

ՖԻԶԻԿԱՅԻ ՈՒՍՈՒՑԻՉՆԵՐԻ ՆԱԽԱԱՏԵՍՏԱՑԻՈՆ ՎԵՐԱՊԱՏՐԱՍՏՈՒՄ

ՀԵՏԱԶՈՏԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏԱՆՔ

Թեման էլեկտրամագնիսական դաշտի գաղափարը

Կատարող Արմենակ Քերոբի Խչոյան

Մասնագիտական բաժնիղեկավար՝ Հայկուհի Մայիսի Սիրեկանյան

ԱՇՏԱՐԱԿԻ Ն. ՍԻՍԱԿՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ Թ5 ԱՎԱԳ ԴՊՐՈՑ

2022թ

Բովանդակություն

Ներածություն-----	3
1. ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԴԱՇՏԻ ԻՆԴՈՒԿՑԻԱՅԻ ՎԵԿՏՈՐԸ-----	4
2.ԲԻՈ-ՄԱՎԱՐ-ԼԱՊԼԱՍԻ ՕՐԵՆՔԸ:Շարժվող լիցքի դաշտը-----	5
3.ՈՒՂԻՂ և ՇՐՋԱՆԱՅԻՆ ՀՈՍԱՆՔՆԵՐԻ ԴԱՇՏԵՐԸ-----	6
4.ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԴԱՇՏՈՒՄ ՀՈՍԱՆՔԻ ՎՐԱ ԱԶԴՈՂ ՈՒԺԸ: ԱՄՊԵՐԻ ՕՐԵՆՔԸ-----	7
5.ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԴԱՇՏՈՒՄ ՇԱՐԺՎՈՂ ԼԻՑՔԻ ՎՐԱ ԱԶԴՈՂ ՈՒԺԸ: ԼՈՐԵՆՑԻ ՈՒԺԸ-----	7
6.ԼԻՑՔԱՎՈՐՎԱԾ ՄԱՍՆԻԿԻ ՇԱՐԺՈՒՄԸ ՀԱՄԱՄԵՌ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԴԱՇՏՈՒՄ-----	8
7. ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ՄԱԿԱԾՄԱՆ ԵՐԿՈՒՅԹԸ-----	9
8.ՄԱԿԱԾՄԱՆ ՀՈՍԱՆՔԻ ՈՒՂՂՈՒԹՅՈՒՆԸ: ԼԵՆՅԻԿԱՆՈՆԸ-----	10
9.ՄԱՔՍՎԵԼԻՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԸ-----	12
10. ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԴԱՇՏ: ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԱԼԻՔ-----	13
ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ-----	15
ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ-----	16

Ներածություն

Պարզագույն էլեկտրական և մագնիսական երևույթները մարդկանց հայտնի են եղել դեռ շատ վաղ ժամանակներից, սակայն մինչև 19-րդ դարի սկիզբը դրանք դիտվել են իրարից անկախ: Պարզ չէր, թե ինչն է բնական մագնիսների՝ միմյանց ձգելու կամ վանելու գաղտնիքը. արդյո՞ք նյութի մագնիսականությունն ունի էլեկտրական բնույթ, թե ոչ:

Էլեկտրական և մագնիսական երևույթների կապն առաջին անգամ փորձնականորեն հայտնաբերեց դանիացի ֆիզիկոս Էրստեդը 1820 թ.-ին: Երբ նա մագնիսական սլաքի վերևում նրան գուգահեռ տեղադրված հաղորդալարով էլեկտրական հոսանք էր բաց թողնում, սլաքը շեղվում էր իր սկզբնական դիրքից և դասավորվում էր հաղորդչին ուղղահայաց ուղղությամբ: Հոսանքն անջատելիս սլաքը նորից վերադառնում էր իր սկզբնական դիրքին:

Իր բնույթով անչափ պարզ, սակայն էլեկտրամագնիսական տեսության զարգացման գործում հիմնարար նշանակություն ունեցող այս փորձը ցույց տվեց, որ հոսանքակիր հաղորդչի շրջակա տարածության մեջ գործում են ուժեր, որոնք բնույթով նման են բնական մագնիսների կողմից մագնիսական սլաքի վրա ազդող ուժերին: Այլ խոսքով՝ ցույց տրվեց, որ էլեկտրական հոսանքն ունի մագնիսական ազդեցություն, այսինքն՝ այն որոշ իմաստով համարժեք է բնական մագնիսին:

Նույն թվականին Ամպերը փորձնական ճանապարհով ցույց տվեց, որ էլեկտրական հոսանքներն իրար հետ փոխազդում են: Երբ ճկուն հաղորդալարերում հոսանքներն ունեն նույն ուղղությունը, նրանք իրար ձգում են, իսկ երբ հոսանքները հակառակ են՝ վանում են:

Փորձը ցույց է տվել, որ զուգահեռ հաղորդիչներից յուրաքանչյուրի միավոր երկարությանն ընկնող փոխազդեցության ուժը համեմատական է նրանց մեջ եղած I_1 և I_2 հոսանքների մեծություններին և հակադարձ համեմատական է նրանց միջև b հեռավորությանը.

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{4\pi b}$$

որտեղ μ_0 –ն մագնիսական հաստատունն է ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{ՀԱ}}{\text{Ա}}$): Քանի որ էլեկտրական հոսանքը լիցքերի ուղղորդված շարժում է, ապա բնական է ենթադրել, որ այդ փոխազդեցությունը առաջանում է շարժվող լիցքերի միջև: Երբ լիցքերը շարժվում են, նրանց միջև, բացի էլեկտրական փոխազդեցությունից, ի հայտ է գալիս նաև այլ տիպի փոխազդեցություն:

Էլեկտրական լիցքերի այն փոխազդեցությունը, որը ծագում է նրանց շարժման ժամանակ, ի տարբերություն էլեկտրական փոխազդեցության, կոչվում է մագնիսական փոխազդեցություն: Հոսանքների մագնիսական փոխազդեցությունը մեկնաբանելիս մենք նույն դժվարությանն ենք հանդիպում, ինչ որ լիցքերի էլեկտրական փոխազդեցությունը բացատրելիս: Ինչպես էլեկտրական փոխազդեցությունը, մագնիսական փոխազդեցությունը ևս բացատրվում է մերձազդեցության տեսությամբ՝ համաձայն որի, յուրաքանչյուր հոսանք (շարժվող լիցք) իր շրջակա տարածությունն օժտում է յուրահատուկ ֆիզիկական հատկություններով, այլ խոսքով՝ իր շուրջը ստեղծում է մագնիսական դաշտ, որն էլ ազդում է այդ դաշտում գտնվող ցանկացած հոսանքի (շարժվող լիցքի) վրա: Այսպիսով, երկու հոսանքներ միմյանց վրա անմիջականորեն չեն ազդում: Նրանցից յուրաքանչյուրն իր շուրջը ստեղծում է մագնիսական դաշտ, և առաջին հոսանքի դաշտն ազդում է երկրորդի վրա, իսկ

երկրորդի դաշտը՝ առաջինի վրա: Ցանկացած հոսանքի շուրջ, անկախ նրա շրջապատում մեկ այլ հոսանքի առկայությունից, միշտ առաջանում է մագնիսական դաշտ:

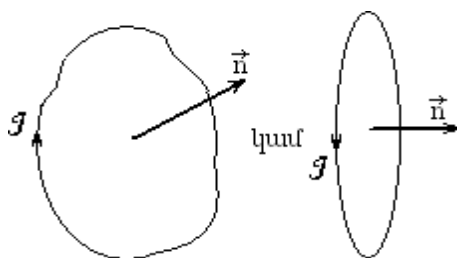
Մագնիսական դաշտն օժտված է մի շարք ֆիզիկական հատկություններով: Դրանցից հիմնականներն են.

1.Մագնիսական դաշտը մատերիայի տեսակ է:

2.Մագնիսական դաշտն օժտված է էներգիայով:

3.Մագնիսական դաշտը որոշակի ուժով ազդում է դաշտում գտնվող ցանկացած հոսանքի կամ շարժվող լիցքի վրա: Այդ ազդեցությամբ կարելի է գաղափար կազմել դաշտի գոյության մասին:

1.ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԴԱՇՏԻ ԻՆԴՈՒԿՑԻԱՅԻ ՎԵԿՏՈՐԸ



Նկ. 2.1

Տարբեր հոսանքներ իրենց շուրջը ստեղծում են տարբեր մագնիսական դաշտեր, այսինքն՝միևնույն հոսանքակիր հաղորդչի վրա նրանք ազդում են տարբեր ուժերով: Նույն հոսանքի ստեղծած դաշտը տարածության տարբեր կետերում ևս կարող է տարբեր լինել: Հոսանքակիր հաղորդչի (շարժվող վրա մագնիսական դաշտի ուժային ազդեցությունը

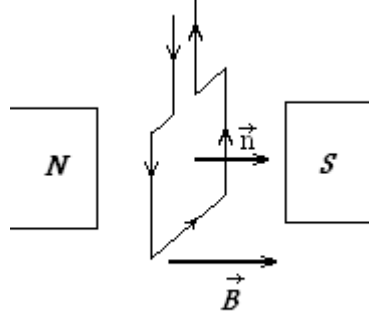
լիցքի)

քանակապես բնութագրելու համար ներմուծվում է մի վեկտորական մեծություն, որը կոչվում է մագնիսական

ինդուկցիայի վեկտոր: Այն մագնիսական դաշտի ուժային բնութագիրն է և թույլ է տալիս հաշվել դաշտի կամայական տիրույթում տեղադրված ցանկացած հոսանքակիր հաղորդչի (շարժվող լիցքի) վրա դաշտի կողմից ազդող ուժի մեծությունն ու ուղղությունը: Ինչպես էլեկտրական դաշտը ուսումնասիրելիս և դաշտի լարվածության գաղափարը ներմուծելիս օգտվեցինք կետային փորձնական լիցքից, այնպես էլ մագնիսական դաշտը նկարագրելիս վերցնենք մի փորձնական հոսանք, որը շրջանառություն է կատարում շատ փոքր չափեր ունեցող հարթ փակ կոնտուրում: Տարածության մեջ կոնտուրի կողմնորոշումը բնութագրենք այդ կոնտուրին տարած այնպիսի նորմալի ուղղության միջոցով, որը հոսանքի ուղղության հետ կապված է աջ պտուտակի կանոնով (նկ.2.1): Այդպիսի նորմալը կանվանենք դրական նորմալ:

Փորձը ցույց է տալիս, որ փորձնական կոնտուրը մագնիսական դաշտ մտցնելիս, դաշտը կոնտուրի վրա թողնում է կողմնորոշիչ ազդեցություն, այսինքն՝առաջանում է շրջանակը պտտող ուժի մոմենտ, և շրջանակը դասավորվում է իր դրական նորմալի որոշակի ուղղությամբ: Այդ ուղղությունը ընդունված է որպես մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի ուղղություն:

Դաշտի տվյալ կետում որպես մագնիսական ինդուկցիայի վեկտորի ուղղություն այդ կետում ազատորեն տեղակայված հոսանքակիր շրջանակի դրական նորմալի ուղղությունը (նկ.2.2): Պտտող մոմենտի մեծությունը կախված է



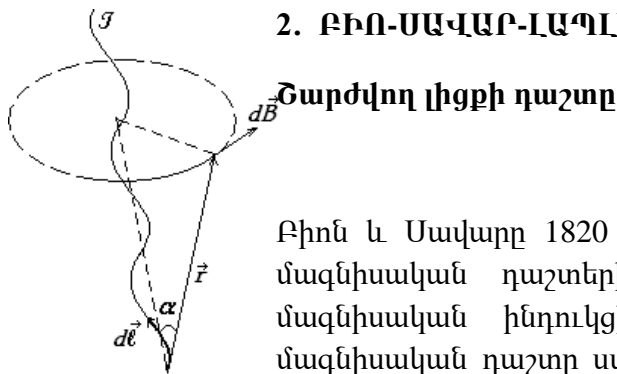
Նկ. 2.2

նորմալի և դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի ուղղության միջև եղած α անկյունից, ընդ որում $M=M\max$, երբ $\alpha=\pi/2$ ($\alpha=0$, ապա $M=0$):

մագնիսական ինդուկցիայի մոդուլ

Այն մեծությունը, որը հավասար է մագնիսական դաշտի տվյալ կետում տեղադրված հոսանքակիր հաղորդչի բավականաչափ փոքր տեղամասի վրա ազդող առավելագույն ուժի (ուժի մոմենտի) հարաբերությանը հոսանքի ուժի և այդ տեղամասի երկարության (շրջանակի S մակերեսի) արտադրյալին:

$$B=F_{\max}/I\Delta l \quad \text{կամ} \quad B=M_{\max}/IS$$



2. ԲԻՈ-ՍԱՎԱՐ-ԼԱՊԼԱՍԻ ՕՐԵՆՔԸ:

Նկ.3.1

Բիոն և Սավարը 1820 թ.-ին կատարեցին տարբեր ձևի հոսանքների մագնիսական դաշտերի ուսումնասիրություն: Նրանք գտան, որ մագնիսական ինդուկցիան բոլոր դեպքերում համեմատական է մագնիսական դաշտը ստեղծող հոսանքի ուժին և ինչ-որ չափով բարդ կախում ունի մինչև այդ կետը եղած հեռավորությունից: Լապլասը

վերլուծեց Բիոյի և Սավարի ստացած փորձնական տվյալները և գտավ, որ ցանկացած հոսանքի մագնիսական դաշտը կարելի է հաշվել որպես այնպիսի դաշտերի վեկտորական գումար (վերադրում), որոնք ստեղծվում են հոսանքի առանձին տեղամասերով:

Հոսանքի երկարության մասով ստեղծված դաշտի մագնիսական ինդուկցիայի համար Լապլասը ստացավ հետևյալ արտահայտությունը՝

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I[d\vec{l} \times \vec{r}]}{r^3} \quad (2.1)$$

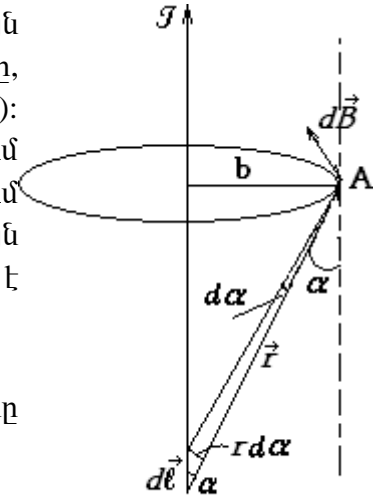
Որտեղ I -ն հոսանքի ուժն է, $d\vec{l}$ -ը մի վեկտոր է, որը համընկնում է հոսանքի տարրական տեղամասի հետ և ունի հոսանքի ուղղությունը, \vec{r} -ը մի վեկտոր է, որը հոսանքի տարրից տարված է մինչև այն կետը, որտեղ որոշվում է $d\vec{B}$ -ն, իսկ r -ն այդ վեկտորի չափն է: (2.1)-ը կոչվում է Բիո-Սավար-Լապլասի օրենք: $d\vec{B}$ -ն ուղղահայաց է $d\vec{l}$ -ով և այն կետով անցնող հարթությանը, որտեղ հաշվվում է դաշտը; ընդ որում ուղղված է այնպես, որ $d\vec{l} \times \vec{r}$ -ի շուրջը կատարվող պտույտը $d\vec{B}$ -ի ուղղությամբ $d\vec{l}$ -ի հետ կապված է աջ պտուտակի կանոնով: $d\vec{B}$ -ի չափի համար կարող ենք գրել հետևյալ արտահայտությունը՝

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I dl \sin\alpha}{r^2} \quad (2.2)$$

որտեղ α -ն $d\vec{l}$ -ի և r -ի միջև կազմած անկյունն է: dB - դաշտը ստեղծում է հոսանքի dl մասում գտնվող բոլոր շարժվող լիցքերով:

3. ՈՒՂԻՂ և ՇՐՋԱՆԱՅԻՆ ՀՈՍԱՆՔՆԵՐԻ ԴԱՇՏԵՐԸ

Բիո-Սավար-Լապլասի օրենքը կիրառենք պարզագույն հոսանքների դաշտերը հաշվելու համար: Քննարկենք այն դաշտը, որը ստեղծված է անվերջ ուղիղ լարով անցնող հոսանքով (նկ.4.1): Որոշենք հոսանքից հեռավորության վրա գտնվող կետում մագնիսական դաշտի ինդուկցիան: Բոլոր – ները տվյալ կետում ունեն միատեսակ ուղղություն (տվյալ դեպքում՝ նկարից այն կողմ): Այդ պատճառով վեկտորների գումարումը կարելի է փոխարինել նրանց չափերի (մոդուլների) գումարով:



Նկ.4.1

Նկարից երևում է, որ $r = \frac{b}{\sin \alpha} dl = \frac{r d\alpha}{\sin \alpha} = \frac{b d\alpha}{\sin^2 \alpha}$: Այս արժեքները տեղադրենք

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{J dl \cdot r \cdot \sin \alpha}{r^3}$$

բանաձևի մեջ (Բիո-Սավար-Լապլասի օրենք): Կստանանք՝

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{J \cdot b \cdot d\alpha \cdot \sin \alpha}{b^2 / \sin^2 \alpha \cdot \sin^2 \alpha} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{J}{b} \sin \alpha d\alpha$$

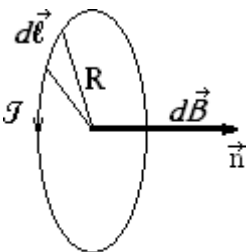
Անվերջ ուղիղ հոսանքի բոլոր տարրական մասերի համար α անկյունը փոխվում է 0-ից մինչև π սահմաններում: Հետևաբար՝

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi b} \int_0^\pi \sin \alpha d\alpha = \frac{\mu_0 I}{4\pi b}$$

Այսպիսով, ուղիղ հոսանքի դաշտի մագնիսական ինդուկցիան որոշվում է հետևյալ բանաձևով

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi b}$$

Քննարկենք այն դաշտը, որը ստեղծվում է շտապիղով շրջանագծի ձև ունեցող բարակ լարով անցնող հոսանքով (նկ.4.2): Շրջանային հոսանքի կենտրոնում որոշենք մագնիսական ինդուկցիան: Հոսանքի յուրաքանչյուր տարրական մաս կենտրոնում ստեղծում է մի ինդուկցիա, որն ունի կոնտուրին տարված դրական նորմալի ուղղությունը: Այդ պատճառով dB -ների վեկտորական գումարումը հանգում է նրանց չափերի գումարմանը: Քանի որ $-$ ի R -ի կազմած անկյունը է, ապա Բիո-Սավարի օրենքը կընդունի այս տեսքը



Նկ.4.2

$$dB = \frac{\mu_0 I dl}{4\pi R^2}$$

Այս արտահայտությունը ինտեգրենք ամբողջ կոնտուրով: Կստանանք

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

4. ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԳԱՇՏՈՒՄ ՀՈՍԱՆՔԻ ՎՐԱ ԱԶԴՈՂ ՈՒԺԸ:

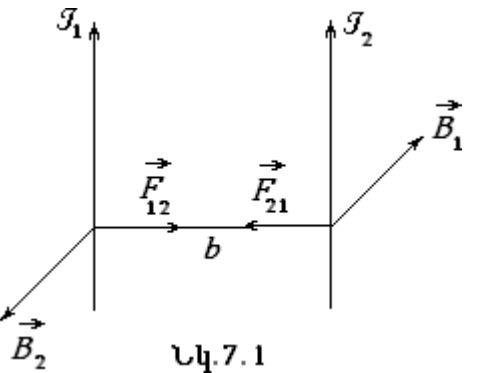
ԱՄՊԵՐԻ ՕՐԵՆՔԸ

Ամպերի հայտնաբերված օրենքի համաձայն հոսանքի տարրի վրա մագնիսական դաշտում ազդում է

$$d\vec{F} = I[d\vec{l} \cdot \vec{B}]$$

ուժը, որտեղ I -ն հոսանքի ուժն է, B -ն` մագնիսական դաշտի ինդուկցիան: ուժի մոդուլը հաշվվում է $dF = Idl \sin \alpha$ բանաձևով, որտեղ α -ն $d\vec{l}$ -ի և B -ի միջև կազմած անկյունն է: Ուժն ուղղված է այն հարթությանն ուղղահայաց, որի մեջ գտնվում են և վեկտորները: Այդ ուժին անվանում են Ամպերի ուժ: Հոսանքի վրա ազդող ուժի ուղղությունը հարմար է որոշել, այսպես կոչված, ձախ ձեռքի կանոնի օգնությամբ: Եթե ձախ ձեռքը պահենք այնպես, որ վեկտորը մտնի ափի մեջ, իսկ իրար մոտ հավաքված ձորս մատները ուղղված լինեն հոսանքի ուղղությամբ, ապա մի կողմ տարված բութ մատը ցույց կտա ուժի ուղղությունը:

Ամպերի օրենքը կիրառենք վակուումում գտնվող երկու զուգահեռ անվերջ երկար ուղիղ հոսանքների փոխազդեցության ուժը հաշվելու համար (նկ.7.1): Եթե հոսանքների միջև հեռավորությունը b է, ապա հոսանքի յուրաքանչյուր տարր կգտնվի մի մագնիսական դաշտում, որի ինդուկցիան հավասար է :



$$F_{12} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{4\pi b}$$

5. ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԳԱՇՏՈՒՄ ՇԱՐԺՎՈՂ ԼԻՑՔԻ ՎՐԱ ԱԶԴՈՂ ՈՒԺԸ:

ԼՈՐԵՆՑԻ ՈՒԺԸ

Հոսանքակիր հաղորդիչը հոսանքազերծ հաղորդիչից տարբերվում է միայն նրանով, որ նրա մեջ տեղի ունի լիցք կրողների կարգավորված շարժում: Այստեղից ծագում է այն հետևությունը, որ հոսանքատար հաղորդիչի վրա մագնիսական դաշտի կողմից ազդող Ամպերի ուժը պայմանավորված է առանձին շարժվող լիցքերի վրա ուժերի ազդեցությամբ, ապա այդ լիցքերի վրա ազդեցությունը փոխանցվում է հաղորդիչին, որով նրանք տեղաշարժվում են: Այս հետևությունը հաստատվում է մի ամբողջ շարք փորձնական փաստերով և, մասնավորապես, այն փաստով, որ ազատ թռչող լիցքավորված մասնիկների փունջը, օրինակ` էլեկտրոնների փունջը, մագնիսական դաշտի միջոցով շեղվում է: Այսպիսով, կարելի է ասել, որ Ամպերի ուժը - դա հաղորդչում բոլոր կարգավորված շարժում կատարող լիցքերի վրա ազդող ուժերի համագործն է: Մեկ շարժվող լիցքի վրա ազդող ուժը, այսինքն`

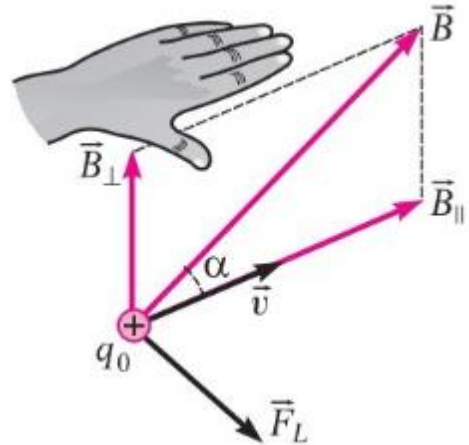
Լորենցի ուժը, կստանանք, եթե Ամպերի ուժը բաժանենք հաղորդչում շարժվող ազատ լիցքակիրների թվի վրա:

$$F = F_{\perp} / N = qvB \sin \alpha$$

Այս բանաձևում α -ն մագնիսական ինդուկցիայի և մասնիկի արագության վեկտորի կազմած անկյունն է:

Ամպերի ուժի ուղղության սահմանումից կարելի է որոշել նաև Լորենցի ուժի ուղղությունը:

Եթե ձախ ձեռքը պահենք այնպես, որ մագնիսական Ինդուկցիայի՝ լիցքի արագությանն ուղղահայաց բաղադրիչը մտնի ափի մեջ, իսկ պարզած չորս մատներն Ուղղված լինեն դրական լիցքի շարժման ուղղությամբ (բացասական լիցքի դեպքում՝ հակառակ ուղղությամբ), Ապա 900-ով բացված բթամատը ցույց կտա լիցքի վրա Ազդող Լորենցի ուժի ուղղություն:



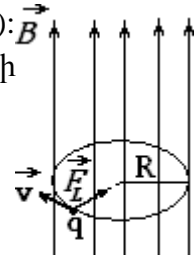
6.ԼԻՑՔԱՎՈՐՎԱԾ ՄԱՍՆԻԿԻ ՇԱՐՇՈՒՄԸ ՀԱՄԱՍԵՌ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԴԱՇՏՈՒՄ

Դիտարկենք զանգվածով և մեծությամբ լիցքով մասնիկի շարժումը ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտում: Քանի որ լիցքավորված մասնիկի (էլեկտրոն, պրոտոն, իոն) զանգվածը շատ փոքր է, ապա նրա վրա ազդող ծանրության ուժը կարելի է անտեսել և ընդունել, որ նրա վրա ազում է միայն Լորենցի ուժը:

1.Քննարկենք այն դեպքը, երբ մասնիկը մագնիսական դաշտ է մտնում ինդուկցիայի գծերին զուգահեռ: Այդ $\alpha=0$ կամ $\alpha=180^\circ$ և, հետևաբար, $F_L=0$: Քանի որ մասնիկի վրա ուժ չի ազդում, ապա այն կատարում է ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում:

2.Դիտարկենք այն դեպքը, երբ մասնիկը մագնիսական դաշտ է մտնում ինդուկցիայի գծերին ուղղահայաց ուղղությամբ: Այդ դեպքում, $\alpha=90^\circ \sin 90=1$ հետևաբար, $F_L = qvB$: Քանի որ Լորենցի ուժը աշխատանք չի կատարում, ապա մասնիկի կինետիկ էներգիան, հետևաբար՝ նաև արագության մոդուլը, մնում է հաստատուն: Դրանից հետևում է, որ հաստատուն է մնում նաև Լորենցի ուժը: Այդ ուժը մասնիկին հաղորդում է կենտրոնաձիգ արագացում՝ ստիպելով նրան պտտվել շրջանագծով (նկ.9.1): \vec{B}

Շրջանագծի շառավիղը կարելի է որոշել Նյուտոնի երկրորդ օրենքի օգնությամբ, որտեղից ստանում ենք



Նկ.9.1

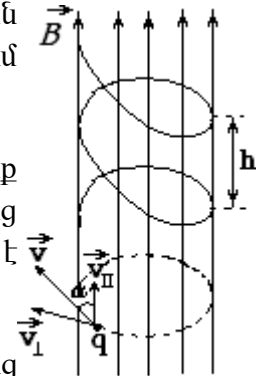
$$R = \frac{mv}{qB} \quad (6.1)$$

Տեղադրելով այս արտահայտությունը պտտման պարբերության բանաձևի մեջ, կստանանք.

$$T = \frac{2\pi R}{qB} \quad (6.2)$$

(9.2) բանաձևից երևում է, որ պտտման պարբերությունը կախված չէ մասնիկի արագությունից: Տարբեր արագություն ունեցող մասնիկները պտտվում են տարբեր շառավիղներ ունեցող շրջանագծերով, սակայն նրանց պտտման պարբերությունը նույնն է:

3. Վերջապես, դիտարկենք այն դեպքը, երբ մասնիկը մագնիսական դաշտ է մտնում սուր (կամ բութ) անկյան տակ (նկ.9.2): Այս դեպքում շարժման հետագիծը



Նկ.9.2

պարուրագիծ է: Եթե մասնիկի սկզբնական արագությունը վերածենք մագնիսական ինդուկցիայի գծերին զուգահեռ $v_{\parallel} = v \cos \alpha$ և ուղղահայաց $v_{\perp} = v \sin \alpha$ բաղադրիչների, ապա նրա բարդ շարժումը կարելի է ներկայացնել որպես երկու շարժումների գումար:

Մասնիկը հաստատուն արագությամբ ուժագծերին ուղղահայաց հարթության մեջ պտտվում է R շառավղով և միաժամանակ ուժագծերի երկայնքով $v_{\parallel} = v \cos \alpha$ արագությամբ կատարում է ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում: Պարուրագծի քայլը, այսինքն՝ այն հեռավորությունը, որն ինդուկցիայի գծերի երկայնքով կանցնի մասնիկը մեկ պարբերության ընթացքում

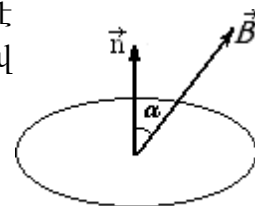
$$h = v_{\parallel} T = \frac{2\pi m v \cos \alpha}{qB} \quad (6.2)$$

7. ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ՄԱԿԱԾՄԱՆ ԵՐԼՈՒՅԹԸ

1831 թ.-ին Ֆարադեյը հայտնաբերեց, որ ցանկացած փակ հաղորդիչ կոնտուրում առաջանում է էլեկտրական հոսանք, եթե այդ կոնտուրով սահմանափակված մակերևույթով անցնող մագնիսական ինդուկցիայի հոսք փոփոխվում է: **Այս երևույթը կոչվում է էլեկտրամագնիսական մակաձման երևույթ, իսկ հոսանքը՝ մակաձման հոսանք:**

Նախ ներմուծենք մագնիսական հոսքի գաղափարը, այնուհետև նկարագրենք այն փորձերը, որոնցում ի հայտ է գալիս էլեկտրամագնիսական մակաձման երևույթ

Դիտարկենք հարթ, փակ հաղորդիչ կոնտուր, որը գտնվում է համասեռ մագնիսական դաշտում (նկ.10.1): Դիցուկ, կոնտուրով սահմանափակված



Նկ.10.1

մակերևույթի մակերեսը հավասար է S-ի, իսկ

մագնիսական ինդուկցիայի B վեկտորը մակերևույթի նորմալի հետ կազմում է α անկյուն: Որևէ մակերևույթով անցնող մագնիսական հոսք, կամ մագնիսական ինդուկցիայի վեկտորի հոսք, կանվանենք այն սկայյար մեծությունը, որը հավասար է ինդուկցիայի B վեկտորի մոդուլի, մակերևույթի S մակերեսի B վեկտորի և n նորմալի կազմած անկյան կոսինուսի արտադրյալին.

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

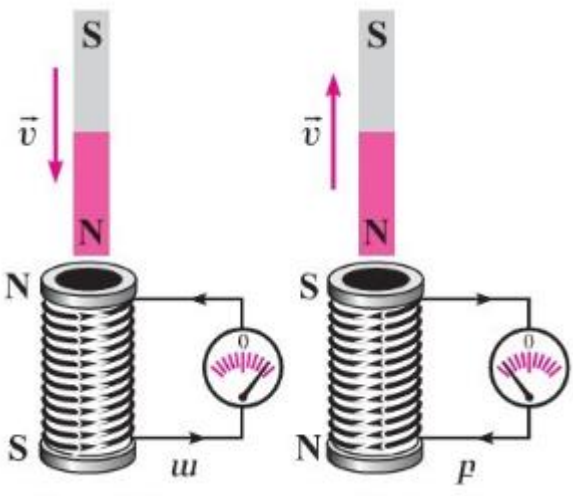
7.1

Հաշվի առնելով, որ $B \cos \alpha = B_n$, կստանանք $\Phi = B_n S$: Քանի որ մագնիսական դաշտը գրաֆիկորեն պատկերելիս ինդուկցիայի գծերի խտությունը սովորաբար ընտրվում է այնպես, որ այն համեմատական լինի ինդուկցիայի վեկտորի մեծությանը, ապա կարող ենք պնդել, որ մակերևույթով մագնիսական հոսքը համեմատական է մագնիսական ինդուկցիայի գծերի թվին, որոնք թափանցում են այդ մակերևույթը: Եթե մագնիսական դաշտն անհամասեռ է, մագնիսական հոսքը կորոշվի հետևյալ բանաձևով.

$$\Phi = \int_S B_n S$$

7.2

Միավորների ՄՀ-ում մագնիսական հոսքի միավորը Վեբերն է (1Վբ): 1 Վբ մագնիսական հոսք առաջացնում է 1Տլ ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտը մագնիսական ինդուկցիայի վեկտորին ուղղահայաց ($\alpha=0$) 1մ^2 մակերես ունեցող մակերևույթով: Էլեկտրամագնիսական մակաձման երևույթի էությունը լուսաբանելու համար դիտարկենք հետևյալ փորձերը: Մետաղալարե փաթույթով կոճից և նրա ծայրերին միացված գալվանոմետրից կազմենք փակ շղթա, որը չի պարունակում հոսանքի աղբյուր (նկ.10.2): Եթե կոճի մեջ մտցնենք հաստատուն մագնիս, ապա կնկատենք, որ գալվանոմետրի սլաքը շեղվում է՝ կոճում հոսանք է առաջանում: Մագնիսը կոճի մեջ անշարժ պահելիս

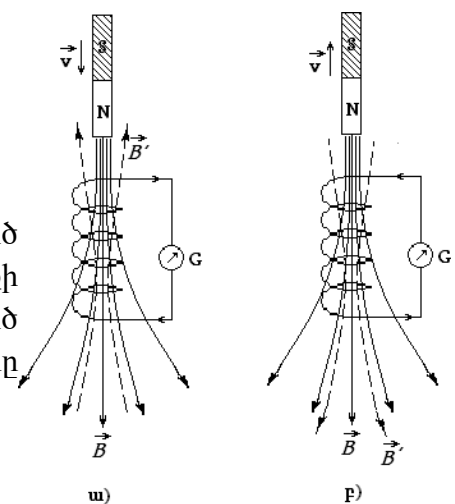


հոսանքը դադարում է: Կոճից մագնիսը հանելիս գալվանոմետրի սլաքը դարձյալ շեղվում է, բայց հակառակ ուղղությամբ:

8.ՄԱԿԱԾՄԱՆ ՀՈՍԱՆՔԻ ՈՒՂՂՈՒԹՅՈՒՆԸ:

ԼԵՆՑԻ ԿԱՆՈՆԸ

Փորձերը ցույց են տալիս, որ փակ կոնտուրում մակաձված հոսանքի ուղղությունը կախված է մագնիսական հոսքի փոփոխման վարքից: Օրինակ, նկ.11.1-ում պատկերված փորձում կոճում մակաձման հոսանքի ուղղությունը



Նկ.11.1

կախված է այն հանգամանքից՝ մոտեցնում ենք արդյոք մագնիսը կոճին, թե հեռացնում նրանից: Երբ հաստատուն մագնիսը մոտեցնում ենք կոճին (ասենք՝ հյուսիսային բևեռով, նկ.11.1ա), այն վանվում է կոճի կողմից:

Կոճին մոտեցնելիս մագնիսի վանվելը նշանակում է, որ մակաձման հոսանքի շնորհիվ կոճի՝ մագնիսին մոտ ծայրում առաջացել է հյուսիսային բևեռ (նույնանուն բևեռներն իրար վանում են):

Քանի որ մագնիսական ինդուկցիայի գծերն ուղղված են հարավային բևեռից դեպի հյուսիսային բևեռ, ապա մակաձման հոսանքի ստեղծած մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի գծերը կունենան B-ի ուղղությունը (նկ.11.1ա): Իսկ այդ ուղղությամբ մագնիսական դաշտ կառաջանա այն դեպքում, եթե հոսանքն ունենա ժամսլաքի պտտման ուղղությունը:

Նման դատողություններով մենք կարող ենք համոզվել, որ մագնիսը կոճից հեռացնելիս (նկ.11.1բ) մակաձման հոսանքն ունի ժամսլաքի պտտման հակառակ ուղղությունը: Այս դեպքում կոճի՝ մագնիսին մոտ ծայրին առաջանում է մագնիսական հարավային բևեռ, և կոճը ձգվում է հաստատուն մագնիսի կողմից:

Էլեկտրամագնիսական մակաձման բոլոր փորձերում դիտվում է հետևյալ ընդհանուր օրինաչափությունը. **փակ հաղորդիչ կոնտուրում ծագող մակաձման հոսանքն ունի այնպիսի ուղղություն, որ իր մագնիսական դաշտով հակազդում է այդ հոսանքը ստեղծող պատճառին:**

Այս օրինաչափությունը հայտնաբերել է Լենցը (**Լենցի կանոն**): Լենցի կանոնն էներգիայի պահպանման օրենքի դրսևորումն է էլեկտրամագնիսական մակաձման երևույթում: Իրոք, եթե նկարագրված փորձում մագնիսը կոճին մոտեցնելիս նրանում մակաձված հոսանքն ունենար այնպիսի ուղղություն, որ մագնիսը ձգվեր կոճի կողմից, ապա այն կշարժվեր արագացմամբ՝ մեծացնելով իր կինետիկ էներգիան: Կստացվեր, որ մակաձված հոսանքի հաշվին կոճում անջատվում է ջոուլյան ջերմություն, միաժամանակ մագնիսի կինետիկ էներգիան աճում է, ինչը հակասում է էներգիայի պահպանման օրենքին:

Լենցի կանոնը կարելի է ձևակերպել մագնիսական հոսքի միջոցով: Մագնիսը կոճին մոտեցնելիս նրա ստեղծած մագնիսային հոսքը աճում է: Այդ դեպքում B-ն հակառակ է ուղղված B-ին և խանգարում է կոճի ներսում մագնիսական հոսքի աճին: Մագնիսը կոճից հեռացնելիս նրա ստեղծած հոսքը կոճում փոքրանում է: Այս դեպքում B՝ վեկտորն ունի B-ի հակառակ ուղղություն և խոչընդոտում է հոսքի փոքրացմանը:

Այսպիսով, երկու դեպքում էլ մակաձված հոսանքի մագնիսական դաշտը խանգարում է հոսանքն առաջացնող մագնիսական հոսքի փոփոխմանը: Հետևաբար՝ փակ կոնտուրում ծագող մակաձման հոսանքն ունի այնպիսի ուղղություն, որ նրա ստեղծած մագնիսական հոսքը կոնտուրի մակերևույթով ձգտում է համակշռել այդ հոսանքն առաջացնող մագնիսական հոսքի փոփոխությունը:

Նշենք, որ ինդուկցիոն հոսանքներ կարող են գրգռվել նաև հոծ զանգվածային հաղորդիչներում, որոնք գտնվում են փոփոխական մագնիսական դաշտում: Այդ հոսանքները կոչվում են Ֆուկոյի հոսանքներ կամ մրրկային հոսանքներ:

Քանի որ զանգվածային հաղորդիչի էլեկտրական դիմադրությունը փոքր է, ուստի մրրկային հոսանքները կարող են ունենալ շատ մեծ արժեքներ:

Ֆուկոյի հոսանքները ենթարկվում են Լենցի կանոնին. Հաղորդչի ներսում նրանք ընտրում են այնպիսի ուղիներ և ուղղություններ, որպեսզի իրենց ազդեցությամբ հնարավոր չափով ավելի ուժեղ դիմադրեն այն պատճառին, որով նրանք հարուցվել են:

Ֆուկոյի հոսանքների ջերմային ներգործությունն օգտագործվում է ինդուկցիոն վառարաններում: Այդպիսի վառարանն իրենից ներկայացնում է մի կոճ, որը սնվում է մեծ ուժի բարձր հաճախության հոսանքով: Եթե կոճի ներսում տեղադրենք մի հաղորդիչ մարմին, նրա մեջ կառաջանան ինտենսիվ մրրկային հոսանքներ, որոնք մարմինը կարող են տաքացնել մինչև հալման ջերմաստիճանը: Այդպիսի եղանակով իրականացվում է վակուումում մետաղների հալումը, որը թույլ է տալիս ստանալ բացարձակ բարձր մաքրության նյութեր:

9. ՄԱՔՍՎԵԼԻ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԸ

Շեղման հոսանքի ներմուծումը Մաքսվելի հնարավորությունով եստեղծել էլեկտրական և մագնիսական երևույթները նկարագրող միացյալ տեսություն: Այդ տեսությամբ բացատրվում է բոլոր հայտնի փորձերի արդյունքները, նույնիսկ հնարավոր եղավ կանխատեսել որոշ երևույթներ, որոնք հետագայում հայտնաբերվեցին փորձով: Այդ կանխատեսումներից էին էլեկտրամագնիսական ալիքի գոյությունը, որը տարածվում է լույսի արագությամբ: Այդպիսի քննարկումները ի տեսական ուսումնասիրությունները հնարավորություն տվեցին Մաքսվելի ստեղծելու լույսի էլեկտրամագնիսական տեսությունը: Մաքսվելը անգամ առաջադեպ այն գաղափարը, որ լույսը էլեկտրամագնիսական ալիք է:

Էլեկտրամագնիսական տեսության հիմքում ընկած են Մաքսվելի հավասարումները:

Այդ հավասարումները նույն դերն են կատարում էլեկտրամագնիսականությունում, ինչՆյուտոնի իրենք ենթերը՝ մեխանիկայում:

Մաքսվելի առաջին երկու հավասարումները հետևյալն են.

$$(8.1) \quad \oint E_l dl = - \int_S \left(\frac{d\vec{B}}{dt} \right)_n dS$$

$$(8.2) \quad \oint B_n dS = 0$$

(8.1)-ը կապ է հաստատում \vec{E} վեկտորի և ժամանակի ընթացքում փոփոխվող \vec{B} ինդուկցիայի միջև և հանդիսանում է էլեկտրամագնիսական մակաձման օրենքի արտահայտությունը:

(8.2)-ը հավասարումը ցույց է տալիս \vec{B} վեկտորի այն հատկությունը, որ ինդուկցիայի գծերը փակ գծեր են մագնիսական դաշտը մրրկային դաշտ է:

Հաջորդ երկու հավասարումները հետևյալն են.

$$\oint H_l dl = \int_S \vec{j}_n dS + \int_S \left(\frac{d\vec{D}}{dt} \right)_n dS \quad (8.3)$$

$$\oint_S D_n dS = \int_V \rho dV \quad (8.4)$$

(8.3) հավասարումը կապ է հաստատում հաղորդականության հոսանքի և շեղման հոսանքի ներանցով ստեղծված մագնիսական դաշտի միջև:

(8.4)-ը ցույց է տալիս, որ

\vec{D}

վեկտորի գծերը սկսվում են լիցքից և վերջանում լիցքի վրա (Գաուսի թեորեմ)։

(8.1)-

(8.4) հավասարումները Մաքսվելի հավասարումներն են ինտեգրալ տեսքով։ Այդ հավասարումների լուծման ժամանակ հաշվի է առնվում այն հանգամանքը, որ այդ հասարակումներ իմեջ եղած ֆիզիկական մեծություններին միջև գոյություն ունի հետևյալ կապը՝

$$\vec{D} = \epsilon \epsilon_0 \vec{E} \quad (8.5)$$

$$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H} \quad (8.6)$$

$$\vec{j} = \sigma \vec{E} \quad (8.7)$$

Այսպիսով հավասարումներն են ընկած անշարժ միջավայրի էլեկտրադինամիկայի տեսության հիմքում։

10. ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԳԱՇՏ: ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԱԼԻՔ

Վերլուծելով էլեկտրամագնիսական երևույթների օրինաչափությունները և ընդհանրացնելով իր ժամանակ եղած բոլոր փորձարարական և տեսական փաստերը, 19-րդ դարի 60-ական թվականներին Մաքսվելը ստեղծեց էլեկտրամագնիսական դաշտի ամբողջական և կատարյալ մի տեսություն։

Համաձայն Մաքսվելի տեսության՝ բնության մեջ գոյություն ունի էլեկտրամագնիսական դաշտ, իսկ էլեկտրական և մագնիսական դաշտերը դրա դրսևորման տարբեր ձևերն են։

Տարածության յուրաքանչյուր կետում և ժամանակի յուրաքանչյուր պահին էլեկտրամագնիսական դաշտը բնութագրվում է և վեկտորներով։

Մաքսվելի տեսությունից բխող բազմաթիվ կարևոր հատկություններից թերևս ամենակարևորն էլեկտրամագնիսական ալիքների գոյության կանխատեսումն է։ Համաձայն այդ տեսության՝ փոփոխական մագնիսական դաշտը ստեղծում է մրրկային էլեկտրական դաշտ, իսկ փոփոխական էլեկտրական դաշտը՝ մագնիսական դաշտ։ Եթե տարածության որևէ կետում ստեղծվում է փոփոխական մագնիսական դաշտ, ապա այն տարածության հարևան կետերում ստեղծում է փոփոխական էլեկտրական դաշտ։ Վերջինս, իր հերթին, այլ կետերում ստեղծում է փոփոխական մագնիսական դաշտ և այսպես շարունակ։ Այսպիսով, նկարագրված պրոցեսը չի տեղայնացվում իր ծագման տեղում, այլ ժամանակի ընթացքում, ընդգրկելով ավելի ու ավելի մեծ տիրույթներ, տարածվում է տարածության մեջ՝ առաջացնելով էլեկտրամագնիսական ալիք։

Փոփոխական էլեկտրամագնիսական դաշտի տարածումը տարածության մեջ կոչվում է **էլեկտրամագնիսական ալիք**։

Մաքսվելի տեսությունից հետևում է, որ էլեկտրամագնիսական ալիքում էլեկտրական և մագնիսական դաշտերը բնութագրող և վեկտորները տարածության ցանկացած կետում և ժամանակի ցանկացած պահի միշտ փոխուղղահայաց են և տատանվում են ալիքի

տարածման ուղղությանը ուղղահայաց հարթության մեջ: դա նշանակում է, որ էլեկտրամագնիսական ալիքը լայնական ալիք է:

Էլեկտրամագնիսական ալիքում էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի տատանումները տեղի են ունենում համափուլ, այսինքն՝ և վեկտորների մոդուլները, միաժամանակ աճելով, ընդունում են իրենց առավելագույն արժեքը և, միաժամանակ նվազելով, դառնում են հավասար զրոյի:

Էլեկտրամագնիսական ալիքները կարող են տարածվել ոչ միայն տարբեր նյութական միջավայրերում, այլ և վակուումում: Մաքսվելի տեսությունից հետևում է, որ վակուումում նրանց տարածման արագությունը հավասար է վակուումում լույսի տարածման արագությանը: Այս կարևոր փաստը Մաքսվելին հնարավորություն տվեց եզրակացնելու, որ **լույսը նույնպես էլեկտրամագնիսական ալիք է:**

Էլեկտրամագնիսական ալիքներ ստանալու համար անհրաժեշտ է ունենալ էլեկտրամագնիսական տատանումների աղբյուր, որից տատանումները պետք է տարածվեն տարածության մեջ: Այդպիսի աղբյուր է արագացմամբ շարժվող լիցքը: Միայն արագացող շարժման դեպքում է, որ լիցքի առաջացրած փոփոխական էլեկտրամագնիսական դաշտը անջատվում է նրանից և ալիքի տեսքով տարածվում տարածության մեջ:

Էլեկտրամագնիսական ալիքում էլեկտրական դաշտի լարվածությունը և մագնիսական դաշտի ինդուկցիան ուղիղ համեմատական են արագացմանը ($E \sim a$ և $B \sim a$): քանի որ

$$a \sim v^2$$

ներդաշնակ տատանումների դեպքում արագացումը համեմատական է հանախության քառակուսուն, այսինքն $E \sim v^2$ և $B \sim v^2$ Էլեկտրամագնիսական ալիքներն իրենց հետ որոշակի էներգիա են տեղափոխում: Ալիքի կողմից էներգիայի տեղափոխման պրոցեսը քանակապես բնութագրելու համար ներմուծվում է ինտենսիվություն կոչվող մեծությունը:

Ինտենսիվություն կոչվում է այն մեծությունը, որը հավասար է միավոր ժամանակամիջոցում ալիքի տարածման ուղղությանն ուղղահայաց մակերևույթի միավոր մակերեսով անցած միջին էներգիային:

Եթե ժամանակում ալիքի տարածման ուղղությանն ուղղահայաց մակերևույթի S միավոր մակերեսով անցած էներգիայի միջին արժեքը հավասար է W -ի, այսինքն ինտենսիվությունը՝

$$J = \frac{W}{S \Delta t}$$

Ալիքի էներգիան համեմատական է էլեկտրական դաշտի լարվածության և մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի քառակուսիների գումարին

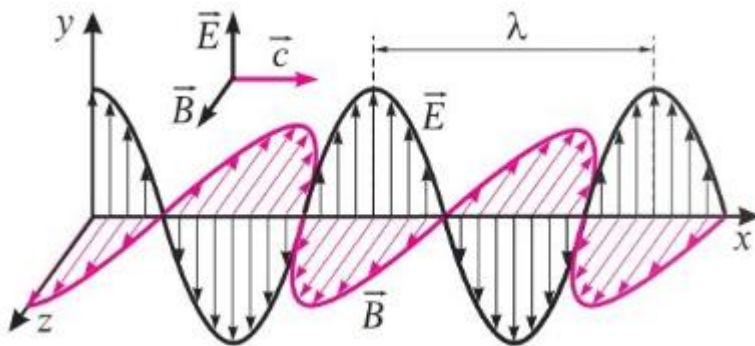
$$W \sim (B^2 + E^2)$$

Քանի որ $E \sim v^2$ և $B \sim v^2$, այսինքն

$$J \sim W \sim v^4$$

Եզրակացություն

Փոփոխական մագնիսական դաշտն ստեղծում է լարվածության փակ գծերով **մրրկային էլեկտրական դաշտ**: Այս հետևությունն արել Մաքսվելը՝ էլեկտրամագնիսական ինդուկցիայի երևույթը վերլուծելիս: Այնուհետև Մաքսվելը ենթադրեց, որ փոփոխական էլեկտրական դաշտն էլ ստեղծում մրրկային մագնիսական դաշտ: Այս պրոցեսների շնորհիվ էլեկտրամագնիսական ալեկոծումները տարածվում են վերջավոր արագությամբ. և գոյություն ունեն էլեկտրամագնիսական ալիքներ:



Ալիքում տեղի են ունենում էլեկտրական \vec{E} և մագնիսական դաշտի \vec{B} վեկտորների տատանումներ: Էլեկտրամագնիսական ալիքները **լայնական** են: Էլեկտրամագնիսական ալիքները առաջին անգամ ստացել է Հ. Հերցը:

Հերցի փորձերի վրա հիմնվելով Ա. Ս. Պոպովը հնարեց ռադիոն:

Գրականություն

1. Ֆիզիկա 11 Է. Ղազարյան և այլք Երևան 2010թ
2. Յու. Վարդանյան-Էլեկտրամագնիսական դաշտի տեսություն
3. Գ. Յա. Մյակիշև; Բ. Բ. Բուխովցև Ֆիզիկա 10 Երևան «Լույս» 1988
4. Д. В. Сивухин. Общий курс физики. Том 3. Электричество.

Наука, Москва, 1977