

## DOPPLER EFFEKTI

*Andijon davlat**pedagogika instituti**Informatika va aniq fanlar kafedrasi o'qituvchisi**O'rinboyeva Kumushoy**Fizika va astronomiya yo'nalishi 3-bosqich talabasi**Isaqova Mubina Orifjon qizi*

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada astronomiyaning Doppler effekti mavzusini yoritmoqchi bo'ldim. Dunyoning eng kuchli astronomlari tomonidan taxmin qilingan, nazariy bilimlar bilan asoslab berilgan. Ushbu maqolada astronomiyaga o'z hissasini qo'shgan Doppler haqida umumiy ma'lumot, kashfiyotlari va Doppler effekti haqida ma'lumot bermoqchi bo'ldim. Ushbu maqolada Doppler effektini formulasi qanday? Doppler o'zi kim? Astronomiyaga qanday hissa qo'shgan? Shu kabi savollarga javob olish mumkin.

**Kalit so'zi:** Doppler effekti, infraqizil nurlar, ultrabinafsha nurlar, doppler radari, to'lqin chastotasi, tovush, tezlik, to'lqin.

**Doppler effekti** - kuzatuvchi (qabul qiluvchi) ga nisbatan nurlanish manbasining harakati tufayli kuzatuvchi (qabul qiluvchi) tomonidan qabul qilinadigan nurlanish chastotasining va shunga mos ravishda to'lqin uzunligining o'zgarishi. Effekt avstriyalik fizik Kristian Doppler sharafiga nomlangan. Doppler effektining sababi shundaki, to'lqin manbai kuzatuvchi tomon harakat qilganda, har bir ketma-ket to'lqin tepasi kuzatuvchiga oldingi to'lqin cho'qqisiga qaraganda yaqinroq pozitsiyadan chiqadi. Shunday qilib, har bir keyingi to'lqin kuzatuvchiga oldingi to'lqinga qaraganda bir oz kamroq vaqt kerak bo'ladi. Shunday qilib, kuzatuvchiga ketma-ket to'lqin cho'qqilari kelishi orasidagi vaqt qisqaradi, bu chastotaning oshishiga olib keladi.

**Eng muhim kashfiyotlar:** Suvdagi to'lqinlarni o'z kuzatishlariga asoslanib, Doppler shunga o'xshash hodisalar boshqa to'lqinlar bilan havoda sodir bo'lishini taklif qildi. To'lqinlar nazariyasiga asoslanib, 1842 yilda u yorug'lik manbasining kuzatuvchiga yaqinlashishi kuzatilgan chastotani oshiradi, masofa esa uni kamaytiradi, degan xulosaga keldi. Doppler kuzatuvchi tomonidan qabul qilingan tovush va yorug'lik tebranishlari chastotasining to'lqinlar manbai va kuzatuvchining bir-biriga nisbatan harakat tezligi va yo'nalishiga bog'liqligini nazariy jihatdan asosladi. Keyinchalik bu hodisa uning nomi bilan atalgan. Doppler ushbu printsiptni astronomiyada qo'llagan va akustik va optik hodisalar o'rtasida parallel bo'lgan. Uning fikricha, barcha yulduzlar oq nur chiqaradi, ammo ularning yerga yoki yerdan

harakatlanishi tufayli rang o'zgaradi (Dopler tomonidan ko'rib chiqilgan ikkilik yulduzlar uchun bu ta'sir juda kichik). O'sha paytdagi asbob-uskunalar bilan rang o'zgarishini kuzatish imkonsiz bo'lsa-da, tovush nazariyasi 1845 yildayoq sinovdan o'tgan. Faqatgina spektral tahlilning kashf etilishi optikadagi ta'sirni eksperimental tekshirishga imkon berdi. Doppler nashrining tanqidi. Tanqidning asosiy sababi, maqolaning eksperimental dalillari yo'qligi va faqat nazariy bo'lganligi edi. Uning nazariyasining umumiy izohi va ovoz uchun taqdim etgan qo'llab-quvvatlovchi rasmlari to'g'ri bo'lsa-da, yulduz rangining o'zgarishi haqidagi tushuntirishlar va to'qqizta qo'llab-quvvatlovchi dalillar to'g'ri emas edi. Xato barcha yulduzlar oq yorug'lik chiqaradi degan noto'g'ri tushunchadan yuzaga kelgan va Doppler, aftidan, infraqizil va ultrabinafsha nurlanish kashfiyoti haqida bilmagan. 1850 yilga kelib Doppler effekti tovush uchun eksperimental ravishda tasdiqlangan bo'lsa-da, uning nazariy asoslari Jozef Petsval tomonidan qo'zg'atilgan qizg'in bahs-munozaralarni keltirib chiqardi. Petsvalning asosiy e'tirozlari oliy matematikaning rolini bo'rttirishga asoslangan edi. U Doppler nazariyasiga 1852-yil 15-yanvarda Fanlar akademiyasining yig'ilishida taqdim etilgan "To'lqinlar harakatining asosiy tamoyillari: to'lqin uzunligining saqlanish qonuni" nomli maqolasi bilan javob berdi. Unda u nazariya bor-yo'g'i 8 sahifada chop etilsa va oddiy tenglamalardan foydalanilsa, uning qimmatli bo'lishi mumkin emasligini ta'kidlagan. Petsval o'z e'tirozlarida kuzatuvchi va manba harakati va muhitning harakatini, ikkita mutlaqo boshqa holatlarini aralastirib yubordi. Ohirgi holatda, Doppler nazariyasiga ko'ra, chastota o'zgarmaydi. Eksperimental tekshirish 1845 yilda Utrextlik gollandiyalik meteorolog Kristofer Xenrik Diederik Buijs-Ballot Utrext va Amsterdam o'rtasidagi temir yo'lda tovush uchun Doppler effektini tasdiqladi. O'sha paytda soatiga 40 milya (64 km/soat) aql bovar qilmaydigan tezlikka erishgan lokomotiv bir guruh karnaychilar bilan ochiq vagonni tortib oldi. Vagonning harakat vaqtida uzoqlashishi va yaqinlashishini, Ballot ohang o'zgarishiga quloq tutdi. Xuddi shu yili Doppler ikkita trubachilar guruhi yordamida tajriba o'tkazdi, ulardan biri stantsiyadan uzoqlashdi, ikkinchisi esa harakatsiz qoldi. U tasdiqladiki, orkestrlar bitta notani o'ynaganda, ular dissonansda bo'lishadi. 1846 yilda u o'z nazariyasining qayta ko'rib chiqilgan versiyasini nashr etdi, unda u manba harakatini ham, kuzatuvchining harakatini ham ko'rib chiqdi. Keyinchalik, 1848 yilda fransuz fizigi Armand Fizo Doppler ishini umumlashtirib, o'z nazariyasini yorug'likka kengaytirdi (osmon jismlari spektrlaridagi chiziqlar siljishini hisoblab chiqdi). 1860 yilda Ernst Max yulduzning o'zi bilan bog'liq bo'lgan yulduzlar spektrlaridagi yutilish chiziqlari Doppler effektini ko'rsatishi kerakligini bashorat qildi va bu erdan kelib chiqqan spektrlarda Doppler effektini ko'rsatmaydigan yutilish chiziqlari ham mavjud. Birinchi tegishli kuzatuv 1868 yilda Uilyam Huggins tomonidan qilingan. Yorug'lik to'lqinlari uchun Doppler formulalarining to'g'ridan-to'g'ri tasdig'i 1871 yilda G. Vogel tomonidan quyosh ekvatorining qarama-qarshi



qirralaridan olingan spektrlardagi Fraunhofer chiziqlarining pozitsiyalarini solishtirish orqali olingan. O'lgangan qiymatlaridan hisoblangan qirralarning nisbiy tezligi  $G$ . Vogel spektral intervallari quyosh dog'larining siljishidan hisoblangan tezlikka yaqin bo'lib chiqdi. Doppler effekti avtomobil dvigateli yoki sirenasi yaqinlashganda, orqaga chekinayotgandan ko'ra balandroq ovoz chiqarishini ko'rsatadigan animatsiya. Pushti doiralar tovush to'lqinlarini ifodalaydi. Doppler effekti sirena yoqilgan holda kuzatuvchi yonidan avtomobil o'tganda amalda kuzatish oson. Aytaylik, sirena ma'lum bir ohang beradi va u o'zgarmaydi. Mashina kuzatuvchiga nisbatan harakat qilmasa, u sirena chiqaradigan ohangni aniq eshitadi. Ammo agar mashina kuzatuvchiga yaqinlashsa, u holda tovush to'lqinlarining chastotasi ortadi va kuzatuvchi sirena chiqaradigandan balandroq ohangni eshitadi. O'sha paytda, mashina kuzatuvchining yonidan o'tib ketganda, u sirena chiqaradigan ohangni eshitadi. Va mashina uzoqroqqa ketse va yaqinlashgandan ko'ra uzoqlashsa, kuzatuvchi tovush to'lqinlarining past chastotasi tufayli pastroq ohangni eshitadi. Har qanday muhitda tarqaladigan to'lqinlar (masalan, tovush) uchun manba va to'lqin qabul qiluvchining ushbu muhitga nisbatan harakatini hisobga olish kerak. Tarqalishi uchun muhit kerak bo'lmagan elektromagnit to'lqinlar uchun (masalan, yorug'lik), vakuumda faqat manba va qabul qiluvchining nisbiy harakati muhimdir. Zaryadlangan zarrachaning relativistik tezlik bilan muhitda harakatlanishi ham muhim ahamiyatga ega. Bunday holda, Cherenkov nurlanishi laboratoriya tizimida ro'yxatga olinadi, bu Doppler effekti bilan bevosita bog'liq.

**Relyativistik Doppler effekti.** Elektromagnit to'lqinlarning (yoki boshqa massasiz zarralarning) vakuumda tarqalishida chastota formulasi maxsus nisbiylik tenglamalaridan kelib chiqadi. Elektromagnit to'lqinlarning tarqalishi moddiy muhitni talab qilmagani uchun biz faqat manba va kuzatuvchining nisbiy tezligini hisobga olishimiz mumkin. Bu yerda  $c$  yorug'lik tezligi,  $v$  - manbaning qabul qiluvchiga (kuzatuvchiga) nisbatan tezligi;  $\theta$  - bu qabul qiluvchiga yo'nalish va qabul qiluvchi mos yo'nalishdagi tezlik vektorini orasidagi burchak. Agar manba kuzatuvchidan uzoqlashayotgan bo'lsa, unda  $\theta = \pi$  agar yaqinlashayotgan bo'lsa, unda  $\theta = 0$ . Agar ikkinchi darajali kichik  $v/c$  ni e'tiborsiz qoldirsak, relyativistik formula klassik Doppler effektiga tushadi. Oxirgi omil to'lqin vektorini va manba tezligi o'rtasidagi burchak bo'lganda, ko'ndalang Doppler effektiga olib keladi.

**Teskari Doppler effekti.** 1967 yilda Viktor Veselago manfiy sinish ko'rsatkichi bo'lgan muhitda teskari Doppler effekti ehtimolini nazariy jihatdan oldindan aytdi. Bunday muhitda Doppler siljishi sodir bo'ladi, bu odatiy Doppler chastotasining siljishiga qarama-qarshi belgiga ega. Ushbu ta'sirni aniqlashga imkon beradigan birinchi tajriba 2003 yilda Bristolda (Buyuk Britaniya) Nayjel Seddon va Trevor Bearpark tomonidan chiziqli bo'lmagan uzatish liniyasiga asoslangan holda amalga oshirildi. Yaqinda teskari Doppler effekti kengroq metamateriallar sinfidagi kuzatildi.

**Doppler effektini kuzatish.** Hodisa har qanday to'lqinlar va zarrachalar oqimiga xos bo'lganligi sababli, uni tovush uchun kuzatish juda oson. Ovoz tebranishlarining chastotasi quloq tomonidan tovush balandligi sifatida qabul qilinadi. Tez harakatlanuvchi mashina yoki poezd sizning yoningizdan o'tib, ovoz chiqaradigan, masalan, sirena yoki shunchaki ovozli signal beradigan vaziyatni kutish kerak. Mashina sizga yaqinlashganda, ovoz balandligi balandroq bo'lishini, keyin mashina sizga yaqin bo'lganda, u keskin pasayib ketishini, keyin esa uzoqlashayotganda mashina pastroq notada signal berishini eshitasiz.

**Qo'llanilishi.** Doppler effekti koinotning boshlanishi haqidagi zamonaviy nazariyalarning ajralmas qismidir ( Katta portlash va qizil siljish ). Bu printsipl yulduzlarning ko'rish chizig'i bo'ylab harakatlanish tezligini (kuzatuvchiga yaqinlashish yoki undan uzoqlashish) va ularning o'q atrofida aylanishini, sayyoralarning aylanish parametrlarini, Saturn halqalarini o'lchash uchun astronomiyada ko'plab ilovalarni oldi. Bu ularning tuzilishini takomillashtirishga imkon berdi), quyosh fotosferasidagi turbulent oqimlar, sun'iy yo'ldosh traektoriyalari, termoyadroviy reaksiyalarni boshqarish, so'ngra fizika va texnologiyaning turli sohalarda ( ob-havo prognozida, aeronavigatsiya va radarlarda ) yo'l politsiyasi ). Doppler effekti zamonaviy tibbiyotda keng qo'llanilgan: ko'plab ultratovush diagnostika asboblari unga asoslangan. Qo'llanilishining asosiy yo'nalishlari:

Doppler radari - ob'ektdan aks ettirilgan signal chastotasining o'zgarishini o'lchaydigan radar . Chastotaning o'zgarishidan ob'ekt tezligining radial komponenti hisoblanadi (tezlikning ob'ekt va radar orqali o'tadigan to'g'ri chiziqqa proyeksiyasi). Doppler radarlari turli sohalarda qo'llanilishi mumkin: samolyotlar, kemalar, avtomobillar, gidrometeorlar (masalan, bulutlar), dengiz va daryo oqimlari, shuningdek boshqa ob'ektlar tezligini aniqlash uchun.

**Astronomiya:** Spektrning chiziqlarini siljitish orqali yulduzlar, galaktikalar va boshqa osmon jismlari harakatining radial tezligi aniqlanadi. Astronomiyada osmon jismlarining radial tezligini radial tezlik deb atash odatiy holdir. Doppler effekti yordamida ularning radial tezligi samoviy jismlarning spektridan aniqlanadi. Yorug'lik tebranishlarining to'lqin uzunliklarining o'zgarishi, manba spektridagi barcha spektral chiziqlar, agar uning radial tezligi kuzatuvchidan uzoqroqqa ( qizil siljish ) yo'naltirilgan bo'lsa, uzoq to'lqinlar tomon siljiydi va qisqa bo'lsa, uzoq to'lqinlarga siljiydi. radial tezlikning yo'nalishi kuzatuvchi tomon ( binafsha siljishi ). Agar manba tezligi yorug'lik tezligiga nisbatan kichik bo'lsa ( $\sim 300\,000\text{ km/s}$ ), u holda relativistik bo'lmagan yaqinlashuvda radial tezlik yorug'lik tezligini har qanday spektral chiziqning to'lqin uzunligi o'zgarishiga ko'paytiriladi va unga bo'linadi. Spektral chiziqlarning kengligini oshirish orqali yulduzlar fotosferasi haroratini o'lchash mumkin. Haroratning oshishi bilan chiziqlarning kengayishi gazdagi nurlantiruvchi yoki yutuvchi atomlarning xaotik termal harakati tezligining oshishi bilan



bog'liq. Suyuqlik yoki gaz oqimi tezligini kontaktsiz o'lchash. Doppler effekti suyuqlik va gazlarning oqim tezligini o'lchaydi. Ushbu usulning afzalligi shundaki, datchiklarni to'g'ridan-to'g'ri oqimga joylashtirish shart emas. Tezlik ultratovush yoki optik nurlanish to'lqinlarining tarqalishi bilan aniqlanadi (Optik oqim o'lchagichlar) muhitning bir hil bo'lmagan joylariga (suspensiya zarralari, asosiy oqim bilan aralashmaydigan suyuqlik tomchilari, suyuqlikdagi gaz pufakchalari). Quyoshga o'xshash spektral turdagi chekinayotgan yulduz spektridagi spektral yutilish chiziqlarining qizil siljishi. Taqqoslash uchun, Quyoshning spektri chap tomonda ko'rsatilgan.

Doppler effekti - kuzatuvchi (qabul qiluvchi) ga nisbatan nurlanish manbasining harakati tufayli kuzatuvchi (qabul qiluvchi) tomonidan qabul qilinadigan nurlanish chastotasining va shunga mos ravishda to'lqin uzunligining o'zgarishi. Effekt avstriyalik fizik Kristian Doppler sharafiga nomlangan. Doppler effektining sababi shundaki, to'lqin manbai kuzatuvchi tomon harakat qilganda, har bir ketma-ket to'lqin tepasi kuzatuvchiga oldingi to'lqin cho'qqisiga qaraganda yaqinroq pozitsiyadan chiqadi. Shunday qilib, har bir keyingi to'lqin kuzatuvchiga oldingi to'lqinga qaraganda bir oz kamroq vaqt kerak bo'ladi. Shunday qilib, kuzatuvchiga ketma-ket to'lqin cho'qqilari kelishi orasidagi vaqt qisqaradi, bu chastotaning oshishiga olib keladi.

**Doppler nashrining tanqidi.** Tanqidning asosiy sababi, maqolaning eksperimental dalillari yo'qligi va faqat nazariy bo'lganligi edi. Uning nazariyasining umumiy izohi va ovoz uchun taqdim etgan qo'llab-quvvatlovchi rasmlari to'g'ri bo'lsa-da, yulduz rangining o'zgarishi haqidagi tushuntirishlar va to'qqizta qo'llab-quvvatlovchi dalillar to'g'ri emas edi. Xato barcha yulduzlar oq yorug'lik chiqaradi degan noto'g'ri tushunchadan yuzaga kelgan va Doppler, aftidan, infraqizil va ultrabinafsha nurlanish kashfiyoti haqida bilmagan. 1850 yilga kelib Doppler effekti tovush uchun eksperimental ravishda tasdiqlangan bo'lsa-da, uning nazariy asoslari Jozef Petsval tomonidan qo'zg'atilgan qizg'in bahs-munozaralarni keltirib chiqardi. Petsvalning asosiy e'tirozlari oliy matematikaning rolini bo'rttirishga asoslangan edi. U Doppler nazariyasiga 1852-yil 15-yanvarda Fanlar akademiyasining yig'ilishida taqdim etilgan "To'lqinlar harakatining asosiy tamoyillari: to'lqin uzunligining saqlanish qonuni" nomli maqolasi bilan javob berdi. Unda u nazariya bor-yo'g'i 8 sahifada chop etilsa va oddiy tenglamalardan foydalanilsa, uning qimmatli bo'lishi mumkin emasligini ta'kidlagan. Petsval o'z e'tirozlarida kuzatuvchi va manba harakati va muhitning harakatini, ikkita mutlaqo boshqa holatlarini aralashtirib yubordi. Ohirgi holatda, Doppler nazariyasiga ko'ra, chastota o'zgarmaydi.

1845 yilda Utrextlik gollandiyalik meteorolog Kristofer Xenrik Diederik Buijs-Ballot Utrext va Amsterdam o'rtasidagi temir yo'lda tovush uchun Doppler effektini tasdiqladi. O'sha paytda soatiga 40 milya (64 km/soat) aql bovar qilmaydigan tezlikka

erishgan lokomotiv bir guruh karnaychilar bilan ochiq vagonni tortib oldi. Vagonning harakat vaqtida uzoqlashishi va yaqinlashishini, Ballot ohang o'zgarishiga quloq tutdi. Xuddi shu yili Doppler ikkita trubachilar guruhi yordamida tajriba o'tkazdi, ulardan biri stantsiyadan uzoqlashdi, ikkinchisi esa harakatsiz qoldi. U tasdiqladiki, orkestrlar bitta notani o'ynaganda, ular dissonansda bo'lishadi. 1846 yilda u o'z nazariyasining qayta ko'rib chiqilgan versiyasini nashr etdi, unda u manba harakatini ham, kuzatuvchining harakatini ham ko'rib chiqdi. Keyinchalik, 1848 yilda fransuz fizigi Armand Fizo Doppler ishini umumlashtirib, o'z nazariyasini yorug'likka kengaytirdi (osmon jismlari spektrlaridagi chiziqlar siljishini hisoblab chiqdi). 1860 yilda Ernst Max yulduzning o'zi bilan bog'liq bo'lgan yulduzlar spektrlaridagi yutilish chiziqlari Doppler effektini ko'rsatishi kerakligini bashorat qildi va bu erdan kelib chiqqan spektrlarda Doppler effektini ko'rsatmaydigan yutilish chiziqlari ham mavjud. Birinchi tegishli kuzatuv 1868 yilda Uilyam Huggins tomonidan qilingan.

Yorug'lik to'lqinlari uchun Doppler formulalarining to'g'ridan-to'g'ri tasdig'i 1871- yilda G. Vogel tomonidan quyosh ekvatorining qarama-qarshi qirralaridan olingan spektrlardagi Fraunhofer chiziqlarining pozitsiyalarini solishtirish orqali olingan. O'lchangan qiymatlaridan hisoblangan qirralarning nisbiy tezligi G. Vogel spektral intervallari quyosh dog'larining siljishidan hisoblangan tezlikka yaqin bo'lib chiqdi. Doppler effekti avtomobil dvigateli yoki sirenasi yaqinlashganda, orqaga chekinayotgandan ko'ra balandroq ovoz chiqarishini ko'rsatadigan animatsiya. Pushti doiralar tovush to'lqinlarini ifodalaydi. Doppler effekti sirena yoqilgan holda kuzatuvchi yonidan avtomobil o'tganda amalda kuzatish oson. Aytaylik, sirena ma'lum bir ohang beradi va u o'zgarmaydi. Mashina kuzatuvchiga nisbatan harakat qilmasa, u sirena chiqaradigan ohangni aniq eshitadi. Ammo agar mashina kuzatuvchiga yaqinlashsa, u holda tovush to'lqinlarining chastotasi ortadi va kuzatuvchi sirena chiqaradigandan balandroq ohangni eshitadi. O'sha paytda, mashina kuzatuvchining yonidan o'tib ketganda, u sirena chiqaradigan ohangni eshitadi. Va mashina uzoqroqqa ketsa va yaqinlashgandan ko'ra uzoqlashsa, kuzatuvchi tovush to'lqinlarining past chastotasi tufayli pastroq ohangni eshitadi. Har qanday muhitda tarqaladigan to'lqinlar (masalan, tovush) uchun manba va to'lqin qabul qiluvchining ushbu muhitga nisbatan harakatini hisobga olish kerak. Tarqalishi uchun muhit kerak bo'lmagan elektromagnit to'lqinlar uchun (masalan, yorug'lik), vakuumda faqat manba va qabul qiluvchining nisbiy harakati muhimdir. Zaryadlangan zarrachaning relativistik tezlik bilan muhitda harakatlanishi ham muhim ahamiyatga ega. Bunday holda, Cherenkov nurlanishi laboratoriya tizimida ro'yxatga olinadi, bu Doppler effekti bilan bevosita bog'liq.

$$f_0 = \frac{v+v_0}{v+v_s} f_s$$

$f_0$  = tovushning kuzatuvchi chastotasi

$v$  = tovush to'lqinlarining tezligi

$v_o$  = kuzatuvchi tezligi

$v_s$  = manba tezligi

$f_s$  = tovush to'lqinlarining haqiqiy chastotasi

**Foydalanilgan adabiyotlar:**

1.Astrofizika. I.Sattarov

2.<https://uz.m.wikipedia>

3.<https://www.orbita.uz>

4.<https://planetariodevitoria>

5.<https://apriori-nauka>

6.<https://www.meteorologiaenred>

7.Yeremeyeva A.I, Sitsin F.A, Istoriya astronomii, M., Nauka, 1989.