



UDK:5:53.536

Dilshoda SATTOROVA,

Qo'qon davlat pedagogika instituti o'qituvchisi

E-mail: sattorova.dilshoda@bk.ru.

O'zMU dotsenti, PhD Sh.Sodiqova taqrizi asosida

ON THE PROBLEM OF PROPAGATION OF SOUND VELOCITY IN GASES AND HISTORY OF ITS DEPENDENCE ON HEAT CAPACITY

Annotation

This article examines the speed of propagation of elastic waves in media: longitudinal (in gases, liquids or solids) and transverse, movement (in solids), which is determined by the elasticity and density of the medium: as a rule, the speed of sound in gases is greater than in liquids, less, and in liquids less than in solids. It was also mentioned that the speed of sound in gases depends on the temperature of the substance, and in single crystals - on the direction of wave propagation.

Key words: Volume, speed, heat capacity, constant volume, constant pressure.

К ПРОБЛЕМЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СКОРОСТИ ЗВУКА В ГАЗАХ И ИСТОРИИ ЕЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕПЛОЕМОСТИ

Аннотация

В данной статье рассматривается скорость распространения упругих волн в средах: продольных (в газах, жидкостях или твердых телах) и поперечных, перемещения (в твердых телах), которая определяется упругостью и плотностью среды: как правило, скорость звука в газах больше, чем в жидкостях, меньше, а в жидкостях меньше, чем в твердых телах. Упомянулось также, что скорость звука в газах зависит от температуры вещества, а в монокристаллах — от направления распространения волны.

Ключевые слова: Объем, скорость, теплоемкость, постоянный объем, постоянное давление.

TOVUSH TEZLIGINING GAZLARDA TARQALISH MUAMMOSI VA UNING ISSIQLIK SIG'IMIGA BOG'LIQLIK TARIXI HAQIDA

Аннотация

Ushbu maqolada elastik to'liqlarning muhitda tarqalish tezligi: bo'ylama (gazlarda, suyuqliklarda yoki qattiq jismlarda) va ko'ndalang, siljish (qattiq jismlarda) bo'lib, u muhitning elastikligi va zichligi bilan aniqlanadi: qoida tariqasida, gazlarda tovush tezligi suyuqliklarga qaraganda kamroq, suyuqliklarda esa qattiq jismlarga qaraganda kamroq. Shuningdek, gazlarda tovush tezligi berilgan moddaning haroratiga, monokristallarda esa to'liqlarning tarqalish yo'nalishiga bog'liqligini olimlar tomonidan aniqlangani keltirib o'tilgan.

Kalit so'zlar: Tovush, tezlik, issiqlik sig'imi, o'zgarimas hajm, o'zgarimas bosim.

Kirish. Eramizdan avvalgi buyuk mutafakkirlar Ftolemey va Evklid tovushni tebranish harakati bilan uzviy bog'lashgan. Aristotel esa havodagi tarqalayotgan tovush tezligi chekli qiymatga ega ekanligi to'g'risida fikr bildirgan. Undan tashqari u tovush havo zarralarini harakatga keltirib, uni siqadi va cho'zadi, natijada bu tebranma harakat havoda tovush shaklida tarqaladi degan. Tovush tezligini tajriba yo'li bilan aniqlash ishlari 17-asrning birinchi yarmiga to'g'ri keladi. Har xil usullar bilan havodagi tovush tezligini Mersenn (370 m/s), Gassendi (390 m/s), Florensiya "Tajriba Akademiyasi" da (296 m/s), Parij "Akademiyasi" sida (310 m/s) aniqlangan.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Nyutonning 1686 yilda yaratgan buyuk "Natural falsafaning matematik boshlanishi" asari chop qilinguncha aniqlangan havodagi tovush tezligining o'rtacha qiymati 350 m/s ni tashkil qilgan. Nyuton o'zining buyuk asarida quyudagilarni yozgan: "Gaz yoki suyuqlikda tovush tarqalganda ulardagi zarralar oldinga va orqaga tebrana boshlaydi va xuddi mayatnik tebranish qonuniga asosan zarralar tezlashadi va sekinlashadi". Bunga asoslangan holda elastik muhitdagi tovush tezligi:

$$v = \sqrt{\frac{p}{\rho}} \quad (1)$$

bu yerda $p = \rho dh$ - muhitning h chuqurlikdagi (balandlikdagi) bosimi, ρ - muhitning zichligi.

Nyuton o'z formulasi va standart havo atmosferasini balandligi (h) asoslanib, tovushning havodagi tarqalish tezligini hisobladi va u 280 m/s qiymatni tashkil qildi.

Shunday qilib, Nyutonning olgan natijasi tajriba yo'li bilan aniqlangan havodagi tovush tezligidan ancha kichik bo'ldi. Nyutonning o'zi tushuntirishga harakat qildi. 1713-1725 yillarda

nashr qilgan asarlarida Nyuton bu farqni quyidagicha izohlaydi: "Hisob-kitoblarimda havo zarralarining tebranishlari bilan bog'langan xususiyatlar inobatga olinmagan. Undan tashqari, havodagi bug'lar elastikligi boshqa zarralar elastikligidan ancha farq qilishi mumkin. Bu qo'shimchalarni inobatga olinsa, tovushning tezligi 338 m/s ga etishi mumkin". Shu bilan birga Nyuton havo haroratiga qarab, uning elastikligi kamayishi (qishda) va ortishi (yozda) mumkinligini izohlaydi. Nyuton fikrining to'g'riligi keyinchalik 1740 yilda Kondalin tajribalarida tasdiqlandi, xususan sovuq kunlarda tovushning tezligi 339 m/s va issiq kunlarda 357 m/s bo'lishi aniqlandi. Ammo Nyutonning tushuntirishlari sun'iyroq va to'liq asoslanmagan edi, shu sababli bu farqning tub mohiyatini aniqlash masalasi ochiq qoldi.

Buyuk matematiklar Eyler va Lagranj tovushning havodagi tezligi muammosini nazariy ravishda hal qilishga urinib ko'rishdi. 1746 yilda Eyler "Yorug'lik va ranglarning yangi nazariyasi" asarini chop qildi. Asarning ikkinchi "G'alayonlanishni vujudga kelishi va tarqalishi bobida u elastic muhitda bo'ylama to'liqlarni vujudga kelishi va tarqalish masalasini ko'rib chiqdi va birinchi bo'lib analitik usulda elastic muhitdagi tovush tezligi uchun Nyuton formulasini keltirib chiqardi. Uning ko'rinishi quyudagicha bo'lgan:

$$v_e = \sqrt{K} \quad (2)$$

bu yerda $K = E/D$, E - muhitning elastiklik moduli (Yung moduli), D - muhit zichligi.

Bu formulani havodagi tovush tezligini hisoblashga tadbiiq qilinishi tajriba natijalariga mos kelmasligi Eylerga ayon bo'lganbo'lsa ham buning sabablarini aniqlashni o'z oldiga maqsad qilib qo'yilmagan edi. 1759 yilda Eyler maxsus ilmiy "Tovushni tarqalishi haqida" gi asarini chop qildi. Bu ish elastik

muhitlarda to'liqlarning tarqalishiga bag'ishlangan bo'lib, unda nazariy va tajribalarda aniqlangan tovush tezliklarining farq sababi havodagi g'alayonlanish tezligining muhit zarralari va havo orqali uzatilayotgandagi farqlanishlardan iborat deb bilgan. Eyler fikricha, kichik tebranishlar uchun bu farqlanish kichik bo'ladi va shu sababli uni inobatga olmasa ham bo'ladi, ammo havodagi intensiv tovush tezligini aniqlashda bu farqlanishlarni inobatga olish zarur. Shunday qilib, nazariy va tajriba natijalari orasidagi farqlanishning haqiqiy sabablari ochiqlicha qoldi.

Tadqiqot metodologiyasi. Nyuton ham Eyler ham havodagi tovush tezligini aniqlashda Boyl-Mariott qonuniga asoslanishgan, ya'ni havo elastikligi uning zichligiga to'g'ri proporsional bo'lishiga. Faqatgina fransuz olimi Lagranj havodagi tovush tezligini aniqlashda Boyl-Mariott qonunini asos qilib olishni gumon qilgan. 1759-1761-yillarda Lagranj tovush to'liqlarini muhitda tarqalish muammosi bo'yicha o'zining 3 ta asarini chop etadi. Shulardan ikkinchisi "Tovush tarqalish tabiati haqidagi yangi tadqiqotlar" ishida Lagranj havo elastikligi uning zichligiga to'g'ri proporsional bo'lmay darajali proporsional bo'ladi deb, tovushning havodagi tezligi uchun tajriba natijalariga asoslangan holda quyidagi formulani keltirib chiqaradi:

$$\vartheta_N = \sqrt{m} \cdot \vartheta_n = \sqrt{\frac{4}{3}} \vartheta_n = 335 \text{ m/s} \quad (3)$$

Shunday qilib, Lagranj o'z intuitsiyasiga asoslangan holda Nyuton va boshqalarning tajriba natijalarini mos kelmaslik sababini to'g'ri tushundi. Uning fikricha, tovush to'liqlari tarqalishida havo ketma-ket tez siqiladi va siyraklashadi, bu sohalar uchun Boyl-Mariott qonuni bajarilmaydi, natijada havo elastikligi uning zichligiga nisbatan tezroq o'zgaradi ($E = D^m = D^{4/3}$) Lagranj o'z gipotzasining fizik asoslarini bera olmagan, chunki o'sha davrda aniq tajriba natijalari mavjud emas edi. Keyinchalik 18-asrning oxirida nemis fizigi Xladni azot, kislorod, vodorod va karbonat anhidrid gazlari bilan tajribalar o'tkazib, ulardagi tovush tezligi 330-350 m/s oraliqda bo'lishligini aniqladi. Undan so'ng Angliyada gazlarning siqilishi va kengayishi natijasida ularda issiqlik effektlari (sovush va isish) ro'y berishligini Darvin va Dal'tonlar aniqlashdi. Fransuz olimi yuqoridagilarni inobatga olib, quyidagi xulosaga keldi: havoda tovush tarqalganda gaz elastikligi va zichligi orasidagi to'g'ri proporsionallik qonuni buziladi. Buning sababi tovush to'liqini tarqalishi natijasida havoning siqilishi va siyraklashishidir. Bu hodisa o'z navbatida havo haroratining o'zgarishiga u esa havo elastikligini Nyuton qiymatidan ortishiga olib keladi.

Havodagi tovush tezligini aniq aniqlash muammosiga buyuk fransuz nazariyotchisi Puasson ham qiziqib qoldi. U 1807 yilda chop qilgan "Tovush nazariyasi haqidagi memuarlar" asarida Nyuton formulasiga havo elastikligi bilan zichligi orasidagi proporsionallik tuzatmasini inobatga olish masalasining to'g'ri yechimini aniqlab berdi. Massa birligidagi gazning bosimi "P" hajmi "V" harorati "O" bo'lsin. Gaz harorati bir gradusga oshirilsa (O+1), uning nisbiy hajm o'zgarishi

$$\gamma = \frac{V-V_0}{V} = \frac{\alpha}{1+\alpha\theta} \frac{a}{1+a\theta} \quad (4)$$

bo'ladi. Bu yerda: α – gazning hajmiy kengayish koeffitsiyenti. Bu holatdagi gazga berilgan issiqlik miqdori shu gazning o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi (C_p) deyiladi.

Agar yuqoridagi, gazni o'zgarmas hajmda bir gradusga qizdirsak, u holda gazga berilgan issiqlik miqdori shu gazning o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imi (C_v) deyiladi. Bu issiqlik sig'imlar ta'rifidan quyidagi xulosaga kelib chiqadi: $C_p > C_v$. Puasson fikricha $\frac{C_p}{C_v} = 1 + \tau$ (5)

bu yerda τ – gaz temperaturasiga bog'liq bo'lgan tuzatma. Demak, Nyuton formulasiga kiritilayotgan tuzatmani (CP/CV) aniqlash uchun " τ " hisoblash zarur bo'lgan. Puassonning aniqlashiga ko'ra:

$$\tau = \frac{\omega\alpha}{(1+\alpha\theta)\beta} \quad (6)$$

bu yerda β – gazning kichik siqilishidagi haroratning kichik ortishi (ω), demak $\beta\tau = \gamma\omega$.

Havodagi tovush tezligini aniqlash uchun Puasson tomonidan

$$\text{taklif qilingan formula } \vartheta_t = \sqrt{\frac{PC_p}{PC_v}} = \sqrt{g \cdot h \cdot \frac{C_p}{C_v}} = \sqrt{gh \cdot \left(1 + \frac{\alpha\omega}{(1+\alpha\theta)\beta}\right)} \quad (7)$$

Puassonning o'zi, bu formula bo'yicha aniq hisob-kitoblar qilish ancha qiyin, chunki " ω " ning qiymati ma'lum emas, deb izohlagan. 1816 yilga kelib, havodagi tovush tezligini va gazlarning issiqlik sig'imlarini aniqlash bo'yicha muhim eksperimental tadqiqotlar amalga oshirildi, shu sababli Laplash o'zining havodagi tovush tezligini aniqlash nazariyasini yana bir karra tekshirish uchun imkoniyatlar yaratildi. Shu yili Laplash bir kichik "Tovushning havodagi va suvdagi tezligi haqida" degan xabarnomasini chop qildi. Unda birorta matematik formula bo'lmasa ham, u tugatilgan va har tomonlama asoslangan fizik-matematik tadqiqot ishi bo'lgan. Xususan bu xabarnomada quyidagi fikr va izohlar keltirilgan: "Tovush tezligi uchun Nyutonning formulasi tajriba natijalariga nisbatan kichik qiymatni beradi. Bu farqlanishning sababi havo siqilgandagi ajralib chiqayotgan issiqlik kiydori bilan izohlanadi. Havo harorati oshganda uning bosimi ham ortadi va hajmi ham o'zgaradi. Bu esa o'z navbatida muhit zarralarining intensiv tebranishiga va tovush tezligini ortishiga olib keladi. Bunday jarayondagi gazning bosimi va hajmi orasidagi bog'lanish Boyl-Mariott qonuniga bo'ysunmaydi, chunki unda harorat o'zgarmas deb qabul qilingan (izotermik jarayon, Laplash fikricha esa jarayon – adiabatik). Shu sababli tovushning havodagi tezligini aniqlash uchun Nyuton formulasidagi tezlikni kvadrat ildiz ostidagi havoning o'zgarmas bosimi (C_p) va o'zgarmas hajmdagi (C_v) solishtirma issiqlik sig'imlar nisbatiga ko'paytirish kerak, ya'ni

$$\vartheta_{\text{tovush}} = \vartheta_N \cdot \sqrt{\frac{C_p}{C_v}} \quad (8)$$

Demak, Laplas xuddi Puasson xulosasiga keldi, lekin u jarayon va formulani aniqroq tavsiflab berdi.

Tahlil va natijalar. Gazlarning o'zgarmas bosim va o'zgarmas hajmdagi solishtirma issiqlik sig'imlari nisbatini aniqlash bo'yicha bajarilgan muhim eksperimental ishlar natijasiga to'xtalsak. 1819 yilda Kleman va Dezorm o'zlarining "Gazlarning absolyut noldagi issiqlik va solishtirma issiqlik sig'imini eksperimental o'lchash" nomli ilmiy ishida vakuumning issiqlik sig'imini o'lchash gipotezasini tekshirib ko'rishmoqchi bo'lishgan. Bu fikr va urinish birinchi ko'rinishda mutlaq ma'nosiz bo'lsa ham, ular olgan natijalar muhim ahamiyatga ega bo'ldi. Teplorod nazariyasiga ko'ra, jismning harorati qancha katta bo'lsa, undagi teplorod shuncha ko'p bo'lishi kerak yoki aksincha. Agar jism ma'lum sabablarga ko'ra teplorodini butunlay yo'qotsa, u holda uning harorati absolyut hol bo'lib qoladi (eng past harorat). Dal'ton gipotezasiga asosan esa, bu holda vakuum eng maksimal issiqlik sig'imiga ega bo'lish kerak, chunki vakuumda teplorod bo'lmagani uchun uni qizitish juda qiyin.

Xulosa va takliflar. Fizik olimlarni o'z davrida qilgan eksperiment tadqiqotlarida tovushni gazlardagi tarqalish muammosi o'rganildi. Kleman va Dezorm eksperimentni o'zgarmas bosim va hajmdagi issiqlik sig'imlar nisbatini aniqlashga bag'ishlangan bo'lib, ular bu nisbatni havo uchun topishdi va u 1,36 qiymatni tashkil qildi. (hozirgi kundagi aniq qiymati 1,41 ga teng). Dyulong gazlardan tovush tezligining o'sha paytdagi (1829 y.) qiymatlarini va Laplas formulasidan foydalanib, havo va boshqa gazlarning $\frac{C_p}{C_v}$ qiymatlarini aniqladi.

Havo uchun bu natija 1,4 ga yaqin bo'lsa ham boshqa gazlar uchun bunday natija olinmadi. Keyinchalik, 19-asrning 40-60- yillarida $\frac{C_p}{C_v}$ nisbati Kuzen, Girn Lefua, Peno, va boshqa olimlar tomonidan ham aniqlandi. Ularning natijalari havo uchun 1,38 dan to 1,42 qiymatlar oralig'ida bo'lgan. Gazlarning o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imini aniqlash eksperimental qiyinchiliklar bilan bog'landi. Faqatgina XIX asrning 90-yillarida bu masala Jolli tomonidan maxsus konstruksiyali kalorimetr yaratilishi bilan to'liq hal qilindi.

ADABIYOTLAR

1. M.Qurbonov, D.A.Begmatova "Fizika tarixi" fanidan ma'ruzalar matni. Toshkent - 2018 y
2. Т. Усмонов "Физика тарихидан методик қўлланма" – Тошкент – 2003.

3. Кудрявцев П.С. “Курс истории физики”. М. 1982 г.
4. Дорорман Я.Г., “Всемирная история физики”. М. "Наука". 1974 г.
5. N.Rahimov. “Fizika tarixi”. O'quv-uslubiy qo'lanma. Namangan – 2011