Л.4. Зямны магнетызм

Змест:

1. Магніты. Магнітнае поле
2. Зямля – вялікі магніт
3. Прырода магнітнага поля Зямлі
4. Магнітная бура, палярнае ззянне
5. Прымяненне зямнога магнетызму
6. Палеамагнетызм
7. Магнетызм і жывая прырода
8. Компас

Магніты. Магнітнае поле

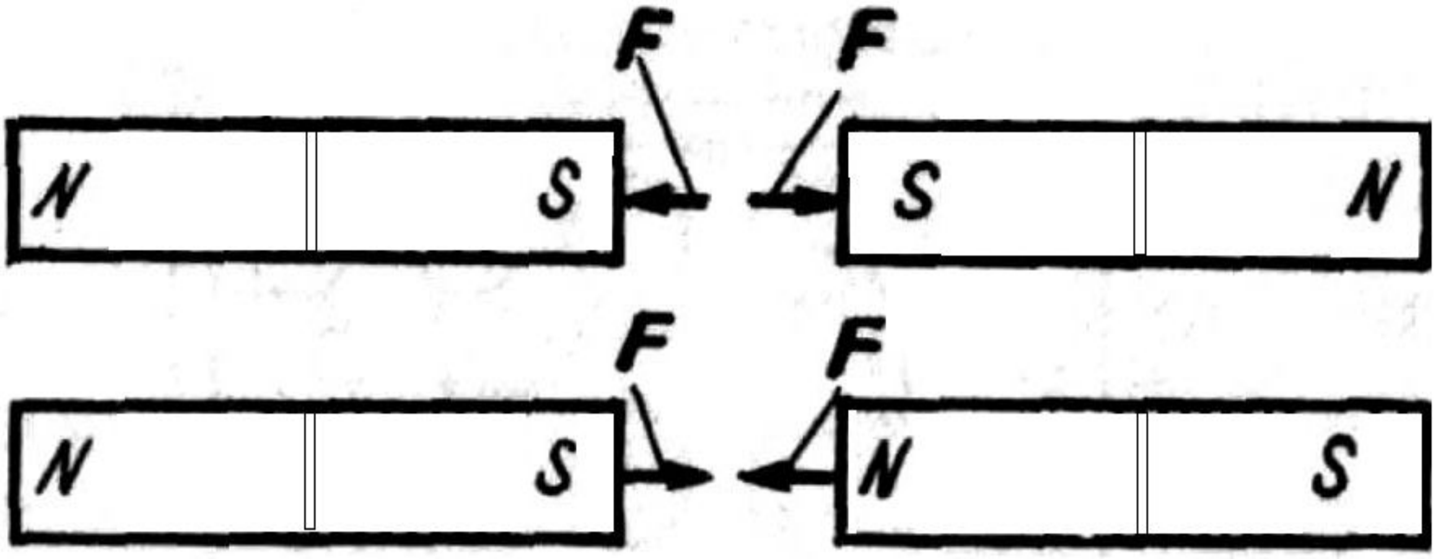
Магнітныя з’явы былі вядомы яшчэ ў глыбокай старажытнасці пры назіранні ўласцівасцей прыроднага магнітнага жалязняка (закісь-вокісь жалеза $FeO \cdot Fe_2O_3$) па прыцягванню жалезных прадметаў і іх намагнічэнні.

Першае падрабязнае даследаванне і апісанне ўласцівасцей пастаянных магнітаў выканаў у 1600 годзе англійскі фізік У.Гільберт, які ў сваім сачыненні “Аб магніце, магнітных целах і вялікім магніце – Зямля” апісаў больш за 600 доследаў па магнітных і электрычных з’явах.

Высветлілася, што пастаянны магніт мае два полюса:

паўночны (N – north) і паўднёвы (S – south) і размешчаную паміж імі нейтральную зону.

У залежнасці ад арыентацыі полюсаў праяўляецца ці адштурхванне, ці прыцяжэнне.



Ужо ў XVIII ст. была звернута ўвага на тое, што ў выніку навальнічнага разраду жалезныя прадметы намагнічваліся, а компас перамагнічваўся.

Гэта наводзіла на думку, што магнітныя з’явы звязаны з электрычнымі.

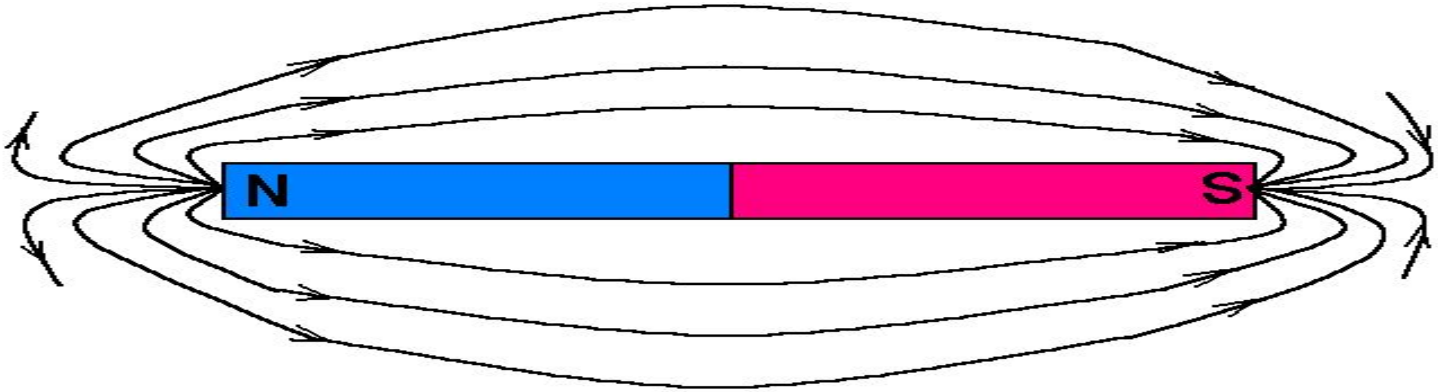
У 1820г. дацкі фізік Х. Эрстэд эксперыментальна ўстанавіў, што электрычны ток у праваднiку, як і пастаянны магніт, уздзейнічае на магнітную стрэлку.

У той жа час французскі фізік А.Ампер эксперыментальна выявіў і даследаў магнітнае ўзаемадзеянне токаў.

У XIXст. было ўстаноўлена, што магнітныя ўзаемадзеянні ўласцівы толькі электрычным зарадам, якія рухаюцца.

Такім чынам, было высветлена: вакол зарадаў, што рухаюцца, узнікае яшчэ адзін тып поля – магнітнае поле.

Магнітнае поле зручна адлюстроўваць з дапамогай **сілавых ліній.**



У 1820г. **А.Ампер** выказаў гіпотэзу аб тым, што магнітныя ўласцівасці пастаянных магнітаў (магнетыкаў) абумоўлены існаваннем у іх элементарных **кругавых токаў.**

Сучасныя ўяўленні аб будове рэчыва дазваляюць звязаць гіпатэтычныя мікратокі Ампера з **рухам электронаў у атаме вакол ядра.**

Доследы паказваюць, што ўсе рэчыва, змешчаныя ў магнітнае поле, набываюць магнітныя ўласцівасці – **намагнічваюцца.**

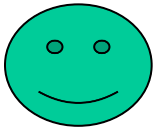
Пры гэтым адны рэчыва аслабляюць вонкавае поле – **дыямагнетыкі,** другія узмацняюць – **парамагнетыкі.**

Сярод якіх ёсць група рэчываў, якія вызываюць вельмі моцнае ўзмацненне – **ферамагнетыкі.**

Дыамагнетыкі – фосфар, сера, вуглярод, вада, вісмут, золата, серабро, медзь і інш.

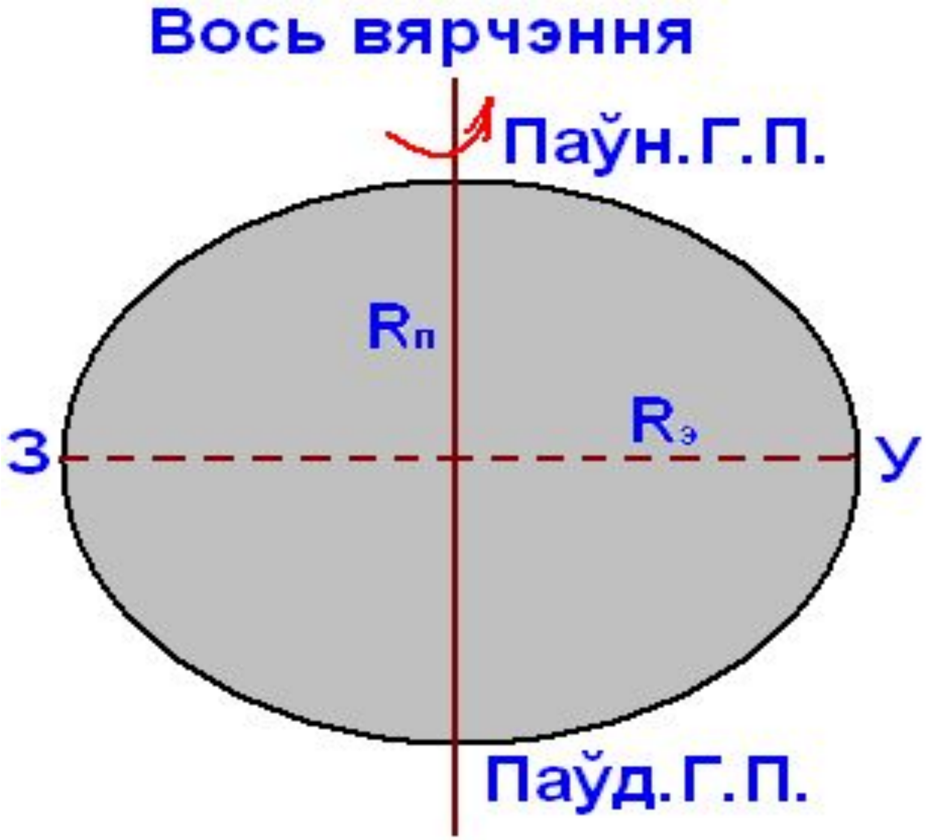
Парамагнетыкі – кісларод, азот, алюміній, вальфрам, плаціна і інш.

Ферамагнетыкі – жалеза, нікель, кобальт, гадалініій, дыспрозій, сплавы марганца і хрома.

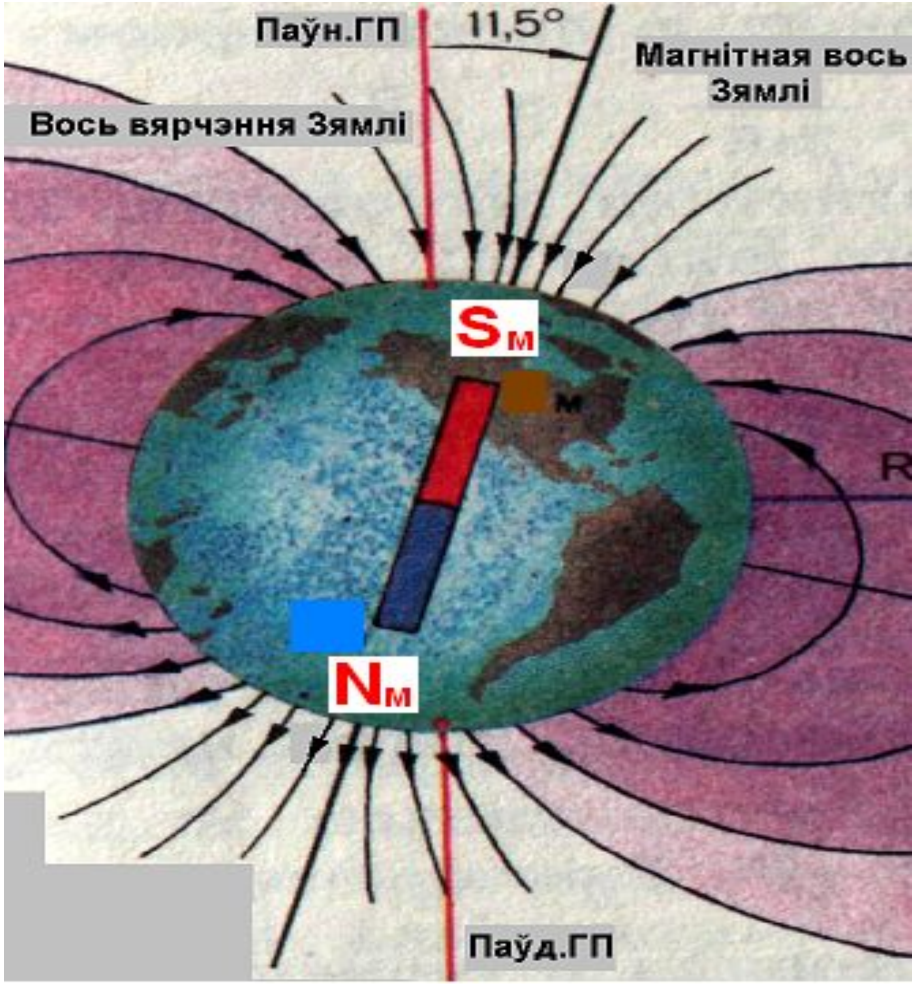


Зямля – вялікі магніт

Планета Зямля мае форму эліпсоіда вярчэння (рознасць радыусаў на экватары $R_э$ і полюсах $R_п$ складае 21 км). Прыблізна можна лічыць яе як шар з сярэднім радыусам 6370 км.



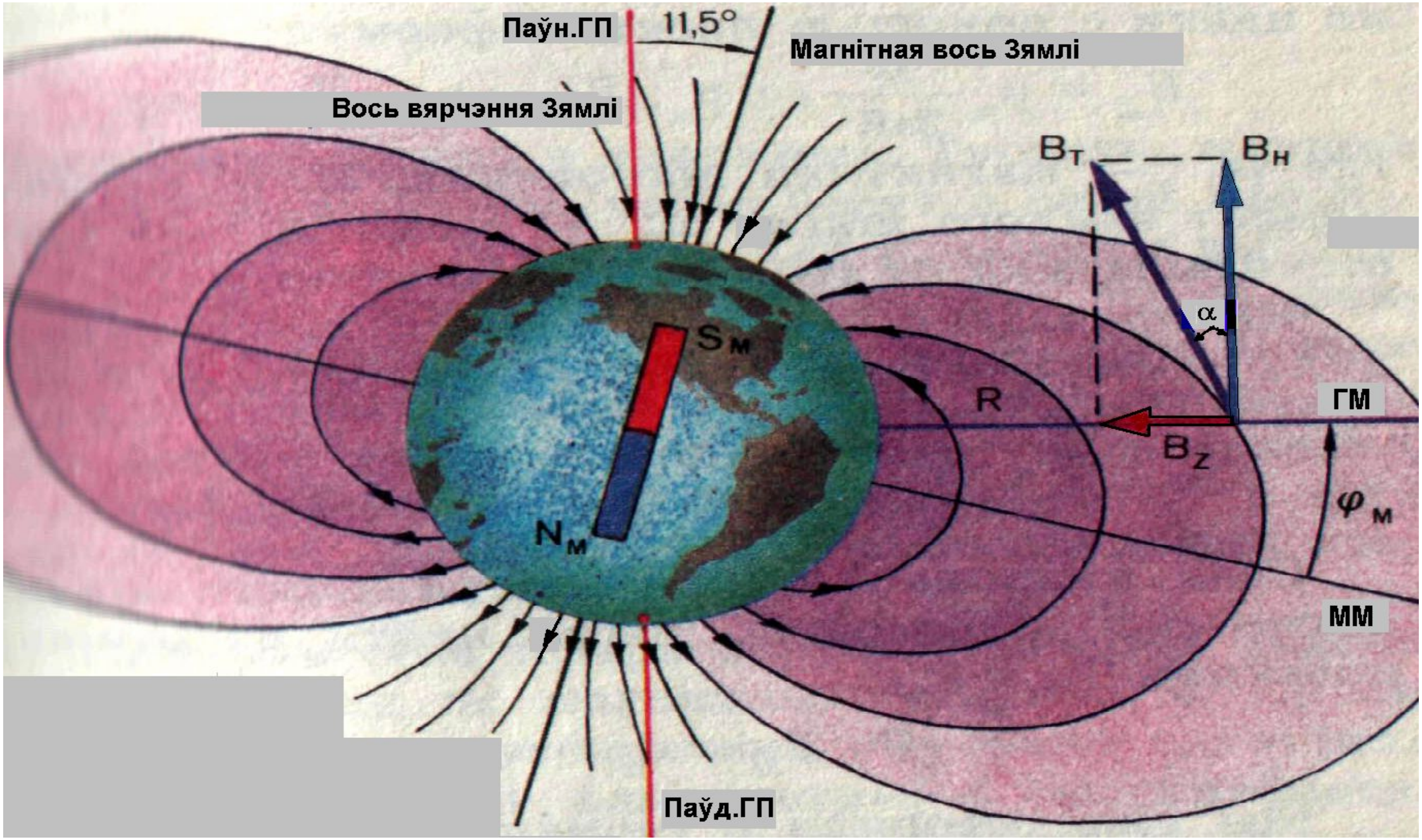
Гэты шар намагнічаны і валодае **магнітным полем** – гэта гіганцкі магніт, які змешчаны прыблізна на **400 км** ад цэнтра ў бок Ціхага акіяна і нахілены да восі вярчэння на **$11{,}5^0$**.



Паўднёвы магнітны полюс ($S_м$) размешчаны ў Арктыцы, паўночны ($N_м$) – у Антарктыцы.

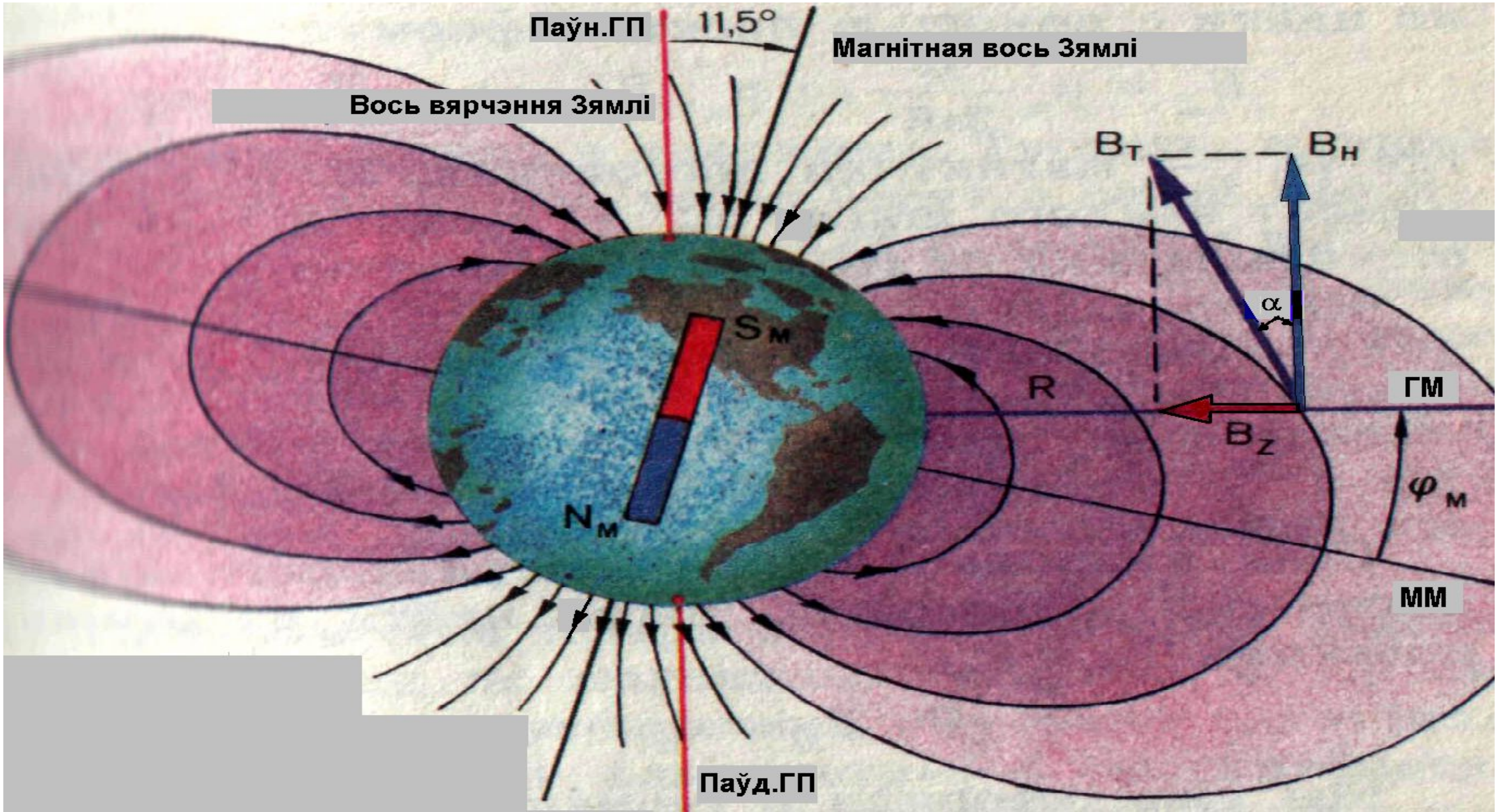
Для зручнасці магнітнае поле Зямлі характарызуюць наступнымі велічынямі:

$B_т$ – індукцыя магнітнага поля Зямлі,



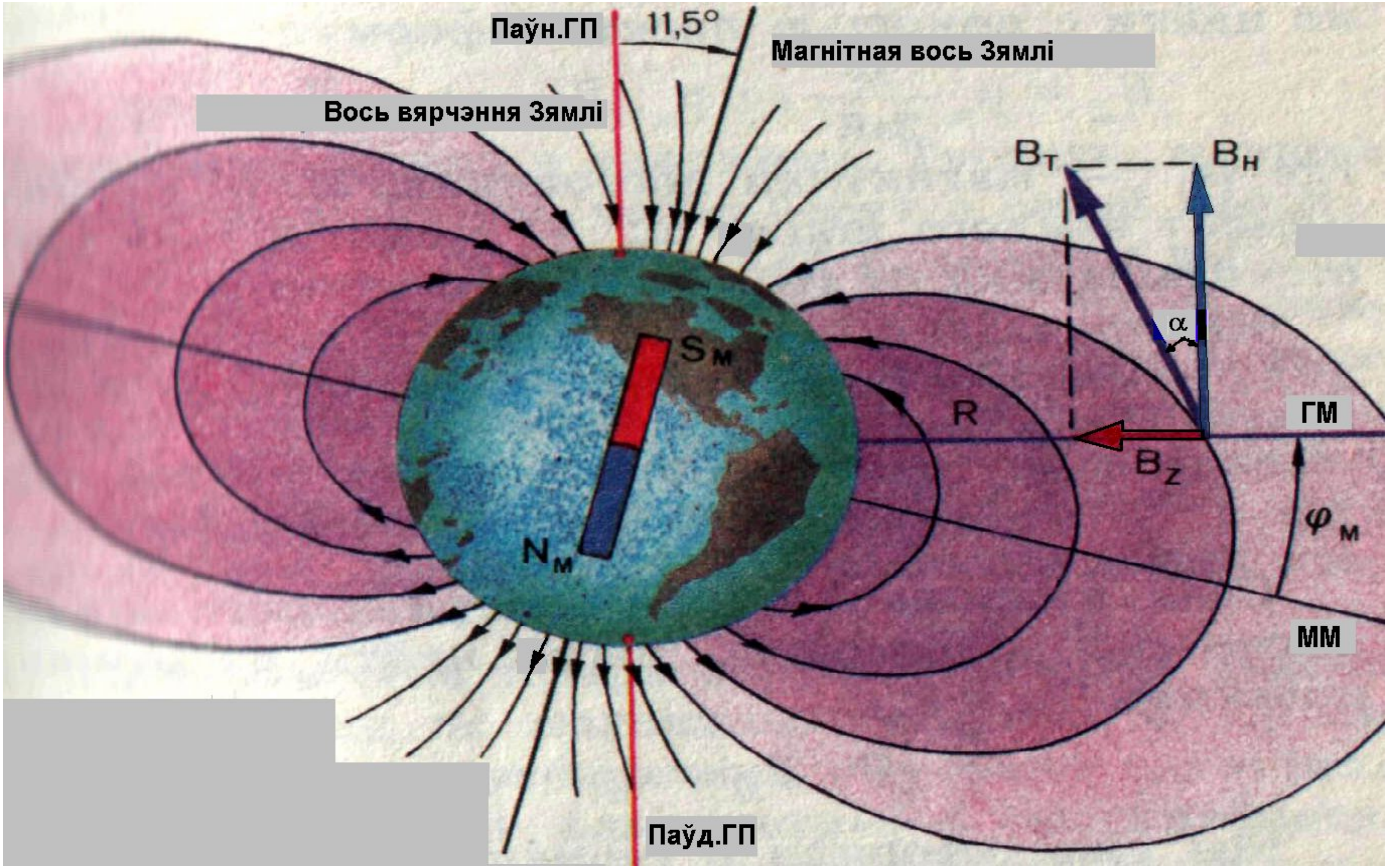
$B_н$ – гарызантальная складальная індукцыі магнітнага поля,

B_z – вертыкальная складальная індукцыі магнітнага поля,



α - магнітнае нахіленне,

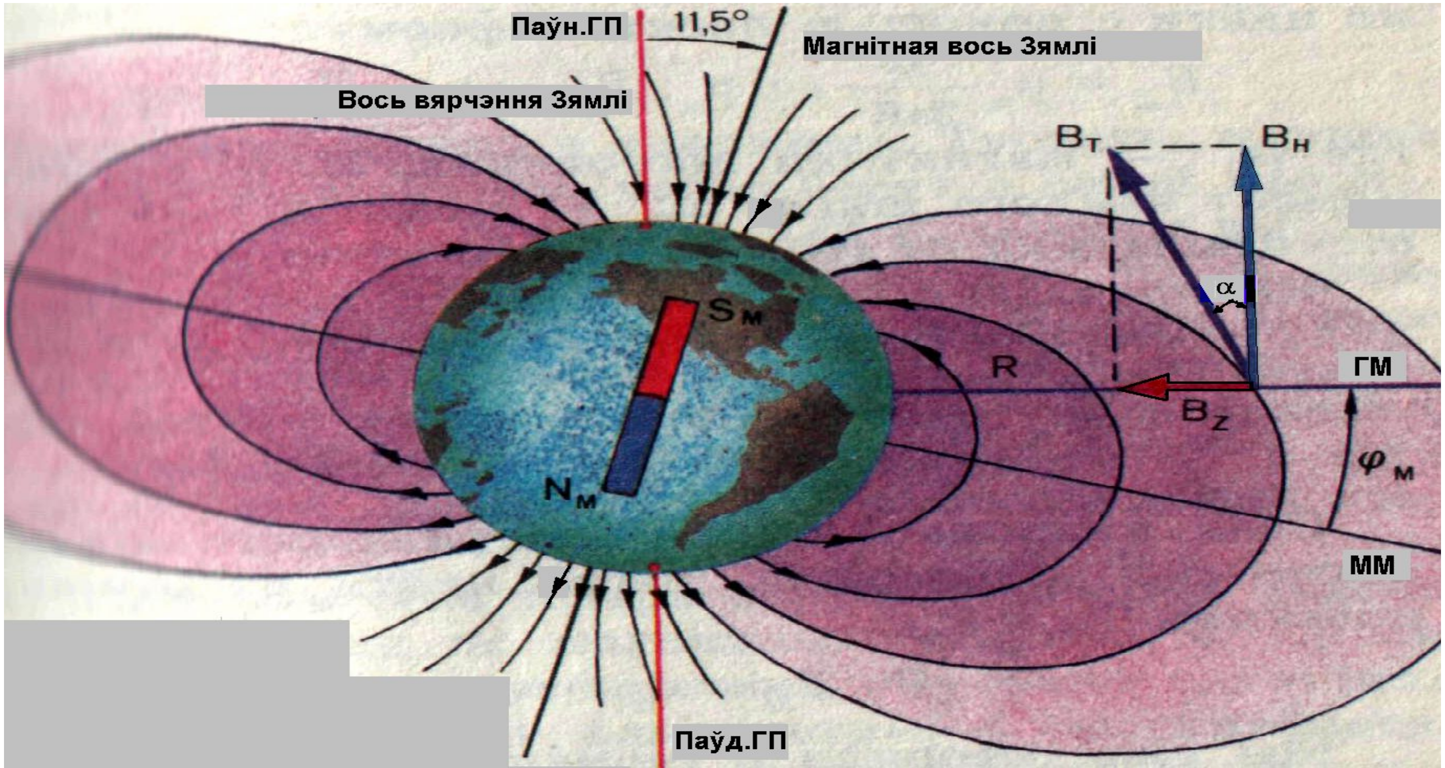
$\phi_м$ – магнітнае схіленне.



Накірунак стрэлкі компаса ў кожным пункце Зямлі супадае з магнітным мерыдыянам.

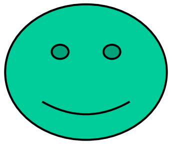
Каля магнітных полюсаў стрэлка компаса займае вертыкальнае становішча($\alpha=90^0$, $B_т=B_z$).

На магнітным экватары ($\alpha=0^0$) стрэлка займае гарызантальнае становішча ($B_т=B_н$).



Напружанасць геамагнітнага поля ($H=B/\mu_0\mu$) не вялікая каля 25 А/м на экватары і 48 А/м – на полюсах.

Гэта вельмі слабое магнітнае поле, якое ўступае па напружанасці полю звычайнага школьнага магніта ў дзесяткі разоў.



Прырода зямнога магнетызму

Прырода магнітнага поля Зямлі да гэтай пары дасканала не вядома.

У сярэднявечы лічылі, што стрэлка компаса прыцягваецца таямнічай сілай Палярнай зоркі.

У XVI-XVII ст. - магнітнае поле Зямлі ствараецца высокамагнітнымі породамі ці жалезам, якія знаходзяцца ў нетрах Зямлі.

Неаднароднасць размеркавання жалезных мас у Зямлі стварае магнітныя анамаліі.

1820г. – пасля даследаў Эрстэда і гіпотэзы Ампера было зроблена шмат спробаў растлумачыць зямны магнетызм як дзеянне электрычных токаў, якія цыркуліруюць унутры Зямлі.

1835г. – тэорыя І.М.Сіманава – магнітнае поле Зямлі – сукупнасць магнітных палёў маленькіх магнітных часціц, якія роўнамерна размеркаваны ўнутры Зямлі.

У сучасны момант існуе шмат тэорый зямнога магнетызму.

Іх можна падзяліць на дзве групы.

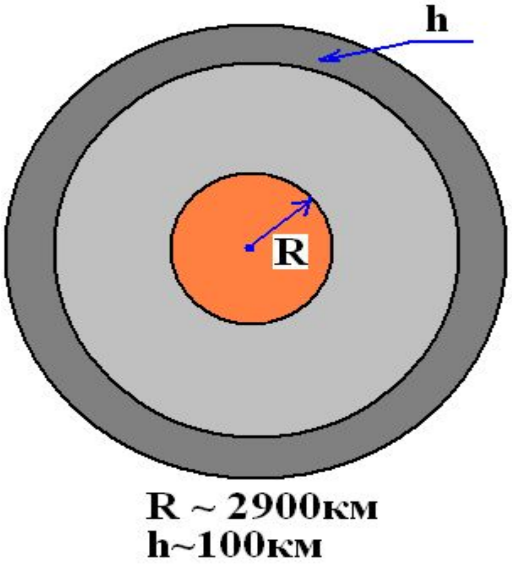
Да першай адносяцца тыя, што тлумачаць магнетызм з дапамогай электрычных такаў.

Да другой – што тлумачаць магнетызм на аснове намагнічэння парод, якія складаюць нетры зямнога шара і яго кару.

У вадкім ядры Зямлі ($R_я$~2900км) з-за рознасці тэмператур (3000 – 5000^{0}C) узнікае канвекцыйны рух матэрыі.

І калі ў ядры існуе слабае магнітнае поле, то будзе ўзнікаць электрычны ток.

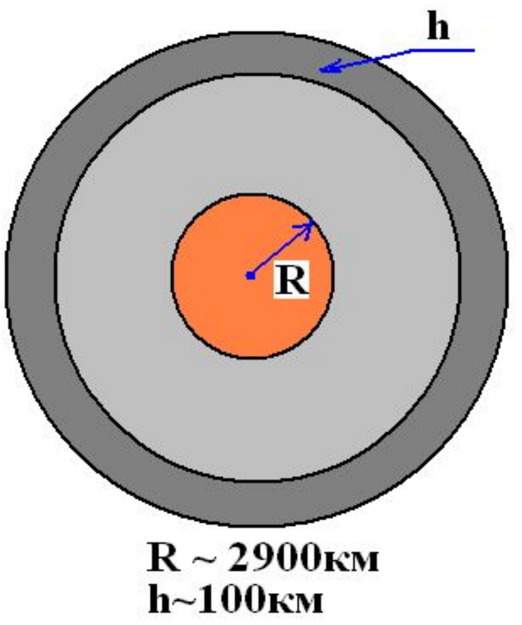
Магнітнае поле гэтых віхравых токаў утварае зямны магнетызм – дынаматэорыя (не завершана, з многімі дапушчэннямі).



Прыхільнікаў дынаматэорыі больш за іншых.

Другая тэорыя – ферамагнітная – магнетызм Зямлі тлумачыцца магнетызмам рэчыва зямной кары (h~100км), яго ферамагнітнымі ўласцівасцямі.

Дапускаюць, што ~ 30% зямнога магнетызму ствараецца ферамагнетызмам, а ~ 70% - токамі ў ядры.



Магнітная бура. Палярнае ззянне

Лепш ідуць справы з тлумачэннем сутачных змяненняў магнітнага поля Зямлі і магнітнай буры.

Калі крыніцы, што вызываюць зямны магнетызм знаходзяцца ўнутры, то крыніцы, якія вызываюць магнітную буру, з'яўляюцца вонкавымі.

Перыядычныя сутачныя варыацыі зямнога магнетызму ўзнікаюць у выніку таго, што Сонца вельмі інтэнсіўна выпраменьвае ўльтрафіялет.

Ультрафіялетавыя прамяні пранікаюць у атмасферу Зямлі.

Частка дасягае паверхні Зямлі, другая паглынаецца атмасферай.

Пры гэтым энергія ўльтрафіялетавага выпраменьвання трацiцца на іанізацыю часцiц паветра ў самых верхнiх слаях атмасферы.

У выніку гэтага ўзнікае слой з вялікай электрычнай праводнасцю – іонасфера, мяжа якой пачынаецца на вышыні каля 60км ад зямной паверхні.

Праводнасць іонасферы прыблізна роўная праводнасці марской вады (σ=3,3 Ом$^{-1}$м$^{-1}$).

Падобна вадзе акіянаў і мораў іонасфера зведвае прыліўны рух пад уздзеяннем Сонца.

Рух асобных вобласцей іонасферы ў магнітным полі Зямлі прыводзіць да ўзнікнення электрычных токаў складанай канфігурацыі.

Гэтыя токі ствараюць у іонасферы магнітнае поле, якое назіраецца на Зямлі ў выглядзе сутачных варыяцый (змяненняў).

Яны залежаць ад палажэння Сонца на працягу сутак.

Летнім днём, калі ўльтрафіялетавае выпраменьванне Сонца вельмі інтэнсіўнае, сутачныя варыяцыі магнітнага поля Зямлі бываюць вялікімі і неспакойнымі.

Зімовай ноччу, яны маюць меншую велічыню і працякаюць спакойна.

Магнітная бура. Паверхня Сонца часам пакрываецца цёмнымі плямамі, што ўзнікаюць у момант сонечных успышак (выбухаў).

Па сваёй магутнасці гэтыя ўспышкі роўныя выбухам многіх тысяч атамных бомбаў.

Пры гэтым Сонца выпраменьвае магутныя патокі пратонаў і электронаў з хуткасцю (1000–2000)км/с, якія утвараюць сонечны вецер.

Крыніцай гэтых патокаў з’яўляецца сонечная карона.

Гэтыя часціцы праз суткі ці двое дасягаюць Зямлі і ахопліваюць яе магутным воблакам.

Пад уздзеяннем магнітнага поля Зямлі паток зараджаных часціц падзяляецца: пратоны адхіляюцца ў адзін бок, электроны – у другі.

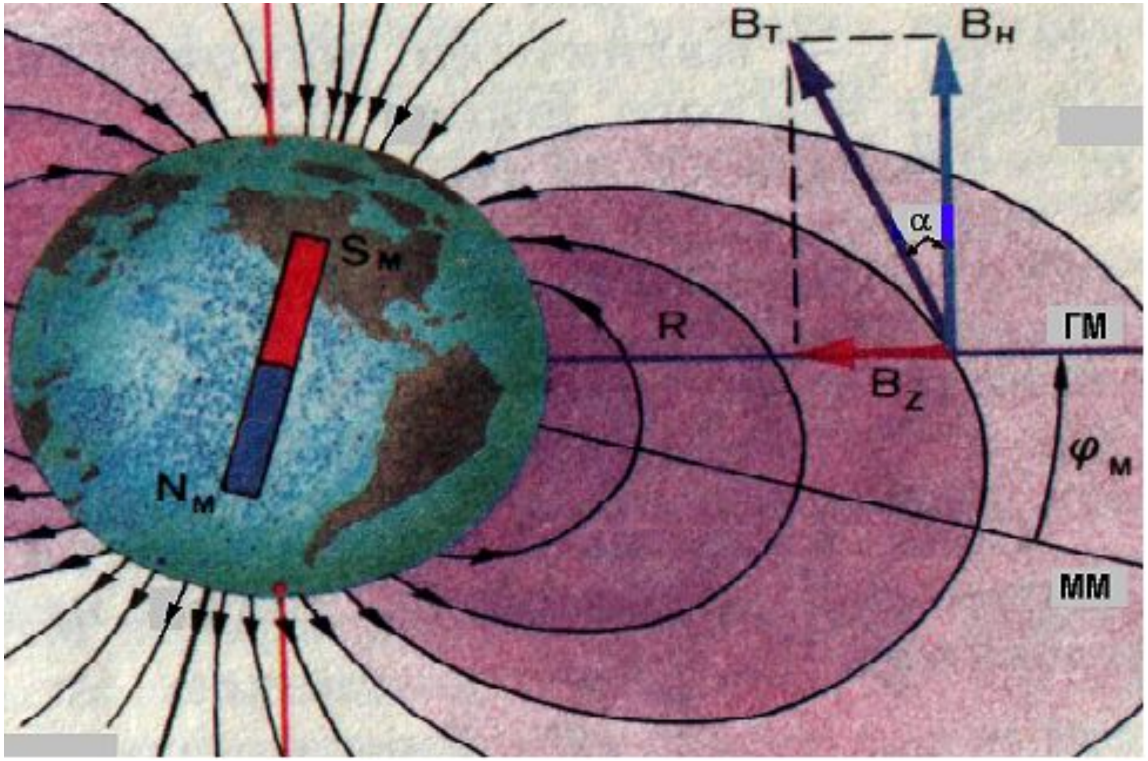
Калязямная вобласць прасторы, дзе на часціцы пачынае дзейнічаць магнітнае поле Зямлі, называецца магнітасферай.

Пад уздзеяннем сілы Лорэнца

$F = q \vartheta B \sin\alpha$ **зараджаная часціца рухаецца па спіралі вакол лініі магнітнай індукцыі.**

Гэта прыводзіць да ўзнікнення токаў вакол Зямлі на адлегласцях ~ (20000–30000)км ад яе.

Гэтыя токі ствараюць дадатковая магнітнае поле, што прыводзіць да ўзмацнення магнітнага поля Зямлі ў асобных месцах прасторы.



Гарызантальная складальная $B_н$ геамагнітнага поля пры гэтым павялічваецца.

Так узнікае магнітная бура (павелічэнне магутнасці магнітнага поля), якая ахоплівае зямны шар.

Магнітная бура доўжыцца ад некалькіх гадзін да некалькіх дзён, пакуль не рассеяцца воблака зараджаных часціц.

У сувязі з тым, што каля полюсаў магнітнае поле Зямлі больш магутнае, канцэнтрацыя пратонаў і электронаў там максімальная.

Таму ў палярных раёнах змяненні магнітнага поля назіраюцца часцей і бываюць больш інтэнсіўнымі.

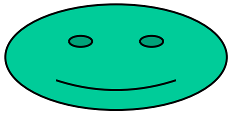
У палярных раёнах узнікае цікавая і прыгожая з’ява – палярнае ззянне (паўночнае ззянне).

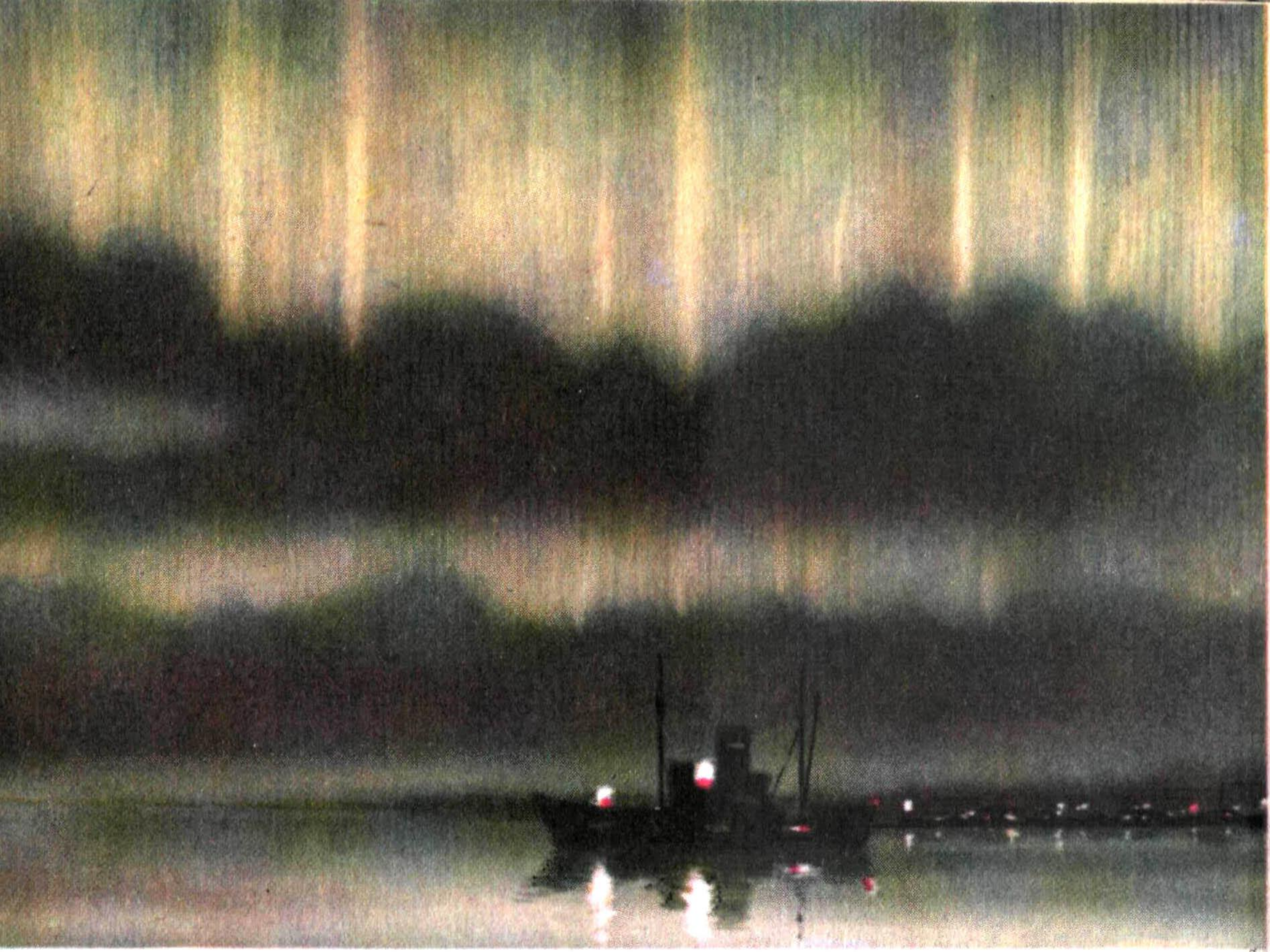
Гэта ззянне ўяўляе ні што іншае як свячэнне верхніх слаёў атмасферы на вышынях каля 100км.

Свячэнне выклікаецца патокам зараджаных часціц, якія іанізуюць атмасферу.

Аднак доля зараджаных часціц, якія пранікаюць у зямную атмасферу, вельмі малая ў параўнанні з іх патокам, які сустракае магнітасфера нашай планеты.

Такім чынам, геамагнітнае поле надзейна засцярагае біясферу Зямлі ад пагубнага дзеяння сонечнага ветра.





Прымяненне зямнога магнетызму

У сучасны момант увесь зямны шар пакрыты **сеткай устаноў**, якія праводзяць сістэматычныя даследаванні магнітнага поля Зямлі.

На значнай частцы зямнога шара праведзена **аэрамагнітнае зніманне.**

На падставе гэтага выпрацоўваюцца дастаткова надзейныя **магнітныя карты** для марской і паветранай навігацыі, а таксама для геалогіі, тапаграфіі і іншых мэт.

Больш за **150** буйных магнітных абсерваторый свету здзяйсняюць непарыўныя рэгістрацыі магнітнага поля Зямлі.

У XX ст. зямны магнетызм стаў шырока выкарыстоўвацца ў геалогіі.

Магнітаметрычныя прыборы атрымалі шырокае прымяненне для пошуку карысных выкапняў, у першую чаргу, жалезнай і іншай руды, неабходных для прамысловасці.

Прымяненне магнітнага метаду разведкі карысных выкапняў пачало вельмі эфектыўна выкарыстоўвацца з 1936г.

Расейскі геафізік А.А.Лагачоў пабудаваў прыбор, які дазваляў праводзіць магнітаразведку з самалёта.

Гэта прывяло да павелічэння скорасці і дакладнасці разведкі.

Дало магчымасць ажыццяўляць яе ў месцах недаступных для чалавека (горы, тайга, балота, пустыні).

Цяпер аэрамагнітнае зніманне выкарыстоўваецца ва ўсім свеце.

З дапамогай аэрамагнітометраў, размешчаных на ракетных снарадах, атрыманы звесткі аб магнітным полі на вышынях ад 100км да 10^6км.

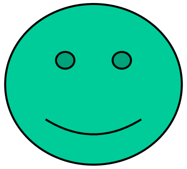
Былі праведзены вымярэнні магнітных палёў Месяца і Марса.

У апошні час узнік яшчэ адзін накірунак практычнага выкарыстання зямнога магнетызму – **інжынерны.**

Пры будаўніцтве гідрастанцый, плацін, каналаў важна ведаць, якія пароды залягаюць у месцах будаўніцтва.

Ці вытрымаюць яны нагрузку гэтага магутнага збудавання. Так узнікла **інжынерная геафізіка.**

Вывучэнне магнітных уласцівасцей горнай пароды прывяло да адкрыцця **палеамагнетызму.**



Палеамагнетызм

Магнітныя анамаліі Зямлі ствараюцца пародай, якая складае зямную кару, і валодае рознай уласцівасцю і намагнічаннасцю (граніты, базальты і г.д.).

Кавалкі гэтай пароды ўяўляюць прыродныя магніты, якія былі намагнічаны полем Зямлі ў працэсе крысталізацыі з расплаўленнай магмы.

Магнітныя ўласцівасці пародзе надае магнетыт, утрыманне якога ў базальтах складае (10-15)%.

Дзякуючы наяўнасці магнетыту каменная парода зберагае тое намагнічэнне, якое яна набыла ў момант свайго ўзнікнення.

Такое намагнічэнне называецца пастаянным ці астатковым.

Астатковае намагнічэнне – гэта своеасаблівая “магнітная памяць” ці “магнітны адбітак”.

Падобна памяці чалавека парода ўтрымлівае свае магнітныя ўспаміны ў выглядзе астатковага намагнічэння.

Астатковае намагнічэнне цяпер называюць палеамагнетызмам ці “выкапнёвым магнетызмам”.

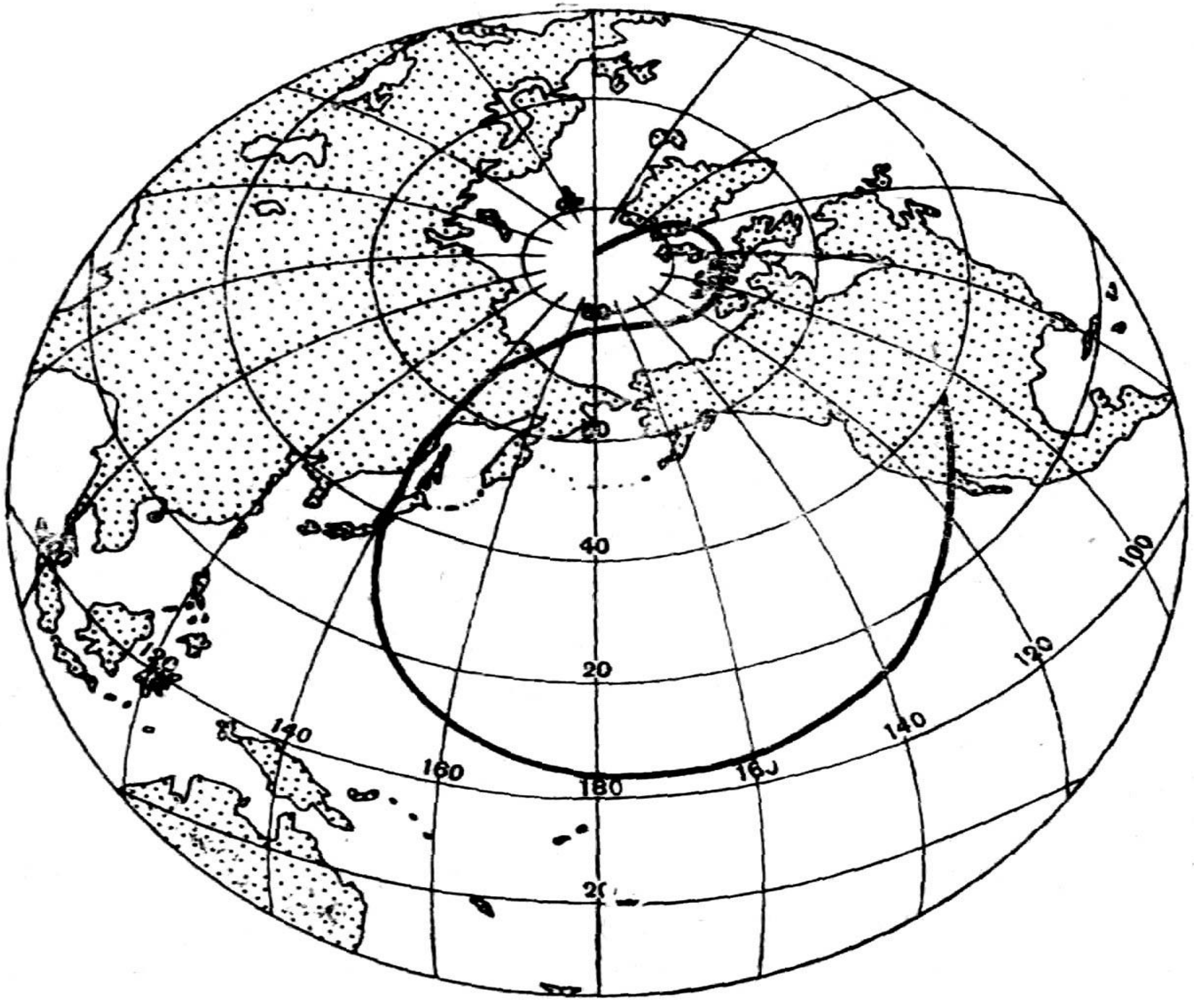
Палеамагнетызм – навука аб магнітным полі Зямлі ў мінулыя геалагічныя эпохі.

Метадамі палеамагнетызму можна дастаткова надзейна вызначыць велічыню і накірунак магнітнага поля Зямлі ў мінулым.

Зрабіць высновы аб геалагічных працэсах, якія прайшла парода з дня свайго існавання.

Палеамагнітныя даследаванні паказваюць, што зямное магнітнае поле на працягу $4 \cdot 10^9$ гадоў, якія прайшлі з моманту ўзнікнення планеты Зямля, зведало значныя змяненні.

Так, з часоў палеазойскай эры (~ 570 млн. гадоў назад) магнітныя полюсы Зямлі, размешчаныя ў раёне экватара, паступова змяшчаліся на поўнач.



“Выкапнёвы магнетызм” выяўлены ў кераміцы (гліняны посуд, цагліны і інш.)

Вывучэнне гісторыі геамагнітнага поля па кераміцы называецца археамагнетызмам.

Магнетызм і жывая прырода

Клеткі – гэта “цаглінкі”, з якіх пабудавана ўсё жывое на Зямлі.

Жывая клетка ў біялогіі іграе такую ж ролю, як атам у фізіцы.

Як вядома, клетка складаецца з нуклеінавай кіслаты і бялка, якія вызначаюць спадчыннасць, нервовую дзейнасць, рост і развіццё арганізма.

Біяфізікі ўстанавілі цікавыя залежнасці паміж магнітнымі і электрычнымі ўласцівасцямі (з’явамі) і цыкламі дзялення клеткі.

Доследы з **насеннем** пшаніцы, кукурузы і гароха паказалі, што іх прарошчванне адбывалася больш эфектыўна, калі іх зародкі былі звернуты ў бок паўднёвага магнітнага полюса Зямлі.

У **карасей** выпрацоўваюцца ўмоўныя рэфлексы на магнітнае поле.

Вусікі **мураў'ёў** размяшчаюцца паралельна слабаму магнітнаму полю.

У **мышэй**, якія знаходзяцца ў магнітным полі, колькасць белых цельцаў у крыві спачатку паніжаецца, а затым узрастае.

Адсюль выснова: магнітнае поле дзейнічае на крыватворныя органы жывога арганізма прама процілегла іанізуючай радыяцыі.

Узнікае пытанне: ці не можа магнітнае поле служыць аховай ад прамянёвага ўздзеяння?

Дослед: мышэй ва ўзросце 9 і 40 тыдняў трымалі на працягу (5 - 14) дзён у пастаянным магнітным полі, а затым іх апраменьвалі радыеактыўным кобальтам.

Аказалася, што пасля гэтага ад іанізуючага выпраменьвання мышэй гіне на (5 – 30)% меней, чым звычайна.

Калі ў магнітнае поле змясціць мышэй адразу пасля апраменьвання, то выжывае іх у два разы больш.

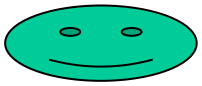
Цікава, што пад уздзеяннем магнітнага поля адбываецца амаладжэнне старых мышэй – іх футра становіцца гладкай, бліскучай, скура губляе складкі.

Магнітнае поле ўплывае і на чалавека.

Медыкі выявілі, што ў перыяды магнітнай буры павялічваеццца колькасць сардэчна-сасудзістых захворванняў, павышаецца смяротнасць, пагоршваецца стан хворых, якія пакутуюуь ад гіпертаніі.

Здаровы арганізм, як правіла, адаптуецца да змянення вонкавых умоў.

У хворага адаптацыя паніжаецца, што прыводзіць да адмоўнага ўздзеяння на іх электрычных і магнітных палёў.



Компас

“Магнітны компас – прыбор маленькі, але без яго Амерыка не была бы адкрыта!” – гаворацць маракі.

Ён стварыў эпоху караблеваджэння і сёння не згубіў свайго значэння.

4000 гадоў таму ў Кітаі была вядома здольнасць прыроднага магніта ўстанаўлівацца адным канцом на поўдзень, другі на поўнач.

Першы компас (кітайскі) – сасуд з вадой – драўляны паплавок, а на ім карычневы камень (магніт), які “любіць жалеза”.

Кітайцы пісалі: ”Магніт – гэта камень, які дае накірунак магнітнай іголцы”.

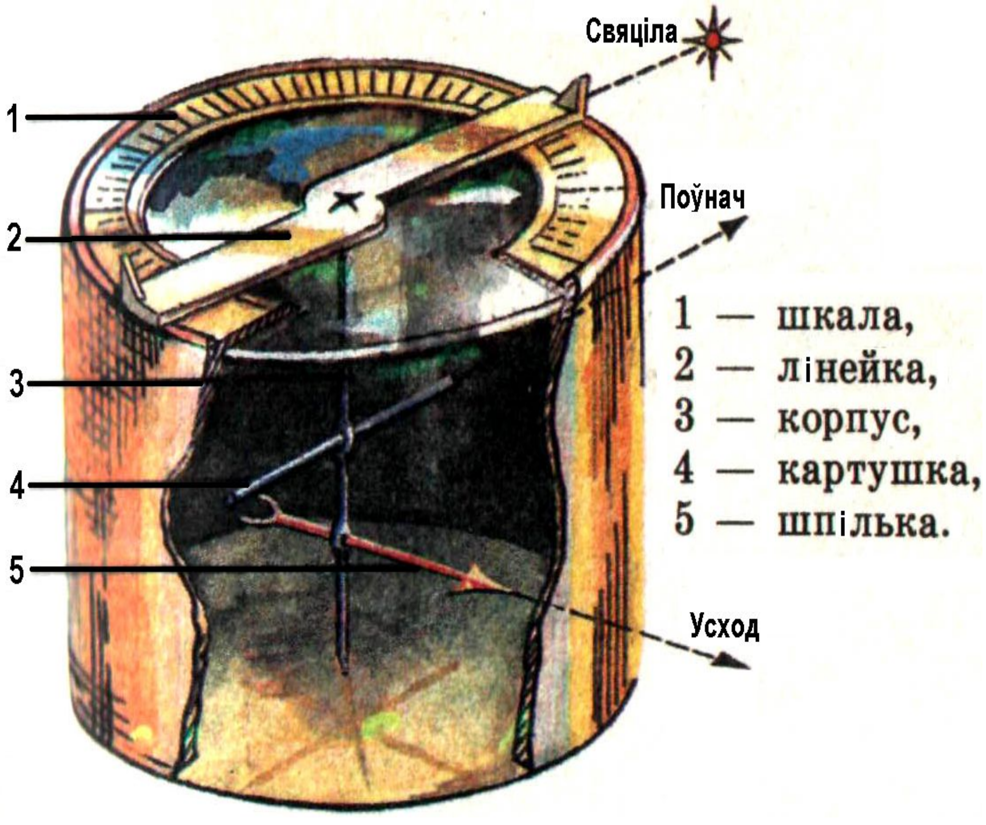
Компас па англійскі: намагнічанай жалезнай іголкай пратыкалі саломінку, якая плавала ў вадзе, і па вярчэнню сістэмы іголка-саломінка вызначалі накірунак на поўнач.

У 1269 годзе французскі вучоны Пьер дэ Мерыкур (Перэгрын) стварае дзве канструкцыі магнітных компасаў.

Адзін з іх утрымлівае магніт, што плавае, другі – “сухую” намагнічанную сістэму, якая паварочваецца разам з вертыкальнай воссю.

Асаблівасць “сухога” компаса ў тым, што ён утрымлівае шкалу, якая мае 360 дзяленняў і спецыяльную лінейку, з дапамогай якой можна вымяраць азімуты свяціл.

Кітайцы лічылі, што стрэлка компаса паварочваецца да Палярнай зоркі.

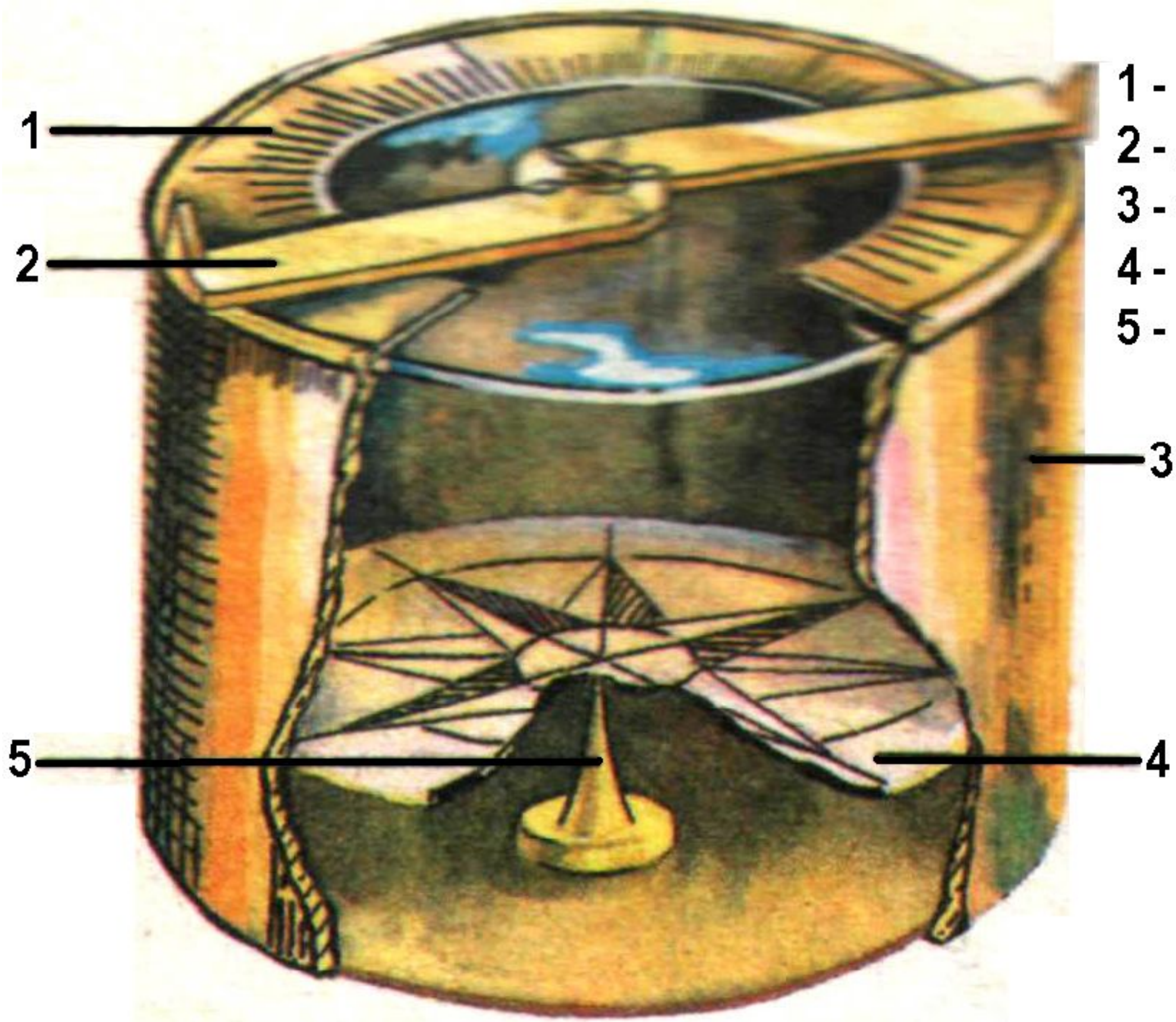


Перэгрын – да полюса.

Ён прыйшоў да высновы:

зямны магнетызм – прычына павароту стрэлкі магнітнага компаса.

Компас італьянца Флавіа Жыойя (пачатак XIV ст.)



1 - шкала,
2 - лінейка,
3 - стрэлка,
4 - іголка,
5 - вось.

Лічыцца, што Флавіа Жыойя стварыў картушку – паперны круг, змацаваны з магнітнай стрэлкай, і падзеляны на 32 часткі, якія вядомы маракам пад назвай румбаў ці “розы вятроў”.

У такім выглядзе без значных змяненняў компас існуе і ў нашы дні. “Компас” ад старажытнага англійскага “compass”, што азначае “круг”.