

4-маъруза

МАГНИТ МАЙДОНИ. ЎЗГАРМАС ТОКНИНГ МАГНИТ МАЙДОНИ

РЕЖА:

1. Магнит ва магнит майдонлари.
2. Ўзгармас токнинг магнит майдони.
3. Био-Савар-Лаплас қонуни.
4. Чексиз узун тўғри чизик шаклидаги ўтказгичдан ўтаётган (тўғри ток) магнитмайдон индукциясини ҳисоблаш.
5. Айланма токли ўтказгич марказидаги магнит майдон индукциясини ҳисоблаш.
6. Токли соленоид марказидаги магнит майдон индукциясини ҳисоблаш.

Магнит ва магнит майдонлари. Магнетизм тарихи минг йилларга бориб тақалади, улардан биринчилари Кичик Осиёнинг Магnezия деган жойидан топилган тошлар бўлиб, улар орасида тортишиш кучи бир-бирларини тортиб турган. Бу тошлар топилган жойи номига «МАГНИТ» деб аталган. Ўн тўққизинчи асргача магнетизм ва электр токи бир бирига боғлиқлиги кашф қилинмаган. Кейинчалик электр токи оқими магнит майдони ҳосил қилиши аниқланган. Хамма турдаги электр жихозлари, компасдан тортиб то мотор, овоз кучайтиргич, компьютер хотираси ва генераторлар ҳам магнетизмга боғлиқдир.

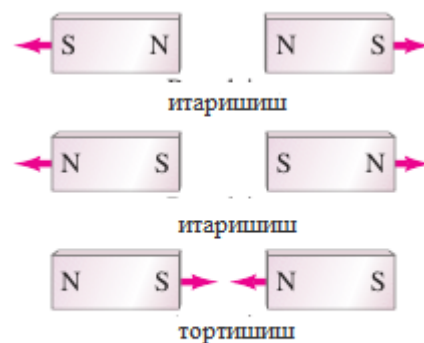
Маълумки, магнитлар ўзларига темирдан ясалган буюмларни тортадилар. Исталган магнит ҳох у тўғри туртбурчак ёхуд тақа шаклида бўлишидан қатъий назар, унинг иккита кутби бўлади. Агар тўғри туртбурчакли магнитни ўртасидан ўқ ўтказсак ва у ўқ атрофида эркин айланса, унинг битта учи доим шимолни кўрсатади. Бу факт қачон топилгани номаълум, лекин хитойликлар буни ўн биринчи асрда балки аввалроқ буни навигацияда қўллаган.

Жумладан, компаснинг ишлаши ҳам шу принципга асосланган. Компас стрелкаси - бу оддийгина магнит бўлиб, унинг оғирлик марказига таянч қўйилган ва у эркин айлана олади. Эркин осилиб турган магнитнинг шимолга қараган кутби магнитнинг шимолий кутби (N) дейилади. Қарама қарши кутб эса жанубга қараган бўлиб, у жанубий кутб (S) дейилади.

Маълумки, агар иккита магнитни бир бирига яқинлаштирадик улар орасида куч пайдо бўлади. Магнитлар бир бири билан ё тортишади, ёки итаришади; уларнинг таъсирлашуви хаттоки улар бир бирига тегмаса ҳам кузатилаверади. Агар бир магнитнинг шимолий кутбига иккинчи магнитнинг



20-1 РАСМ



20-2 РАСМ

шимолий кутбини яқинлаштирсак, улар итаришадилар; худди шу ҳол улар жанубий кутблари яқинлаштирилса ҳам кузатилади. Аммо, агар бир магнитнинг шимолий кутбини иккинчисининг жанубий кутбига яқинлаштирсак, тортишиш пайдо бўлади (20-2-расм). Бу электр зарядлари таъсирлашишини эслатади: бир хил кутблар итаришади, ҳар хил кутблар тортишади.

Кучли магнит хоссалар фақат темир ва бошқа бир нечта моддаларда кузатилади, масалан кобальт, никел, гадолий. Бу моддалар ферромагнит дейилади (лотинчадан феррум - темир). Қолган бошқа моддалар ҳам магнит хусусиятларига эга, аммо улар шу даражада заифки, уларни сезгир асбоблар билан аниқлаш мумкин.

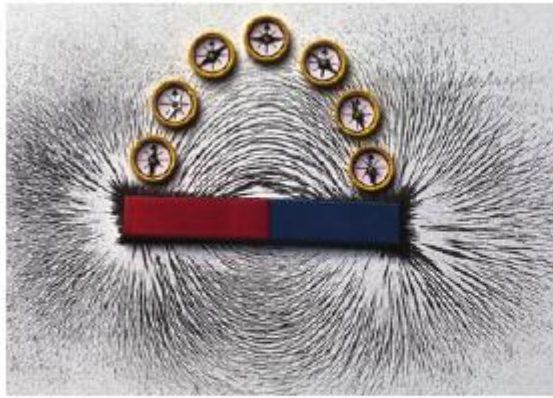
Биз электр зарядини ўраб турган электр майдон тушунчаси қанчалик фойдали эканлигини кўрган эдик. Худди шунга ўхшаб, магнит атрофида ҳам магнит майдон мавжудлиги хақидаги тасаввур ўринли. Бир магнитнинг иккинчисига таъсир кучини бир магнит билан иккинчи магнитнинг магнит майдони ўзаро таъсири натижаси сифатида қараса бўлади. Худди электр майдони куч чизикларини тасвирлаганимиздек, магнит майдони куч чизикларини ҳам тасвирласак бўлади. Электр майдонидагидек, улар кўйидагича ўтказилади

1) Магнит майдони ҳар бир нуктада куч чизиғига уринма бўйича йўналган.

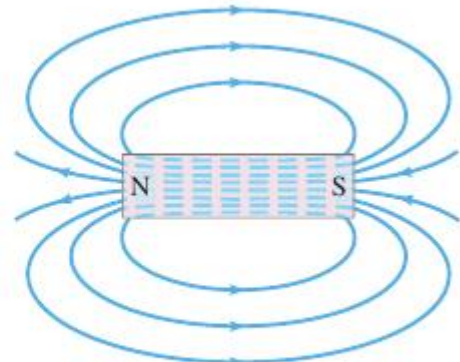
2) Юза бирлигига тўғри келувчи чизиклар сони магнит майдон қийматига пропорционал.

Магнит майдон йўналишини аниқлаш учун, шу нуктага магнит стрелкаси киритилади ва унинг шимолий кутби қараган тараф магнит майдон йўналишига мос келади. 20-4-расмда эса худди шу усулда чизилган магнит майдон куч чизиклари кўрсатилган. Бизнинг таърифга мос равишда куч чизиклар магнитнинг шимолий кутбидан жанубий кутбига йўналганлигига эътибор берамиз. 20-4 -расм. Стерженсимон магнит куч чизикларининг магнит стрелкаси ёрдамида тасвирланиши.

Ихтиёрий нуктада магнит майдонни йўналиши юкорида айтилганидек аниқланадиган B вектор сифатида аниқлаш мумкин. B катталики магнит стрелкаси магнит куч чизиклари бўйича жойлашмаганда унга таъсир килувчи айланма моменти орқали аниқласа бўлади. Момент қанчалик ката бўлса магнит майдони шунчалик кучли бўлади. Хозирча биз фақат шу (унчалик тўғри бўлмаган) таърифдан фойдаланамиз; аниқрок таъриф кейинги бўлимларда берилади. B векторни оддийгина “магнит майдон” деб эмас, “магнит оқим зичлиги” ёки магнит индукцияси деб аташ афзалроқ.



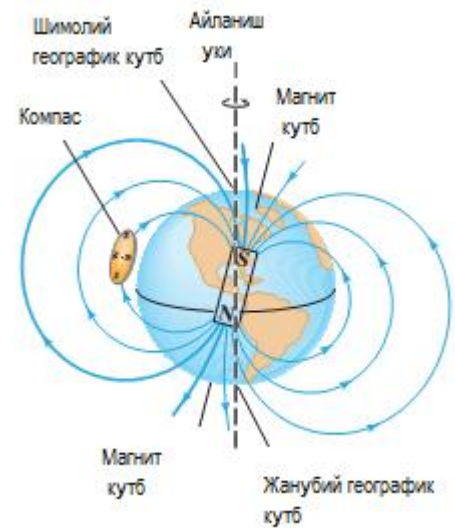
(a)



(b)

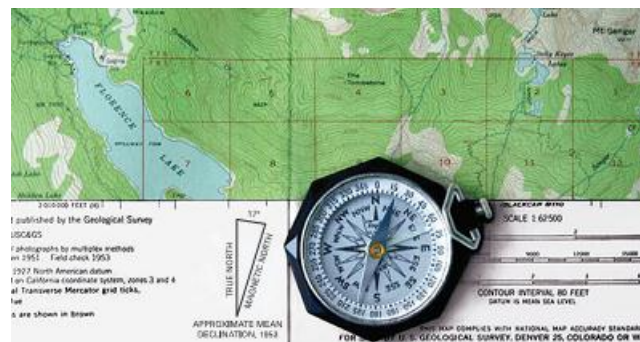
20-4 РАСМ

Ернинг магнит майдони. Ернинг магнит майдони 20-5 расмда кўрсатилган ва Ернинг эриган темир ташқи ядроси электр тоқлари ёрдамида ҳосил қиоинади деб ҳисобланади. Майдон чизиқлари модели деярли Ер ичида ҳаёлий магнит бўлаги бордек назарда тутилади. Компаснинг шимолий кутб (N) игнаси шимолга қарагани билан, географик шимолда жойлашган Ернинг магнит кутби магнит нуктаи назаридан жанубий кутбдир, қайсики 20-5 расмда S орқали Ер ичидаги схематик магнит бўлагида кўрсатилган. Эсингизда булсин, магнитланган шимолий кутб бошқа магнитланган жанубий кутбни жалб этади. Шундай булсада, шимолда Ер кутби ҳали ҳам “шимол магнит кутби” деб аталади, ёки "геомагнетик шимол" деб ҳам аталади, шунчаки шимолда жойлашганлиги учун. Худди шундай, географик Жанубий кутбга яқин Ер жанубий магнит кутби, магнит нуктаи назардан шимолий кутби (N) дир.

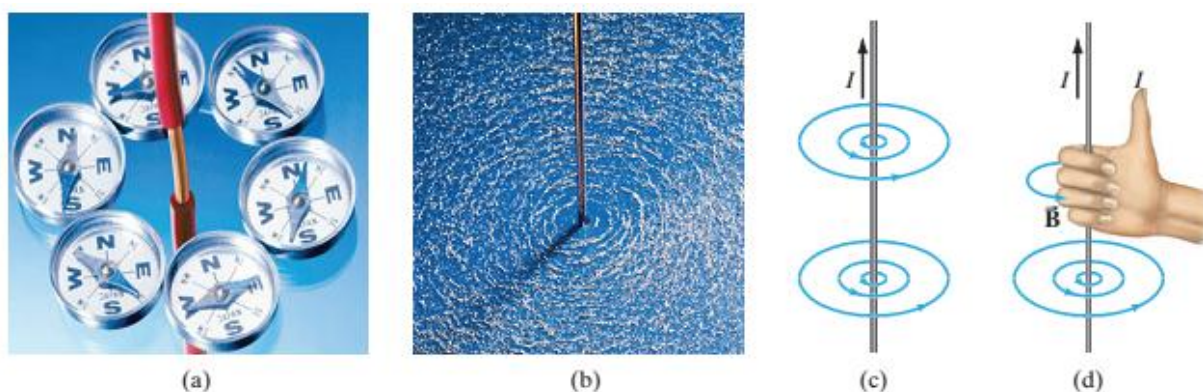


20.5-расм

Ер магнит кутблари Ернинг айланиш укида жойлашган географик кутблар билан мос келмайди. Шимолий магнит кутби, масалан, Канада Арктикасида жойлашган булиб, географик шимолий кутбидан 1000 км масофада жойлашган, ёки бошқача килиб айтилганда шимол дейилади. Компасдан аниқ фойдаланиш учун бу фарқ ҳисобга олиниши керак (20-6 расм).



Исталган жойлашувдаги компас игнаси (магнит майдон чизиклари буйлаб ишора) йуналиши билан ҳақ (географик) шимол орасидаги бурчак фарқи магнит оғиш дейилади. АҚШ да жойлашишига қараб, тахминан 0° дан 20° орасида бўлади. 20-8 расм (а) Ток-ташувчи симнинг олдида компас стрелкасининг магнит майдоннинг йуналишини ва мавжудлигини курсатган холдаоғиши. (б) Темир кипикларини ток-ташувчи симнинг олдида ҳосил булган магнит майдон чизиклари йуналиши буйлаб ҳаракатланиши. (с) Симдаги электр токи буйлаб йуналтирилган магнит майдон чизиклари тасвири. (д) Магнит майдон йуналишини эслаш учун унғ кул коидаси: қачонки бош бармоқ ток йуналишини курсатганда, сим буйлаб букилган панжалар магнит майдон йуналишини акс этади (B магнит майдон белгиси).

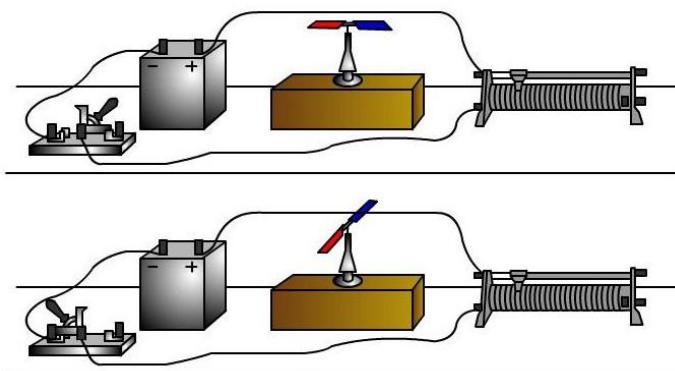


20.8-расм

Магнит майдонини фақат доимий магнитлар ҳосил қилмайди, балки электр токи ҳам магнит майдон ҳосил қилади (Ерстеднинг буюк тажрибалари). Айнан мана шу жиҳатига кўра магнит майдони алоҳида эътибор билан ўрганилади. Магнит майдонининг энг оддий ҳоли бир жинсли магнит майдонидир, қайсики нуқтадан нуқтага ўтганида ўзгармайдиган. Кенг жойларда бир жинсли магнит майдонини ҳосил қилиш бир мунча қийин иш ҳисобланади. Доимий магнит майдони ҳосил қилувчи жисмнинг (доимий магнит) магнит қутблари текисликдан иборат бўлса, бир жинсли магнит майдонига яқин бўлган магнит майдон ҳосил қилиш мумкин.

Фақат доимий магнитнинг четларида бир жинслилик бузилади. Магнит майдон куч чизиклари бир-бирига нисбатан параллел жойлашган бўлса, магнит майдони бир жинсли деб ҳисобланади. Лекин кўпинча магнит майдони нуқтадан нуқтага ўтганида ўзгариб турадиган магнит майдони, яъни бир жинсли бўлмаган магнит майдонига дуч келинади. Биз бир неча оддий ҳолларда магнит майдон индукцияси векторини қандай ҳисоблаб топишни ва магнит майдони ва унинг манбалари орасидаги боғланишларни кўриб чиқамиз.

1820 йилда Даниялик физик Г.Х.Эрстед (1777-1851) тажрибаларда электр токини магнит стрелкасига таъсирини аниқлаган.



20.9-расм. Ўзгармас ток атропоида магнит майдони ҳосил қилиш бўйича Эрстед тажрибалари.

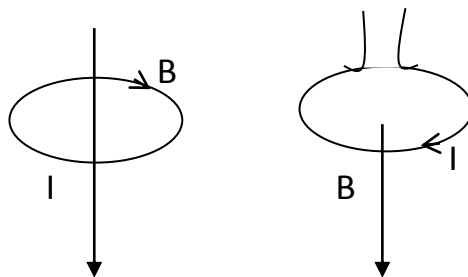
Тажрибаларнинг кўрсатишича тоқларнинг ўзаро ва магнит стрелкасига таъсирига сабаб шуки ҳар қандай тоқли ўтказгич атропоида алоҳида табиатли магнит майдони ҳосил бўлади ва бу магнит майдон иккинчи тоқли ўтказгичга ёки магнит стрелкасига таъсир кўрсатади. Магнит майдонни текшириш учун, майдоннинг текшириляётган нуқтасига тоқли берк контур киритилади ва уни «синов контури» деб аталади.

Контурнинг миқдорий характеристикаси сифатида контурдан ўқтувчи тоқ кучи I ни контурнинг юзи S га кўпайтмасидан фойдаланилади. Бу кўпайтма контурнинг магнит моменти деб аталади ва P_m деб белгиланади.

$$P_m = I \cdot S \quad (1)$$

Агар магнит майдоннинг танлаб олинган нуқтасига магнит моментлари (P_m) турлича бўлган синов контурларини киритсак, уларга таъсир этувчи айланма моментларнинг максимал қийматлар (M_{max}) ҳам турлича бўлади. Лекин ҳар бир синов контурига таъсир этувчи максимал айланма моменти (M_{max}) нинг P_m га нисбати магнит майдоннинг шу нуқтаси учун ўзгармас катталиқ бўлади, яъни

$$\frac{M_{max}}{P_m} = const \quad (2)$$



20.10-расм.

Берк контурдаги магнит майдон индукция векторининг ҳосил бўлиши ва йўналиши схемаси. Бу нисбат магнит майдоннинг миқдорий характеристикасини ифодаляди ва магнит индукция (B) деб аталади. Магнит индукцияси вектор катталиқ бўлиб, унинг йўналиши майдоннинг

текширилаётган нуқтасига киритилган «синов контури»нинг мувозанат вазиятдаги

$$\bar{B} = \frac{\bar{M}_{\max}}{P_m} \quad (3)$$

мусбат нормаларнинг йўналиши билан, қиймати эса синов контурига майдон томонидан таъсир этувчи айланма моментининг максимал қийматини синов контурининг магнит моментига бўлган нисбати билан аниқланади. СИ да магнит индуксияни ўлчов бирлиги 1 тесла.

$$[B] = \left[\frac{M_{\max}}{P_m} \right] = \frac{N \cdot m}{A \cdot m^2} = T \text{ (Tesla)} \quad (4)$$

1 тесла (1Т) магнит майдон шундай нуқтасининг магнит индуксиясику бу нуқтага киритилган магнит momenti $1 \text{ A} \cdot \text{m}^2$ бўлган ясси контурга магнит майдон томонидан таъсир этадиган айлантирувчи моментнинг максимал қиймат $1 \text{ N} \cdot \text{m}$ га тенг бўлиши лозим.

Био – Саваар-Лаплас қонуни. 1820-йили Француз олимлари Био ва Ф.Саваар турли шаклдаги токли ўтказгичдан атрофидаги магнит майдонларини текшириш натижасида токли ўтказгичдан r масофадаги нуқтанинг магнит индуксияси ўтказгичдаги ток кучига (I) тўғри пропорционал, r га эса тескари пропорционал эканлигини аниқладилар. Майдонлар суперпозитсия принципага кўра қуйидагича таърифланади. Агар магнит майдони бир неча тоқлар туфайли вужудга келаётган бўлса, шу майдоннинг бирор ихтиёрий нуқтадаги магнит индуксияси (\vec{B}) алоҳида тоқлар вужудга келтираётган майдонларнинг шу нуқтадаги магнит индуксияларининг вектор йиғиндисига тенг:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \dots + \vec{B}_n \quad (5)$$

Био-Савар қонуни қуйидагича таърифланади: ихтиёрий токли ўтказгичдан бирор r масофадаги нуқтанинг магнит индуксияси ўтказгични элементар узунлигига, ўтказгичдан ўтувчи ток кучига, элементар ўтказгич ва ундан нуқтагача бўлган чизқ орасидаги бурчак синусига тўғри пропорционал, оралиқ масофа квадратида тескари пропорционалдир:

$$dB = k \frac{Idl \cdot \sin \alpha}{r^2}; \quad d\bar{B} = k \frac{I[d\vec{l} \cdot \vec{r}]}{r^3} \quad (6)$$

СИ тизимида

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl \cdot \sin \alpha}{r^2}; \quad d\bar{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I[d\vec{l} \cdot \vec{r}]}{r^3}$$

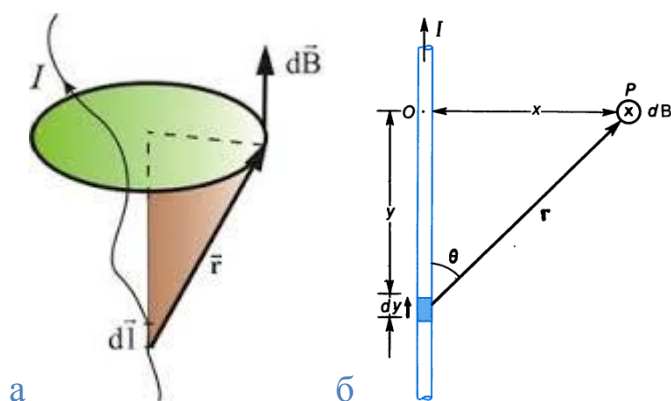
$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Gn}{m} \quad (7)$$

$d\vec{B}$ нинг йўналиши ўнг винт қоидаси асосида топилади. Магнит майдонни тавсифлашда магнит майдон индукцияси вектори \vec{B} билан биргаликда магнит майдоннинг кучланганлик вектори деб аталувчи \vec{H} физик катталиқдан ҳам фойдаланади. Агар магнит майдонининг бирор нуқтасини индукцияси B бузилса у ҳолда шу нуқтада магнит майдонининг кучланганлиги $\vec{H} = \vec{B}/\mu\mu_0$ ёки $\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}$, бунда μ - муҳитни нисбий магнит сингдирувчанлиги, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Гн}{м}$

Био-Савар-Лаплас қонунининг қўлланилиши.

Био-Савар қонунидан фойдаланиб, турли шаклдаги токли ўтказгичлар майдонларининг магнит индукциясини ҳисоблаш мумкин.

1.Чексиз узун тўғри чизик шаклидаги ўтказгичдан ўтаётган I ток (тўғри ток) туфайли вужудга келган майдоннинг магнит индукциясини ҳисоблайлик (20.11-расм). Танлаб олинган A нуқтанинг тўғри токдан узоклиги r_0 бўлсин.



20.12-расм. Био-Савар қонунига асосан I ток ўтувчи ўтказгичнинг $dl = dy$ қисмидан \vec{r} масофасидаги нуқтасидаги магнит майдон индукцияси вектори модулини аниқлаш.

Ток ўтаётган ўтказгични dl узунлидаги элиментларга ажратамиз. Бу ток элиментлари вужутга келтирган барча dB ларнинг йўналишлари бир хил бўлиб, улар чизманинг орқа томонига йўналган. Натижавий магнит майдон индукцияси B dB лар модулларининг йиғиндисидан иборат. А нуқтадан r масофа узокликдаги ток элементи вужудга келтирган магнит майдон индукциясининг модули Био-Савар қонунидан топилиши лозим бўлганлиги учун B нинг модули қуйидаги интеграллашга келтирилади:

$$B = \int dB = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int \frac{dl}{r^2} \sin \alpha \quad (8)$$

13.5-расмдан фойдалансак: $r = \frac{r_0}{\sin \alpha}$; $dl = \frac{r d\alpha}{\sin \alpha} = \frac{r_0 d\alpha}{\sin \alpha}$

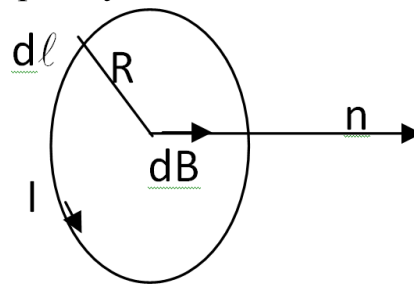
эканлигини топамиз. Шунинг учун:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int_0^\pi r_0 \frac{d\alpha \cdot \sin \alpha}{\sin^2 \alpha \cdot \frac{r_0^2}{\sin^2 \alpha}} = \frac{\mu_0}{4\pi r_0} \int_0^\pi \sin \alpha d\alpha = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_0} \quad (9)$$

бўлади. Шундай қилиб, чексиз узун тўғри ток туфайли вужудга келаётган майдоннинг ихтиёрий нуктасидан магнит индукцияси ўтказгичдан ўтаётган ток кучига тўғри пропорционал ва индукцияси ўлчанаётган нуктасининг ўтказгичдан узоқлигига тескари пропорционалдир.

2.Радиуси R бўлган айлана шаклидаги ўтказгичдан I ток ўтаётган бўлсин (6-расм).

Шу айлананинг марказидаги магнит майдон индукциясини аниқлайлик. Айлананинг ҳар бир dl элементи ва радиуси r орасидаги бурчак $\pi/2$ га тенг бўлганлиги учун Био-Савар қонунига асосан:



20. 13-расм.

3.Радиуси R бўлган айлана шаклидаги ўтказгичдан I ток ўтаётганда ҳосил бўлаётган dB магнит индукцияси:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I dl}{R^2} \quad (10)$$

Барча dB лар айнан бир хил йўналишда, яъни, айлана марказидан ўтувчи мусбат нормал бўйлаб йўналган. Шунинг учун натижавий майдоннинг айлана марказидаги магнит индукцияси:

$$B = \int dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{R^2} \int_0^{2\pi R} dl = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{R^2} 2\pi R = \frac{\mu_0}{2} \frac{I}{R} \quad (11)$$

ҳосил бўлади. Айлана шаклидаги токли контурнинг моменти

$$P_m = I \cdot S = I \pi R^2$$

бўлганлиги учун (4) ни қуйидагича ўзгартириб ёзиш мумкин

$$B = \frac{\mu_0 I \pi R^2}{2R \cdot \pi R^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2P_m}{R^3} \quad (12)$$

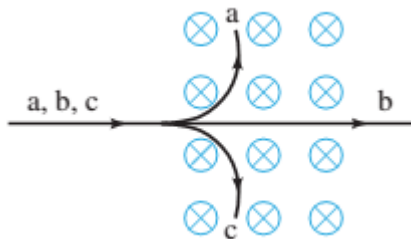
Соленоид ва тороид марказидаги майдонининг магнит индукцияси

$$B = \mu_0 I \frac{N}{l}; \quad \text{Н-ўрамлар сони}$$

$$B = \mu_0 I n \qquad n = \frac{N}{l}$$

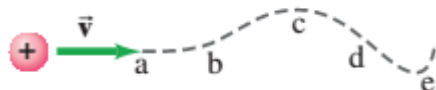
Назорат саволлари

1. Компас стрелкаси Ер сатхи буйлаб хар доим хам баланс холда параллел эмас, бир учи пастга огиб туриши мумкин. Тушунтиринг.
2. Нима учун Ернинг “шимолий кутби” аслида магнитнинг жанубий кутбилигини тушунтиринг. Кандай килиб шимолий ва жанубий магнит кутблар аникланг ва кандай килиб биз тажриба оркали шимолий кутб аслида магнитнинг жанубий кутбилигини айта оламиз.
3. Сиздан тугридан тугри кочиб харакатланетган ток ташувчи тугри сим атрофини ураган магнит майдон чизиклари йуналиши каерга караган? Тушунтиринг.
4. Такасимон магнит шимол кутби чапга ва жануб кутби унга караган холда вертикал турибти. Сим кутблар орасидан утмокда, тенг масофада, сиздан тугридан тугри кочган холатда. Симдаги куч каекка йуналган булади? Тушунтиринг.
5. Магнит алюмин еки мисдан килинган метал жисмни узига тортадими? Уриниб куринг. Нима учун шундай?
6. Икки темир устун учлари кандай бир бирига якин жойлашганидан катъий назар тортишяпти. Иккалари хам магнитми? Тушунтиринг.
7. Уйингиздаги симлардаги ток сабаб магнит майдон компасга таъсир этиши мумкин. Таъсирни тоқлар оркали тушунтиринг, агар улар узгарувчан еки узгармас ток булса.
8. Агар манфий зарядланган заррача доимимй магнит майдон кучасига кирса ва магнит майдон заррача тезлигига перпендикуляр булса, заррачанинг кинетик энергияси ошадими, камаядими еки узгармас буладими? Жавобингизни тушунтиринг.
9. а, b ва с заррачалар магнит майдонга киради ва 20-48 расм буйича харакатланади. Хар бирининг заряди хакида нима дея оласиз? Тушунтиринг.



10. Темир таек магнитни узига торта оладими? Магнит темир таекни узига торта оладими? Сиз шу саволларга жавоб бериш учун нимани хисобга олишингиз керак?

11. Доимий булмаган магнит майдонда мусбат зарядланган заррача 20-49 расмдагидек траекторияда харакатланади. Нукталардаги магнит майдон йуналишини аникланг, йул хамиша сахифа текислигида жойлашган, хар бир кисмдаги майдон нисбий кийматини аникланг. Жавобларингизни тушунтиринг.



12. Зарядланган заррача доимий магнит майдон таъсири асосида халка ичида харакатланяпти. Агар электр майдон магнит майдон екилган йуналишга каратилса зарядланган заррачанинг кейинги харакатини тасвирланг.
13. Зарядланган заррача фазонинг айнан бир кисмида тугри чизик буйлаб харакатланяпти. Ушбу чегарада нолга тенг булмаган магнит майдони булиши мумкинми? Шундай булса, иккита мисол келтиринг.
14. Харакатланаётган зарядланган заррача фазонинг бир кисмида томонларга огиб кетса, биз $\vec{B} \neq 0$ дея хулоса кила оламизми? Тушунтиринг.
15. Узун соленоид ичида B га канака таъсир буларди, агар (а) барча халкаларнинг диаметри икки баробар ошса, (b) халкалар орасида бушлик икки баробар ошса, еки (с) соленоиднинг узунлиги умумий халкалар сони билан биргаликда икки баробар ошса?
16. Био-Савар-Лаплас конунини таърифланг.