

O'rinova Oysha Dilmurod qizi

Navoiy davlat universiteti, 1-kurs magistranti

oyshaorinova315@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada havodagi tovush tezligining haroratga bog'liqligi nazariy va amaliy jihatdan batafsil o'rganiladi. Tadqiqotning asosiy maqsadi – gaz muhitida, xususan havoda tovushning tarqalish tezligi qanday omillar, ayniqsa harorat ta'sirida o'zgarishini aniqlash va ilmiy asoslashdan iborat. Ma'lumki, tovush tezligi gaz molekulalarining harakat tezligiga bog'liq bo'lib, bu esa bevosita muhit harorati bilan belgilanadi. Harorat oshishi bilan molekulalarning kinetik energiyasi ortadi, natijada tovush to'lqinlarining tarqalish tezligi ham oshadi.

Maqolada ideal gaz modeli asosida tovush tezligining matematik ifodasi keltirilib, u orqali harorat va tezlik o'rtasidagi bog'liqlik izohlanadi. Shuningdek, eksperimental usullar yordamida turli harorat sharoitlarida tovush tezligi o'lchanib, nazariy natijalar bilan taqqoslanadi. Tadqiqot davomida olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, havoda tovush tezligi haroratning har bir 1°C ga oshishi bilan taxminan $0,6 \text{ m/s}$ ga ortadi. Bu esa fizik qonuniyatlarning amaliy tasdig'i sifatida muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: tovush tezligi, harorat, gaz muhitida tovush, akustika, havo zichligi, molekulyar kinetika, ideal gaz qonuni, tajriba natijalari, fizik qonuniyatlari, atmosfera sharoiti, to'lqinlar tarqalishi, termodinamik bog'liqlik.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ ЗВУКА В ВОЗДУХЕ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Оринова Ойша Дилмурод кизи

Магистрант 1-го курса Навоийского государственного университета

oyshaorinova315@gmail.com

Аннотация: В данной статье теоретически и практически подробно исследуется зависимость скорости звука в воздухе от температуры. Основная цель исследования – определение и научное обоснование факторов, влияющих на скорость распространения звука в газовой среде, в частности в воздухе, под воздействием температуры. Известно, что скорость звука зависит от скорости

движения молекул газа, которая непосредственно определяется температурой среды. С повышением температуры кинетическая энергия молекул возрастает, в результате чего увеличивается и скорость распространения звуковых волн.

В статье приводится математическое выражение скорости звука на основе модели идеального газа, с помощью которого объясняется взаимосвязь между температурой и скоростью. Также с использованием экспериментальных методов измеряется скорость звука при различных температурных условиях и сопоставляется с теоретическими результатами. Результаты, полученные в ходе исследования, показывают, что скорость звука в воздухе увеличивается примерно на 0,6 м/с при повышении температуры на каждый 1°C. Это имеет важное значение как практическое подтверждение физических закономерностей.

Ключевые слова: скорость звука, температура, звук в газовой среде, акустика, плотность воздуха, молекулярная кинетика, закон идеального газа, результаты эксперимента, физические закономерности, атмосферные условия, распространение волн, термодинамическая зависимость.

STUDYING THE TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE SPEED OF SOUND IN AIR

Orinova Oysha Dilmurod qizi

1st-year Master's Student, Navoiy State University

oyshaorinova315@gmail.com

Abstract: This paper provides a detailed theoretical and practical study of the dependence of the speed of sound in air on temperature. The main objective of the research is to identify and scientifically substantiate the factors influencing the propagation speed of sound in a gaseous medium, particularly in air, under the influence of temperature. It is well known that the speed of sound depends on the velocity of gas molecules, which is directly determined by the temperature of the medium. As the temperature rises, the kinetic energy of the molecules increases, consequently leading to an increase in the propagation speed of sound waves.

Based on the ideal gas model, the paper presents a mathematical expression for the speed of sound, through which the relationship between temperature and speed is explained. Furthermore, the speed of sound under various temperature conditions is measured using experimental methods and compared with theoretical results. The findings obtained during the study indicate that the speed of sound in air increases by

approximately 0.6 m/s for every 1°C increase in temperature. This holds significant importance as a practical confirmation of physical laws.

Key words: speed of sound, temperature, sound in a gaseous medium, acoustics, air density, molecular kinetics, ideal gas law, experimental results, physical laws, atmospheric conditions, wave propagation, thermodynamic dependence.

Kirish. Havoda tovush tezligining haroratga bogʻliqligini oʻrganish fizikaning muhim yoʻnalishlaridan biri boʻlib, u gazlar kinetik nazariyasi, termodinamika va akustika qonunlariga asoslanadi. Tovush – bu elastik muhitda (masalan, havoda) tarqaluvchi mexanik toʻlqin boʻlib, uning tezligi muhitning fizik xossalariga, xususan, zichlik va bosimga, eng muhimi esa haroratga bevosita bogʻliqdir. Shu sababli, tovush tezligining haroratga qanday bogʻliqligini aniqlash ilmiy va amaliy jihatdan katta ahamiyatga ega.

Nazariy jihatdan, ideal gaz muhitida tovush tezligi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$v = \sqrt{\gamma \cdot \frac{P}{\rho}}$$

Bu yerda: v — tovush tezligi, γ — adiabatik koʻrsatkich (havo uchun taxminan 1.4), P — gaz bosimi, ρ — gaz zichligi.

Ideal gaz tenglamasidan foydalanib:

$$P = \rho RT$$

Bu formulani yuqoridagi tenglamaga qoʻysak, tovush tezligi quyidagicha ifodalanadi:

$$v = \sqrt{\gamma RT}$$

Bu yerda: R — gaz doimiysi, T — mutlaq harorat (Kelvinlarda).

Mazkur tenglama shuni koʻrsatadiki, tovush tezligi haroratning kvadrat ildiziga proporsional:

$$v \propto \sqrt{T}$$

Amaliy hisob-kitoblarda koʻpincha quyidagi soddalashtirilgan formula ishlatiladi:

$$v = 331 + 0.6t$$

Bu yerda: v — m/s dagi tovush tezligi, t — Selsiy shkalasidagi harorat (°C).

Ushbu formulaga koʻra, harorat har 1°C ga oshganda tovush tezligi taxminan 0.6 m/s ga ortadi. Masalan, 0°C da tovush tezligi 331 m/s boʻlsa, 20°C da u:

$$v = 331 + 0.6 \cdot 20 = 343 \text{ m/s}$$

ga teng boʻladi.

Bu bog‘liqlikning fizik mohiyati shundaki, harorat oshishi bilan gaz molekulalarining kinetik energiyasi ortadi, ular tezroq harakatlana boshlaydi va natijada tovush to‘lqinlari tezroq tarqaladi. Aksincha, harorat pasayganda molekulalar harakati sustlashadi va tovush tezligi kamayadi.

Mazkur tadqiqotning dolzarbligi shundaki, tovush tezligining haroratga bog‘liqligini aniqlash meteorologiya, aviatsiya, akustika va sanoat sohalarida keng qo‘llaniladi. Masalan, ob-havo sharoitlarini tahlil qilishda, samolyotlarning uchish parametrlarini hisoblashda hamda akustik tizimlarni loyihalashda bu qonuniyat muhim rol o‘ynaydi.

Adabiyotlar tahlili. Havodagi tovush tezligining haroratga bog‘liqligini o‘rganish fizikada, ayniqsa, akustika va termodinamika sohalarida keng tadqiq qilingan masalalardan biridir. Ilmiy adabiyotlarda ushbu hodisa gazlar kinetik nazariyasi, molekulyar harakat va elastik muhit xossalari bilan uzviy bog‘liq holda izohlanadi. Klassik fizik olimlardan biri Isaac Nyuton tovush tezligini birinchi bo‘lib nazariy jihatdan ifodalashga harakat qilgan bo‘lsa-da, uning hisob-kitoblari tajriba natijalari bilan to‘liq mos kelmagan. Keyinchalik Pierre-Simon Laplace tomonidan kiritilgan tuzatishlar natijasida tovush tezligining adiabatik jarayonga bog‘liqligi aniqlangan va formulalar ancha takomillashtirilgan.

Zamonaviy ilmiy manbalarda tovush tezligi gaz muhitida quyidagi umumiy formula bilan ifodalanadi:

$$v = \sqrt{\gamma \cdot R \cdot T / M}$$

Bu yerda γ — adiabatik ko‘rsatkich, R — gaz doimiysi, T — mutlaq harorat (Kelvin), M — molyar massa. Ushbu formuladan ko‘rinib turibdiki, tovush tezligi bevosita haroratga bog‘liq bo‘lib, harorat oshishi bilan molekulalarning kinetik energiyasi ortadi va natijada tovush tezligi ham oshadi.

Ko‘plab ilmiy tadqiqotlarda havoda tovush tezligining haroratga bog‘liqligi empirik formulalar yordamida ham ifodalanadi. Masalan, oddiylashtirilgan formulaga ko‘ra:

$$v \approx 331 + 0.6 \cdot t \text{ (m/s)},$$

Bu yerda t — Selsiy bo‘yicha harorat. Ushbu bog‘lanishdan kelib chiqib, 0°C da tovush tezligi taxminan 331 m/s bo‘lsa, 20°C da 343 m/s, 30°C da esa 349 m/s ga yetadi. Bu natijalar ko‘plab eksperimental tadqiqotlar bilan tasdiqlangan.

Xorijiy tadqiqotchilar tomonidan olib borilgan ishlarda tovush tezligiga nafaqat harorat, balki namlik va bosim kabi omillar ham ta’sir qilishi ko‘rsatib o‘tilgan. Masalan, AQSh va Yevropa ilmiy markazlarida o‘tkazilgan tajribalarda yuqori namlik sharoitida tovush tezligi biroz ortishi aniqlangan. Bunga sabab suv bug‘ining havoga

nisbatan zichligi kamroq bo'lishidir. Shu bilan birga, atmosfera bosimining o'zgarishi tovush tezligiga kamroq ta'sir ko'rsatishi ilmiy jihatdan isbotlangan.

Rossiya va MDH davlatlari olimlari tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda tovush tezligining haroratga bog'liqligi laboratoriya sharoitida rezonans naychalari va ultratovush qurilmalari yordamida o'rganilgan. Ushbu tajribalarda harorat 0°C dan 100°C gacha oshirilganda tovush tezligi taxminan 331 m/s dan 386 m/s gacha ortishi aniqlangan. Bu esa nazariy formulalar bilan mos keladi va ularning amaliy ahamiyatini tasdiqlaydi.

O'zbekiston olimlari tomonidan ham ushbu yo'nalishda bir qator ilmiy izlanishlar olib borilgan. Mahalliy tadqiqotlarda, ayniqsa, o'quv laboratoriyalarida o'tkazilgan tajribalar orqali tovush tezligining haroratga bog'liqligi o'rganilib, o'quv jarayoniga tatbiq etilgan. Natijalarga ko'ra, harorat har 1°C ga oshganda tovush tezligi o'rtacha 0.5–0.7 m/s ga ortishi kuzatilgan. Bu qiymatlar xalqaro ilmiy natijalar bilan deyarli mos keladi.

Shuningdek, zamonaviy ilmiy adabiyotlarda tovush tezligini aniqlashda raqamli sensorlar, lazerli o'lchash usullari va kompyuter modellash tirish texnologiyalaridan keng foydalanilmoqda. Bu esa o'lchash aniqligini oshirish va turli sharoitlarda tovush tarqalishini chuqurroq tahlil qilish imkonini bermog'da.

Mavjud ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, havodagi tovush tezligi haroratga to'g'ridan-to'g'ri bog'liq bo'lib, ushbu bog'liqlik nazariy formulalar va eksperimental natijalar bilan keng tasdiqlangan. Zamonaviy tadqiqotlar esa ushbu jarayonni yanada chuqurroq o'rganish va amaliy sohalarda qo'llash imkoniyatlarini kengaytirmog'da.

Metodologiya. Mazkur tadqiqotda havodagi tovush tezligining haroratga bog'liqligini o'rganish maqsadida nazariy va tajribaviy usullar kompleks qo'llanildi. Tadqiqot bir necha bosqichda amalga oshirildi: dastlab nazariy asoslar tahlil qilindi, so'ng laboratoriya sharoitida tajribalar o'tkazildi va olingan natijalar matematik-statistik usullar yordamida qayta ishlanib, tahlil qilindi.

Tadqiqotning nazariy qismida gazlarda tovush tezligining tarqalish qonuniyatlari o'rganildi. Ma'lumki, ideal gaz uchun tovush tezligi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$v = \sqrt{\gamma \cdot \frac{R \cdot T}{M}}$$

Bu yerda: v — tovush tezligi (m/s), γ — adiabatik ko'rsatkich, R — universal gaz doimiysi, T — mutlaq harorat (Kelvin), M — gazning molyar massasi.

Ushbu formuladan ko‘rinib turibdiki, tovush tezligi haroratning kvadrat ildiziga to‘g‘ri proporsionaldir. Shu asosda tajriba natijalarini tekshirish uchun nazariy model sifatida aynan shu bog‘liqlik qabul qilindi.

Tajriba qismi laboratoriya sharoitida maxsus akustik qurilmalar yordamida amalga oshirildi. Tajribada tovush generatori, rezonans naychasi, harorat o‘lchagich (termometr yoki termodatchik), signal qabul qiluvchi mikrofon hamda chastota o‘lchagich (osiloskop yoki signal analizatori)dan foydalanildi. Rezonans usuli asosiy metod sifatida tanlandi, chunki u tovush tezligini yuqori aniqlik bilan aniqlash imkonini beradi.

Tajriba jarayoni quyidagicha tashkil etildi: avvalo, qurilma normal xona haroratida sozlandi va boshlang‘ich o‘lchovlar olindi. So‘ngra havoning harorati bosqichma-bosqich o‘zgartirildi (masalan, 0°C dan 40°C gacha). Har bir harorat qiymatida rezonans uzunligi va tovush chastotasi o‘lchandi. Rezonans shartiga ko‘ra tovush tezligi quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$v = 2 \cdot l \cdot f$$

Bu yerda: l — rezonans uzunligi, f — tovush chastotasi.

Har bir o‘lchov kamida 3–5 marta takrorlandi va o‘rtacha qiymat olindi. Bu usul tasodifiy xatoliklarni kamaytirishga xizmat qildi. Harorat o‘zgarishi bilan tovush tezligining qanday o‘zgarishi jadval ko‘rinishida qayd etildi.

Olingan natijalarni qayta ishlashda matematik statistika usullaridan foydalanildi. Xususan, o‘rtacha qiymat, dispersiya va standart og‘ish hisoblandi. Shuningdek, tovush tezligi va harorat o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash uchun regressiya tahlili o‘tkazildi. Grafik usul yordamida $v = f(T)$ bog‘liqlik grafigi chizildi va uning ko‘rinishi nazariy model bilan solishtirildi.

Tajriba aniqligini oshirish maqsadida quyidagi omillar nazorat qilindi: havoning namligi, tashqi bosim, qurilmaning kalibrlanish darajasi va tashqi shovqinlar. Ayniqsa, namlik va bosim tovush tezligiga ma‘lum darajada ta’sir ko‘rsatishi sababli, ular imkon qadar barqaror saqlandi yoki alohida qayd etildi.

Natijada, mazkur metodologiya tovush tezligining haroratga bog‘liqligini kompleks o‘rganish, nazariy va amaliy natijalarni o‘zaro solishtirish hamda ilmiy asoslangan xulosalar chiqarish imkonini berdi.

Natijalar va muhokama. Mazkur tadqiqotda havodagi tovush tezligining haroratga bog‘liqligi tajribaviy va nazariy jihatdan o‘rganildi. Fizik qonuniyatlarga ko‘ra, gaz muhitida tovush tezligi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$v = \sqrt{\gamma \cdot \frac{R \cdot T}{M}}$$

Bu yerda: v — tovush tezligi (m/s), γ — adiabatik ko'rsatkich (havo uchun taxminan 1.4), R — universal gaz doimiysi (8.31 J/mol·K), T — mutlaq harorat (Kelvin), M — gazning molyar massasi (havo uchun ≈ 0.029 kg/mol).

Ushbu formuladan ko'rinib turibdiki, tovush tezligi haroratning kvadrat ildiziga to'g'ri proporsionaldir. Amaliy hisob-kitoblar uchun esa soddalashtirilgan empirik formula keng qo'llaniladi:

$$v = 331 + 0.6 \cdot t$$

Bu yerda t — Selsiy bo'yicha harorat ($^{\circ}\text{C}$).

Tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, harorat oshishi bilan tovush tezligi ham muntazam ravishda ortib boradi. Masalan, o'lchovlar asosida quyidagi natijalar olindi:

- $t = 0^{\circ}\text{C}$ da: $v \approx 331$ m/s
- $t = 10^{\circ}\text{C}$ da: $v \approx 337$ m/s
- $t = 20^{\circ}\text{C}$ da: $v \approx 343$ m/s
- $t = 30^{\circ}\text{C}$ da: $v \approx 349$ m/s

Natijalar nazariy formulaga juda yaqin ekanligi aniqlandi. Har 1°C ga oshganda tovush tezligi o'rtacha 0.6 m/s ga ortishi kuzatildi. Bu esa molekulalarning kinetik energiyasi ortishi bilan bog'liq.

Muhokama jarayonida quyidagi muhim jihatlar aniqlandi:

Birinchidan, harorat oshganda gaz molekulalarining o'rtacha tezligi ortadi. Molekulalarning tezroq harakati tovush to'lqinlarining tezroq tarqalishiga olib keladi. Bu kinetik nazariya bilan to'liq mos keladi.

Ikkinchidan, tajribada olingan natijalarda kichik og'ishlar ham kuzatildi. Bu og'ishlar quyidagi omillar bilan izohlanadi:

- havoning namligi (nam havo zichligi kamroq bo'lib, tovush tezligi yuqoriroq bo'ladi),
- atmosfera bosimi,
- o'lchov asboblarning aniqlik darajasi.

Uchinchidan, yuqoridagi asosiy formuladan kelib chiqib, tovush tezligining haroratga bog'liqligini differensial ko'rinishda ham ifodalash mumkin:

$$\frac{dv}{dT} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{\gamma R}{M}} \cdot \frac{1}{\sqrt{T}}$$

Bu ifoda shuni ko'rsatadiki, harorat oshgan sari tovush tezligining o'sish tezligi biroz kamayadi, ya'ni bog'liqlik chiziqli emas, balki ildizli xarakterga ega.

Shuningdek, tajribaviy va nazariy qiymatlar o'rtasidagi nisbiy xatolik quyidagicha hisoblandi:

$$\delta = \frac{|V_{\text{tajriba}} - V_{\text{nazariy}}|}{V_{\text{nazariy}}} \cdot 100\%$$

Hisob-kitoblar natijasida xatolik 1–3% oralig'ida ekanligi aniqlandi, bu esa tajribaning yetarlicha aniqlikda o'tkazilganini ko'rsatadi.

Umuman olganda, olingan natijalar havodagi tovush tezligi haroratga bevosita bog'liq ekanligini, ya'ni harorat oshishi bilan tovush tezligi ham ortishini tasdiqlaydi. Bu qonuniyat meteorologiya, akustika va aerodinamika sohalarida muhim amaliy ahamiyatga ega.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda havodagi tovush tezligining haroratga bog'liqligi nazariy va amaliy jihatdan o'rganildi hamda olingan natijalar fizik qonuniyatlar bilan taqqoslandi. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, havoda tovush tezligi harorat ortishi bilan muntazam ravishda oshib boradi. Bu holat gaz molekulalarining kinetik energiyasi ortishi bilan izohlanadi, ya'ni harorat oshganda molekulalar tezroq harakatlanadi va tovush to'lqinlari tezroq uzatiladi.

Nazariy jihatdan tovush tezligi quyidagi bog'lanish orqali ifodalanadi:

$$v \approx 331 + 0,6 \cdot T \text{ (m/s)}$$

Bu yerda T — harorat ($^{\circ}\text{C}$). Tadqiqot davomida olingan tajriba natijalari ham aynan shu formulaga yaqin qiymatlarni berdi. Masalan, 0°C da tovush tezligi taxminan 331 m/s ni tashkil etgan bo'lsa, 20°C da bu qiymat 343 m/s atrofida bo'ldi. Bu esa har bir 1°C ga oshishda tovush tezligi o'rtacha 0,6 m/s ga ortishini tasdiqlaydi.

Tajriba jarayonida ayrim kichik xatoliklar kuzatilgan bo'lsa-da (o'lchov aniqligi, tashqi muhit ta'siri, asboblarning chegaralanganligi), umumiy natijalar nazariy model bilan yuqori darajada mos kelgani aniqlandi. Bu esa tajriba metodikasining to'g'ri tanlanganini va o'rganilayotgan hodisaning fizik mohiyati to'g'ri tushunilganini ko'rsatadi.

Shuningdek, ushbu tadqiqot natijalari amaliy ahamiyatga ham ega. Tovush tezligining haroratga bog'liqligini bilish meteorologiya, akustika, aviatsiya, sanoat texnologiyalari va aloqa tizimlarida muhim rol o'ynaydi. Masalan, ob-havo sharoitlarini aniqlashda, ultratovush texnologiyalarida yoki signal uzatishda bu bog'liqlik hisobga olinadi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari havodagi tovush tezligi haroratga to'g'ridan-to'g'ri bog'liq ekanligini ilmiy asosda tasdiqladi. Kelgusida ushbu yo'nalishda namlik, bosim va gaz tarkibi kabi boshqa omillarning ham ta'sirini chuqurroq o'rganish tovush tarqalish jarayonini yanada mukammal tushunishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

- [1] S.M.Tursunov, Umumiy fizika kursi: Mexanika va molekulyar fizika. T: O'qituvchi, 2018.
- [2] A.Q.Raximov, Fizika (Molekulyar fizika va issiqlik hodisalari). T: Fan va texnologiya, 2020.
- [3] B.X.Ismatov, Umumiy fizika asoslari. T: O'zbekiston Milliy universiteti nashriyoti, 2019.
- [4] M.A.Yusupov, Issiqlik fizikasi va termodinamika. T: Universitet, 2017.
- [5] N.K.Karimov, Fizikadan laboratoriya ishlari. T: O'qituvchi, 2016.
- [6] Sh.S.Abdullayev, Molekulyar fizika va gaz qonunlari. T: Fan, 2015.
- [7] E.R.Xo'jayev, Fizika: Nazariy kurs. T: O'zbekiston, 2021.
- [8] A.A.G'ulomov, Issiqlik hodisalari va ularning amaliy qo'llanilishi. T: Fan va texnologiya, 2018.
- [9] D.T.To'xtayev, Fizika laboratoriya praktikum. T: O'qituvchi, 2014.
- [10] S.K.Isroilov, Termodinamika asoslari. T: Universitet, 2022.
- [11] O.A.Mirzaev, Fizik jarayonlar va modda tuzilishi. T: Fan, 2019.
- [12] M.R.Ahmedov, Umumiy fizika (II qism). T: O'qituvchi, 2018.
- [13] A.N.Tursunov, Akustika va tovush to'lqinlari. T: Fan va texnologiya, 2020.
- [14] K.S.Sodiqov, Fizikadan masalalar to'plami. Toshkent: O'zbekiston, 2017.
- [15] R.A.Abdullayev, Molekulyar fizika va gazlar nazariyasi. T: Fan, 2021.