძლებელია წინასწარვე გამოვიანგარიშოთ თეორიულად.

ცნობილია დედამიწის საკუთარი რხევების რეგისტრაციის გრავიმეტრიული ხერხი. სიმძიმის ძალა დამოკიდებულია იმ წერტილის სიმაღლეზე სადაც ის მდებარეობს. სიმძიმის ძალის ვერტიკალური გრადიენტი დაახლოებით უდრის $\Delta g/\Delta h = 300$ მკგალ/მ. შევნიშნავთ, რომ 1 მკგალ დაახლოებით $10^{-9}g$. ამრიგად სიმაღლის ცვლილება 1 მმ-ით, გამოიწვევს სიმძიმის ძალის 0,3 მკგალ-ით ცვლილებას. ამჟამად არსებობს ხელსაწყოები, რომლებიც არეგისტრირებენ სიმძიმის ძალის მცირე ცვლილებებს. ეს კრიოგენური გრავიმეტრია. ეს მხოლოდ რამოდენიმე ქვეყანას გააჩნია, ამიტომ დედამიწის საკუთარ რხევებზე დაკვირვება და შედეგების ინტერპრეტაცია მხოლოდ მეცნიერთა საერთაშორისო თანამეგობრობას გააჩნია.

2.2. ტალღები

გასწვრივი და განივი ტალღები

რხევების სივრცეში გავრცელების პროცესს ტალღა ეწოდება. ტალღური პროცესის მთავარი თვისება ის არის, რომ მასში არ ხდება მასის გადატანა, თითოეული ნაწილაკი ასრულებს რხევას წონასწორობის მდებარეობაში. ტალღას გადააქვს ენერგია..

განასხვავებენ გასწვრივ და განივ ტალღებს. თუ ნაწილაკი ასრულებს მოძრაობას ტალღის გავრცელების მიმართულებით, ასეთ ტალღას უწოდებენ გასწვრივს. ხოლო თუ ნაწილაკის მოძრაობა მიმართულია ტალღის გავრცელების მართობულად, მას განივ ტალღას უწოდებენ.

გასწვრივი ტალღები ვრცელდება ნებისმიერი აგრეგატული მდგომარეობის ნივთიერებაში, რომელშიც წარმოიქმნება დრეკადობის

ძალები, დეფორმაციის გაჭიმვის ან შეკუმშვის დროს. მაგალითად ხმოვანი ტალღა.

ერთგვაროვან აირებში ან სითხეში განივი დრეკადი ტალღების გავრცელების სიჩქარეა: $v=K\rho$

სადაც K - ნივთიერების მოცულობითი დრეკადობის მოდულია; $\rho=const$ - გარემოს სიმკვრივე.

განივი ტალღის გავრცელების სიჩქარე წვრილ ლეროში, მისი გაჭიმვის ან შეკუმშვის შედეგად ტოლია: $v=E\rho$,

სადაც E - იუნგის მოდულია, რომელიც ახასიათებს მასალის თვისებას შეეწინააღმდეგოს გაჭიმვას ან შეკუმშვას დრეკადი დეფორმაციის დროს.

განივი ტალღები წარმოიშვება მხოლოდ მყარ სხეულებში. მათი სიჩქარეა: $v=G\rho$

სადაც G - გარემოს წანაცვლების მოდულია; ρ - ნივთიერების სიმკვრივე.

სეისმური ტალღები

სეისმური ტალღები ვრცელდება დედამიწაში ბუნებრივი (მიწისძვრა, ვულკანის ამოფრქვევა, კარსტული მღვიმის ჩამოშლა და ა.შ.) ან ხელოვნური (სხვადასხვა აფეთქება) წყაროებიდან. სეისმური ტალღების დიაპაზონია 0,0001 დან 100 ჰერცამდე. ძლიერი მიწისძვრის კერებთან ახლოს ტალღას დამანგრეველი ძალა გააჩნია, დაშორებისას კი ინტენსივობა კლებულობს და ტალღა ქრება. ამა პროცესს აფიქსირებს სეისმოგრაფი.

განასხვავებენ სეისმური ტალღების ორ ჯგუფს-მოცულობით და ზედაპირულს. დედამიწის შემადგენელი მთის ქანები მდგრადია და ამიტომ დეფორმაციის უნარი გააჩნიათ, ანუ რხევა. მთის ქანების

მოცულობაში ვრცელდება მოცულობითიძალები. ისინი ორი ტიპისაა: გასწვრივი და განივი. ამასთან, ბირთვის გამდნარი, თხევადი მასალის გასწვრივ გაივლის მხოლოდ გასწვრივი ტალღა. მეორე ტიპის, ანუ განივი ტალღა ბირთვში ვერ გაივლის, ჩაქრება ბირთვის ზედაპირზე. გასწვრივი ტალღა, გამოვლენ რა დედამიწის ზედაპირზე ყველაფერს აქანავებენ, როგორც გარდი-გარდმო, ისე ქვემოდან ზევით.

გასწვრივი V_p და განივი V_s სეისმური ტალღების სიჩქარე განისაზღვრება ფორმულებით: $V_p=(k+4/3m)/r$, და $V_s=m/r$,

სადაც k -ყოველმხრივი შეკუმშვადობის მოდულია, m -წანაცვლების მოდული, r -სიმკვრივე.

გასწვრივი ტალღის სიჩქარე დაახლოებით სამჯერ აღემატება განივი ტალღის სიჩქარეს. ორივე ტალღა ვრცელდება წყაროდან დედამიწის მოცულობაში. ეს არის მოცულობითი ტალღები. მათი ამპლიტუდა ერთგვაროვან და იზოტროპულ გარემოში კლებულობს წყაროდან მანძილის კვადრატის უკუპროპორციულად. გამყოფ ზედაპირზე და სხვა არაერთგვაროვან ზედაპირებზე აღინიშნება სეისმური ტალღების არეკლის და გარდატეხვის მოვლენები.

ძალიან მნიშვნელოვანი თვისებაა სეისმური ტალღის სიჩქარე მთის ქანის გავლისას. საერთოდ ის იზომება რამოდენიმე კილომეტრით წამში და შესაბამისად მიწისძვრის კერიდან (ეპიცენტრი, ჰიპოცენტრი) სხვადასხვა მანძილებზე ტალღის მოსვლა რეგისტრირდება და შეიგრძნობა სხვადასხვა დროს. ამ თვისებაზე დაფუძნებული მიწისძვრის ეპიცენტრის კორდინატების განსაზღვრა სეისმოგრაფის ჩანაწერებზე დაყრდნობით. აგრეთვე განსხვავებულია სხვადასხვა ტიპის ტალღების სიჩქარე. ზედაპირული ტალღები მოცულობითზე უფრო ნელა ვრცელდება. მოცულობით ტალღებში განივი ტალღები ვრცელდება გასწვრივ ტალღებზე საშუალოდ 1,75 ჯერ ნელა. აქედან ცხადია, რომ ძლიერი მიწისძვრის ეპიცენტრში მოხვედრილი ადამიანები, რატომ განიცდიან სახვადასხვა მიმართულებით და

განსხვავებული აჩქარებებით ქანობას. თვითმხილველებს ხშირად „ესმით“ კიდეც მიწისძვრა, რადგანაც განივი ტალღები მსგავსია ბგერითი ტალღებისა. რხევის გარკვეული სიხშირის პირობებში დედამიწის ზედაპირზე ამოსვლისას ტალღები გამოსცემენ ბგერებს. თუ გავიხსენებთ, რომ გასწვრივი ტალღები უფრო სწრაფად ვრცელდება, ხოლო განივი ნელა, მაგრამ გამანადგურებელ ხასიათს ატარებენ, ცხადი ხდება, თუ რატომ ისმის მიწისძვრის წინ გუგუნი.

ბგერითი ტალღები

ბგერითი ტალღა, ანუ ბგერა ეწოდება ისეთ ტალღებს, რომლებსაც შეიგრძნობს ადამიანის სმენის ორგანო. ბგერითი სიხშირეების დიაპაზონია 20 ჰერციდან 20 კოლოჰერცამდე. ტალღას, რომლის სიხშირე ამ დიაპაზონზე ნაკლებია უწოდებენ ინფრაბგერას, ხოლო რომლის სიხშირეც აღემატება ამ დიაპაზონს-უწოდებენ ულტრაბგერას. ბგერითი ტალღები ვრცელდება არა მხოლოდ აირში, არამედ სითხეში (გასწვრივი) და მყარ სხეულში (გასწვრივი და განივი). მაგრამ განსაკუთრებულად საინტერესოა ბგერის გავრცელება აიროვან გარემოში, ანუ ადამიანის არსებობის გარემოში.

აირში ბგერის გავრცელების დროს ატომები და მოლეკულები ირხევა ტალღის გავრცელების გასწვრივ. ეს იწვევს ლოკალური სიმკვრივის ρ და წნევის p ცვლილებებს. ბგერით ტალღებს აირში სიმკვრივის, ან წნევის ტალღებს უწოდებენ. მარტივ ჰარმონიულ ბგერით ტალღებში, რომლებიც Ox ღერძის გასწვრივ ვრცელდება, წნევის ცვლილება $p(x, t)$ დამოკიდებულია x კოორდინატაზე და t დროზე შემდეგი კანონით:

$$p(x, t) = p_0 \cos(\omega t \pm kx).$$

ფრჩხილებში ორი ნიშანი მიუთითებს, ტალღის გავრცელების ორ მიმართულებაზე.

ბგერითი ტალღის გავრცელების მნიშვნელოვანი მახასიათებელია მისი გავრცელების სიჩქარე. ის განისაზღვრება გარემოს ინერტული და დრეკადული თვისებებით. ცნობილია გასწვრივი ტალღის გავრცელების სიჩქარე ერთგვაროვან გარემოში.

ბგერის გავრცელების სიჩქარისათვის აიროვან გარემოში ლაპლასმა მიიღო გამოსახულება:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}}$$

სადაც p – საშუალო წნევა, ρ – საშუალო სიმკვრივე, γ – მუდმივა, რომელიც დამოკიდებულია აირის თვისებებზე. ორატომიანი აირისათვის $\gamma = 1,4$. ბგერის სიჩქარის გამოთვლა ლაპლასის ფორმულით იძლევა მნიშვნელობას $v = 332$ მ/წმ. თერმოდინამიკაში მტკიცდება, რომ γ -კოეფიციენტი არის სითბოტევადობების შეფარდება მუდმივი წნევის C_p და მუდმივი მოცულობის C_v დროს. მაშინ საბოლოოდ ლაპლასის ფორმულა დებულობს შემდეგ სახეს:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

სადაც T – აბსოლუტური ტემპერატურა, M – მოლური მასა, $R = 8,314$ ჯოულ/მოლ·კ – უნივერსალური გაზური მუდმივა.

ბგერის სიჩქარე მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია აირის თვისებებზე. რაც უფრო მსუბუქია აირი, მით მეტია მასში ბგერის სიჩქარე. მაგალითად, ჰაერში ($M = 29 \cdot 10^{-3}$ კგ/მოლ) ნორმალურ პირობებში $v = 331,5$ მ/წმ, ჰელიუმში ($M = 4 \cdot 10^{-3}$ კგ/მოლ) $v = 970$ მ/წმ, წყალბადში ($M = 2 \cdot 10^{-3}$ კგ/მოლ) $v = 1270$ მ/წმ. სითხეებში და მყარ სხეულში ბგერითი ტალღების სიჩქარე უფრო მეტია. მაგალითად, წყალში

$v = 1480$ მ/წმ ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$), ფოლადში $v = 5-6$ მ/წმ. სხვადასხვა ბგერებს ადამიანის ყური აფასებს ბგერის დონით, რაც დამოკიდებულია ენერგიის ნაკადზე, ანუ ბგერითი ტალღის ინტენსივობაზე. ადამიანის ყური არის ბუნების სრულყოფილი ქმნილება, მას უნარი აქვს აღიქვას ბგერები ინტენსივობათა უზარმაზარ დიაპაზონში, დაწყებული კოლოს ბზულით და დამთავრებული ვულკანის ამოფრქვევის ხმით.

ბგერითი ტალღის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელია ბგერის სიმაღლე. ჰარმონიული ბგერითი ტალღის რხევები ადამიანის ყურის მიერ აღიქმება როგორც მუსიკალური ტონი. მაღალი სიხშირის რხევები აღიქმება როგორც მაღალი ტონის ბგერა, ხოლო დაბალი სიხშირის რხევები-დაბალი ტონის რხევა. მამაკაცის ყველაზე დაბალი ხმის, ანუ ბასის სიხშირეები დაახლოებით 80 დან 400 ჰრც, ხოლო ქალის მაღალი ხმის, სოპრანოს სიხშირეების დიაპაზონია 250 - 1050 ჰრც.

თავი 3. მოლეკულური ფიზიკა. ატმოსფეროს სტატიკა და თერმოდინამიკა. გეოთერმია.

3.1. მოლეკულურ-კინეტიკური თეორიის ძირითადი დებულებები

მოლეკულურ-კინეტიკურ თეორიას საფუძვლად უდევს სამი ძირითადი დებულება:

1. ყველა ნივთიერება-თხევადი, მყარი და აირივანი-შედგება წვრილი ნაწილაკებისგან-მოლეკულებისგან, რომლებიც თავად შედგებიან ატომებისაგან. ხიმიური ნივთიერების მოლეკულები შეიძლება იყოს მარტივი და რთული, ანუ შედგებოდეს ერთი ან რამოდენიმე ატომისაგან. მოლეკულები და ატომები ელექტრულად ნეიტრალური ნაწილაკებია, მაგრამ გარკვეულ პირობებში მათ შეიძლება შეითვისონ ელექტრული მუხტი და გარდაიქმნან დადებით ან უარყოფით იონებათ.

2. ატომები და მოლეკულები იმყოფებიან უწყვეტ ქაოსურ მოძრაობაში.
3. ნაწილაკები ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან ელექტრული ბუნების ძალებით. გრავიტაციული ურთიერთქმედება ნაწილაკებს შორის უმნიშვნელოა.

ატომების და მოლეკულების უწყვეტ მოძრაობის ნათელი დადასტურებაა ინგლისელი რ. ბროუნის მიერ აღმოჩენილი სითხეში და აირში წვრილი მიკროსკოპული ნაწილაკების მოძრაობა. ბროუნის ნაწილაკები მოძრაობენ მოლეკულების მოუწყვრეგებელი დარტყმების შედეგად. ბროუნის ნაწილაკი ციხქარე უწყვეტოდ იცვლება მოდულით და მიმართულებით, ხოლო მისი ტრაექტორია წარმოადგენს რთულ ზიგზაგისმაგვარ ბროუნის მოძრაობის თეორია 1905 წელს შექმნა ა. ეინშტეინმა. ეინშტეინის თეორია ექსპერიმენტულად დაადასტურა ფრანგმა ფიზიკოსმა პერენმა 1908-1911 წლებში. ეინშტეინის თეორიის მთავარი შედეგი იმაში მდგომარეობს, რომ ბროუნის ნაწილაკის წანაცვლების კვადრატი პროპორციულია დაკვირვების დროისა:

$$\langle r^2 \rangle = Dt.$$

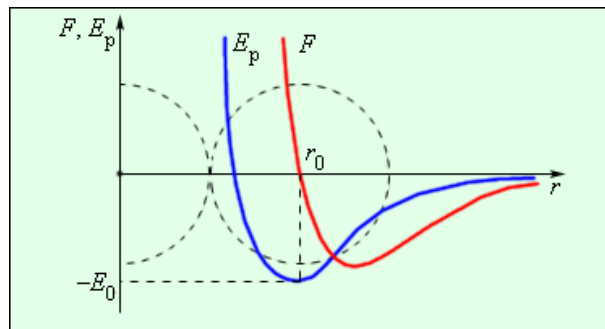
ამ თანაფარდობას უწოდებენ დიფუზიურ კანონს. თეორიიდან ცნობილია, რომ პროპორციულობის კოეფიციენტი D მონოტონურად იზრდება ტემპერატურის ზრდასთან ერთად.

ნივთიერებათა მოლეკულების მუდმივი ქაოსური მოძრაობა ვლინდება აგრეთვე დიფუზიის მოვლენაში. დიფუზია არის მოვლენა, როდესაც ორი ან რამოდენიმე ურთიერთშემხები ნივთიერება ერთმანეთში აღწევს. დიფუზიის პროცესი განსაკუთრებით სწრაფად მიმდინარეობს აირში. შედარებით სუსტად ეს პროცესი მიმდინარეობს სითხეში. ხოლო უფრონელა მიმდინარეობს მყარ სხეულებში. ამრიგად აღმოჩნდება, რომ თითოეული შემხები ზედაპირი შეიზენს მეორე ნივთიერების (ხსეულის) ატომებს.

დიფუზია და ბროუნის მოძრაობა მონათესავე მოვლენებია. ორივე პრიცესი მიმდინარეობს მოლეკულების ქაოსური სითბური მოძრაობის შედეგად.

ორ მოლეკულას შორის მოქმედი ძალა დამოკიდებულია მათ შორის მანძილზე. მოლეკულები შეიცავენ როგორც დადებით, ისე უარყოფით მუხტებს. თუ მანძილი მოლეკულებს შორის საკმაოდ დიდია, მაშინ ჭარბობს მოლეკულათაშორის მიზიდულობის ძალები, მცირე მანძილებზე კი-განზიდვის ძალები.

ნახ.-ზე წარმოდგენილია ორი მოლეკულის ურთიერთქმედების რეზულტირებული ძალის F და ურთიერთქმედების პოტენციური ენერჯიის E_p . დამოკიდებულება მათ ცენტრებს შორის მანძილისაგან. რაიმე $r = r_0$ მანძილისათვის ურთიერთქმედების ძალა ხდება ნული. ეს მანძილი პირობითად მიღებულია მოლეკულის დიამეტრად. ამ დროს პოტენციური ენერჯია მინიმალურია. იმისათვის, რომ განვაცალკეოთ ერთმანეთისაგან ორი მოლეკულა საჭიროა, რომ მივანიჭოთ მათ დამატებითი ენერჯია E_0 . სიდიდეს E_0 უწოდებენ პოტენციური ღრმულის სიღრმეს, ან ურთიერთკავშირის ენერჯიას.



ნახ.3.1.1. ორი მოლეკულის ურთიერთქმედების ძალა F და ურთიერთქმედების პოტენციური ენერჯია E_p . $F > 0$ – განზიდვის ძალა, $F < 0$ – მიზიდულობის ძალა

მოლეკულების მოუწესრიგებელ ქაოსურ მოძრაობას სითბურ მოძრაობას უწოდებენ. სითბური მოძრაობის კინეტიკური ენერგია იზრდება ტემპერატურასთან ერთად. დაბალი ტემპერატურების პირობებში მოლეკულის საშუალო კინეტიკური ენერგია შეიძლება აღმოჩნდეს პოტენციური ღრმულის სიღრმრზე ნაკლები. E_0 . ამ დროს მოლეკულები კონდენსირდება თხევად ან მყარ ნივთიერებად, ამ დროს მოლეკულებს შორის საშუალო მანძილი დაახლოებით r_0 იქნება. ტემპერატურის გაზრდისას მოლეკულების საშუალო საშუალო კინეტიკური ენერგია აღემატება E_0 , და მოლეკულები „ფრინავენ“, წარმოქმნიან აიროვან ნივთიერებას.

მყარ სხეულში მოლეკულები უწესრიგო რხევას ფიქსირებული ცენტრების (წონასწორობის მდგომარეობის) ახლოს. ეს ცენტრები მდებარეობენ სივრცეში არარეგულარული წესით (ამორფული სხეულები) ან ქმნიან მოუწესრიგებელ მოცულობით სტრუქტურებს (კრისტალურ სხეულს).

სითხეში მოლეკულებს დიდი თავისუფლება აქვთ სითბური მოძრაობისათვის. ისინი არ არიან მიბმულნი განსაზღვრულ ცენტრებს და თავისუფლად მოძრაობენ მთელ მოცულობაში.

აირებში მოლეკულებს შორის მანძილი ჩვეულებრივ მათ ზომებზე გაცილებით მეტია. დიდ მანძილებზე მათ შორის ურთიერთქმედების ძალები მცირეა, და თითოეული მოლეკულა მოძრაობს წრფეზე მანამ, სანამ არ შეეჯახება სხვა მოლეკულას, ან ჭურჭლის კედელს. მოლეკულებს შორის სუსტი ურთიერთქმედება ხსნის აირების თვისებას, რომ გაფართოვდეს და შეავსოს მთელი ჭურჭელი. ზღვარში, როდესაც ურთიერთქმედება მიისწრაფის ნულისაკენ, ვღებულობთ იდეალურ აირს.

მოლეკულურ-კინეტიკურ თეორიაში მიღებულია, რომ ნივთიერების რაოდენობა პროპორციულია ნაწილაკების რიცხვისა. ნივთიერების რაოდენობის ერთეულს მოლს უწოდებენ. მოლი-არის ნივთიერებათა რაოდენობა, რომელიც შეიცავს იმდენივე ნაწილაკს (მოლეკულას),

რამდენი ატომიც არის 0,012 კგ ნახშირბადში ^{12}C . ნახირბადის მოლეკულა შედგება ერთი ატომისაგან.

ამრიგად, ნებისმიერი ნივთიერების ერთი მოლი შეიცავს ნაწილაკების (მოლეკულების) ერთი და იგივე რაოდენობას. ამ რიცხვს უწოდებენ ავოგადროს მუდმივას N_A :

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ მოლი}^{-1}.$$

ნივთიერებათა რაოდენობა ν განისაზღვრება როგორც ნაწილაკების (მოლეკულების) რაოდენობის N შეფარდება ავოგადროს მუდმივასთან как отношение числа N_A :

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

ერთი მოლის მასას უწოდებენ მოლარულ მასას M . მოლარული მასა უდრის მოცემული ნივთიერების ერთი მოლეკულის მასის m_0 ნამრავლა ავოგადროს მუდმივაზე:

$$M = N_A \cdot m_0.$$

3.2. აირის მოლეკულურ-კინეტიკური თეორიის ძირითადი განტოლება.

მოლეკულური-კინეტიკური თეორიის უმარტივესი მოდელი არის იდეალური აირის მოდელი. მოდელში მოლეკულები განიხილება, როგორც იდეალური დრეკადი სფეროები, რომლებიც ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან და ჭურჭლის კედლებთან მხოლოდ დრეკადი შეჯახების შემთხვევაში. თითოეული შეჯახების შედეგად მოლეკულების სიჩქარე შეიძლება შეიცვალოს მოდულით და მიმართულებით, და მომავალ შეჯახებამდე ისინი მოძრაობენ წრფივად და თანაბრად. მოდელში იგულისხმება, რომ ყველა პროცესი ექვემდებარება ნიუტონის მექანიკის კანონებს. .

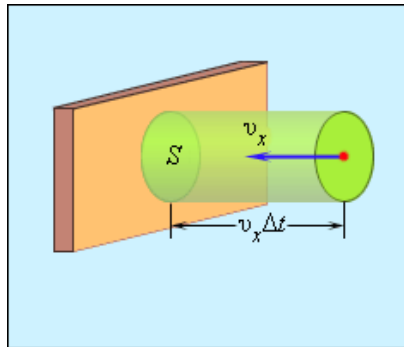
იდეალური აირის მოდელის გამოყენებით გამოვიანგარიშოთ აირის წნევა ჭურჭლის კედელზე. მოლეკულის იმპულსის ცვლილება იქნება $2m_0v_x$, სადაც m_0 – მოლეკულის მასაა.

გამოვყოთ ჭურჭლის კედელზე რაიმე S ფართი (ნახ). Δt დროის განმავლობაში ამ ფართობს შეეჯახება ყველა მოლეკულა, რომელთაც v_x , სიჩქარის პროექცია მიმართულია კედლისკენ და იმყოფება ცილინდრში, რომლის ფუძეა S , ხოლო სიმაღლე $v_x \Delta t$.

ვთქვათ ჭურჭლის ერთეულ მოცულობაში n მოლეკულაა, მაშინ ცილინდრის მოცულობაში იქნება $nSv_x \Delta t$ მოლეკულა. მაგრამ მათი რიცხვიდან მხოლოდ ნახევარი მოძრაობს კედლისკენ, ხოლო მეორე ნახევარი მოძრაობს საწინააღმდეგო მიმართულებით და კედელს არ შეეჯახება. შესაბამისად S ფართობზე Δt დროის განმავლობაში

$$\frac{1}{2} n S v_x \Delta t$$

მოლეკულათა შეჯახების რიცხვი იქნება:



ნახ.3.2.2.ფართობზე მოლეკულების შეჯახების რიცხვის განსაზღვრა

რადგანაც თითოეული მოლეკულა კედელზე შეეჯახებისას იცვლის იმპულსს $2m_0 v_x$, სიდიდით, მაშინ ყველა მოლეკულის იმპულსის

$$2m_0 v_x^2 S \Delta t$$

სრული ცვლილება შეადგენს:

მოლეკულებზე თავის მხრივ მოქმედებს კედლის მხრიდან ძალა F , მაშინ ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად ამ ძალის იმპულსი ტოლი უნდა იყოს მოლეკულების იმპულსის ცვლილებისა და შესაბამისად:

$$T_2 > T_1$$

მაქსველის განაწილების მახასიათებელი პარამეტრებია ყველაზე ალბათური სიჩქარე v_B , რომელიც შეესაბამება მრუდის სიჩქარეს და

$$v_B = \sqrt{v^2} = \bar{v}$$

საშუალო კვადრატული ციჩქარე სადაც \bar{v} – სიჩქარის კვადრატის საშუალო მნიშვნელობაა. როგორც მრუდიდან ჩანს ტემპერატურის ზრდით ეს სიჩქარეები იზრდება.

დავყოთ ერთეულოვან მოცულობაში მოქცეული ყველა მოლეკულა ჯგუფებად, რომლებიც შეიცავენ შესაბამისად n_1, n_2, n_3 და ა.შ. მოლეკულას სიჩქარეთა პროექციებით v_{x1}, v_{x2}, v_{x3} და ა.შ. ოლეკულების

$$m_1 v_{x1}^2 + m_2 v_{x2}^2 + m_3 v_{x3}^2 + \dots$$

თითოეულ ჯგუფს თავისი წვლილი შეაქვს აირის წნევაში შედეგად წარმოიქმნება ჯამური წნევა :

$$P = n_0 \sum_i m_i v_{xi}^2$$

გავყოთ ეს ჯამი n -ზე, მაშინ რადგანაც

$$\frac{1}{n} \sum_i m_i v_{xi}^2 = \bar{v}_x^2$$

წნევისათვის მივიღებთ:

$$P = n n_0 \bar{v}_x^2$$

რადგანაც:

$$\bar{v}_x^2 = \bar{v}_y^2 = \bar{v}_z^2 = \frac{1}{3} \bar{v}^2$$

საშუალო წნევისათვის ჭურჭლის კედელზე მივიღებთ:

$$p = \bar{p} = \frac{1}{3} m n \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \frac{m \overline{v^2}}{2} = \frac{2}{3} n \overline{E_k}$$

ამას უწოდებენ აირების მოლეკულარულ-კინეტიკური თეორიის ძირითად განტოლებას. სადაც $\overline{E_k}$ - მოლეკულების საშუალო კინეტიკური ენერჯიაა.

თუ დავუშვებთ, რომ ჭურჭლის მოცულობა V უცვლელია, მაშინ

$$n = \frac{N}{V} = \text{const}$$

N – მოლეკულათა რიცხვია ჭურჭელში.

ჩვენ ვიცით, რომ მუდმივი მოცულობის V ჭურჭელში წნევა პირდაპირ პროპორციულია მისი აბსოლუტური ტემპერატურის $p \sim T$. მეორეს მხრივ ექსპერიმენტულად დადგენილია, რომ მუდმივი მოცულობის და ტემპერატურის პირობებში აირის წნევა პირდაპირ პროპორციულია მოცემულ ჭურჭელში ნივთიერებათა რაოდენობის v შეფარდების მოცულობასთან V:

$$p \sim \frac{v}{V} = \frac{N}{N_A V} = \frac{n}{N_A} \sim n,$$

где N – მოლეკულების რაოდენობა ჭურჭელში, N_A – ავოგადროს მუდმივა, $n = N / V$ – მოლეკულათა კონცენტრაცია მოცულობაში. ამრიგად მივიღებთ:

$$p = nkT,$$

სადაც k – ყველა აირისათვის უნივერსალური მუდმივი სიდიდეა, მას ბოლცმანის მუდმივას უწოდებენ.

თუ შევადარებთ თანაფარდობას $p = nkT$ მოლეკულარულ-კინეტიკური თეორიის ძირითად განტოლებას მივიღებთ:

$$\overline{E_k} = \frac{3}{2}kT.$$

ამრიგად მოლეკულების ქაოსური მოძრაობის საშუალო კინეტიკური ენერგია აბსოლუტური ტემპერატურის პირდაპირი პროპორციულია.

ამდენად ტემპერატურა არის მოლეკულების მოძრაობის საშუალო კინეტიკური ენერგიის საზომი.

3.3. იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება. ავოგადროს კანონი

$$p = nkT,$$

მიღებულია იდეალური აირისათვის. ის შეიძლება ჩავეწეროთ სხვა სახით თუკი გამოვიყენებთ ფორმულას:

$$n = \frac{N}{V} = \frac{\nu N_A}{V} = \frac{m N_A}{M V}.$$

აქ N – მოლეკულათა რიცხვია ჭურჭელში, N_A – ავოგადროს მუდმივა, m – აირის მასა ჭურჭელში, M – აირის მოლეკულური მასა. საბოლოოდ მივიღებთ:

$$pV = \nu N_A kT = \frac{m}{M} N_A kT.$$

ნამრავლს kN_A - უწოდებენ უნივერსალურ გაზურ მუდმივას და აღნიშნავენ R . :

$$R = 8,31 \text{ ჯოულ/მოლ}\cdot\text{K}.$$

თანაფარდობას

$$pV = \nu RT = \frac{m}{M} RT.$$

(*)

ეწოდება იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება. მას უწოდებენ კლაპეირონის განტოლებას.

ნებისმიერი აირის ერთი მოლისათვის განტოლება ლეზულობს შემდეგ სახეს:

$$pV=RT.$$

თუ აირის ტემპერატურა $T_H = 273,15 \text{ K}$ (0°C), ხოლო წნევა $p_H = 1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ პა}$, მაშინ იტყვიან, რომ გაზი იმყოფება ნორმალურ პირობებში. ამპირობებისათვის ნებისმიერი აირის ერთი მოლი იკავებს იკავებს ერთსა და იგივე მოცულობას V_0 :

$$V_0 = 0,0224 \text{ მ}^3/\text{მოლი} = 22,4 \text{ დმ}^3/\text{მოლი}.$$

ამას ეწოდება ავოგადროს კანონი.

3.4. იზოპროცესები

საინტერესოა, როდესაც ერთერთი პარამეტრი (p , V ან T) არ იცვლება. ასეთი პროცესები ხშირად გვხვდება ატმოსფეროში, მათ იზოპროცესებს უწოდებენ..

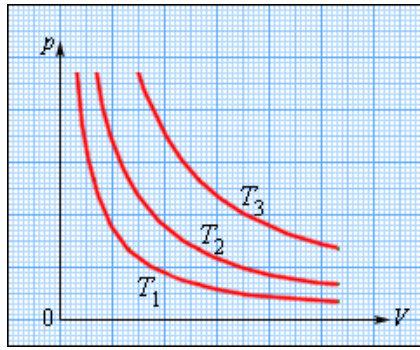
იზოთერმული პროცესი ($T = \text{const}$)

იზოპროცესი მიმდინარეობს მუდმივი ტემპერატურის პირობებში. მაშინ კლაპეირონის განტოლებიდან გამომდინარე ნივთიერების რაოდენობის ν უცვლელობის შემთხვევაში აირის წნევისა და მისი მოცულობის V ნამრავლი მუდმივი სიდიდე უნდა იყოს.:

$$pV = \text{const.}$$

ამ ფორმულას უწოდებენ ბოილ-მარიოტის კანონს, რადგანაც მათ ექსპერიმენტულად ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად მიიღეს ეს დებულება.

ნახაზზე წარმოდგენილია ბოილ-მარიოტის კანონის გრაფიკული სახე სხვადასხვა ტემპერატურის პირობებში.



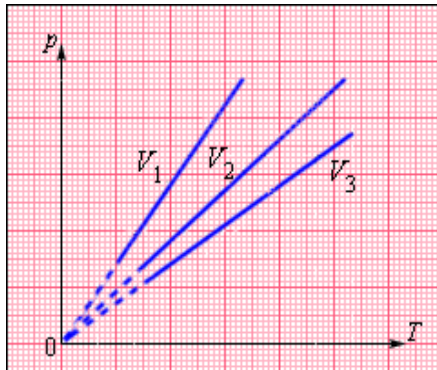
ნახ. 3.4.1. იზოთერმების ოჯახობა (p, V) სიბრტყეზე
 $T_3 > T_2 > T_1$

იზოქრონული პროცესი (V = const)

იზოქრონული პროცესი არის აირის კვაზისტატიკური გათბობის, ან გაცივების პროცესი მუდმივი მოცულობის პირობებში. ამ პირობებში კლასიკური განტოლება მიიღებს სახეს:

$$\frac{P}{T} = \text{const.}$$

იზოქრონული პროცესის გრაფიკები წარმოდგენილია გრაფიკზე.



ნახ.3.4.2. იზოქრონების ოჯახობა (p, T) სიბრტყეზე $V_3 > V_2 > V_1$

ფრანგმა ფიზიკოსმა ჟ.შარლმა(1787 წ) ექსპერიმენტულად გამოიკვლია აირის წნევის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე ამიტომ იზოქრონული პროცესის განტოლებას შარლის კანონს უწოდებენ.

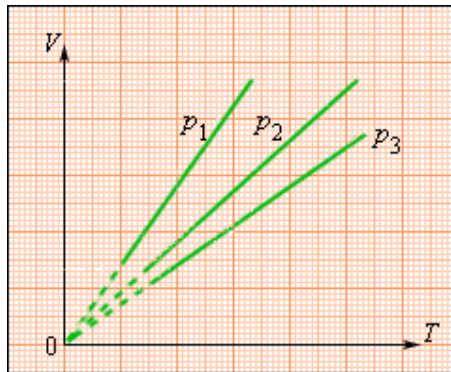
იზობარული პროცესი(p = const)

იზობარული პროცესი მიმდინარეობს მუდმივი წნევის პირობებში. პროცესის განტოლება ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\frac{V}{T} = \text{const} \quad \text{ან} \quad V = V_0 \frac{T}{T_0}$$

სადაც V_0 – აირის მოცულობაა 0°C ტემპერატურის დროს. A კოეფიციენტი უდრის $(1/273,15) \text{K}^{-1}$. მას უწოდებენ აირის მოცულობითი გაფართოების ტემპერატურულ კოეფიციენტს.

(V, T) სიბრტყეზე იზობარული პროცესი გამოისახება ნახაზზე წარმოდგენილი გრაფიკის სახით.



ნახ. 3.4.3. იზობარების ოჯახობა (V, T) სიბრტყეზე $p_3 > p_2 > p_1$

ეს კანონი ექსპერიმენტულად დაამტკიცა ფრანგმა მეცნიერმა გეი-ლუსაკმა და ამიტომ მის სახელს ატარებს.

. 3.5. ატმოსფეროს მასა, ფორმა, ზომები და აგებულება. ატმოსფეროს ფენები

ატმოსფეროს მასა

ჰაერის წნევა დედამიწის ზედაპირზე $P_0=1,013 \cdot 10^5$ პა, სესაბამისად მთელ დედამიწის ზედაპირზე $S=4\pi R^2$ მოქმედებს ძალა $F=4\pi R^2 P_0$, რომელიც ტოლია მთელი ატმოსფეროს წონის $F=m_a g$. ამ ძალების გატოლების შედეგად ადვილად მივიღებთ დედამიწის ატმოსფეროს მასისათვის: $m_a = 4\pi R^2 P_0 / g = 5,3 \cdot 10^{18}$ კგ, ამრიგად ატმოსფეროს მასა დაახლოებით 10^6 ჯერ ნაკლებია დედამიწის მასაზე. წლის თბილ პერიოდში ატმოსფეროს მასა დაახლოებით 10^{10} კგ-ით მეტია, ვიდრე წლის ცივ პერიოდში. ეს აიხსნება ბიოლოგიური პროცესების გააქტიურებით, რასაც ახლავს აირების გამოყოფა. პლანეტარული სითბო- და მასისცვლის შედეგად ატმოსფეროს ახასიათებს სეზონური გადანაწილება. იანვრიდან ივლისის ჩათვლით ჩრდილოეთ ნახევარსფეროდან სამხრეთში გადადის დაახლოებით $4 \cdot 10^{15}$ კგ ჰაერი. წლის მეორე ნახევარში, მუსონური ტროპიკული ქარების დროს ატმოსფეროს მასის 0,078% ასრულებს შებრუნებულ მოძრაობას სამხრეთიდან ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში. მსოფლიო ოკეანის მასა $M=1,4 \cdot 10^{21}$ კგ-ია, ვდებულობთ, რომ ატმოსფეროს მასა 300-ჯერ ნაკლებია მსოფლიო ოკეანის მასაზე.

ატმოსფეროს ფორმა

ატმოსფეროს ფორმა არ არის სიმეტრიული დედამიწის სიმძიმის ძალის მიმართ. ეკლიპტიკის ცენტრში ატმოსფერო ამოზნექილია მზის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ამოზნექილობის სიგრძე, ანუ „დედამიწის აიროვანი კუდი“ დაახლოებით $120 \cdot 10^6$ მ. ამასთან დაკავშირებით დედამიწის ატმოსფეროს ფორმა უახლოვდება

ელიფსოიდს, რომლის დიდი ნახევარღერძი 1.2-ჯერ აღემატება მცირე ნახევარღერძს.

ატმოსფეროს ზომები და აგებულება

ატმოსფეროს ქვედა საზღვარს წარმოადგენს მატარიკების და ოკეანეების ზედაპირი. ზედა საზღვარი ზუსტად არ არის განსაზღვრული. დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრებიდან დაკვირვებები და კოსმოსური ხომალდების მონაცემები ადასტურებენ, რომ ატმოსფერო ვრცელდება დაახლოებით 3000 კმ-სიმაღლემდე. დედამიწის ზედაპირთან ჰაერის სიმკვრივე დაახლოებით $\rho \approx 1,24 - 1,30$ კგ/მ³. სიმაღლით სიმკვრივე მონოტონურად კლებულობს და 60 – 70 ათას კმ სიმაღლეზე უახლოვდება საპლანეტათაშორისო გარემოს სიმკვრივეს (10^{-21} კგ/მ³).

ატმოსფეროს ფიზიკური მდგომარეობის მნიშვნელოვანი მახასიათებლებია აგრეთვე ატმოსფეროს წნევა, ტემპერატურა, სინოტივე, მყარი და თხევადი აირების შემადგენლობა.

ამ მახასიათებლების და აგრეთვე ჰაერის შემადგენლობის, ატმოსფეროსა და დედამიწის ურთიერთქმედების და ატმოსფეროზე მფრინავი აპარატების გავლენის გათვალისწინებით ატმოსფეროს ყოფენ სხვადასხვა ფენებად. ატმოსფეროს ეს სტრუქტურა ჩამოყალიბდა სამი ძირითადი ფაქტორის გავლენით-გრავიტაციული, ტურბულენტური და რადიაციული.

ატმოსფეროს ყველაზე ქვედა ფენა ტროპოსფეროა, მასში მიმდინარეობს მეტეოროლოგიური პროცესები. ის ყველაზე მკვრივი და არაერთგვაროვანი ფენაა. მასში მოთავსებულია დედამიწის ატმოსფეროს მასის 79% . ქვედა ტროპოსფერო ითვლება 1,0 – 1,5კმ სიმაღლემდე, საშუალო ტროპოსფერო 1,0-1,5 დან 6,0 – 8,0 კმ-მდე, ზედა ტროპოსფერო 6,0-8,0 დან 11 კმ-მდე.

ტროპოსფერო ხასიათდება ტემპერატურის კლებით სიმაღლის მიხედვით გრადიენტით $\gamma = -dT/dx$. რომელიც დაახლოებით $0,65^{\circ}\text{C}$ ყოველ 100 მეტრზე ასვლისას.

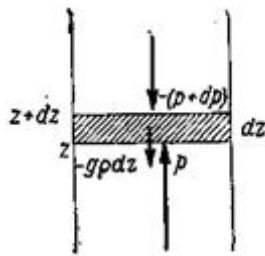
ტროპოსფეროს მაღლა მდებარეობს სტრატოსფერო, ის ვრცელდება 50 კმ-მდე. მიში თვისებაა ტემპერატურის მკვეთრი ზრდა სიმაღლით, რაც უკავშირდება ოზონის წარმოქმნას ჟანგბადისგან.

ინტერვალში 55 - 80 კმ T ტემპერატურა კლებულობს -85°C -მდე, ამ ფენას მეზოსფერო ეწოდება, ანუ საშუალო ფენა. 100 კმ-ზე მაღლა ვრცელდება ტერმოსფერო, აქ იწყება ტემპერატურის ზრდა და 400 კმ სიმაღლეზე აღწევს 1200°C -ს. მეზოსფეროს მაღლა განლაგებულია ეკზოსფერო, ანუ გარეგანი სფერო. აქ წნევა მნიშვნელოვნად ეცემა.

დიდ სიმაღლეებზე აღინიშნება ინტენსიური ელექტრული დენები, რომელთა ძალა ათობით ასეულ ამპერს აღწევს. ეს დენი ათბობს იონოსფეროს აირს. შედეგად ატმოსფერო ეფექტურად თბება. ეს ატმოსფეროს ყველაზე ზედა ფენაა-იონოსფერო, რომელიც თანდათანობით გადადის საპლანეტათაშორისო სივრცეში.

3.6. ატმოსფეროს სტატიკის ძირითადი განტოლება. ბარომეტრული ფორმულები

გამოვყოთ ჰაერის ერთეულოვან ვერტიკალურ სვეტში ძალიან თხელი ფენა რომლის ქვედა ზედაპირი იქნება z სიმაღლეზე, ხოლო ზედა ზედაპირი $z + dz$ სიმაღლეზე; ფენის სისქე იქნება dz (იხ. ნახაზი). როგორც ნახაზიდან ჩანს ელემენტადული მოცულობის ქვედა ზედაპირზე მოქმედებს ჰაერი წნევის ძალით P , რომელიც მიმართულია ვერტიკალურად ზევით, ზედა ზედაპირზე კი მოქმედება წნევით, რომელიც მიმართულია ზევიდან ქვევით $P + dP$. ამავე დროს ითვლება, რომ წნევა გვერდით ზედაპირებზე არ იცვლება.



ნახ.3.5.1. ჰაერის ელემენტარულ მოცულობაზე მოქმედი ძალები

ჰაერის ელემენტარული მოცულობა განიციდის სიმძიმის ძალის მოქმედებას, რომელიც მიმართულია ქვემოთ და უდრის სიმძიმის ძალის აჩქარებას, გამრავლებულს მოცემულ მოცულობაში არსებულ ჰაერის მასაზე. ჰაერის მოცულობა უდრის ρdz , მაშინ ჰაერის მასა მათი იქნება $\rho \cdot dz$, სადაც ρ – ჰაერის სიმკვრივეა, ხოლო სიმძიმის ძალა იქნება $g\rho dz$. იგულისხმება, რომ ჰაერში არის წონასწორობა. ეს იმას ნიშნავს, რომ სიმძიმის ძალა და წნევის ძალები ერთმანეთს აწონასწორებენ. ქვემოთ მიმართულია წნევის ძალა $(p+dp)$ და წონა $g\rho dz$; ამიტომ მათ ვიღებთ უარყოფითი ნიშნით. ზამოთ მიმართულია წნევის ძალა p , რაც ითვლება დადებითად. ამდრნად მათი ჯამი იქნება ნული.

$$-(p+dp) + p - g\rho dz = 0, \text{ ან } dp = -g\rho dz$$

ამ უკანასკნელს უწოდებენ ატმოსფეროს სტატიკის ძირითად განტოლებას.

ატმოსფეროს სტატიკის ძირითადი განტოლება შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგნაირადაც:

$$-\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dz} - g = 0$$

სიდიდეს $\frac{dp}{dz}$ ეწოდება ვერტიკალური ბარიული გრადიენტი, ის მიმართულია ზემოდან ქვემოთ. ხოლო $-\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dz}$ წარმოადგენს ერთეულოვან მასაზე მოქმედ ვერტიკალური ბარიული გრადიენტის ძალას, რომელიც მიმართულია ზევით.

სტატიკის განტოლების მეორე წევრი არის იმავე ერთეულ მასაზე მოქმედი სიმძიმის ძალა და მიმართულია ქვემოთ.

ატმოსფეროს სტატიკის ძირითადი განტოლებიდან მარტივად შეიძლება მივიღოთ:

$$dp = -\frac{\rho g}{RT} dz, \text{ ან } \frac{dp}{p} = -\frac{g}{RT} dz$$

ინტეგრირების შედეგად მივიღებთ

$$\int_{p_1}^{p_2} \frac{dp}{p} = -\frac{g}{R} \int_{z_1}^{z_2} \frac{dz}{T} \quad \text{ან} \quad \ln p_2 - \ln p_1 = -\frac{g}{R} \int_{z_1}^{z_2} \frac{dz}{T}$$

თუ ავიღებთ ფენის საშუალო ტემპერატურას T_m მაშინ შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\ln p_2 - \ln p_1 = -\frac{g}{RT_m} \int_{z_1}^{z_2} dz, \quad \text{ანუ რაც იგივეა} \quad \ln \frac{p_2}{p_1} = -\frac{g}{RT_m} (z_2 - z_1)$$

, საიდანაც

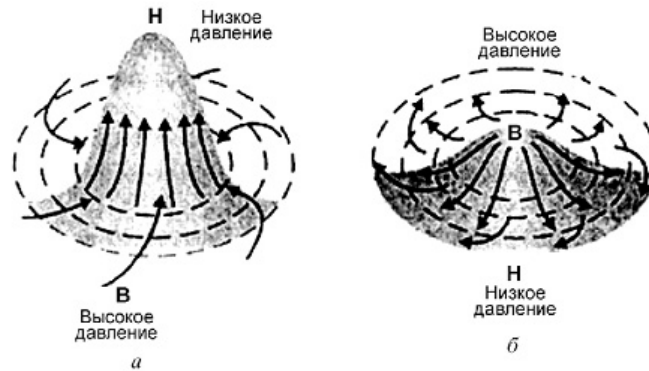
$$p_2 = p_1 e^{-\frac{g}{RT_m} (z_2 - z_1)}$$

ამ ფორმულებს უწოდებენ ბარომეტრულ ფორმულებს. ისინი უჩვენებენ ატმოსფერული წნევის ცვლილებას სიმაღლის მიხედვით ტემპერატურაზე დამოკიდებით. ბარომეტრულ ფორმულებს დიდი პრაქტიკული ნგამოყენება აქვთ.

3.7. ციკლონები და ანტიციკლონები

ტროპოსფეროში მუდმივად იცვლება წნევა, რაც განაპირობებს ამინდის მოვლენებს. მუდმივად წარმოიქმნება, როგორც მცირე ისე გიგანტური ზომის შემფოთებები დაბალი, ან მაღალი წნევით. მათ ციკლონებს და ანტიციკლონებს უწოდებენ.

ციკლონი არის დაბალი წნევის ჩაკეტილი არე, მის ცენტრში წნევა მინიმალურია, ხოლო ანტიციკლონი არის მაღალი წნევის ჩაკეტილი არე, მის ცენტრში წნევა მაქსიმალურია. სწორედ ამიტომ ციკლონში ჰაერის ნაკადი მოძრაობს სპირალზე ცენტრისკენ, ხოლო შემდეგ ქმნის აღმავალ მოძრაობას. ანტიციკლონში კი ცენტრში ჰაერი ეშვება ძირს და მოემართება პერიფერიისკენ (იხ. ნახ.3.7.1).



ნახ.3.7.1. ციკლონი (ა) და ანტიციკლონი(ბ) ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში

ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ციკლონში ჰაერი მოძრაობს საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით, ანტიციკლონში კი

საათის ისრის მიმართულებით. სამხრეთ ნახევარსფეროში კი პირიქით, რაც დედამიწის ბრუნვით ააარის გამოწვეული.

ციკლონი და ანტიციკლონი ბუნებრივი მექანიზმებია, რომელთაც გადააქვთ ჰაერის მასები და ქმნიან ამინდს. ციკლონის შემოსვლისას ამინდი სწრაფად იცვლება, ქარი ძლიერდება და მოდის ნალექი. ანტიციკლონის შემოსვლისას მოდის მშრალი, ნათელი ამინდი. ზაფხულში მყარდება ცხელი ამინდი, ხოლო ზამთარში-ყინვიანი.

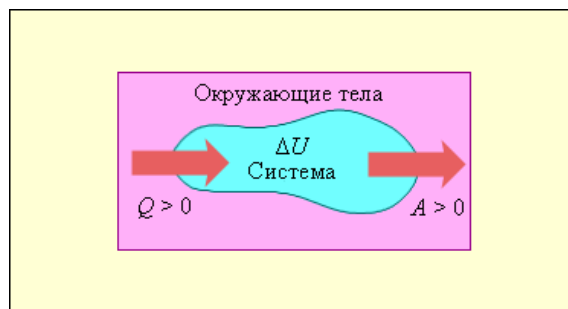
ციკლონის განსაკუთრებული სახეობაა ტროპიკული ციკლონი, რომელიც წარმოიქმნება მხოლოდ ოკეანეზე დაბალ განედებში და დიდი ენერჯის გამო დამანგრეველი ძალა აქვს. ხშირად იწვევენ კატასტროფას.

დედამიწაზე საშუალოდ ტროპიკული ციკლონის წარმოქმნის 70 შემთხვევაა. მათი უმეტესობა ვრცელდება ანტილიის კუნძულებზე, არაბეთის ზღვაზე, ბენგალიის ყურეში, მადაგასკარზე და სხვ.

სხვადასხვა ქვეყნებში მათ უწოდებენ ურაგანს, ტაიფუნს და ა.შ.

3.8. თერმოდინამიკის კანონები. ადიაბატური პროცესი

ნახ.-ზე ნაჩვენებია რაიმე სხეული- თერმოდინამიკური სისტემა და მისი მიმართულებით სითბური ნაკადი $Q > 0$, აგრეთვე სოსტემის მიერ შესრულებული მუშაობა $A > 0$.



ნახ.3.8.1. ენერგიის ცვლა თერმოდინამიკურ სისტემასა და გარემო სხეულებს შორის სითბოცვლისა და შესრულებული მუშაობის შედეგად

თუ სისტემაში მიმდინარეობს სითბოცვლა და სრულდება მუშაობა, მშინ ცხადია, რომ ცხადია უნდა შეიცვალოს მისი პარამეტრები: ტემპერატურა, წნევა, მუშაობა. რადგანაც ეს პარამეტრები ცალსახად განსაზღვრავენ სისტემის შინაგან ენერგიას U მაშინ ცხადია, რომ სითბოცვლის და მუშაობის შესრულების პროცესებს თან სდევს სისტემის შინაგანი ენერგიის ცვლილება ΔU .

თერმოდინამიკის პირველი კანონი არის ენერგიის შენახვის და გარდაქმნის კანონის განზოგადოება თერმოდინამიკური სისტემისათვის. ის ფორმულირდება შემდეგნაირად.

სისტემის შინაგანი ენერგიის ცვლილება ΔU განისაზღვრება როგორც სხვაობა სითბოს რაოდენობასა Q და შესრულებულ მუშაობას A შორის:

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

ეს არის თერმოდინამიკის პირველი კანონი, რომელსაც ხშირად ასე ჩაწერენ:

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

ანუ, სისტემის მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობა იხარჯება მისი შინაგანი ენერგიის შეცვლაზე და გარეშე ძალების მიმართ შესრულებულ მუშაობაზე.

ამ კანონის თანახმად ენერგია შეუძლებელია წარმოიქმნას, ან გაქრეს, ის გადაეცემა ერთი სისტემიდან მეორეს, ან გარდაიქმნება ერთი ფორმიდან მეორეში.

განვიხილოთ თერმოდინამიკის კანონი იზოპროცესების მიმართ:

იზოქრონულ პროცესში ($V = \text{const}$) აირი მუშაობას არ ასრულებს, $A = 0$. მაშასადამე,

$$Q = \Delta U = U(T_2) - U(T_1).$$

აქ $U(T_1)$ და $U(T_2)$ – აირის შიდა ენერგია საწყის და საბოლოო მომენტებში.

იზობარულ პროცესში ($p = \text{const}$) მუშაობა გამოისახება შემდეგნაირად:

$$A = p(V_2 - V_1) = p \Delta V.$$

მაშინ ამ პროცესისათვის თერმოდინამიკის კანონი ჩაიწერება ასე:

$$Q = U(T_2) - U(T_1) + p(V_2 - V_1) = \Delta U + p \Delta V.$$

იზობარული გაფართოების დროს $Q > 0$ – აირი შთანთქავს სითბოს და ასრულებს დადებით მუშაობას. იზობარული შეკუმშვის დროს სითბო გადაეცემა გარე ძალებს $Q < 0$. ამ დროს $A < 0$. ტემპერატურა იზობარული შეკუმშვის დროს კლებულობს $T_2 < T_1$, ასევე სისტემის შინაგანი ენერგია $\Delta U < 0$.

იზოთერმულ პროცესში აირის ტემპერატურა არ იცვლება და შესაბამისად შინაგანი ენერგიაც არ იცვლება $\Delta U = 0$.

მაშინ თერმოდინამიკის პირველი კანონი იზოთერმული პროცესისათვის გამოისახება შემდეგნაირად:

$$Q = A.$$

ადიაბატური პროცესი

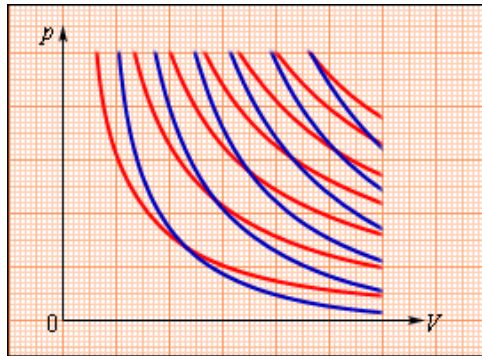
ზემოდ განხილული პროცესების გარდა თერმოდინამიკაში განიხილება აგრეთვე ისეთი პროცესები, რომლებიც მიმდინარეობს გარემოსთან სითბოცვლის გარეშე, მათ ადიაბატურ პროცესს უწოდებენ.

ადიაბატურ პროცესში $Q = 0$; და თერმოდინამიკის პირველი კანონი დებულობს სახეს:

$$A = -\Delta U,$$

ანუ აირი ასრულებს მუშაობას მისი შინაგანი ენერგიის შემცირების ხარჯზე.

აირის ადიაბატური პროცესის გაფართოება (შეკუმშვა) (p, V) სიბრყევე გამოისახება მრუდით, რომელსაც უწოდებენ ადიაბატას. ადიაბატური გაფართოების დროს აირი ასრულებს დადებით მუშაობას ($A > 0$); ამიტომ მისი შინაგანი ენერგია კლებულობს ($\Delta U < 0$). ეს იწვევს ტემპერატურის შემცირებას, შედეგად ადიაბატური გაფართოების დროს აირის წნევა უფრო სწრაფად ეცემა, ვიდრე იზოთერმული პროცესის დროს (იხ.ნახ.).



ნახ.3.8.2. იზოთერმების ოჯახობა (წითელი მრუდები) და ადიაბატები (ლურჯი) იდეალური აირისათვის

თერმოდინამიკაში იდეალური აირისათვის ადიაბატური პროცესის განტოლებას შემდეგნაირად ჩაწერენ:

$$pV^\gamma = \text{const.}$$

ამას უწოდებენ პუასონის განტოლებას. აქ $\gamma = C_p / C_v$ – ადიაბატის მაჩვენებელია, C_p и C_v – აირის სითბოტევადობა შესაბამისად მუდმივი წნევისა და მუდმივი მოცულობის პირობებში. ერთატომიანი

$$\gamma = \frac{5}{2} = 1,67;$$

აირისათვის

ორატომიანისთვის

$$\gamma = \frac{7}{5} = 1,4;$$

$$\gamma = 1,33.$$

მრავალატომიანისთვის

აირის მუშაობა ადიაბეტური პროცესისათვის გამოისახება ტემპერატურების საშუალებით:

$$A = C_v (T_2 - T_1).$$

თერმოდინამიკაში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ფიზიკურ სიდიდეს ენტროპიას. ენტროპიის ცვლილება ნებისმიერ კვაზისტატიკურ პროცესში განისაზღვრება როგორც სისტემის მიერ მიღებული დაყვანილი სითბო $\Delta Q / T$. რადგანაც ადიაბატური პროცესისათვის $\Delta Q = 0$, ამ პროცესში ენტროპია რჩება უცვლელი.

3.9. აორთქლება, კონდენსაცია, დუღილი. გაჯერებული ორთქლი

ნებისმიერ ნივთიერებას შეუძლია იმყოფებოდეს სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში-მყარ, აიროვან და თხევად. გადასვლას ერთი მდგომარეობიდან მეორეში ფაზურ გადასვლას უწოდებენ. ფაზური გადასვლების მაგალითებია აორთქლება და კონდენსაცია.

ყველა რეალურ აირს (ჟანგბადი, აზოტი, წყალბადი და სხვ.) უნარი აქვს გარკვეულ პირობებში გარდაიქმნას სითხედ. მაგრამ ასეთი გარდაქმნა ხდება მხოლოდ გარკვეული ტემპერატურის დაბლა, ე.წ. კრიტიკული ტემპერატურის დაბლა $T_{кр}$. მაგალითად წყლისათვის ასეთი ტემპერატურაა 647,3 K, აზოტისთვის 126 K, ჟანგბადისთვის 154,3 K. ოთახის ტემპერატურის პირობებში (≈ 300 K) წყალი შეიძლება იმყოფებოდეს თხევად და აიროვან მდგომარეობაში, ხოლო აზოტი და ჟანგბადი არსებობენ მხოლოდ აირის სახით.

აორთქლება ეწოდება სითხიდან აიროვან მდგომარეობაში ფაზურ გადასვლას. მოლეკულურ-კინეტიკური თეორიის თვალსაზრისით, აორთქლება არის პროცესი, როდესაც სითხის ზედაპირიდან მიფრინავენ განსაკუთრებით სწრაფი მოლეკულები. ეს იწვევს

დარჩენილი მოლრკულების საშუალო კინეტიკური ენერგიის შემცირებას და სითხის გაცივებას.

კონდენსაცია არის აორთქლების შებრუნებული პროცესი. კონდენსაციის დროს აირის მოლეკულები უბრუნდება სითხეს.

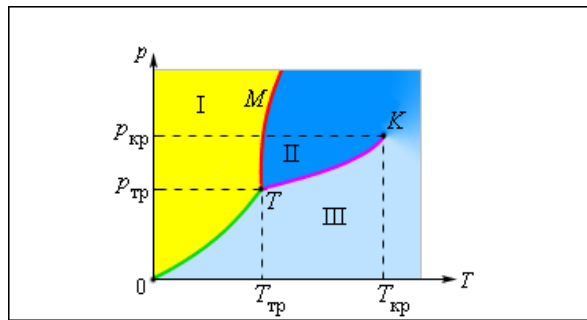
დახურულ ჭურჭლში სითხე და მისი აირი შესაძლოა ერთად არსებობდნენ დინამიკური წონასწორობის პირობებში, როდესაც დატოვებული მოლეკულათა რიცხვი უდრის ციხეში დაბრუნებულ მოლეკულათა რიცხვს. ამ დროს აორთქლების და კონდენსაციის პროცესების სიჩქარე ერთნაირია. ასეთ სისტემას უწოდებენ ორფაზიანს. ორთქლს, რომელიც იმყოფება წონასწორობაში თავის სითხესთან გაჯერებულს უწოდებენ..

ატმოსფერული ჰაერი ყოველთვის შეიცავს წყლის ორთქლს, რაღაც პარციალური წნევის დროს p , რომელიც, როგორც წესი ნაკლებია გაჯერებული ორთქლის წნევაზე p_0 . შეფარდებას p / p_0 , გამოსახულს %-ში შეფარდებითი სინოტივე ეწოდება:

$$\phi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$$

გაჯერებული ორთქლი შეიძლება თეორიულად აღიწეროს იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლებით.

ბოლოს, ნახაზზე წარმოდგენილია ნივთიერების ტიპური ფაზური დიაგრამა, სადაც ნაჩვენებია K – კრიტიკული წერტილი, T – სამმაგი კვეთის წერტილი. ოლქი I – მყარი სხეული, ოლქი II – სითხე, ოლქი III – აიროვანი ნივთიერება. ნახ.-ზე წარმოდგენილ (p, T) სისტემაში წონასწორობის მრუდებს ფაზურ დიაგრამას უწოდებენ.



ნახ.3.9.1. ნივთიერების ფაზური დიაგრამა. K – კრიტიკული წერტილი, T – სამმაგი კვების წერტილი. ოლქი I – მყარი სხეული, ოლქი II – სითხე, ოლქი III – აირი ნივთიერება

მრუდს OT , რომელიც შეესაბამება მყარი და აირი ნივთიერების წონასწორობას სუბლიმაციის მრუდს უწოდებენ. სითხესა და ორთქლს შორის წონასწორობის მრუდს TK აორთქლების მრუდს უწოდებენ. ის წყდება კრიტიკულ წერტილში K. მყარ სხეულსა და სითხეს შორის წონასწორობის მრუდს TM დნობის მრუდს უწოდებენ.

წონასწორობის მრუდები ერთდება T წერტილში, რომელშიც ყველა სამივე ფაზა არის წონასწორობაში. მას სამმაგ წერტილს უწოდებენ.

3.10. დედამიწის სითბური ველი. დედამიწის წიაღის თერმული ზონალობა.

სითბური პროცესები დედამიწის ქერქში

დედამიწის სითბური ველი ყალიბდება სითბოს სხვადასხვა წყაროების ხარჯზე, მისი გადატანის და გადანაწილების შედეგად. სითბოს წყაროებია შინაგანი სიღრმითი სითბური პროცესები და მზის ენერგია. სითბოს გადატანა დედამიწის ქერქში ხორციელდება მთის ქანების მოლეკულური სითბოგამტარობის, კონვექციისა და გამოსხივებების გზით. 10 კმ-ზე ღრმა ფენებში სითბოს გადატანაში წამყვანი როლი

ენიჭება წიაღისეულის გამთბარი ნივთიერების გამოსხივებას და კონვექციას. გეოფიზიკის დარგს, რომელიც შეისწავლის დედამიწაზე მიმდინარე სითბურ პროცესებს გეოთერმია ეწოდება. დედამიწის სფეროს თერმული რეჟიმის პრობლემა გეოფიზიკის ერთერთი უმნიშვნელოვანესი და ურთულესი პრობლემაა. დედამიწის წიაღის ნივთიერებათა ბევრი თვისება-სითბოგამტარობა, ელექტროგამტარობა, სიბლანტე, და სხვა მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ტემპერატურაზე მოცემულ სიღრმეზე. სწორედ ტემპერატურა და წნევა განსაზღვრავენ ნივთიერების აგრეგატულ მდგომარეობას.

სიღრმეებზე ტემპერატურის გასაზომად გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის თერმომეტრები, მათ შორის თერმისტორები, თერმოგრადიენტომზომები, სითბომზომები, დისტანციური აპარატები და სხვ. თერმისტორი გამოირჩევა მაღალი სიზუსტით, მასში გამოყენებულია ნახევარგამტარები და მათი ელექტროგამტარობის თვისებები. ისინი დამონტაჟებულია ზონდების სახით და ეშვება ჭაბურღილებში და დანალექ ქანებში. რიგი ხელსაწყოები ემყარება ელექტრომაგნიტური გამოსხივების თვისებებს. დედამიწის ქერქის ტემპერატურის გაზომვებს გეოთერმული გაზომვები ეწოდება. ამ გაზომვებს დიდი მნიშვნელობა აქვს მიწისქვეშა ნაგებობების მშენებლობისათვის.

დედამიწის წიაღის თერმული რეჟიმი და თერმული ზონალობა
გეოთერმული გაზომვებისა და ირიბი მონაცემების (მიწისქვეშა ცხელი წყლები, თერმალური წყლები, ვულკანების ლავა) საფუძველზე გამოყოფილია სამი დამახასიათებელი თერმული ზონა. ისინი განსხვავდება გენერაციის წყაროებით, და შესაბამისად ტემპერატურის ცვლილების ხასიათით.

ზედა თხელ ფენას სისქით 30მ ჰელიომეტრული ფენა ეწოდება. მასში ტემპერატურას მთლიანად მზის რადიაცია განსაზღვრავს. ამიტომ ის ხასიათდება ტემპერატურის სეზონური რყევადობით. მის ქვემოთ განლაგებულია უფრო თხელი ნეიტრალური ზონა (სარტყელი) მუდმივი ტემპერატურით, რომელიც შეესაბამება მოცემული ადგილის

საშუალო წლიურ ტემპერატურას. მის ქვეშ განლაგებულ დედამიწის ქერქის დანარჩენი ფენა, აგრეთვე დედამიწის მანტია და ბირთვი გეოთერმულ ზონას ქმნიან. მისი ტემპერატურა განისაზღვრება დედამიწის შინაგანი სითბური წყაროებით, მთის ქანების სითბოგამტარობით და სიღრმით მატულობს.

ჰელიომეტრული ზონა თბება მზის სხივებით. მზის რადიაციის მოსვლას გამოკვეთილი დღედამური, სეზონური, წლიური და საუკუნოვანი სვლა გააჩნია, რაც იწვევს ჰაერის და დედამიწის ზედაპირის ტემპერატურის შესაბამის ციკლურ ცვლილებებს. ამიტომაც ნიადაგის და მთის ქანების ტემპერატურაც ანალოგიურად იცვლება. იმისდამიხედვით, თუ რა სიღრმემდე ვრცელდება ტემპერატურის დღედამური და წლიური რყევები, ამ ზონაში გამოყოფენ ორ ფენას-ტემპერატურის დღედამური და წლიური რხევების ფენებს.

ტემპერატურის დღედამური რხევების ფენა-დედამიწის ქერქის ზედაპირული ფენაა და 1,0–1,5მ სიღრმემდე ვრცელდება. აქ ტემპერატურის სვლა პრაქტიკულად შეესაბამება მზის რადიაციის დღედამურ სვლას.

ტემპერატურის წლიური რხევების ფენა, განლაგებულია დღედამური რხევების ფენის ქვეშ. აქ აღინიშნება ტემპერატურის წლიური სვლა. ჰელიომეტრული ზონის ქვედა საზღვარი მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული-მთის ქანების სითბურ და ტენის პირობებზე, რელიეფზე, გეოლოგიურ აგებულებაზე, მცენარეულ საფარზე და სხვ. თანაბარ პირობებში ჰელიოთერმული ზონის მინიმალური სიღრმე დამახასიათებელია ზღვიური და ტროპიკული კლიმატის რაიონებისთვის, ხოლო მაქსიმალური სიღრმე-კონტინენტური კლიმატისათვის. გამოკვლევების თანახმად ეს სიღრმე იცვლება 10-დან 200-3000 მეტრამდე.

ნეიტრალური ზონა, ანუ მუდმივი ტემპერატურის ზონა ხასიათდება ტემპერატურის მუდმივობით მთელი წლის განმავლობაში. ეს

ტემპერატურა შეესაბამება ამ ადგილისათვის დამახასიათებელ ჰაერის საშუალო წლიურ ტემპერატურას. უარყოფითი საშუალო წლიური ტემპერატურის პირობებში მუდმივი ტემპერატურის ჰორიზონტში წარმოიქმნება მუდმივი მზრალობა. ეს ზონა დაახლოებით 3-4კმ-მდე ვრცელდება.

გეოთერმული ზონაში ტემპერატურა რჩება მუდმივი დროში და სიღრმესთან ერთად მატულობს. ტემპერატურის ზრდის სიდიდეს მანძილის ერთეულზე გეოთერმულ გრადიენტს უწოდებენ. ის განსხვავებული სიდიდეა დედამიწის სხვადასხვა რაიონებში, დამოკიდებულია მთის ქანების შემადგენლობაზე, რადიაქტიული ელემენტების და ვულკანების სიახლოვეზე და სხვ. და იცვლება დაახლოებით 0,1 დან 0,01°C/მ ფარგლებში. გეოთერმული გრადიენტის შეზღუდვებულ სიდიდეს გეოთერმული ბიჯი ეწოდება. ის იცვლება 10 - 100 მ/°C-ფარგლებში. რიგ შემთხვევებში ეს სიდიდეები მნიშვნელოვნად გადაიხრება საშუალოდან.

დედამიწის ქერქისუფრო ღრმა ფენების, მანტიის და ბირთვის ტემპერატურა ფასდება ძალიან მიახლოებით ირიბი მონაცემების საფუძველზე. გამომდინარე იქიდან, რომ ბირთვი შედგება ძირითადად რკინისგან, ჩატარებული იყო თეორიული გამოთვლები ამ ნივთიერების მაღალი შეკუმშვადობის პირობების გათვალისწინებით. მიღებული შედეგების თანახმად ტემპერატურა ქვედა მანტიისა და ბირთვის საზღვარზე უნდა იყოს 3700°C, ხოლო გარე და შიდა ბირთვის საზღვარზე- 4300°C, აგრეთვე გამოთვლების თანახმად შიდა ბირთვის ტემპერატურა დაახლოებით 5000°C-ია.

ამის შესახებ არსებობს განსხვავებული შეხედულებაც. მაგალითად ზოგიერთი მეცნიერი ვარაუდობს, რომ მაქსიმალური ტემპერატურა 4000°C დამახასიათებელია ქვედა მანტიისათვის, სიღრმეში კი კლებულობს და ბირთვში შეადგენს დაახლოებით 2600°C.

სითბოს გარეგანი და შინაგანი წყაროები

დედამიწის ზედაპირის სითბური მდგომარეობა ყალიბდება სითბოს ეკზოგენური და ენდოგენური წყაროების მიერ. ენერგიის ეკზოგენური ნაკადი დაახლოებით 5000ჯერ აღემატება ენდოგენურს. მისი ხვედრითი წილი მთელი სითბოს დაახლოებით 99,5% .

ენერგიის ეკზოგენური ნაკადი შედგება ძირითადად მზის ელექტრო-მაგნიტური გამოსხივებისაგან -მზის რადიაციისაგან. რადიაციის დიდი ნაწილი დედამიწაზე გარდაიქმნება სითბოთ. სითბური ენერგიის რაღაც ნაწილი მოდის ვარსკვლავებიდან და პლანეტებიდან მაღალი ენერგიის კოსმოსური სხივების სახით და სხვ. მაგრამ ის უმნიშვნელოა, დაახლოებით 30 მილიონჯერ ნაკლებია მზიდან მოსულ ენერგიაზე.

მზის მიერ სამყაროში გამოსხივებული ენერგია კოლოსალურია 3,83-10²⁶ ვატი. მისი მხოლოდ 1/2 200 000 000 ნაწილი, ანუ 1,74-10¹⁷ ვატი, აღწევს დედამიწაზე. მზის გამოსხივება დედამიწაზე მოსვლამდე არსებით ცვლილებებს განიცდის. მისი ნაწილი განიბნევა, ნაწილი შთაინთქმევა დედამიწის მიერ და სითბოთ გარდაიქმნება. დედამიწამდე მოღწეული მზის რადიაცია დამოკიდებულია გეოგრაფიულ განედზე, წელიწადის დროზე, ღრუბლიანობაზე და ატმოსფეროს გამჭვირვალობაზე. მოსული რადიაციის ნაწილი აირეკლება.

ენდოგენურ, ანუ შინაგან წყაროებს მიეკუთვნება სითბო, რომელიც წარმოიქმნება გრავიტაციული ენერგიის ხარჯზე, რომელიც გამოიყოფა რადიაქტიული ელემენტების დაშლის, დედამიწის ადიაბატური შეკუმშვის და მთის ქანების რეაქციის შედეგად. ენდოგენურ სითბოს მიეკუთვნება დედამიწის „პირველყოფილი სითბო“, აგრეთვე მზის და მთვარის მიზიდულობით გამოწვეული სითბო. ჩამოთვლილი წყაროებიდან მთავარია რადიაქტიული სითბო და გრავიტაციული სითბო მჭიდროდ უკავშირდება დედამიწის განვითარების ისტორიას. რადიაქტიური სითბო გამოიყოფა რადიაქტიული ელემენტების დაშლისას.

სითბოს დანარჩენი შინაგანი წყაროები უმნიშვნელოა.

3.11. დედამიწის და ატმოსფეროს სითბური ბალანსი .

დედამიწის სითბური ბალანსი

დედამიწის სითბური ბალანსის განტოლება გამოხატავს დედამიწაზე მოსული მზის ენერგიის შენახვის და გარდაქმნის კანონს. ის გამოიყენება მნიშვნელოვანი გეოფიზიკური პროცესების შესასწავლად დედამიწის გეოსფეროებში. მაგალითად, ხმელეთის და წყლის ზედაპირის გათბობა-გაცივების, აორთქლების, გაუდაზნოების, თოვლის დნობის და ა.შ.

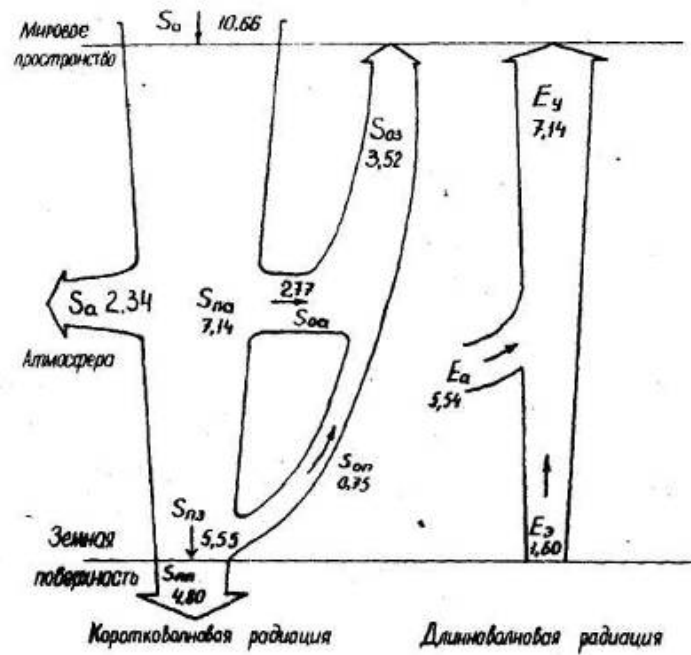
სითბური ბალანსის განტოლება შეიძლება შედგეს მთლიანად დედამიწისათვის, ატმოსფეროსათვის, დედამიწის ზედაპირისათვის და ხმელეთის თუ ოკეანის ნებისმიერი მონაკვეთისათვის. ასევე სითბური ბალანსი შეიძლება გამოითვალოს დროის ნებისმიერი ინტერვალისათვის-წელი, თვე, დღეღამე.

ყველაზე სრულად დღეისათვის გამოკვლეულია სისტემა „დედამიწა-ატმოსფეროს“ , ანუ დედამიწის, როგორც პლანეტის და დედამიწის ზედაპირის სითბური ბალანსი. მონაცემები ცალკეული ფენების, გეოსფეროების, ან მონაკვეთების შესახებ ჯერჯერობით არ არის სრული.

დედამიწის ატმოსფეროს ზედა საზღვარზე ეცემა მზის მოკლელტალლოვანი რადიაცია S_0 . დედამიწა მზიდან ღებულობს და შთანთქმავს მზის მზის მოკლელტალლოვან რადიაციას და თვითონ ხდება გამოსხივების წყარო. ატმოსფეროდან აირეკლება რადიაციის ნაწილი S_{0a} , ხოლო დედამიწის ზედაპირიდან-მეორე ნაწილი S_{0II} . ასევე აირეკლება გრძელტალლოვანი რადიაცია ატმოსფეროდან- E_a , და დედამიწის ეფექტური გამოსხივება- E_3 . ამრიგად გვექნება დედამიწის სითბური ბალანსის განტოლება გამარტივებული სახით:

$$S_0 - S_{0a} - S_{0II} - E_3 - E_a = \pm \Delta S_3 ,$$

სადაც ΔS_3 – სისტემა „დედამიწა-ატმოსფეროს“ სითბომეცველობის ცვლილებაა Δt -დროის განმავლობაში..



ნახ.3.11.1. დედამიწის სითბური ბალანსი, გეგაჯოულ/(მ² წელი)

ატმოსფეროს სითბური ბალანსი

ანალოგიური მსჯელობის საფუძველზე დედამიწის ატმოსფეროსთვის სითბური ბალანსის განტოლება ჩაიწერება შემდეგი სახით.

$$S_a - E_a + Q_T + Q_K = \pm \Delta S_a,$$

სადაც S_a – ატმოსფეროს მიერ შთანთქმული მზის მოკლევადიანი რადიაციაა, E_a – ატმოსფეროს გრძელვადიანი გამოსხივება; Q_T – ტურბულენტური სითბოცვლა დედამიწის ზედაპირსა და ატმოსფეროს შორის; Q_K – ატმოსფეროში წყლის ორთქლის კონდენსაციის შედეგად

გამოყოფილი სითბო; ΔS_a – ატმოსფეროს სითბოს მარაგის ცვლილება Δt -დროის განმავლობაში.

თეორიული გამოკვლევების თანახმად ტურბულენტური სითბოცვლა ვერტიკალური მიმართულებით აღიწერება შემდეგი განტოლებით:

$$Q_T = -\rho c_p k \frac{dt}{dz},$$

სადაც Q_T – სითბოს ნაკადია დროის ერთეულში ერთეულოვან განივკვეთში; ρ – ჰაერის სიმკვრივე; c_p – ჰაერის სითბოტევადობა მუდმივი წნევის დროს; k – ტურბულენტური ცვლის კოეფიციენტი; dt/dz – ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი. ნიშანი მინუსი მიუთითებს, რომ ნაკადი კმომართულია გამთბარი დედამიწის ზედაპირიდან ატმოსფეროსკენ.

დედამიწის ზედაპირის სითბური ბალანსი

დედამიწის ზედაპირის სითბური ბალანსის განტოლება შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით:

$$S_{\text{ПЗ}} - S_{\text{ОП}} - E_{\text{Э}} - Q_T - Q_{\text{И}} = \pm \Delta S_{\text{П}},$$

სადაც $S_{\text{ПЗ}}$ – დედამიწის ზედაპირზე მოსული მოკლეტალღოვანი რადიაცია; $S_{\text{ОП}}$ – დედამიწის ზედაპირიდან არეკვლილი რადიაცია; $E_{\text{Э}}$ – эффективное излучение; Q_T – ტურბულენტური სითბოცვლა ატმოსფეროსთან; $Q_{\text{И}}$ – აორთქლებაზე დახარჯული სითბო; $\Delta S_{\text{П}}$ – დედამიწის ზედაპირის სითბოშემცველობის ცვლილება გარკვეული Δt დროის განმავლობაში.

დედამიწის სითბური სარტყლები

დედამიწის ზედაპირზე მოსული მზის რადიაცია იყოფა შემდეგ მდგენელებად:

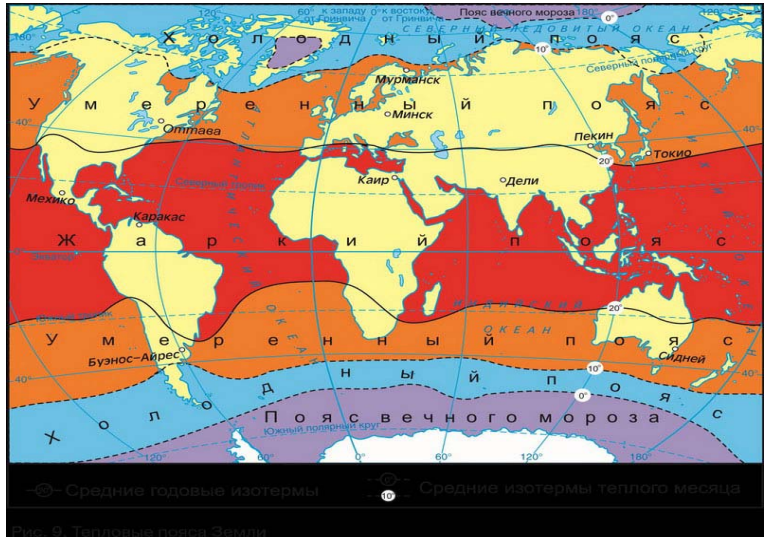
პირდაპირი რადიაცია—რადიაციის ის ნაწილი, რომელიც აღწევს მზიდან დედამიწამდე სხივთა პარალელური კონის სახით. **გაბნეული რადიაცია**—მზის პირდაპირი რადიაციის ნაწილია, რომელიც განიბნევა აირის მოლეკულებით და დედამიწაზე მოგვიანებით აღწევს. ღრუბლიან ამინში მხოლოდ გაბნეული რადიაცია მოდიდ დედამიწაზე. **მზის ჯამური რადიაცია**—წარმოადგენს დედამიწის ზედაპირზე მოსული პირდაპირი და გაბნეული რადიაციების ჯამს.

მზის რადიაცია დედამიწაზე სიცოცხლის არსებობის ერთადერთი წყაროა, ის ქმნის ამინდ და კლიმატს. გამთბარი დედამიწის ზედაპირი თავად ხდება გამოსხივების წყარო და ათბობს ატმოსფეროს, ორთქლდება ტენი და მიმდინარეობს წყლის ბრუნვა ატმოსფეროში.

მზის რადიაციის განაწილებას დედამიწის ზედაპირზე ზონალური ხასიათი აქვს. ის კლებულობს ეკვატორიდან პოლუსების მიმართულებით, მზის სხივების დედამიწაზე დაცემის კუთხის შემცირებასთან დაკავშირებით. ის დამოკიდებულია ღრუბლიანობაზე. მაგალითად, მატერიკები ოკეანეებთან შედარებით მეტ მზის ენერჯიას ღებულობენ, რადგანაც ღრუბლიანობა 15—30 %-ით ნაკლებია. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში, სადაც ჭარბობს ხმელეთი, პირდაპირი რადიაცია მეტია ვიდრე სამხრეთ ნახევარსფეროში.

დედამიწის ზედაპირზე მზის რადიაციის გადანაწილების ხასიათის გამო დედამიწაზე გამოყოფენ 7 სითბურ სარტყელს: ცხელს, ორ ზომიერს, ორ ცივს და ორ მუდმივი ყინვის.

ცხელი სარტყელი ჩრდილოეთიდან და სამხრეთიდან შუემოსაზღვრულია წლიური იზოთერმებით +20 °C. ორი ზომიერი სარტყელი ჩრდილოეთიდან და სამხრეთიდან შემოსაზღვრულია +10°C, ყველაზე თბილი თვის იზოთერმით. ჩრდილოეთის საზღვარი ემთხვევა ტყეების გავრცელების საზღვარს. ორი ცივი სარტყელი შემოსაზღვრულია 0 °C იზოთერმებით, რაც ყველაზე თბილი თვის ტემპერატურაა. მუდმივი თოვლის და ყინულის სამეფო კი გავრცელებულია ჩრდილოეთ და სამხრეთ პოლუსებზე.



ნახ.3.11.2. დედამიწის სითბური სარტყლები

ტემპერატურის განაწილება დედამიწის ზედაპირზე

ისევე, როგორც მზის რადიაცია ტემპერატურაც იცვლება ზონალურად ეკვატორიდან პოლუსებისკენ. ყველაზე თბილი პარალელია ჩ.გ.-ის 10°— მას თერმულ ეკვატორს უწოდებენ. აქ საშუალო ტემპერატურა +28 °C. ზაფხულში ის გადაადგილდება ჩ.გ.-ის 20°, ზამთარში უახლოვდება ჩ.გ.-ის 5° . ხმელეთის დიდი ნაწილი ჩრდილოეთ ნახევარსფეროშია, ამიტომაც ტერმული ეკვატორი გადაინაცვლებს ჩრდილოეთით.

ჰაერის ტემპერატურა ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ყველა პარალელზე აღემატება ტემპერატურას სამხრეთ ნახევარსფეროს შესაბამის პარალელზე. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს საშუალო ტემპერატურაა +15,2 °C, ხოლო სამხრეთ ნახევარსფეროსი— +13,2 °C. რაც იმით აიხსნება, რომ სამხრეთ ნახევარსფეროში ოკეანეს დიდი ფართობი

უკავია, და შესაბამისად მეტი სითბო იხარჯება მის აორთქლებაზე. ამის გარდა სამხრეთ ნახევარსფეროს ტემპერატურაზე დიდ გავლენას ახდენს ანტარქტიდა. საშუალო წლიური ტემპერატურა არქტიკაში 10—14 °C მეტია ვიდრე ანტარქტიკაში. ეს აიხსნება იმით, რომ ანტარქტიდა დაფარულია მყინვარული საფარით, ხოლო არქტიკის დიდი ნაწილი წარმოდგენილია ჩრდილო ყინულოვანი ოკეანეთი, სადაც სამხრეთიდან აღწევს თბილი დინებები და გამათბობელ ეფექტს ქმნიან.

ოკეანეებზე იზოთერმები ვრცელდება თანაბრად, თითქმის ემთხვევა პარალელებს. მატერიკებზე კი მრუდდებიან, რაც აიხსნება ხმელეთის და ოკეანის არათანაბარი გათბობით. ამის გარდა სანაპიროზე ტემპერატურაზე გავლენას ახდენს დინებები და გაბატონებული ქარები.

სამხრეთ ნახევარსფეროში ტემპერატურების განაწილება შედარებით თანაბარია. მაგრამ აქ არის „ცხელი წერტილები“-კალახარას უდაბნო და ცენტრალური ავსტრალია, სადაც იანვრის ტემპერატურა (ზაფხულის)+45 °C აღწევს, ხოლო ივლისის ტემპერატურა ეცემა -5 °C. სიცივის პოლუსი ანტარქტიდაა, სადაც დაფიქსირებულია -91,2 °C.

თავი 4. ელექტრობა და მაგნიტიზმი. ელექტრული მოვლენები ატმოსფეროში. იონოსფერო. დედამიწის მაგნეტიზმი.

4.1. ელექტროსტატიკა.

ელექტრული მუხტი

არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ახასიათებს ნაწილაკების, ან სხეულის თვისებას შვედნენ ელექტრომაგნიტურ ურთიერთქმედებაში. ის აღინიშნება ასოთი q ან Q .

ელექტრულ მუხტს გააჩნია შემდეგი თვისებები:

1. ის არის მატერიის სახესხვაობა.
2. არ არის დამოკიდებული ნაწილაკის მოძრაობაზე და სიჩქარეზე.
3. მუხტი გადაეცემა ერთი სხეულიდან მეორეს უშუალო კონტაქტის შედეგად.
4. პირობითად მიღებულია ელექტრული მუხტის ორი სახე-დადებითი და უარყოფითი.
5. ყველა მუხტი ერთმანეთთან ურთიერთქმედებს, ერთნიშნა მუხტები განიზიდებიან, სხვადასხვა ნიშნის მუხტები მიიზიდებიან.
6. არსებობს მინიმალური მუხტი, ელემენტარული მუხტი:

$$e = 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ კულონი} \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კულონი}$$

კულონის კანონი

წერტილოვან მუხტს უწოდებენ დამუხტულ სხეულს, რომლის ზომებიც შეგვიძლია ვუგულვებელყოთ. მრავალრიცხოვანი ცდების საფუძველზე კულონმა დაადგინა კანონი: უძრავი წერტილოვანი მუხტების ურთიერთქმედების ძალა პირდაპირპროპორციულია მუხტების მოდულების ნამრავლისა და უკუპროპორციულია მათ ვშორის მანძილის კვადრატისა:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon r^2}$$

სადაც ϵ – გარემოს დიელექტრიკული მუდმივაა, k – კოეფიციენტი, რომელიც მუდმივია:

$$k = 9 \cdot 10^9 \text{ მ/ფ.}$$

წერტილოვანი უძრავი მუხტების ურთიერთქმედების ძალები ექვემდებარება ნიუტონის მესამე კანონს, და წარმოადგენს განზიდვის თალას ერთნიშნა მუხტებისათვის და მიზიდულობის ძალას განსხვავებული ნიშნის მუხტებისათვის. უძრავი ელექტრული მუხტების ურთიერთქმედებას უწოდებენ კულონურ ან ელექტროსტატიკურ ურთიერთქმედებას, ხოლო ელექტროდინამიკის დარგს, რომელიც შეისწავლის კულონურ ურთიერთქმედებებს ელექტროსტატიკა

ელექტრული ველი და მისი დამაბულობა

თითოეული დამუტული სხეული თავის გარშემო ქმნის ელექტრულ ველს. ეს ველი გავლენას მოქმედებს სხვა დამუხტულ სხეულებზე-ეს არის ელექტრული ველის მთავარი თვისება. ამრიგად დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედება ხდება არა უშუალოდ მათი ურთიერთქმედებით, არამედ ელექტრული ველის საშუალებით. .

ელექტრულ ველს ახასიათებენ მისი დამაბულობით E .

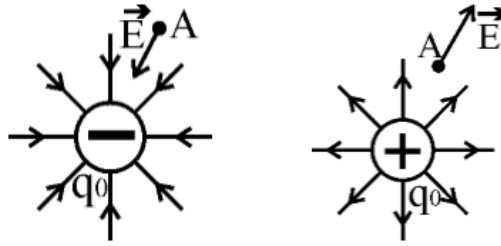
ელექტრული ველის დამაბულობა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც განისაზღვრება როგორც ურთიერთქმედების ძალის შეფარდება მუხტის სიდიდესთან:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad \vec{F} = q\vec{E}$$

ის ვექტორული სიდიდეა და მიმართულებით ემთხვევა ძალის მიმართულებას. უძრავი მუხტების ელექტრულ ველს ელექტროსტატიკური ეწოდება.

ელექტრული ველის ნათელი წარმოდგენისათვის გამოიყენებენ დენის ხაზებს.

ნახაზზე წარმოდგენილია წერტილოვანი მუხტების დენის ხაზები.



ნახ.4.1.1.წერტილოვანი მუხტების დენის ხაზები.

პოტენციალი. პოტენციალთა სხვაობა

ელექტრულ ველში ელექტრულ მუხტს გააჩნია პოტენციური ენერგია W . ამ ენერგიის შეფარდებას მუხტის სიდიდესთან უწოდებენ ელექტრული ველის პოტენციალს:

$$\varphi = \frac{W}{q}$$

პოტენციალი φ ელექტროსტატიკური ველის ენერგეტიკული მახასიათებელია, ის სკალარული სიდიდეა.

ელექტრული ძაბვა არის პოტენციალთა სხვაობა:

$$U = \Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$$

ერთგვაროვან ელექტრულ ველში არსებობს კავშირი ველის დამაბულობასა და ძაბვას შორის:

$$U = Ed \quad \Delta\varphi = E \cdot \Delta l$$

სადაც U -ძაბვაა, E -ელექტრული ველის დამაბულობა, d ან Δl – მანძილი, რომელზეც გადაადგილდება მუხტი.

ელექტრული მუხტის მუშაობა განისაზღვრება მუხტების სისტემის საწყისი და სასრული პოტენციური ენერგიების სხვაობით:

$$A = W_1 - W_2$$

4.2. დედამიწის ელექტრული ველი

დედამიწის გეოელექტრული ველი. ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროს, დედამიწის ქერქის და წიაღის ელექტროგამტარობა

ზუსტი მონაცემები დედამიწის ელექტრული ველის მახასიათებლების-ჰაერის, წყლის და მყარი ნივთიერებების ელექტრული გამტარობის შესახებ საჭიროა რიგი გეოფიზიკური ამოცანების ამოსახსნელად, კერძოდ სასარგებლო წიაღისეულის ძებნა-ძიებაში, მდინარეების და ტბების წყლის ხარისხის დადგენაში, კოროზიასთან ბრძოლაში და სხვ.

დედამიწის ელექტრული თვისებების მნიშვნელოვანი მახასიათებელია ელექტრული გამტარობა σ , ამიტომ განვიხილოთ იგი დედამიწის თითოეული გარსისათვის.

$\sigma = 1/\rho$, სადაც ρ – გარემოს კუთრი ელექტრული წინააღმდეგობაა.

ჰიდროსფერო. ბუნებრივი წყლების ელექტროგამტარობა დამოკიდებულია ხსნარის კონცენტრაციაზე, იონების ვალენტოვნებაზე, მათი მოძრაობის და ელექტროქიმიურ აქტივობაზე. სრულიად სუფთა ბუნებრივი წყლები ცუდი გამტარებია. მატერიკების და მსოფლიო ოკეანის რეალური წყლები არასდროს არის ქიმიურად სუფთა, ისინი შეიცავენ მარილს, ორგანულ ნაერთებს, აირს, მყარ ნაწილაკებს. მთავარი ნივთიერება მარილებია, ზღვის წყალი შეიცავს მარილების დიდ რაოდენობას, ის არის NaCl , MgSO_4 ხსნარი.

მარილიანობის გაზრდას ახლავს იონების ზრდა და შესაბამისად σ -ს გაზრდა. σ -ზე გავლენას ახდენს აგრეთვე ზღვის წყლის ტემპერატურა T და წნევა P, რომელთა ზრდითაც σ იზრდება.

დედამიწის ქერქი და წიაღი. იცვლება ძალიან დიდ დიაპაზონში და σ - მნიშვნელოვანი სხვაობებით ხასიათდება კრისტალებისთვის, მინერალებისთვის და მთის ქანებისთვის. მნიშვნელოვანია აგრეთვე, რომ დედამიწის ქერქის და წიაღისათვის σ დამოკიდებულია მთელ რიგ დროში და სივრცეში ცვალებად ფაქტორებზე, მათ შორის ტემპერატურაზე T, მთის ქანების მინერალურ სტრუქტურაზე, მათში მინერალიზებული ტენის, ნავთობის და აირის შემადგენლობაზე. ნოტიო მთის ქანებში ხშირად σ -რამოდენიმე რიგით მეტია, ვიდრე მშრალ ქანებში.

საერთოდ σ -ს სივრცობრივი განაწილება დედამიწის ქერქში და მანტიაში არასაკმარისადაა შესწავლილი. უფრო ნაკლებად ცნობილია დედამიწის ბირთვის ელექტროგამტარობის შესახებ. მასზე მხოლოდ ირიბი მონაცემებით მსჯელობენ.

ატმოსფერო. ატმოსფერო შეიცავს ნეიტრალურ მოლეკულებს და ატომებს, დადებით და უარყოფით იონებს, და თავისუფალ ელექტრონებს, ამიტომაც მას გააჩნია ელექტროგამტარობა. ელექტრულად დამუხტული ნაწილაკების მთავარი გამაღიზიანებლები, ანუ ატმოსფეროს მთავარი იონიზატორებია კოსმოსური სხივები, მზის და დედამიწის რადიაცია. კოსმოსური სხივების 90% პროტონებისგან შედგება, 7% ჰელიუმის ბირთვებია და დანარჩენ ელემენტებზე მოდის 3%. კოსმოსური სხივების ნაწილაკებს უზარმაზარი ენერგია გააჩნია. ატმოსფეროს ატომებთან ურთიერთქმედების დროს ისინი წარმოქმნიან ელექტრონების ძლიერ ნაკადს, რომლებიც აღწევენ დედამიწის ზედაპირზე და აღწევენ დედამიწის ქერქის შიგნით.

მზის რადიაცია აგრეთვე ახდენს ატმოსფეროს იონიზაციას, ხოლო დედამიწის რადიაცია ახდენს ატმოსფეროს იონიზაციას უშუალოდ

დედამიწის ზედაპორთან ახლოს. ეს ხდება ძირითადად დედამიწის ქერქიდან მთის ქანების მძიმე ელემენტების რადიაქტიული დაშლის პროდუქტების გაჟონვის. ასე წარმოქმნილი იონები შემდეგ ტურბულენტური ცვლის შედეგად გადაიტანება 4-5 კმ სიმაღლეზე. ოკეანეების და ზღვების ზედაპირზე მათი კონცენტრაცია გაცილებით ნაკლებია, ზღვის წყალში რადიაქტიულ ნივთიერებათა სიმცირის გამო.

ატმოსფეროში იონები წარმოიქმნება აგრეთვე მისი დაბინძურებით ატომური მრეწველობის პროდუქტებით, ბირთვული იარაღის გამოცდებით, ვარსკვლავების, მეტეორების გამოსხივებით..

ატმოსფეროში იონიზაციასთან ერთად მიმდინარეობს მისი შებრუნებული პროცესი-ელექტრონების და იონების რეკომბინაცია.

იონოსფერო. იონიზაციის თვალსაზრისით ატმოსფეროში გამოყოფენ 4 ფენას: D, E, F₁ и F₂. თავდაპირვრლად იონოცფერული ფენები აღმოჩენილ იქნა ექსპერიმენტებში რადიოტალღების გავრცელებასთან დაკავშირებით. გავრცელებული მოკლეთალღოვანი დიაპაზონის რადიოტალღები უკან ბრუნდებოდნენ დედამიწაზე, ისინი აირეკლებოდნენ ზედა ატმოსფეროში რაღაც ელექტრული ეკრანით და უბრუნდებოდნენ დედამიწას. დადგინდა, რომ ამ ეკრანს წარმოადგენს ელექტრონების ფენა. ეს ფენა მდებარეობს დედამიწის ზედაპირიდან 300კმ სიმაღლეზე. მისი სიმაღლე იცვლება განედის, წელიწადის დროის, დღეღამის და სხვა ფაქტორების მიხედვით, მას F ფენა ეწოდა. 100კმ სიმაღლეზე აღმოჩენილ იქნა კიდევ ერთი ფენა E, ის ემსგავსება გიგანტურ სარკეს, საიდანაც აირეკლება რადიოტალღები. შემდეგ დადგინდა, რომ E ფენის ქვემოთ ასევე არსებობენ თავისუფალი ელექტრონები, შედარებით ნაკლები რაოდენობით. ამ ფენას უწოდეს D ფენა. ისი თავისებურებაა, რომ მასში ულტრამოკლე დიაპაზონის რადიოტალღები შთაინთქმევა.

იონოსფერო საშუალებას იძლევა შევქმნათ გეოფიზიკური იარაღი. მაგალითად ამერიკის შეერთებულ შტატებს ალიასკაზე და ნორვეგიაში გააჩნია ანტენების მთელი ველი, მაღალსიხშირიანი

ელექტრომაგნიტური ზემოქმედებისათვის ატმოსფეროზე, რომელთაც უნარი აქვთ გამოიწვიოს ქარიშხლები განმუხტვები და ა.შ.

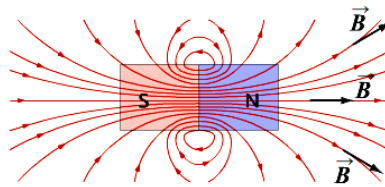
4.3. ელექტრომაგნიტიზმი.

მაგნიტური ველი და მაგნიტური ინდუქცია

ჯერ კიდევ VI ჩვენს წელთაღრიცხვამდე ჩინეთში ცნობილი იყო, რომ ზოგიერთ მადანს გააჩნია თვისება მიიზიდონ ერთმანეთს, ან მიიზიდონ რკინა. ასეთი მადნის ნაჭრები აღმოჩენილ იქნა მცირე აზიაში ქალაქ მაგნესიის მახლობლად, ამიტომ მათ უწოდეს.

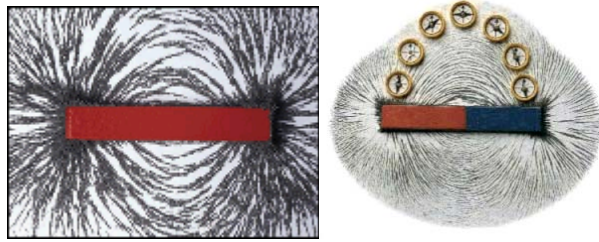
მაგნიტის გარშემო არსებობს მატერიის ფორმა, მას მაგნიტურ ველს უწოდებენ. მაგნიტის გარკვეულ ადგილებს მაქსიმალური მიზიდულობის ძალა გააჩნია, მათ პოლუსებს უწოდებენ (ჩრდილოეთის და სამხრეთის). სხვადასხვა დასახელების პოლუსები მიიზიდებიან, ხოლო ერთი დასახელების პოლუსები განიზიდებიან.

მაგნიტური ველის დასახასიათებლად იყენებენ მაგნიტური ველის ინდუქციას \mathbf{B} . მაგნიტურ ველს გრაფიკულად გამოსახავენ დენის ხაზებით-მაგნიტური ინდუქციის ხაზებით. ეს ხაზები შეკრულია, არ გააჩნია არც დასაწყისი, არც დასასრული. ადგილს საიდანაც გამოდიან მაგნიტური ხაზები ჩრდილოეთის პოლუსი ეწოდება, ხოლო იმ ადგილს სადაც ისინი შეიჭრებიან-სამხრეთი პოლუსი ეწოდება. მაგნიტისათვის ეს ნაჩვენებია ქვემოთ ნახაზზე 4.3.1.



ნახ.4.3.1. ინდუქციის ხაზები

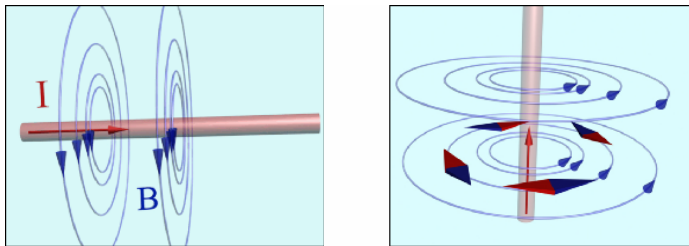
შესაძლებელია მაგნიტური ველი გავხადოთ ხილვადი რკინის წვრილი ფილების საშუალებით. ეს ნაჩვენებია ქვემოთ ნახაზზე 4.3.2.



ნახ.4.3.2.

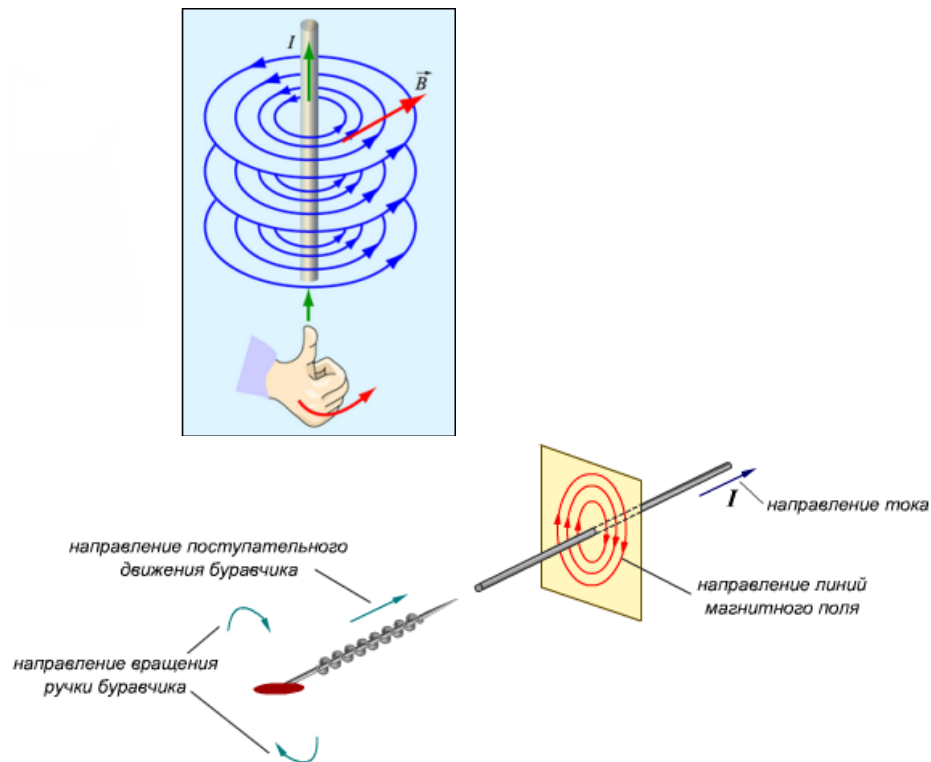
ცნობილმა ფიზიკოსებმა ერსტედმა და ამპერმა 1820 დაადგინეს, რომ მაგნიტური ველი არსებობს არა მხოლოდ მაგნიტის გარშემო, არამედ ნებისმიერი გამტარის გარშემო რომელშიც გადის დენი. ნებისმიერი გამტარი, გნებავთ ნათურის მავთული, რომელშიც გადის ელექტრული დენი, არის მაგნიტი. ნებისმიერი მავთული რომელშიც გაივლის ელექტრული დენი არის მაგნიტი. ასეთი გამტარი მავთული ურთიერთქმედებს მაგნიტთან, ამაში დავრწმუნდებით ტუ მას მივუახლოვებთ კომპასს. ასევე ურთიერთქმედებს ერთმანეთთან ორი დენის გამტარი.

მაგნიტური ველის დენის ხაზები წარმოადგენენ წრწახაზებს ამ გამტარის გარშემო (იხ. ნახ)..



ნახ. მაგნიტური ველის დენის ხაზები

მაგნიტური ველის ინდუქციის ვექტორის მიმართულება განისაზღვრება მარჯვენა ხელის, ან ბურღის წესით როგორც ეს ნაჩვენებია ნახაზზე 4.3.3.



ნახ. 4.3.3. ინდუქციის ვექტორის მიმართულების განსაზღვრა მარჯვენა ხელის, ან ბურღის წესით

მაგნიტური ინდუქციის ვექტორი განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$\vec{B} = \frac{\vec{F}}{Il}$$

სადაც B -ინდუქციის ვექტორია; F -მაგნიტური ველის ძალაა; I -დენის ძალა გამტარში; L -გამტარის სიგრძე.

მაგნიტური ინდუქციის ვექტორზე ვრცელდება სუპერპოზიციის პრინციპი, რომლის თანახმადაც თუ სივრცის რომელიმე წერტილში იქმნება ველის რამოდენიმე წყაროს მიერ, მაშინ მაგნიტური ინდუქცია არის თითოეული მათგანის ვექტორული ჯამი:

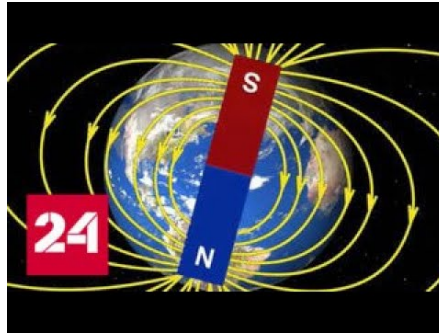
$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n$$

4.4. დედამიწის და ატმოსფეროს მაგნიტური ველი.

დედამიწის მაგნიტური ველი

მზის სისტემის პლანეტების უმრავლესობას გააჩნია საკუთარი მაგნიტური ველი. მათშორის პირველებია იუპიტერი და სატურნი, შემდეგ მოდის დედამიწა, მერკური და მარსი. დედამიწის მაგნიტური ველის ცენტრი გადახრილია დედამიწის ცენტრისგან ჩ.გ. 18° და ა.გ. $147,8^\circ$. მისი ღერძი დახრილია დედამიწიღერძის მიმართ $11,5^\circ$ -ით. ამავე კუთხითაა დაშორებული მაგნიტური პოლუსები შესაბამისი გეოგრაფიული პოლუსებიდან. ამასთან სამხრეთის გეომაგნიტური პოლუსი ჩრდილოეთ ნახევარსფეროშია (იხ.ნახ.), ამჟამად ის მდებარეობს ჩრდილოეთის გეოგრაფიულ პოლუსთან ახლოს, ჩრდილოეთ გრენლანდიაში, მისი კორდინატებია $\varphi = 78,6 + 0,04^\circ T$ ჩ.გ., $\lambda = 70,1 + 0,07^\circ T$ დ.გ., სადაც T – ათწლეულების რიცხვია დაწყებული 1970 წლიდან. ჩრდილოეთის მაგნიტური კორდინატებია $\varphi = 75^\circ$ ს.გ., $\lambda = 120,4^\circ$ ა.გ. (ანტარქტიდაში). დედამიწის მაგნიტური ველი არ არის სიმეტრიული. მზიდან წამოსული პლაზმის ნაკადის, ანუ მზის ქარის, მოქმედებით დედამიწის მაგნიტური ველი მახინჯდება დი იქნეს მარყუჟის ფორმას მზის საწინააღმდეგოდ, და ვრცელდება ასეულობით ათას კილომეტრებამდე.

დედამიწის გეომაგნიტური ველის შესწავლით დაკავებულია გეოფიზიკის სპეციალური დარგი-გეომაგნეტიზმი.



ნახ.4.4.4. დედამიწის მაგნიტური პოლუსები

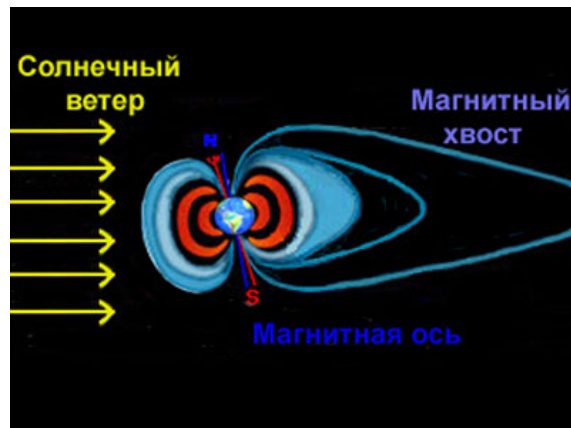
დედამიწის მაგნიტური ველი შეიძლება დავყოთ სამ ნაწილად :

1. დედამიწის ძირითადი მაგნიტური ველი, რომელიც განიცდის მცირე ცვლილებებს დროში (საუკუნეობრივ ვარიაციებს) 10 დან 10 000 წლამდე პერიოდით.
2. მსოფლიო ანომალიები – ეკვივალენტური ველიდან 20% -ით გადახრა. ანომალიების მაგალითებია: ბრაზილიის, კანადის, ციმბირის, კურსკის. საუკუნოვანი ვარიაციების განმავლობაში მსოფლიო ანომალიები წანაცვლდებიან, იშლებიან და ახლიდან წარმოიქმნებიან. .
3. ლოკალური ოლქების მაგნიტური ველები, ვრცელდება ერთეულიდან რამოდენიმე ასეულ კილომეტრებით. ისინი განპირობებულია მთის ქანების დამაგნიტებით დედამიწის ზედა ფენაში .

დედამიწის ატმოსფეროს მაგნიტური ველის სტრუქტურა. მაგნიტოსფერო

დედამიწის მაგნიტური ველი იმყოფება მზის პლაზმის დამაგნიტებული ნალადის გავლენის ქვეშ. ამ ზემოქმედების შედეგად წარმოიქმნება დედამიწის ახლობელი მაგნიტური ველის გარე საზღვარი-მაგნიტოპაუზა. ის შემოსაზღვრავს დედამიწის მაგნიტოსფეროს. მზის კორპუსკულარული ნაკადების გამო მაგნიტოსფეროს ფორმა და ზომები იცვლება და წარმოიქმნება ცვლადი მაგნიტური ველი, რომელიც განისაზღვრება გარე წყაროებით. ეს ცვლებადობა უკავშირდება ისეთ სისტემებს, რომლებიც ვითარდება სხვადასხვა სიმაღლეებზე იონოსფეროს ქვედა ფენებიდან მაგნიტოპაუზამდე. დედამიწის მაგნიტური ველის ცვლილებებს, გამოწვეულს სხვადასხვა მიზეზებით გეომაგნიტურ ვარიაციებს უწოდებენ. ისინი განსხვავდებიან როგორც ხანგრძლივობით, ისე ლოკალიზაციით დედამიწაზე და ატმოსფეროში.

მაგნიტოსფერო არის დედამიწის მახლობელი კოსმოსური სივრცის ნაწილი, რომელიც კონტროლირდება დედამიწის მაგნიტური ველის მიერ. მაგნიტოსფეროს ფორმა ნაჩვენებია ნახაზზე 4.4.5, მას წაგრძელებული კუდი აქვს.



ნახ.4.4.5. მაგნიტოსფერო

მაგნიტოსფეროს კუდი წარმოქმნილია დედამიწის მაგნიტური ველის დენის ხაზებით, რომლებიც გამოდის პოლარული ოლქებიდან და მზის ქარის გავლენით ვრცელდება მზის საწინააღმდეგო მიმართულებით. მაგნიტოსფეროს კუდში დედამიწიდან მნიშვნელოვნად დაშორებით დედამიწის მაგნიტური ველის დამაბულობა, შესაბამისად მისი დამცავი თვისებები სუსტდება და მზის პლაზმის ზოგიერთი ნაწილაკი ახერხებს აღმოჩნდეს მაგნიტოსფეროში. სწორედ მაგნიტოსფეროს კუდი არის ის ადგილი სადაც ხდება ამ ნაწილაკებისგან ისეთი ნაკადების ფორმირება, რაც იწვევს პოლარულ ნათებას.

დედამიწის მაგნიტური ველის ლოკალური მახასიათებლები იცვლება და ირხევა რამოდენიმე საათის განმავლობაში, შემდეგ ჩაწყნარდება და აღდგება საწყის დონემდე. ამ მოვლენას მაგნიტური ქარიშხალი ეწოდება. მაგნიტური ქარიშხალი ხშირად იწყება უეცრად ერთდროულად მთელ დედამიწაზე.

დედამიწის მაგნიტური ველის ვარიაციები

დედამიწის მაგნიტური ველს ცვლილებას დროში სხვადასხვა ფაქტორების გავლენით გეომაგნიტური ვარიაციები ეწოდება. სხვაობას დედამიწის მაგნიტური ველის დამაბულობის გაზომის სიდიდესა და მის საშუალო დამახასიათებელ მნიშვნელობას შორის გარკვეული დროის მონაკვეთისათვის (მაგალითად თვე, წელი) გეომაგნიტურ ვარიაციას უწოდებენ. დაკვირვებები გვიჩვენებს, რომ გეომაგნიტური ვარიაციები განუწყვეტლივ იცვლება დროში, და ასეთი ცვლილებები ხშირად პერიოდულ ხასიათს ატარებს.

დღეღამური ვარიაციები. ისინი წარმოიქმნება რეგულარულად ძირითადად დედამიწის იონოსფეროში არსებული დენების ხარჯზე, რაც წარმოიქმნება მზის მიერ დედამიწის იონოსფეროს განათების ცვალებადობით დღეღამის განმავლობაში..

არარეგულარული ვარიაციები. წარმოიქმნება მზის პლაზმის ნაკადის ანუ მზის ქარის დედამიწის მაგნიტოსფეროზე და აგრეთვე იონოსფეროსზე ზემოქმედების შედეგად.

27-დღიანი ვარიაციები. ეს ვარიაციები გამოხატავს მზის ბრუნვის 27 დღიან პერიოდს დედამიწიდან მამკვირვებლისთვის. ეს კანონზომიერება დაკავშირებულია მზეზე არსებული აქტიურ ოლქებთან და ვლინდება მაგნიტური აქტივობის და მაგნიტური ქარიშხლების 27-დღიანი განმეორადობის სახით.

სეზონური ვარიაციები. მაგნიტური აქტივობა იცვლება სეზონების მიხედვით. დადგენილია, რომ მისი მიზეზი მზეზე წარმოქმნილი აქტიური ოლქებია, რომელთა ცვლილებას სეზონური ხასიათი აქვს. .

11-წლიანი ვარიაციები. ეს უკავშირდება მზის აქტივობის 11-წლიან ციკლს. დადგინდა, რომ მზის მაქსიმალური აქტივობის პერიოდში მაგნიტური აქტივობაც მაქსიმუმს აღწევს, იმ განსხვავებით, რომ რამდენადმე ჩამორჩება მას. საშუალოდ ას ჩამორჩენა შეადგენს ერთ წელიწადს.

საუკუნოვანი ვარიაციები – ეს ვარიაციები შინაგანი წარმოშობისაა და დაკავშირებულია დედამიწის ბირთვში არსებულ წყაროებთან.

დედამიწის რადიაციული სარტყლები და კოსმოსური სხივები

დედამიწის რადიაციული სარტყლები -დედამიწის მახლობელი კოსმოსური სივრცის ორი ოლქია (უბანი) რომლებიც ჩაკეთილი მაგნიტური ხაფანგების მსგავსად აკრავს დედამიწას (იხ. ნახ).



ნახ.4.4.6.

მასში თავმოყრილია მედამიწის მაგნიტური ველის მიერ მიტაცებული პროტონების და ელექტრონების უზარმაზარი ნაკადი. დედამიწის მაგნიტური ველი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ელექტრულად დამუხტულ ნაწილაკებზე, რომლებიც მოძრაობენ დედამიწის მახლობელ კოსმოსურ სივრცეში. არის ამ ნაწილაკების წარმოქმნის ორი მთავარი წყარო: კოსმოსური სხივები და კორპუსკულარული ნაკადები. პირველი მათგანი წარმოადგენს სხვა გალაქტიკებიდან თითქმის სინათლის სიჩქარით შემოჭრილი ენერგიულ ელექტრონებს, მძიმე ელემენტების პროტონებს და ბირთვს. მეორე- მზის მიერ გამოტყორცნილი ნაკლებად ენერგიული ნაწილაკებია. მაგნიტურ ველში ელექტრული ნაწილაკები მოძრაობენ სპირალზე, ნაწილაკის ტრაექტორია ქმნის ცილინდრს, რომლის ღერძზეც გადის დენის ხაზები. ამ წარმოსახვითი ცილინდრის რადიუსი დამუკიდებულია ველის დამაბულობისა ნაწილაკის ენერგიაზე. რაც მეტია ნაწილაკის ენერგია, მოცემული დამაბულობის პირობებში, მით მეტია რადიუსი. თუ ცილინდრის რადიუსი მნიშვნელოვნად ნაკლებია დედამიწის რადიუსზე, მაშინ ნაწილაკი ვერ აღწევს დედამიწამდე და მიიტაცება დედამიწის მაგნიტური ველის მიერ. თუკი ცილინდრის რადიუსი ბევრად აღემატება დედამიწის რადიუსს, მაშინ ნაწილაკი ისე მოძრაობს, თითქოს არ არსებობდეს მაგნიტური ველი. ასეთი ნაწილაკები შემოიჭრება ატმოსფეროში და ატომებთან შეჯახებისას იწვევს ბირთვულ გარდაქმნებს, რაც იძლევა მეორადი კოსმოსური

სხივების გარკვეულ რაოდენობას. ეს მეორადი კოსმოსური სხივები რეგისტრირდება დედამიწის ზედაპირზე. ამ მეორადი და აგრეთვე პირველადი კოსმოსური სხივების გამოსაკვლევად იყენებენ აპარატურას, რომელსაც ამაგრებენ ხელოვნურ თანამგზავრებზე და რაკეტებზე. კვლევების შედეგად გადგინდა, რომ ენერგიული ნაწილაკების დაახლოებით 99%, რომელის სძლევს დედამიწის მაგნიტურ ეკრანს გალაქტიკური წარმოშობის კოსმოსური სხივებია და მხოლოდ 1% წარმოიქმნება მზეზე.

თავი 5. ოპტიკა. ატმოსფეროს ოპტიკური მოვლენები.

5.1. გეომეტრიული ოპტიკა

სინათლის სიჩქარე

სინათლის სიჩქარე ფიზიკის ერთერთი მნიშვნელოვანი კონსტანტაა, ია ელექტრომაგნიტური ტალღაა. პირველად სინათლის სიჩქარეს შეფასება მისცა დანიელმა ასტრონომმა ოლაფ რემერმა 1676 წელს. მაგრამ პირველმა ა.ეინშტეინმა დაადგინა, რომ სწორედ სინათლეა, რომელიც სიჩქარის ზედა ზღვარს ქმნის მთელ სამყაროში, თითქმის 300 000 კმ წამში სეადგენს.

სინათლის სიჩქარე არის ზღვარი რომლითაც შეუძლია იმოდროს მატერიალურ ობიექტს სივრცეში. იდეალურ ვაკუუმში სინათლის ნაწილაკი, ფოტონი, მოძრაობს 299 792 კილომეტრით წამში, ამუ დაახლოებით 1,079 მილიარდი კილომეტრით საათში.

სინათლის გავრცელების ძირითადი კანონები

სინათლის გავრცელების ძირითადი კანონები, ანუ გეომეტრიული ოპტიკის ძირითადი კანონები ცნობილი იყო ჯერ კიდევ სინათლის ფიზიკური ბუნების დადგენამდე.

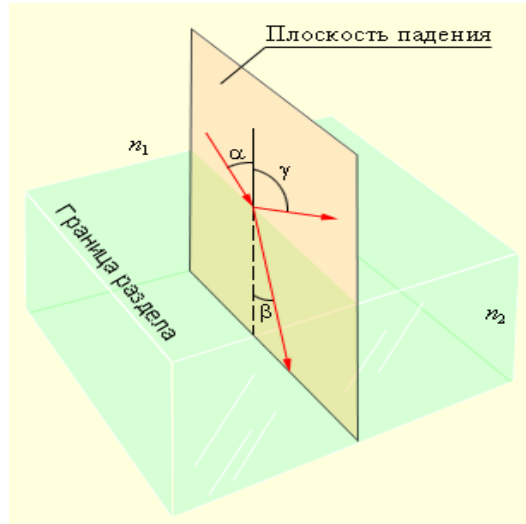
სინათლის სწორხაზოვანი გავრცელების კანონი: ოპტიკურად ერთგვაროვან გარემოში სინათლე ვრცელდება სწორხაზოვნად. ამ

კანონის დამადასტურებელი უამრავი მაგალითი არსებობს ბუნებაში. ორი გამჭვირვალე გარემოს საზღვარზე სინათლე შეიძლება ნაწილობრივ აირეკლოს, ხოლოარეკვლის შემდეგ დანარჩენი სინათლის სხივი ვრცელდება მეორე გარემოში.

სინათლის არეკვლის კანონი: დაცემული და არეკვლილი სხივები, აგრეთვე ორი გარემოს გამყოფ საზღვარზე სხივის დაცემის წერტილში გავლებული მართობი ერთ სიბრტყეში მდებარეობენ. არეკვლის კუთხე γ უდრის დაცემის კუთხეს α . (იხ.ნახ.)

სინათლის გარდატეხის კანონი: დაცემული და გარდატეხილი სხივები, აგრეთვე ორი გარემოს გამყოფ საზღვარზე სხივის დაცემის წერტილში გავლებული მართობი ერთ სიბრტყეში მდებარეობენ. დაცემის კუთხის α სინუსის შეფარდება არეკვლილი β კუთხის სინუსთან არის მუდმივი სიდიდე ორი მოცემული გარემოსათვის:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$$



ნახ.5.1.1. სინათლის არეკვლის და გარდატეხვის კანონები

მუდმივ სიდიდეს n უწოდებენ მეორე გარემოს გარდატეხის შეფარდებით მაჩვენებელს პირველ გარემოსთან შედარებით. გარემოს გარდატეხის მაჩვენებელს ვაკუუმთან შედარებით უწოდებენ გარდატეხის აბსოლუტურ მაჩვენებელს.

ორი გარემოს გარდატეხის შეფარდებითი მაჩვენებელი უდრის მათი გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებლების შეფარდებას:

$$n = n_2 / n_1.$$

არეკვლის და გარდატეხვის კანონები აიხსნება ტალღური ფიზიკიდან გამომდინარე, რადგანაც სინათლე ელექტრომაგნიტური ტალღაა. ტალღური წარმოდგენების თანახმად, სინათლის გარდატეხვა არის ერთი გარემოდან მეორეში გადასვლისას ტალღის გავრცელების სიჩქარის შეცვლის შედეგი. გარდატეხვის მაჩვენებლის ფიზიკური არსია, ის რომ წარმოადგენს ამ გარემოებში ტალღის გავრცელების სიჩქარეების შეფარდებას:

$$n = \frac{v_1}{v_2}.$$

გარდატეხვის აბსოლუტური მაჩვენებელი უდრის სინათლის სიჩქარის შეფარდებას ვაკუუმში c სინათლის სიჩქარესთან გარემოში v :

$$n = \frac{c}{v}.$$

გარემოს ნაკლები გარდატეხვის აბსოლუტური მაჩვენებლით ოპტიკურად ნაკლებად მკვრივი ეწოდება.

სინათლის სხივის ოპტიკურად უფრო მკვრივი გარემოდან ნაკლებად მკვრივ გარემოში $n_2 < n_1$ (მაგალითად მინიდან ჰაერში) შესაძლოა დავაკვირდეთ სრული არეკვლის მოვლენას, ანუ გარდატეხილი სხივის გაქრობას. ეს მოვლენა აღინიშნება იმ შემთხვევაში თუ სხივის დაცემის კუთხე აღემატება რაღაც კრიტიკულ კუთხეს: $\alpha_{კრ}$,

ამ კუთხისათვის $\alpha = \alpha_{კრ}$, $\sin \beta = 1$; ხოლო $\sin \alpha_{კრ} = n_2 / n_1 < 1$.

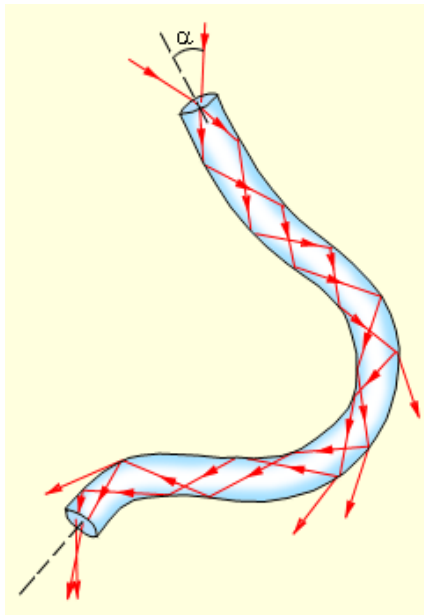
თუ მეორე გარემო იქნება ჰაერი ($n_2 \approx 1$), მაშინ ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$\sin \alpha_{np} = 1 / n,$$

სადაც $n = n_1 > 1$ –პირველი გარემოს გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებელია.

მინა-ჰაერის საზღვრისათვის ($n = 1,5$) კრიტიკული კუთხე უდრის $\alpha_{კრ} = 42^\circ$, წყალი-ჰაერისათვის ($n = 1,33$) $\alpha_{კრ} = 48,7^\circ$.

სრული შინაგანი არეკვლის მოვლენა გამოიყენება ბევრ ოპტიკურ ხელსაწყოებში. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ბოჭკოვანი სინათლის გამტარების წარმოებაში, რომლებიც წარმოადგენენ წვრილ დაკლაკნის ძაფს ოპტიკურად გამჭვირვალე მასალისგან (მინა, კვარცი). სინათლე, რომელიც ეცემა სინათლის გამტარის შესასვლელს მასში ვრცელდება დიდ მანძილზე გვერდითი ზედაპირებიდან სრული შინაგანი არეკვლის ხარჯზე (იხ. ნახ.5.1.2). ძლიერი გაღუნვის ადგილებში სრული შინაგანი არეკვლის კანონი ირღვევა და სინათლე ნაწილობრივ გამოდის ბოჭკოს გვერდითი ზედაპირიდან.



ნახ. 5.1.2. სინათლის გავრცელება ბოჭკოვან სინათლის გამტარში

სპექტრალური ანალიზი

ელექტრომაგნიტური გამოსხივების დაშლას ტალღების სიგრძეების მიხედვით სპექტროსკოპიას უწოდებენ. სპექტროსკოპიის ძირითადი ამოცანა სპექტრალური ანალიზია, რაც აგრეთვე ასტრონომიული ობიექტების კვლევის ძირითადი მეთოდია. არსებული სპექტრები სამ კლასად იყოფა:

- ხაზოვანი გამოსხივების სპექტრი. გამთბარი გაიშვიათებული აირი გამოყოფს ნათელ ემისიის ხაზებს;
- უწყვეტი სპექტრი. ასეთ სპექტრს იძლევიან მყარი სხეულები, სითხეები ან მკვრივი გაუმჭირვალე აირი გამთბარ მდგომარეობაში.

- შთანთქმის ხაზოვანი სპექტრი. უწყვეტი სპექტრის ფონზე აღინიშნება შთანთქმის მუქი ხაზები. შთანთქმის ხაზები წარმოიქმნება მაშინ, როდესაც ცხელი სხეულიდან გამოსხივება გაივლის შედარებით ცივ გაიშვიათებულ გარემოში.

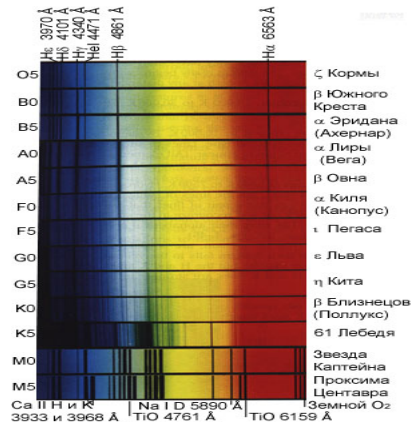
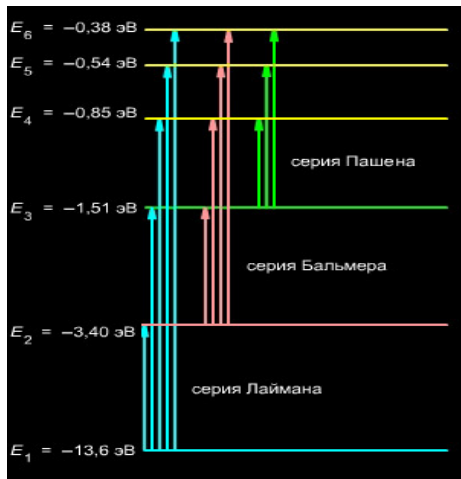
სპექტრებს შესწავლა იძლევა ინფორმაციას ასტრონომიული ობიექტების ტემპერატურის, სიჩქარის, წნევის, ქიმიური შემადგენლობის და სხვა მნიშვნელოვანი თვისებების შესახებ.

სპექტრალური ანალიზის ისტორია იწყება 1802 წლიდან და უკავშირდება ინგლისელ ასტრონომს ვოლასტონს, რომელიც აკვირდებოდა მზის სპექტრს და აღმოაჩინა შთანთქმის მუქი ხაზები. მან ვერ ახსნა ეს მოვლენა და თავის აღმოჩენას არავითარი მნიშვნელობა არ მიანიჭა.

1814 წელს გერმანელმა ფიზიკოსმა ფრაუნგოფერმა ახლიდან აღმოაჩინა მზის სპექტრში შთანთქმის მუქი ხაზები და შეძლო ამ მოვლენის ახსნა. მას შემდეგ უწოდებენ ფრაუნგოფერის

1868 წელს მზის სპექტრში აღმოაჩინეს უცნობი ელემენტის ხაზები, და უწოდეს ჰელიუმი, რაც ბერძნულად ნიშნავს მზეს. 27 წლის შემდეგ ამ აირის მცირე რაოდენობა აღმოაჩინეს დედამიწის ატმოსფეროში. დღეს ცნობილია, რომ ჰელიუმი მეორე ელემენტია თავისი გავრცელებით თვალსაზრისით მთელ 1918–1924 წლებში გამოქვეყნდა ჰენრი დრეპერის კატალოგი, რომელიც შეიცავდა содержащий 225 330 ვარსკვლავის სპექტრის კლასიფიკაციას.

უმრავლეს ასტრონომიული ობიექტის სპექტრში დაიკვირვება წყალბადის ხაზები. მზის ტიპის ვარსკვლავებში აღინიშნება აგრეთვე ნატრიუმის, კალციუმის და სხვა ხაზები.



ნახ. 5.1.3. სპექტრების მაგალითი

მზის სპექტრი

მზის სპექტრი უწყვეტია, მასში დაიკვირვება მრავალი მუქი ხაზი, რასაც ფრაუნგოფერის ხაზებს უწოდებენ. ეს ხაზები მზის სპექტრში წარმოიშვება სინათლის კვანტების შთანთქმის შედეგად მზის ატმოსფეროს შედარებით ცივ ფენებში.

მზის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სპექტრი ხილვად და ინფრაწითელ მიდამოში ახლოსაა აბსოლუტურად შავი სხეულის გამოსხივების სპექტრთან ტემპერატურით 6000 K. აბსოლუტურად შავი სხეული არის ფიზიკური სხეული, რომელიც ნებისმიერი ტემპერატურის დროს შთანთქავს მასზე დაცემულ მთელ ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას ყველა დიაპაზონში. ტემპერატურა 6000 K შეესაბამება მზის ხილვად ზედაპირს, ანუ ფოტოსფეროს. მზის სპექტრის ხილვად ნაწილში განსაკუთრებით ინტენსიურია ხაზები H и K იონიზებული კალციუმი, წყალბადის სხვადასხვა სერიები H_γ.

ენერგიის დაახლოებით 9 % მზის სპექტრში მოდის ულტრაიისფერ გამოსხივებაზე, დანარჩენი ენერგია იყოფა დაახლოებით თანაბრად სპექტრის ხილვად და ინფრაწითელ უბნებს შორის.

მზე რადიოგამოსხივების მძლავრი წყაროა. საპლანეტათაშორის სივრცეში აღწევენ რადიოტალღები, რომელსაც გამოსხივებს ქრომოსფერო (სანტიმეტრული ტალღები) და მზის გვირგვინი (დეციმეტრული და მზის რადიოგამოსხივებას გააჩნია ორი მდგენელი-მუდმივი და ცვლადი. მუდმივი მდგენელი ახასიათებს წყნარი მზის გამოსხივებას. მზის გვირგვინი ასხივებს რადიოტალღებს, როგორც აბსოლუტურად შავი სხეული ტემპერატურით $T = 10^6$ K. მზის გამოსხივების ცვლადი მდგენელი ვლინდება ხმაურთან ქარიშხლის ფორმით, რაც გრძელდება რამოდენიმე საათიდან რამოდენიმე დღით. მზის ძლიერი აფეთქებიდან 10 წუთის შემდეგ მზის რადიოგამოსხივებს იზრდება ათასჯერ და მილიონჯერ წყნარი მზის რადიოგამოსხივებასთან შედარებით. ეს მდგომარეობა გრძელდება რამოდენიმე საათიდან რამოდენიმე დღემდე. ამ რადიოგამოსხივებას არ გააჩნია სითბური ბუნება.

რენტგენის სხივები

რენტგენი გამოსხივება აღმოჩენილ იქნა ვილჰელმ რენტგენის მიერ 1895 წლის 8 ნოემბერს. კატოდური სხივების ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას მან შენიშნა, რომ პლატინის სინერგიული ბარიუმით დაფარული მუყაო იწყებდა ნათებას. რამოდენიმე კვირის განმავლობაში მან დეტალურად შეისწავლა ახალი აღმოჩენილი გამოსხივება და უწოდა მას X-სხივები ("იქს-სხივები"). იმავე წლის 22 დეკემბერს რენტგენმა საჯაროდ განაცხადა მის მიერ აღმოჩენილი სხივების შესახებ.

რენტგენის სხივები ჩვეულებრივი სინათლის ზემდღავრი ფორმაა, ეს არის ტალღები, რომლებიც მოძრაობენ სინათლის სიჩქარით და აქვთ ძალიან მაღალი ენერგია. რენტგენის გამოსხივების ტალღის სიგრძე ათასჯერ მოკლეა ჩვეულებრივი სინათლის ტალღის სიგრძეზე. ეს იმას ნიშნავს, რომ მათი სიხშირე შესაბამისად მაღალია.

ელექტრომაგნიტური ტალღების ენერგია პირდაპირ კავშირშია ამ ტალღების სიხშირესთან. რენტგენის სხივები, მაღალი სიხშირის ტალღებია, ძალიან ენერგიული და ამიტომაც უფრო გამჭირავი, ვიდრე ჩვეულებრივი სინათლის ტალღა. თავისი ენერგიული ბუნების ხარჯზე რენტგენის სხივებს შეუძლია იმოგზაურონ გაცილებით ღრმად, ვიდრე ჩვეულებრივ სხივს. სწორედ ამ თვისებამ შესძინა რენტგენის სხივებს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა, განსაკუთრებით მედიცინის სფეროში.

სინათლის ინტერფერენცია

განვიხილოთ ორი ტალღა (იხ.ნახ.5.1.4). თუ ისინი ერთმანეთს ედება და ერთნაირი ფაზა გააჩნია, მაშინ ისინი ერთდებიან ერთ ტალღად უფრო დიდი ამპლიტუდით.



ნახ.5.1.4. ტალღების შეკრება 1

თუკი ტალღები ირხევა საწინააღმდეგო ფაზებში, მაშინ მიმდინარეობს მათი ცაქრობა, და შედეგად ტალღა გაუტოლდება ნულს (ნახ.5.1.5).



ნახ.5.1.5. ტალღების შეკრება 2

ამ მოვლენას ეწოდება ინტერფერენცია. ტალღების ინტერფერენცია ეწოდება მოვლენას, რომელიც წარმოიქმნება ორი ტალღის შეკრებისას, რის შედეგადაც აღინიშნება რხევების გაძლიერება ან დასუსტება.

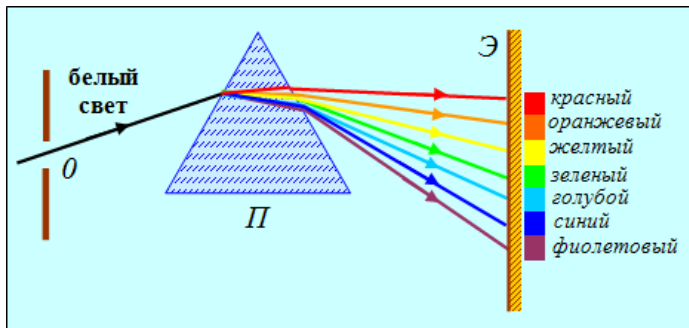
ინტერფერენციის მოვლენისათვის აუცილებელია, რომ ტალღების წყაროებს ჰქონდეთ მათი რხევის ერთნაირი სიხშირე და ფაზების მუდმივი სხვაობა.

სინათლის დიფრაქცია

დიფრაქცია არის პროცესი, როდესაც ტალღა იცვლის თავის მოძრაობის მიმართულებას, დახვედრილი წინაღობის გამო. ეს არის მოვლენა, რომელის არ ექვემდებარება გეომეტრიული ოპტიკის კანონებს.

სინათლის დისპერსია

არის სინათლის დაშლა ფერებათ. განპირობებულია ნივთიერების გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებლის დამკვიდრებულებით სიხშირეზე. ექსპერიმენტულად აღმოაჩინა ნიუტონმა 1672 წელს.



ნახ. 5.1.6. თეთრი სინათლის დაშლა (დისპერსია)

5.2. ატმოსფეროს ოპტიკური მოვლენები.

დედამიწის ატმოსფერო და მზის რადიაცია

დედამიწის ატმოსფერო მუდმივ მოძრაობაშია. სხვადასხვა ფაქტორების გავლენით მისი ფენები ერთმანეთს ერევა, იცვლიან ტემპერატურას, გამჭვირვალობას, გადაადგილდებიან სხვადასხვა სიჩქარით დიდ მანძილზე.

მზის სხივებისათვის დედამიწის ატმოსფერო წარმოადგენს თავისებურ ოპტიკურ სისტემას მუდმივად ცვლადი პარამეტრებით. ატმოსფეროს ფენები ხვდება რა მზის სხივს ახდენს მასზე გავლენას: აირეკლავს სინათლის ნაწილს, განაბნევს მას, გაატარებს მთლიანად, გარკვეულ პირობებში შლის მას მდგენელებათ და ამრუდებს სხივის მიმართულებას, და ამით იწვევს სხვადასხვა ატმოსფერულ მოვლენებს. მათ შორის ულამაზესებია მზის ჩასვლა, ცისარტყელა, ჩრდილოეთის ნათება, მირაჟი, მზის და მთვარის ჰალო.

მზის რადიაციის გარდაქმნები დედამიწის ატმოსფეროში.

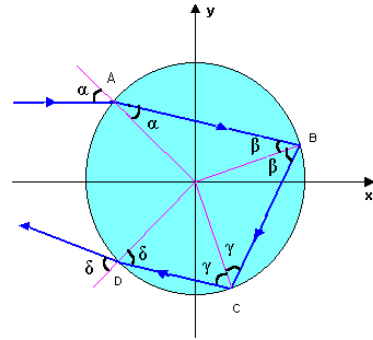
ატმოსფეროში სინათლის გაბნევით, გარდატეხით და გაბნევით გამოწვეული ოპტიკური მოვლენები.

ცისარტყელა. დაიკვიტვება მზის მოპირდაპირე მხარეს, წვიმის ღრუბლების ან წვიმის ფონზე. დამკვირვებლიდან ის დაშორებულია საახლოებით 1-3 კმ მანძილზე.

ცისარტყელას შვიდი ძირითადი ფერი აქვს. ცისარტყელის რკალი ფორმა და ზომა, ფერების სიკაშკაშე, სისცე დამოკიდებულია წყვის წვეთების ზომებზე და რაოდენობაზე. მსხვილი წვეთები ქმნიან გამოკვეთილ ცისარტყელას, მკვეთრი ფერებით, ეს ხდება უმთავრესად ზაფხულში თავსხმა წვიმის შემდეგ, როდესაც მსხვილი წვეთები ცვივა. ხოლო წვრილი წვეთები ქმნიან შედარებით უფერულ ცისარტყელას შეიძლება თეთრიც იყოს.

პირველად ცისარტყელის თეორია დაამუშავა რენე დეკარტემ 1637 წელს. მან ეს ახსნა, როგორც სინათლის არეკვლასთან და გარდატეხასთან დაკავშირებული მოვლენა. ფერების წარმოქმნა და მათი თანმიმდევრობა ახსნილი იყო მოგვიანებით, დისპერსიის მოვლენის აღმოჩენის შემდეგ.

ქვემოთ ნახაზზე ნაჩვენებია, თუ როგორ ხდება სინათლის სხივის მოგზაურობა წყლის წვეთში.



ნახ.5.2.1. სხივის მოძრაობა წყლის წვეთში

ნახ.-ზე ვხედავთ სწორ სხივს AB. B წერტილში ხდება მისი ნაწილობრივი გარდატეხვა და არეკვლა. არეკვლის შემდეგ სხივი მოხვდება C წერტილში, სადაც აგრეთვე ხდება ნაწილობრივი არეკვლა და ნაწილობრივი გარდატეხვა. გარდატეხილი სხივი გამოდის წვეთიდან, ხოლო არეკვლილი ხვდება D წერტილში და ა.შ. ამრიგად სინათლის სხივი წვეთში განიცდის მრავალმხრივ არეკვლას და გარდატეხვას. თითოეული არეკვლის დროს სინათლის სხივების გარკვეული ნაწილი გამოდის გარეთ. გამოსული სხივებიდან ყველაზე ინტენსიურია B წერტილიდან გარდატეხილი, მაგრამ ის იკარგება მზის პირდაპირი კაშკაშა სხივების ფონზე და დამკვირვებელს უჭირს მისი დანახვა. C წერტილში გარდატეხილი სხივები ქმნიან პირველად ცისარტყელას, ხოლო D წერტილში გარდატეხილი სხივები ქმნიან

მეორად ცისარტყელას, რომელიც პირველზე ნაკლებად ინტენსიურია (იხ.ნახ.5.2.2).



ნახ. 5.2.2. პირველადი და მეორადი ცისარტყელები

ამრიგად ცისარტყელა წარმოიქმნება მზის სხივების დისპერსიის შედეგად წყლის წვეთებში.

პოლარული ნათება ბუნების ერთერთი ულამაზესი ოპტიკური მოვლენაა. უმეტეს შემთხვევაში მათ გააჩნიათ მწვანე ან მოლურჯო-მომწვანო შეფერილობა.

პოლარული ნათება დაიკვირვება ძირითადად ორი ფორმის სახით - ლენტების და ღრუბლების მსგავსი ლაქების სახით. როდესაც ნათება ინტენსიურია ის ღებულობს ლენტების ფორმას, ინტენსივობის დაკარგვის გამო კი ის გარდაიქმნება ლაქებად. ამავე დროს მრავალი ლენტები ქრება, ისე, რომ ვერ ასწრებენ ლაქებად გარდაქმნას.

განასხვავებენ პოლარული ნათების ოთხ ტიპს:

ერთგვაროვანი რკალი – მას მარტივი ფორმა გააჩნია, წყნარია, ქვედა ნაწილი უფრო კაშკაშაა.

სხივური რკალი – ლენტა ხდება უფრო აქტიური და მოძრავი. *სხივური სარტყელი* – აქტიურობის ზრდასთან ერთად მსხვილი ნაკვეცი ეფარება შედარებით წვრილ ნაკვეცებს.

ხშირად პოლარული ნათება იკავებს მთელ პოლარულ რაიონს და გამოირჩევა დიდი ინტენსივობით. ეს ხდება მზის აქტივობის მომატების დროს, მათ ქარიშხლებს უწოდებენ.

სიკაშკაშის მიხედვით პოლარული ნათების ოთხ კლასს განასხვავებენ, დაწყებული ყველაზე სუსტიდან, რომელიც ძლივს ჩანს, დამთავრებული ყველაზე კაშკაშათი.

განვიხილოთ პოლარული ნათების წარმოქმნის პროცესი. დედამიწა წარმოადგენს უზარმაზარ მაგნიტს, რომლის სამხრეთ პოლუსი მდებარეობს ჩრდილოეთის გეოგრაფიული პოლუსის მახლობლად, ხოლო ჩრდილოეთ მაგნიტური პოლუსი მდებარეობს სამხრეთის გეოგრაფიული პოლუსის მახლობლად. დედამიწის მაგნიტური ველის დემის ხაზები, ანუ გეომაგნიტური ხაზები, გამოდიან ჩრდილოეთ მაგნიტურ პოლუსიდან და მიემართებიან სამხრეთ მაგნიტური პოლუსისკენ, ქმნიან რა ე.წ. ტოროიდულ გისოსებს დედამიწის გარშემო. .

ელექტრონები და პროტონები, რომლების მოსდევს მზის ქარს ხვდება დედამიწის მაგნიტურ ველში და იყოფა ორ ნაწილად. ერთი ნაწილი გეომაგნიტური ხაზების გასწვრივ ეშვება დედამიწის პოლარულ ოლქებში, მეორე ნაწილი ხვდება ტოროიდულ გისოსებში . ბოლოს ეს პროტონები და ელექტრონები ასევე აღმოჩნდება პოლუსებთან, სადაც მათი ძალიან გაზრდილი კონცენტრაცია იქმნება. პროტონები და ელექტრონები ახდენენ აირების ატომების და მოლეკულების იონიზაციას. აღზნებული ატომები მიღებულ ენერგიას აბრუნებენ უკან სინათლის სახით.

სპექტრალური კვლევების თანახმად მწვანე და წითელი ნათება მიეკუთვნება ჟანგბადის აღზნებულ ატომებს, ინფრაწითელი და ულტრაიისფერი ნათება - აზოტის იონიზებულ მოლეკულებს. ეს Некоторые линии излучения кислорода и азота образуются на высоте 110 км, а красное свечение кимозлезна ყალიბდება დაახლოებით 100-400 კმ სიმაღლეებზე.

სამწუხაროდ ჯერ კიდევ უცნობია პოლარული ნათების წარმოქმნის მაქანიზმის მრავალი საკითხი.

ჰალო ზოგჯერ მზე ისე გამოიყურება, თითქოს უზარმაზარი ლინზიდან ჩანდეს (იხ ნახ). ეს არის მილიონობით ყინულის კრისტალის ეფექტი. იმის გამო, რომ წყალი იყინება ატმოსფეროს მაღალ ფენებში, წარმოიქმნება წვრილი, ბრტყელი, ექვსკუთხა ყინულის კრისტალები.



ნახ. 5.2.3. ჰალო

მეცნიერებმა დიდი ხანია ყურადღება მიაპყრეს იმას, რომ ჰალოს წარმოქმნისას მზე დაფარულია ბურუსით-მაღალი იარუსის ფრთა, ან

ფრთა-ფენა ღტუბლებით. ასეთი ღრუბლები ცურავენ ატმოსფეროში 6-8 კმ სიმაღლეზე დედამიწიდან და შედგებიან ყინულის წვრილი კრისტალებისგან, რომელთაც უმთავრესად ექვსკუთხა ფორმა აქვთ.

ეს ყინულის კრისტალები განუწყვეტლივ მოძრაობენ, ჰაერის დინებებთან ერთად ხან მაღლა ადიან, ხან დაბლა ეშვებიან. შედეგად სარკის ან მინის პრიზმის მსგავსად კრისტალებზე დაცემული სხივები გარდატყდებიან. ამ რთულ ოპტიკურ პროცესში ცაზე წარმოიქმნება ყალბი მზე და სხვა მატყუარა სურათები. ყველაზე ხშირად დაიკვირვება ორი ყალბი მზე.

ყველა ფრთა ღრუბელი არ იძლევა კარგად შესამჩნევ ჰალოს. ამისათვის საჭიროა, რომ ღრუბელი არ იყოს ძალიან მკვრივი, რო მზის სხივებს შეეძლოს მასში გავლა. ამავე დროს ჰაერში უნდა არსებობდეს ყინულის კრისტალების საკმარისი რაოდენობა. თუმცა ჰალო შესაძლოა გამოჩნდეს აბსოლუტურად სუფთა, უღრუბლო ცაში. ეს იმას ნიშნავს, რომ მაღლა ატმოსფეროში ტივტივებენ ბევრი ცალკეული ყინულის კრისტალები, რომლებიც არ წარმოქმნიან ღრუბელს. ეს ხშირია ზამთრის დღეებში, როდესაც დგას ნათელი ყინვიანი ამინდი.

სპეციალური ცდების და გაზომვების შედეგად დადგინდა, რომ მზის გარშემო წრე წარმოიქმნება იმ ყინულის ექვსკუთხა კრისტალების გვერდითი ზედაპირებიდან არეკვლის შედეგად, რომლებიც ტივტივებენ ვერტიკალურ მდგომარეობაში. მზის სხივები ეცემიან რა ასეთ კრისტალებს, აირეკლებიან მისგან, როგორც სარკისგან და გვხვდებიან თვალში. რადგანაც ეს სარკე განსაკუთრებულია და შედგება ურიცხვი ყინულის ნაწილაკებისგან, ამიტომ მზის დისკოს არეკვლას ჩვენ ვხედავთ იმავე სიბრტყეში. ამიტომ მოჩანს ორი მზე-ნამდვილი, და ყალბი დიდი კაშკაა წრის სახით.

ხშირად აღწერილი მოვლენა მეორდება მთვარესთან დაკავშირებით და ანალოგიური წარმოშობით აიხსნება .

მირაჟი-აგრეთვე ატმოსფეროს ოპტიკური მოვლენაა, როდესაც ხილვადობის არეში წარმოიქმნება სხვადასხვა გამოსახულებები. მირაჟი ბევრ ჩვენთაგანს აქვს ნანახი. მაგალითად, როდესაც მიდიხარ გახურებულ მოასფალტებულ გზაზე, შორს შეიძლება მოგვეჩვენოს, როგორც წყლის ზედაპირი. ეს აიხსნება იმით, რომ სინათლე სხვადასხვა სიმკვრივის ატმოსფერული ფენების გავლისას გარდატყდება. ამის გამო, დაშორებული ობიექტები შეიძლება მოგვეჩვენოს მაღლა აწეული ან დაშვებული თავისი ნამდვილი მდებარეობიდან, ასევე შეიძლება მოგვეჩვენოს სხვადასხვა ფორმით დამახინჯებული.

განასხვავებენ მირაჟების სახესხვაობებს: ტბის მირაჟი, ანუ ქვედა მირაჟი, შორი მხედველობის მირაჟი, ანუ ზედა მირაჟი, ორმაგი და სამმაგი მირაჟი, ზეშორი მხედველობის მირაჟი .

ქვედა მირაჟი ყველაზე გავრცელებულია. ისინი წარმოიქმნება, როდესაც დაშორებული, უდაბნოს თითქმის სწორი ზედაპირი წყლის სახეს ღებულობს, განსაკუთრებით მაშინ თუ მას უყურებ რაიმე შემადლებიდან, ანუ იმყოფები გამთბარი ჰაერის მაღლა. მსგავსი ილუზია წარმოიქმნება მოასფალტებულ გზაზე.

თუ ჰაერი დედამიწის ზედაპირზე ძლიერ გახურებულია, და შესაბამისად მისი სიმკვრივე შედარებით მცირეა, მაშინ გარდატყბის მაჩვენებელი ზედაპირზე ნაკლები იქნება, ვიდრე ჰაერის მაღალ ფენებში. სინათლის სხივები დედამიწის ზედაპირთან დაიწყებენ გაღუნვას, ისე, რომ მათი ტრაექტორია ამოზნექილი იყოს ქვემოთ. სინათლის სხივი ცის რაიმე მონაკვეთიდან გამრუდებული სახით ხვდება ადამიანის თვალში. ეს იმას ნიშნავს, რომ დამკვირვებელი ცის სესაბამის მონაკვეთს დაინახავს არა ჰორიზონტის ხაზზე, არამედ მის ქვემოთ. მას ეჩვენება, რომ ხედავს წყალს, თუმცა სინამდვილეში ხადავს ცისფერ ცას. თუ წარმოვიდგენთ, რომ ჰორიზონტის ხაზთან დამკვირვებელი დაინახავს მათაც გადაბრუნებულს, სხივების გამრუდების გამო, და აღიქვამს როგორც შესაბამისი ობიექტების

არეკვლას არარსებულ წყალში. ამ დროს ცხელი ჰაერის გარდატეხის კოეფიციენტის ცვალებადობა განაპირობებს იმას, რომ გამოსახულება კანკალებს, რაც წყლის ღელვის ილუზიას ქმნის. ასე წარმოიქმნება ილუზია „ტბის“ მირაჟის, ანუ ქვედა მირაჟის შესახებ.

ზედა მირაჟი, ანუ შორი მხედველობის მირაჟი ნალებად გავრცელებულია. ზღვის ჰორიზონტზე მდებარე დაშორებული ობიექტები ცაზე გამოისახება შებრუნებულ მდებარეობაში, და ზოგჯერ მის ზემოთ გამოჩნდება ამ ობიექტის პირდაპირი გამოსახულება. ეს მოვლენა ტიპიურია ცივი რეგიონებისათვის, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ტემპერატურული ინვერსიის დროს, როდესაც თბილი ჰაერის მასა იმყოფება ცივი ჰაერის მაღლა. აღნიშნული ოპტიკური ეფექტი ვლინდება სინათლის ტალღის გავრცელებისას არაერთგვაროვანი სიმკვრივის ჰაერის ფენაში. ამ დროს მირაჟი ხშირია პოლარულ რაიონებში. როდესაც მირაჟი წარმოიქმნება ხმელეთზე, ხეები და ლანდშაფტის სხვა კომპონენტები ამოყირავებულია. ყველა შემთხვევაში ზედა მირაჟის დროს ობიექტები უფრო გამოკვეთილად ჩანს, ვიდრე ქვედა მირაჟის დროს. დედამიწაზე არსებობს ადგილები სადაც მოსაღამოებისას ოკეანის ჰორიზონტზე შეიძლება დავაკვირდეთ მთებს. ეს ნამდვილად მთებია, მაგრამ ისინი ისე შორს მდებარეობენ, რომ შეუძლებელია მათი ნორმალურ პირობებში დანახვა.

ზედა მირაჟები გამოირჩევა მრავალფეროვნებით. ისინი იძლევიან ხან პირდაპირ, ხან გადაბრუნებულ გამოსახულებას.

მირაჟი შეიძლება იყოს ორმაგი, როდესაც დაიკვირვება ორი გამოსახულება პირდაპირი და გადაბრუნებული. ეს გამოსახულებები გაყოფილია ჰაერის სარტყლით, ერთი გამოსახულება მდებარეობს ჰორიზონტის ხაზის ზემოთ, მეორე-ქვემოთ. ზოგჯერ შეიძლება წარმოიქმნას კიდევ ერთი, ანუ მესამე გამოსახულება.

თუ ჰაერის გარდატეხის მაჩვენებელი თავდაპირველად იცვლება სწრაფად, ხოლო შემდეგ ნელა, მაშინ სხივები უფრო სწრაფად მრუდდება. ამის შედეგად წარმოიქმნება ორი გამოსახულება.

სინათლის სხივი, რომელიც ვრცელდება პირველ ჰაერის მასაში აყალიბებს ობიექტის გადაბრუნებულ გამოსახულებას. შემდეგ ეს სხივი ვრცელდება ჰაერის მეორე გარემოში, მრუდდება უფრო ნაკლები ხარისხით და წარმოქმნის პირდაპირ გამოსახულებას.

იმისათვის, რომ ავხსნათ სამმაგი მირაჟის წარმოქმნა უნდა წარმოვიდგინოთ სამი თანმიმდევრული ჰაერის მასა: პირველი უშუალოდ დედამიწის ზედაპირზე, სადაც გარდატეხის მაჩვენებელი სიმაღლის მიხედვით ნელა მცირდება, შემდეგი, სადაც გარდატეხის მაჩვენებელი სწრაფად მცირდება, და მესამე ჰაერის მასა, სადაც გარდატეხის მაჩვენებელი კვლავ ნელა მცირდება. თავდაპირველად სხივები აყალიბებენ ობიექტის ქვედა გამოსახულებას, რომელიც ვრცელდება პირველი ჰაერის მასის საზღვრებში. შემდეგ სხივები აყალიბებენ გადაბრუნებულ გამოსახულებას, ჰაერის მეორე მასაზე. შემდეგ სხივები აყალიბებენ ობიექტის ზედა პირდაპირ გამოსახულებას.

ზეშორი ხილვადობის მირაჟის ბუნება ნაკლებად არის შესწავლილი. ცხადია, რომ ატმოსფერო უნდა იყოს გამჭვირვალე, წყლის ორთლისა და დაბინძურების გარეშე. მაგრამ ეს არ არის საკმარისი. დედამიწის ზედაპირიდან რაღაც სიმაღლეზე უნდა არსებობდეს ცივი ჰაერის მდგრადი ფენა. ამ ფენის მაღლა და დაბლა ჰაერი უნდა იყოს თბილი. მკვრივი ცივი ჰაერის მასის შიგნით მოხვედრილი სინათლის სხივი ვრცელდება ამ ფენაში, ისე როგორც ბოჭკოვან სინათლის გამტარში.

საიდუმლო მოვლენაა ქრონომირაჟი. მათი ახსნა შეუძლებელია ფიზიკის ცნობილი კანონებით, რატომ შეიძლება მათ გამოსახოს მოვლენები, რომლებიც მიმდინარეობს გარკვეულ მანძილზე არა მხოლოდ სივრცეში, არამედ დროში. განსაკუთრებული აღიარება ჰპოვეს მირაჟებმა, სადაც გამოსახულია დედამიწაზე ოდესღაც ჩატარებული ბრძოლები. 1956 წლის ნოემბერში შოტლანდიის მთებში ლამის სამ საათზე რამოდენიმე ტურისტს გაეღვიზა უცნაური ხმაურის გამო. გამოვიდნენ კარვიდან და დაინახეს ათეულობით შოტლანდიელი

მსროლელი უძველეს სამხედრო ფორმაში, რომლებიც ისროდნენ და მირბოდნენ. შემდეგ ხედვა შეწყდა ყოველგვარი კვალის გარეშე. მეორე ღამეს მოვლენა განმეორდა და უკან იხევდნენ, როგორც ჩანს დამარცხებულები (იხ.ნახ.5.2.4).



ნახ.5.2.4

ეს ერთადერთი შემთხვევა არ არის. ცნობილ ვატერლოოს ბრძოლა (1815 წლის 18 ივნისი) ერთი კვირის შემდეგ იხილეს ბელგიის ერთერთი ქალაქის მაცხოვრებლებმა. ამასთანავე თვითმხილველები დეტალურად იხსენებენ ამ მოვლენას. მანძილი ამ ქალაქიდან ვატერლოომდე დაახლოებით 100 კმ-ია. ცნობილია შემთხვევები, როდესაც მსგავსი მირაჟები დაიკვირვებოდა გაცილებით დიდ მანძილებზე (1000კმ).

როგორია ასეთი მირაჟების ბუნება? ერთერთი თეორიის თანახმად, ბუნებრივი ფაქტორების განსაკუთრებული მიმდინარეობის პირობებში ვიზუალური ინფორმაცია ჩაიბეჭვდება დროსა და სივრცეში, ხოლო მსგავსი პირობების, მათ შორის ატმოსფერული, ამინდის და სხვ. თანხვედრის დროს ის კვლავ ხილვადი ხდება უცხო დამკვირვებლებისთვის. სხვა თეორიის თანახმად მსგავსი ბრძოლების რაიონებში, სადაც იღუპება ათასობით ადამიანი, გროვდება

უზარმაზარი ფსიქიკური ენერგია, რომელიც გარკვეულ პირობებში განიმუხტება და ვიზუალურად აღადგენს წარსულის მოვლენებს.

თავი 6. ატომური ფიზიკა. გეოსფეროს რადიაქტივობა.

6.1. ატომის და ბირთვის შემადგენლობა.

რადიაქტივობა

რადიაქტივობა ატომური ბირთვების სპონტანური გარდაქმნების რასაც ახლავს ელემენტარული ნაწილაკების ან მსუბუქი ბირთვების გამოყოფა. ასეთი გარდაქმნებისადმი მგრძობიარე ბირთვებს რადიოაქტიურს, ხოლო ტრანსფორმაციის პროცესს რადიოაქტიურ დაშლას უწოდებენ.

რადიოაქტიური დაშლა შესაძლებელია მხოლოდ მაშინ, როდესაც ის ენერგეტიკულად მომგებიანია, ე.ი. თან ახლავს ენერგიის გამოყოფა. ამის პირობაა, რომ საწყისი ბირთვის მასა M უნდა აღემატებოდეს დაშლის პროდუქტების მასების m_i ჯამს: $M > \sum m_i$.

დაახლოებით 3000 ცნობილი ბირთვიდან მხოლოდ 264 არ არის რადიოაქტიური. რადიოაქტიული დაშლის ძირითადი სახეობებია ალფა-დაშლა (ალფა ნაწილაკების გამოყოფა), ბეტა-დაშლა (ელექტრონის გამოყოფა, ან შტანთქმა), გამა-დაშლა (გამა კვანტების გამოყოფა) და სპონტანური დაყოფა (ბირთვის გაყოფა ორ დაახლოებით თანაბარი მასის ნაწილად).

რადიაქტივობის მვლენა აღმოაჩინა ა.ბეკერელმა 1896 წელს. 1899 წელს რეზერფორდმა აღმოაჩინა, რომ ურანი ასხივებს დადებითად დამუხტულ ნაწილაკებს (α -ნაწილაკებს) და უარყოფითად დამუხტულ ნაწილაკებს, β -ნაწილაკებს (ელექტრონებს). 1900 წელს პ.ვილარდმა ურანის დაშლის შესწავლის დროს აღმოაჩინა ნეიტრალური ნაწილაკები (γ -კვანტები).

ატომის აგებულება.

ატომი ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს განუყოფელს. ცნება ატომის შესახებ, როგორც მატერიის უმცირეს განუყოფელ ნაწილზე პირველად შემოიტანეს ძველმა ინდიელმა და ბერძენმა ფილოსოფოსებმა. XVII და XVIII საუკუნეებში ქიმიკოსებმა მართლაც დაამტკიცეს, რომ ზოგიერთი ნივთიერება განუყოფელია. მაგრამ XIX საუკუნის დასასრულს და XX საუკუნის დასაწყისში ფისიკოსებმა აღმოაჩინეს, რომ ნაჭილაკი, რომელსაც უწოდეს ატომი სინამდვილეში განუყოფელი არ არის.

ატომი შედგება ბირთვისა და ელექტრონებისაგან. ატომის ბირთვი შედგება პროტონებისა და ნეიტრონებისგან. ნეიტრონები რაოდენობა ბირთვში შესაძლოა იყოს ნულიდან რამოდენიმე ათეულამდე. თუ ელექტრონების რიცხვი ემთხვევა პროტონების რიცხვს, მაშინ ბირთვი მთლიანობაში არის ნეიტრალური. სხვა შემთხვევაში ის ან დადებითია, ან უარყოფითი.



ნახ. 6.1.1. ატომის აგებულება

ბირთვს უკავია ატომის მასის 99,9% და შედგება დადებითად დამუხტული პროტონებისგან და დაუმუხტავი ნეიტრონებისგან. პროტონების რიცხვი ატომში შეესაბამება ატომის რიგით ნომერს მენდელეევის პერიოდულ სისტემაში.

ატომის ბირთვი

როგორც ვიცით ატომის ბირთვი წარმოადგენს ატომის ცენტრალურ ნაწილს, სადაც თავმოყრილია მისი მასის 99,9%. ბირთვი დამუხტულია დადებითად, მისი მუხტი განსაზღვრავს ქიმიურ ელემენტს, რასაც მიეკუთვნება ატომი.

ატომის ბირთვი შედგება ნუკლონებისგან- დადებითად დამუხტული პროტონებისგან და ნეიტრალური ნეიტრონებისგან, რომლებიც ურთიერთდაკავშირებულია ერთმანეთთან ძლიერი ურთიერთქმედებით. პროტონს და ნეიტრონს გააჩნია მოძრაობის რაოდენობის საკუთარი მომენტი (სპინი) და მასთან დაკავშირებული მაგნიტური მომენტი. ერთადერთი სტაბილური ატომი, რომელსაც არ გააჩნია ბირთვში ნეიტრონი-მსუბუქი წყალბადია (პროტიუმი).

პროტონების რაოდენობას ბირთვში დამუხტვის რიცხვს უწოდებენ—ეს რიცხვი არის ელემენტის რიგითი ნომერი, რასაც მიეკუთვნება ატომი. პროტონების რაოდენობა განსაზღვრავს ნეიტრალური ატომის ელექტრონული გარსის სტრუქტურას, და შესაბამისად ელემენტის ქიმიურ თვისებებს. ნეიტრონების რიცხვს ბირთვში მის იზოტოპურ რიცხვს უწოდებენ. ბირთვებს პროტონების ერთნაირი რიცხვით და ნეიტრონების სხვადასხვა რიცხვით იზოტოპებს უწოდებენ. ბირთვებს ნეიტრონების ერთნაირი რიცხვით და პროტონების განსხვავებული რიცხვით იზოტონებს უწოდებენ. ბირთვში არსებული ნუკლიდების რაოდენობას მასურ რიცხვს უწოდებენ.

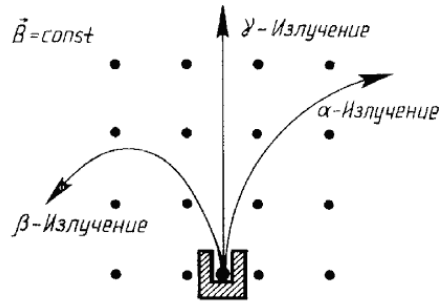
ბუნებრივი რადიაქტივობა

განასხვავებენ ბუნებრივ და ხელოვნურ რადიაქტივობას. ბუნებრივი რადიაქტივობას ამჟღავნებს ზოგიერთი ელემენტის ატომი, რომლებიც იმყოფება დედამიწის ქერქში, მაგალითად რადიაქტიულია ატომები თითქმის ყველა ელემენტის Po, Ba, ძალიან სუსტად რადიაქტიულია K და Bb სხვ.

თორიუმ—232 ბირთვის ნახევარდაშლის პერიოდია 1.4- 10 წელი ($T_{1/2} = 1,4-10$ წელი), ურან-235 ($T_{1/2} = 7-10$ წელი) , ურან-238 ($T_{1/2} = 4,5-10$ წელი). მენდელეევის პერიოდული სისტემის სხვა ელემენტები მუდმივად წარმოიქმნება ბირთვების ხელოვნური რადიაქტიული დაშლის ხარჯზე.

რადიაქტიური დაშლის კანონი

ჩვენთვის ცნობილია, რომ რადიაქტიური დაშლის სედეგად გამოიყოფა სამი ტიპის ნაწილაკი (იხ.ნახ.6.1.2).



ნახ.6.1.2.

რადიაქტიური დაშლის კანონი ექსპერიმენტის გზით აღმოჩენილ იქნა 1903 წელს ფრედერიკ სოდის და ერნესტ რეზერფორდის მიერ. ამ კანონის თანამედროვე ფორმულირება შემდეგნაირია:

რადიაქტივობის მნიშვნელოვანი მახასიათებელია რადიაქტიული დაშლის კანონი, რომელიც გვიჩვენებს, თუ როგორ იცვლება t დროის განმავლობაში რადიაქტიური ბირთვების რიცხვი N ნიმუშში:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t},$$

ეს კანონი ითვლება რადიაქტივობის ძირითად კანონად.

სადაც N_0 – საწყისი ბირთვების რაოდენობაა საწყის მომენტში, ანუ მათი წარმოქმნის, ან დაკვირვების დაწყების მომენტში, ხოლო λ – დაშლის

მუდმივია, რაც ნიშნავს რადიაქტიური ბირთვის დაშლის ალბათობას დროის ერთეულში. ამ მუდმივას საშუალებით შეიძლება გამოსახულ იქნას რადიაქტიური ბირთვის სიცოცხლის საშუალო ხანგრძლივობა $\tau = 1/\lambda$, და აგრეთვე ნახევარდაშლის პერიოდი $T_{1/2} = \ln 2/\lambda$. ნახევარდაშლის პერიოდი აჩვენებს, თუ რამდენი დროის განმავლობაში რადიაქტიური ბირთვების რიცხვი შემცირდება ორჯერ.

რადიაქტიური დაშლის პროცესი, ისევე როგორც ყველა პროცესი მიკროსამყაროში, შემთხვევითი პროცესია და შესაძლოა ვიმსჯელოთ მხოლოდ მისი მიმდინარეობის ალბათობაზე. მაგალითად, რადიაქტიური ბირთვების რაიმე N ნიმუშში არ არის აუცილებელი, რომ დროის ერთეულში მოხდეს λN რადიაქტიური დაშლა. ეს რიცხვი შეიძლება იყოს მასზე ნაკლები, ან მეტი.

რადიაქტიური დაშლის მახასიათებლებზე, კერძოდ მის სიჩქარეზე და ნახევარდაშლის პერიოდზე, გავლენას ახდენს დაშლის გამომწვევი ურთიერთქმედების ძალები.

დაშლის მუდმივა პრაქტიკულად არ არის დამოკიდებული გარემოს პირობებზე-ტემპერატურა, წნევა, ხიმიური შემადგენლობა და სხვ. კონსტანტას მუდმივობა საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ სხვადასხვა ბუნებრივი თუ ხელოვნური ობიექტის ასაკი მასში შემავალი რადიაქტიური ბირთვების დაშლის მიხედვით. ამის საფუძველზე შემუსავებულია რადიოიზოტოპური დათარიღების მეთოდი,

რადიაქტიური ნივთიერებები

მკაცრი განმარტების თანახმად, რადიაქტიული ეწოდება ქიმიურ ელემენტს, რომლის ყველა იზოტოპი რადიაქტიურია. მაგრამ, პრაქტიკაში ამ ტერმინს უწოდებენ ყველა ელემენტს, რომლის ბუნებრივი ნარევი შეიცავს ერთ რადიაქტიურ იზოტოპს მაინც, ანუ თუ ელემენტი ბუნებაში ამჟღავნებს რადიაქტიურობას.

მკაცრი აზრის თანახმად, რადიაქტიური ელემენტია ყველა მენდელეევის პერიოდულ სისტემაში, რომელსაც უკავია ადგილი

ტყვიის შემდეგ. თავის ბუნებრივ ნარევეში ერთ რადიაქტიურ იზოტოპს მაინც შეიცავს: კალიუმი, კალციუმი, ვანადი, გერმანიუმი, რუბიდი, ცირკონიუმი, მოლიბდენი, კადმიუმი, ვოლფრამი, პლატინა და სხვ.

ბევრ რადიაქტიურ ელემენტს აქვს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა, ურანი და პლუტონი გამოიყენება არომურ რეაქტორებში და ბირთვულ იარაღში, როგორც დამსლეელი მასალა. ზოგიერთი რადიაქტიური ელემენტი გამოიყენება ატომური ელექტრობატარების გასამზადებლად, რამოდენიმე წლით უწყვეტად სამუშაოდ.

ბირთვული რეაქცია

ბირთვული რეაქცია არის ატომის ბირთვის სხვა ბირთვთან ან ელემენტარულ ნაწილაკთან ურთიერთქმედების პროცესი, რომელსაც შეიძლება თან ახლდეს ბირთვის შემადგენლობის და აგებულების ცვლილება. ურთიერთქმედების შედეგი შეიძლება დადგეს ბირთვის დაშლა, ელემენტარული ნაწილაკების ან ფოტონების გამოსხივება. ახლად წარმოქმნილი ნაწილაკების კინეტიკური ენერგია შეიძლება იყოს საწყის ენერგიაზე გაცილებით მეტი, ამ დროს ადგილი აქვს ბირთვული რეაქციის ენერჯის გამოყოფას.

ურთიერთქმედების მექანიზმის თანახმად ბირთვული რეაქციები ორ სახეობად იყოფა:

- რეაქცია, რომლის დროსაც წარმოიქმნება ნაერთი ბირთვი, ეს არის ორფენოვანი პროცესი, რომელიც მიმდინარეობს მოქმედ ნაწილაკთა ძალიან მაღალი კინეტიკური ენერჯის პირობებში.
- პირდაპირი ბირთვული რეაქციები, რომელიც მიმდინარეობს ბირთვული დროის განმავლობაში, ანუ იმ დროის განმავლობაში, რაც საჭიროა რომ ნაწილაკმა გადაკვეთოს ბირთვი.

თუ შეჯახების შემდეგ საწყისი ბირთვები და ნაწილაკები შენარჩუნებულია და ახალი ნაწილაკები არ იბადება, მაშინ რეაქცია არის დრეკადი გაბნევა, მას თან სდევს მხოლოდ ნაწილაკების

კინეტიკური ენერჯის და იმპულსის გადანაწილება და პოტენციური გაზნევა ეწოდება.

6.2. გეოსფეროს რადიაქტივობა.

დათარიღების რადიაქტიური მეთოდები.

მთის ქანების აბსოლუტური ასაკის განსაზღვრის მეთოდები ეფუძნება მთის ქანების რადიაქტიური დაშლის პროდუქტების შესწავლას. მათ რადიოიზოტოპური მეთოდები ეწოდება. რადიაქტიური ელემენტები ხვდება ქანებში მათი ფორმირების დროს. ქანის ან მინერალის ასაკის დასადგენად, რომ ისინი წარმოადგენდნენ ჩაკეტილ სისტემას, ანუ თვლება, რომ ხანგრძლივი გეოლოგიური დროის განმავლობაში მათგან არ განიცდიდა მიგრაციას რადიაქტიული დაშლის საწყისი და არსებული პროდუქტები.

დათარიღებისათვის უპირველეს ყოვლისა დაიწყეს U^{238} და U^{235} გამოყენება, რომელთა ნახევარდაშლის პერიოდია $4,5 \cdot 10^9$ და $7,1 \cdot 10^8$ წელი შესაბამისად. დაშლის საბოლოო პროდუქტებია ჰელიუმი და ტყვია სხვადასხვა ატომური მასით.

ბუნებაში კარგად გავრცელებული იზოტოპის დაშლა K^{40} ($T=1,25 \cdot 10^9$ წელი) იწვევს კალციუმ-40, და არგონ -40-ის წარმოქმნას. ამ პროდუქტების დაშლაზე დაფუძნებულ მეთოდებს კალი-ლალციუმის, ან არგონული მეთოდი ეწოდება.

გეოლოგიური წარმონაქმნების ასაკის დასადგენად გამოიყენება სხვა ბუნებრივი რადიაქტიური იზოტოპებიც: რუბიდიუმი-87 ($T=5,25 \cdot 10^{10}$ წელი), სამარი-147 ($T=1,06 \cdot 10^{11}$ წელი) და სხვ. რუბიდიუმი-87 ბეტა დაშლის დროს წარმოიქმნება სტრონციუმ-87. ამას უწოდებენ სტრონციულ მეთოდს.

ახალგაზრდა გეოლოგიური წარმონაქმნების ასაკის დასადგენად გამოიყენება ნახშირბად-14-ის ($T=5685$ წელი) დაშლაზე დამყარებული

მეთოდი. მისი დაშლის საბოლოო პროდუქტია აზოტი-14. ლიტერატურაში ამ მეთოდს უწოდებენ რადიონახშირბადის მეთოდს. მას ფართო გამოყენება აქვს გეოლოგიასა და არქეოლოგიაში.

არსებობს აგრეთვე დათარიღების სხვა მეთოდებიც.

დედამიწის ასაკი

.დედამიწის ასაკი არის დრო, რამდენიც გავიდა დედამიწის წარმოქმნიდან, როგორც დამოუკიდებელი პლანეტა.

დედამიწის ასაკის პირველი მეცნიერული შეფასება XVIII საუკუნეში მოგვცა ფრანგმა დიპლომატმა ბენუა დე მაიემ. მან გეოლოგიური მონაცემების საფუძველზე მიიღო თარიღი 2,4 მილიარდი წელი. 1895 წელს ირლანდიელმა მათემატიკოსმა და ინჟინერმა ჯონ პერიმ დააზუსტა დედამიწის ასაკი და მიიღო 4 მილიარდი წელი. ამ დისკუსიას წერტილი დაუსვა დათარიღების რადიოიზოტოპური მეთოდის აღმოჩენამ XX საუკუნის დასაწყისში. ამ მეთოდის საფუძველზე დადგენილია, რომ დედამიწის ასაკი შეადგენს 4,54 მილიარდ წელს ($4,54 \cdot 10^9$ წელი $\pm 1\%$). ეს მონაცემები ემყარება იმ მეტეორიტების ნიმუშების რადიოიზოტოპურ დათარიღებას, რომლებიც წარმოიქმნა ჯერ კიდევ პლანეტების წარმოშობამდე. ისინი მიღებულია ტყვიის მეთოდით. ეს შეფასება არ შეცვლილა 1956 წლიდან.

ლიტერატურა

ე.ელიზბარაშვილი. საქართველოს ჰავა. 2017.

მ.ალფენიძე, ე.ელიზბარაშვილი, კ.ხარაძე. ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფია, 2003.

Викулин А.В. ФИЗИКА ЗЕМЛИ И ГЕОДИНАМИКА. Петропавловск-Камчатский 2008

Н. В. Короновский. М.: «КДУ», «Добросвет» , 2018.

И.В.Савельев. Курс общей физики, том I, I I, I I I. Издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, М.,1970 г.

Смык А.Ф. Физика. Механика. Молекулярная физика и термодинамика

. <https://studfile.net/preview/4379327/page:34/>

<http://www.hi-edu.ru/e-books/xbook787/01/part-006.htm>

<https://studfile.net/preview/6447625/page:3/> -ფიზიკა

<https://bookonlime.ru/lecture/glava-2-stroenie-i-sostav-zemli> -გეოლოგია

https://physics.ru/courses/op25part1/content/chapter3/section/paragraph11/theory.html#.XkA5S4hS_IU-

სარჩევი

შესავალი		3
0) აპი I. მექანიკის ფიზიკური საფუძვლები. დედამიწის გრავიტაციული ველი.		5
1.1.	მატერიალური წერტილის კინემატიკა. წრფივი თანაბარი მოძრაობა. მისი განტოლება. სიჩქარე. არათანაბარი მოძრაობა. აჩქარება	
1.2.	მატერიალური წერტილის დინამიკა. ძალა, მასა, იმპულსი. ძალის სახეობები. ნიუტონის კანონები. მოძრაობის რაოდენობის შენახვის კანონი	
1.3.	მექანიკური მუშაობა და ენერგია. მუშაობა და სიმძლავრე. კინეტიკური ენერგია. პოტენციური ენერგია. მექანიკური ენერჯის შენახვის კანონი	
1.4.	მბრუნავი სხეულის დინამიკა. ძვარი სხეულის ბრუნვითი მოძრაობა. ძალის მომენტი. ინერციის მომენტი. ინერციის ძალები.	
1.5.	დედამიწის მოძრაობები. დედამიწის ფორმა და ზომები. დედამიწის ორბიტალური მოძრაობა და მისი ბრუნვა ლერძის გარშემო. დედამიწის ფორმის, ზომების და მოძრაობის გეოფიზიკური შედეგები.	
1.6.	დედამიწის გრავიტაციული ველი გეოფიზიკური ველები. დედამიწის გრავიტაციული ველი. სიმძიმის ძალა და პოტენციალი. ნორმალური გრავიტაციული ველი. გრავიტაციული ანომალიები.	
0) აპი II. რხევები და ტალღები		32
2.1.	ჰარმონიული რხევები. დედამიწის საკუთარი რხევები	
2.2.	ტალღები გასწვრივი და განივი ტალღები. სეისმური ტალღები. ბგერითი ტალღები.	

	<p>თავი III. მოლეკულური ფიზიკა. ატმოსფეროს სტატიკა და თერმოდინამიკა. გეოთერმია.</p>	40
3.1.	<p>მოლეკულურ-კინეტიკური თეორიის ძირითადი დებულებები</p>	
3.2.	<p>აირის მოლეკულურ-კინეტიკური თეორიის ძირითადი განტოლება.</p>	
3.3.	<p>იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება. ავოგადროს კანონი</p>	
3.4.	<p>იზოპროცესები იზოთერმული პროცესი. იზოქრონული პროცესი. იზოქრონული პროცესი.</p>	
3.5.	<p>ატმოსფეროს მასა, ფორმა, ზომები და აგებულება. ატმოსფეროს ფენები</p>	
3.6.	<p>ატმოსფეროს სტატიკის ძირითადი განტოლება. ბარომეტრული ფორმულები</p>	
3.7.	<p>ციკლონები და ანტიციკლონები</p>	
3.8.	<p>თერმოდინამიკის კანონები. ადიაბატური პროცესი</p>	
3.9.	<p>აორთქლება, კონდენსაცია, დუღილი.</p>	
3.10.	<p>დედამიწის სითბური ველი. დედამიწის წიაღის თერმული ზონალობა. სითბური პროცესები დედამიწის ქერქში. დედამიწის წიაღის თერმული რეჟიმი და თერმული ზონალობა. სითბოს გარეგანი და შინაგანი წყაროები.</p>	
3.11.	<p>დედამიწის სითბური ბალანსი . დედამიწის სითბური ბალანსი. ატმოსფეროს სითბური ბალანსი. დედამიწის ზედაპირის სითბური ბალანსი.</p>	

	ტემპერატურის განაწილება დედამიწის ზედაპირზე. დედამიწის სითბური სარტყლები.	
	თავი IV ელექტრობა და მაგნიტიზმი. ელექტრული მოვლენები ატმოსფეროში. იონოსფერო. დედამიწის მაგნეტიზმი.	75
4.1.	ელექტროსტატიკა. ელექტრული მუხტი. კულონის კანონი. ელექტრული ველი. დამაბულობა. პოტენციალი. პოტენციალთა სხვაობა.	
4.2.	დედამიწის ელექტრული ველი. დედამიწის გეოელექტრული ველი. ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროს, დედამიწის ქერქის და წიაღის ელექტროგამტარობა	
4.3.	ელექტრომაგნეტიზმი. მაგნიტური ველი და მაგნიტური ინდუქცია.	
4.4	დედამიწის და ატმოსფეროს მაგნიტური ველი. დედამიწის მაგნიტური ველი. დედამიწის ატმოსფეროს მაგნიტური ველის სტრუქტურა. მაგნიტოსფერო. დედამიწის მაგნიტური ველის ვარიაციები. დედამიწის რადიაციული სარტყლები და კოსმოსური სხივები.	
	თავი V ოპტიკა. ატმოსფეროს ოპტიკური მოვლენები.	91
5.1.	გეომეტრიული ოპტიკა. სინათლის სიჩქარე. სინათლის არეკვლის და გარდატეხის კანონები. სპექტრალური ანალიზი. რენტგენის სხივები. სინათლის ინტერფერენცია და დიფრაქცია.	
5.2.	ატმოსფეროს ოპტიკური მოვლენები. დედამიწის ატმოსფერო და მზის რადიაცია. მზის	

	რადიაციის გარდაქმნები დედამიწის ატმოსფეროში. ატმოსფეროში სინათლის გარდატეხით და გაბნევით გამოწვეული ოპტიკური მოვლენები (ცისარტყელა, პოლარული ნათება, ჰალო, მირაჟი).	
	თანამ VI ატომური ფიზიკა. გეოსფეროს რადიაქტივობა.	111
6.1.	ატომის და ბირთვის შემადგენლობა. რადიოაქტივობა. ატომის აგებულება. ატომის ბირთვი. ბუნებრივი რადიაქტივობა. რადიაქტიური დაშლის კანონი. ნივთიერების რადიაქტივობა. ბირთვული რეაქციები.	
6.2.	გეოსფეროს რადიაქტივობა. დათარიღების რადიაქტიური მეთოდები. დედამიწის ასაკი და მისი განსაზღვრის მეთოდები.	
	ლიტერატურა.....	119