

SUYUQLIKLARNING QOVUSHQOQLIGINI STOKS USULIDA
ANIQLASHNI O'RGANISH

p.f.f.d, PhD, dotsent. Buzrukov To'liqin Omonovich

Email: tolqinbuzrukov5@gmail.com

Fayzullayev Bekzod Zayniddin o'g'li

Annotatsiya

Suyuqliklarning qovushqoqligi — ularning ichki ishqalanish xossasini ifodalovchi muhim fizik kattalik bo'lib, biologiya, tibbiyot, farmatsevtika, kimyo va texnikada katta ahamiyatga ega. Qovushqoqlik suyuqlik qatlamlarining bir-biriga nisbatan harakatlanishiga qarshilik ko'rsatish darajasini bildiradi. Qon, limfa, plazma, siydik, sinovial suyuqlik, dorivor eritmalar va infuzion preparatlar kabi biologik hamda tibbiy suyuqliklarning oqish xususiyatlarini baholashda qovushqoqlik muhim ko'rsatkich hisoblanadi.

Stoks usuli suyuqliklarning qovushqoqligini aniqlashda oddiy, ko'rgazmali va fizik mohiyati aniq bo'lgan tajribaviy usullardan biridir. Bu usulda ma'lum radius va zichlikka ega bo'lgan kichik sharcha tekshirilayotgan suyuqlik ichiga tashlanadi va uning suyuqlikdagi barqaror tushish tezligi aniqlanadi. Sharchaga og'irlik kuchi, Arximed kuchi va suyuqlikning qarshilik kuchi ta'sir qiladi. Ushbu kuchlarning muvozanati asosida suyuqlikning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti hisoblanadi.

Maqolada Stoks qonunining fizik mazmuni, tajriba o'tkazish tartibi, hisoblash formulalari, laboratoriya xavfsizligi, tibbiy-biologik ahamiyati va olingan natijalarni talqin qilish masalalari keng yoritildi.

Kalit so'zlar: qovushqoqlik, Stoks usuli, ichki ishqalanish, suyuqlik, sharcha, dinamik qovushqoqlik, biofizika, qon reologiyasi, laboratoriya tajribasi.

Kirish

Suyuqliklar tabiatda va tirik organizmda eng ko'p uchraydigan modda holatlaridan biridir. Inson organizmining katta qismi suvdan tashkil topgan bo'lib, qon, limfa, hujayralararo suyuqlik, oshqozon shirasi, siydik, o't suyuqligi, sinovial suyuqlik kabi ko'plab biologik muhitlar doimiy harakatda bo'ladi. Bu suyuqliklarning oqishi, tomirlar orqali harakatlanishi, to'qimalarga moddalar yetkazishi yoki chiqindi mahsulotlarni olib ketishi ularning fizik xossalriga bog'liq. Ana shunday muhim xossalardan biri — qovushqoqlikdir.

Qovushqoqlik suyuqlikning oqishga qarshilik ko'rsatish xususiyatidir. Oddiy qilib aytganda, suv tez oqadi, asal esa sekin oqadi. Buning sababi ularning qovushqoqligi turlicha. Suvning qovushqoqligi kichik, asalniki esa katta. Tibbiyotda bu tushuncha juda muhim, chunki qonning haddan tashqari qovushqoq bo'lishi yurakka qo'shimcha yuklama beradi, qon aylanishini qiyinlashtiradi va tromboz xavfini oshirishi mumkin. Aksincha, qonning juda suyulib ketishi qon ketish xavfini kuchaytiradi.

Biofizika fanida suyuqliklarning qovushqoqligini o'rganish orqali biologik suyuqliklarning oqish qonuniyatlari tushuntiriladi. Masalan, qon tomirlarda qanday oqadi, kapillyarlarda qon harakati nima uchun sekinlashadi, yurak qon haydashda qanday qarshilikni yengadi, infuzion suyuqliklar tomirga qanday tezlikda yuboriladi — bularning barchasi qovushqoqlik bilan bog'liq.

Suyuqlik qovushqoqligini aniqlashning bir nechta usullari mavjud. Ularga kapillyar viskozimetr usuli, rotatsion viskozimetr usuli, Ostvald viskozimetri, Engler viskozimetri va Stoks usuli kiradi. Stoks usuli ayniqsa o'quv laboratoriyalarida keng qo'llanadi, chunki u oddiy asboblardan yordamida bajariladi va qovushqoqlikning fizik mohiyatini yaxshi ko'rsatadi. Bu usul sharchaning suyuqlik ichida tushish tezligini o'lchashga asoslangan.

Materiallar va usullar

Mazkur ishda suyuqliklarning qovushqoqligini Stoks usuli yordamida aniqlashning nazariy va amaliy asoslari tahlil qilindi. Tajriba shaffof silindrik idish, tekshiriladigan suyuqlik, kichik metall yoki shisha sharchalar, sekundomer, chizg'ich yoki millimetrli shkala, mikrometr yoki shtangensirkul yordamida bajariladi. Tekshiriladigan suyuqlik sifatida glitserin, moy, suv-glitserin aralashmasi yoki boshqa qovushqoq suyuqliklardan foydalanish mumkin.

Stoks usulining asosida suyuqlik ichida sekin harakatlanayotgan kichik sharchaga ta'sir qiluvchi kuchlarni tahlil qilish yotadi. Sharcha suyuqlikka tashlanganda unga uchta asosiy kuch ta'sir qiladi: pastga yo'nalgan og'irlik kuchi, yuqoriga yo'nalgan Arximed kuchi va sharchaning harakatiga qarshi yo'nalgan qarshilik kuchi.

Og'irlik kuchi sharchani pastga tortadi. Arximed kuchi esa suyuqlik tomonidan sharchani yuqoriga itaradi. Suyuqlikning ichki ishqalanishi natijasida hosil bo'ladigan qarshilik kuchi sharchaning harakatiga qarshi ta'sir qiladi. Sharcha dastlab tezlanish bilan harakat qiladi, ammo ma'lum vaqtdan so'ng kuchlar muvozanatlashadi va sharcha o'zgarmas tezlik bilan tusha boshlaydi. Ana shu o'zgarmas tezlik terminal yoki barqaror tezlik deyiladi.

Stoks qonuniga ko'ra, kichik sharcha qovushqoq suyuqlik ichida sekin harakatlanganda unga ta'sir qiluvchi qarshilik kuchi quyidagicha ifodalanadi:

$$F = 6 \pi \eta r v$$

Bu yerda:
F — suyuqlikning qarshilik kuchi,
 η — suyuqlikning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti,
r — sharcha radiusi,
v — sharchaning barqaror tushish tezligi,
 π — matematik doimiy son.

Sharchaning og'irlik kuchi:

$$P = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_{sh} g$$

Arximed kuchi:

$$F_A = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_s g$$

Bu yerda:
 ρ_{sh} — sharcha zichligi,
 ρ_s — suyuqlik zichligi,
g — erkin tushish tezlanishi.

Barqaror harakat vaqtida og'irlik kuchi Arximed kuchi va qarshilik kuchlari yig'indisiga teng bo'ladi:

$$P = F_A + F$$

Shu tenglikdan suyuqlikning qovushqoqlik koeffitsiyenti topiladi:

$$\eta = \frac{2r^2 g (\rho_{sh} - \rho_s)}{9v}$$

Agar sharchaning diametri **d** bilan berilgan bo'lsa, radius:

$$r = \frac{d}{2}$$

Sharchaning barqaror tushish tezligi esa:

$$v = \frac{l}{t}$$

Bu yerda:
l — sharchaning belgilangan masofani bosib o'tish yo'li,
t — shu masofani bosib o'tishga ketgan vaqt.

Tajriba o'tkazish tartibi

Tajriba avvalo asboblarni tayyorlashdan boshlanadi. Shaffof silindrik idishga tekshiriladigan suyuqlik quyiladi. Idish devorlari toza bo'lishi, suyuqlik ichida havo pufakchalari bo'lmasligi kerak. Suyuqlik harorati tajriba davomida deyarli o'zgarmas saqlanishi zarur, chunki harorat qovushqoqlikka kuchli ta'sir qiladi. Odatda harorat oshganda suyuqliklarning qovushqoqligi kamayadi.

Silindr devoriga ikki belgi qo'yiladi. Yuqoridagi belgi sharchaning tezligi barqarorlashgandan keyingi boshlang'ich nuqta sifatida olinadi. Pastki belgi esa masofaning tugash nuqtasi bo'ladi. Bu ikki belgi orasidagi masofa chizg'ich yordamida aniqlanadi.

Keyin sharchaning diametri mikrometr yoki shtangensirkul yordamida o'lchanadi. Sharcha juda katta bo'lmasligi kerak, chunki katta sharcha idish devorlariga yaqin harakat qilsa, suyuqlikning qarshilik kuchi ortib, natija xatolashadi. Sharcha imkon qadar silindr markazidan tushishi kerak.

Sharcha suyuqlikka ehtiyotkorlik bilan tashlanadi. U yuqori belgidan o'tayotgan paytda sekundomer ishga tushiriladi, pastki belgidan o'tganda esa to'xtatiladi. Shu tariqa sharchaning belgilangan masofani bosib o'tish vaqti aniqlanadi. Aniqlikni oshirish uchun tajriba kamida 3–5 marta takrorlanadi va vaqtning o'rtacha qiymati olinadi.

Olingan ma'lumotlar jadvalga yoziladi:

Shar

№	cha diametri d, m	Rad ofa l, m	Mas aqt t, s	V lik v, m/s	Tez oqlik η, Pa·s	Qovushq
1						
2						
3						
O'rta						
cha						

Hisoblashda avval sharchaning radiusi aniqlanadi, keyin uning tushish tezligi topiladi. Shundan so'ng yuqoridagi formula orqali qovushqoqlik koeffitsiyenti hisoblanadi.

Natijalar

Stoks usuli yordamida suyuqlik qovushqoqligini aniqlashda asosiy kuzatiladigan holat sharchaning suyuqlik ichida sekin va barqaror harakatlanishidir. Agar suyuqlik kam qovushqoq bo'lsa, sharcha tez tushadi. Agar suyuqlik qovushqoqligi katta bo'lsa, sharcha sekin tushadi. Demak, sharchaning tushish vaqti qancha katta bo'lsa, suyuqlikning qovushqoqligi ham shuncha yuqori bo'ladi.

Tajriba natijalaridan ko'rinadiki, qovushqoqlik sharcha radiusining kvadratiga, sharcha va suyuqlik zichliklari farqiga hamda erkin tushish tezlanishiga bog'liq. Tezlik ortsa, hisoblangan qovushqoqlik kamayadi. Bu fizik jihatdan tushunarli: suyuqlik qanchalik kam qarshilik ko'rsatsa, sharcha shunchalik tez harakatlanadi.

Stoks usulida aniqlangan qovushqoqlik dinamik qovushqoqlik deb ataladi va SI tizimida **Pa·s**, ya'ni paskal-sekund bilan ifodalanadi. Amaliyotda ba'zan **puaz** yoki **santipuaz** birliklari ham ishlatiladi. Suvning xona haroratidagi qovushqoqligi taxminan 1 mPa·s atrofida, glitserin va moylarning qovushqoqligi esa bundan ancha yuqori bo'ladi.

Tajriba davomida quyidagi natijaviy xulosalar kuzatiladi:

1. Sharcha zichligi suyuqlik zichligidan katta bo'lsa, u pastga tushadi.
2. Suyuqlik qovushqoqligi ortgan sari sharchaning tushish tezligi kamayadi.
3. Harorat ortganda ko'pchilik suyuqliklarning qovushqoqligi kamayadi.
4. Sharchaning radiusi kattalashsa, unga ta'sir qiluvchi kuchlar ham o'zgaradi.
5. Aniqlik uchun tajriba bir necha marta takrorlanishi kerak.

Muhokama

Stoks usuli biofizika va tibbiy fizika fanida juda muhim tajribalardan biri hisoblanadi. Chunki u oddiy ko'rinadigan hodisa — sharchaning suyuqlik ichida tushishi orqali suyuqlikning ichki ishqalanishini tushuntiradi. Bu jarayon inson organizmidagi suyuqliklar harakatini tushunishga ham yordam beradi.

Tibbiyotda qovushqoqlik ayniqsa qon reologiyasida katta ahamiyatga ega. Reologiya — moddalarning oqish va deformatsiyalanish xususiyatlarini o'rganadigan fan. Qon oddiy suyuqlik emas, balki murakkab biologik suyuqlikdir. Uning tarkibida eritrotsitlar, leykotsitlar, trombotsitlar, oqsillar, plazma va boshqa moddalar mavjud. Shuning uchun qonning qovushqoqligi suvnikidan yuqori bo'ladi.

Qon qovushqoqligining ortishi yurak uchun qo'shimcha yuklama yaratadi. Qon qalinlashganda u tomirlar bo'ylab qiyinroq harakatlanadi. Bu holat arterial gipertenziya, ateroskleroz, qandli diabet, suvsizlanish, eritrotsitlar sonining ortishi, ayrim gematologik kasalliklarda kuzatilishi mumkin. Masalan, organizm suvsizlanganda qon plazmasi kamayadi, shaklli elementlar nisbatan ko'payadi va qon qovushqoqligi ortadi. Natijada mikrosirkulyatsiya buzilishi, bosh aylanishi, yurak urishining tezlashishi va tromboz xavfi paydo bo'lishi mumkin.

Qovushqoqlik kamayishi ham klinik jihatdan muhim. Masalan, og'ir anemiya, qon suyultiruvchi dorilarni haddan tashqari qabul qilish yoki plazma oqsillari kamayganda qonning oqish xususiyati o'zgaradi. Bu esa qon ketish xavfi yoki to'qimalarga kislorod yetkazilishining buzilishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

Stoks usuli biologik suyuqliklarning qovushqoqligini bevosita o'lchashda har doim ham klinik usul sifatida ishlatilavermaydi, chunki qon kabi murakkab suyuqliklar Nyuton suyuqliklariga to'liq bo'ysunmaydi. Ya'ni qonning qovushqoqligi oqim tezligi, tomir diametri, eritrotsitlar deformatsiyasi va gematokrit darajasiga bog'liq. Shunga qaramay, Stoks usuli talabalarga qovushqoqlik, ichki ishqalanish, qarshilik kuchi va suyuqlikdagi harakat mohiyatini tushuntirishda juda qulaydir.

Farmatsevtikada ham qovushqoqlik muhim ko'rsatkich hisoblanadi. Sirop, gel, maz, suspenziya, emulsiya va inyeksion eritmalarning qovushqoqligi ularning saqlanishi, organizmga yuborilishi va ta'sir qilish tezligiga ta'sir qiladi. Masalan, juda qovushqoq inyeksion eritmani yuborish qiyin bo'ladi, juda suyuq preparat esa kerakli joyda yetarli vaqt saqlanmasligi mumkin. Shuning uchun farmatsevtik texnologiyada qovushqoqlik nazorati sifat ko'rsatkichlaridan biri hisoblanadi.

Stoks usuli orqali olingan natijalar aniqligiga bir nechta omillar ta'sir qiladi. Birinchidan, sharchaning radiusi juda aniq o'lchanishi kerak, chunki formula bo'yicha radius kvadrat ko'rinishida qatnashadi. Radiusdagi kichik xato yakuniy natijaga sezilarli ta'sir qiladi. Ikkinchidan, sharchaning markaziy yo'nalishda tushishi muhim. Agar sharcha idish devoriga yaqin tushsa, devor ta'siri kuchayadi va qarshilik ortadi. Uchinchidan, suyuqlik harorati o'zgaras bo'lishi kerak. To'rtinchidan, vaqtni o'lchashda inson reaksiyasi sababli kichik xatolik bo'lishi mumkin.

Tajriba to'g'ri bajarilishi uchun quyidagi shartlarga rioya qilish kerak: suyuqlik tinch holatda bo'lishi, sharcha toza va silliq bo'lishi, idish yetarli darajada keng bo'lishi, sharcha tezligi barqarorlashgan qismda vaqt o'lchanishi, tajriba bir necha marta takrorlanishi va o'rtacha qiymat olinishi kerak.

Bu mavzu tibbiyot talabalari uchun ayniqsa muhim, chunki u fizika va klinik tibbiyot o'rtasidagi bog'liqlikni aniq ko'rsatadi. Qovushqoqlik qon aylanishi, yurak

faoliyati, infuzion terapiya, dorilar texnologiyasi, laborator diagnostika va mikrotsirkulyatsiya jarayonlarini tushunishda asosiy tushunchalardan biridir.

Tibbiy-biologik ahamiyati

Suyuqlik qovushqoqligi organizmda gemodinamika bilan bevosita bog'liq. Qon tomirlarda oqayotganda uning harakatiga tomir devori, qonning o'zi va oqim tezligi ta'sir qiladi. Qovushqoqlik ortsa, qon oqimiga qarshilik kuchayadi. Bu holatda yurak qonni haydash uchun ko'proq kuch sarflaydi. Natijada yurak mushaklariga yuklama ortadi.

Qonning qovushqoqligi quyidagi omillarga bog'liq:

Omil

Qovushqoqlikka ta'siri

Gematokrit

Eritrotsitlar ko'paysa, qovushqoqlik ortadi

Plazma oqsillari

Fibrinogen va globulinlar ortsa, qon quyushlashadi

Harorat

Harorat pasaysa, qovushqoqlik ortadi

Suvsizlanish

Plazma kamayadi, qon qovushqoqligi ortadi

Qandli diabet

Mikrosirkulyatsiya va qon reologiyasi buzilishi mumkin

Yallig'lanish

Plazma oqsillari o'zgarib, qovushqoqlikka ta'sir qiladi

Klinik amaliyotda qon qovushqoqligi yurak-qon tomir kasalliklari, tromboz, insult, infarkt, diabetik angiopatiya, venoz yetishmovchilik va ayrim gematologik kasalliklarni tushunishda muhimdir. Shuning uchun biofizikada Stoks usulini o'rganish keyinchalik talabaga qon aylanishining fizik asoslarini chuqur anglashga yordam beradi.

Xulosa

Suyuqliklarning qovushqoqligini Stoks usulida aniqlash fizik va tibbiy jihatdan muhim laboratoriya ishidir. Bu usul suyuqlik ichida harakatlanayotgan sharchaga ta'sir qiluvchi og'irlik, Arximed va qarshilik kuchlarini tahlil qilishga asoslanadi. Tajriba natijasida suyuqlikning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti aniqlanadi.

Stoks usuli oddiy bajarilishi, ko'rgazmali bo'lishi va nazariy fizik qonunlar bilan bevosita bog'liqligi sababli o'quv jarayonida katta ahamiyatga ega. Bu tajriba orqali talabalar qovushqoqlik, ichki ishqalanish, barqaror tezlik, zichlik, kuchlar muvozanati va o'lchash xatoliklari kabi tushunchalarni amaliy jihatdan o'zlashtiradilar.

Tibbiyotda qovushqoqlik qon aylanishi, mikrotsirkulyatsiya, yurak faoliyati, farmatsevtik preparatlar sifati va biologik suyuqliklarning oqish xususiyatlarini baholashda muhim o'rin tutadi. Ayniqsa qon qovushqoqligining ortishi yoki kamayishi turli patologik holatlar bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Shu sababli Stoks usulini

o'rganish nafaqat fizikani tushunish, balki organizmdagi suyuqliklar harakatini klinik nuqtayi nazardan anglash uchun ham zarurdir.

Umuman olganda, Stoks usuli suyuqliklarning qovushqoqligini aniqlashda sodda, tushunarli va samarali usul bo'lib, tibbiy biofizika fanida nazariya bilan amaliyotni bog'lovchi muhim tajribalardan biridir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Савельев И.В. **Курс общей физики. Механика. Молекулярная физика.** Москва: Наука, 2018.
2. Трофимова Т.И. **Курс физики.** Москва: Академия, 2020.
3. Ремизов А.Н. **Медицинская и биологическая физика.** Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2019.
4. Каменский А.А., Масленникова Н.А. **Биофизика.** Москва: Академия, 2021.
5. Джураев А., Маматов М. **Tibbiy va biologik fizika.** Toshkent: Tibbiyot nashriyoti, 2020.
6. Hall J.E. **Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology.** 14th ed. Philadelphia: Elsevier, 2021.
7. Boron W.F., Boulpaep E.L. **Medical Physiology.** 3rd ed. Elsevier, 2017.
8. Chien S. **Shear dependence of effective cell volume as a determinant of blood viscosity.** Science, 1970.
9. Fung Y.C. **Biomechanics: Mechanical Properties of Living Tissues.** Springer, 1993.
10. Berne R.M., Levy M.N. **Principles of Physiology.** Elsevier, 2018.