

# **MAVZU: Reologiya. Suyuqliklar qovushqoqligi.**

**DARS VAQTI - 2 soat**

## **I.MA`RUZANING MAQSADI:**

Talabalarni qon tomirlarida suyuqlikning oqishi va xossalari bilan tanishtirish. Reologiya qanday bo'lim u nimalarni o'rganish haqida tushuncha beradi. Nyuton va nyuton suyuqliklar haqida tushuncha berish. Suyuqlik qovushqoqligini aniqlash usullari to'g'risida, qon qovushqoqligini aniqlashni klinik usuli to'g'risida ma'lumot berish.

Qovushqoq suyuqliklarni kichik diametrli trubalarda oqish mexanizmlarini aniqlab berish. Klinikada qon qovushqoqligini aniqlash usullarini o'rgatishdan iborat. Qon qovushqoqligi qanday kasalliklarda ortish va, qanday kasalliklarda kamayishi sabablarini o'rgatish.

Qon qovushqoqligini kasalliklarda o'zgarish sabablarini tushuntirish. Viskozimetriya, viskozimetrlarni turlari to'g'risida ma'lumotlar berish. Laminar va turbulent oqimlar va qon qaerlarda laminar oqimga, qaerlarda turbulent oqimga ega ekanligi to'g'risida, Reynolds soni va uni qanday parametrlarga bog'likligi haqida ma'lumot berish.

Talabalarni qon aylanishning mexanik va elektrik modellari bilan tanishtirish. Puls to'liqini, uning tarqalishi tomirlarning parametrlariga bog'liqligi, qon oqimi tezligini aniqlash usullari bilan, yurakning ishi va quvvati hamda klinikada qon bosimini Qoratkov usulini fizik asoslarini o'rgatishdan iborat.

## **II. MA`RUZADAN KUTILADIGAN NATIJALAR.**

Talabalar suyuqliklarni qovushqoqligi va xossalari to'g'risida aniq ma'lumotga ega bo'ladi. Ularning trubalardan, kapilyarlardan va qon tomirlaridan oqishi qanday parametrlarga bog'liqligini bilishadi.

Nyuton va nyuton suyuqliklari, suyuqliklarning qovushqoqligini aniqlash usullari to'g'risida, ayniqsa qon qovushqoqligini aniqlash klinik usuli to'g'risida ma'lumotga ega bo'lishadi.

Laminar va turbulent oqimlar to'g'risida qon organizmining qaerda laminar oqimga ega ekanligi va Reynolds soni haqida ma'lumotga ega bo'lishadi.

Qon qovushqoqligini normada va patalogik holatlardagi qiymatini, qaysi kasalliklarda qon qovushqoqligini oshishi qaysi birida kamayishini bilishadi.

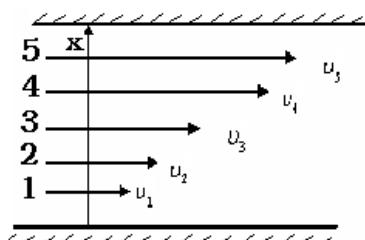
## **III. MA`RUZANING MAZMUNI (REJASI).**

- 1.Reologiya haqida tushuncha. Suyuqliklar qovushqoqligi
- 2.Qovushqoq suyuqliklarning trubalardan oqishi Puazeyl formulasi.
- 3.Qovushqoq suyuqliklar ichida jismlar harakati.
- 4.Qon qovushqoqligini aniqlashning klinik usuli
- 5.Laminar va turbulent oqimlar. Reynolds soni

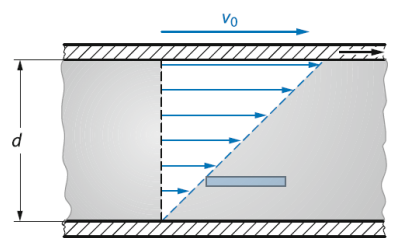
#### IV.MA`RUZANI MATNI (MA`RUZACHI UCHUN KISKACHA KAYDNOMA).

Reologiya - mexanikani bir qismi bo'lib suyuqliklarni oquvchanligini va deffermatsiya xususiyatlarini o'rganadi. O'zining xossalari jixatidan gazlar va qattik jismlar orasidagi oraliq holatilarni egallovchi moddalar suyuqliklardir. Suyuqliklar organizmni katta qismini tashkil etadi, ularning ko'chishi modda almashuvini va xujayralarni kislorod bilan taminlash ishini bajaradi. Shuning uchun suyuqlikning oqishi va ularning mexanik xossalarini o'rganish shifokarlar va biologlar uchun katta ahamiyatga egadir.

Real suyuqlik oqqanda uning ayrim qatlamlari bir biriga shu qatlamlarga o'rinma ko'rinishda yo'nalgan kuchlar bilan o'zaro ta'sirlashadi. Bu xodisa ichki ishqalanish yoki qovushqoqlik deyiladi(1-rasm).



1-rasm



2- rasm

Qatlamlar o'zaro bir biriga ta'sir ko'rsatadi<sup>1</sup>.

Ichki ishqalanish kuchi o'zaro ta'sirlashuvchi qatlamlarning yuziga to'g'ri proporsional va ularning nisbiy tezliklari qancha katta bo'lsa, ichki ishqalanish kuchi ham shuncha katta bo'ladi(2- rasm).

$$F_{uuk} = \eta \frac{dv}{dx} \cdot S \quad (1)$$

Qovushqoqlik suyuqlikning holatiga va molekulyar xossalariga bog'liq

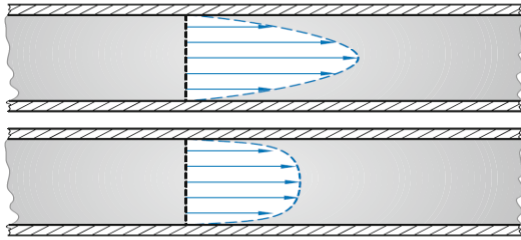
Qovushqoqlikning Si sistemasidagi o'lchov birligi Pa\*s SGS sistemasida esa Puaz  
 $1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 10 \text{ P}$  yoki  $1 \text{ P} = 0,1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$

Ko'pchilik suyuqliklarda qovushqoqlik tezlik gradientiga bog'liq bo'lmaydi, bunday suyuqliklar Nyuton tenglamasiga bo'ysinadi va ular Nyuton (normal) suyuqliklari deyiladi. Nyuton tenglamasiga buysinmaydigan suyuqliklar nonyuton (anomal) suyuqliklar deyiladi.

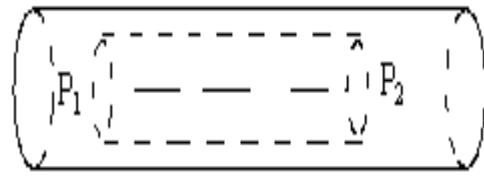
Murakkab va yirik molekulardan iborat suyuqliklar polimer eritmasi nonyuton suyuqligi xisoblanadi. Ularning qovushqoqligi oddiy suyuqliklarnikiga qaraganda bir necha marta katta bo'ladi. Qon nonyuton suyuqligi xisoblanadi.

Qovushqoq suyuqliklarning trubalardan oqishi tibbiyot uchun ahamiyati katta, chunki qon oqish sistemasi asosan turli diametrli silindrik tomirlardan iborat. Truba o'qi bo'ylab harakatlanayotgan zarrachaning tezligi eng katta bo'ladi, truba dvoriga yaqin joylashgan suyuqlik qo'zg'almas(3-rasm).

<sup>1</sup> Harten Physik fur Mediziner -2011y.-pp. 88-100



3-rasm



4-rasm

Suyuqlik tezligi bilan truba radiusi orasidagi boglinishni aniqlash uchun uzunligi  $\ell$  va radiusi  $r$  bo'lgan silindir shaklidagi suyuqlik ajratib olamiz(4-rasm).

Natijaviy kuch  $F = P_1\pi r^2 - P_2\pi r^2 = (P_1 - P_2)\pi r^2$  (2)

Silindirning yon tomonlariga uni o'rab to'rgan suyuqlik tomonidan ichki ishqalanish kuchi ta'sir etadi.

$$F_{ishq} = \frac{d\nu}{dr} \cdot S = \frac{d\nu}{dr} \cdot 2\pi r \cdot \ell \quad (3)$$

$S = 2\pi r\ell$  - Silindrni kundalang kesimi yuzasi

$$F = F_{ishq} \text{ demak } (P_1 - P_2)\pi \cdot r^2 = -\eta \frac{d\nu}{dr} 2\pi r\ell \quad (4)$$

“ - “ ishora tezlik gradienti ( $r$  ortishi bilan tezlik kamayadi) uchun yozilgan integrallab quyidagini hosil qilamiz

$$\nu = -\frac{P_1 - P_2}{4\ell\eta} (R^2 - r^2) \quad (6)$$

Truba o'qi ( $r=0$ ) bo'ylab oqayotgan qatlam tezligi eng katta bo'ladi.

$$\nu_{\max} = -\frac{(P_1 - P_2) \cdot R^2}{4 \cdot \ell \eta} \quad (7)$$

Gorizontaal truba orqali 1 s da oqib o'tayotgan suyuqlik xajmi  $Q$  ni qanday faktorlarga bog'liqligini aniqlaymiz. Buning uchun radiusi  $r$  va  $dr$  qalinlikdagi silindrik qatlam olamiz. Bu qatlam kesimini yuzi  $ds = 2\pi r dr$

Bir sekundda qatlam olib o'tayotgan suyuqlik xajmi

$$dQ = \nu \cdot dS = \nu \cdot 2\pi \cdot r \cdot dr \quad (8) \quad (6) \text{ ni } (8) \text{ ga qo'yamiz}$$

$$dQ = \pi \frac{P_1 - P_2}{2\ell\eta} (R^2 - r^2) r dr$$

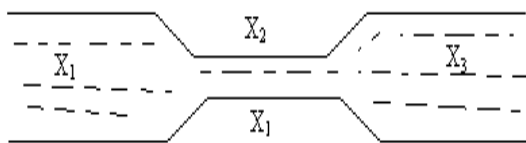
$$Q = \frac{\pi \cdot R^4}{8 \cdot \eta} \cdot \frac{P_1 - P_2}{\ell} \quad (9) \text{ Puazeyl formulasi.}$$

(9) -dan ko'rinib turibdiki, truba radiusi qancha katta bo'lsa suyuqlik qovushqoqligi qancha kichik bo'lsa, trubadan oqayotgan suyuqlik shuncha ko'p bo'ladi.

Puazeyl formulasi bilan zanjirning bir qismi uchun Om qonuni orasida quyidagicha o'xshashlik bor. Potentsiallar farqi truba uchlaridagi bosimlar ayirmasiga, tok kuchi suyuqlik xajmiga, elektrik qarshilik gidrovlik qarshilikka mos keladi.

Masalan, uchta o'zaro ketma-ket(5-rasm) va parallel(6-rasm) ulangan trubaning umumiy gidravlik qarshiliklari quyidagi formulalar yordamida topiladi.

$$X = X_1 + X_2 + X_3 \quad \text{5-rasm}$$



$$X = \left( \frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \frac{1}{X_3} \right)^{-1} \quad \text{6-rasm}$$

### Qovushqoq suyuqliklar ichida jismlar xarakati

Qovushqoqlik faqat suyuqliklarning idishlaridagi xarakatlanishadagina emas, balki jismlarning suyuqlik ichidagi xarakatida ham yuz beradi. Nyuton qonuniga asosan uncha katta bo'lmagan tezliklarda qarshilik kuchi suyuqlik qovushqoqligiga, jism xarakat tezligiga va jism o'lchamlariga bog'liq bo'ladi. Sferik jism uchun uning suyuqlikli idish ichidagi xarakati paytida hosil bo'lgan qarshilik kuchining qanday faktorlarga bog'liqligini Stoks aniqlagan  $F_{\text{ishq}} = 6\pi\eta r v$  Bu erda  $r$ -sharchaning radiusi,  $v$ -xarakat tezligi

Sharining qovushqoq muhitda tushishida unga uchta kuch ta'sir etadi

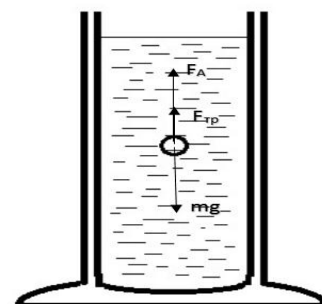
a) og'irlik kuchi  $mg = 4/3 \pi r^3 \rho_s g$ ;

b) Arhimed kuchi  $F_A = m_s g = 4/3 \pi r^3 \rho_s g$ ,

bu erda  $m_{\text{sh}}$  – shar siqib chiqargan suyuqlikning massasi,  $\rho_{\text{sh}}$  – uning zichligi;

v)  $F_{\text{ishq}}$  - qarshilik kuchi.  $F_{\text{ishq}} = 6\pi\eta r v$

Sharcha qovushqoq suyuqlikka tushganda tezligi kamayadi. Qarshilik kuchi tezlikka to'g'ri proporsional bo'lgani uchun sharcha tekis harakat qilguncha qarshilik



7-rasm

kuchi ham kamayib boradi(7-rasm). Bu holda  $mg + F_A + F_{\text{ishk}} = 0$  yoki boshqacha yozsak:

$$4/3 \pi r^3 \rho_s g - 4/3 \pi r^3 \rho_{\text{sh}} g - 6\pi\eta r v = 0,$$

bu yerda  $v$  sharchaning tekis harakat tezligi.

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

Bu formula faqat sharchaning suyuqlikdagi harakati uchungina emas, balki uning gazdagi harakati uchun ham o'z kuchini saqlab qoladi.

Undan ayrim hollarda havo tarkibidagi chang zarrasining cho'kishi vaqtini xisoblashda foydalanish mumkin. Buni quyidagi misol yordamida tushuntirish mumkin. Havo uchun – turli chang zarralari muallaq bo'lgan muhitda qovushqoqlik  $\eta = 0.000175 \text{ P}$ . O'lgan kishilar o'pkalarida topilgan chang zarralaridan 80% ning o'lchami 5 mkm dan 0,2 mkm gacha ekan. Agar chang zarralarini shar shaklida deb olib, uning zichligini yer zichligiga ( $\rho \approx 2,5 \text{ g/sm}^3$ ) teng deb chang zarrasining tushish tezligini yuqoridagi

formula yordamida hisoblab, uning qiymati 0,2-0,0003 sm/s bo'lishini topamiz. Bunday chang zarrasi havo oqimi va broun harakati bo'lmagan sharoitda balandligi 3 m bo'lgan hona ichida to'la cho'kishi uchun 12 sutka vaqt lozim bo'lar ekan.

Qovushqoqlikni o'lchash usullarining to'plamiga viskozimetriya deyiladi, asboblarga esa viskozimetrlar deb ataladi.

Kapillyar viskozimetrlar qonning qovushqoqligini aniqlashda ishlatiladi. Ular yordamida  $10^{-5} - 10^4$  Pa\*s qiymatili qovushqoqliklar o'lchanadi.

Stoks usular yordamida 
$$\eta = 2(\rho_w - \rho_c)r^2 \cdot g / (9 \cdot v_0)$$

Viskozimetrlarning harakatlanuvchi sharchalar yordamida qovushqoqligini aniqlash chegarasi  $6 \cdot 10^4 - 250$  Pa\*s. Rotatsion viskozimetrlar  $1 - 10^5$  Pa\*s yordamida moylar, sliktlar, elimlarning, qorishmalarning qovushqoqligi aniqlanadi.

Hozirgi paytda klinikada qon qovushqoqligini Gess viskozimetrida aniqlanadi. Odam qonining qovushqoqligi normada 0,4 - 0,5 Pa\*s, patologiyada 0,17 - 2,29 Pa\*s. Ayrim yuqumli, kasalliklarda qovushqoqlik oshadi boshqalarida, ich terlama, sil kasalligida kamayadi. Qovushqoqlik E.C.H.T ga ta'sir ko'rsatadi.

Suyuqliklarning truba bo'ylab oqishi suyuqlikning xossalari uning oqish tezligiga, trubalarning o'lchamiga bog'liq bo'lib, Reynolds soni bilan aniqlanadi.

$$R_e = \rho_c \cdot v \cdot D / \eta \quad (10)$$

Agar  $R_e > R_{ekp}$  oqim turbulent

Agar  $R_e < R_{ep}$  oqim laminar

Silliqliq devorli silindrik trubalarda  $Re = 2300$ . Reynolds soni suyuqlikning qovushqoqligiga va zichligiga bog'liq bo'lganligi sababli ularni kinematik qovushqoqlik orqali ifodalash.

mumkin.  $v = \eta / \rho_c \quad (11)$  у холда  $R_e \approx \cdot D / v$

Kinematik qovushqoqlik birligi  $m^2/s$ . SGS sistemasida St (stoks)

$$1 \text{ St} = 10^{-4} m^2/s.$$

Arteriyalarda qon oqimi normal bo'lganda laminar bo'lib, klavinlar yaqinida turbulent bo'ladi. Patologiyada qonning qovushqoqligi normadan kichik bo'lganda. Reynolds soni  $R_{kr}$  dan oshib ketadi va oqim turbulent bo'ladi. Turbulent oqim qo'shimcha energiya sarf bo'ladi. Turbulent oqim hosil bo'lgan shovqindan diagnostikada foydalaniladi. Burin bo'shlig'ida normada laminar bo'ladi. Yalig'lanishda turbulent bo'ladi, natijada nafas olish sistemasi muskullarining qo'shimcha ish bajarishiga olib keladi.

### Qovushqoqlikni aniqlash usullari:

1).Stoks usuli yordamida qovushqoqlik koeffitsientini aniqlash:

Nyuton qonuniga asosan uncha katta bo'lmagan tezliklarda qarshilik kuchi suyuqlik qovushqoqligiga, jism xarakati tezligiga va jism o'lchamiga bog'liq bo'ladi.

Sharcha suyuqlikka tushayotganda unga uchta kuch ta'sir qiladi.

1) Sharchaning og'irlik kuchi.  $P = mg = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_u g$  (1) bunda  $\rho_u$  - sharchaning zichligi

2) Sharchani suyuqlikdan siqib chiqaruvchi Arximed

kuchi.  $F_A = v\rho_{cyk} \cdot g = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_{cyk} g$  (2)

bunda  $\rho_{cyk}$  - suyuqlikni zichligi.

3) Ishqalanish kuchi,  $F_{ishk} = 6\pi \cdot R \cdot \mathcal{G}\eta$  (3)

Boshlang'ich paytida sharchaning xarakati tezlanuvchan bo'lib, ma'lum vaqtdan keyin teks xarakat bo'ladi, ya'ni  $\mathcal{G} = const$  bo'ladi.

U holda sharchaga ta'sir qilayotgan kuchlar o'zaro muvozanatlashadi.

$\mathbf{P} = \mathbf{F}_{APX} + \mathbf{F}_{ishk}$  (4)

(1), (2), (3) – ni (4) ga qo'yamiz va qovushqoqlik koeffitsientini  $\eta$  ni topamiz.

$$\eta = \frac{2}{9} R^2 \cdot g \frac{\rho_{sh} - \rho_{suy}}{\mathcal{G}}$$

Bu formula yordamida suyuqlik qovushqoqligi aniqlanadi.

2). Qovushqoqlik koeffitsientini VK-4 viskozimetri yordamida aniqlash:

Bu usulda tekshirilayotgan suyuqlikning qovushqoqligini distillangan suv qovushqoqligiga nisbatan aniqlashadi.

VK – 4 viskozimetri 2 ta bir xil darajalangan kapilyar naychadan iborat. Kapilyar naychaning birida kran o'rnatilgan. Kranli naychaga disterlangan suv solib, kran berkitiladi. Ikkinchi naychaga tekshirilayotgan suyuqlik solib gorizontol holda qo'yib kran ochiladi, rezinka naycha yordamida uni xavosini suvirib olinadi va tekshirilayotgan suyuqlik bir birlikka kelganda to'xtatiladi.

Kopilyarlardagi suv va tekshirilayotgan suyuqlik ustunini yozib olinadi.

Ishchi formulaga qo'yib noma'lum suyuqlikni qovushqoqligi xisoblanadi.

Suyuqlik qatlamlari paralel ya'ni qatlam – qatlam bo'lib oqishiga laminar oqim deyiladi.

Agar suyuqlik qatlamlari paralel oqmasdan burama oqim bo'lib oqsa bunday oqimga trubulent oqim deyiladi.

Qovushqoq suyuqliklari oqqanda qatlamlar orasida ichki ishqalanish paydo bo'ladi. Bu ichki ishqalanishni xarakterlaydigan kattalik dinamik qovushqoqlik deyiladi. SI sistemasida uning birligi Pa\*s. Qovushqoq suyuqliklari trubada oqqanda turba ko'ndalang qismini o'rtasida katta tezlik bilan oqadi.

Gorizontol turbada oqayotgan suyuqliklar Gagen – Puazeyl qonuniga bo'ysinadi<sup>2</sup>. Bu qonunga asosan turba ko'ndalang qismidan vaqt birligida oqib o'tgan suyuqlik xajmi.

<sup>2</sup> Paul Davidovits Physics in Biology and Medicine -2013y.-pp. 101-111

$$V = \frac{\pi R^4}{8\eta} \cdot \frac{P_1 - P_2}{l} = \frac{\pi R^4}{8\eta} \cdot \frac{\Delta P}{l} \quad (1)$$

VK – 4 viskozimetri Gagen – Puazeyl qonuniga asoslangan. Buni distillangan suv va tekshirilayotgan suyuqlik uchun qo'llaymiz, ishchi formulani keltirib chiqamiz.

$$\eta_{\text{suyuk}} = \eta_0 \frac{l_0}{l_{\text{суюк}}}$$

Olingan ma'lumotlarni ishchi formulaga qo'yib noma'lum suyuqlik qovushqoqligi topiladi.

Arteriyalarda qon oqishi normal bo'lganda laminar oqim bo'lib klavinlar yaqinida esa biroz trubulent oqim bo'ladi. Patalogiyada qonning qovushqoqligi normadan kichik bo'lganda Reynolds soni kritik qiymatidan oshib ketadi va xarakat trubulent bo'ladi.

Trubulent oqim suyuqlikning oqishida qo'shimcha energiya sarf bo'lishiga olib keladi, qonning bunday oqishida esa yurakning qo'shimcha ish bajarishiga olib keladi. Qonning trubulent oqim paytida hosil bo'lgan shovqini esa kasalliklarni diagnostika qilishda ishlatiladi. Bunday shovqinni yelka arteriyalari qon bosimini o'lchab ko'rishda eshitiladi.

Ko'p suyuqliklarni qovushqoqlik koeffitsenti faqat suyuqlik tabiatiga va temperaturasiga bog'lik. Bunday suyuqliklar nyuton suyuqligi deb ataladi.

Ular nyuton formulasiga bo'ysunadi. Ayrim suyuqliklar massalan: oqsillar, polimerlar eritmaları, emulsiyalarning suspenziyalari, qovushqoqligi ularning bosimiga, oqish tezligiga bog'lik bo'ladi. Bunday suyuqliklar Nonyuton suyuqliklar deyiladi.

Biologik suyuqliklar organizmda kuzatiladigan ayrim protsesslarga modda almashinuvi, ionlar xarakati katta ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun ularning qovushqoqligi diagnostik parametr sifatida qo'llanishi mumkin.

## V. MA'RUZANING JIXOZLARI

1. Tablitsalar
2. Har xil viskozimetrlar.

## VI. TALABALARNING MUSTAKIL ISHI UCHUN MAVZULAR

1. Qonning mexanik xossasi
2. Qon tomirlari bo'ylab qon oqishining fizika-matematika taxlili.

## VII. NAZORAT UCHUN SAVOLLAR.

1. Qovushqoqlik suyuqliklar uchun Nyuton qonuni va uni moxiyatini tushuntiring.
2. Suyuqliklar ichki ishqalanishi deb nimaga aytiladi.
3. Nyuton suyuqliklari deb qanday suyuqliklarga aytiladi.
4. Qovushqoq suyuqliklar ichidagi xarakatlanayotgan (erkin tushayotgan) sharchaga qanday kuchlar ta'sir qiladi.
5. Viskozimetriya deb nimaga aytiladi.

6. Reynolds soni nimani xarakterlaydi.
7. Kinematik qovushqoqlik deb nimaga aytiladi va uning birliklarini ayting.
8. Laminar va trubulent oqim deb qanday oqimga aytiladi.
9. Vaqt birligida truba ko'ndalang kesimdan oqib o'tgan suyuqlik xajmini ifodalovchi yozib brining.
10. Gagen-Puazeyl formulasini yozing va moxiyatini tushintiring.
11. Arteriyalarda qon oqishi normal bo'lganda qanday oqim bo'ladi. Klapanlar yaqinidachi.
12. Normal odam qon qovushqoqligi qancha bo'ladi, kasal odamning qoni qovushqoqligichi.
13. Qaysi kasalliklarda qon qovushqoqligi oshib ketadi qaysi birida kamayadi.

## **VIII. ADABIYOTLAR**

### **Asosiy:**

1. Andrey B.Rubin Fundamentals of Biophysics 2014y
2. Paul Davidovits Physics in Biology and Medicine 2013y 101-111 betlar
3. Harten Physik fur Mediziner 2011y 88-100 betlar
4. A.N.Remizov Tibbiy va biologik fizika 2005 y 157-167 betlar

### **Qo'shimcha:**

1. A.N. Remizov Tibbiy va biologik fizika 1992 y. 161-171betlar
2. YU.A. Vladimirov va boshqalar Biofizika 1983y
3. Z.P. Belikova, R.S Pavlova Meditsina biofizikasidan o'quv qo'llanmasi 1976y
4. Meditsina va biologik fizikasidan laboratoriya ishlarining metodik ishlanmalari (talabalar uchun) 2006 y.
5. Tibbiy va biologik fizikadan laboratoriya ishlaridan uslubiy qo'llanma 2006 y.