МАКСВЕЛЛНИНГ АҚЛЛИ ТЕНГЛАМАЛАР СИСТЕМАСИ

М.З.Носиров, М.Т.Халилов, О.О.Миркомилов, Ж.Усмонов, М.М.Халилий

Мақолада электродинамиканинг асосини ташкил қилувчи Эрстед, Фарадейларнинг буюк кашфиётлари Максвелл томонидан олий математика тенгламалари билан қандай ифодаланиши ва Герц томонидан Максвеллнинг электромагнит тўлқинлари назариясини тажриба йўли билан тасдиқланиши тўғрисидаги маълумотларни баён қилиш усули келтирилган.

Калит сўзлар*: *электр майдони, магнит майдони, кучланганлик, индукция, заряд, ток, градиент, дивергенция, уюрма.

В статье приводится методика подачи сведений о великих открытиях основателей электродинамики Эрстеда и Фарадея, об их математическом обосновании уравнениями Максвелла, а также практическое подтверждение Герцем теории электромагнитных полей Максвелла.

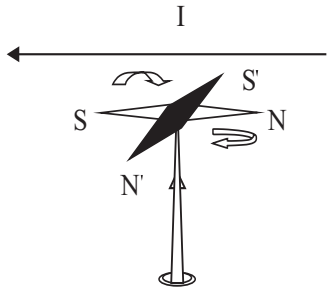
***Ключевые слова:** электрическое поле, магнитное поле, напряженность, индукция, заряд, ток, градиент, дивергенция, ротор.*

The article is concerned on the methods of inventions about great discovers and the founders of electrodynamics Ersted and Faradey and their mathematical substantiation of equations of Maxwell and practical confirming of Gert's theory of Maxwell's electromagnetic field.

***Keywords**: eelectric field, magnetic field, strength, induction, charge, electric power, gradient, divergence, curl.*

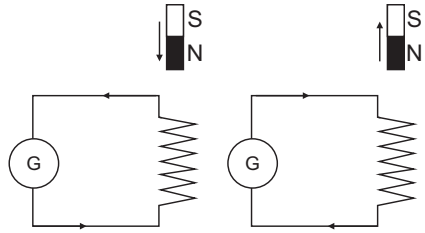
Ҳаммаси 1920 йил 15 февраль куни профессор Эрстеднинг Копенгаген университетида маъруза ўқиркан электр токи ўтганда ўтказгич қизиб, ундан иссиқлик ажралишини талабаларга амалда кўрсатиб беришидан бошланган эди. Тажрибани диққат билан кузатиб ўтирган талабалардан бири электр занжири уланаётганида ва узилганида, занжир яқинида турган компас стрелкаси ҳаракатга келаётганини профессор Эрстедга айтади [2].

Бу тажрибани Эрстед ҳар хил кўринишда қайта-қайта такрорлаб кўриб, ўтказгичдан электр токи ўтганда, унинг атрофида магнит майдони ҳосил бўлишини исботлаб беради.



Эрстеднинг бу кашфиёти илм оламида катта шов-шувларга сабаб бўлди. Бу тажрибани Араго ва Амперлар қайта-қайта такрорлашиб, ўзларига янги йўналишларни белгилаб олишди. Натижада магнит майдонига киритилган токли ўтказгичга таъсир қилувчи "Ампер кучи", токли ўтказгичларнинг бир-бирига таъсир қонуни, Ампер томонидан фанга "ток кучи" тушунчалари киритилди.

Инглиз олими Майкл Фарадей (1791-1867) 1821 йилда Эрстед тажрибаларидан хулоса чиқариб, "Агар токли ўтказгичнинг атрофида магнит майдони ҳосил бўлса, магнит майдони ёрдамида ўтказгичдан электр токини ҳосил қилиб бўлмасмикан?" деган саволни ўз олдига қўяди. Бу масала устида тинимсиз тажрибалар ўтказиб, ниҳоят, 1831 йилда доимий магнитни ўтказгичдан ясалган ўрам ичида ҳаракатга келтириб, ўтказгичга уланган гальванометрда ток ҳосил қилди.



Шундай қилиб, 1831 йилда Фарадей буюк кашфиёт - "Электромагнит индукция" ҳодисасини очади. Майкл Фарадей ўз тажрибаларини миқдорий жиҳатдан умумлаштириб, "Ёпиқ контурдаги индукция электр юритувчи кучи магнит оқимининг ўзгариши натижасида вужудга келади" деган хулосага келади.

Кейинчалик Максвелл бу миқдорий хулосани математик тенглама шаклида қуйидагича ифодалайди:

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt} \qquad (1)$$

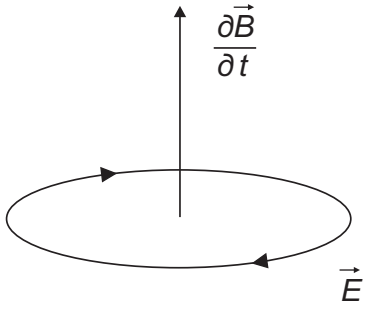
бу тенгламадаги ε_i - индукция электр юритувчи кучи, Ф - магнит оқими, (магнит оқимининг "Ф"

ҳарфи билан белгиланиши Фарадей номи билан боғлик бўлса керак, чунки Максвелл кўп мақолаларини dP/dt = j.k.M- математик символ билан имзолаган, яъни Максвеллар сулоласининг вақт бўйича ўзгариши натижасида Жеймс Клерк Максвелл дунёга келган маъносини англатади), тенгламадаги (-) ишораси индукция электр юритувчи кучининг йўналиши магнит оқимининг ўзгариш тезлигига қарама-қарши эканлигини кўрсатади.

Фарадейнинг электромагнит индукция ҳодисаси кашф қилинган 1831 йилда инглиз физиги, туғма ихтирочи, математик электродинамиканинг асосчиси, буюк кашфиётчи Жеймс Клерк Максвелл (1831-1879) дунёга келади. У – Англиядаги қатор унвонлар соҳиби, физика соҳасидаги бир қанча ихтиро ва кашфиётлар унинг номи билан боғлиқ: “Максвелл диски”, “Максвелл тақсимоти”, “Максвелл-Больцман статистикаси”, “Математик физиканинг энг илғори”. Булардан ташқари Максвеллнинг номини абадийлаштирган кашфиётларга “Максвелл тенгламалари”, “Максвелл электродинамикаси”, “Максвелл қоидаси”, “Максвеллнинг силжиш токи”, “Максвеллнинг электромагнит майдон назарияси”, нисбийлик назариясидаги “Максвеллнинг хаёлий тажрибаси” ва бошқалар.

Максвеллга чуқур таассурот ва электрга “муҳаббат” уйғотган Фарадейнинг “Электр соҳасидаги тажриба тадқиқотлари” китоби бўлди. Бу китобни батафсил ўрганиб, у Фарадей ғояларини, қонунларини математик тенгламалар билан ифодалашга киришади.

Фарадейнинг электромагнит индукция ҳодисасида Максвеллнинг фикри бўйича магнит майдони индукция векторининг ўзгариш тезлиги ёпиқ контурда электр майдон кучланганлик векторининг уюрмасини ҳосил қилади.



Бу ходисани Максвелл вектор шаклида қуйидагича дифференциал тенглама кўринишида ифодалайди:

$$rot\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \qquad (2)$$

Максвеллнинг (2) тенгламасидан фойдаланиб, Максвеллнинг навбатдаги муҳим тенгламасини ҳосил қилиш мумкин. Бунинг учун (2) ни дивергенциялаб, қуйидагича ёзамиз:

$$divrot\vec{E} = -div\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \qquad (3)$$

Роторнинг дивергенцияси ҳамма вақт нолга тенг бўлишини ҳисобга олиб, Максвеллнинг навбатдаги тенгламасини ҳосил қиламиз.

$$div\vec{B} = 0 \qquad (4)$$

Бу тенглама қуйидаги иккита муҳим хулосани беради:

Магнит куч чизиқларининг “боши” ва “охири” йўқ.

Табиатда магнит зарядлари мавжуд эмас.

Эрстед тажрибасини ифодалаб берувчи Максвеллнинг умумлашган тўлиқ ток қонунининг

$$rot\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \qquad (5)$$

тенгламасидан фойдаланиб, навбатдаги тўртинчи тенгламасини ҳосил қилиш мумкин. (5) тенглама қуйидагича маънога эга: қаерда ток зичлиги бўлса, унинг атрофида магнит майдонининг уюрмаси ҳосил бўлади.

(5) тенгламага дивергенцияни қўллаб

$$divrot\vec{H} = div\vec{j} + \frac{\partial}{\partial t}div\vec{D} \qquad (6)$$

ни ҳосил қиламиз. Заряднинг сақланиш қонуни (узлуксизлик тенгламаси)

$$\frac{d\vec{\rho}}{dt} + div\vec{j} = 0 \qquad (7)$$

дан фойдаланиб,

$$div\vec{D} = \rho \qquad (8)$$

ни ҳосил қиламиз. (8) тенглама заряд бор жойда унинг атрофида электр майдони борлигини англатади. Максвеллнинг юқорида ҳосил қилинган тенгламаларини қуйидаги моддий тенгламалар билан тўлдирилиб ёзилади:

$$\vec{D} = \varepsilon\vec{E},\ \vec{B} = \mu\vec{H},\ \vec{j} = \lambda\vec{E} \qquad (9)$$

Бундаги $\vec{D}$ – электр майдон индукция вектори, $\vec{E}$ – электр майдон кучланганлик вектори, $\vec{B}$ – магнит майдон индукция вектори, $\vec{H}$ – магнит майдон кучланганлик вектори, $\vec{j}$ - ток зичлиги, ε ва μ лар мос равишда муҳитнинг электр ва магнит сингдирувчанликлари, λ муҳитнинг солиштирма электр ўтказувчанлиги.

Ниҳоят, Максвеллнинг дифференциал шакладаги тенгламаларини қуйидагича ёза оламиз.

$$rot\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$div\vec{D} = \rho$$

$$rot\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$div\vec{B} = 0$$

Бу тенгламаларга асосланган Максвелл назарияси “Максвеллнинг электромагнит майдон назарияси” деган ном олди. Бу тенгламалар электромагнит майдон қонунларини ифодаловчи катталиклар муносабатларини фазонинг берилган нуқтасида ва берилган вақтдаги ўзгаришларини ифодалайди [1].

Максвеллнинг тенгламалар системаси кўринишидан соддага ўхшаса ҳам, у кўп маънога эга. Максвелл назариясини амалда тасдиқлаб берган буюк немис физиги Генрих Рудольф Герц (1857-1894) Максвелл назариясининг тугалмас чуқур маънога эга эканлиги ҳақида қуйидагиларни айтади:

“Бу антиқа назарияни ҳиссиётларга берилмасдан ўрганиб бўлмайди, гўёки бу математик тенгламалар ўз шахсий ҳаёти билан яшайди, менимча улар шахсий онгга эга, улар биздан ақллироқ, ҳаттоки муаллифдан ҳам ақллироқ, менимча ўз вақтида уларга киритилган ғоялардан кўра кўпроқ нарсани беради”. “Максвелл назарияси – бу Максвелл тенгламаларидир”- деб айтади Г.Герц [2].

Максвелл назариясини тажрибада тасдиқлаб берган Герц атиги 37 йил яшади холос. Лекин унинг номи Максвелл номи каби мангу яшайди. У ўзининг ўлими олдидан қуйидаги фикрларни айтиб кетади: “Мен ўз тақдиримдан нолимайман, агар менга танлаш имкони берилганида, мен ўзим шу йўлни, шу тақдирни танлаган бўлар эдим”- дейди [2].

Альберт Эйнштейн Фарадей ва Максвелл электродинамикасини Галилей ва Ньютон механикаси билан бир қаторга қўяди: “Агар Галилей ва Ньютонлар дунёнинг механик асосларини яратган бўлишса, Фарадей ва Максвеллар дунёнинг электромагнит кўриниш асосларини яратишди” [3].

Адабиётлар:

1. Матвеев А.А. Электродинамика и теория относительности.- М.: Высшая школа, 1964.
2. Карцев В. Приключения великих уравнений.- М.: Знание, 1978.
3. Кудряцев П.С. Курс история физики. - М.: Просвешение, 1982.

Андижон давлат университети,
Андижон машинасозлик институти,
Тошкент ахборот технологиялари университети
2015 йил 16 ноябрда қабул қилинган
(Тақризчи: проф. С.З.Зайнобидинов)