Issiqlik nurlanishi jarayonlarini interaktiv HTML-simulyatsiya asosida modellashtirish

Sanjaridin Xolmuminovich Zoirov
Maxmud Baxtiyor-o‘g‘li Qo‘chqarov
Muzaffar Sharof-o‘g‘li Pardayev
Samarqand davlat pedagogika instituti

Annotatsiya: Maqolada issiqlik nurlanishining asosiy qonuniyatlari interaktiv HTML-simulyatsiya yordamida modellashtiriladi. Simulyatsiyada jismning harorati va sirt yuzasini o‘zgartirish orqali nurlanish quvvatining o‘zgarishi hamda spektr maksimumining qisqa to‘lqin uzunliklari tomon siljishi kuzatiladi. Mutlaq qora jism va emissivligi ε = 0,6 deb olingan soddalashtirilgan real jism modellari ko‘rib chiqiladi. Stefan-Boltsman va Vin siljish qonunlari asosida olingan grafik hamda sonli natijalar tahlil qilinadi. Shuningdek, simulyatsiyadan fizika mashg‘ulotlarida va mustaqil ta’lim jarayonida foydalanish imkoniyatlari yoritiladi.

Kalit so‘zlar: issiqlik nurlanishi, mutlaq qora jism, Stefan-Boltsman qonuni, Vin siljish qonuni, Plank qonuni, spektral taqsimot, HTML-simulyatsiya, raqamli modellashtirish

Modeling Thermal Radiation Processes Based on Interactive HTML Simulations

Sanjaridin Kholmuminovich Zoirov
Makhmud Bakhtiyor-ogli Qochqarov
Muzaffar Sharof-ogli Pardayev
Samarkand State Pedagogical Institute

Abstract: This article models the main laws of thermal radiation using an interactive HTML simulation. By changing the body’s temperature and surface area, users can observe changes in radiated power and the shift of the spectral maximum toward shorter wavelengths. The simulation includes an ideal blackbody model and a simplified real-body model with an assumed emissivity of ε = 0.6. Graphical and numerical results based on the Stefan-Boltzmann law and Wien’s displacement law are analyzed. The article also discusses the use of the simulation in physics classes and independent learning.

(cc) BY

Keywords: thermal radiation, blackbody, Stefan-Boltzmann law, Wien's displacement law, Planck's law, spectral distribution, HTML simulation, digital modeling

Kirish

Issiqlik nurlanishi jismlarning ichki energiyasi hisobiga elektromagnit to‘lqinlar chiqarishi bilan bog‘liq muhim fizik hodisa bo‘lib, tabiatda, texnika va texnologiyalarda keng uchraydi. Jismning issiqlik nurlanishi uning tarkibidagi atom, molekula, elektron va boshqa mikroskopik zarrachalarning issiqlik harakati hamda ular o‘rtasidagi elektromagnit o‘zaro ta'sirlar bilan bog‘liq murakkab jarayondir. Jism qizdirilganda uning tarkibiy zarrachalarining issiqlik harakati jadallashadi. Moddadagi zaryadlangan zarrachalarning harakati va tezlanishi, shuningdek, atom hamda molekulalarning energetik holatlari o‘rtasidagi kvant o‘tishlar elektromagnit nurlanishning yuzaga kelishida muhim rol o‘ynaydi. Qattiq jismlarda kristall panjara tebranishlari va elektron jarayonlar, gazlarda esa atom va molekulalarning energetik holatlari nurlanish xususiyatlarini belgilaydi. Chiqariladigan nurlanishning spektral tarkibi va energetik taqsimoti jismning harorati, optik xususiyatlari hamda sirt holatiga bog‘liq.

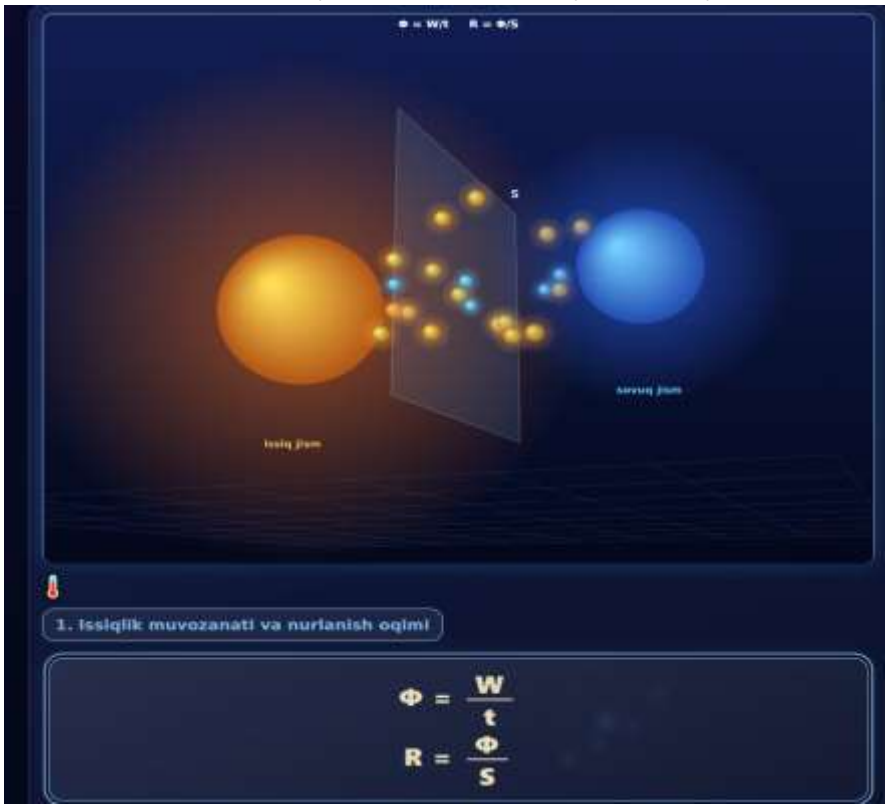
Harorat ortishi bilan jism chiqaradigan nurlanishning energetik intensivligi ortadi, spektral taqsimotning maksimumi esa qisqaroq to‘lqin uzunliklari tomon siljiydi. Mutlaq qora jism modeli ushbu hodisalarni o‘rganishning muhim nazariy asosidir. Stefan-Boltsman qonuni mutlaq qora jismning birlik sirt yuzasidan chiqadigan nurlanish quvvati haroratning to‘rtinchi darajasiga proporsional ekanini, Vin siljish qonuni spektr maksimumiga mos to‘lqin uzunligining haroratga teskari proporsionalligini, Plank qonuni esa nurlanish energiyasining to‘lqin uzunliklari bo‘yicha taqsimlanishini ifodalaydi. Ushbu qonuniyatlarni o‘rganish nazariy bilimlarni grafik va miqdoriy tahlil bilan bog‘lashni talab etadi. Biroq harorat o‘zgarishining nurlanish quvvati va spektrga ta'sirini statik tasvirlar yordamida dinamik tarzda kuzatish imkoniyati cheklangan. Shu sababli interaktiv raqamli simulyatsiyalardan foydalanish fizik jarayonlarni vizual modellashtirish, parametrlar orasidagi bog‘lanishlarni kuzatish va nazariy qonuniyatlarning mazmunini chuqurroq anglashga yordam beradi.

Asosiy qism.

Mazkur ishda issiqlik nurlanishi jarayoni HTML, CSS va JavaScript texnologiyalari asosida ishlab chiqilgan interaktiv simulyatsiya yordamida modellashtiriladi. Dasturda harorat va sirt yuzasini o‘zgartirish, mutlaq qora jism hamda soddalashtirilgan real jism rejimlarini tanlash, nurlanish quvvati va spektral taqsimotdagi o‘zgarishlarni grafik hamda sonli ko‘rsatkichlar orqali kuzatish imkoniyati mavjud. Shuningdek, spektr maksimumiga mos to‘lqin uzunligi, foton

(cc) BY

energiyasi va impulsi hisoblanadi. Ishning maqsadi issiqlik nurlanishining asosiy qonuniyatlarini matematik model asosida interaktiv muhitda namoyish etish, harorat va sirt yuzasining nurlanish xususiyatlariga ta'sirini tahlil qilish hamda simulyatsiyadan fizika ta'limida foydalanish imkoniyatlarini yoritishdan iborat [6], [9].

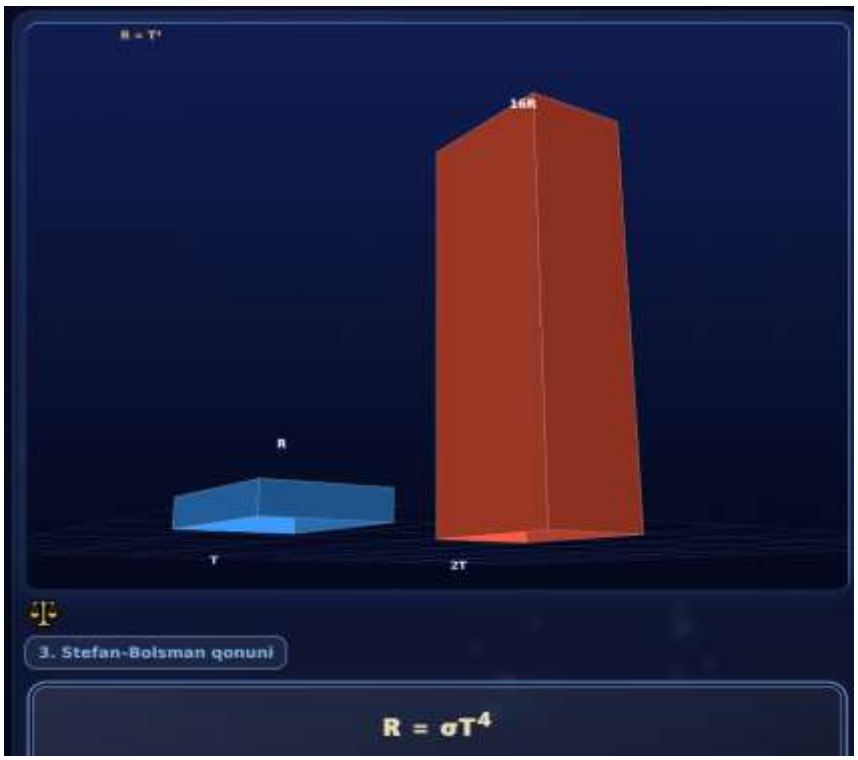


1-rasm. Issiqlik nurlanishi jarayonida issiq va sovuq jismlar o'rtasidagi energiya almashinuvi hamda nurlanish oqimining sxematik tasviri

Ushbu maqsadga erishish uchun issiqlik nurlanishining nazariy asoslarini o'rganish, tegishli matematik modellarni dasturiy muhitga tatbiq etish, simulyatsiya natijalarini grafik va sonli jihatdan tahlil qilish hamda undan auditoriya mashg'ulotlari va mustaqil ta'lim jarayonida foydalanish imkoniyatlarini ko'rsatish vazifalari belgilandi.

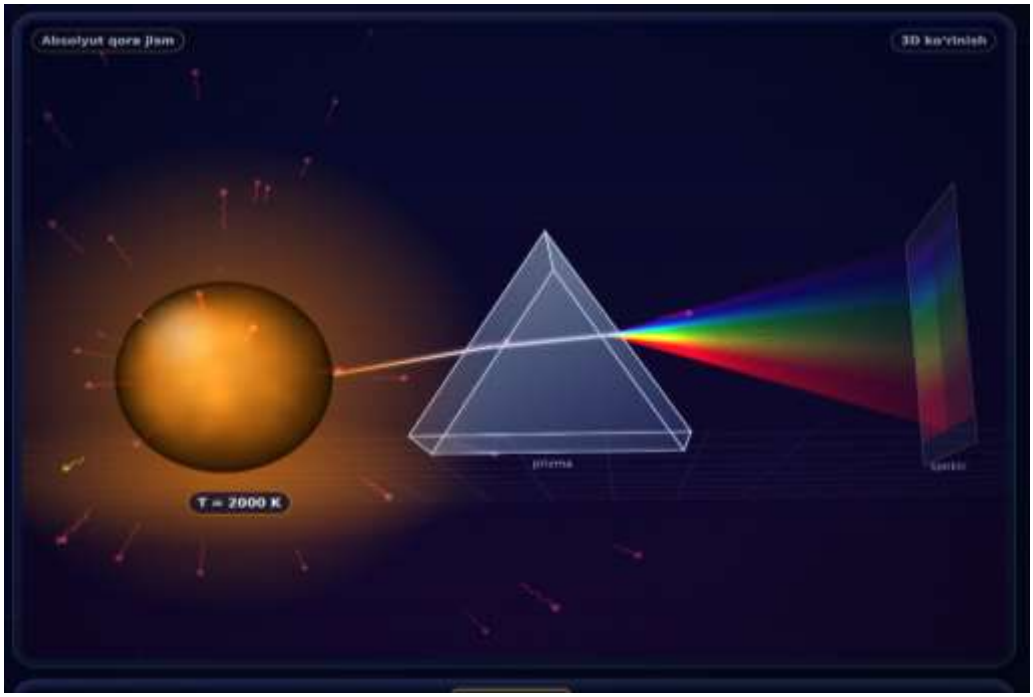
Taklif etilayotgan simulyatsiya issiqlik nurlanishining fizik mohiyatini anglash, nazariy bilimlarni vizual natijalar bilan mustahkamlash va talabalarning mustaqil tahlil ko'nikmalarini rivojlantirishga xizmat qiluvchi qo'shimcha raqamli ta'lim vositasidir. U real laboratoriya tajribalarining o'rnini bosmaydi, balki nazariy va matematik tahlilni to'ldiradi. Simulyatsiyada haroratni 500-8000 K, sirt yuzasini esa 1-10 m² oralig'ida o'zgartirish mumkin. Foydalanuvchi mutlaq qora jism yoki soddalashtirilgan real jism rejimini tanlaydi. Ikkinchi rejimda emissivlik $\varepsilon = 0{,}6$ deb qabul qilingan; bu qiymat o'quv modelining shartli parametri bo'lib, barcha materiallarning haqiqiy emissivligini ifodalamaydi. Stefan-Boltsman qonuniga ko'ra, emissivlik o'zgarmagan holda harorat ikki baravar oshirilsa, birlik yuzadan chiqadigan nurlanish quvvati 16 baravar ortadi.

(cc) BY



2-rasm. Harorat oshishi bilan nurlanish quvvatining ortishi (Stefan-Boltsman qonuni)

Bu bog‘lanish $M = \varepsilon\sigma T^4$ ifoda bilan yoziladi. Bu yerda M - birlik yuzadan chiqadigan nurlanish quvvati, ε - emissivlik, T - Kelvin shkalasidagi mutlaq harorat, σ - Stefan-Boltsman doimiysi. Jismning umumiy nurlanish quvvati esa $P = \varepsilon\sigma ST^4$ formula bilan aniqlanadi; bunda S - nurlanuvchi sirt yuzasi [1, 4]. Demak, harorat o‘zgarmaganda umumiy quvvat sirt yuzasiga to‘g‘ri proporsional (2-rasm).

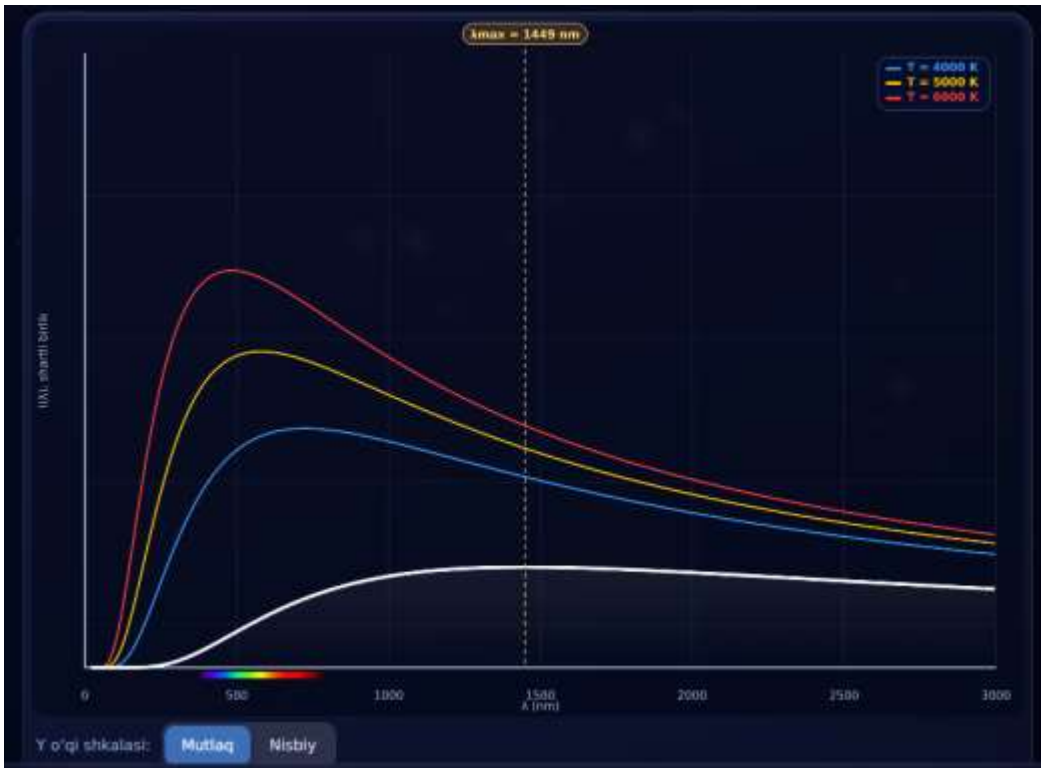


3-rasm. Qizigan jismdan chiqqan issiqlik nurlanishining prizma orqali spektrga ajralishini ifodalovchi simulyatsion tasvir

3-rasmda qizigan jismdan tarqalayotgan nurlanishning prizma orqali o‘tishi va turli ranglarga ajralishi sxematik tarzda ko‘rsatilgan. Tasvirdagi ranglar nurlanish

(cc) BY

tarkibini tushuntirish uchun berilgan vizual model bo‘lib, real laboratoriya o‘lchovi natijasi hisoblanmaydi. Simulyatsiyaning spektr grafigida mutlaq rejim tanlanganda harorat ortishi bilan spektral egri chiziqning intensivligi oshadi. Nisbiy rejimda esa har bir egri chiziq o‘z maksimumiga nisbatan normallashtiriladi, shu sababli ularning balandliklarini bevosita taqqoslash mumkin emas. Har ikki rejimda spektr maksimumi harorat ortishi bilan qisqaroq to‘lqin uzunliklari tomon siljiydi. Bu holat Vin siljish qonuniga mos keladi [2, 4]. Turli haroratlardagi spektral egri chiziqlar va maksimum to‘lqin uzunligining o‘zgarishi 4-rasmda keltirilgan.



4-rasm. Turli haroratlarda mutlaq qora jism nurlanishining spektral taqsimoti va maksimum to‘lqin uzunligining siljishi

Simulyatsiyaning natija kartalarida tanlangan harorat uchun nurlanish quvvati, spektr maksimumiga mos to‘lqin uzunligi, shu to‘lqinga mos foton energiyasi va impulsi ko‘rsatiladi. Foton energiyasi $E = hc/\lambda$, impulsi esa $p = h/\lambda$ ifodalari orqali aniqlanadi [3, 4]. Olingan qiymatlar model hisob-kitoblari natijasi bo‘lib, alohida fotonlarni tajribada sanash natijasi sifatida talqin qilinmasligi kerak. Grafikda ko‘rsatiladigan 20-3000 nm to‘lqin uzunliklari oralig‘i sababli ayrim past haroratlarda spektr maksimumi grafik chegarasidan tashqarida qolishi mumkin; bunday vaziyatda uning sonli qiymatidan foydalanish lozim.

Simulyatsiyadan dars jarayonida ko‘rgazmali vosita, mustaqil ta’limda esa parametrik mashq sifatida foydalanish mumkin. Masalan, talaba harorat ikki baravar oshirilganda birlik yuzadan chiqadigan nurlanish quvvati necha baravar ortishini oldindan hisoblaydi va natijani simulyatsiya orqali tekshiradi. Shuningdek, haroratni o‘zgartirmasdan sirt yuzasini oshirish orqali umumiy nurlanish quvvatining qanday

(cc) BY

o‘zgarishini kuzatishi mumkin. Bunday topshiriqlar fizik kattaliklar orasidagi funksional bog‘lanishlarni tushunish va nazariy xulosalarni mustaqil tekshirishga yordam beradi [6], [7], [8].

Simulyatsiya real laboratoriya o‘lchovlarining o‘rnini bosmaydi, chunki u idealizatsiyalangan fizik qonunlar va qabul qilingan parametrlar asosida ishlaydigan matematik-vizual modeldir. Shu bois uning natijalarini real tajriba ma’lumotlari bilan aynan bir xil deb qabul qilmaslik, modelning qo‘llanish chegaralarini hisobga olish zarur.

Xulosa

Interaktiv HTML-simulyatsiya issiqlik nurlanishining harorat va sirt yuzasiga bog‘liqligini, shuningdek, spektr maksimumining harorat ortishi bilan qisqa to‘lqinlar tomon siljishini vizual va miqdoriy tahlil qilish imkonini beradi. Stefan-Boltsman va Vin siljish qonunlariga asoslangan hisoblashlar fizik kattaliklar orasidagi bog‘lanishlarni tushunishga yordam beradi. Simulyatsiya soddalashtirilgan matematik model ekanligi inobatga olingan holda, undan ma’ruza, amaliy mashg‘ulot va mustaqil ta’limda qo‘shimcha raqamli vosita sifatida foydalanish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Stefan J. Über die Beziehung zwischen der Wärmestrahlung und der Temperatur. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, 1879, Bd. 79, S. 391–428.

2. Wien W. Über die Energievertheilung im Emissionsspectrum eines schwarzen Körpers. Annalen der Physik, 1896, Bd. 294, Nr. 8, S. 662–669.

3. Planck M. Über das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum. Annalen der Physik, 1901, Bd. 4, S. 553–563.

4. Halliday D., Resnick R., Walker J. Fundamentals of Physics. 10th ed. Hoboken: Wiley, 2014.

5. Zoirov S. X., Sirojiddinov S. H. o‘g‘li, Qo‘chqarov M. B. o‘g‘li, Bahreyeva M. F. qizi. Ta’limda raqamli texnologiyalardan foydalanish metodikasi // Science and Education. – 2024. – T. 5. – № 1. – Б. 276–280. Maqolani ko‘rish.

6. Zoirov S. X., Sirojiddinov S. H. o‘g‘li, Patinov J. R. Maktablarda zamonaviy virtual laboratoriyalarni tashkil etish metodikasi // Science and Education. – 2024. – T. 5. – № 3. – Б. 495–499. Maqolani ko‘rish.

7. Zoirov S. X., Hamrayev Y. B., Bahriyeva M. F. qizi. Fizika fanini zamonaviy texnologiyalardan foydalanib o‘qitish metodikasi // Science and Education. – 2023. – T. 4. – № 12. – Б. 515–519. Maqolani ko‘rish.

8. Zoirov S. X., Ergasheva M. A. qizi, Boynazarova N. S. qizi. PhET Simulatorlarida bajarilgan laboratoriya ishlarining afzalliklari // Science and Education. – 2024. – T. 5. – № 11. – Б. 125–129. Maqolani ko‘rish.

9. Zoirov S., Xoshimov T. Methods of creating virtual laboratories in the "LabVIEW" Program // Science and Innovation. – 2023. – T. 2. – № B11. – Б. 519–523.