UDK 373.016:514-021.121

Ernazar KOSBERGENOV,
E-mail: ernazar.kosbergenov@gmail.com
Tel: (91) 372 81 75
Toshkent davlat texnika universiteti dotsenti, PhD Z. Kenjaev taqrizi asosida

THE IMPORTANCE OF TEACHING THE COURSE ELECTRICITY AND MAGNETISM IN CONNECTION WITH THE MECHANICS COURSE

Annotation
The article describes the importance of the knowledge obtained in the course of mechanics for explaining magnetic phenomena to students of physics faculty studying in higher educational institutions. As an example, the problem of determining the magnetic moment arising from the rotation of charged bodies around some axis, for the solution of which the gyromagnetic relation is used, is considered.
Keywords: Mechanics, electricity, magnetism, gyromagnetic ratio, magnetic moment, moment of momentum, moment of inertia.

ВАЖНОСТЬ ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ В СВЯЗИ С КУРСОМ МЕХАНИКИ

Аннотация
В статье рассказывается о значении знаний, полученных в курсе механики, при объяснении магнитных явлений студентам физического факультета, обучающимся в высших учебных заведениях. В качестве примера считалось, что задача определения магнитного момента, возникающего в результате вращения заряженных тел вокруг некоторой оси, решается с помощью гиромагнитного отношения.
Ключевые слова: Механика, электричество, магнетизм, гиромагнитное отношение, магнитный момент, момент импульса, момент инерции.

ELEKTR VA MAGNETIZM” KURSINI MEXANIKA KURSI BILAN BOG‘LAB O‘QITISHNING AHAMIYATI

Annotatsiya
Maqolada Oliy o‘quv yurtlarida tahsil olayotgan fizika fakulteti talabalariga magnit hodisalarni tushintirishda mexanika kursida olingan bilimlarning ahamiyati yoritilgan. Misol sifatida zaryadlangan jismlarning ma’lum bir o‘q atrofida aylanishi natijasida hosil bo‘lgan magnit momentini aniqlashga doir masalalarni giromagnit nisbat orqali yechilishi ko‘rib chiqilgan.
Kalit so‘zlar: Mexanika, elektr, magnetizm, giromagnit nisbat, magnit momenti, impuls momenti, inertsiya momenti.

Kirish. Fizika fanini o‘rganishda boshqa fanlar bilan bog‘lab o‘rgatish metodikasi yaxshi natijalarga olib keladi. Ayniqsa fizika bo‘limlarini bir-biri bilan solishitirib o‘rganish orqali mavzu o‘zlashtirilish sifatini oshirish mumkin. Shu qatorda “Elektr va Magnetizm” kursini [1] o‘qitishda “Mexanika” kursining [2] ahamiyati juda ham kattadir. Bunga sabablardan biri qonunlarni ifodalovchi formulalardagi hamda terminlardagi o‘xshashlik hisoblanadi. Misol sifatida “Mexanika” kursining Kinematika bo‘limini, bo‘shlashda masalalarni soddalashtirish maqsadida moddiy nuqta modeli kiritiladi (moddiy nuqta – qaralayotgan masalada o‘lchamlari hisobga olmas darajada kichik bo`lgan jism [3]) shunga o‘xshash ravishda “Elektr va Magnetizm” kursining Elektrostatika bo‘limini boshlashda nuqtaviy zaryad modeli kiritiladi (Nuqatviy zaryad – qaralayotgan masalada o‘lchamlari hisobga olmas darajada kichik bo‘lgan zaryadlangan jism [4]). Qo‘shimcha ravishda quyidagilarni ham aytib o‘tish mumkin: bir biridan r masofada joylashgan, massalari m_1 va m_2 bo‘lgan ikkita moddiy nuqta orasidagi o‘zaro tasirlashuv kuchining (1) va o‘zaro tasirlashuv potensial energiyasining (2), mos ravishda bir biridan r masofada joylashgan, zaryadlari q_1 va q_2 bo‘lgan ikkita nuqtaviy zaryadlar orasidagi o‘zaro ta’sirlashuv kuchiga (3) va o‘zaro tasirlashuv potensial energiyasiga (4) solishtirib o‘rgatish mavzuni o‘zlashtirishni yanada soddalashtiradi [5]:

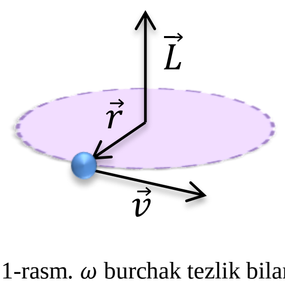
$$F \sim \frac{m_1 m_2}{r^2} \ (1) \text{ va } W \sim \frac{m_1 m_2}{r} \ (2)$$

$$F \sim \frac{q_1 q_2}{r^2} \ (3) \text{ va } W \sim \frac{q_1 q_2}{r} \ (4)$$

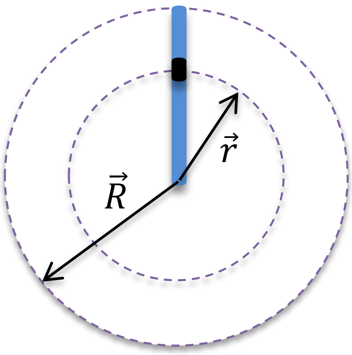
Shu bilan birga gravitatsion va elektrostatik maydonlarning potensial maydon ekanligi, moddiy nuqtani ko‘chirishda gravitatsion maydonning bajargan ishi va nuqtaviy zaryadni ko‘chirishda elektr maydonning bajargan ishi traektoriya shakliga bo‘gliq emasligi [6] va shu kabi o‘xshashliklarning mavjudligidan, shuni aytish mumkinki, o‘quvchining “Mexanika” kursida olingan bilimlari “Elektr va magnetizm kursini o‘zlashtirishiga” o‘z ta`sirini ko‘rsatmay qolmaydi.

Maqolada “Mexanika” kursidagi inertsiya momenti va impuls momenti mavzularidagi olingan bilimlar Magnit hodisalarni o‘zlashtirishda ahamiyati quyidagi sodda misollarni yechish orqali ko‘rsatib beriladi.

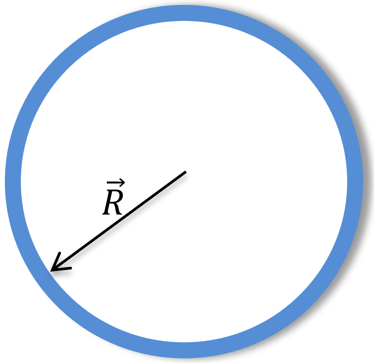
1-masala. Massasi m, zaryadi q bo`lgan moddiy nuqta R radiusli aylana bo‘ylab ω burchak tezlik bilan harakat qilayotgan bo‘lsa sistemaning magnit momentini toping [6] (1-rasm).



1-rasm. ω burchak tezlik bilan aylanayotgan nuqtaviy zaryadning magnit momentini hisoblash



2-rasm. ω burchak tezlik bilan aylanayotgan zaryadlangan tayoqchaning magnit momentini hisoblash



3-rasm. ω burchak tezlik bilan aylanayotgan zaryadlangan halqaning magnit momentini hisoblash

1-usul. q zaryadli nuqtaning harakati tokni vujudga keltiradi. Bu tokning qiymatini $i = q/T$ (5) ifoda orqali topish mumkin. Sistemani radiusi R ga teng bo`lgan aylana shaklidagi tokli kontur dep qarash mumkin. Bunda T nuqtaning aylanish davri $T = 2\pi/\omega$ (6) ga teng. U holda tokli kontur magnit momentini hisoblash formulasiga ko‘ra $p = i \cdot S$ (7) ga teng. Bu yerda S kontur yuzasi bo‘lib $S = \pi R^2$ (8) ga teng. Yuqoridagilarni hisobga olib

$$p = \frac{\omega q}{2\pi}\pi R^2 = \frac{\omega q R^2}{2} \quad (9)$$

dep yozishimiz mumkin. Agar ifodani

$$\vec{p} = \frac{qR^2}{2}\vec{\omega} \quad (10)$$

vektor ko‘rinishiga keltirsak magnit momentining yo‘nalishini aniqlash uchun o‘quvchi Mexanika kursida o‘zlashtirgan $\vec{\omega}$ ning yo‘nalishini aniqlashni bilishi yetarli [3].

2-usul. Yuqorida olingan (10) natijani giromagnit nisbat va sistemaning inertsiya momentini hisoblash orqali ham topish mumkin. Ma’lumki bunday aylanma harakat qilayotgan sistemaning magnit momentining impuls momentiga (L) nisbati $p/L = q/2m$ (11) ga teng (giromagnit nisbat). (11) ifodani

$$\vec{p} = \frac{q}{2m}\vec{L} \quad (12)$$

vektor ko‘rinishida yozish orqali magnit momentining yo‘nalishi musbat zaryad uchun impuls momentining yo‘nalishi bilan mos tushishini, manfiy zaryad uchun impuls momentiga qarama qarshi yo‘nalganligini ko‘rishimiz mumkin (1-rasm). Agar $\vec{L} = I\vec{\omega}$ (13) ekanligini (bu yerda I inertsiya momenti [10]) va $I = mR^2$ (14) ga tengligini inobatga olsak (12) ifodadan magnit momentini hisoblab topishimiz mumkin:

$$\vec{p} = \frac{q}{2m}\vec{L} = \frac{q}{2m}I\vec{\omega} = \frac{q}{2m}mR^2\vec{\omega} = \frac{qR^2}{2}\vec{\omega}$$

Olingan natija 1-usul orqali olingan (8) ifoda bilan bir xil.

2-masala. τ chiziqli zichlik bilan bir tekis zaryadlangan massasi m ga uzunligi R ga teng bo‘lgan ingichka tayoqcha bir uchidan o‘tuvchi tayoqchaga perpendikulyar o‘q atrofida ω burchak tezlik bilan aylanayotgan bo‘lsa sistemaning magnit momentini toping [7] (2-rasm).

1-usul. Aylanish o‘qidan r masofada tayoqchaning dr bo‘lakta joylashgan dq zaryad aylanishi natijasida hosil bo‘lgan di tokni (5) ga asosan $di = dq/T$ va bu tokning magnit momentini (7) ifodaga asosan $dp = di \cdot S$ (15) deb yozib olamiz. (6) va (8) ifodalarni inobatga olib (15) ifodani

$$dp = \frac{dq}{2\pi}\omega \cdot \pi r^2 = \frac{\omega r^2}{2}dq = \frac{\omega r^2}{2}\tau dr \quad (16)$$

deb yozib olamiz. Bu yerda $\tau = dq/dr$ ga teng. Butun tayoqchaning magnit momenti quyidagicha topiladi

$$p = \int dp = \int_0^R \frac{\omega r^2}{2}\tau dr = \frac{\tau\omega R^3}{6} \quad (17)$$

$$\vec{p} = \frac{\tau R^3}{6}\vec{\omega} \quad (18)$$

2-usul. Mexanika kursidan ma‘lumki [4] tayoqchaning bir uchidan o‘tuvchi tayoqchaga perpendikulyar o‘qqa nisabatan inertsiya momenti $I = mR^2/3$ ga teng. (10) va (11) ifodadan foydalanib tayoqchaning magnit momenti

$$\vec{p} = \frac{q}{2m} I\vec{\omega} = \frac{\tau R}{2m}\frac{mR^2}{3}\vec{\omega} = \frac{\tau R^3}{6}\vec{\omega}$$

ga tengligini ko‘rishimiz mumkin. Bu yerda $\tau = q/R$. Olingan ifoda 1-usul bilan olingan (16) ifoda bilan bir xil.

3-masala. τ chiziqli zichlik bilan bir tekis zaryadlangan massasi m ga radiusi R ga teng bo’lgan ingichka halqa markazidan o‘tuvchi o‘q atrofida ω burchak tezlik bilan aylanayotgan bo‘lsa sistemaning magnit momentini toping (3-rasm).

1-usul. Halqaning zaryadi $q = \tau \cdot l = \tau \cdot 2\pi R$ (19) deb hisoblasak, halqa aylanishi natijasida hosil bo‘lgan tok (3) va (4) ifodaga asosan

$$i = \frac{q}{T} = \frac{\tau \cdot 2\pi R}{2\pi}\omega = \omega R\tau \quad (20)$$

ga teng bo‘ladi. Buni hisobga olib halqaning magnit momenti (7) ifodaga muvofiq $p = i \cdot S = \omega R\tau \cdot \pi R^2 = \pi\tau R^3\omega$ (21) ga teng bo‘ladi. (19) ifodani hisobga olib

$$p = \frac{qR^2}{2}\omega \quad (22)$$

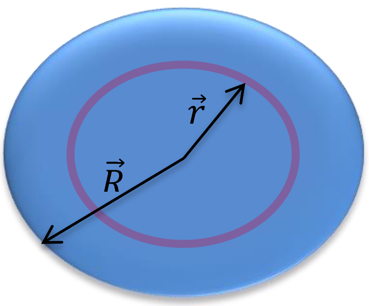
ko‘rinishida ham yozish mumkin

2-usul. Mexanika kursidan ma’lumki halqa markazidan o‘tuvchi halqa tekisligiga tik o‘qqa nisbatan inertsiya momenti $I = mR^2$ ga teng [5]. (12), (13) va (19) ga asosan halqaning magnit momenti

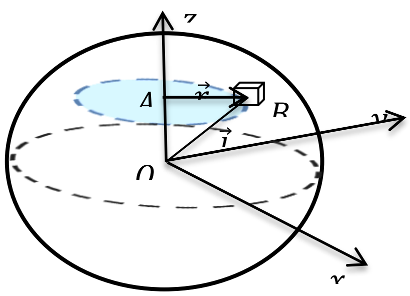
$$\vec{p} = \frac{q}{2m}\vec{L} = \frac{q}{2m} I\vec{\omega} = \frac{q}{2m} mR^2\,\vec{\omega} = \pi\tau R^3\vec{\omega}$$

ga tengligini topamiz. Olingan natija 1-usulda olingan (19) ifoda bilan bir xil.

4-masala. σ sirtiy zichlik bilan bir tekis zaryadlangan massasi m va radiusi R ga teng bo‘lgan disk markazidan o‘tuvchi o‘q atrofida ω burchak tezlik bilan aylanayotgan bo‘lsa sistemaning magnit momentini toping (4-rasm).



4-rasm. ω burchak tezlik bilan aylanayotgan zaryadlangan diskning magnit momentini hisoblash



5-rasm. ω burchak tezlik bilan aylanayotgan zaryadlangan sharning magnit momentini hisoblash

1-usul. Disk markazidan r masfada dr qalinlikdagi halqa aylanishi natijasi hosil bo‘lgan tok kuchi (5) va (6) asosan $di = dq/T = \sigma\omega dS/2\pi$ deb yozish mumkin. Bu yerda dS halqa yuzasi bo‘lib $dS = 2\pi r dr$ va $dq = \sigma dS$ ga teng. Agar ajiratib olingan halqani tokli kontur deb hisoblasak tokli kontur yuzasi $S = \pi r^2$ ga teng bo‘ladi. Bu tokli konturning magnit momentini

$$dp = di \cdot S = \frac{\sigma\omega dS}{2\pi}\pi r^2 = \pi\sigma\omega r^3 dr$$

deb yozish mumkin. Butun diskning magnit momenti

$$p = \int dp = \int_0^R \pi\sigma r^3 dr = \frac{\pi\sigma R^4}{4}\omega \quad (23)$$

ga teng bo‘ladi.

2-usul. Mexanika kursidan ma‘lumki disk markazidan o‘tuvchi disk tekisligiga perpendikulyar o‘qqa nisbatan diskning inertsiya momenti $I = mR^2/2$ ga teng [6]. (12) va (13) ga asosan diskning magnit momentini

$$\vec{p} = \frac{q}{2m}\vec{L} = \frac{q}{2m} I\vec{\omega} = \frac{q}{2m}\frac{mR^2}{2}\vec{\omega} = \frac{qR^2}{4}\vec{\omega} = \frac{\pi\sigma R^4}{4}\vec{\omega}$$

ga tengligini topish mumkin. Bu yerda $q = \sigma S = \sigma \cdot \pi R^2$ ga teng. Olingan natija 1-usulda olingan (23) ifoda bilan bir xil.

5-masala. ρ hajmiy zichlik bilan bir tekis zaryadlangan massasi m ga radiusi R ga teng bo‘lgan shar marakzidan o‘tuvchi o‘q atrofida ω burchak tezlik bilan aylanayotgan bo‘lsa sistemaning magnit momentini toping [8].

1-usul. Koordinata boshi O ni shar markaziga joylashtiramiz. Shar z o‘qi atrofida aylanayotgan bo‘lsin. Sharning markazidan $r = AB$ masofadagi B nuqtada sharning bir bo‘lagining aylanma harakati natijada hosil bo‘lgan magnit momentini hisoblaylik.

Ajratib olingan bo‘lakni moddiy nuqta deb qarash mumkin bo‘lsin. Bu nuqta r radiusli aylana bo‘ylab aylanishi natijasida hosil bo‘lgan magnit momenti (9) formulaga asosan $dp = dq\omega r^2/2$ (24) deb yozish mumkin. Bunda bu ajiratib olingan bo‘lakning hajmi sferik koordinatalr sistemasida $dV = l^2 sin\theta dl d\theta d\varphi$ ga teng. Bu yerda θ, l va z o‘qi orasidagi burchak, φ, r va x o`qi orasidagi burchak. Bu ifodadalardan foydalanib biz ajiratib olgan bo‘lakning zaryadi $dq = \rho \cdot dV = \rho l^2 sin\theta dl d\theta d\varphi$ (25) ga teng bo`lishi kelib chiqadi. Agar $r = lsin\theta$ ekanligini va (25) ifodani inobatga olib (24) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$dp = \frac{\rho l^2 sin\theta dl d\theta d\varphi \cdot \omega \cdot (lsin\theta)^2}{2} = \frac{\rho\omega l^4 sin^3\theta dl d\theta d\varphi}{2}$$

Butun sharning magnit momenti

$$p = \int dp = \frac{\rho\omega}{2}\int_0^R l^4 dl \int_0^\pi sin^3\theta\, d\theta \int_0^{2\pi} d\varphi = \frac{1}{2}\rho\omega \left[\frac{l^5}{5}\right]_0^R \left[\frac{1}{3}(cos^3\theta - 3cos\theta)\right]_0^\pi [\varphi]_0^{2\pi}$$

$$p = \frac{4\pi}{15}\rho\omega R^5 \ (26)$$

ga teng bo‘ladi.

2-usul. Mexanika kursidan ma’lumki R radiusli sharning markazidan o‘tuvchi o‘qqa nisbatan inertsiya momenti $I = 2mR^2/5$ (27) ga teng [5]. (12), (13) va (27) ifodalarni inobatga olgan holda sharning magnit momenti uchun

$$\vec{p} = \frac{q}{2m}\vec{L} = \frac{q}{2m}I\vec{\omega} = \frac{q}{2m}\frac{2mR^2}{5}\vec{\omega} = \frac{\rho \cdot V}{5}R^2\vec{\omega} = \frac{\rho\frac{4}{3}\pi R^3}{5}R^2\vec{\omega} = \frac{4\pi}{15}\rho\omega R^5$$

ifodani olamiz. Olingan natija 1-usulda olingan (26) ifoda bilan bir xil.

1-jadval

Oddiy shakldagi zaryadlangan jismlarning ma’lum bir o‘q atrofida aylanishi natijasida hosil bo‘lgan magnit momenti

Jism	O‘q	Magnit momenti
q nuqtaviy zaryad (1-rasm)	Zaryaddan R masofadagi o‘q	$\vec{p} = \frac{qR^2}{2}\vec{\omega}$
τ chiziqli zichlik bilan bir tekis zaryadlangan R uzunlikdagi tayoqcha (2-rasm)	Tayoqcha bir uchidan o`tuvchi tayoqchaga perpendikulyar o‘q	$\vec{p} = \frac{\tau R^3}{6}\vec{\omega}$
τ chiziqli zichlik bilan bir tekis zaryadlangan R uzunlikdagi tayoqcha	Tayoqcha markazidan o‘tuvchi tayoqchaga perpendikulyar o‘q	$\vec{p} = \frac{\tau R^3}{24}\vec{\omega}$
τ chiziqli zichlik bilan bir tekis zaryadlangan R radiusli halqa (3-rasm)	Halqa o‘qi	$\vec{p} = \pi\tau R^3\vec{\omega}$
σ sirtiy zichlik bilan bir tekis zaryadlangan R radiusli disk (4-rasm)	Disk o‘qi	$\vec{p} = \frac{\pi\sigma R^4}{4}\vec{\omega}$
σ sirtiy zichlik bilan bir tekis zaryadlangan R radiusli sfera	Sfera markazidan o‘tuvchi o‘q	$\vec{p} = \frac{4\pi\sigma R^4}{3}\vec{\omega}$
ρ hajmiy zichlik bilan bir tekis zaryadlangan R radiusli shar (4-rasm)	Shar markazidan o‘tuvchi o‘q	$\vec{p} = \frac{4\pi}{15}\rho R^5\vec{\omega}$

Yuqorida keltiriligan shakldagi jismlardan tashqari turli xil shaklga ega bo‘lgan zaryadlangan jismlarning ma’lum bir o‘q atrofida aylanishi natijasida hosil bo‘lgan magnit momentini yuqorida ko‘rsatilgan 2-usul orqali oson hisoblab chiqish mumkin (1-jadval). Bu usul orqali hisoblash magnit momenti tushunchasini o‘zlashtirishni, yanada osonlashtiradi. Shu bilan birga 1-masalada va 5-masalada ko‘rsatilgan kabi masalalarni yechish yadro atrofida harakatlanuvchi elektronning orbital magnit momenti va elektronning xususiy magnit momenti, spin tushunchalarni [1] o‘zlashtirishga yordam beradi. Bu o‘z navbatida dia-, para- va ferromagnetiklar haqidagi tushunchalarni [1] o‘zlashtirishga hamda “Atom va Yadro fizikasi” kursini o‘zlashtirishga asos bo‘ladi.

ADABIYOTLAR

1. Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti 60530900 – Fizika ta’lim yo‘nalishi “Elektr va magnetizm” fanining ischi o‘quv rejasi, 2023. Toshkent.
2. Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti 60530900 – Fizika ta’lim yo’nalishi “Mexanika” fani bo’yicha sillabus, 2023. Toshkent.
3. Purcell, Edward M., David J. Morin, Electricity and magnetism, Harvard University, Massachusetts. – Third edition. 2012, 868 p
4. Paul A. Tipler and Gene Mosca, Physics for Scientists and Engineers. - 5th ed., 2004. 1514 p.
5. Douglas C. Giancoli, Physics principles with applications, 7th ed., 2004. 1079 p.
6. Serway Jewett, Physics for Scientists and Engineers with modern physics, 7th ed., 2004. 1079 p.
7. Чертов А. Г., Воробьев А. А., Задачник по физике: Учеб. Пособие для студентов вузов. –М.: Высш. шк., 1988. -527 с
8. Детлаф А. А., Яворский Б. М., Милковская Л. Б., Курс физики Учеб. Пособие для студентов вузов. –М.: Высш. шк., 1988. -375 с
9. Колмаков Ю. Н., Пекар Ю. А., И. М. Лагун. Тул. Гос. Ун-т, Тула, 1999. 140 с
10. Зисман Г. А., Тодес О. М., Курс общей физики Учеб. Пособие для студентов вузов. –М.: Наука, 1972. -368 с