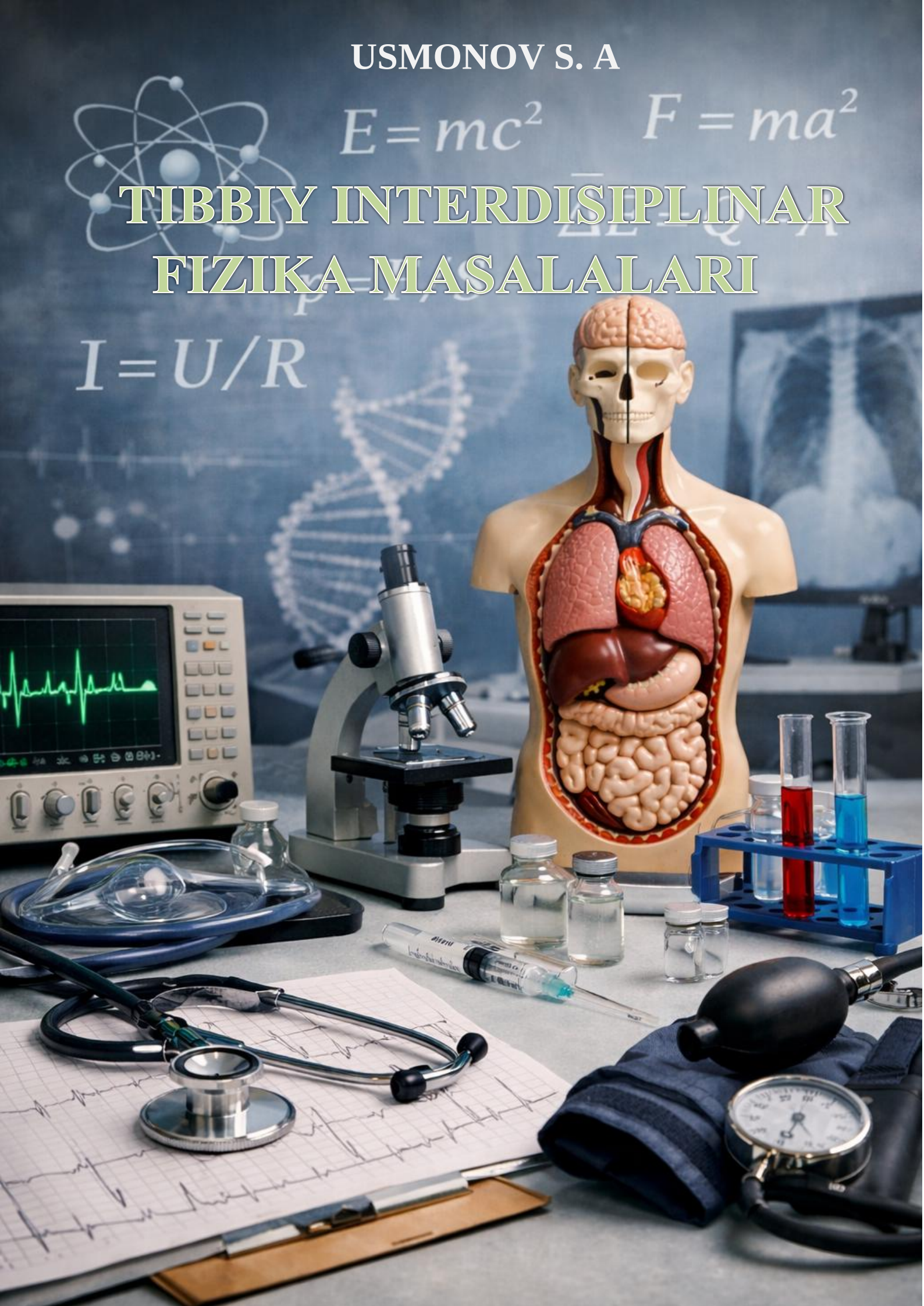
USMONOV S. A

TIBBIY INTERDISIPLINAR FIZIKA MASALALARI



USMONOV S. A.

Taqrizchilar:

S.M.Zaynolobidinova	Farg‘ona davlat universiteti “Fizika-matematika” fakulteti dekani, Fizika-matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori, dotsent.
Nosirov. N. V	Farg‘ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti “Biotibbiyot muhandisligi, biofizika va axborot texnologiyalari” kafedrasi pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori.

BIOFIZIKA

Fanidan

Amaliy mashg‘ulotlar uchun o‘quv qo‘llanma

Bilim sohasi:	700 000 – Muhandislik, ishlov berish va qurilish sohalari
Ta’lim sohasi:	710 000 – Muhandislik ishi
Ta’lim yo‘nalishi:	60711100 – Biotibbiyot muhandisligi

Farg‘ona - 2026

KIRISH.

Mustaqil O‘zbekistonimizda ilm-fan, jumladan sog‘liqni saqlash, fizika va texnika yo‘nalishlarini rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylangan. Muhtaram prezidentimiz Shavkat Mirziyoyev Miromonovich tomonidan ilgari surilgan tashabbuslar asosida fizika fanini chuqur o‘qitish, ilmiy tadqiqotlarni kengaytirish, hamda sun’iy intellekt va tibbiyot amaliyoti bilan integratsiyalashga alohida e’tibor qaratilmoqda. Xususan, Mamlakatimizda ilm-fanni tizimli isloh qilishning ustuvor yo‘nalishlarini belgilash, fundamental va amaliy tadqiqotlar sifatini oshirish, oliy ta’lim, ilm-fan va ishlab chiqarish o‘rtasidagi integratsiyani mustahkamlash hamda Fanlar akademiyasi ilmiy tashkilotlarining xalqaro miqyosda raqobatbardoshligini ta’minlash maqsadida qarorlar shular jumlasidandir.[1]

Sog‘liqni saqlash tizimini eng ilg‘or xorijiy tajriba asosida isloh qilish va aholiga ko‘rsatilayotgan tibbiy xizmatlar sifatini oshirish, birlamchi tibbiy-sanitariya yordami ko‘rsatishning zamonaviy tizimini shakllantirish, sohaga yangi boshqaruv tamoyillarini joriy qilish bo‘yicha ham qator muhim qarorlar qabul qilindi.[2] Bu qarorlar asosida tibbiyot muassasalarini yuqori texnologiyali diagnostika va davolash uskunalari bilan jihozlash, radiologiya, telemeditsina, sun’iy intellekt asosidagi diagnostika tizimlarini joriy etish, shuningdek, tibbiyot muhandislarini tayyorlash sifatini oshirishga katta e’tibor qaratilmoqda. Aynan shu jarayonda fizika fanining – xususan, biofizika, tibbiy optika, radiatsiya fizikasi, bioelektrik jarayonlar kabi yo‘nalishlarning ahamiyati yanada ortib bormoqda.

Zamonaviy tibbiyot muhandisligi sohasida chuqur bilimga ega, mustaqil fikrlaydigan va amaliy muammolarni ilmiy asosda hal qila oladigan mutaxassislarni tayyorlash dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, fizika fanining tibbiyot bilan uzviy bog‘liq bo‘lgan yo‘nalishi – tibbiyot fizikasi bugungi

[1] O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 27-dekabrdagi PQ-390-son “O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi faoliyatini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” qarori. https://lex.uz/uz/docs/-7954065

[2] O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 19-maydagi PF-88-son “Respublikada sog‘liqni saqlash tizimini va aholiga tibbiy xizmat ko‘rsatish tamoyillarini takomillashtirish orqali sohani isloh qilishni izchil davom ettirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” Farmoni. https://lex.uz/uz/docs/-7534275

kunda nafaqat nazariy bilimlar majmuasi, balki klinik va muhandislik muammolarini yechishda asosiy ilmiy poydevor vazifasini bajaradi. Shu sababli, biofizika fanini o‘qitishda an’anaviy nazariy yondashuv bilan cheklanib qolmasdan, uni amaliy masalalar, real tibbiy jarayonlar va zamonaviy texnologiyalar bilan integratsiyalashgan holda o‘rgatish zarurati tobora ortib bormoqda.

Mazkur “Tibbiy interdisiplinar fizika masalalari” nomli o‘quv qo‘llanma aynan shu ehtiyojdan kelib chiqib yaratilgan bo‘lib, u **60711100 – Biotibbiyot muhandisligi** ta’lim yo‘nalishi talabalari uchun mo‘ljallangan. Qo‘llanma Farg‘ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti Ilmiy kengashining 2025-yil 28-avgustdagi 1-sonli bayonnomasi bilan tasdiqlangan biofizika fanining o‘quv dasturiga to‘liq mos holda ishlab chiqilgan. Unda fizikaning asosiy qonun va tushunchalari tibbiyot amaliyoti bilan bevosita bog‘langan holda yoritilib, har bir mavzu doirasida tibbiy muammolarni modellashtirishga qaratilgan masalalar keltirilgan.

Ushbu o‘quv qo‘llanmaning asosiy maqsadi – talabalarda fizik qonunlarni chuqur anglash, ularni biologik tizimlarga tatbiq etish, tibbiy texnologiyalarni tushunish va amaliy muammolarni yechishda qo‘llay olish kompetensiyalarini shakllantirishdan iborat. Qo‘llanmada qattiq jismlar mexanikasi, biomexanika, gemodinamika, termodinamika, bioelektrik hodisalar, optika hamda ionlovchi nurlanish kabi tibbiyot fizikasining eng muhim bo‘limlari qamrab olingan bo‘lib, har bir bobda asosiy nazariy tushunchalar, zarur formulalar, ularning tibbiyotdagi qo‘llanilishi hamda masalalar yechish bo‘yicha namunalar izchil bayon etilgan.

Bugungi kunda umumiy fizika faniga oid masalalar to‘plamlari yetarli darajada mavjud bo‘lsa-da, aynan tibbiyot yo‘nalishiga moslashtirilgan, klinik va muhandislik muammolari bilan bog‘langan masalalar to‘plamlari respublikamizda yetarli emas. Mazkur qo‘llanma ana shu bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan bo‘lib, unda berilgan masalalar oddiy nazariy misollar emas, balki real tibbiy jarayonlar – qon aylanishi, nafas olish, mushak faoliyati, bioelektrik signallar, optik diagnostika

va nurlanish ta’siri kabi holatlar asosida tuzilgan. Bu esa talabalarga o‘z bilimlarini kelajakdagi kasbiy faoliyatiga yaqin sharoitda sinab ko‘rish imkonini beradi.

Qo‘llanmaning har bir bobida mavzuga oid asosiy tushunchalar va formulalar tizimli ravishda keltirilgan, masalalar bosqichma-bosqich yechib ko‘rsatilgan hamda bob yakunida nazorat va muhokama savollari berilgan. Bu yondashuv talabalarning nafaqat bilimini mustahkamlash, balki mustaqil fikrlash, tahlil qilish va xulosa chiqarish ko‘nikmalarini rivojlantirishga xizmat qiladi. Shuningdek, masalalar zamonaviy tibbiyot texnologiyalari – diagnostik qurilmalar, lazer texnologiyalari, elektroterapiya, radiologiya va boshqa ilg‘or yo‘nalishlar bilan uyg‘unlashtirilgan holda tuzilgan.

Mazkur o‘quv qo‘llanma bo‘lajak tibbiyot muhandislarining kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishda, ularning kreativ va analitik tafakkurini shakllantirishda, fizika qonunlarini real hayotiy vaziyatlarda qo‘llay olish malakasini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu bilan birga, u nafaqat talabalar, balki biofizika fanini o‘qituvchi pedagoglar uchun ham amaliy mashg‘ulotlarni samarali tashkil etishda metodik manba sifatida xizmat qilishi mumkin.

I. BOB. QATTIQ JISMLAR VA BIOLOGIK TO‘QIMALAR MEXANIKASI.

Tayanch iboralar: Biomexanika va biologik tizimlar, elastiklik, qovushoqlik, tayanch-harakat apparati, mushak kuchi va qisqarish mexanizmi, qon aylanishi va gemodinamika, nafas olish mexanikasi, richaglar va bo‘g‘imlar, mexanik ish va quvvat, ergometriya va funksional diagnostika, tebranish va rezonans hodisalari, akustika va tovush to‘lqinlari, biotibbiyot muhandisligida modellashtirish.

Mazkur bobda qattiq jismlar fizikasi va biologik to‘qimalar mexanikasining o‘zaro uyg‘un holidagi masalalar ko‘rib chiqiladi. Inson organizmi mexanik nuqtayi nazardan qaralganda, turli xil material xossalariga ega bo‘lgan murakkab tizim hisoblanadi: suyaklar yuqori qattiqlikka ega kompozit struktura, mushaklar faol kuch hosil qiluvchi tizim, pay va bog‘lamlar esa elastik elementlar sifatida ishlaydi. Zamonaviy tibbiyot va biotibbiyot muhandisligi bu tizimlarni matematik modellashtirish, biomexanik tahlil va sun’iy materiallar yaratish orqali chuqur o‘rganmoqda. So‘nggi yillarda ortopedik implantlar, sun’iy bo‘g‘imlar, yurak klapanlari, qon tomir stentlari va bioinspiratsiyalangan materiallar ishlab chiqilishi aynan mexanika qonunlariga asoslanadi. Nafas olish va qon aylanishi biomexanikasi esa intensiv terapiya, ventilatsiya tizimlari va yurak nasoslari (LVAD) texnologiyalarini yaratishda asosiy ilmiy poydevor hisoblanadi.[3] Mushak qisqarishining molekulyar darajadagi mexanizmlari, shuningdek, robotlashtirilgan protezlar va neyromexanik interfeyslar ishlab chiqilishiga xizmat qilmoqda.[4]

O‘quv qo‘llanmada berilgan masalalar aynan shu zamonaviy ilmiy yutuqlar asosida ishlab chiqilgan bo‘lib, ularni yechish orqali talaba mexanik qonunlarni biologik tizimlarga qo‘llash, fizik modellashtirish, klinik vaziyatlarni hisoblash va tahlil qilish kabi muhim kompetensiyalarni shakllantiradi. Bu esa biotibbiyot

[3] Simaan M.A., Faragallah G., Wang Y., Divo E. Left Ventricular Assist Devices: Engineering Design Considerations // New Aspects of Ventricular Assist Devices. – InTech, 2011. – 10–12-betlar.

[4] Left Ventricular Assist Device (LVAD): Patient information booklet. – Golden Jubilee University National Hospital. – 2022. – 9–12-betlar.

muhandisligi sohasida professional faoliyat olib borish uchun zarur bo‘lgan asosiy bilim va ko‘nikmalarni rivojlantiradi.

Asosiy formulalar:

Radius - vektor	$\vec{r} = x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} + z \cdot \vec{k}$
Tezlikni limit orqali ifodalanishi	$\vartheta = \lim\limits_{t \to 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt} = \frac{dS}{dt}$
Tekis harakatda tezlik	$\vec{\vartheta} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$
Tezlikning skalyar ko’rinishi	$\vartheta = \frac{S}{t}$
Jismning x o’qidagi tezligi	$\vartheta_x = \frac{x - x_0}{t}$
Jismning y o’qidagi tezligi	$\vartheta_y = \frac{y - y_0}{t}$
Tekis harakatda x o’qi bo’yicha harakat tenglamasi	$x = x_0 + \vartheta_x t$
Aylanish davri	$T = \frac{t}{N}$
Aylanish chastotasi	$\nu = \frac{N}{t}$
Burchak tezlik	$\omega = \frac{\varphi}{t}$; $\omega = \frac{2\pi}{T}$; $\omega = \frac{2\pi N}{t}$; $\omega = 2\pi\nu$
Chiziqli tezlik	$\vartheta = \frac{2\pi R}{T}$; $\vartheta = \frac{l}{t}$;

Aylanma harakat dinamikasi tenglamasi	$\overrightarrow{M} = J \cdot \vec{\varepsilon}$
Markazga intilma tezlanish (ε-burchakli tezlanish)	$a = \frac{\vartheta^2}{R}$; $a = \omega\vartheta$; $a = 4\pi^2 R\nu^2$;
Tebranish muvozanat vaziyatidan boshlanganida siljish tenglamasi. X_0 −amplituda	$X = X_0 sin(\omega t + \varphi_0)$
Tebranish eng chetki vaziyatidan boshlanganida siljish tenglamasi	$X = X_0 cos(\omega t + \varphi_0)$
To'liq faza. φ_0 −boshlang'ich faza	$\varphi = \omega t + \varphi_0$
1- Siljish masofasidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosila tezlikka teng. ϑ_0 −tezlikning maximal qiymati 2- va 3- Tezlikning tenglamasi	$1) x' = \vartheta$ $2) \vartheta = X_0 \omega\, cos(\omega t + \varphi_0)$ $3) \vartheta = \vartheta_0\, cos(\omega t + \varphi_0)$
1-Siljish masofasidan vaqt bo'yicha olingan 2- tartibli hosila tezlanishga teng. 2-Tezlikdan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosila tezlanishga teng. a_0 −tezlikning maximal qiymati 3- va 4- Tezlanishning tenglamasi	$1) a = X''$ $2) a = \vartheta'$ $3) a = -a_0\, sin(\omega t + \varphi_0)$; $4) a = -X_0 \omega^2\, sin(\omega t + \varphi_0)$

Garmonik harakatda energiya: 1)Kinetik energiya 2)Potensial energiya	$\mathbf{1)}E_k = \frac{m\vartheta^2}{2}$; $\mathbf{2)}E_p = mg\Delta h$
1)To'liq energiya kinetik va potensial energiyalarning oniy qiymatlari yig'indisiga teng 2)Maximal kinetik energiya to'liq energiyaga teng 3)Maximal potensial energiya to'liq energiyaga teng	$\mathbf{1)}E_{to'la} = E_k + E_p$ $\mathbf{2)}E_{max} = \frac{m\vartheta_{max}^2}{2}$ $\mathbf{3)}E_{max} = mg\Delta h_{max}$
Tebranish muvozanat vaziyatidan boshlanganida siljish tenglamasi.	$x = A_0 e^{-\beta t} sin(\omega t + \varphi_0 t)$
Tebranish eng chetki vaziyatdan boshlanganida siljish tenglamasi.	$x = A_0 e^{-\beta t} cos(\omega t + \varphi_0 t)$
Tebranishlar amplitudasi A_0 – boshlang'ich amplituda	$A = A_0 e^{-\beta t}$
So'nuvchi tebranishlarning tebranish davri	$T = \frac{2\pi}{\omega}$; $T = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}$
So'nuvchi tebranishlarning siklik chastotasi. ω_0 - boshlang'ich siklik chastota.	$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$
So'nish koeffitsiyenti. (r – qarshilik koeffitsiyenti)	$\beta = \frac{r}{2m}$

So‘nishning logarifmik degrementi $A_n;\ A_{n+1}$ – oldinma-ketin tebranishlar amplitudalari	$\boldsymbol{\delta = ln\frac{A_n}{A_{n+1}};\ \ \delta = \beta \cdot T}$
Majburiy tebranishlar barqaror bo‘lgandagi tebranishlarning siljish tenglamasi	$\boldsymbol{x = \frac{F_0}{\sqrt{\left(\omega_0^2 - \omega^2\right)^2 + 4\beta\omega^2}} cos(\omega t + \varphi_0)}$
Boshlang’ich fazaning tangensi	$\boldsymbol{tg\varphi = -\frac{2\beta\omega}{\omega_0^2 - \beta^2}}$
Rezonans yuz beradigan chastota	$\boldsymbol{\omega_{rez} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}}$
Rezonans paytidagi tebranish amplitudasi	$\boldsymbol{A = \frac{F_0}{2\beta\sqrt{\omega_0^2 - \omega^2}}}$
To’lqin uzunlik	$\boldsymbol{\lambda = \frac{\vartheta}{\nu};\quad \lambda = \vartheta T}$
1)Ko’ndalang tovush tezligi 2)Bo’ylama tovush tezligi E −yung moduli, G −siljish zichligi	$\boldsymbol{1)\vartheta = \sqrt{\frac{G}{\rho}};\ \ 2)\vartheta = \sqrt{\frac{E}{\rho}}}$
Tovushning intensivligi (tovushning kuchi)	$\boldsymbol{I = \frac{W}{S \cdot t};\ \ I = \frac{P}{S};}$ $\boldsymbol{I = \frac{1}{2}\rho\vartheta\omega^2 A^2}$
Veber – Fexner qonuni bo’yicha tovushning intensivlik darajasi (Ya’ni qattiqligi)	

$1000Hz$ chastotada, agar tovushning qattiqligi $1dB$bo'lsa, tovushning qattiqligi 1Fon bo'ladi. $1Bell = 10detsibell$	$\vec{L} = 10lg\frac{I}{I_0}$
To'lqin energiya zichligi	$\omega = \frac{1}{2}\rho\Omega^2A^2$
Zichlik	$\rho = \frac{m}{V}$
Elastiklik kuchi	$F_{el} = -k\Delta x$
Nisbiy deformatsiya	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
Absolut deformatsiya	$\Delta l = l - l_0$
Bikrlik	$k = \frac{ES}{l_0}$
Impuls momenti	$L = J\omega;\ L = m\vartheta R;\ L = pR$
Kuch momenti	$M = F \cdot l$
Richagning muvozanat sharti	$M_1 = M_2 \rightarrow F_1l_1 = F_2l_2$
Mexanik ish	$A = F \cdot Scos\alpha$

Bobga doir masalalarni yechish namunalari:

1. Travmatologiya va ortopediya bo‘limida son suyagining mexanik mustahkamligi baholanmoqda. Bemor tik turgan holatda bo‘lib, son suyagiga vertikal yo‘nalishda 950 N siquvchi kuch ta’sir qilmoqda. Suyakning ko‘ndalang kesim yuzi $3.2\cdot10^{-4}$ m², suyakning boshlang‘ich uzunligi 0.42 m, Young moduli esa $1.6\cdot10^{10}$ Pa deb qabul qilinsin. Shu yuklama ta’sirida suyakda hosil bo‘ladigan

mexanik kuchlanishni, nisbiy deformatsiyani va absolyut qisqarishni aniqlang. Natijani biomexanik ma’nosini ham izohlang.

Berilgan kattaliklar	**Yechimlari**
F = 950 N	Avvalo suyakda qanday kattalik hosil bo‘layotganini aniqlaymiz. Kuch sirtga taqsimlanib ta’sir qilgani uchun birinchi navbatda mexanik kuchlanish topiladi. Mexanik kuchlanish formulasi: $\sigma = F / S$. Bu yerda F — kuch, S — kesim yuzi.
$S = 3.2 \cdot 10^{-4}$ m^2	Endi qiymatlarni formulaga qo‘yamiz: $\sigma = 950 / (3.2 \cdot 10^{-4}) = 2.96875 \cdot 10^6$ Pa. Demak, suyakdagi kuchlanish taxminan $2.97 \cdot 10^6$ Pa yoki 2.97 MPa ga teng ekan. Bu son suyak ichida birlik yuzaga to‘g‘ri keladigan ichki mexanik zo‘riqishni bildiradi.
$l_0 = 0.42$ m	Keyingi bosqichda nisbiy deformatsiyani topamiz. Guk qonunining elastik sohadagi ko‘rinishi bo‘yicha: $\varepsilon = \sigma / E$. Bu yerda ε — nisbiy deformatsiya, E — Young moduli.
$E = 1.6 \cdot 10^{10}$ Pa	Hisoblaymiz: $\varepsilon = (2.96875 \cdot 10^6) / (1.6 \cdot 10^{10}) = 1.855 \cdot 10^{-4}$. Bu juda kichik son, ya’ni suyak kuch ta’sirida juda oz deformatsiyalanadi. Bu esa suyakning qattiq biologik to‘qima ekanini ko‘rsatadi.
Topilsin: σ, ε, Δl	Endi absolyut deformatsiyani, ya’ni uzunlikning qanchaga o‘zgarganini topamiz. Formula: $\Delta l = \varepsilon \cdot l_0$. Hisoblaymiz: $\Delta l = 1.855 \cdot 10^{-4} \cdot 0.42 = 7.79 \cdot 10^{-5}$ m. Buni millimetrga o‘tkazamiz: $7.79 \cdot 10^{-5}$ m = 0.0779 mm. Demak, suyakning qisqarishi taxminan 0.078 mm bo‘ladi. Yakuniy javob: σ = 2.97 MPa, $\varepsilon = 1.855 \cdot 10^{-4}$, Δl = 0.078 mm. Bu qiymatlar suyakning oddiy yuklamalarda juda oz deformatsiyalanishini, ya’ni tayanch vazifasini samarali bajarishini ko‘rsatadi.

2. Reabilitatsiya jarayonida bemor tizza bo‘g‘imini yozuvchi mushaklar yordamida boldirni ko‘tarish mashqini bajarmoqda. Boldir uchiga bog‘langan tashqi yuk 140 N bo‘lib, bu yuk tizza bo‘g‘imidan 32 sm uzoqlikda joylashgan. To‘rt boshli son mushagining payi esa tizza bo‘g‘imiga nisbatan 4.5 sm yelka bilan ta’sir qiladi. Tizim muvozanatda deb hisoblanadi. Mushak kuchini aniqlang. So‘ng mushak 5 sm ga qisqarganda uning bajargan ishini hisoblang. Natijani richaglar nazariyasi asosida izohlang.



1.1.1-rasm

Berilgan kattaliklar	**Yechimlari**
F_q = 140 N	Bu masalada tizza bo‘g‘imi aylanish o‘qi vazifasini bajaradi. Tashqi yuk bir tomonda moment hosil qiladi, mushak kuchi esa unga qarshi moment hosil qiladi. Muvozanat bo‘lgani uchun momentlar teng bo‘ladi. Formula: $F_m \cdot l_m = F_q \cdot l_q$.
l_q = 32 sm = 0.32 m	Tashqi yukning momentini yozamiz: $M_q = 140 \cdot 0.32 = 44.8$ N·m. Demak, mushak ham xuddi shuncha kattalikdagi qarshi moment hosil qilishi kerak.
l_m = 4.5 sm = 0.045 m	Endi mushak kuchini topamiz: $F_m = (F_q \cdot l_q) / l_m = 44.8 / 0.045 =$ 995.6 N. Demak, mushak kuchi taxminan 996 N bo‘lishi kerak.
Δx = 5 sm = 0.05 m	Endi mushakning bajargan ishini topamiz. Ish formulasi: $A = F \cdot s$. Bu yerda mushak kuchi deyarli o‘zgarmaydi deb olamiz. Hisoblaymiz: $A = 995.6 \cdot 0.05 = 49.78$ J.
Topilsin: F_m, A	Yakuniy javob: mushak kuchi taxminan 996 N, bajarilgan ish esa 49.8 J. Bu natija shuni ko‘rsatadiki, organizmdagi richag sistemalarida tashqi yuk kichik bo‘lsa ham, mushak yelkasi juda qisqa bo‘lgani uchun mushak katta kuch hosil qilishi kerak bo‘ladi.

	Inson tayanch-harakat apparatining biomexanik jihatdan murakkabligi aynan shunda namoyon bo‘ladi.

3. Kardioreabilitatsiya bo‘limida bemor veloergometrda mashq bajarmoqda. Pedalga ta’sir qilayotgan o‘rtacha kuch 160 N, pedalning aylanish radiusi 0.18 m. Bemor bir daqiqada 55 marta to‘liq aylanish bajaradi va mashq 12 minut davom etadi. Shu vaqt davomida bajarilgan umumiy mexanik ishni va o‘rtacha quvvatni aniqlang. Natijani ergometriya nuqtayi nazaridan tushuntiring.

Berilgan kattaliklar	**Yechimlari**
F = 160 N	Veloergometrda pedal aylana bo‘ylab harakat qiladi. Shuning uchun bir aylanishdagi yo‘l uzunligini avval topamiz. Aylana uzunligi formulasi: $s = 2\pi R$.
R = 0.18 m	Hisoblaymiz: $s = 2 \cdot 3.14 \cdot 0.18 = 1.1304$ m. Demak, bemor bir marta aylantirganda pedal taxminan 1.13 m yo‘l bosadi.
n = 55 ayl/min	Endi bir aylanishdagi ishni topamiz: $A_1 = F \cdot s = 160 \cdot 1.1304 = 180.864$ J. Bu bir dona aylanish uchun bajarilgan mexanik ish.
t = 12 min	Bir daqiqadagi ish: $A_{min} = 180.864 \cdot 55 = 9947.52$ J. Endi 12 minutlik umumiy ishni topamiz: $A = 9947.52 \cdot 12 = 119370.24$ J.
Topilsin: A, N	Endi o‘rtacha quvvatni hisoblaymiz. Vaqtni sekundga o‘tkazamiz: $t = 12 \cdot 60 = 720$ s. Formula: $N = A / t$. Hisoblaymiz: $N = 119370.24 / 720 = 165.79$ W. Yakuniy javob: umumiy ish taxminan $1.19 \cdot 10^5$ J yoki 119.4 kJ, o‘rtacha quvvat 165.8 W. Ergometriyada aynan mana shu quvvat ko‘rsatkichi yurak-qon tomir va mushak tizimining funksional imkoniyatlarini baholashda juda muhim hisoblanadi.

4. Audiologiya laboratoriyasida bemorning eshitish analizatori tekshirilmoqda. Tekshiruv vaqtida 1200 Hz chastotali tovush qo‘llanildi. Havodagi

tovush tezligi 340 m/s deb olinsin. Bemor qulog‘iga yetib kelayotgan tovush intensivligi $2.0 \cdot 10^{-6}$ W/m² bo‘lib, eshitish bo‘sag‘asi intensivligi $I_0 = 1.0 \cdot 10^{-12}$ W/m² ga teng. Tovushning to‘lqin uzunligini, tovush darajasini va natijani akustik diagnostika nuqtayi nazaridan izohlang.

Berilgan kattaliklar	**Yechimlari**
ν = 1200 Hz	Avvalo tovush to‘lqinining uzunligini topamiz. Formula: $\lambda = v / \nu$. Bu yerda v — tovush tezligi, ν — chastota.
v = 340 m/s	Hisoblaymiz: $\lambda = 340 / 1200 = 0.2833$ m. Demak, to‘lqin uzunligi taxminan 0.283 m yoki 28.3 sm.
$I = 2.0 \cdot 10^{-6}$ W/m²	Endi tovush darajasini topamiz. Formula: $L = 10 \lg(I / I_0)$. Bu formula tovush intensivligini logarifmik shkala bo‘yicha desibellarda ifodalaydi.
$I_0 = 1.0 \cdot 10^{-12}$ W/m²	Hisoblaymiz: $I / I_0 = (2.0 \cdot 10^{-6}) / (1.0 \cdot 10^{-12}) = 2.0 \cdot 10^6$. Endi logarifm olamiz: $\lg(2.0 \cdot 10^6) = \lg 2 + \lg 10^6 = 0.301 + 6 = 6.301$. Demak, $L = 10 \cdot 6.301 = 63.01$ dB.
Topilsin: λ, L	Yakuniy javob: to‘lqin uzunligi $\lambda = 0.283$ m, tovush darajasi $L \approx 63$ dB. Bu qiymat o‘rtacha balandlikdagi tovushga mos keladi va audiometriyada bemorning ma’lum chastotalarga sezgirligini tekshirish uchun ishlatiladi. Chastota tovushning baland-pastligini, intensivlik esa tovushning kuchliligini bildiradi. Eshitish tizimi diagnostikasida aynan shu ikki parametr asosiy rol o‘ynaydi.

1.1-§. Qattiq jismlar va biologik to‘qimalarning mexanik xususiyatlari. Insonning tayanch-harakat sistemasining vazifasi.

1. Odam yuz mushaklarining nisbiy deformatsiyasi 4% ga teng.Yuz mushaklari uchun Yung moduli E=80kPa. Yuz mushaklarining mexanikaviy kuchlanishini toping.(kPa)

2. Travmatolog qo‘li singan bemor qo‘lini juda qattiq qisib bog‘lashni buyurdi. Bemor dorixonada 60 sm uzunlikdagi manjet ko‘pi bilan 100 sm cho‘zilishini bilgan holda uni olib qo‘lini qisdi. Agar manjetni bikrligi $120\frac{N}{m}$ ga teng bo‘lsa , manjet qo‘lni qanday kuch bilan qisib turadi?

3. Avtohalokatga uchragan odam son suyagining mexanik kuchlanishini aniqlang. Normada suyak to‘qimasining zichligi $2400\frac{kg}{m^3}$, yung moduli esa $100MPa$, nisbiy deformatsiyasi 1%ga teng.

4. Abdulloh yuzidagi husnbuzarlarni berkitish uchun maxsus vositadan Penoplastdan foydalandi. Agar pernoplasni yuziga qo‘ygancha dastlabki holatga nisbatan 2 sm ga cho‘zib yopishtirgan bo‘lsa , uni cho‘zish uchun qancha kuch ishlatgan . Penoplast materiali bikrligi $300\frac{N}{m}$ ga teng.

5. Travmatologiyada bemor bir oyog‘ida turibdi. (1.1.2.-rasm). Bemor massasi 80 kg. Tayanch fazasida son suyagiga tana og‘irligining 3 baravariga teng siquvchi kuch tushadi. Son suyagi diafizining ko‘ndalang kesim yuzasi 4.5 sm² bo‘lsa, suyakda hosil bo‘ladigan mexanik kuchlanishni toping.



1.1.2-rasm

6. Ortopedik tadqiqotda boldir suyagi namunasiga 1800 N siquvchi kuch ta’sir ettirildi. Suyak uzunligi 32 sm, ko‘ndalang kesim yuzasi 3 sm², Yung moduli esa 1.5×10^{10} Pa Suyakning absolyut qisqarishini toping.

7. Reabilitatsiya va ortopediyada tizza bo‘g‘imi tog‘ayi mexanik holati tekshirildi. Tog‘ay qalinligi 4 mm. Unga 0.8 MPa siquvchi kuchlanish ta’sir

qilganda, tog‘ayning Yung moduli 8 MPa bo‘lsa, nisbiy deformatsiya va absolyut qisqarishni toping.

8. Ortopedik operatsiyada siniq suyak metall plastina bilan fiksatsiya qilindi. Suyak va plastina parallel joylashgan deb qaraladi, ya’ni ikkalasi ham bir xil miqdorda deformatsiyalanadi. Umumiy kuch 1500 N. Suyakning Yung moduli 1.5×10^{10} Pa, ko‘ndalang kesim yuzasi $2.4\times10-4\ m^2$. Titan plastinaning Yung moduli 1.1×10^{11} Pa, yuzasi $0.6\times10-4\ m^2$.

9. Ingalyatorni og‘iz va burun bo‘shlig‘idagi kirib turadigan qismidagi rezinani bikrligi $700\frac{N}{m}$ ga teng . agar yosh bola og‘ziga tiqilgan asbob bola tomonidan $7\ N$ kuch bilan tishlansa, rezina necha mm ga siqiladi.

1.1.3-rasm



10. Bel umurtqa grijasi bilan kasallangan bemorga shifokor purjina yordamida bajariladigan bel mashqlarini tavsiya qildi. Agar bikrligi $2000\frac{N}{m}$ purjina 100N kuch ta’sirida cho‘zilsa, purjina necha sm ga uzayadi?

11. Tish cho‘tkasining elastiklik moduli $120\frac{N}{m}$ ga teng . Agar yuvganimizda u 1sm ga egilsa biz tishimizni qanday kuch bilan yuvamiz.(N)

12. Odam 60 kg massali yukni oldinga cho‘zilgan qo‘llari bilan ushlab turibdi. Yukning og‘irlik markazi tanasidan 0.75 m oldinda joylashgan. Tanadan yukni tortib turuvchi (orqa) mushaklar kuchi yukni ko‘targan nuqtadan 0.25 m orqada joylashgan. Agar tananing o‘zi ham aylanma bo‘lmasa (faqat yuk momentini tenglashtirish kerak), orqa mushaklari qancha kuch bilan ishlashi kerak?

13. Femor (son) suyak qisqa silindr sifatida olinadi. Uning aylana kesimi radiusi $r=1.5sm^2$. Agar suyak ustiga aksilarga tushganda aksar akseleratsiyasiz to‘g‘ri bosim kuchi F=3000 N bo‘lsa, suyakning kesim yuzasiga tushuvchi normal bosimni hisoblang.

14. Bir mushakning uzunligi x = 0,05 m ga tekis tezlantiruvchi kuch bilan qisqaradi va bu jarayon 0,2 s davom etadi. Qisqarish tezligini toping.

15. Agar mushak uzunligi $L_0 = 10sm$, maksimal kuch $F_{max} = 500N$ va mushakning elastik xususiyatlarini tavsiflovchi koeffitsient $k = 20000N/m$ bo‘lsa, mushakning maksimal kuch bilan qisqartirganda maksimal deformatsiya qancha bo‘ladi?

16. Inson qo‘li tirsak bo‘g‘imida aylanish o‘qi sifatida ishlaydi. Agar qo‘lda 5 kg yuk ko‘tarilsa va yuk tirsakdan 30 sm masofada joylashgan bo‘lsa, mushak kuchi tirsakdan 5 sm masofada ta’sir qilsa, mushak kuchini toping. (g = 10 m/s²)

17. Odam oyoq tagining yuzasi 200 sm² ga teng. Agar inson massasi 60 kg bo‘lsa, yerga tushayotgan bosimni toping. (g = 10 m/s²)

18. Odam qo‘li uchinchi tur richag hisoblanadi. Agar mushak 200 N kuch bilan 4 sm masofada ta’sir etsa, qo‘ldagi yuk 40 sm masofada joylashgan bo‘lsa, yuk massasi nechaga teng? (g = 10 m/s²)

19. Travmatologiya bo‘limida bemor qo‘lini gorizontal holatda ushlab turibdi. Bilak-kaft tizimining massasi 2,5 kg bo‘lib, uning og‘irlik markazi tirsak bo‘g‘imidan 16 sm masofada joylashgan. Kaftda esa 4 kg li reabilitatsion gantel ushlab turilibdi, u tirsakdan 34 sm uzoqlikda. Biseps mushagi tirsakdan 4 sm masofada birikkan deb olinsin. Qo‘l muvozanatda turgan bo‘lsa, biseps mushagi hosil qilayotgan kuchni toping. g=10 m/s^2

20. Nevrologiya va ortopediya amaliyotida bemor oldinga 30° egilgan holatda 12 kg yukni qo‘lida ko‘tarib turibdi. Yukning og‘irlik markazi bel umurtqalaridan gorizontal bo‘yicha 40 sm uzoqlikda, gavdaning yuqori qismi og‘irligi esa 350 N bo‘lib, uning og‘irlik markazi beldan 20 sm uzoqlikda joylashgan. Orqa mushaklari umurtqaga 5 sm masofada ta’sir qiladi. Orqa mushaklarining kuchini toping.

1.1.4-rasm



21. Endokrinologiyada diabetik oyoq sindromi xavfini baholashda oyoq tagiga tushadigan bosim muhim. Bemorning massasi 84 kg. Tik turganda tana og‘irligining 60% qismi tovon va kaft oldi qismiga teng taqsimlanadi. Har bir oyoqning

yer bilan tegish yuzasi 140 sm². Bemor ikki oyog‘ida tik turibdi. Har bir oyoqqa tushadigan o‘rtacha bosimni toping. g=10 m/s^2

22. Yurish vaqtida son bo‘g‘imiga tana vaznidan bir necha baravar katta kuch tushadi. Massasi 70 kg bo‘lgan bemorda yurishning tayanch fazasida son bo‘g‘imiga tana vaznining 2.8 baravariga teng yuk tushsa, bo‘g‘imga tushadigan kuchni toping. Shu kuchni kilogramm-kuchda ham ifodalang. g=10 m/s^2

23. Travmatologiyada o‘ng oyoq panjasi singan bemorga ikki qo‘ltiqtayoq bilan yurish tavsiya qilindi. Bemor massasi 75 kg. Yurish vaqtida tana og‘irligining 35% qismi qo‘ltiqtayoqlarga o‘tsa, shikastlangan oyoqqa tushadigan kuch qancha kamayadi? g=10 m/s^2

24. Fizioterapiya vaqtida bemor tizzasini yozish mashqini bajarmoqda. Boldir va oyoq panjasining umumiy massasi 5 kg, ularning og‘irlik markazi tizza bo‘g‘imidan 22 sm uzoqlikda. Oyoqqa qo‘shimcha ravishda 3 kg li qumli xalta to‘pig‘iga, ya’ni tizzadan 40 sm uzoqlikka bog‘langan. Sonning to‘rt boshli mushagi tizzaga 5 sm masofada ta’sir qiladi. Tizza to‘liq yozilgan holatda mushak kuchini toping. g=10 m/s^2

25. Jarrohlikda teri plastikasidan oldin terining mexanik cho‘ziluvchanligi baholanadi. Teri bo‘lagining boshlang‘ich uzunligi 6 sm. Unga 24 N kuch ta’sir etganda uzunligi 6.9 sm ga yetdi. Ko‘ndalang kesim yuzasi 1.5 cm^2. Teri uchun kuchlanish, nisbiy deformatsiya va shartli elastiklik modulini toping.

26. Osteoporozli bemorda femur bo‘ynining ko‘ndalang kesimi 2.1 cm^2. Sirpanib yiqilish vaqtida shu sohaga 3200 N siquvchi kuch tushdi. Agar osteoporoz tufayli suyakning ruxsat etilgan maksimal siqilish kuchlanishi 14 MPa gacha pasaygan bo‘lsa, sinish xavfi bor-yo‘qligini aniqlang. 15.24MPa sinish xavfi yuqori.



1.1.5-rasm. Osteoporoz

1.2-§. Tashqi nafas olish biomexanikasi. Qon aylanishi biomexanikasi. Mushak qisqarishining biofizikasi. Odamning tayanch harakatlanish apparatidagi bo‘g‘imlar va richaglar.

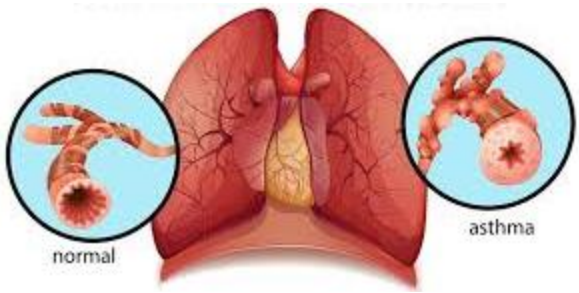
1. Agar mushak kuchi 50 N va har bir siklda 0,01 J energiya ajratilsa, 1000 sikl uchun jami energiyani hisoblang.

2. Agar mushak qisqarish jarayonida 200 J ish bajarib, 500 J energiya sarflasa, uning samaradorligini hisoblang.

3. Nafas olish jarayonida nafas olish hajmi V_t = 400 ml va nafas olish tezligi f = 16 ml/daqiqa bo‘lsa, to’liq nafas olish hajmi V_C 1 sutkada necha l bo‘ladi?

4. Nafas olish davomida nafas hajmi V_1 = 500 ml V_2 = 600 ml ga o‘zgaradi. Agar bosim P_1 = 1 atm bo‘lsa P_2 ni toping.

5. Bronxial astma xuruji bilan kelgan bemorda havo yo‘llarining qarshiligi oshgan. Nafas olish vaqtida alveolalar bilan atmosfera orasidagi bosim farqi 3 cmH_2O, havo oqim tezligi esa 0.5 L/s ga teng bo‘ldi. Havo yo‘llari qarshiligini toping.



1.2.1-rasm. Bronxial astma

6. Obstruktiv bronxitli bemorda kichik bronx radiusi shilliq qavat shishi sababli 2.4 mm dan 1.8 mm gacha kamaydi. Poazeyl qonuniga ko‘ra, boshqa sharoitlar o‘zgarmasa, havo yo‘llari qarshiligi necha marta ortadi?

7. Sun’iy ventilyatsiya olayotgan bemorda inspirator oqim 0.60 L/s ga teng. Havo yo‘llari qarshiligi R=8 cmH_2O·s/L. Shu oqimni hosil qilish uchun havo yo‘llaridagi rezistiv bosim farqini toping.

8. Bemorning bir inspiratsiyasi davomida hajm 0 dan 0.50 L gacha ortadi. Shu vaqtda alveolalarni kengaytiruvchi elastik bosim 0 dan 10 cmH_2O gacha chiziqli ravishda oshadi. Bir nafas uchun bajarilgan elastik ishni joullarda toping.

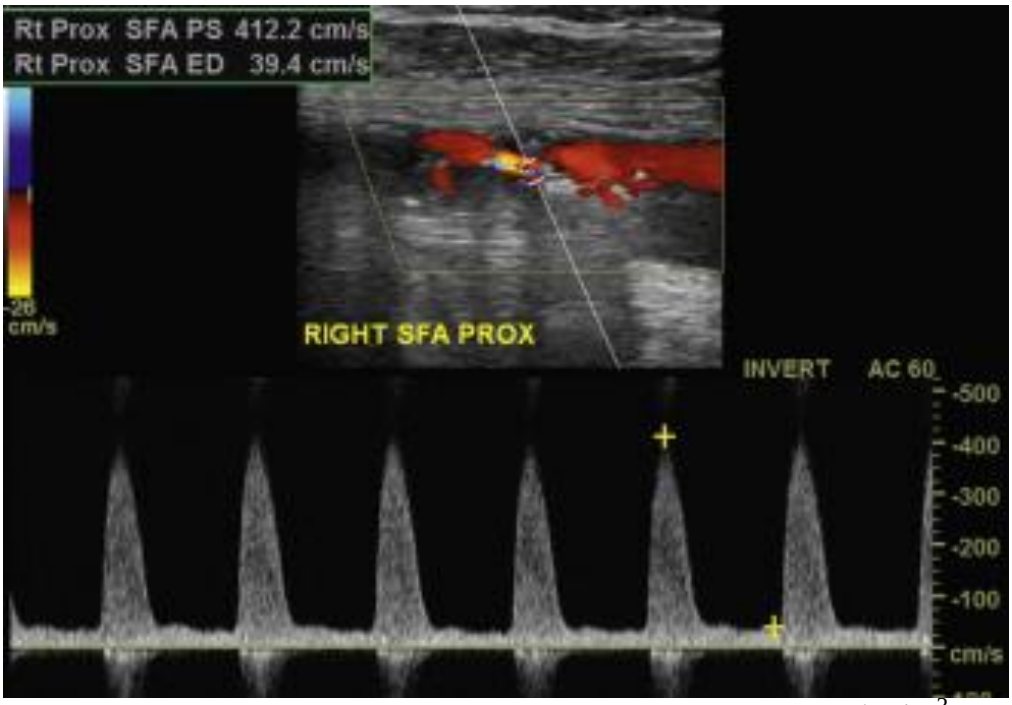
9. Agar nafas olishning inspirator hajmi V_i = 3500 ml, va ekspirator hajmi V_e = 1500 ml bo‘lsa, umumiy nafas olish va chiqarish hajmi qanday bo‘ladi. 5000 l

10. Agar alveolalardagi gaz almashinuvi uchun bosim farqi P = 15 mmHg va qarshilik R = 0,2 smHg bo‘lsa, havo oqimi qanday bo’ladi.

11. Reanimatsiya bo‘limidagi bemorda sistolik hajm SV=72 mL, yurak urish soni HR=84 min^{-1}. O‘rtacha arterial bosim MAP=96 mmHg, markaziy venoz bosim CVP=6 mmHg. Yurakning minutlik hajmini va umumiy periferik qarshilikni toping.

12. Doppler ultratovush tekshiruvida femoral arteriyadan o‘tuvchi oqim Q=420 mL/min deb topildi. Tomir radiusi r=2.0 mm. Oqimning o‘rtacha chiziqli tezligini toping.

1.2.2-rasm. Arteriyagi qon oqimi



13. Yuqoridagi arteriya uchun qon zichligi ρ=1060 kg/m^3, dinamik viskozligi η=3.8×10^{-3} Pa·s, tomir diametri d=4.0 mm, o‘rtacha tezlik esa ϑ=0.56 m/s. Reynolds sonini toping va oqim rejimini baholang.

14. Mushak qisqarish tezligi va hosil qilgan kuchi orasidagi bog‘lanish Hill tenglamasi yordamida ifodalanadi. Hill tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$(\boldsymbol{F} + \boldsymbol{a})(\boldsymbol{v} + \boldsymbol{b}) = (\boldsymbol{F_0} + \boldsymbol{a})\boldsymbol{b}$$

Bu yerda F – mushak hosil qilgan kuch, v – mushak qisqarish tezligi, F_0 – maksimal izometrik kuch, a va b – tajribaviy doimiylar. Endi shunday vaziyatni ko‘rib chiqamiz: maksimal izometrik kuch F_0 = 1000 N, a = 50 N, b = 0.25 m/s.

Agar mushak qisqarish tezligi v = 0.5 m/s bo‘lsa, hosil qiladigan kuchini hisoblang.

15. Reabilitatsiya bo‘limida bemor tirsak bo‘g‘imini 90° holatda ushlab turib, kaftida 3.5 kg gantelni ko‘tarib turibdi. Bilak-kaft segmentining massasi 2.0 kg, uning og‘irlik markazi tirsak bo‘g‘imidan 15 sm uzoqlikda joylashgan. Gantelning og‘irlik markazi tirsakdan 32 sm uzoqlikda. Biseps mushagi tirsak bo‘g‘imiga 4 sm masofada birikadi. Tizim statik muvozanatda deb hisoblab, biseps mushagining kuchini toping. g=10 m/s^2

16. Reabilitatsiya bo‘limida bemor tirsak bo‘g‘imini 90° holatda ushlab turib, kaftida 3.5 kg gantelni ko‘tarib turibdi. Bilak-kaft segmentining massasi 2.0 kg, uning og‘irlik markazi tirsak bo‘g‘imidan 15 sm uzoqlikda joylashgan. Gantelning og‘irlik markazi tirsakdan 32 sm uzoqlikda. Biseps mushagi tirsak bo‘g‘imiga 4 sm masofada birikadi. Tizim statik muvozanatda deb hisoblab, biseps mushagining kuchini toping. g=10 m/s^2

17. Fizioterapiya mashg‘ulotida quadriceps mushagi tizza bo‘g‘imini yozish paytida boldir-oyoq segmentiga ta’sir etayotgan tashqi qarshilikni yengib, 180 N kuchga ekvivalent yukni 6 sm masofaga siljitdi. Mushakning tashqi mexanik ishini toping.

18. Bemor sonning to‘rt boshli mushagini mustahkamlash mashqida boldirga biriktirilgan qarshilik tasmasi orqali 160 N pastga yo‘nalgan kuch hosil qildi. Kuchning ta’sir chizig‘i tizza bo‘g‘imidan 28 sm uzoqlikda joylashgan. Sonning to‘rt boshli mushagi payining tizzaga nisbatan yelka uzunligi 4,0 sm. Tizim statik muvozanatda bo‘lsa, paydagi kuchni toping.

19. Biomexanik tajribada mushakning tashqi yukga bog‘liq qisqarish tezligi kuzatildi. Mushak yuksiz holatda 0.80 m/s tezlikda qisqaradi. Tajribada unga maksimal izometrik kuchning 60% iga teng yuk berilganda, qisqarish tezligi soddalashtirilgan chiziqli model bo‘yicha:

$$\vartheta = \vartheta_{max}\left(1 - \frac{F}{F_{max}}\right)$$

formula bilan baholanadi. Mushakning yangi qisqarish tezligini toping. formula bilan baholanadi. Mushakning yangi qisqarish tezligini toping.

20. Reabilitatsiya markazida mushak kontrakturasini baholash maqsadida mushak 2 mm ga cho‘zilganda kuch 18 N ga, 6 mm ga cho‘zilganda esa 54 N ga yetdi. Bu diapazonda kuch va cho‘zilish orasidagi bog‘lanish chiziqli deb olinib, mushakning qattiqlik koeffitsientini toping.

21. Bemor reabilitatsiya jarayonida o‘tirgan holatda boldirni gorizontal ko‘tarib turibdi. Boldir va oyoq panjasining umumiy og‘irligi 45 N ga teng bo‘lib, ularning og‘irlik markazi tizza bo‘g‘imidan 30 sm uzoqlikda joylashgan. Tizza bo‘g‘imida sonning oldingi mushaklari (to‘rt boshli son mushagi) orqali hosil qilinadigan kuchning yelka uzunligi 4 sm ga teng. Tizim statik muvozanatda bo‘lsa, mushak tomonidan hosil qilinadigan kuchni aniqlang.

22. Bemor qo‘lida 6 kg massali gantelni ushlab turibdi. Gantel tirsakdan 35 sm uzoqlikda joylashgan. Bilakni bukuvchi mushak (ikki boshli yelka mushagi) tirsakka 5 sm masofada birikkan. Bilakning o‘z og‘irligi 20 N bo‘lib, uning og‘irlik markazi tirsakdan 18 sm uzoqlikda. Mushak kuchini aniqlang.

23. Bemor oyoq uchida turibdi. Tana og‘irligi 700 N ga teng. Tayanch nuqta panja uchida joylashgan. Tovon orqali Axill payi bilan birikkan boldir mushagi kuch hosil qiladi. Tovonning tayanch nuqtadan masofasi 20 sm, og‘irlik markazi esa tayanchdan 10 sm uzoqlikda. Axill payidagi kuchni aniqlang.

24. Oldingi tirsak masalasida hisoblangan mushak kuchi (483.6 N) asosida, tirsak bo‘g‘imiga tushadigan umumiy reaksiya kuchini aniqlang. Tizim statik muvozanatda.

25. Bir oyoqda turish sinovi vaqtida bemorning tana massasi 72 kg. Chanoq-son bo‘g‘imining bir tomonida tana og‘irligining ta’sir chizig‘i bo‘g‘im markazidan 9 sm medial tomonda o‘tadi. Sonni yon tomonga olib chiquvchi mushaklar guruhi (abduktorlar)ning samarali yelkasi 5 sm ga teng. Bir oyoqda turganda ikkinchi oyoq yerga tegmaydi. Gavdaning shu bo‘g‘imga ta’sir etuvchi og‘irlik qismi umumiy tana og‘irligining 85% ini tashkil etadi deb hisoblansin.

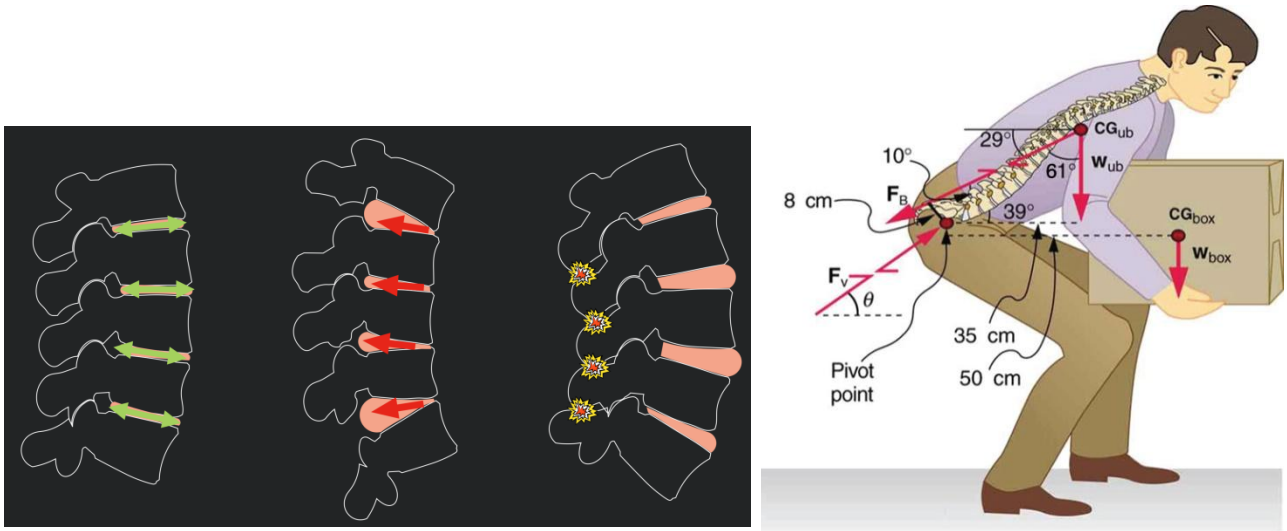
Chanoq-son bo‘g‘imida statik muvozanat saqlanmoqda. abduktor mushaklar kuchi topilsin.

26. Bemor oyoq uchida ko‘tarilish mashqini bajarmoqda. Uning tana massasi 80 kg. Tana og‘irligi bitta oyoqqa to‘liq tushgan deb olinsin. Panja uchlari tayanch nuqta bo‘lib xizmat qiladi. Tana og‘irlik markazi ta’sir chizig‘i tayanch nuqtadan 12 sm uzoqlikda, Axill payining ta’sir chizig‘i esa tayanch nuqtadan 18 sm uzoqlikda joylashgan. Topilsin: 1. Axill payidagi kuch; 2. tovon suyagi orqali uzatiladigan siquvchi kuch.

27. Bemorda stomatologik tekshiruv vaqtida molyar tishlar orasida 150 N chaynash kuchi hosil bo‘layotgani aniqlangan. Pastki jag‘ bo‘g‘imi tayanch nuqta sifatida olinadi. Chaynash mushagi kuchining ta’sir yelkasi bo‘g‘imga nisbatan 3.5 sm, tishlardagi chaynash kuchining yelkasi esa 7.0 sm. Topilsin: chaynash mushagining kuchi; bo‘g‘imga tushadigan reaksiya kuchi.

28. Bilak supinatsiya (aylantirish) harakatini bajarmoqda. Qarshilik momenti 12 N·m. Biseps mushagining moment yelkasi 3 cm. Biseps mushak kuchi topilsin.

29. Bemor noto‘g‘ri o‘tirgan holatda gavdasini oldinga egib turibdi. Gavdaning yuqori qismining og‘irligi 350 N, uning ta’sir markazi beldan 20 cm oldinda. Orqa mushaklarining yelkasi 5 cm. Orqa mushaklari kuchi.topilsin. 1400 N



1.2.3-rasm.

1.3-§. Odamning mexanik ishi. Ergometriya.

1. Bemorning massasi 60 kg. U 3 metr balandlikdagi zinadan ko‘tarildi. Bajarilgan mexanik ishni aniqlang.

2. Reabilitatsiya jarayonida bemor treadmillda 500 N kuch bilan 200 metr masofani bosib o‘tdi. Bajarilgan mexanik ishni aniqlang.

3. Bemor velosiped ergometrida pedalga 120 N kuch bilan ta’sir qilib, 150 metrga teng yo‘lni bosib o‘tdi. Bajarilgan ishni aniqlang.

4. Bemor 8 kg massali yukni fizioterapiya mashg‘ulotida 1.2 metr balandlikka ko‘tardi. Bajarilgan mexanik ishni aniqlang.

5. Bemor yurish testi davomida 400 N kuch bilan 50 metr masofani bosib o‘tdi. Bajarilgan ishni aniqlang.

6. Bemorning massasi 70 kg. U 2.5 metr balandlikka ko‘tarildi. Bajarilgan mexanik ishni aniqlang.

7. Reabilitatsiya mashg‘ulotida bemor arqonni 90 N kuch bilan 10 metr tortdi. Bajarilgan ishni aniqlang.

8. Bemor 30000 J ishni 5 daqiqa davomida bajardi. Ushbu jarayondagi quvvatni aniqlang.

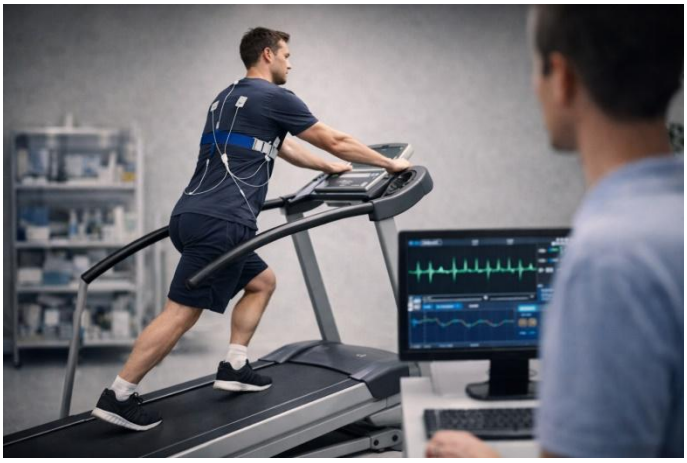
9. Bemor qo‘l ergometrida 60 N kuch bilan 80 metr masofani bosib o‘tdi. Bajarilgan mexanik ishni aniqlang.

10. Kardiojarrohlikdan keyingi reabilitatsiya bosqichida bemor zinapoya testi bajarmoqda. Bemorning massasi 74 kg. U 6.4 m vertikal balandlikka 18 s ichida ko‘tarildi. Fiziologik monitoring natijasiga ko‘ra, shu vaqt ichida organizmning umumiy energiya sarfi 18.5 kJ bo‘lgan. Zinadan ko‘tarilishdagi foydali mexanik ishni, o‘rtacha mexanik quvvatni va foydali ish koeffitsientini aniqlang.

11. Veloergometriya sinovida bemor pedal tizimiga 160 N tangensial kuch bilan ta’sir qilmoqda. Pedal krankining uzunligi 0.18 m, aylanish chastotasi 72 ayl/min. Sinov 6 min davom etdi. Mexanik momentni, quvvatni va shu vaqt ichida bajarilgan umumiy ishni aniqlang.

12. Nevrologik reabilitatsiyada qo‘l ergometri qo‘llanildi. Bemor tutqichni 95 N kuch bilan aylantiradi. Tutqich aylanasining radiusi 0.22 m. Qurilma 50 ayl/min tezlikda 8 min ishladi. Bemorning ikki qo‘li simmetrik ishlagan, lekin datchik faqat bitta qo‘l hosil qilgan kuchni qayd qilgan. Ikki qo‘l bir xil kuch hosil qilgan deb hisoblab, umumiy mexanik quvvat va bajarilgan ishni aniqlang.

13. Treadmillda yurish testi vaqtida bemorning massasi 82 kg bo‘lgan. Yo‘lakcha gorizontalga nisbatan 12° burchak ostida joylashgan. Bemor yo‘lakcha bo‘ylab 4 min ichida 280 m yo‘l bosgan. Harakat bir tekis deb olinadi. Shu test davomida og‘irlik kuchiga qarshi bajarilgan mexanik ishni va o‘rtacha foydali quvvatni aniqlang.



1.3.1-rasm

14. Ortopedik reabilitatsiya mashg‘ulotida tizza ekstenziyasi trenajyorida bemor boldiriga biriktirilgan 11 kg yukni har bir takrorlashda 0.42 m vertikal balandlikka ko‘taradi. Bir seansda 24 ta takror bajarilgan. Har bir ko‘tarish fazasi 1.8 s, tushirish fazasi 2.2 s davom etadi. Faqat ko‘tarish fazasidagi foydali mexanik ishni hisobga olib, umumiy ishni va ko‘tarish fazalaridagi o‘rtacha quvvatni aniqlang.

15. Pediatrik reabilitatsiya markazida serebral falajli bolada vertikalizatsiya platformasi sinovi o‘tkazildi. Bolaning massasi 28 kg. Platforma yordamida tana og‘irlik markazi 0.36 m ga ko‘tarildi. Shu harakat 15 marotaba takrorlandi. Qurilma mexanik tizimining foydali ish koeffitsienti 82% bo‘lsa, platforma dvigateli tomonidan sarflangan umumiy mexanik energiyani aniqlang.

16. Postinfarkt holatdagi bemorda bosqichma-bosqich yuklama testi o‘tkazildi. Birinchi bosqichda mexanik quvvat 75 W bo‘lib, u 3 min davom etdi. Ikkinchi bosqichda quvvat 125 W ga oshirildi va u ham 3 min davom etdi. Uchinchi bosqichda esa 175 W yuklama 2 min davomida ushlab turildi. Shu sinov

davomida bajarilgan umumiy mexanik ishni va butun test bo‘yicha o‘rtacha quvvatni aniqlang.

17. Pastki oyoq protezi bilan yurishni o‘rganayotgan bemor 30 m masofani bosib o‘tdi. Har bir qadamda tana og‘irlik markazi o‘rtacha 3.2 cm ga ko‘tarilib, keyin yana pasayadi. Bemorning massasi 67 kg, umumiy qadamlar soni 42 ta. Har bir qadamning ko‘tarilish fazasida bajarilgan foydali mexanik ishni hisobga olib, barcha qadamlar davomida bajarilgan jami ishni aniqlang.



1.3.2-rasm

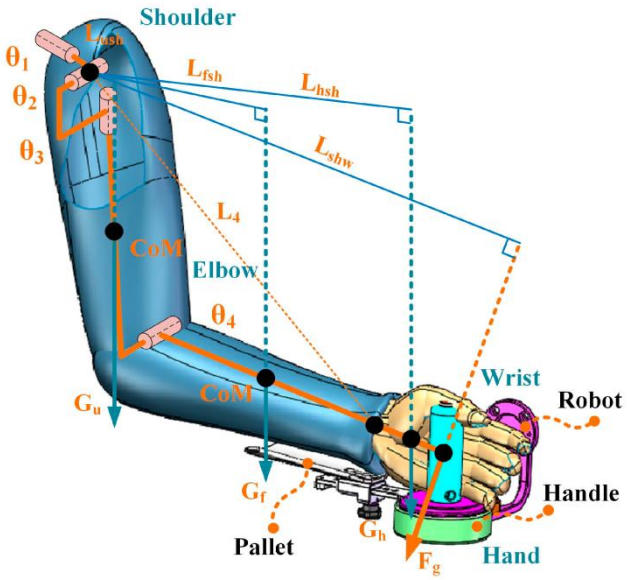
18. Reabilitatsion robot yordamida bemorning qo‘li vertikal tekislikda harakatlantirilmoqda. Bilak-kaft segmentining massasi 2.8 kg, unga qo‘shimcha ravishda 1.6 kg terapevtik yuk biriktirilgan. Harakat davomida segment og‘irlik markazi 0.26 m ga ko‘tariladi. Bitta seansda 18 marta ko‘tarish bajariladi. Robotning foydali mexanik quvvati 32 W bo‘lsa, faqat ko‘tarish fazasiga ketgan vaqtni aniqlang.

19. Klinik ergospirometriya va mexanik samaradorlikni solishtirish maqsadida bemor ikki xil yuklama bajardi. Birinchi yuklamada u 5 m balandlikka ko‘tarilish orqali 3430 J foydali ish bajardi. Ikkinchi yuklamada esa qo‘l ergometrida 140 W quvvat bilan 4 min ishladi. Har ikki holatda organizmning umumiy energiya sarfi mos ravishda 14.0 kJ va 42.0 kJ bo‘lgan. Har ikkala yuklama uchun mexanik samaradorlikni aniqlang va qaysi yuklamada samaradorlik yuqori ekanini ko‘rsating.

20. Bemor veloergometrda mashq bajarmoqda. Pedalga 180 N tangensial kuch bilan ta’sir qilmoqda. Krank uzunligi 0.17 m. Aylanish tezligi 84 ayl/min. Mashq 5 minut davom etdi. Mexanik momentni, quvvatni va bajarilgan umumiy ishni aniqlang.

21. Bemor treadmillda qiya tekislikda yurmoqda. Massasi 80 kg. Yo‘lakcha 10° burchak ostida. Bemor 6 minut davomida 420 m yo‘l bosdi. Faqat vertikal komponent bo‘yicha bajarilgan mexanik ish va o‘rtacha quvvatni aniqlang.

22. Reabilitatsion robot yordamida bemorning qo‘li vertikal harakatlantirilmoqda. Qo‘l segmentining massasi 3.2 kg, qo‘shimcha yuk 2.3 kg. Harakatda og‘irlik markazi 0.30 m ga ko‘tariladi. Bir seansda 20 marta ko‘tarish bajariladi. Robotning mexanik quvvati 45 W. Ko‘tarish fazasiga ketgan umumiy vaqtni aniqlang.



1.3.3-rasm

23. Kardio-reabilitatsiya bo‘limidagi bemor 900 kkal energiya beruvchi ovqat qabul qildi. Shu energiyaning 22% qismi bir sutkalik asosiy almashinuv va a’zolar faoliyatiga sarflanadi. Ana shu 22% energiyaning 18% qismi jigar faoliyatiga, 9% qismi yurak faoliyatiga, 8% qismi buyraklar faoliyatiga va 19% qismi bosh miya faoliyatiga to‘g‘ri keladi. Qolgan qismi boshqa to‘qimalar va tizimlarga sarflanadi. Reabilitatsiya mashg‘ulotida bemor zinadan ko‘tarilib, tanasini 6 m vertikal balandlikka olib chiqdi. Bemorning massasi 70 kg. Zinaga ko‘tarilishdagi foydali mexanik ishni aniqlang. So‘ng ushbu ish yurakning bir sutkalik energiya ulushining necha foiziga teng ekanini hisoblang. Hisoblashlarda 1 kkal = 4184 J deb olinadi.

24. Veloergometriya sinovida bemor 25 minut davomida 160 W o‘rtacha quvvat bilan ishladi. Shu kuni u 1100 kcal energiya beruvchi ovqat iste’mol qilgan. Organizmga kirgan umumiy energiyaning 27% qismi asosiy a’zolar faoliyatini ta’minlashga sarflangan. Mazkur 27% energiyaning 16% qismi jigarga, 10% qismi yurakka va 7% qismi buyraklarga to‘g‘ri keladi. Bemorning veloergometrda bajargan umumiy mexanik ishini aniqlang. So‘ng ushbu mexanik ish jigar va

buyrakning umumiy energiya sarfining yig‘indisidan qancha kam yoki ko‘p ekanini hisoblang.

25. Bemor 780 kkal energiya beruvchi ratsion qabul qilgandan keyin qo‘l ergometrida mashq bajardi. Ovqat energiyasining 24% qismi a’zolar faoliyatiga, 30% qismi mushak faoliyatiga yo‘naltiriladigan energetik fondga tushadi. A’zolar fondining ichida yurak 11%, buyraklar 8%, jigar 17% ulushni egallaydi. Mushak faoliyatiga yo‘naltirilgan fondning faqat 21% qismi tashqi mexanik ishga aylanadi. Bemor qo‘l ergometrida 18 minut davomida mashq qilgan va shu vaqt ichida mushak faoliyatiga yo‘naltirilgan fondning 40% qismidan foydalangan. Bemorning qo‘l ergometrida bajargan mexanik ishini aniqlang. So‘ng bu ish yurak va buyrakning birgalikdagi energiya sarfiga nisbatan necha foiz ekanini toping.

26. Klinik biofizika laboratoriyasida bemor uchun murakkab yuklama testi o‘tkazildi. Bemor ertalab 1250 kkal energiya beruvchi ovqat qabul qilgan. Shu energiyaning 26% qismi a’zolar faoliyatiga, 28% qismi esa skelet mushaklari faoliyatiga tegishli deb olinsin. A’zolar fondida jigar 20%, yurak 9%, buyraklar 7%, bosh miya 18% ulushga ega. Keyin bemor ikki bosqichli mashq bajardi: birinchi bosqichda 5 m balandlikka ko‘tarildi, bemor massasi 75 kg; ikkinchi bosqichda esa 220 W quvvat bilan 12 minut veloergometrda ishladi. Har ikkala bosqichdagi umumiy mexanik ishni aniqlang. So‘ng bu umumiy ish jigarning energetik ulushiga nisbatan necha foiz bo‘lishini toping. Bundan tashqari, mushaklar fondining necha foizi tashqi mexanik ishga aylanganini hisoblang.

27. Bemor tushlikda 1 porsiya osh (palov) iste’mol qildi, uning energiya qiymati 850 kkal. Shu energiyaning 30% qismi mushak faoliyatiga yo‘naltiriladi, va mushak energiyasining 22% qismi tashqi mexanik ishga aylanadi. Bemor reabilitatsiya mashg‘ulotida 5 m balandlikka necha marta ko‘tarila olishini aniqlang, agar bemorning massasi 70 kg bo‘lsa.

28. Sport reabilitatsiyasidagi bemor nonushta uchun 2 dona tuxum (2 × 80 kcal) va 1 dona non (240 kcal) iste’mol qildi. Umumiy energiyaning 28% qismi mushaklarga ajratiladi, va mushak energiyasining 20% qismi mexanik ishga

aylanadi. Bemor treadmillda 12° qiyalik ostida 300 m yurdi. Massasi 75 kg. Ushbu ish ovqatdan olingan mexanik energiyaning necha foizini tashkil etishini aniqlang.

29. Bemor tushlikda quyidagilarni iste’mol qildi: 1 porsiya sho‘rva (200 kcal), 1 porsiya go‘sht (350 kcal) va 1 dona non (250 kcal). Umumiy energiyaning 25% qismi mushak faoliyatiga ajratiladi. Mushak energiyasining 18% qismi tashqi mexanik ishga aylanadi. Bemor 180 W quvvat bilan 20 minut veloergometrda ishladi. Ushbu ishni bajarish uchun ovqat energiyasining necha foizi sarflanganini aniqlang.

30. Bemor kechki ovqatda 1 porsiya lag‘mon (600 kcal) va 1 dona shirinlik (300 kcal) iste’mol qildi. Umumiy energiyaning 32% qismi mushaklarga yo‘naltiriladi. Mushak energiyasining 24% qismi tashqi mexanik ishga aylanadi. Bemor 80 kg massaga ega va 8 m balandlikka chiqish mashqini bajarmoqda. Ushbu ovqat energiyasi bilan maksimal necha marta ko‘tarilish mumkinligini aniqlang.

31. Pasiyent ertalab 2 ta banan iste’mol qildi, har biri 110 kcal. Bundan tashqari, 1 ta olma yedi, uning energiya qiymati 95 kcal. Davolanish jarayonida unga 5% li 400 ml glyukoza eritmasi tomchilab yuborildi. Har bir gramm glyukoza o‘rtacha 4 kkall beradi. 5% li eritmada 100 ml da 5 g glyukoza bor deb olinsin. Qabul qilingan umumiy energiyaning 28% qismi mushak faoliyatiga yo‘naltiriladi, mushak energiyasining 22% qismi esa tashqi mexanik ishga aylanadi. Pasiyentning massasi 68 kg bo‘lsa, u 4 m balandlikka maksimal necha marta ko‘tarila olishini aniqlang.

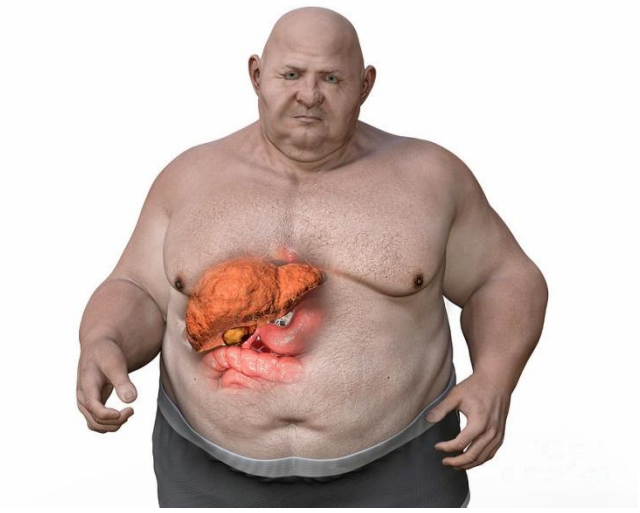
32. Jarrohlikdan keyingi davolanuvchi tushlikda 1 porsiya tovuqli sho‘rva ichdi, uning energiya qiymati 180 kkal. Keyin 1 ta apelsin yedi, uning energiya qiymati 70 kkal, va 1 ta banan iste’mol qildi, uning energiya qiymati 105 kkal. Shuningdek, unga 10% li 300 ml glyukoza eritmasi yuborildi. 10% li eritmada 100 ml da 10 g glyukoza bor deb olinsin. Olingan umumiy energiyaning 30% qismi mushaklar ishiga sarflanadi, shu mushak energiyasining 20% qismi esa tashqi mexanik ishga aylanadi. Davolanuvchi treadmillda 9° qiyalik ostida 240 m yo‘l

bosdi. Uning massasi 72 kg. Ushbu yurish uchun bajarilgan mexanik ish umumiy mavjud mexanik energiyaning necha foizini tashkil etishini aniqlang.

33. Ortiqcha vazndan qutulishga intilayotgan shaxs kuniga 2400 kcal energiya iste'mol qiladi. Shifokor tavsiyasiga ko‘ra, u kuniga kamida 600 kcal ortiqcha energiyani jismoniy faollik orqali sarflashi kerak. Ushbu shaxs zinapoyada mashq bajarib, tanasini har safar 5 m balandlikka ko‘taradi. Uning massasi 85 kg. Har bir ko‘tarilishda bajarilgan mexanik ishni hisobga olib, kuniga nechta ko‘tarilish bajarishi kerakligini aniqlang. Mushak energiyasining 25% qismi tashqi mexanik ishga aylanadi deb olinsin.

34. Gipodinamiya bilan kurashayotgan shaxs ertalab 500 kcal energiya beruvchi nonushta qabul qildi. Shu energiyaning 30% qismi mushak faoliyatiga yo‘naltiriladi va mushak energiyasining 20% qismi tashqi mexanik ishga aylanadi. Shaxs treadmillda 10° qiyalik ostida yurib, tanasini vertikal yo‘nalishda ko‘taradi. Uning massasi 78 kg. Ushbu energiya hisobiga maksimal necha metr vertikal balandlikka chiqishi mumkinligini aniqlang.

35. Ortiqcha vaznli bemor 920 kcal energiya beruvchi ratsion qabul qildi. Shifokor tavsiyasiga ko‘ra, u ushbu energiyaning kamida 35% qismini jismoniy faollik orqali sarflashi kerak. Shaxs veloergometrda 200 W quvvat bilan mashq qiladi. Mushak energiyasining 23% qismi tashqi mexanik ishga aylanadi. Ushbu energiyani sarflash uchun qancha vaqt mashq qilishi kerakligini aniqlang.



1.3.4-rasm

36. Semizlikdan qutulishga harakat qilayotgan shaxs bir kunda 1200 kcal energiya iste'mol qildi. U shifokor tavsiyasiga ko‘ra kuniga kamida 400 kcal energiyani jismoniy faollik orqali sarflashi kerak. Shaxs 90 kg massaga ega va har bir mashqda tanasini 6 m balandlikka ko‘taradi. Mushak energiyasining 24% qismi

tashqi mexanik ishga aylanadi. Ushbu energiyani sarflash uchun nechta ko‘tarilish bajarilishi kerakligini aniqlang.

1.4-§. Tebranish jarayonlari. Akustikaning fizik asoslari.

1. Bemorning yurak urish chastotasi 72 marta/min. Yurak tebranishining davrini aniqlang.

2. Reabilitatsiya mashg‘ulotida pasiyentning nafas olish chastotasi 18 marta/min. Nafas olish davrini aniqlang.

3. Ultratovush diagnostika apparati 2 MHz chastotada ishlaydi. Tebranish davrini aniqlang.

4. Fizioterapiyada qo‘llaniladigan vibratsion qurilma 25 Hz chastotada ishlaydi. Tebranish davrini aniqlang.

5. Mushak tolalarida tebranish chastotasi 10 Hz ga teng. 5 sekundda nechta tebranish sodir bo‘ladi?

6. EKG qurilmasida yurak signali 1.1 Hz chastotada qayd qilindi. 10 sekundda nechta yurak urishi kuzatiladi?

7. O‘pkaning sun’iy ventilyatsiya apparati 20 marta/min chastotada ishlaydi. Tebranish davrini aniqlang.

8. Tibbiy vibroterapiya vaqtida qurilma 15 Hz chastotada ishlaydi. 2 sekundda nechta tebranish sodir bo‘ladi?

9. Sun’iy yurak klapani tebranishini qayd etuvchi datchik 1.25 Hz asosiy chastotali mexanik tebranishni qayd qildi. Klapan tebranishining davrini va 8 sekund davomida nechta to‘liq tebranish sodir bo‘lishini aniqlang.

10. Inson ovoz bog‘lamalari ν=200 Hz chastotada tovush chiqaradi. Agar havo zichligi ρ=1.3 kg/m^3 va tovush tezligi v=340 m/s bo‘lsa, tovush intensivligini toping. (Amplituda A=2·10^{-7} m).

11. Inson qulog‘i tovush tebranishlarini qabul qiluvchi murakkab biologik tizim hisoblanadi. Tovush to‘lqinlari quloq suprasiga kelib, keyin ichki quloq

orqali eshitish nervlariga uzatiladi. Tovush tezligi havoda taxminan v = 343 m/s bo‘ladi. Agar tovush chastotasi f = 1000 Hz bo‘lsa, uning to‘lqin uzunligini toping.

12. Quloq suprasining rezonans chastotasini hisoblashda uni rezonansli tebranuvchi sistema sifatida qarash mumkin. Rezonans chastotasi quyidagicha ifodalanadi:

$$f = \vartheta / (4L)$$

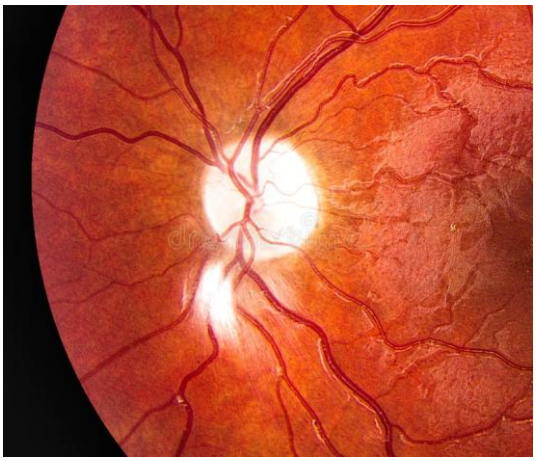
Bu yerda ϑ – tovush tezligi, L – rezonator uzunligi. Agar quloq suprasini rezonansli trubka sifatida olsak va uning uzunligi L = 2.5 cm = 0.025 m bo‘lsa, rezonans chastotasini toping (ϑ = 343 m/s).



1.4.1-rasm

13. Nafas olish tizimida diafragma va qovurg‘alararo mushaklar tebranish harakatlari natijasida o‘pka hajmi o‘zgaradi. Agar o‘pka hajmi tebranishi sinusoidal qonun bo‘yicha $\vartheta(t) = \vartheta_0 + A \cdot sin(\omega t)$ shaklida ifodalansa, u holda maksimal hajm o‘zgarish tezligini aniqlash mumkin. Berilgan qiymatlar: A = 0.5m, ω = 2π rad/s. Hajmning maksimal o‘zgarish tezligini toping.

14. Qon tomirlarining devorlari ham tebranish jarayonlariga xos bo‘lgan elastiklikka ega. Agar tomir devorining elastiklik koeffitsienti k = 1500 N/m bo‘lsa va unga ulanadigan qon massasiga ekvivalent bo‘lgan massa m = 0.02 kg deb olinsa, bunday tizimning tebranish davrini toping.



1.4.2-rasm

15. Inson ovoz apparati tebranishlar orqali tovush hosil qiladi. Agar ovoz tebranishining amplitudasi 0.001 m bo‘lsa va chastotasi 500 Hz bo‘lsa, undagi maksimal tezlanishni aniqlang.

16. Quloq pardasi ν=1000 Hz chastotali tovush to‘lqinini qabul qildi. Agar tovush havoda v=340 m/s tezlik bilan tarqalsa, to‘lqinning uzunligini toping.

17. Sun’iy yurak klapani tebranishini qayd etuvchi datchik 1.25 Hz asosiy chastotali mexanik tebranishni qayd qildi. Klapan tebranishining davrini va 8 sekund davomida nechta to‘liq tebranish sodir bo‘lishini aniqlang.

18. Fizioterapiyada qo‘llaniladigan massaj qurilmasining ishchi boshchasi garmonik tebranadi. Qurilma 12 Hz chastotada ishlaydi va tebranish amplitudasi 4 mm ga teng. Tebranishning burchak chastotasini, maksimal tezligini va maksimal tezlanishini aniqlang.

19. Qo‘l protezidagi amortizatsion element garmonik tebranishga uchraydi. Tizimning massasi 1.2 kg, qattiqligi esa 300 N/m. Protezga tashqi periodik kuch 2.4 Hz chastotada ta’sir qilmoqda. Avval tizimning xususiy chastotasini aniqlang, so‘ng tashqi kuch bilan rezonans xavfi bor-yo‘qligini baholang.

20. Mushaklarning elektr-mexanik javobini o‘rganishda miofibrillarning tebranish amplitudasi vaqt o‘tishi bilan kamaygani aniqlandi. Birinchi tebranish amplitudasi 8 mm, beshinchi tebranish amplitudasi 2 mm ga teng bo‘ldi. Logarifmik dekrementni aniqlang.

21. Audiologik tekshiruv davomida pasiyentga turli intensivlikdagi tovushlar berildi va uning eshitish chegarasi aniqlandi. 1000 Hz chastotali tovush uchun pasiyent eshitishni boshlagan minimal intensivlik $I = 5 \cdot 10^{-7}$ W/m² ga teng bo‘ldi. Normal eshitish bo‘sag‘asi sifatida $I_0 = 1 \cdot 10^{-12}$ W/m² qabul qilinadi. Shuningdek, klinik baholashda ushbu qiymat bilan normal eshitish chegarasi orasidagi farq detsibellarda aniqlanadi. Berilgan qiymatlar asosida tovush intensivlik darajasini aniqlang va ushbu pasiyentda eshitish pasayish darajasini baholang.

22. O‘rta quloqning mexanik tizimi tovushni kuchaytiruvchi moslama sifatida ishlaydi. Nog‘ora pardaning samarali yuzasi $S_1 = 65$ mm², oval darchaning yuzasi $S_2 = 3.2$ mm² deb olinadi. Eshituv suyakchalari richag tizimi kuchni 1.35 marta oshiradi. Tashqi eshituv yo‘li orqali nog‘ora pardaga $p_1 = 0.25$ Pa bosim ta’sir qilmoqda. O‘rta quloq orqali uzatilgan bosimni hisoblab, ichki quloqdagi bosim qiymatini aniqlang.

23. Tashqi eshituv yo‘li rezonator sifatida ishlaydi. Pasiyentda eshituv yo‘lining uzunligi $L = 2.8$ cm deb o‘lchandi. Havoda tovush tezligi $v = 340$ m/s

deb olinadi. Tashqi eshituv yo‘li chorak to‘lqinli rezonator sifatida ishlaydi deb qaraladi. Ushbu rezonator uchun asosiy rezonans chastotasini aniqlang va bu chastota nutq diapazoniga mos keladimi yoki yo‘qligini baholang.

24. Pasiyentga 3000 Hz chastotali tovush berildi. Tovush bosimi amplitudasi $p = 0.05$ Pa. Eshitish bo‘sag‘asi $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa deb olinadi. Shuningdek, klinik sharoitda ushbu tovushning intensivlik darajasi xavfsiz chegaradan oshmasligi kerak. Tovush bosimi darajasini aniqlang va agar xavfsiz chegarani 85 dB deb olsak, ushbu signal xavfsiz yoki yo‘qligini baholang.

25. Ichki quloqdagi eshitish jarayonida tovush suyuqlik muhitida tarqaladi. Pasiyentga 1500 Hz chastotali tovush berildi. Havoda tovush tezligi 340 m/s, ichki quloq suyuqligida esa 1500 m/s deb olinadi. Har ikkala muhitda tovush to‘lqin uzunligini aniqlang va bu farqning eshitish jarayoniga ta’sirini tushuntiring.

26. Audiologik tekshiruv vaqtida pasiyentga 2500 Hz chastotali tovush berildi. Quloq pardasiga yetib kelayotgan tovush bosimi amplitudasi $p = 0.08$ Pa ga teng. Eshitish bo‘sag‘asi bosimi $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa, havo zichligi $\rho = 1.2$ kg/m³ va tovush tezligi $v = 340$ m/s deb olinadi. Shu tovush uchun intensivlikni, intensivlik darajasini va ushbu signal uzoq muddatli eshitish uchun xavfsiz yoki yo‘qligini aniqlang (xavfsiz chegarani 85 dB deb oling).

27. Nog‘ora pardaning samarali yuzasi $S_1 = 70$ mm², oval darchaning yuzasi $S_2 = 3.5$ mm². Eshituv suyakchalari richag mexanizmi kuchni 1.25 marta oshiradi. Tashqi quloqdan nog‘ora pardaga tushayotgan bosim $p_1 = 0.15$ Pa. O‘rta quloq orqali uzatilgan bosimni va energiya zichligi qanday o‘zgarishini aniqlang.

28. Klinik biofizika laboratoriyasida pasiyentning eshitish tizimi kompleks tekshiruvdan o‘tkazildi. Tekshiruv quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oldi:

1. tashqi quloq orqali kelayotgan tovush intensivligi o‘lchandi,
2. o‘rta quloqdagi bosim kuchayishi baholandi,
3. ichki quloq darajasida signal energiyasi hisoblandi,
4. audiogramma orqali eshitish yo‘qotilishi aniqlanib, fizik kattaliklar bilan bog‘landi.

Berilganlar:

a. Tovush chastotasi: f = 2000 Hz
b. Havodagi tovush tezligi: v = 340 m/s
c. Havo zichligi: $\rho = 1.2$ kg/m³
d. Nog‘ora pardadagi bosim amplitudasi: $p_1 = 0.06$ Pa
e. Nog‘ora parda yuzasi: $S_1 = 60$ mm²
f. Oval darcha yuzasi: $S_2 = 3$ mm²
g. Eshituv suyakchalari kuchni 1.3 marta oshiradi
h. Eshitish bo‘sag‘asi intensivligi: $I_0 = 1 \cdot 10^{-12}$ W/m²

Audiogrammada 2000 Hz chastotada eshitish chegarasi 65 dB ga teng deb aniqlangan.

Quyidagilarni aniqlang:

1. tashqi quloqdagi tovush intensivligini
2. tovush intensivlik darajasini
3. o‘rta quloqdan keyingi bosimni
4. ichki quloqdagi yangi intensivlikni
5. audiogramma natijasini fizik nuqtai nazardan baholang

I. Bob yuzasidan nazorat va muhokama savollari:

1. Biologik to‘qimalarning mexanik xususiyatlari qattiq jismlardan qanday farq qiladi?
2. Tayanch-harakat sistemasining asosiy funksiyalari nimalardan iborat?
3. Guk qonuni biologik to‘qimalarga qanchalik tatbiq etiladi?
4. Suyakning Young moduli nimani bildiradi?
5. Mushak qisqarishida qanday mexanik kuchlar hosil bo‘ladi?
6. Bo‘g‘imlarni richag sifatida qanday modellashtirish mumkin?
7. Nafas olish jarayonida bosim va hajm qanday bog‘langan?
8. Qon aylanishida Puazeyl qonunining ahamiyati nimada?
9. Bernulli tenglamasi qon oqimini tushuntirishda qanday rol o‘ynaydi?
10. Ergometriya nima va u qanday o‘lchovlarni beradi?
11. Insonning mexanik ishi qanday aniqlanadi?
12. Quvvat va ish tushunchalari qanday farqlanadi?
13. Mushak samaradorligi qanday baholanadi?
14. Tebranish jarayonlari organizmda qayerlarda uchraydi?
15. Rezonans hodisasi biologik tizimlarga qanday ta’sir qiladi?
16. Tovush intensivligi eshitish tizimiga qanday ta’sir ko‘rsatadi?
17. Akustik signal diagnostikada qanday qo‘llaniladi?
18. Biomekanik modellashtirish tibbiyotda qayerlarda ishlatiladi?
19. Zamonaviy protez va implantlar yaratishda mexanika qanday rol o‘ynaydi?
20. Biotibbiyot muhandisi uchun mexanika bilimlari nima uchun zarur?
21. Suyakning elastik va plastiklik xossalari klinik jihatdan qanday ahamiyatga ega?
22. Mushaklar kuch hosil qilish jarayonini biofizik nuqtai nazardan qanday tushuntirish mumkin?
23. Tayanch-harakat apparatida uchinchi tur richaglarning ustunligi nimada?
24. Nafas olish mexanikasida diafragma va qovurg‘alar harakati qanday rol o‘ynaydi?
25. Qon tomir radiusining kichik o‘zgarishi qon oqimiga qanday ta’sir qiladi?

26. Yurakning mexanik ishini qanday fizik kattaliklar orqali baholash mumkin?
27. Ergometrik testlar yordamida organizmning qaysi funksional imkoniyatlari aniqlanadi?
28. Tebranishlarning amplitudasi va chastotasi organizmga qanday turli ta’sir ko‘rsatadi?
29. Eshitish tizimida tovush chastotasi va intensivligi qanday kodlanadi?
30. Biotibbiyot muhandisligi amaliyotida mexanik modellarni qo‘llash qanday afzalliklar beradi?

II. BOB. BIOREOLOGIYA VA GEMODINAMIKA.

Tayanch iboralar: Qovushqoqlik, gemodinamika, qon oqimi, laminar oqim, turbulent oqim, bosim gradienti, Puazeyl qonuni, Bernulli tenglamasi, sirt taranglik, yurak quvvati, gemoreologiya, tomir qarshiligi.

Tirik organizm suyuqliklari, ayniqsa qonning mexanik xossalari va ularning harakat qonuniyatlari o‘rganish juda muhim. Bioreologiya organizmdagi suyuqliklarning oqish xususiyatlarini, gemodinamika esa qon aylanish tizimidagi mexanik jarayonlarni tadqiq qiladi. Qon oddiy Nyuton suyuqligi emas, balki murakkab, nisbatan nelinear xususiyatlarga ega biologik muhit bo‘lib, uning qovushqoqligi oqim tezligi va tomir diametriga bog‘liq ravishda o‘zgaradi.

Suyuqlikning ichki ishqalanishi, ya’ni qovushqoqlik, qon oqimiga qarshilik ko‘rsatadigan asosiy omildir. Nyuton qonuni orqali qovushqoqlikning kesish tezligiga bog‘liqligi ifodalanadi. Bernulli tenglamasi esa qon oqimida bosim va tezlik o‘rtasidagi energiya almashinuvini tushuntiradi.[5] Bu qonunlar ultratovush diagnostika, Doppler tekshiruvlari va gemodinamik monitoringda keng qo‘llanadi. Puazeyl qonuni qon tomirlarida laminar oqimni ifodalaydi va tomir radiusining juda kichik o‘zgarishi ham oqimga kuchli ta’sir qilishini ko‘rsatadi. Shu sababli ateroskleroz, stenoz va tromboz kabi kasalliklarning fizik mohiyati aynan shu qonun orqali tushuntiriladi. Sirt taranglik esa biologik tizimlarda, xususan, alveolalar faoliyatida muhim rol o‘ynaydi. O‘pka surfaktanti sirt taranglikni kamaytirib, alveolalarning yopilib qolishini oldini oladi.

Gemodinamikada yurak nasos sifatida ishlaydi. Yurakning mexanik ishi va quvvati qon bosimi va hajmiy oqim bilan bog‘liq.[6] Zamonaviy tibbiyotda yurak faoliyati exokardiografiya, Doppler usullari va sun’iy yurak qurilmalari orqali o‘rganiladi. Qon oqimi tezligi esa tomir kesimi va yurak chiqimiga bog‘liq bo‘lib, patologik holatlarni aniqlashda muhim diagnostik mezon hisoblanadi.

---

[5] Bazarbayev M.I., Mullajonov E.Ya., Ermetov A.Z., Sobirjonov A.S., Abdujabborova U.M., Raximov B.T., Majimov F.B. Tibbiy va biologik fizika: tibbiyot oliy ta’lim muassasalari talabalari uchun darslik. – Toshkent: “Tibbiyot nashriyoti matbaa uyi” MCHJ, 2016. – 29–31-b.

[6] Míšek J., Veterník M., Jakuš J. va boshq. Medical Biophysics with Practical Course: university textbook. Martin: Jessenius Faculty of Medicine in Martin, Comenius University in Bratislava, 2022. B. 95–102.

Hozirgi zamon ilm-fanida mikrofluidika, sun’iy qon tomirlari, bioprinting, sun’iy yurak nasoslari (LVAD) va aqlli sensorlar yordamida qon oqimini modellashtirish va boshqarish yo‘nalishlari jadal rivojlanmoqda. Ushbu bobda tuzilgan masalalar aynan shu zamonaviy ilmiy yutuqlar asosida ishlab chiqilgan bo‘lib, ularni yechish orqali talaba qon oqimini matematik modellashtirish, klinik ko‘rsatkichlarni hisoblash va muhandislik yechimlarini ishlab chiqish kompetensiyalarini shakllantiradi.

Asosiy formulalar:

Bosim	$\boldsymbol{P = \frac{F}{S}}$
Gidrostatik bosim	$\boldsymbol{p = \rho g h}$
Dinamik bosim	$\boldsymbol{P = \frac{\rho \vartheta^2}{2}}$
Bernulli qonuni	$\boldsymbol{\frac{\rho \vartheta_1^2}{2} + \rho g h_1 + P_1 = \frac{\rho \vartheta_2^2}{2} + \rho g h_2 + P_2}$
Nyuton suyuqliklarida ichki ishqalanish kuchi	$\boldsymbol{F_{ish} = -\eta \frac{\Delta \vartheta}{\Delta l} \cdot S}$
Ichki ishqalanish koeffitsiyenti (yoki qovushqoqlik koeffitsiyenti, dinamik qovushqoqlik)	$\boldsymbol{\eta = \frac{1}{3} n m \vartheta \lambda}$
Puazeyl – Gagen qonuni (Nay, trubalarda suyuqlik tezligi)	$\boldsymbol{\vartheta = -\frac{P_1 - P_2}{\Delta l} \cdot \frac{r^2}{8\eta}}$
Puazeyl formulasi (Trubalarda oqqan suyuqlik hajmi)	$\boldsymbol{\Delta V = -\frac{\pi r^4}{8\eta} \cdot \frac{(P_1 - P_2)}{\Delta l} \Delta t}$

Suyuqlik trubalarining gidravlik qarshiligi	$X \approx \frac{8\eta l}{\pi R^4}$
Stoks Formulasi	$F = 6\pi\eta r\vartheta$
Suyuqliklarning laminar yoki turbulent oqishini xarakterlovchi Reynolds sonini aniqlash	$R_e = \frac{\rho_{suy} \cdot \vartheta \cdot \mathrm{d}}{\eta}; R_e = \frac{\vartheta \cdot d}{\nu}$
Kinematik qovushqoqlik	$\nu = \frac{\eta}{\rho_{suy}}$

Masala yechish namunalari:

1. Angiologiya bo‘limida stenozga uchramagan arteriya segmentida qon oqimining fizik ko‘rsatkichlari o‘rganilmoqda. Tomirning keng qismida qon oqimining o‘rtacha tezligi 0.18 m/s, tomir radiusi 2.4 mm. Shu tomirning nisbatan torroq qismida radius 1.6 mm ga teng. Qon zichligi 1060 kg/m³ deb olinsin. Tomir gorizontal holatda joylashgan deb qabul qilinadi, ya’ni balandliklar farqi hisobga olinmaydi. Qonning qovushqoqligi $3.8 \cdot 10^{-3}$ Pa·s bo‘lib, kesish tezligi gradienti devor yaqinida 420 s^{-1} deb baholangan.

Talaba quyidagilarni aniqlashi kerak:

1. tomirning tor qismidagi qon oqimi tezligi;
2. keng va tor qismlar orasidagi bosim farqi;
3. devor yaqinidagi ichki ishqalanish kuchlanishi.

Natijalarni fiziologik nuqtayi nazardan izohlash talab qilinadi.

Berilgan kattaliklar	**Yechilishi**
v_1 = 0.18 m/s	Masalani bosqichma-bosqich yechamiz. Avvalo qon oqimining tor qismdagi tezligini topamiz. Buning uchun uzluksizlik tenglamasidan foydalanamiz. Qon deyarli siqilmaydigan suyuqlik bo‘lgani uchun oqim saqlanadi: S_1v_1 =

	S_2v_2. Aylana kesim uchun $S = \pi r^2$, demak $v_2 = v_1 \cdot (r_1^2/r_2^2)$.
$r_1 = 2.4$ mm = $2.4 \cdot 10^{-3}$ m	Radiuslarni formulaga qo‘yamiz. $r_1^2 = (2.4 \cdot 10^{-3})^2 = 5.76 \cdot 10^{-6}$. r_2^2 ni keyin hisoblaymiz.
$r_2 = 1.6$ mm = $1.6 \cdot 10^{-3}$ m	$r_2^2 = (1.6 \cdot 10^{-3})^2 = 2.56 \cdot 10^{-6}$. Endi nisbat: $r_1^2/r_2^2 = 5.76/2.56 = 2.25$. Shunday qilib, $v_2 = 0.18 \cdot 2.25 = 0.405$ m/s. Demak, tomir toraygan qismda tezlik 0.405 m/s gacha ortadi.
$\rho = 1060$ kg/m³	Endi Bernulli tenglamasini qo‘llaymiz. Tomir gorizontal bo‘lgani uchun ρgh hadlari qisqaradi. Shuning uchun: $p_1 + \rho v_1^2/2 = p_2 + \rho v_2^2/2$. Bundan $p_1 - p_2 = \rho(v_2^2 - v_1^2)/2$.
$\eta = 3.8 \cdot 10^{-3}$ Pa·s	Avval tezliklar kvadratini topamiz. $v_1^2 = 0.18^2 = 0.0324$. $v_2^2 = 0.405^2 = 0.164025$. Farq: $0.164025 - 0.0324 = 0.131625$.
$dv/dy = 420$ s⁻¹	Endi bosim farqini hisoblaymiz: $p_1 - p_2 = 1060 \cdot 0.131625/2 = 69.76$ Pa. Demak, tor qismga o‘tganda bosim taxminan 69.8 Pa ga kamayadi. Bu gemodinamikada juda muhim: tezlik oshsa, statik bosim pasayadi.
Topilsin: v_2, Δp, τ	Endi ichki ishqalanish kuchlanishini topamiz. Nyutonning ichki ishqalanish qonuni bo‘yicha: $\tau = \eta \cdot (dv/dy)$. Hisoblaymiz: $\tau = 3.8 \cdot 10^{-3} \cdot 420 = 1.596$ Pa. Demak, devor yaqinidagi kesish kuchlanishi taxminan 1.60 Pa. Yakuniy javoblar: $v_2 = 0.405$ m/s; $\Delta p = p_1 - p_2 = 69.8$ Pa; $\tau = 1.60$ Pa. Fiziologik ma’noda bu shuni bildiradiki, tomir torayganda qon tezlashadi, bosim kamayadi va devor bo‘ylab kesish kuchlanishi ortadi. Bu esa endoteliy faoliyatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.

2. Reanimatsiya bo‘limida vena ichiga infuzion eritma yuborish tizimi tahlil qilinmoqda. Kateterning ichki radiusi 0.45 mm, uzunligi 0.18 m. Eritmaning dinamik qovushqoqligi $1.1 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Kateter uchlari orasidagi bosim farqi 1500 Pa. Ushbu ma’lumotlar asosida infuzion eritmaning hajmiy oqim sarfini aniqlash kerak. So‘ngra kateter uchida hosil bo‘layotgan tomchi jarayoni o‘rganiladi.

Tomchi uzilish paytida kapillyar uchining radiusi 0.30 mm, eritmaning sirt taranglik koeffitsienti 0.072 N/m deb olinsin. Tomchi uzilishida uning og‘irligi sirt taranglik kuchiga teng deb qabul qilinadi. Erkin tushish tezlanishi 9.8 m/s². Hosil bo‘ladigan tomchining massasini toping.

Berilgan kattaliklar	**Yechilishi**
r = 0.45 mm = $4.5\cdot10^{-4}$ m	Masalaning birinchi qismi uchun Puazeyl formulasidan foydalanamiz. Qovushoq suyuqlikning silindrsimon naychadan laminar oqib o‘tishi uchun hajmiy sarf: $Q = (\pi r^4 \Delta p)/(8\eta l)$. Bu formula klinik infuziya tizimlari uchun juda muhim.
l = 0.18 m	Avval r^4 ni hisoblaymiz. $r^2 = (4.5\cdot10^{-4})^2 = 2.025\cdot10^{-7}$. Shundan $r^4 = (2.025\cdot10^{-7})^2 = 4.1006\cdot10^{-14}$.
$\eta = 1.1\cdot10^{-3}$ Pa·s	Endi maxraj va suratni hisoblaymiz. Surat: $\pi r^4 \Delta p = 3.14 \cdot 4.1006\cdot10^{-14} \cdot 1500 = 1.931\cdot10^{-10}$. Maxraj: $8\eta l = 8 \cdot 1.1\cdot10^{-3} \cdot 0.18 = 1.584\cdot10^{-3}$.
Δp = 1500 Pa	Endi $Q = 1.931\cdot10^{-10} / 1.584\cdot10^{-3} = 1.219\cdot10^{-7}$ m³/s. Bu juda kichik ko‘rinadi, lekin klinik infuziya uchun aynan shunday qiymatlar odatiy hisoblanadi. Xohlasak, ml/s ga o‘tkazamiz: $1.219\cdot10^{-7}$ m³/s = 0.1219 ml/s.
r_t = 0.30 mm = $3.0\cdot10^{-4}$ m	Endi masalaning ikkinchi qismiga o‘tamiz. Tomchi uzilish shartida sirt taranglik kuchi tomchi og‘irligiga teng deb olinadi: $mg = 2\pi r\sigma$. Bu yerda r — kapillyar uchining radiusi.
σ = 0.072 N/m	Formuladan m ni ajratamiz: $m = (2\pi r\sigma)/g$. Bu tomchining massa bo‘yicha qancha bo‘lishini aniqlash imkonini beradi.
g = 9.8 m/s²	Endi hisoblaymiz: $m = [2 \cdot 3.14 \cdot 3.0\cdot10^{-4} \cdot 0.072] / 9.8$. Surat: $2 \cdot 3.14 \cdot 3.0\cdot10^{-4} \cdot 0.072 = 1.3565\cdot10^{-4}$. Endi $m = 1.3565\cdot10^{-4} / 9.8 = 1.384\cdot10^{-5}$ kg.
Topilsin: Q, m	Yakuniy javoblar: hajmiy oqim sarfi $Q = 1.22\cdot10^{-7}$ m³/s yoki 0.122 ml/s. Tomchi massasi $m = 1.38\cdot10^{-5}$ kg = 13.8 mg.

	Demak, Puazeyl qonuni kateter orqali oqim tezligini, sirt taranglik esa tomchi hosil bo‘lish mexanizmini tushuntiradi. Bu infuzion terapiya muhandislik hisoblarida juda muhim.

3. Kardiologik tekshiruvda chap qorinchaning bir sistolada 72 ml qon haydashi aniqlangan. Yurak aortaga qarshi o‘rtacha 100 mmHg bosim hosil qiladi. Yurak urish tezligi 78 marta/min. Hisoblashlarda 1 mmHg = 133 Pa deb oling. Shuningdek, aortaning ichki radiusi 1.2 cm deb qabul qilinadi. Shu ma’lumotlar asosida quyidagilarni aniqlang:

1. chap qorinchaning bir zarbadagi mexanik ishi;
2. yurakning o‘rtacha mexanik quvvati;
3. aortadagi qon oqimining o‘rtacha chiziqli tezligi.

Natijalarni yurak nasos sifatida ishlashi nuqtai nazaridan izohlang.

Berilgan kattaliklar	**Yechilishi**
$V = 72\ ml = 72 \cdot 10^{-6}\ m^3$	Avvalo yurakning bir sistoladagi ishini topamiz. Yurakning mexanik ishi bosim va chiqarilgan hajm ko‘paytmasiga teng: $A = pV$. Bu juda muhim gemodinamik formula hisoblanadi.
$p = 100\ mmHg = 13300\ Pa$	Bosimni SI tizimiga o‘tkazamiz: $100 \cdot 133 = 13300$ Pa. Endi ishni hisoblaymiz: $A = 13300 \cdot 72 \cdot 10^{-6} = 0.9576$ J. Demak, yurak bir marta qisqarganda taxminan 0.958 J ish bajaradi.
$\nu = 78\ min^{-1}$	Endi quvvatni hisoblaymiz. Buning uchun vaqt birligidagi ish kerak. Yurak bir daqiqada 78 marta uradi, demak bir sekunddagi urish soni: $n = 78/60 = 1.3\ s^{-1}$.
$r = 1.2\ cm = 0.012\ m$	Yurak quvvati: $N = A \cdot n = 0.9576 \cdot 1.3 = 1.2449$ W. Demak, chap qorinchaning o‘rtacha mexanik quvvati taxminan 1.24 W. Bu biologik nasos uchun juda katta ahamiyatga ega ko‘rsatkich.
Topilsin:	Endi aortadagi qon oqim tezligini topamiz. Avvalo yurak

A, N, v	chiqimini hisoblaymiz: $Q = V \cdot n = 72 \cdot 10^{-6} \cdot 1.3 = 9.36 \cdot 10^{-5}$ m³/s. Aorta kesim yuzi: $S = \pi r^2 = 3.14 \cdot (0.012)^2 = 4.5216 \cdot 10^{-4}$ m². Endi chiziqli tezlik: $v = Q/S = 9.36 \cdot 10^{-5} / 4.5216 \cdot 10^{-4} = 0.207$ m/s. Yakuniy javoblar: A = 0.958 J, N = 1.24 W, v = 0.207 m/s. Bu natijalar yurakning nasos sifatida bosim hosil qilishi, hajm haydashi va qon oqimini ta'minlashini ko'rsatadi. Yurakning mexanik faoliyati aynan shu kattaliklar orqali baholanadi.

2.1-§. Suyuqlikning ichki ishqalanishi (qovushqoqligi). Nyuton va Bernulli tenglamasi.

1. Kapillyar tomirda oqayotgan qonning dinamik qovushqoqligi $4 \cdot 10^{-3}$ Pa·s ga teng. Qon oqimida tezlik gradienti 120 s^{-1} bo'lsa, qon qatlamlari orasidagi ichki ishqalanishdagi bosim kuchlanishini aniqlang.

2. Laboratoriya sharoitida qon plazmasining qovushqoqligi $1.5 \cdot 10^{-3}$ Pa·s deb olindi. Agar plazma qatlamlarida tezlik gradienti 200 s^{-1} bo'lsa, ichki ishqalanish bosim kuchlanishini aniqlang.

3. Tomir ichida oqayotgan biologik suyuqlikning qovushqoqligi $3 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Ikki qatlam orasidagi masofa 0.5 mm, tezliklar farqi esa 0.06 m/s. Ichki ishqalanish kuchlanishini toping.

4. Shprits ichida dori eritmasi harakatlanmoqda. Eritmaning qovushqoqligi $2 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Porshen yaqinidagi qatlamlar uchun tezlik gradienti 150 s^{-1} bo'lsa, ichki ishqalanish kuchlanishini aniqlang.

5. Qon namunasi viskozimetrda tekshirildi. Namunaning qovushqoqligi $5 \cdot 10^{-3}$ Pa·s, tezlik gradienti esa 80 s^{-1}. Ichki ishqalanish kuchlanishini aniqlang.

6. Kichik arteriyada qon oqimi kuzatilmoqda. Agar qon qovushqoqligi $4.5 \cdot 10^{-3}$ Pa·s, ichki ishqalanish kuchlanishi esa 0.54 Pa bo'lsa, tezlik gradientini aniqlang.

7. Sun’iy qon aylantirish tizimida ishlatilayotgan suyuqlik uchun ichki ishqalanish kuchlanishi 0.25 Pa, tezlik gradienti esa 100 s^{-1}. Suyuqlikning qovushqoqligini aniqlang.

8. Kapillyarda qonning bir qatlam tezligi 0.08 m/s, unga qo‘shni qatlam tezligi 0.02 m/s. Ular orasidagi masofa 0.4 mm. Qon qovushqoqligi $3.5 \cdot 10^{-3}$ Pa·s bo‘lsa, ichki ishqalanish kuchlanishini aniqlang.

9. Vena orqali oqayotgan suyuqlikda ichki ishqalanish kuchlanishi 0.36 Pa bo‘lib, qovushqoqlik $3 \cdot 10^{-3}$ Pa·s ga teng. Agar qatlamlar orasidagi masofa 0.6 mm bo‘lsa, ularning tezliklari farqini aniqlang.

10. Suyuqliklarning molekulyar tuzilishidan kelib chiqib, yopishqoqlik tezlik gradienti va siljish kuchiga bog‘liq. Agar siljish kuchi 0.2 N/m^2 va tezlik gradienti 50 s^{-1} bo‘lsa, suyuqlikning yopishqoqligini hisoblang.

11. Suyuqliklarning molekulyar xususiyatlari diffuziya jarayonlari orqali ham o‘lchanadi. FIK bo‘yicha diffuziya tenglamasi modellashtirish uchun ishlatiladi. Agar modda konsentratsiyasi gradienti 40 mol/m^4 va diffuziya koeffitsienti 2×10^{-9} m^2/s bo‘lsa, molekulalarning oqim zichligini hisoblang.

12. Radiusi 0.01 m bo‘lgan silindrsimon quvur ichida suyuqlik oqmoqda. Agar suyuqlik yopishqoqligi 0.005 Pa·s bo‘lsa va tezlik gradienti 100 s^{-1} bo‘lsa, suyuqlikdagi ichki ishqalanish kuchini hisoblang.

13. Ikki parallel plastina orasida yopishqoq suyuqlik oqmoqda. Yuqori plastina tezlik bilan harakatlanadi, quyi plastina esa tinch. Agar plastinalar orasidagi masofa 0.005 m, yuqori plastinaning tezligi 0.2 m/s, va suyuqlik yopishqoqligi 0.01 Pa·s bo‘lsa, biror birlik yuzaga ta’sir qiladigan siljish kuchini hisoblang.

14. Yassi plastina ustida suyuqlik qatlamlari sirpanmoqda. Agar yuqori qatlam tezligi 0.3 m/s, quyi qatlam tezligi 0 bo‘lsa va qatlamlar orasidagi masofa 0.01 m bo‘lsa, suyuqlik yopishqoqligi 0.02 Pa·s bo‘lsa, siljish kuchini toping.

15. Parallel plastinalar orasida suyuqlik oqmoqda. Plastinalar orasidagi masofa 0.004 m, yuqori plastina 0.5 m/s tezlikda harakatlanmoqda, quyi plastina esa tinch. Suyuqlik yopishqoqligi 0.008 Pa·s bo‘lsa, birlik yuzaga ta’sir qiladigan

siljish kuchini hisoblang. So‘ngra shu plastina yuzasi 0.2 m^2 bo‘lsa, unga ta’sir etuvchi umumiy kuchni ham hisoblang.

16. Silindrsimon quvur ichida suyuqlik oqmoqda. Quvurning radiusi 0.02 m, uzunligi 0.3 m, bosim farqi 500 Pa va suyuqlik yopishqoqligi 0.004 Pa·s bo‘lsa, oqim sarfini toping.

17. Plastinalar orasidagi suyuqlik qatlamida ichki ishqalanish kuchi hisoblanmoqda. Masofa 0.002 m, yuqori qatlam tezligi 0.4 m/s, quyi qatlam tezligi 0.1 m/s. Suyuqlik yopishqoqligi 0.012 Pa·s bo‘lsa, birlik yuzaga ta’sir qiladigan siljish kuchini hisoblang.

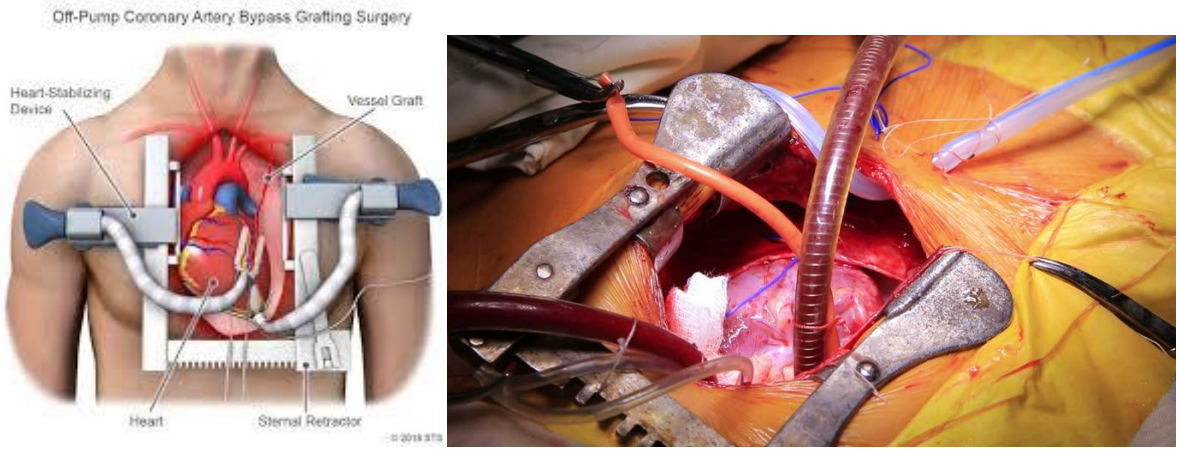
18. Doppler-ultratovush tekshiruvida ichki uyqu arteriyasining ikki nuqtasida qon oqimi tahlil qilindi. Arteriyaning birinchi qismida ichki radius 2.5 mm, stenozlangan ikkinchi qismida esa 1.5 mm deb topildi. Qon oqimining hajmiy sarfi doimiy bo‘lib, $Q = 3.2 \cdot 10^{-6}$ m^3/s ga teng. Arteriya deyarli gorizontal joylashgan, shuning uchun balandlik farqi hisobga olinmaydi. Qon zichligi 1060 kg/m^3, qovushqoqligi $4.0 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Toraygan qism devori yaqinida tezlik gradienti 520 s^{-1} ga teng deb o‘lchangan. Arteriyaning ikki qismi uchun o‘rtacha tezliklarni, Bernulli tenglamasi bo‘yicha bosim farqini va stenozlangan qismdagi ichki ishqalanish kuchlanishini aniqlang.



2.1.1-rasm

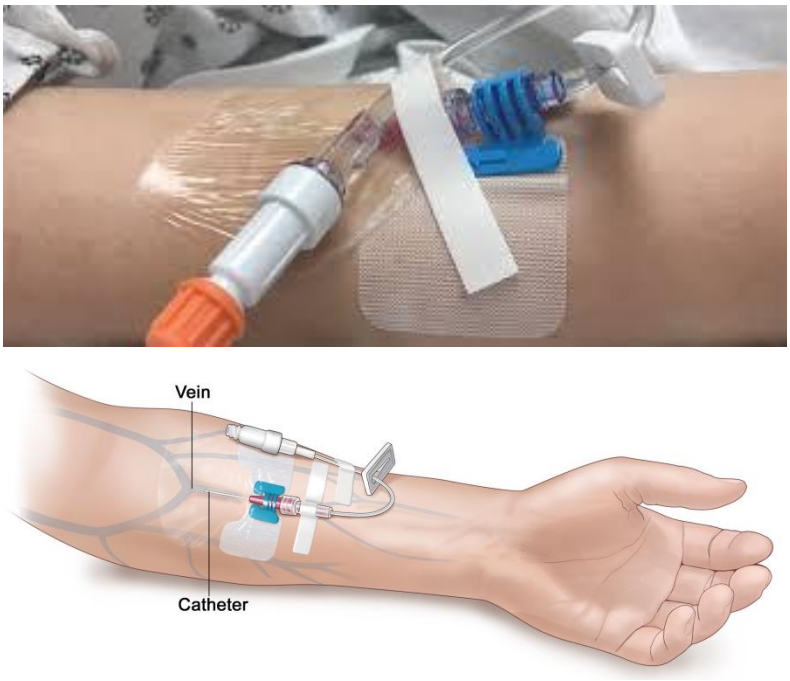
19. Reanimatsiya bo‘limida fiziologik eritma vena ichiga tomchilab yuborilmoqda. Sistema rezervuaridagi eritma sathi igna uchidan 0.90 m balandlikda joylashgan. Eritma zichligi 1000 kg/m^3, qovushqoqligi $1.2 \cdot 10^{-3}$ Pa·s, erkin tushish tezlanishi 9.8 m/s^2. Kateter ichki radiusi 0.40 mm. Kateter markazidagi oqim tezligi 0.50 m/s, devorda esa nolga teng. Tezlik radial yo‘nalishda chiziqli kamayadi deb faraz qilinsin. Gidrostatik bosimni, kateter markazidagi kinetik bosimni, devor yaqinidagi tezlik gradientini va ichki ishqalanish kuchlanishini aniqlang.

20. Sun’iy qon aylanish apparatida qon kengroq naychadan torroq naychaga o‘tmoqda. Birinchi qism diametri 8 mm, ikkinchi qism diametri 4 mm. Qonning hajmiy sarfi $5.0 \cdot 10^{-6}$ m³/s, zichligi 1050 kg/m³, qovushqoqligi $3.8 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Tizim gorizontal joylashgan. Tor qism devori yaqinida tezlik gradienti 760 s^{-1} deb topildi. Naychaning har ikkala qismidagi o‘rtacha tezliklarni, bosimning kamayishini va tor qismdagi ichki ishqalanish kuchlanishini aniqlang.



2.1.2-rasm

21. Vena ichiga o‘rnatilgan kateter orqali dori eritmasi yuborilmoqda. Kateter chiqish qismidagi oqim tezligi 0.70 m/s, vena ichidagi oqim tezligi esa 0.25 m/s. Kateter uchi bilan vena markazi orasidagi balandlik farqi hisobga olinmaydi. Kateter chiqish qismidagi bosim 11.8 kPa. Eritma zichligi 1030 kg/m³, qovushqoqligi $1.4 \cdot 10^{-3}$ Pa·s.



2.1.3-rasm

Kateter ichida devor yaqinidagi tezlik gradienti 950 s^{-1}. Vena ichidagi bosimni, kateter devoridagi ichki ishqalanish kuchlanishini va tezlik kamayishi tufayli kinetik bosimning qancha qismi statik bosimga aylanganini aniqlang.

22. Klinik gemodinamika laboratoriyasida tomir modeli yordamida qon oqimi tekshirildi. Modelning birinchi qismidagi ichki radius 2.0 mm, ikkinchi qismidagi ichki radius 1.0 mm. Birinchi qismdagi statik bosim 14.2 kPa. Qonning hajmiy sarfi $2.4 \cdot 10^{-6}$ m^3/s, zichligi 1060 kg/m^3, qovushqoqligi $4.5 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Tizim gorizontal. Toraygan ikkinchi qism devori yaqinida tezlik gradienti 840 s^{-1} deb topilgan. Har ikkala qismdagi o‘rtacha tezliklarni, ikkinchi qismdagi bosimni va ichki ishqalanish kuchlanishini aniqlang.

23. Qon oqimi inson tanasida asosiy bioreologik jarayonlardan biridir. Qon oqishini modellashtirishda Puazeyl qonunidan foydalaniladi. Agar qon yopishqoqligi 0.004 Pa·s, tomir uzunligi 0.25 m va radiusi 0.003 m bo‘lsa, shunda qon oqimiga qarshilikni hisoblang.

24. Qon oqim tezligini aniqlashda Puazeyl qonuni qo‘llaniladi. Agar bosim farqi 2000 Pa, radius 0.002 m, uzunlik 0.1 m va yopishqoqlik 0.0035 Pa·s bo‘lsa, oqim tezligini toping.

25. Suyuqlik gorizontal quvur bo‘ylab oqmoqda. Quvurning birinchi kesimida suyuqlik tezligi 2 m/s, bosimi 2.2×10^5 Pa bo‘lsa, ikkinchi kesimida bosim 2.0×10^5 Pa ga teng. Suyuqlik zichligi 1000 kg/m^3 bo‘lsa, ikkinchi kesimdagi tezlikni toping.

26. Quvur ikki nuqtada balandliklari turlicha bo‘lgan joydan o‘tadi. Birinchi nuqta ikkinchisidan 5 m balandroq. Birinchi nuqtadagi bosim 1.5×10^5 Pa, tezlik 3 m/s bo‘lsa, ikkinchi nuqtadagi bosimni toping. Suyuqlik zichligi 1000 kg/m^3, $g = 9.8$ m/s^2.

27. Bir xil quvur bo‘ylab suv oqmoqda. Birinchi kesimda radius 0.02 m, ikkinchisida esa 0.01 m. Birinchi kesimdagi tezlik 2 m/s bo‘lsa, ikkinchi kesimdagi tezlikni toping. Keyin Bernulli tenglamasidan foydalanib ikkinchi kesimdagi bosimni aniqlang. Suyuqlik zichligi 1000 kg/m^3, bosim birinchi kesimda 1.2×10^5 Pa ga teng.

28. Suv nasos yordamida yuqoriga chiqarilmoqda. Nasosdan chiqayotgan suyuqlik tezligi 5 m/s, bosimi 3.0×10^5 Pa. Agar suyuqlik 10 m balandlikka ko‘tarilsa va yuqorida tezligi 1 m/s bo‘lsa, balandlikdagi bosimni toping. Suyuqlik zichligi 1000 kg/m³.

29. Torayib kengayuvchi quvurdan suv oqmoqda. Birinchi kesimdagi radius 0.03 m, tezlik 3 m/s, bosim 2.5×10^5 Pa. Ikkinchi kesimdagi radius 0.015 m. Ikkinchi kesimdagi tezlik va bosimni toping. Suyuqlik zichligi 1000 kg/m³.

30. Suv favvoradan yuqoriga otildi. Quvurning pastki qismida tezlik 6 m/s va bosim 2.0×10^5 Pa. Favvoraning yuqorisida suyuqlik tezligi 2 m/s va balandligi 12 m. Suyuqlik zichligi 1000 kg/m³. Yuqoridagi bosimni hisoblang.

2.2-§. Qovushoq suyuqliklarning trubalardan oqishi Puazeyl formulasi. Sirt taranglik kuchi.

1. Vena ichiga kateter orqali dori yuborilmoqda. Kateter radiusi 0.5 mm, uzunligi 0.25 m. Eritmaning qovushqoqligi $1.2 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Bosim farqi 1200 Pa.

2. Qon tomir modelida radius 1.2 mm, uzunligi 0.30 m. Qon qovushqoqligi $4.0 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Bosim farqi 1500 Pa. Qon oqim sarfini aniqlang. $1.02 \cdot 10^{-6}$ m³/s

3. Infuzion sistema orqali suyuqlik oqmoqda. Radius 0.4 mm, uzunlik 0.20 m, qovushqoqlik $1.0 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Sarf $8.0 \cdot 10^{-8}$ m³/s. Bosim farqini aniqlang.

4. Qon tomirining radiusi ikki barobar kamaydi. Dastlabki radius 2 mm edi. Boshqa shartlar o‘zgarmaydi. Oqim sarfi necha marta kamayadi?

5. Kateter orqali 1 minutda 3 ml suyuqlik yuborildi. Kateter radiusi 0.6 mm, uzunligi 0.30 m, qovushqoqlik $1.1 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Bosim farqini aniqlang.

6. Qon tomirida bosim farqi 2000 Pa, radius 1.0 mm, uzunlik 0.25 m, qovushqoqlik $3.5 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Oqim sarfini aniqlang.

7. Kateter uzunligi 2 barobar oshirilsa, boshqa parametrlar o‘zgarmasa, oqim qanday o‘zgaradi?

8. Infuzion tizimda radius 0.5 mm dan 1.0 mm ga oshirildi. Oqim qanday o‘zgaradi?

9. Qon tomirida oqim sarfi $1.5 \cdot 10^{-6}$ m³/s, radius 1.5 mm, uzunlik 0.20 m, qovushqoqlik $4.0 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Bosim farqini aniqlang.

10. Jarrohlikdan keyingi davrda pasiyentga markaziy vena kateteri orqali fiziologik eritma yuborilmoqda. Kateterning ichki radiusi 0.45 mm, uzunligi 18 sm. Eritmaning dinamik qovushqoqligi $1.15 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Rezervuar va vena orasidagi bosim farqi 1600 Pa deb qabul qilinsin. Kateter orqali 1 minutda qancha hajmdagi eritma o‘tishini aniqlang.

11. Gemodinamik modelda arteriyaning normal qismidagi radius 2.0 mm, stenozlangan qismidagi radius esa 1.2 mm bo‘ldi. Tomir uzunligi o‘zgarmaydi, qon qovushqoqligi $4.2 \cdot 10^{-3}$ Pa·s, bosim farqi bir xil saqlanadi. Stenoz natijasida oqim sarfi necha marta kamayishini aniqlang.

12. Gemodializ apparatining naychasidan qon o‘tmoqda. Naycha radiusi 1.8 mm, uzunligi 0.35 m. Qonning dinamik qovushqoqligi $3.8 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Qonning hajmiy sarfi $2.2 \cdot 10^{-6}$ m³/s bo‘lishi kerak. Shu oqimni ta’minlash uchun naycha uchlari orasida qanday bosim farqi hosil qilinishi kerakligini aniqlang.

13. Mikrosirkulyatsiya modelida kapillyarning radiusi 6 μm, uzunligi 0.8 mm, qonning samarali qovushqoqligi $4.5 \cdot 10^{-3}$ Pa·s, kapillyar uchlari orasidagi bosim farqi 18 Pa. Kapillyar orqali hajmiy sarfni aniqlang.

14. Reanimatsiya bo‘limida pasiyentga ikki xil kateter qo‘llanmoqda. Birinchi kateter radiusi 0.40 mm, ikkinchi kateter radiusi 0.70 mm. Ikkalasining uzunligi bir xil — 20 sm, bosim farqi bir xil — 1500 Pa, eritma qovushqoqligi $1.0 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Ikkinchi kateter orqali oqim birinchi kateterga nisbatan necha marta katta bo‘lishini aniqlang.

15. Qon tomiri modeli uchun radius 1.4 mm, uzunlik 22 sm, qon qovushqoqligi $4.0 \cdot 10^{-3}$ Pa·s deb olingan. Bosim farqi 950 Pa bo‘lganda oqim sarfi hisoblandi. Keyinchalik gematokrit ortishi tufayli qovushqoqlik $5.6 \cdot 10^{-3}$ Pa·s ga oshdi. Yangi oqim sarfini va oqimning necha foizga kamayganini aniqlang.

16. Arterial segment modeli uzunligi 0.12 m bo‘lgan trubadan iborat. Qon qovushqoqligi $3.9 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Oqim sarfi $1.8 \cdot 10^{-6}$ m³/s bo‘lishi uchun bosim farqi 820 Pa bo‘lishi kerakligi ma’lum. Truba radiusini aniqlang.

17. Neyroxirurgik operatsiya paytida likvor oqimini modellashtirish uchun kapillyarsimon drenaj naychasi tekshirildi. Naychaning radiusi 0.30 mm, uzunligi 0.15 m. Suyuqlikning qovushqoqligi $0.90 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. 10 minut ichida 12 ml likvor o‘tishi uchun kerakli bosim farqini aniqlang.

18. Tomir protezining samaradorligi tekshirilmoqda. Normal tomir segmentida radius 1.6 mm, uzunligi 10 sm. Protez qo‘yilgandan keyin samarali ichki radius 1.3 mm bo‘lib qoldi. Boshqa sharoitlar, jumladan qovushqoqlik va bosim farqi, o‘zgarmadi. Protezlangan segmentdagi oqim normal segmentdagiga nisbatan necha foizga kamayganini aniqlang.

19. Intensiv terapiyada pasiyentga qovushqoqligi $1.05 \cdot 10^{-3}$ Pa·s bo‘lgan eritma yuborilmoqda. Tizimning trubkasi ikki ketma-ket qismdan iborat: birinchi

qism radiusi 0.60 mm, uzunligi 0.40 m; ikkinchi qism radiusi 0.35 mm, uzunligi 0.15 m. Umumiy bosim farqi 2200 Pa. Ketma-ket ulangan trubkalar uchun hajmiy sarfni aniqlang.

20. Sun’iy nafas oldirish tizimi bilan bog‘liq tadqiqotda alveola sirtidagi taranglik bosimi baholanmoqda. Alveolaning radiusi 0.12 mm. Alveola ichki yuzasini qoplagan suyuqlik uchun sirt taranglik koeffitsienti 0.025 N/m deb olinadi. Alveola bitta suyuqlik-havo chegarasiga ega deb hisoblanadi. Alveola ichidagi ortiqcha bosimni aniqlang.

21. Neonatologiya bo‘limida yangi tug‘ilgan chaqaloq alveolasida surfaktant yetishmovchiligi gumon qilinmoqda. Alveola radiusi 0.08 mm. Surfaktant bo‘lmagan holatda sirt taranglik koeffitsienti 0.050 N/m, surfaktant bo‘lgandagi qiymati esa 0.010 N/m. Har ikki holatda alveola ichidagi ortiqcha bosimni aniqlang va surfaktant bosimni necha marta kamaytirishini toping.

22. Laboratoriyada biologik suyuqlikdan tomchi hosil qiluvchi kapillyar tizim tekshirildi. Kapillyar uchining radiusi 0.30 mm. Suyuqlikning sirt taranglik koeffitsienti 0.060 N/m. Tomchi kapillyardan uzilish paytida sirt taranglik kuchi tomchi og‘irligiga teng deb olinsin. Erkin tushish tezlanishi 9.8 m/s^2. Hosil bo‘ladigan bitta tomchining massasini aniqlang.

23. Ko‘z yoshi tomchisining shox parda yuzasida ushlanib turishini baholash uchun sirt taranglik kuchi hisoblanmoqda. Tomchi bilan kontakt chizig‘i aylana shaklida bo‘lib, radiusi 1.5 mm. Ko‘z yoshi suyuqligi uchun sirt taranglik koeffitsienti 0.043 N/m. Tomchini ushlab turuvchi sirt taranglik kuchini aniqlang.

24. Kapillyar naychada qon plazmasining ko‘tarilish balandligi o‘rganildi. Naycha radiusi 0.20 mm, plazma zichligi 1025 kg/m^3, sirt taranglik koeffitsienti 0.058 N/m, namlanish burchagi deyarli nolga teng bo‘lib, $\cos\theta = 1$ deb olinadi. Erkin tushish tezlanishi 9.8 m/s^2. Kapillyar ko‘tarilish balandligini aniqlang.

25. Bronxioladan alveolaga o‘tish joyida ikkita alveola o‘zaro bog‘langan model ko‘rib chiqiladi. Birinchi alveola radiusi 0.10 mm, ikkinchi alveola radiusi 0.20 mm. Ikkalasida ham surfaktantsiz sirt taranglik koeffitsienti 0.040 N/m deb

olinadi. Har bir alveoladagi Laplas bosimini hisoblang va havo qaysi alveoladan qaysi alveolaga oqishga moyil bo‘lishini aniqlang.

26. Biotibbiy datchikda ishlatiladigan yupqa halqa biologik suyuqlik yuzasidan ko‘tarilmoqda. Halqaning radiusi 1.8 cm, suyuqlikning sirt taranglik koeffitsienti 0.072 N/m. Halqa ikki tomondan ho‘llanadi deb olinsin. Halqani suyuqlik yuzasidan ajratib olish uchun zarur maksimal kuchni aniqlang.

27. Sun’iy alveola modeli suyuqlik pufakchasi shaklida o‘rganilmoqda. Pufakchaning radiusi 0.50 mm. Ikki sirtli pufak sifatida qaraladi. Sirt taranglik koeffitsienti 0.030 N/m. Pufak ichidagi ortiqcha bosimni aniqlang.

28. Kateter uchida osilib turgan dori tomchisining hajmi baholanmoqda. Kateter ichki radiusi 0.25 mm, suyuqlik sirt tarangligi 0.065 N/m, suyuqlik zichligi 1030 kg/m³, erkin tushish tezlanishi 9.8 m/s². Tomchi uzilish paytida og‘irlik sirt taranglik kuchiga teng deb olinadi. Tomchi hajmini aniqlang.

29. Pleura suyuqligi modeli uchun kapillyar naycha radiusi 0.15 mm, suyuqlik zichligi 1010 kg/m³, sirt taranglik koeffitsienti 0.050 N/m, kontakt burchagi 30° deb olinadi. Erkin tushish tezlanishi 9.8 m/s². Kapillyar ko‘tarilish balandligini aniqlang. cos 30^0 = 0.866 deb oling.

30. Markaziy vena kateteri bilan ishlash jarayonida ehtiyotsizlik tufayli tomir ichiga juda kichik havo pufakchasi kirib qoldi. Tadqiqot maqsadida bu pufakcha shar shaklida deb qabul qilinadi. Pufakchaning radiusi 0.40 mm ga teng. Qon plazmasi va havo chegarasidagi sirt taranglik koeffitsienti 0.058 N/m deb olinsin. Pufakcha bitta suyuqlik-gaz chegarasiga ega deb hisoblang.

Aniqlang:

a) pufakcha ichidagi Laplas ortiqcha bosimini;

b) agar pufakcha radiusi 0.20 mm gacha kichraysa, ortiqcha bosim qanday o‘zgarishini;

c) natijani havo emboliyasi xavfi nuqtai nazaridan izohlang.



2.2.1-rasm

31. Tromboemboliya natijasida kichik arteriya ichida tromb hosil bo‘lib, tomirning erkin radiusi kamaygan. Sog‘lom holatda tomir radiusi 1.2 mm bo‘lgan, tromb tufayli esa erkin o‘tish radiusi 0.60 mm gacha kamaygan. Tadqiqot uchun tomir ichidagi qon va tromb yuzasi orasidagi namlanish hodisasi soddalashtirilib, toraygan qismdagi suyuqlik meniskusi uchun sirt taranglik koeffitsienti 0.050 N/m, kontakt burchagi esa 0° deb olinadi, ya’ni $\cos\theta = 1$. Toraygan bo‘lakda sirt taranglik bilan bog‘liq qo‘shimcha bosim farqini kapillyar formula asosida baholang:

$\Delta p = 2\sigma \cos\theta / r$

Aniqlang:

a) sog‘lom tomirdagi sirt taranglikka bog‘liq bosim farqini;

b) tromb bilan toraygan tomirdagi sirt taranglikka bog‘liq bosim farqini;

c) bu bosim farqi necha marta oshganini;

d) natijani tromboemboliya sharoitida izohlang.

2.3-§. Gemodinamikada yurakning ishi va quvvati. Qon oqimi tezligi.

1. Aorta orqali qon oqmoqda. Agar aortaning radiusi 0.012 m, uzunligi 0.3 m, qon yopishqoqligi 0.004 Pa·s va bosim farqi 1600 Pa bo‘lsa, Puazeyl qonunidan foydalanib oqim sarfini hisoblang.

2. Qonning tomirdagi oqim tezligi davomiylik tenglamasi yordamida topiladi. Agar tomir kesim yuzasi 2×10^{-4} m² va oqim sarfi 2×10^{-6} m³/s bo‘lsa, oqim tezligini hisoblang.

3. Arteriyadan venaga o‘tishda qon oqimi davomiyligi ta’minlanadi. Agar arteriya radiusi 0.004 m, vena radiusi 0.008 m va arteriyadagi qon tezligi 0.3 m/s bo‘lsa, vena ichidagi qon tezligini toping.

4. Tomirlar tizimida bosim pasayishi gemodinamik qonunlarga bo‘ysunadi. Agar qarshilik 2×10^{7} Pa·s/m³ va oqim sarfi 5×10^{-6} m³/s bo‘lsa, bosim farqini toping.

5. Gemodinamik tizimda parallel ulangan ikki tomir orqali qon oqmoqda. Agar birinchi tomir qarshiligi 2×10^{7} Pa·s/m³, ikkinchi tomir qarshiligi 4×10^{7} Pa·s/m³ bo‘lsa, umumiy qarshilikni hisoblang.

6. Qon aylanish tizimida murakkab oqim hisoblanmoqda. Aorta radiusi 0.012 m, uzunligi 0.3 m, bosim farqi 2000 Pa va yopishqoqlik 0.004 Pa·s. Shu aortaga ketma-ket ulangan kichik arteriya radiusi 0.004 m, uzunligi 0.2 m va yopishqoqligi 0.004 Pa·s bo‘lsin. Har ikkala bo‘g‘im ketma-ket ulanganligi uchun umumiy qarshilik topib, keyin oqim sarfini hisoblang.

7. Bir bemorning yurak-qon tomir tizimida qon oqimi muhim rol o'ynaydi. Bu bemor yoshi katta bo'lib, uning arteriyalari vaqt o'tishi bilan biroz o'zgarishlarga duch kelgan. Ayni paytda shifokor bemorning chap qo'l arteriyasini tekshirib chiqdi. Bu arteriya bemorning tanasida qonni yurakdan qo'lga yetkazib beradi. Arteriyaning uzunligi o'lchovlar bo'yicha aniq belgilangan. U bir uchidagi bosim va ikkinchi uchidagi bosim farqi bilan ishlaydi. Bemorda qonning oqim tezligini hisoblash kerak bo'ldi, chunki bu uning salomatligi haqida ma'lumot beradi. Arteriya devorlari silliq va ichki radiusi o'lchov asboblari yordamida topilgan. Qonning yopishqoqligi laboratoriya tahlillarida aniqlangan. Bosim farqi

qon bosimi o'lchagich yordamida o'lchangan. Bemorning holati tinch, u yotgan holda o'lchovlar olingan. Arteriya uzunligi 0,1 metrga teng. Ichki radiusi 0,005 metr. Qon yopishqoqligi 0,004 Pa·s. Bosim farqi 10000 Pa. Shunday sharoitda qonning hajm oqim tezligini hisoblang.

8. Bemorda ikkita parallel arteriya mavjud bo'lib, ular bir xil bosim farqi ostida ishlaydi. Bu arteriyalar bemorning o'pka tizimida joylashgan. Birinchi arteriya uzunligi va radiusi ikkinchisidan farq qiladi. Ikkalasining uzunligi bir xil, lekin radiuslari har xil. Bemor kasallikdan keyin tiklanish jarayonida. Qonning yopishqoqligi o'lchovlarda aniq belgilangan. Parallel arteriyalardagi umumiy oqim tezligini hisoblash kerak, chunki bu organlarga qon yetkazib berishda muhim. Birinchi arteriyaning radiusi katta, ikkinchisi kichikroq. Bosim farqi ikkalasiga ham bir xil ta'sir qiladi. Bemorning holati barqaror, u dori ichganidan keyin o'lchovlar olingan. Uzunlik 0,05 m, birinchi radius 0,004 m, ikkinchi radius 0,003 m, yopishqoqlik 0,004 Pa·s, bosim farqi 5000 Pa. Umumiy hajm oqim tezligini toping.

9. Bemorda ketma-ket joylashgan ikkita arteriya mavjud, ular qon oqimini ketma-ket o'tkazadi. Birinchi arteriya uzunroq va kengroq, ikkinchisi qisqaroq va torroq. Bu tizim bemorning oyoq qon tomirlarida kuzatilmoqda. Bemor uzoq vaqt o'tirib ishlagan, shuning uchun tomirlar o'zgarishi mumkin. Umumiy bosim farqi berilgan, va qon oqim tezligini hisoblash kerak. Har bir arteriyaning qarshiligi alohida hisoblanadi. Qon yopishqoqligi standart. Birinchi arteriya uzunligi 0,1 m, radiusi 0,005 m. Ikkinchi uzunligi 0,05 m, radiusi 0,003 m. Yopishqoqlik 0,004 Pa·s. Umumiy bosim farqi 15000 Pa. Umumiy hajm oqim tezligini toping.

10. Bemorda arteriyada kuchli torayish mavjud, bu stenoz deb ataladi. Normal qismda radius katta, toraygan qismda juda kichik. Bemor yuqori bosimdan aziyat chekmoqda. Normal qismdagi qon tezligi o'lchangan. Toraygan qismdagi tezlik va bosim farqini hisoblash kerak. Bundan tashqari, Reynolds sonini hisoblab, oqim laminar yoki turbulent ekanligini aniqlang. Qon zichligi va yopishqoqligi berilgan. Stenosis uzunligi hisobga olinmaydi, faqat dinamik bosim farqi. Bemorning holati og'ir, u harakatda o'lchovlar olingan. Normal radius 0,006

m, tezlik 0,3 m/s. Toraygan radius 0,002 m. Zichlik 1050 kg/m³, yopishqoqlik 0,004 Pa·s. Toraygan qismdagi tezlik, bosim farqi va Reynolds sonlarini toping.

11. Yurak qisqarishi davomida qonni aortaga haydaydi. Agar yurak bir siklda 70 ml qon haydasa va bosim 1.3×10^4 Pa ga teng bo‘lsa, yurakning bajargan ishini toping.

12. Bir bemorning yurak-qon tomir tizimida yurakning har bir urishida bajargan ishi muhim ahamiyatga ega bo'lib, bu bemor yoshi o'ttizdan oshgan va muntazam ravishda shifokor nazorati ostida bo'lgan. Yurakning chap qorinchasidan chiqarilgan qon hajmi o'lchov asboblari yordamida aniqlangan bo'lib, bu hajm bemorning dam olish holatida o'lchangan. Aorta bosimi ham qon bosimi monitori orqali topilgan va u yurak urishi vaqtida o'rtacha qiymat sifatida qayd etilgan. Bemorda yurakning bir urishdagi ishi hisoblanishi kerak, chunki bu uning yurak faoliyatini baholashda yordam beradi. Yurakning chap qorinchasidagi bosim farqi va qon hajmi berilgan. Bemorning holati normal, u ovqatdan keyin yotgan holda o'lchovlar olingan va hech qanday alomatlar ko'rsatmagan. Yurakdan chiqarilgan qon hajmi 70 ml, aorta bosimi 120 mm sim. ust. Yurakning bir urishdagi ishini hisoblang.

13. Katta yoshli bemorning yurak ishi va quvvati o'rganilmoqda, u yurak kasalligi bilan og'rigan. Yurakning chap va o'ng qorinchalari alohida hisoblanmoqda. Chap qorincha uchun qon hajmi va bosim berilgan, o'ng qorincha uchun ham xuddi shunday. Bemorda yurak urish tezligi bir xil. Umumiy yurak quvvatini hisoblash kerak, chunki bu kasallik darajasini ko'rsatadi. Chap qorincha hajmi 80 ml, bosimi 130 mm sim. ust. O'ng qorincha hajmi 80 ml, bosimi 25 mm sim. ust. Urish tezligi daqiqada 75 marta. Umumiy quvvatni toping.

14. Bemorda yurakning ishi va quvvati murakkab holatda, chunki yurak ritmi o'zgaruvchan. Yurak urish tezligi vaqt bo'yicha o'zgaradi, lekin o'rtacha qiymat berilgan. Chap qorincha bosimi va hajmi dinamik o'lchangan, o'ng qorincha ham. Bundan tashqari, yurakning samaradorligi hisobga olinmoqda, lekin hozircha faqat mexanik quvvat. Bemorda yurakning bir siklidagi ishi alohida hisoblanadi, keyin quvvat. Yurak urish tezligi o'rtacha daqiqada 80 marta, lekin bir soatdagi

o'zgarishlar bor. Chap hajm 75 ml, bosim 140 mm sim. ust., o'ng hajm 75 ml, bosim 30 mm sim. ust. Samaradorlik koeffitsienti 0,25, lekin quvvat uchun mexanik ish asosida. Umumiy mexanik quvvatni toping, keyin energiya sarfini (samaradorlikni hisobga olib).

15. Bemorda yurakning ishi va quvvati yurakning ikki fazasini hisobga olgan holda: sistola va diastola. Sistola vaqtida bosim yuqori, diastola vaqtida past. Yurak sikli davomiyligi berilgan, urish tezligi o'zgaruvchan. Chap qorincha uchun bosim egri chizig'i o'rtacha qiymat bilan berilgan. Umumiy quvvatni integral asosida taxminan hisoblang. Sikl davomiyligi 0,8 s, sistola bosimi o'rtacha 150 mm sim. ust., diastola 80 mm sim. ust., hajm o'rtacha 75 ml, o'ng qorincha bosimi 35 va 5 mm sim. ust. Umumiy o'rtacha quvvatni toping.

16. Kardiologiya bo‘limiga arterial gipertenziya va chap qorincha gipertrofiyasi bilan yotqizilgan 58 yoshli pasiyentda exokardiografiya va invaziv gemodinamik nazorat natijalari tahlil qilindi. Tekshiruv vaqtida chap qorincha bir sistolada 78 ml qon haydashi, sistola davrida aortaga qarshi hosil qilinadigan o‘rtacha samarali bosim 105 mmHg bo‘lishi aniqlandi. Yurak urish tezligi 76 marta/min ga teng. Hisoblashlarda 1 mmHg = 133 Pa deb oling. Chap qorinchaning bir zarbadagi mexanik ishini, bir minutdagi umumiy ishini va o‘rtacha mexanik quvvatini aniqlang.

17. Reanimatsiya bo‘limida yurak yetishmovchiligi bilan kuzatilayotgan pasiyentda gemodinamik monitoring o‘tkazildi. Chap qorinchaning sistolik hajmi 52 ml, yurak urish tezligi 110 marta/min, aortaga chiqarish paytidagi o‘rtacha samarali bosim 88 mmHg. Shu bilan birga o‘ng qorincha bir sistolada 52 ml qon haydaydi, ammo o‘pka arteriyasiga qarshi hosil qiladigan o‘rtacha bosim 18 mmHg. 1 mmHg = 133 Pa deb olinadi. Chap va o‘ng qorinchaning alohida mexanik quvvatlarini, so‘ng ularning nisbatini aniqlang.

18. Sport tibbiyoti laboratoriyasida yugurish yo‘lkasidagi yuklama testi vaqtida sog‘lom shaxsning aortadagi oqim parametrlari baholandi. Dam holatida yurak chiqish hajmi 4.8 l/min, ko‘tarilgan yuklama vaqtida esa 15.6 l/min bo‘ldi. Aorta ildizining ichki diametri dam holatida 2.6 cm, yuklama paytida 2.8 cm deb

o‘lchandi. Aortadagi o‘rtacha qon oqimi tezligini dam holatida va yuklama vaqtida aniqlang. Natijalarni fiziologik ma’noda taqqoslang.

19. Nevrologik klinikada ichki uyqu arteriyasidagi qon oqimi baholanmoqda. Pasiyentning umumiy yurak chiqish hajmi 5.4 l/min bo‘lib, uning 14% qismi bosh miya qon ta’minotiga, shu miqdorning 70% qismi esa ikki ichki uyqu arteriyasiga taqsimlanadi. Tomirlar simmetrik deb olinadi. Har bir ichki uyqu arteriyasining ichki radiusi 2.7 mm. Ichki uyqu arteriyasidagi o‘rtacha oqim tezligini aniqlang.

20. Kardiologik tekshiruvda aortal stenozli pasiyentning oqim parametrlari baholandi. Chap qorincha sistolik hajmi 68 ml, yurak urish tezligi 82 marta/min. Aorta klapanining samarali ochilish yuzi 1.1 cm^2 deb topildi. Sistolik ejeksiya davri 0.28 s ga teng. Qon zichligi 1060 kg/m^3 deb olinadi. Sistolik ejeksiya vaqtida klapan teshigidagi o‘rtacha oqim tezligini aniqlang.

21. Koronar qon aylanishini baholash uchun pasiyentda dam holatida chap koronar arteriyaga umumiy yurak chiqish hajmining 4.5% qismi o‘tishi aniqlangan. Yurak chiqish hajmi 5.0 l/min. Chap koronar arteriyaning ichki diametri 4.0 mm. Koronar oqimning o‘rtacha tezligini aniqlang. So‘ng, agar jismoniy yuklama vaqtida koronar oqim 3.2 marta oshsa va tomir diametri o‘zgarmasa, yangi tezlikni toping.

22. Intensiv terapiya bo‘limida septik shok bilan kuzatilayotgan pasiyentda yurak chiqish hajmi 7.8 l/min gacha oshgan, biroq o‘rtacha arterial bosim 62 mmHg ga tushib ketgan. Shu bilan birga sog‘lom nazorat holati uchun yurak chiqish hajmi 5.2 l/min va o‘rtacha arterial bosim 93 mmHg deb olinsin. Har ikki holatda yurakning gidravlik quvvatini aniqlang va ularni taqqoslang.

23. Ekokardiografiyada chap qorinchaning chiqarish fraksiyasi pasaygan pasiyent tekshirildi. End-diastolik hajm 160 ml, end-sistolik hajm 95 ml, yurak urish tezligi 88 marta/min, o‘rtacha chiqarish bosimi 92 mmHg. 1 mmHg = 133 Pa deb oling. Sistolik hajmni, bir minutlik yurak chiqish hajmini, bir zarbadagi ishni va quvvatni aniqlang.

24. Angiografiyada son arteriyasining bir segmentida oqim tezligi baholandi. Umumiy yurak chiqish hajmi 5.6 l/min, uning 8% qismi bitta son arteriyasiga o‘tadi. Son arteriyasining ichki diametri 7.0 mm. Oqimning o‘rtacha tezligini aniqlang. So‘ng, agar shu segmentdagi aterosklerotik torayish natijasida samarali diametr 5.0 mm gacha kamayib, oqim miqdori o‘zgarmasa, yangi tezlikni toping.

25. Kardiojarrohlikdan keyingi nazoratda pasiyentda chap qorincha va aorta ko‘rsatkichlari bir vaqtda qayd qilindi. Sistolik hajm 72 ml, yurak urish tezligi 84 marta/min, o‘rtacha chiqarish bosimi 98 mmHg. Aorta yoyining ichki diametri 2.4 cm. Bundan tashqari, sistola davomiyligi 0.30 s deb olinsin. Hisoblashlarda 1 mmHg = 133 Pa, qon zichligi 1060 kg/m³ deb oling. Quyidagilarni aniqlang: chap qorinchaning bir zarbadagi ishi, o‘rtacha quvvati, sistolik ejeksiya davridagi aortadagi o‘rtacha chiziqli tezlik va shu tezlikka mos kinetik bosim. So‘ng kinetik bosimning chiqarish bosimiga nisbatan foizini toping.

II. BOB. Yuzasidan nazorat va muhokama savollari:

1. Bioreologiya nimani o‘rganadi va uning tibbiyotdagi ahamiyati nimada?
2. Qon nega ideal Nyuton suyuqligi hisoblanmaydi?
3. Qovushqoqlik qanday fizik kattalik va u qanday o‘lchanadi?
4. Nyutonning ichki ishqalanish qonuni nimani ifodalaydi?
5. Qonning qovushqoqligi qanday omillarga bog‘liq?
6. Laminar va turbulent oqim o‘rtasidagi asosiy farq nimada?
7. Reynolds soni qanday fizik ma’noga ega?
8. Bernulli tenglamasi qon oqimini tushuntirishda qanday qo‘llaniladi?
9. Qon oqimida tezlik oshganda bosim qanday o‘zgaradi?
10. Puazeyl qonuni qanday sharoitlarda amal qiladi?
11. Qon tomir radiusining kichik o‘zgarishi oqimga qanday ta’sir qiladi?
12. Gemodinamik qarshilik nima va u qanday aniqlanadi?
13. Sirt taranglik kuchi nima va u biologik tizimlarda qayerda namoyon bo‘ladi?
14. O‘pka alveolalarida sirt taranglik qanday boshqariladi?
15. Surfaktant moddalarining fiziologik ahamiyati nimada?
16. Yurakning mexanik ishi qanday aniqlanadi?
17. Yurak quvvati qanday fizik kattaliklar orqali ifodalanadi?
18. Qon oqimi tezligi qanday aniqlanadi?
19. Yurak chiqimi (cardiac output) qanday hisoblanadi?
20. Qon bosimi va oqim tezligi o‘rtasidagi bog‘lanish qanday?
21. Doppler effekti gemodinamikada qanday qo‘llaniladi?
22. Qon tomir torayishi (stenoz) oqimga qanday ta’sir qiladi?
23. Tromboz va emboliya fizik nuqtai nazardan qanday tushuntiriladi?
24. Mikrotsirkulyatsiya qanday fizik qonunlarga asoslanadi?
25. Qonning reologik xossalari patologiyada qanday o‘zgaradi?
26. Sun’iy yurak va nasos qurilmalari qanday fizik prinsiplarga asoslanadi?
27. Biotibbiyot muhandisligi gemodinamikani qanday modellashtiradi?
28. Qon oqimida energiya yo‘qotilishi qanday sodir bo‘ladi?
29. Kapillyarlarda oqim qanday o‘ziga xos xususiyatlarga ega?

III. TERMODINAMIKA. TIRIK SISTEMALAR TERMODINAMIKASI.

Tayanch iboralar: termodinamik sistema, ichki energiya, issiqlik miqdori, ish, izotermik jarayon, izobarik jarayon, izoxorik jarayon, entropiya, termometriya, kalorimetriya, termoregulyatsiya, gomeostaz

Tirik sistemalardagi issiqlik almashinuvi, energiyaning saqlanishi va o‘zgarishi, organizmning haroratni boshqarish mexanizmlari hamda entropiya tushunchasining tibbiyotdagi ahamiyati beqiyos. Inson organizmi ochiq termodinamik sistema bo‘lib, u tashqi muhit bilan modda, energiya va axborot almashadi. Shuning uchun biologik jarayonlarni termodinamika qonunlari asosida tushuntirish klinik amaliyot, biotibbiyot muhandisligi, reanimatsiya, fizioterapiya, krioterapiya, gipertermiya va diagnostik qurilmalarni yaratishda muhim nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Termodinamikaning birinchi qonuni asosida energiya balansi, ya’ni issiqlik, ichki energiya va bajarilgan ish o‘rtasidagi bog‘lanish tahlil qilinadi. Bu yondashuv sun’iy nafas oldirish apparatlari, inkubatorlar, infuzion eritmalarni isitish tizimlari, termostatlar va biotibbiy sensorlarning ishlash tamoyillarini tushuntirish uchun zarurdir. Ikkinchi qonun esa issiqlikning o‘z-o‘zidan qaysi yo‘nalishda uzatilishini, entropiyaning ortishini va real biologik jarayonlarning qaytmasligini ifodalaydi; termometriya va kalorimetriya aynan shu jarayonlarni miqdoriy baholashga imkon beradi.

Tirik organizmda termoregulyatsiya gomeostazning asosiy bo‘g‘inlaridan biri hisoblanadi. Tana haroratining doimiy saqlanishi issiqlik hosil bo‘lishi va issiqlik berilishi o‘rtasidagi nozik muvozanatga asoslanadi. Klinik amaliyotda isitma, gipotermiya, gipertermiya, sun’iy sovitish, operatsiyadan keyingi harorat nazorati, neonatal inkubatorlar va intensiv terapiyada haroratni boshqarish masalalari termodinamik yondashuvsiz to‘liq tushuntirib bo‘lmaydi.

Bugungi kunda kriogen terapiya va kriogen texnologiyalar tibbiyotda alohida ahamiyat kasb etmoqda. Zamonaviy tadqiqotlarda butun tanani sovitish usullari ayrim holatlarda yallig‘lanish biomarkerlariga, tiklanish jarayonlariga, og‘riq va uyqu sifatiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishi mumkinligi ko‘rsatilgan, biroq

xavfsizlik, standartlash va uzoq muddatli samaradorlik bo‘yicha ehtiyotkor yondashuv zarur. Shu bilan birga, kriotexnologiyalarning eng ishonchli va keng qo‘llanayotgan yo‘nalishlaridan biri cryoablation bo‘lib, u kardiologiyada aritmiyalarni davolashda ham, onkologiyada lokal o‘smalarni invaziv bo‘lmaganroq usulda nazorat qilishda ham keng rivojlanmoqda. Bu yo‘nalishlarning barchasi issiqlik almashinuvi, faza o‘zgarishi, entropiya va lokal energiya muvozanati kabi termodinamik tushunchalarga bevosita bog‘liqdir.

Termodinamikaning birinchi qonuni: sistemaga berilgan issiqlik miqdori ichki energiyaning o‘zgarishi va sistema bajargan ish yig‘indisiga teng. Tibbiyotda bu qonun infuzion eritmalarni isitish, ventilyator konturidagi gazning qizishi yoki sovishi, inkubator va termostatlarning energetik balansini tushuntiradi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni: issiqlik o‘z-o‘zidan yuqori temperaturali jismdan past temperaturali jismga o‘tadi, real jarayonlarda entropiya ortadi. Tibbiyotda bu qonun tana bilan tashqi muhit o‘rtasidagi issiqlik almashinuvini, sovitish va isitish muolajalarining yo‘nalishini, krioterapiya va gipertermiya jarayonlarining fizik asosini tushuntiradi.

Kalorimetriya qoidasi: izolyatsiyalangan sistemada issiqroq jism yo‘qotgan issiqlik miqdori sovuqroq jism olgan issiqlik miqdoriga teng. Bu qoida biologik suyuqliklar, tibbiy eritmalar, termostatlangan muhitlar va termoterapiya jarayonlarini hisoblashda qo‘llanadi.

Termometriya prinsipi: termometrik belgi bilan temperatura orasida bir qiymatli bog‘lanish mavjud bo‘lib, issiqlik muvozanati qaror topgach, o‘lchov natijasi aniqlanadi. Bu qonun tana haroratini o‘lchashning barcha usullarida asosiy ahamiyatga ega.

Gomeostaz prinsipi: organizm ichki muhitning asosiy ko‘rsatkichlarini, jumladan haroratni, nisbatan doimiy saqlashga intiladi. Termoregulyatsiya shu umumiy gomeostatik tizimning ajralmas qismidir.

Masalalar zamonaviy jahon ilm-fani, tibbiyot va texnologiyalardagi yangilanishlarni hisobga olgan holda ishlab chiqilgan. Ularni yechish orqali talaba energiya balansi tuzish, tibbiy qurilmalarning issiqlik rejimini baholash, biologik

sistemalarda issiqlik oqimini modellashtirish, harorat o‘lchash usullarini solishtirish, entropiya o‘zgarishini tahlil qilish va termoregulyatsiya bilan bog‘liq klinik vaziyatlarni fizik nuqtai nazardan izohlash kabi muhim kasbiy kompetensiyalarni egallaydi. Bu ko‘nikmalar biotibbiyot muhandisi uchun diagnostik va davolovchi qurilmalarni loyihalashda, ularning xavfsizligi va samaradorligini baholashda alohida ahamiyatga ega.

Asosiy formulalar:

Molyar massa	$\boldsymbol{\mu = m_0 N_A}$
Modda miqdori	$\boldsymbol{\nu = \frac{m}{\mu};\ \nu = \frac{N}{N_A};}$
Konsentratsiya	$\boldsymbol{n = \frac{N}{V}}$
Massa	$\boldsymbol{m = m_0 N;\ m = \mu\nu;\ m = \rho V}$
Molekulalar sonini topish	$\boldsymbol{N = \frac{m}{\mu} \cdot N_A}$
Aralashmaning bosimi	$\boldsymbol{P_{um} = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2}{V_1 + V_2}}$
Maksvell taqsimot funksiyasi (bu formula molekulalarning tezliklar bo’yicha taqsimotini bildiradi). Bu yerda N- gaz molekulalarining umumiy soni, R-universal gaz doimiysi, e-natural logarifmlar asosi, T −gazning absolut temperaturasi	$\boldsymbol{\frac{\Delta N}{\Delta \vartheta} = N \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{\mu}{2RT}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot e^{-\frac{\mu}{2RT}\vartheta^2}}$
Boyl – Marriott qonuni	$\boldsymbol{\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}}$
Gey – Lyussak qonuni	$\boldsymbol{\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1}{V_2}}$
Sharl qonuni	$\boldsymbol{\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}}$

Adiabatik jarayon qonuni	$PV^{\gamma} = const$; $TV^{\gamma-1} = const$; $TP^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = const$
Termodinamik ish	$A = P\Delta V$; $A = \nu R\Delta T$
Termodinamikaning 1- qonuni	$Q = \Delta U \pm A$
Izotermik jarayonda bajarilgan ish	$A = Q$;
Izotermik jarayonda bajarilgan ish	$A = \nu RTln\frac{V_2}{V_1}$; $A = \nu RTln\frac{P_2}{P_1}$
Izotermik jarayonda ichki energiya	$\Delta U = 0$
Izotermik jarayonda gazga berilgan issiqlik miqdorini aniqlash	$Q = A$
Izoxorik jarayonda bajarilgan ish yoki ballondagi gaz, porsheni mahkamlangan idishdagi gazning bajargan ishi	$A = 0$
Izoxorik jarayonda berilgan issiqlik yok ballondagi gaz, porsheni mahkamlangan idishdagi gazga berilgan issiqlik miqdori	$Q = \Delta U$
Adiabatik jarayonda gazga berilgan issiqlik miqdorini aniqlash	$Q = 0$
Adiabatik jarayonda bajarilgan ishni aniqlash	$A = -\Delta U$

Adiabatik jarayonda bajarilgan ishni aniqlash	$A = C_{\mu V}(T_1 - T_2);\ C_{\mu V} = \frac{R}{\gamma - 1}$
Adiabatik jarayonda ichki energiyani aniqlash	$\Delta U = -A$
Isitishdagi issiqlik miqdori	$Q = mc(t_2 - t_1)$
Issiqlik balansi tenglamasi	$Q_1 + Q_2 + \dots Q_n = Q_1' + Q_2' \dots + Q_n'$
Bir xil suyuqliklar aralashtirilganda hosil bo'lgan aralashmaning harorati	$t_{um} = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}$
Turli xil suyuqliklar aralashtirilganda hosil bo'lgan aralashmaning harorati	$t_{um} = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$
Real issiqlik mashinasining F.I.K ni aniqlash	$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%$
Ideal issiqlik mashinasining F.I.K ni aniqlash	$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%$
Nisbiy namlikni aniqlash	$\varphi = \frac{P}{P_T} \cdot 100\%$; $\varphi = \frac{\rho_A}{\rho_T} \cdot 100\%$
Sirt taranglik kuchi	$F = \sigma l$
Sirt qatlam energiyasi	$W = \sigma S$

III. Bob yuzasidan masala yechish namunalari:

1. Sun'iy nafas oldirish apparatining gaz aralashmasi kamerasi ustida tajriba o'tkazilmoqda. Kamera ichida 0.30 mol ikki atomli gaz mavjud. Apparat ishga tushirilganda gaz dastlab hajmi o'zgarmagan holda 20°C dan 35°C gacha isitildi. So'ng bemorga yuborilishidan oldin shu gaz bosimi deyarli o'zgarmagan holda yana 35°C dan 39°C gacha qizdirildi. Universal gaz doimiysi R = 8.31 J/(mol·K) deb olinsin. Gaz ikki atomli ideal gaz deb qabul qilinadi.

Quyidagilarni aniqlang:

a) birinchi bosqichdagi ichki energiya o‘zgarishini;

b) ikkinchi bosqichdagi gaz bajargan ishni;

c) ikkinchi bosqichdagi ichki energiya o‘zgarishini;

d) butun jarayon davomida gazga berilgan umumiy issiqlik miqdorini.

Masala shartida berilgan fizik kattaliklar:	**Yechilishi:**
n = 0.30 mol	Masalada gaz ikki atomli ideal gaz deb olingan. Shuning uchun ichki energiya o‘zgarishini hisoblashda $\Delta U = (5/2)nR\Delta T$ formulasi qo‘llanadi. Izobar jarayonda esa gaz bajargan ish $A = nR\Delta T$ formula orqali topiladi.
T_1 = 20°C, T_2 = 35°C	Birinchi bosqich izoxorik, ya’ni hajm o‘zgarmaydi. Demak, bu bosqichda ish bajarilmaydi va butun berilgan issiqlik ichki energiyani oshirishga sarflanadi. Temperaturani Kelvin bo‘yicha emas, farq ko‘rinishida olamiz: $\Delta T_1 = 35 - 20 = 15$ K.
T_2 = 35°C, T_3 = 39°C	Ikkinchi bosqich izobarik, ya’ni bosim o‘zgarmaydi. Bu bosqich uchun temperaturalar farqi: $\Delta T_2 = 39 - 35 = 4$ K.
R = 8.31 J/(mol·K)	Endi birinchi bosqichdagi ichki energiya o‘zgarishini topamiz: $\Delta U_1 = (5/2)\cdot 0.30\cdot 8.31\cdot 15$. Avval $0.30\cdot 8.31 = 2.493$. Endi $2.493\cdot 15 = 37.395$. Endi (5/2) ga ko‘paytiramiz: $37.395\cdot 2.5 = 93.4875$ J. Demak, birinchi bosqichda ichki energiya taxminan 93.49 J ga oshadi.
Gaz turi: ikki atomli ideal gaz	Ikkinchi bosqichdagi ishni hisoblaymiz: $A_2 = nR\Delta T_2 = 0.30\cdot 8.31\cdot 4 = 9.972$ J. Demak, gaz izobarik qizishda 9.97 J ish bajaradi.
Topilsin: ΔU_1, A_2, ΔU_2, Q_um	Endi ikkinchi bosqichdagi ichki energiya o‘zgarishi: $\Delta U_2 = (5/2)\cdot 0.30\cdot 8.31\cdot 4$. Avval $0.30\cdot 8.31\cdot 4 = 9.972$. Endi $9.972\cdot 2.5 = 24.93$ J. Endi umumiy issiqlikni topamiz. Birinchi bosqichda

	$Q_1 = \Delta U_1 = 93.49$ J, chunki $A_1 = 0$. Ikkinchi bosqichda $Q_2 = \Delta U_2 + A_2 = 24.93 + 9.97 = 34.90$ J. Umumiy issiqlik: Q_um = 93.49 + 34.90 = 128.39 J. Yakuniy javob: $\Delta U_1 = 93.49$ J, $A_2 = 9.97$ J, $\Delta U_2 = 24.93$ J, Q_um = 128.39 J.

2. Laboratoriyada tibbiy kalorimetriya tajribasi o‘tkazilmoqda. 0.25 kg massali suvli fiziologik eritma 38°C temperaturada turibdi. Unga 0.10 kg massali sovuq suv 18°C temperaturada qo‘shildi. Kalorimetr idishining o‘zi 0.08 kg massaga ega bo‘lib, uning solishtirma issiqlik sig‘imi 900 J/(kg·°C). Kalorimetrning boshlang‘ich temperaturasi ham 18°C ga teng. Suv va eritma uchun solishtirma issiqlik sig‘imi 4200 J/(kg·°C) deb olinsin.

Quyidagilarni aniqlang:

a) aralashmadan keyingi muvozanat temperaturasini;

b) issiq eritma yo‘qotgan issiqlik miqdorini;

c) sovuq suv va kalorimetr qabul qilgan issiqlik miqdorlarini alohida.

Masala shartida berilgan fizik kattaliklar:	**Yechilishi**
$m_1 = 0.25$ kg	Bu masalada kalorimetriya qoidasi qo‘llanadi: issiq jism bergan issiqlik sovuq jismlar olgan issiqliklar yig‘indisiga teng. Demak, issiq eritma yo‘qotgan issiqlik = sovuq suv olgan issiqlik + kalorimetr olgan issiqlik.
$t_1 = 38$°C	Issiq eritmaning issiqlik yo‘qotishi: $Q_1 = m_1c(t_1 - t)$. Bu yerda t — yakuniy muvozanat temperaturasi.
$m_2 = 0.10$ kg	Sovuq suv qabul qilgan issiqlik: $Q_2 = m_2c(t - t_2)$.
$t_2 = 18$°C	Sovuq suvning boshlang‘ich temperaturasi 18°C.
$m_k = 0.08$ kg	Kalorimetr ham 18°C dan boshlab qiziydi. Shuning uchun u olgan issiqlik: $Q_k = m_k c_k (t - t_k)$. Bu yerda $t_k = 18$°C.
c = 4200	Endi tenglama tuzamiz: $m_1c(38 - t) = m_2c(t - 18) + m_k$

J/(kg·°C)	c_k (t − 18). Qiymatlarni qo‘yamiz: 0.25·4200·(38 − t) = 0.10·4200·(t − 18) + 0.08·900·(t − 18).
c_k = 900 J/(kg·°C)	Ko‘paytmalarni soddalashtiramiz. Chap tomonda: 1050(38 − t). O‘ng tomonda: 420(t − 18) + 72(t − 18) = 492(t − 18). Demak tenglama: 1050(38 − t) = 492(t − 18).
t_k = 18°C	Chap tomonni ochamiz: 39900 − 1050t. O‘ng tomonni ochamiz: 492t − 8856. Endi tenglaymiz: 39900 − 1050t = 492t − 8856. Demak, 39900 + 8856 = 492t + 1050t. Bundan 48756 = 1542t.
Topilsin: **t, Q_1, Q_2, Q_k**	t = 48756 / 1542 = 31.62°C. Endi issiq eritma bergan issiqlik: Q_1 = 0.25·4200·(38 − 31.62) = 1050·6.38 = 6699 J. Sovuq suv olgan issiqlik: Q_2 = 0.10·4200·(31.62 − 18) = 420·13.62 = 5720.4 J. Kalorimetr olgan issiqlik: Q_k = 0.08·900·13.62 = 980.64 J. Tekshiruv: Q_2 + Q_k = 5720.4 + 980.64 = 6701.04 J, bu kichik yaxlitlash farqi bilan Q_1 ga teng. Yakuniy javob: t = 31.62°C, Q_1 ≈ 6699 J, Q_2 ≈ 5720 J, Q_k ≈ 981 J.

3. Reanimatsiya bo‘limida og‘ir ahvoldagi bemorning termoregulyatsiyasi nazorat qilinmoqda. Bemor tanasining issiqlik almashinuvda faol qatnashayotgan massasi 62 kg deb olinadi. Tana to‘qimalarining o‘rtacha solishtirma issiqlik sig‘imi 3500 J/(kg·°C). Bemorning tana temperaturasi 39.2°C dan 37.0°C gacha pasaytirildi. Shu jarayonda tana o‘rtacha absolut temperaturasi 311 K deb qabul qilinsin.

Quyidagilarni aniqlang:

a) tana yo‘qotgan issiqlik miqdorini;

b) bemor organizmi entropiyasining o‘zgarishini;

c) natijani termoregulyatsiya va gomeostaz nuqtai nazaridan izohlang.

Masala shartida berilgan fizik kattaliklar	**Yechilishi**
m = 62 kg	Avvalo bemor tanasi qancha issiqlik yo‘qotganini topamiz. Buning uchun kalorimetriyaning asosiy formulasi ishlatiladi: Q = c m ΔT. Bu yerda ΔT temperatura o‘zgarishining moduli bo‘ladi.
c = 3500 J/(kg·°C)	Tana temperaturasi 39.2°C dan 37.0°C gacha tushgan. Demak, ΔT = 39.2 − 37.0 = 2.2°C.
t_1 = 39.2°C	Bu boshlang‘ich temperatura bo‘lib, isitma holatiga mos.
t_2 = 37.0°C	Bu normal tana temperaturasiga yaqin yakuniy holat.
$T_{o‘rt}$ = 311 K	Endi issiqlik miqdorini hisoblaymiz: Q = 3500 · 62 · 2.2. Avval 62 · 2.2 = 136.4. So‘ng 3500 · 136.4 = 477400 J. Demak, bemor tanasi taxminan $4.774 \cdot 10^5$ J issiqlik yo‘qotgan.
Topilsin: Q, ΔS	Entropiya o‘zgarishini topish uchun formuladan foydalanamiz: ΔS = − Q / T. Minus ishora organizm issiqlik yo‘qotayotganini bildiradi. Hisoblaymiz: ΔS = −477400 / 311 = −1535 J/K atrofida. Demak, organizm entropiyasi kamayadi.
	Yakuniy javob: Q = $4.774 \cdot 10^5$ J, ΔS ≈ $-1.54 \cdot 10^3$ J/K. Fiziologik ma’noda bu shuni anglatadiki, organizm ortiqcha issiqlikni tashqi muhitga berib, haroratni normaga qaytaradi. Bu termoregulyatsiyaning asosiy vazifasi bo‘lib, gomeostazni saqlashga xizmat qiladi. Isitma pasayganda organizmning ichki energetik holati tartiblashadi va entropiya kamayishi bilan birga harorat muvozanati tiklanadi.

3.1-§. Termodinamikaning 1-qonuni. izojarayonlarning 1-qonunda qo‘llanilishi.

1. Sun’iy nafas oldirish apparatida kislorodga yaqin gaz aralashmasi ikki atomli ideal gaz deb qabul qilinadi. Apparatning ishchi kamerasida 0.40 mol gaz mavjud. Gaz harorati 20°C dan 30°C gacha oshirildi. Jarayon hajm o‘zgarmas holda kechdi. Universal gaz doimiysi R = 8.31 J/(mol·K) deb oling.

2. Nafas olish fiziologiyasini modellashtirishda o‘pkadagi havo ikki atomli ideal gaz deb qabul qilinsin. Ingalatsiya vaqtida gaz bosimi doimiy bo‘lib, 100 kPa ga teng. Gaz hajmi 2.0 litrga ortdi. Shu jarayonda gazning ichki energiyasi 55 J ga oshgan. 1 litr = 10^{-3} m^3 deb oling.

3. Shprits ichidagi havoni izotermik siqish modeli ko‘rib chiqilsin. Jarayon davomida gaz 18 J ish bajardi. Izotermik jarayon deb qabul qilinsin. Gazga berilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

4. Shprits ichidagi havoni izotermik siqish modeli ko‘rib chiqilsin. Jarayon davomida gaz 18 J ish bajardi. Izotermik jarayon deb qabul qilinsin. Gazga berilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

5. O‘pka alveolasidagi gazni soddalashtirib izobar jarayon sifatida qaraymiz. Gaz bosimi 101 kPa, hajm o‘zgarishi 0.50 litr. Shu jarayonda gazga 70 J issiqlik berilgan. 1 litr = 10^{-3} m^3. Gaz ichki energiyasining o‘zgarishini aniqlang.

6. Kislorod ballonidan chiqayotgan kichik hajmdagi gaz qismi laboratoriya modelida izoxor qizdirildi. Gaz miqdori 0.25 mol, ikki atomli ideal gaz deb olinadi. Harorat 290 K dan 298 K gacha ko‘tarildi. R = 8.31 J/(mol·K).

7. Sun’iy ventilyatsiya apparatida gaz bosimi doimiy qolgan holda $1.5 \cdot 10^{-3}$ m^3 hajmga kengaydi. Bosim 110 kPa. Shu jarayonda gaz 165 J issiqlik oldi. Gazning bajargan ishini va ichki energiyasining o‘zgarishini aniqlang.

8. Respirator tizim modeli uchun 0.60 mol ikki atomli gaz hajmi o‘zgarmas holda sovitildi. Harorat 310 K dan 300 K gacha pasaydi. R = 8.31 J/(mol·K). Ichki energiyaning o‘zgarishini va gazdan ajralgan issiqlik miqdorini aniqlang.

9. Shprits ichidagi gazga 36 J issiqlik berildi. Shu vaqtning o‘zida gaz 24 J ish bajardi. Jarayon qanday bo‘lishidan qat’i nazar, termodinamikaning 1-qonunidan foydalanib ichki energiyaning o‘zgarishini aniqlang.

10. Tibbiy gaz kamerasi ichidagi 0.50 mol gaz izobar qizdirildi. Gaz ikki atomli ideal gaz deb qabul qilinsin. Bosim o‘zgarmas, harorat 300 K dan 304 K gacha oshgan. R = 8.31 J/(mol·K). Ichki energiya o‘zgarishini, bajarilgan ishni va berilgan issiqlikni aniqlang.

11. Sun’iy nafas oldirish apparatining gaz aralashmasi kamerasi qisqa vaqt ichida isitiladi. Kamera ichida 0.32 mol gaz bor. Gaz aralashmasi ikki atomli ideal gaz deb olinadi. Jarayon davomida kamera hajmi o‘zgarmaydi. Harorat 22°C dan 37°C gacha ko‘tariladi. Universal gaz doimiysi R = 8.31 J/(mol·K) deb oling.

12. Neonatal inkubatorda joylashgan yopiq kuzatuv kamerasida 1.10 mol havo mavjud. Havo ikki atomli ideal gaz deb qabul qilinadi. Inkubator ichidagi havo harorati 34.0°C dan 36.5°C gacha oshirildi. Jarayon hajm o‘zgarmas holda kechadi. Universal gaz doimiysi R = 8.31 J/(mol·K). Ichki energiyaning o‘zgarishini va gazga berilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

13. Spirometriya laboratoriyasida pasiyent chuqur nafas olayotganda o‘pkaga kirayotgan havoning bir qismi izobarik kengayish modeli bilan tahlil qilindi. O‘rtacha bosim 101 kPa deb olingan. Gaz hajmi 0.45 litrga ortdi. Shu jarayonda havoning ichki energiyasi 13.5 J ga oshgan. 1 litr = 10^{-3} m^3 deb oling. Gaz bajargan ishni va unga berilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

14. Reanimatsiyada ishlatiladigan qo‘lda boshqariluvchi nafas qopchasida 0.020 mol gaz bor. Gaz ikki atomli ideal gaz sifatida qaraladi. Qopcha qisqa vaqt ichida bosimi deyarli o‘zgarmagan holda 24°C dan 34°C gacha isitildi. Universal gaz doimiysi R = 8.31 J/(mol·K). Gazning ichki energiyasi o‘zgarishini, gaz bajargan ishni va berilgan issiqlikni aniqlang.

15. Giperbarik oksigenatsiya bo‘limida kuzatuv uchun kichik shaffof kameradagi gaz modeli ko‘rib chiqildi. Kamera ichida 0.75 mol gaz bor. Bosim o‘zgarmas deb olinadi. Harorat 298 K dan 303 K gacha oshdi. Gaz ikki atomli

ideal gaz deb qaralsin, R = 8.31 J/(mol·K). Kamera ichidagi gazning bajargan ishini, ichki energiyasi o‘zgarishini va issiqlik miqdorini aniqlang.

16. Operatsion xonada ishlatiladigan yopiq kislorod ballonchasidan olingan kichik gaz namunasida jarayon izotermik deb qabul qilindi. Gaz 310 K da turibdi va kengayish paytida 12 J ish bajardi. Gazga berilgan issiqlik miqdorini va ichki energiyaning o‘zgarishini aniqlang.

17. Anesteziologiyada ishlatiladigan respirator konturidagi gazning bir qismini modellashtiraylik. Gaz ikki atomli ideal gaz. Gaz miqdori 0.18 mol. Jarayon davomida gaz hajmi o‘zgarmas qoladi, temperatura esa 37°C dan 30°C gacha pasayadi. Universal gaz doimiysi R = 8.31 J/(mol·K). Ichki energiyaning o‘zgarishini va gaz tomonidan ajratilgan yoki yutilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

18. Nafas olishni biomekanik modellashtirishda alveolyar gazning bir qismi izobarik kengaydi deb qaraladi. Gaz hajmi 0.30 litrga ortdi. Bosim 100 kPa. Shu jarayonda gazga 42 J issiqlik berilgan. 1 litr = 10^{-3} m^3. Gaz bajargan ishni va ichki energiyasining o‘zgarishini aniqlang.

19. Kislorod terapiyasi qurilmasidagi aralashma kamerasi hajmi o‘zgarmas bo‘lib, unda 0.50 mol gaz bor. Gaz ikki atomli ideal gaz sifatida qabul qilinadi. Harorat 293 K dan 305 K gacha oshdi. R = 8.31 J/(mol·K).

a) ichki energiya o‘zgarishini;

b) agar qurilma samaradorligi 80% bo‘lsa, ya’ni elektr isitgichdan chiqqan energiyaning faqat 80% qismi gazni isitishga sarflansa, isitgich tomonidan sarflangan umumiy energiyani aniqlang.

20. Klinik laboratoriyada gaz almashinuvi modeli uchun 0.10 mol havo avval izoxor tarzda 300 K dan 306 K gacha isitildi, so‘ng shu gaz izotermik tarzda 4.0 J ish bajardi. Gaz ikki atomli ideal gaz deb olinadi. Universal gaz doimiysi R = 8.31 J/(mol·K).

Ikki bosqichning har biri uchun va umumiy jarayon uchun:

a) issiqlik miqdorini;

b) ichki energiya o‘zgarishini;

c) bajarilgan ishni aniqlang.

3.2-§. Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Termometriya va kalorimetriya.

1. Biologik to‘qimada issiqlik almashinuvi jarayonini hisoblash zarur. Agar organizm 500 J issiqlik olsa va tashqi muhitga 200 J ish bajarsa, ichki energiya o‘zgarishini aniqlang.

2. Mushak qisqarishi davomida energiya sarflanadi. Agar mushak 150 J issiqlik ishlab chiqarsa va 80 J ish bajarsa, ichki energiya o‘zgarishini hisoblang.

3. Organizm ovqat hazm qilganda 1000 J energiya ajratadi. Shu energiyaning 600 J issiqlik sifatida chiqadi va 250 J ish bajariladi. Ichki energiyaning o‘zgarishini toping.

4. Bir biologik sistema 2000 J issiqlik oladi. Shundan 1200 J issiqlik tashqi muhitga tarqaladi va organizm 500 J ish bajaradi. Ichki energiya o‘zgarishini hisoblang.

5. Mushak hujayrasi faoliyati davomida ATF molekulalari parchalanadi. Bir molekula parchalanganda 30 J energiya beradi. Agar mushak 100 ta molekula parchalatib, umumiy 3000 J energiya olsa, uning 1800 J issiqlikka ketib, 900 J ish bajarilsa, ichki energiya o‘zgarishini toping.

6. Organizm issiqlik almashinuvi jarayonida murakkab hisob-kitoblar bajariladi. Agar organizm 4000 J issiqlik olsa, uning 2500 J issiqlikka aylanib chiqib ketsa, yana 1000 J ish bajarilsa, ichki energiya o‘zgarishini hisoblang.

7. Bir biotizimda termodinamik potensial o‘zgarishi hisoblanadi. Agar Gibbs erkin energiya $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ formulasi bilan aniqlansa, $\Delta H = -4000$ J, $T = 310$ K va $\Delta S = -5$ J/K bo‘lsa, ΔG qiymatini hisoblang.

8. Biotizimlarda termodinamikaning ikkinchi qonuni asosida entropiya o‘zgarishi hisoblanadi. Agar sistema 500 J issiqlikni 310 K haroratda qabul qilsa, entropiya o‘zgarishini toping. Keyin shu entropiya o‘zgarishi $\Delta S \geq 0$ shartini tekshiring.

9. Bir biotizimda 1500 J issiqlik qabul qilinadi va 600 J ish bajariladi. Qolgan energiya atrof-muhitga issiqlik tarzida tarqaladi. Atrof-muhitga tarqalgan issiqlikni hisoblang.

10. Biologik sistema T = 310 K haroratda ishlaydi. Agar 200 J issiqlik tashqariga chiqsa, entropiya o‘zgarishini aniqlang.

11. Organizm energiya almashinuvida $\Delta H = -5000$ J va $\Delta S = -12$ J/K bo‘lsa, 310 K haroratda Gibbs erkin energiyasi o‘zgarishini toping.

12. Bir ochiq sistemada statsionar holatda modda oqimi mavjud. Agar modda oqimi orqali kiritilgan entalpiya oqimi 6000 J, chiqarilgan entalpiya oqimi 4200 J va sistema tomonidan bajarilgan ish 1200 J bo‘lsa, entropiya o‘zgarishini aniqlang.

13. Organik reaksiyada $\Delta H = -8000$ J va $\Delta S = -25$ J/K. Reaksiya 298 K va 350 K haroratlarda termodinamik jihatdan qay darajada o‘z-o‘zidan sodir bo‘lishini tekshiring.

14. Bir biotizim T = 310 K haroratda 1200 J issiqlik qabul qiladi va 400 J ish bajaradi. Atrof-muhitga chiqarilgan issiqlik va entropiya o‘zgarishini aniqlang.

15. Fizioterapiya jarayonida ishlatiladigan issiqlik terapiya qurilmasi bemorga $Q_1 = 3000$ J issiqlik beradi. Bemor to‘qimasi tomonidan A = 900 J ish bajariladi. Qolgan energiya tashqi muhitga issiqlik tarzida chiqib ketadi. To‘qima harorati T = 310 K bo‘lsa, atrof-muhitga chiqarilgan issiqlikni va entropiya o‘zgarishini hisoblang.

16. Ultratovush terapiyasi qurilmasi bemorga $Q_1 = 1800$ J energiya uzatadi. Agar foydali ish koeffitsienti $\eta = 35$ % bo‘lsa, qurilmaning bajaradigan ishi va atrof-muhitga tarqaladigan issiqlikni hisoblang.

17. Magnitoterapiya qurilmasida $T_1 = 500$ K va $T_2 = 300$ K haroratlarda issiqlik almashinuvi yuz beradi. Qurilma bemorga $Q_1 = 2400$ J energiya beradi. Karno sikliga ko‘ra maksimal nazariy foydali ish koeffitsientini va maksimal ishni hisoblang.

18. Krioterapiya qurilmasi ochiq sistema sifatida ishlaydi. U bemorga 4000 J sovuqlik (issiqlikni olib chiqadi) ta’sir ettiradi, sistema tomonidan bajarilgan ish 1200 J ga teng. Atrof-muhitga chiqarilgan issiqlikni va sistemadagi entropiya o‘zgarishini hisoblang.

19. Hamshira pasiyentning qo‘ltiq osti haroratini elektron termometr bilan o‘lchamoqda. Termometrning sezgir uchi massasini 12 g deb oling. U materialining o‘rtacha solishtirma issiqlik sig‘imi 900 J/(kg·°C). Termometr dastlab 22°C haroratda bo‘lgan, o‘lchash oxirida esa 36.6°C ga yetgan. Termometr qancha issiqlik qabul qilganini aniqlang.

20. Isitilgan fiziologik eritma vena ichiga yuborilishidan oldin tekshirildi. Eritma massasi 250 g, solishtirma issiqlik sig‘imi 4200 J/(kg·°C) deb olinsin. Eritma 24°C dan 37°C gacha isitildi. Eritmani isitish uchun qancha issiqlik kerak bo‘lganini aniqlang.

21. Yuqori haroratli pasiyentning peshonasiga sovuq kompress qo‘yildi. Kompress tarkibidagi suv massasi 180 g, suvning solishtirma issiqlik sig‘imi 4200 J/(kg·°C). Kompressning boshlang‘ich harorati 12°C, bir necha daqiqadan keyin u 30°C gacha qizidi. Kompress qancha issiqlik olganini aniqlang.

22. Quloq termometriya usulida zond massasi 8 g, materialining solishtirma issiqlik sig‘imi 800 J/(kg·°C). Zondning boshlang‘ich harorati 20°C bo‘lgan, o‘lchov paytida u 36.8°C gacha isigan. Zond qabul qilgan issiqlikni aniqlang.

3.3-§. Tibbiyotda entropiya. Termoregulyatsiya va gomeostaz.

1. Issiqlik terapiya qurilmasi bemor tanasining haroratini $T_1 = 310$ K dan $T_2 = 312$ K gacha oshiradi. Bemor massasining m = 70 kg qismi suvga teng issiqlik sig‘imiga ega bo‘lsin (c = 4200 J/kg·K). Organizmga berilgan issiqlik miqdorini hisoblang.

2. Krioterapiya qurilmasi bemorning tanasidan 5000 J issiqlikni olib chiqadi. Agar tana harorati 310 K bo‘lsa, entropiya o‘zgarishini hisoblang.

3. Lazer terapiyasi natijasida bemorga 2000 J energiya uzatildi. Agar bemorning teri qatlami 2 kg massa va c = 3500 J/kg·K issiqlik sig‘imga ega bo‘lsa, harorat necha darajaga ko‘tarilishini hisoblang.

4. Biotibbiyot muhandisligi qurilmasi yordamida qon oqimi modellashtiriladi. Qon sarfi V = 5 L/min, ya’ni 8.33×10^{-5} m³/s. Qonning zichligi $\rho = 1050$ kg/m³, issiqlik sig‘imi c = 3600 J/kg·K. Agar harorat $\Delta T = 0.5$ K ga o‘zgarsa, tashilayotgan issiqlik oqimini hisoblang.

5. Hirurgiya qurilmasida to‘qimalar kuylanishini oldini olish uchun issiqlik tarqalishini hisoblash zarur. To‘qimaning issiqlik o‘tkazuvchanligi $\lambda = 0.6$ W/m·K, qalinligi L = 0.01 m, yuzasi S = 0.002 m² va harorat farqi $\Delta T = 5$ K bo‘lsa, Fure qonuni yordamida issiqlik oqimini hisoblang.

6. Ergometr yordamida bemorning pedal aylantirish ishini hisoblash kerak. Agar bemor F = 200 N kuch bilan pedalni aylantirsa va yo‘l S = 50 m bo‘lsa, bajarilgan ishni va sarflangan energiyani hisoblang.

7. Kalorimetr yordamida bemor tomonidan chiqarilgan issiqlik miqdori o‘lchanadi. Agar massa m = 0.5 kg suvning issiqlik sig‘imi c = 4200 J/kg·K bo‘lsa va harorat $\Delta T = 3$ K ga oshsa, chiqarilgan issiqlikni toping.

8. Google Fits ilovasi bemorning kunlik faoliyatini o‘lchaydi. Agar bemor kun davomida 10000 qadam tashlab, har bir qadam uchun sarflangan o‘rtacha energiya 2 J bo‘lsa, umumiy sarflangan energiyani hisoblang.

9. Kunlik energiya sarfi uch qismdan iborat: bazal metabolik tezlik (BMR), jismoniy faoliyat va oziq-ovqat termik effekti. Agar BMR = 7000 kJ, jismoniy

faoliyat = 3000 kJ va oziq-ovqat effekti = 1500 kJ bo‘lsa, umumiy energiya sarfini hisoblang. Natijani kkal da ham ifodalang (1 kkal = 4.184 kJ).

10. Bemorning yurak urishlari soni va kislorod sarfiga asoslanib energiya sarfini hisoblash kerak. Agar VO_2 = 2.5 L/min va energiya ekvivalenti 1 L $O_2 \approx$ 20 kJ bo‘lsa, 30 daqiqada sarflangan energiyani hisoblang.

11. Sport terapiya jarayonida bemorning quvvati aniqlanadi. Agar bemor 400 N kuch bilan yugurishda 100 m masofaga ta’sir qilsa va bu jarayon 40 s davom etsa, bajarilgan ishni va quvvatni hisoblang.

12. Google Fits ilovasi bemorning kunlik faoliyatini qayd etdi. Agar bemor kun davomida 12000 qadam tashlab, har bir qadam uchun sarflangan o‘rtacha energiya 2.5 J bo‘lsa, umumiy sarflangan energiyani hisoblang

13. Bemorning umumiy energiya sarfi uch qismdan iborat: bazal metabolizm (BMR), jismoniy faoliyat va oziq-ovqatning termik effekti. Agar BMR = 6500 kJ, jismoniy faoliyat = 4000 kJ va oziq-ovqat effekti = 1800 kJ bo‘lsa, umumiy energiya sarfini hisoblang va natijani kkal ga o‘tkazing (1 kkal = 4.184 kJ).

14. Organizmda mushak faoliyati davomida ATP parchalanib energiya hosil qiladi. Agar 1 mol ATP parchalanganda 30.5 kJ energiya ajralsa, 10 mol ATP parchalanganda hosil bo‘ladigan umumiy energiyani hisoblang.

15. Jismoniy mashqlar vaqtida mushaklar 50 mmol ATP parchalaydi. Agar 1 mol ATP parchalanganda 30.5 kJ energiya ajralsa, umumiy hosil bo‘ladigan energiyani hisoblang..

16. Bemor kun davomida 2 mol ATP sarflaydi. Agar o‘rtacha quvvat P = 20 W bo‘lsa, ATP parchalanishidan hosil bo‘lgan energiya yetarliligini tekshiring. Hisoblash uchun vaqtni soatlarda olamiz (t = 1 h = 3600 s).

17. Ozdirish maqsadida bajarilgan mashqda mushak hujayralarida 0.2 mol glyukoza parchalanadi. Agar 1 mol glyukoza parchalanganda 36 mol ATP hosil bo‘lsa, ATP orqali ajralib chiqadigan umumiy energiyani hisoblang.

18. Bemorning jismoniy mashq vaqtida 0.5 mol glyukoza va 0.1 mol yog‘ kislota birgalikda parchalanadi. Agar 1 mol glyukoza parchalanganda 36 mol ATP

va 1 mol yog‘ kislota parchalanganda 129 mol ATP hosil bo‘lsa, umumiy energiyani hisoblang.

19. Tana yuzasiga qo‘yilgan sovuq kompress 36.6°C haroratli teridan issiqlik oladi. Kompress ichidagi suv massasi 0.20 kg, suvning solishtirma issiqlik sig‘imi 4200 J/(kg·°C). Kompress temperaturasi 15°C dan 30°C gacha ko‘tarildi. Entropiya o‘zgarishini aniqlang. O‘rtacha temperatura 300 K deb oling.

20. Inson tanasidan issiqlik ajralishi hisobiga tana harorati 37°C dan 36.5°C gacha pasaydi. Tananing samarali issiqlik almashuvchi massasi 60 kg, solishtirma issiqlik sig‘imi 3500 J/(kg·°C). O‘rtacha temperatura 310 K deb oling. Entropiya o‘zgarishini aniqlang.

21. Isitilgan fiziologik eritma 25°C dan 37°C gacha qizdirildi. Eritma massasi 0.30 kg, solishtirma issiqlik sig‘imi 4200 J/(kg·°C). O‘rtacha temperatura 305 K. Entropiya o‘zgarishini aniqlang.

22. Muz paketi bilan sovitish vaqtida paket 5°C dan 18°C gacha qizidi. Paket massasi 0.12 kg, suvning solishtirma issiqlik sig‘imi 4200 J/(kg·°C). O‘rtacha temperatura 290 K. Entropiya o‘zgarishini aniqlang.

23. Inkubatordagi havo 32°C dan 35°C gacha isitildi. Havo massasi 0.90 kg, solishtirma issiqlik sig‘imi 1000 J/(kg·°C). O‘rtacha temperatura 305 K. Entropiya o‘zgarishini aniqlang.

24. Pasiyentga issiq suv bilan isitish qo‘llanildi. Suv massasi 0.50 kg, harorat 40°C dan 35°C gacha pasaydi. Suvning solishtirma issiqlik sig‘imi 4200 J/(kg·°C). O‘rtacha temperatura 310 K. Entropiya o‘zgarishini aniqlang.

25. Organizm terlash orqali 8000 J issiqlik yo‘qotdi. Tana temperaturasi 310 K deb oling. Entropiya o‘zgarishini aniqlang.

26. Tibbiy termometr 20°C dan 36°C gacha qizidi. Termometr massasi 0.010 kg, solishtirma issiqlik sig‘imi 800 J/(kg·°C). O‘rtacha temperatura 300 K. Entropiya o‘zgarishini aniqlang.

27. Suv hammomida 1.2 kg suv 28°C dan 37°C gacha isitildi. Suvning solishtirma issiqlik sig‘imi 4200 J/(kg·°C). O‘rtacha temperatura 305 K. Entropiya o‘zgarishini aniqlang. Entropiya 148.7 J/K ga oshgan.

28. Pasiyent tanasidan issiqlik yo‘qotilishi natijasida 50000 J energiya tashqariga chiqarildi. Tana temperaturasi 310 K. Entropiya o‘zgarishini aniqlang.

III. Bob yuzasidan nazorat va muhokama savollari:

1. Tirik sistema nima uchun ochiq termodinamik sistema hisoblanadi?
2. Ichki energiya biologik sistemalarda qanday namoyon bo‘ladi?
3. Termodinamikaning birinchi qonuni tibbiyotda qaysi jarayonlarni tushuntiradi?
4. Issiqlik, ish va ichki energiya orasidagi bog‘lanish qanday ifodalanadi?
5. Izotermik jarayonning fizik mazmuni nimada?
6. Izobarik jarayon tibbiy gaz sistemalarida qanday uchraydi?
7. Izoxorik jarayon klinik qurilmalarda qayerlarda kuzatiladi?
8. Termodinamikaning ikkinchi qonuni biologik sistemalar uchun nimani anglatadi?
9. Nega issiqlik o‘z-o‘zidan sovuq jismlardan issiq jismlarga o‘tmaydi?
10. Entropiya tushunchasi tirik organizmga qanday tatbiq qilinadi?
11. Entropiya va tartibsizlik orasidagi bog‘lanishni qanday tushuntirish mumkin?
12. Termometriya qanday fizik prinsipga asoslanadi?
13. Klinik termometriyada qaysi usullar qo‘llaniladi?
14. Kalorimetriya nima va u tibbiyotda qayerlarda ishlatiladi?
15. Inson organizmida issiqlik hosil bo‘lishining asosiy manbalari nimalar?
16. Termoregulyatsiya qanday fiziologik mexanizmlar orqali amalga oshadi?
17. Gomeostaz va termoregulyatsiya o‘rtasidagi bog‘lanish nimada?
18. Gipotermiya va gipertermiya termodinamik nuqtai nazardan qanday izohlanadi?
19. Krioterapiya organizmga qanday fizik ta’sir ko‘rsatadi?
20. Kriogen terapiyada issiqlik oqimi qaysi omillarga bog‘liq?

21. Butun tanani sovitish usullari bilan lokal krioterapiya o‘rtasidagi farq nimada?
22. Cryoablation jarayonida qanday termodinamik hodisalar sodir bo‘ladi?
23. Tibbiy inkubatorlarning ishlashi qaysi termodinamik qonunlarga asoslanadi?
24. Sun’iy nafas oldirish tizimlarida gaz temperaturasi nima uchun muhim?
25. Biotibbiyot muhandisi uchun issiqlik almashinuvi masalalarini bilish nima uchun zarur?
26. Entropiya ortishi bilan biologik tizimlarning qaytmas jarayonlari qanday bog‘langan?
27. Kalorimetrik usullar yordamida organizmning energiya sarfi qanday baholanadi?
28. Termoregulyatsiya buzilishi qaysi klinik holatlarda xavf tug‘diradi?
29. Kriogen texnologiyalar zamonaviy tibbiyotda qaysi yo‘nalishlarda qo‘llanilmoqda?
30. Termodinamika qonunlarini bilish klinik diagnostika va davolashda qanday amaliy foyda beradi?

IV. TIRIK ORGANIZMLARDA ELEKTR TOKI.

Tayanch iboralar: elektr toki, tok zichligi, bioelektrik potensial, elektrod, galvanizatsiya, elektroforez, aeroion, elektr razryad, elektr dipol, membrana potensiali, elektrodinamika, biopotensiallar

Tirik organizmlarda elektr toki o‘tishining fizik asoslari, biologik to‘qimalarning elektr xossalari, gazlarda elektr razryad hodisalari, aeroionlarning biologik ta’siri, galvanizatsiya va dorivor moddalarning elektroforezi, shuningdek biopotensiallarni qayd qilishning fizik prinsiplari bo‘yicha olingan bilimlar tibbiyot muhandislari uchun juda muhim. Tirik to‘qimalar oddiy metall o‘tkazgichlar emas; ularda tok asosan ionlarning harakati hisobiga yuzaga keladi. Shu sababli to‘qimaning elektr qarshiligi, tok zichligi, elektrod yuzasi, kuchlanish, potensial va elektr maydon tushunchalari tibbiyot amaliyotida alohida ahamiyatga ega.

Ushbu bobda tayanuvchi asosiy qonun va qoidalar ichida Om qonuni, tok zichligi formulasi, qarshilikning geometrik va material parametrlariga bog‘liqligi, Joul–Lens qonuni, elektr maydon va potensiallar farqi orasidagi bog‘lanish, superpozitsiya prinsipi, elektr dipol momenti va dipol maydoni tushunchalari markaziy o‘rin tutadi. Tibbiyotda bu qonunlar elektrostimulyatsiya, galvanizatsiya, dori elektroforezi, EKG, EEG, EMG, bioimpedans o‘lchovlari va elektrojarrohlik tizimlarining ishlash mexanizmini tushuntiradi.

Doimiy tokning tirik to‘qimalarga birlamchi ta’siri ionlarning qayta taqsimlanishi, membrana potensialining o‘zgarishi, elektrolitik va qutblanish hodisalari bilan bog‘liq. Shu sababli elektrod yuzasi va tok zichligini to‘g‘ri tanlash klinik xavfsizlik nuqtai nazaridan juda muhim: bir xil tok kuchi turli elektrod maydonlarida mutlaqo boshqa biologik ta’sir beradi. Galvanizatsiya va elektroforez usullarida aynan shu fizik prinsiplar asosida dorivor moddalar teri va shilliq qavat orqali maqsadli sohalarga yetkaziladi.

Gazlarda elektr razryad va aeroionlar mavzusi tibbiyotda havoni ionlash, sanitariya-gigiyena, ba’zi fizioterapevtik yondashuvlar va elektroaerozol texnologiyalarini tushunishda muhimdir. Aeroionlarning hosil bo‘lishi va harakati elektr maydon, zaryad, ion konsentratsiyasi va zaryad tashuvchilar oqimiga bog‘liq

bo‘ladi. Bu yo‘nalish tarixan fizioterapiyada qo‘llanilgan bo‘lsa-da, zamonaviy talqinlarda xavfsizlik, dozalash va real biologik samaradorlikni fizik jihatdan to‘g‘ri baholash muhim hisoblanadi.

EKG, EEG va EMG ning fizik asoslari elektr dipol va multipol modellariga tayangan holda tushuntiriladi. Yurak, bosh miya va mushaklar faoliyati natijasida yuzaga keladigan biopotensiallar elektrodlar yordamida qayd qilinadi. Zamonaviy ilm-fan bu signallarni faqat qayd qilish bilan cheklanmay, ularni moslashuvchan, kiyiladigan elektrodlar, raqamli filtrlar va sun’iy intellekt yordamida real vaqt rejimida tahlil qilmoqda.

EEG va EMG sohalarida ham zamonaviy tizimlar yuqori sezgir elektrodlar, uy sharoitida monitoring, multimodal tahlil va mashinaviy o‘rganish yondashuvlari bilan boyimoqda. Bu texnologiyalar nevrologik va neyromuskulyar holatlarni erta aniqlash, motor funksiyani baholash va reabilitatsiya monitoringini yaxshilashga xizmat qilmoqda.

Zamonaviy tashxislash va davolash qurilmalari, jumladan EKG va MRT tizimlari, bevosita elektrodinamika qonunlariga tayangan holda ishlaydi. EKG yurakning elektr dipol maydonlari va potensiallar farqini qayd etsa, MRT kuchli magnit maydon, radiochastota impulslari, induksiya va elektromagnit rezonans hodisalari asosida tasvir hosil qiladi; bugungi kunda MRI da AI yordamida tasvir rekonstruksiyasini tezlashtirish, segmentatsiyani avtomatlashtirish va ish jarayonini optimallashtirish bo‘yicha katta yutuqlar kuzatilmoqda.

Shu bob uchun tuzilgan masalalar aynan jahon ilm-fani, tibbiyot va texnologiyalarning zamonaviy yutuqlarini inobatga olgan holda ishlab chiqilgan. Ularni yechish orqali talaba tok kuchi va tok zichligini hisoblash, elektrod parametrlarini tanlash, bioelektrik signal manbalarini fizik modellashtirish, elektrodiagnostik qurilmalarning ishlash prinsipini tushuntirish, klinik vaziyatlarda xavfsiz tok rejimlarini baholash hamda elektrodinamika qonunlarini biotibbiyot muhandisligi masalalariga tatbiq etish kompetensiyalarini shakllantiradi.

Asosiy formulalar:

Zaryad miqdori.	$q = eN$
Zaryadlarning saqlanish qonuni	$q_{um} = q_1 + q_2 + \cdots q_n = const$
Kulon qonuni	$F_k = k\frac{\lvert Q_1\rvert \cdot \lvert Q_2\rvert}{\varepsilon R^2}$
Elektr maydon kuchlanganligi va kuchlanish orasidagi bog'lanish	$E = \frac{U}{d}; \quad E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d};$
Dipol momenti	$\vec{p} = \lvert q\rvert\vec{l}$
Qutblanish vektori $\sum \vec{P}_{el}$ – bu ΔV hajm ichidagi barcha dipollar elektr momentlarining vektor yig'indisi	$\vec{P} = \frac{\sum \vec{P}_{el}}{\Delta V}; \ \vec{P} = \kappa\varepsilon_0 E$
Elektr maydon potensiali	$\varphi = \frac{W_{potensial}}{q}$
Kuchlanish	$U = \frac{A}{q}$
Kuchlanish va elektr maydon potensiali orasidagi bog'lanish	$U = \Delta\varphi; \ U = \varphi_1 - \varphi_2$
Kondensatorning sig'imi	$C = \frac{q}{U}$
Tok kuchi	$I = \frac{q}{t}; \ I = \frac{eN}{t}$
Tok kuchi	$I = qn\vartheta S$ $I = eNn\vartheta S$
Tok zichligi	$\vec{j} = \frac{I}{S}; \ \vec{j} = qn\vartheta$
Qarshilik	$R = \rho\frac{l}{S}$
Elektr o'tkazuvchanlik	$G = \frac{1}{R}$

Solishtirma elektr o’tkazuvchanlik	$\boldsymbol{\sigma = \frac{1}{\rho}}$
Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni	$\boldsymbol{I = \frac{U}{R}}$
Joul-Lens qonuni	$\boldsymbol{Q = I^2Rt}$
Elektrolitlarda zaryadlar har ikki ishorali ionlar tomonidan olib o’tilganda tok zichligi. z- valentlik. u-ion harakatchanligi	$\boldsymbol{j = q_+n_+\vartheta_+ + q_-n_-\vartheta_-}$ $\boldsymbol{j = zen(\vartheta_+ + \vartheta_-)}$ $\boldsymbol{j = zen(u_+ + u_-)\cdot E}$
Faradeyning 1-qonuni	$\boldsymbol{m = k\cdot q\ ;\ \ m = k\cdot I\cdot t}$
Faradeyning 2-qonuni	$\boldsymbol{k = \frac{A}{F\cdot Z}}$
Richardson - Deshmen formulasi (Termoelektron emissiyada to’yinish tokining qiymati) $\boldsymbol{A_0} = 1{,}204\cdot 10^6\frac{A}{m^2\cdot K^2}$ – Richardson - Deshmen doimiysi, $\boldsymbol{A_{chiq}}$ – chiqish ishi, S-katod yuzi, k-bolsman doimiysi, $\boldsymbol{T}$ – katod temperaturasi,	$\boldsymbol{I_{to'y} = A_0ST^2e^{-\frac{A_{chiq}}{kT}}}$
Magnit oqimi	$\boldsymbol{\Phi = BScos\alpha\ ;\ \Phi = LI}$
Magnit maydon energiyasi	$\boldsymbol{W_m = \frac{LI^2}{2}\ ;\ W_m = \frac{\Phi I}{2}\ ;\ W_m = \frac{\Phi^2}{2L}\ ;}$ $\boldsymbol{W_m = \frac{B^2V}{2\mu\mu_0}}$
Bio-Savar-Laplas qonuni	$\boldsymbol{\Delta B = \frac{\mu\mu_0\Delta lIsin\alpha}{4\pi R^2}}$
Xoll effektida metal yoki yarim o’tkazgich sirtlaridagi kuchlanish	$\boldsymbol{U = R_H\cdot\vec{j}hB}$
Elektromagnit tebranishlar tenglamasi	$\boldsymbol{\frac{d^2Q}{dt^2} + 2\beta\frac{dq}{dt} + \omega_0^2Q=0}$
Zaryadning o‘zgarish qonuni	$\boldsymbol{q = q_{max}e^{-\beta t}cos(\omega t + \varphi_0)}$

1. Reabilitatsiya bo‘limida bemorning son mushagi ustiga galvanik elektrostimulyatsiya muolajasi rejalashtirilgan. Qurilma 18 V kuchlanish beradi. Elektrodlar orasidagi to‘qima segmenti soddalashtirib bir jinsli deb olinadi. Tok yo‘li uzunligi 4.0 cm, kesim yuzi 18 cm², to‘qimaning o‘rtacha solishtirma elektr qarshiligi 2.4 Ω·m. Muolaja vaqtida qurilma 90 s ishlaydi.

Quyidagilarni aniqlang:

1. to‘qimaning elektr qarshiligini;
2. tok kuchini;
3. tok zichligini;
4. 90 s davomida o‘tgan umumiy zaryadni;
5. Joul–Lens qonuni bo‘yicha ajralgan issiqlikni.

Masala shartida berilgan fizik kattaliklar	**Yechilishi**
U = 18 V	Avvalo to‘qimaning qarshiligini topamiz. Bir jinsli o‘tkazgich uchun qarshilik formulasi: R = ρl/S. Bu formula biologik to‘qimani soddalashtirilgan o‘tkazgich sifatida baholashga imkon beradi.
ρ = 2.4 Ω·m	Solishtirma qarshilik to‘qimaning material xossasini ifodalaydi. Qiymatni formulaga keyin qo‘yamiz.
l = 4.0 cm = 0.040 m	Tok yo‘li uzunligi 0.040 m ga teng.
S = 18 cm² = 18·10⁻⁴ m² = 0.0018 m²	Endi qarshilik: R = 2.4·0.040 / 0.0018 = 0.096 / 0.0018 = 53.33 Ω. Demak, to‘qima segmentining qarshiligi taxminan 53.3 Ω.
t = 90 s	Endi Om qonunini qo‘llaymiz: I = U/R. Hisoblaymiz: I = 18 / 53.33 = 0.3375 A. Demak, tok kuchi taxminan 0.338 A yoki 337.5 mA.

Topilsin: **R, I, j, q, Q**	Tok zichligi uchun formula: j = I/S = 0.3375 / 0.0018 = 187.5 A/m². Endi o‘tgan zaryadni topamiz: q = It = 0.3375 · 90 = 30.375 C. Joul–Lens qonuni bo‘yicha issiqlik: Q = I²Rt = (0.3375)² · 53.33 · 90. Avval I² = 0.1139. Keyin 0.1139 · 53.33 = 6.074. Endi 6.074 · 90 = 546.7 J. Yakuniy javob: R = 53.3 Ω, I = 0.338 A, j = 187.5 A/m², q = 30.38 C, Q = 546.7 J. Bu natijalar klinik amaliyotda tok zichligi va issiqlik ta’sirini nazorat qilish nima uchun muhimligini ko‘rsatadi.

2. Elektroforez muolajasida bir valentli musbat zaryadli dori ionlari anod ostidan to‘qimaga kiritilmoqda. Qurilma 6.0 mA doimiy tok bilan 20 minut ishlaydi. Shartga ko‘ra, umumiy tokning 35% qismi aynan dorivor ionlar ko‘chishiga sarflanadi. Elementar zaryad e = $1.6 \cdot 10^{-19}$ C deb olinsin. Faol elektrod yuzasi 12 cm².

Quyidagilarni aniqlang:

1. umumiy o‘tgan zaryadni;
2. dorivor ionlarga to‘g‘ri keladigan zaryadni;
3. nazariy ko‘chgan ionlar sonini;
4. elektrod ostidagi tok zichligini.

Masala shartida berilgan fizik kattaliklar	Yechilishi
I = 6.0 mA = 0.006 A	Birinchi navbatda umumiy zaryadni hisoblaymiz. Doimiy tok uchun q = It. Bu yerda tok va vaqt ma’lum.
t = 20 min = 1200 s	Umumiy zaryad: q = 0.006 · 1200 = 7.2 C. Demak, elektroforez davomida 7.2 C umumiy zaryad o‘tadi.
ulush = 35% = 0.35	Endi dori ionlariga to‘g‘ri keladigan zaryadni topamiz: q_d = 0.35 · 7.2 = 2.52 C. Ya’ni barcha zaryadning hammasi emas, faqat 35 foizi dorivor ionlar ko‘chishiga to‘g‘ri kelmoqda.

$e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C	Ionlar sonini topish uchun bitta ionning zaryadiga bo‘lamiz: $N = q_d / e = 2.52 / (1.6 \cdot 10^{-19}) = 1.575 \cdot 10^{19}$. Demak, nazariy jihatdan taxminan $1.58 \cdot 10^{19}$ ta ion ko‘chgan bo‘ladi.
$S = 12$ cm² = 0.0012 m²	Tok zichligi uchun formula: $j = I/S$. Hisoblaymiz: $j = 0.006 / 0.0012 = 5$ A/m². Bu elektrod ostidagi biologik ta’sir kuchini belgilovchi muhim parametrdir.
Topilsin: q, q_d, N, j	Yakuniy javoblar: umumiy zaryad 7.2 C, dori ionlariga to‘g‘ri keladigan zaryad 2.52 C, ko‘chgan ionlar soni $1.575 \cdot 10^{19}$, tok zichligi 5 A/m². Bu natijalar elektroforezda tok kuchi, vaqt va dori ionlari ulushini to‘g‘ri tanlashning amaliy ahamiyatini ko‘rsatadi.

3. Kardiologik laboratoriyada yurakning elektr faoliyati soddalashtirilgan elektr dipol modeli orqali tahlil qilinmoqda. Depolyarizatsiya vaqtida ekvivalent zaryad $q = 3.5 \cdot 10^{-9}$ C bo‘lib, zaryad markazlari orasidagi masofa $l = 2.0$ cm deb olinsin. Ko‘krak yuzasidagi ikkita elektrod orasidagi masofa 10 cm. Shu yo‘nalishda o‘rtacha elektr maydon kuchlanganligi 0.015 V/m deb topilgan. EKG kuchaytirgichining kirish qarshiligi 2.5 MΩ.

Quyidagilarni aniqlang:

1. yurakning ekvivalent dipol momentini;
2. elektrodlar orasidagi potensiallar farqini;
3. kirish tokini;
4. agar kuchaytirgich signalni 1000 marta kuchaytirsa, chiqish kuchlanishini.

Masala shartida berilgan fizik kattaliklar	**Yechilishi**
$q = 3.5 \cdot 10^{-9}$ C	Birinchi bosqichda dipol momentini topamiz. Formula: $p = ql$. Elektr dipol momenti yurakning fazoviy elektr manbai kuchini ifodalaydi.

l = 2.0 cm = 0.020 m	Hisoblaymiz: $p = 3.5 \cdot 10^{-9} \cdot 0.020 = 7.0 \cdot 10^{-11}$ C·m. Demak, ekvivalent dipol momenti $7.0 \cdot 10^{-11}$ C·m.
E = 0.015 V/m	Endi elektrodlar orasidagi potensiallar farqini topamiz. Bir jinsli maydon uchun U = E·d.
d = 10 cm = 0.10 m	Hisoblaymiz: $U = 0.015 \cdot 0.10 = 0.0015$ V = 1.5 mV. Bu EKG signalining real diapazoniga mos keladigan qiymatdir.
R = 2.5 MΩ = $2.5 \cdot 10^6$ Ω	Endi kirish tokini topamiz: $I = U/R = 0.0015 / 2.5 \cdot 10^6 = 6.0 \cdot 10^{-10}$ A. Demak, qurilma juda kichik toklar bilan ishlaydi. Aynan shu sababli EKG qurilmalarida yuqori kirish qarshilik juda muhim.
K = 1000	Endi chiqish kuchlanishini topamiz: $U_{ch} = K \cdot U = 1000 \cdot 0.0015 = 1.5$ V. Demak, millivolt darajadagi signal qurilmada volt darajasigacha kuchaytiriladi.
Topilsin: p, U, I, U_{ch}	Yakuniy javoblar: $p = 7.0 \cdot 10^{-11}$ C·m, U = 1.5 mV, $I = 6.0 \cdot 10^{-10}$ A, U_{ch} = 1.5 V. Bu masala yurakning bioelektrik faolligini elektr dipol modeli orqali tushuntirish va EKG apparatlarining fizik asosini anglashga yordam beradi.

4.1-§. Tok kuchi va zichligi. Organizm to‘qimalariga doimiy tokning birlamchi ta’siri. Bioelektrik jarayonlar.

1. Elektroforez muolajasida pasiyent terisiga 12 V kuchlanish berildi. Elektrodlar orasidagi to‘qimalarning umumiy elektr qarshiligi 4.0 kΩ ga teng deb olinsin. To‘qimadan o‘tadigan tok kuchini aniqlang.

2. Galvanizatsiya muolajasida elektrodning faol yuzasi 24 cm², tok kuchi esa 6 mA bo‘ldi. Tok zichligini aniqlang.

3. Teri va teri osti to‘qimalaridan iborat segmentning qarshiligi 800 Ω ga teng. Shu sohaga 4 V kuchlanish berilganda qanday tok o‘tishini aniqlang. 5 mA.

4. Fizioterapiya apparatida tok kuchi 8 mA bo‘lib, faol elektrod yuzasi 40 cm² ga teng. Tok zichligini aniqlang.

5. Teri ustida joylashgan kichik bioelektrik segment uchun solishtirma qarshilik $\rho = 2.5\ \Omega\cdot m$, tok yo‘li uzunligi 3 cm va kesim yuzi 1.5 cm². Segment elektr qarshiligini aniqlang.

6. Doimiy tok bilan davolashda 10 mA tok 30 s davomida to‘qimadan o‘tdi. Shu vaqt ichida qancha elektr zaryadi o‘tganini aniqlang.

7. Galvanik muolajada to‘qima qarshiligi 1.2 kΩ, tok kuchi 5 mA bo‘ldi. Qurilma hosil qilgan kuchlanishni aniqlang.

8. Elektrod ostidagi to‘qimada 4 mA tok 20 s davomida o‘tdi. Agar qarshilik 900 Ω bo‘lsa, Joule-Lens qonuni bo‘yicha ajralgan issiqlikni aniqlang. 0.288 J

9. Nerv to‘qimasining kichik segmentida kuchlanish 0.9 V, qarshilik esa 300 Ω bo‘lsa, tok kuchini toping.

10. Elektrostimulyatsiya vaqtida 2 cm² yuzali faol elektroddan 1.6 mA tok o‘tkazildi. Tok zichligini aniqlang.

11. Fizioterapiya bo‘limida bo‘yin-so‘mboq sohasiga doimiy tok bilan dori elektroforezi muolajasi rejalashtirildi. Faol elektrod yuzasi 18 cm², indifferent elektrod yuzasi esa 36 cm². Muolaja vaqtida qurilma 9 V kuchlanish hosil qildi. Faol elektrod ostidagi to‘qima segmentining o‘rtacha qalinligi 1.8 cm, kesim yuzi faol elektrod yuzasiga teng deb olinadi, solishtirma qarshilik esa $\rho = 2.0\ \Omega\cdot m$. Indifferent elektrod ostidagi to‘qima segmentining qalinligi 2.5 cm, kesim yuzi 36

cm² va solishtirma qarshilik ham 2.0 Ω·m ga teng. Ikki segment ketma-ket ulangan deb qaralsin.

Aniqlang:

a) umumiy qarshilikni;

b) zanjirdagi tok kuchini;

c) har ikkala elektrod ostidagi tok zichligini;

d) 15 daqiqa davom etgan muolajada umumiy o‘tgan zaryadni.

12. Elektrodiagnostika laboratoriyasida mushak va teri qatlamlaridan iborat model ko‘rib chiqildi. Tok yo‘li bo‘ylab uchta qatlam ketma-ket joylashgan: teri, teri osti yog‘ qatlami va mushak. Ularning qalinliklari mos ravishda 2 mm, 5 mm va 18 mm ga teng. Elektrodning faol yuzasi 16 cm². Solishtirma qarshiliklar mos ravishda 3.5 Ω·m, 18 Ω·m va 1.6 Ω·m deb olingan. Qurilma 24 V kuchlanish berdi.

Aniqlang:

a) har bir qatlam qarshiligini;

b) umumiy qarshilikni;

c) zanjirdagi tok kuchini;

d) faol elektrod ostidagi tok zichligini.

13. Transkranial doimiy tok stimulyatsiyasi modelida ikkita elektrod bosh yuzasiga joylashtirildi. Faol elektrod yuzasi 25 cm², indifferent elektrod yuzasi 35 cm². Qurilma 2.0 mA tok bilan ishlaydi. To‘qimalar soddalashtirib bir jinsli deb olinadi. Elektrod ostidagi tok zichligini toping. So‘ng, agar elektrod yuzasi xuddi shu tokda 25 cm² dan 15 cm² gacha kamaytirilsa, yangi tok zichligini hisoblang va foiz o‘sishni aniqlang.

14. Reabilitatsion elektroterapiyada ikki xil elektrod sxemasi solishtirildi. Birinchi sxemada tok 12 mA bo‘lib, faol elektrod yuzasi 30 cm². Ikkinchi sxemada tok 8 mA bo‘lib, elektrod yuzasi 12 cm². Har ikkala sxema uchun tok zichligini hisoblang va qaysi sxemada birlamchi mahalliy biologik ta’sir kuchliroq bo‘lishini aniqlang.

15. Doimiy tok bilan fizioterapiya vaqtida ma’lum sohada 18 daqiqa davomida 14 mA tok o‘tkazildi. Shu sohaning ekvivalent qarshiligi 1.8 kΩ deb qabul qilinsin.

Aniqlang:

a) muolaja davomida ajralgan Joule issiqligini;

b) o‘tgan umumiy zaryadni;

c) shu vaqt davomida o‘rtacha quvvatni.

16. Nerv-mushak preparati modelida membrana orqali 2.4 mA tok o‘tkazildi. Tok o‘tayotgan faol segmentning kesim yuzi 0.80 cm². Shu segmentning uzunligi 1.5 cm, solishtirma qarshiligi esa 1.9 Ω·m. Segmentdagi kuchlanish tushishini va tok zichligini aniqlang.

17. Invaziv elektrod bilan miokard stimulyatsiyasi modelida elektrod uchining samarali yuzi 0.06 cm² deb olinsin. Stimul paytida 3.0 mA tok beriladi. Kontakt hududidagi miokard to‘qimasining ekvivalent qalinligi 4 mm, solishtirma qarshiligi 1.5 Ω·m. Shu kontakt hududi uchun:

a) tok zichligini;

b) qarshilikni;

c) kuchlanish tushishini aniqlang.

18. Iontoforez tajribasida 20 daqiqa davomida 5.0 mA tok qo‘llandi. Bir valentli ionlar zaryadi $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C deb olinsin. Shu vaqt davomida tok bilan bog‘liq ravishda o‘tgan umumiy zaryadni va nazariy jihatdan nechta elementar zaryad ekvivalentiga teng ekanini aniqlang.

19. Elektrojarrohlikdan oldingi xavfsizlik sinovida teri–elektrod kontaktining ikki xil holati o‘rganildi. Birinchi holatda elektrod yuzasi 50 cm² va kontakt qarshiligi 120 Ω, ikkinchi holatda esa elektrodning faqat 20 cm² qismi yaxshi yopishgan va kontakt qarshiligi 260 Ω bo‘lgan. Har ikkala holatda tok kuchi 0.20 A deb olinsin. Har bir holatda:

a) tok zichligini;

b) quvvat ajralishini;

c) qaysi holatda kuyish xavfi yuqoriroq ekanini aniqlang.

20. Bioimpedans va elektroterapiya elementlari birlashtirilgan model ko‘rib chiqilsin. Tana segmentining elektr yo‘li ikki parallel kanalga ajraladi: birinchi kanal asosan mushakdan o‘tadi, qarshiligi 500 Ω; ikkinchi kanal esa yog‘ va teri osti qatlamlaridan o‘tadi, qarshiligi 2000 Ω. Ularga 10 V doimiy kuchlanish berilgan. Faol elektrodning umumiy yuzi 28 cm^2 bo‘lib, tokning taqsimlanishi parallel qarshiliklar bo‘yicha yuz beradi. Ushbu sharoitda:

a) har bir kanaldan o‘tadigan tokni;

b) umumiy tokni;

c) faol elektrod ostidagi o‘rtacha tok zichligini;

d) 12 minutlik muolajada o‘tgan umumiy zaryadni aniqlang.

4.2-§. Gazlarda elektr razryad. Aeroionlar va ularning davolash-profilaktik ta’sir. Galvanizatsiya. dorivor moddalarning elektroforezi

1. Galvanizatsiya muolajasida pasiyentga 10 V kuchlanish berildi. Elektrodlar orasidagi umumiy qarshilik 2.5 kΩ ga teng. Tok kuchini aniqlang.

2. Elektroforez vaqtida faol elektrod yuzasi 16 cm^2, tok kuchi 3.2 mA bo‘ldi. Tok zichligini aniqlang.

3. Elektroforez apparati 12 daqiqa davomida 5 mA tok bilan ishladi. Muolaja davomida elektroddan o‘tgan umumiy zaryadni aniqlang.

4. Galvanik muolajada to‘qima qarshiligi 1500 Ω, tok kuchi 6 mA bo‘ldi. Qurilma hosil qilgan kuchlanishni aniqlang.

5. Dorivor moddaning elektroforezi vaqtida faol elektrod yuzasi 25 cm^2, tok kuchi 10 mA. Tok zichligini toping.

6. Aeroionoterapiya xonasida $1.6 \cdot 10^{-15}$ C umumiy manfiy zaryadga ega aeroionlar namunasini qayd etildi. Har bir ion bir elementar zaryadga ega deb oling, $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C. Ionlar sonini aniqlang.

7. Aeroionizator ishlayotgan xonada hajmi 20 m^3 bo‘lgan havoda jami $8 \cdot 10^8$ ta manfiy ion borligi aniqlandi. Bir kub metrga to‘g‘ri keladigan ionlar sonini toping.

8. Galvanizatsiya vaqtida tok kuchi 8 mA, qarshilik 1000 Ω, muolaja vaqti 15 s. To‘qimada ajralgan issiqlikni aniqlang.

9. Elektroforezda tok kuchi 2.5 mA, muolaja 20 minut davom etdi. O‘tgan zaryadni toping.

10. Faol elektrod yuzasi 12 cm^2 bo‘lgan galvanik muolajada tok zichligi 5 A/m^2 ga teng bo‘ldi. Tok kuchini aniqlang.

11. Fizioterapiya bo‘limida bo‘yin-yoqa sohasiga galvanizatsiya muolajasi buyurildi. Shifokor ko‘rsatmasiga ko‘ra, faol elektrod yuzasi 14 cm^2, indifferent elektrod yuzasi 28 cm^2 bo‘lib, qurilmadan 12 mA doimiy tok berildi. Faol elektrod ostidagi tok yo‘li uzunligi 1.2 cm, shu hududdagi to‘qimalarning o‘rtacha solishtirma elektr qarshiligi 2.4 Ω·m. Indifferent elektrod ostida tok yo‘li uzunligi

2.0 cm, o‘rtacha solishtirma qarshilik ham 2.4 Ω·m. Ikkala hudud ketma-ket ulangan deb qaralsin.

Aniqlang:

a) har bir sohaning elektr qarshiligini;

b) zanjirning umumiy qarshiligini;

c) qurilma uchlaridagi kuchlanishni;

d) har ikkala elektrod ostidagi tok zichligini;

e) 18 minutlik muolajada o‘tgan umumiy zaryadni.

12. Dorivor moddaning elektroforezi vaqtida shifokor 0.008 A tok qo‘lladi. Muolaja 900 s davom etdi. Dori ionlari bir valentli kationlar bo‘lib, ularning har biri bitta elementar zaryad tashiydi. Elementar zaryad $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C deb oling. Agar ideal sharoitda o‘tgan umumiy zaryadning 65% qismi aynan dori ionlari ulushiga to‘g‘ri kelsa, elektrodda nazariy jihatdan nechta dori ioni ishtirok etganini aniqlang.

13. Aeroionoterapiya xonasining hajmi 36 m^3. Muolaja boshlanishidan oldin havoda manfiy aeroionlar konsentratsiyasi $1.8 \cdot 10^7$ ion/m^3, 25 minut ishlagandan keyin esa $7.2 \cdot 10^7$ ion/m^3 ga yetdi. Bir ionning zaryadi $1.6 \cdot 10^{-19}$ C deb olinsin.

Aniqlang:

a) xonadagi ionlar soni nechaga oshganini;

b) shu oshishga mos umumiy manfiy zaryadni;

c) agar ionizatorning o‘rtacha foydali ion hosil qilish toki 0.6 μA bo‘lsa, nazariy hosil bo‘lish va amaliy kuzatilgan natijani taqqoslang.

14. Galvanizatsiya apparatida teri, teri osti yog‘i va mushak qatlamlari ketma-ket joylashgan deb olinadi. Faol elektrod yuzasi 20 cm^2. Teri qalinligi 1.5 mm va solishtirma qarshiligi 4.0 Ω·m, yog‘ qatlami qalinligi 4 mm va solishtirma qarshiligi 15 Ω·m, mushak qatlami qalinligi 12 mm va solishtirma qarshiligi 1.8 Ω·m. Qurilma 18 V kuchlanish beradi.

Aniqlang:

a) har bir qatlam qarshiligini;

b) umumiy tok kuchini;

c) faol elektrod ostidagi tok zichligini;

d) 10 minut davomida ajralgan Joule issiqligini.

15. Iontoforezda anod ostiga dori shimdirilgan prokladka qo‘yildi. Faol elektrod yuzasi 10 cm^2, tok kuchi 4 mA, muolaja vaqti 25 minut. Dori ionlari bir valentli va elementar zaryad $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C. Tokning 40% qismi aynan dori ionlari ko‘chishiga sarflansin. Shu sharoitda:

a) umumiy o‘tgan zaryadni;

b) dori ionlari ulushiga to‘g‘ri keladigan zaryadni;

c) nazariy ko‘chgan ionlar sonini;

d) tok zichligini aniqlang.

16. Aeroionoterapiya qurilmasi ishlayotgan palatada 48 m^3 havo mavjud. Qurilma 30 minut davomida 1.2 μA foydali ion toki hosil qildi. Har bir ion bir elementar zaryad tashiydi, $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C. Shu vaqt ichida ionlarning 85% qismi ventilatsiya va rekombinatsiya sabab yo‘qolgan deb faraz qilinsin.

Aniqlang:

a) qurilma hosil qilgan ionlarning nazariy umumiy sonini;

b) xonada saqlanib qolgan ionlar sonini;

c) yakuniy ion konsentratsiyasini.

17. Murakkab elektroterapiya tizimida to‘qima modeli ikki parallel kanalga bo‘lingan: birinchi kanal nam mushak to‘qimasi bo‘lib, qarshiligi 600 Ω; ikkinchi kanal quruqroq teri-yog‘ segmentidan iborat bo‘lib, qarshiligi 2400 Ω. Tizimga 15 V kuchlanish berilgan. Faol elektrodning umumiy yuzi 24 cm^2.

Aniqlang:

a) har bir kanal bo‘yicha tok kuchini;

b) umumiy tokni;

c) faol elektrod ostidagi o‘rtacha tok zichligini;

d) agar tokning mushak kanalidan o‘tgan ulushi biologik jihatdan asosiy ta’sirni belgilasa, shu ulushni foizda toping.

18. Doimiy tok bilan davolash vaqtida faol elektrod ostida 0.25 W quvvatda lokal Joule issiqlik ajralmoqda. Elektrod yuzasi 8 cm², to‘qima qarshiligi 1.1 kΩ. Shu sharoitda:

a) tok kuchini;

b) kuchlanishni;

c) tok zichligini;

d) 20 minutda ajralgan issiqlikni aniqlang.

19. Dori elektroforezida ikki xil sxema solishtirildi. Birinchi sxemada 6 mA tok 12 cm² yuzali elektroddan 15 minut davomida o‘tkazildi. Ikkinchi sxemada 4 mA tok 6 cm² yuzali elektroddan 20 minut davomida o‘tkazildi. Har bir sxema uchun:

a) tok zichligini;

b) o‘tgan umumiy zaryadni;

c) “tok zichligi × vaqt” ko‘rinishidagi shartli ta’sir ko‘rsatkichini toping va qaysi sxemada mahalliy ta’sir kuchliroq bo‘lishini aniqlang.

20. Kombinatsiyalangan fizioterapiya modelida elektroforez va galvanizatsiya bir vaqtning o‘zida baholandi. Qurilma 20 V kuchlanish beradi. Tana segmenti ikki ketma-ket qismdan iborat deb olinsin: birinchi qism teri va teri osti qatlamlari bo‘lib, qarshiligi 900 Ω; ikkinchi qism mushak va interstitsial suyuqlik hududi bo‘lib, qarshiligi 300 Ω. Faol elektrod yuzasi 9 cm². Muolaja 30 minut davom etadi. Dori ionlari bir valentli, elementar zaryad $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C, va umumiy zaryadning 30% qismi aynan dori ionlari ko‘chishi bilan bog‘liq deb faraz qilinsin.

Aniqlang:

a) umumiy tok kuchini;

b) faol elektrod ostidagi tok zichligini;

c) umumiy o‘tgan zaryadni;

d) dori ionlari tashigan zaryadni;

e) nazariy dori ionlari sonini;

f) butun tizimda ajralgan Joule issiqligini.

4.3-§. Kuchlanish va potensial. Elektr dipol. Multipol. EKG, EEG va EMG ning fizik asoslari.

1. EKG apparatida ikkita elektrod orasidagi potensiallar farqi 1.2 mV deb qayd qilindi. Agar birinchi elektrod potensiali 2.8 mV bo‘lsa, ikkinchi elektrod potensialini aniqlang. Qabul qilinsinki, $U = \varphi_1 - \varphi_2$.

2. EMG tekshiruvda mushak yuzasidagi ikkita nuqta orasidagi kuchlanish 4.5 mV bo‘ldi. Agar zaryadni bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko‘chirish uchun $9.0 \cdot 10^{-9}$ J ish bajarilgan bo‘lsa, ko‘chirilgan zaryad miqdorini aniqlang.

3. EEG elektrodlarining ikkita nuqtasi orasidagi potensiallar farqi 80 μV ga teng. Agar elektrodlar orasidagi masofa 4.0 cm deb olinsa va maydon bir jinsli deb qaralsa, elektr maydon kuchlanganligini aniqlang.

4. Bioelektrik dipol modelida zaryadlar miqdori $q = 3.0 \cdot 10^{-9}$ C, ular orasidagi masofa l = 2.0 mm. Dipol momentini aniqlang.

5. Yurakning elektr dipoli bir jinsli elektr maydonda joylashgan. Dipol momenti $8.0 \cdot 10^{-12}$ C·m, maydon kuchlanganligi 1200 V/m, dipol maydon bilan 90° burchak hosil qiladi. Dipolga ta’sir etuvchi aylantiruvchi momentni aniqlang.

6. EKG da I-standart ulanishda chap qo‘l va o‘ng qo‘l orasidagi potensiallar farqi 0.85 mV bo‘ldi. Zanjirning kirish qarshiligi 500 kΩ deb olinsa, kirish tokini aniqlang.

7. EEG signalida ikki nuqta orasidagi potensiallar farqi 50 μV bo‘lib, signalni qayd etuvchi kuchaytirgich kirish qarshiligi 1.0 MΩ ga teng. Kirish tokini aniqlang.

8. EMG da mushak tolalari oralig‘idagi lokal potensiallar farqi 6 mV bo‘lib, elektrodlar orasidagi masofa 12 mm. Elektr maydon kuchlanganligini aniqlang.

9. Nerv tolasi dipol sifatida modellashtirildi. Zaryadlar miqdori $1.5 \cdot 10^{-9}$ C, ular orasidagi masofa 1.2 mm. Dipol momentini aniqlang.

10. EKG apparatida ikkita nuqta orasidagi potensiallar farqi 1.5 mV, ko‘chirilayotgan zaryad esa $4.0 \cdot 10^{-6}$ C. Elektr maydon kuchlari bajargan ishni aniqlang.

11. Kardiologiya laboratoriyasida yurakning elektr faolligi “ekvivalent yurak dipoli” modeli asosida tahlil qilinmoqda. Soddalashtirish uchun depolyarizatsiya vaqtida yurak qutblanish markazlari orasida $q = 4.5 \cdot 10^{-9}$ C miqdordagi ekvivalent zaryadlar ajralishi va ular orasidagi masofa $l = 2.4$ cm deb olinadi. Pasiyent tanasining ko‘krak sohasida elektr maydon deyarli bir jinsli bo‘lib, $E = 1500$ V/m deb qabul qilinadi. Yurak dipolining shu maydon bilan hosil qilgan burchagi 35° ga teng. Shuningdek, ko‘krak qafasidagi ikkita nuqta orasidagi masofa 8.0 cm bo‘lib, shu yo‘nalishda maydon bir jinsli deb qaraladi.

Aniqlang:

a) yurakning ekvivalent dipol momentini;

b) dipolga ta’sir etuvchi aylantiruvchi momentni;

c) ko‘krak qafasidagi ikkita nuqta orasidagi potensiallar farqini;

d) agar EKG kuchaytirgichining kirish qarshiligi 2.0 MΩ bo‘lsa, shu potensiallar farqiga mos kirish tokini.

12. Neyrofiziologik tajribada bosh miya po‘stlog‘idagi faol va nisbatan sust ikki hudud orasidagi elektr maydon soddalashtirib dipol sifatida qaraladi. Ekvivalent zaryad $q = 8.0 \cdot 10^{-10}$ C, zaryadlar orasidagi masofa 6.0 mm. EEG elektrodlarining ikki nuqtasi orasidagi masofa 5.0 cm. Shu yo‘nalishda o‘rtacha maydon kuchlanganligi $3.0 \cdot 10^{-3}$ V/m deb topildi. EEG kuchaytirgichining kirish qarshiligi 10 MΩ.

Aniqlang:

a) dipol momentini;

b) elektrodlar orasidagi potensiallar farqini;

c) kirish tokini;

d) agar shu potensial 5000 marta kuchaytirilsa, chiqish kuchlanishini.

13. EMG tekshiruvda skelet mushagining faol zonasida ikkita sirt elektrod orasidagi masofa 2.5 cm. O‘lchash vaqtida o‘rtacha potensiallar farqi 3.8 mV bo‘ldi. Shu sohadagi to‘qima kesim yuzi 3.0 cm^2 va mushakning elektr o‘tkazuvchi yo‘li uzunligi ham elektrodlar orasidagi masofaga teng deb olinsin. Mushak

to‘qimasining solishtirma qarshiligi $\rho = 1.6\ \Omega\cdot m$. Tekshiruv vaqtida:
a) to‘qima qarshiligini;
b) tok kuchini;
c) tok zichligini;
d) 12 s ichida o‘tgan umumiy zaryadni aniqlang.

14. Yurakning elektr faoliyatini vektor-kardiografik model bilan tahlil qilishda uchta ortogonal yo‘nalish bo‘yicha dipol moment komponentlari topildi: $p_x = 4.0\cdot10^{-11}\ C\cdot m$, $p_y = 3.0\cdot10^{-11}\ C\cdot m$, $p_z = 1.5\cdot10^{-11}\ C\cdot m$. Aniqlang:
a) umumiy dipol moment modulini;
b) agar tashqi bir jinsli maydonning kuchlanganligi $E = 900\ V/m$ va u x-o‘qi bo‘ylab yo‘nalgan bo‘lsa, dipolning maydon bilan hosil qilgan burchagi kosinusini;
c) shu maydondagi potensial energiyani $U_p = -pE\cos\alpha$ formula bo‘yicha.

15. Ko‘krak qafasida bioelektrik manbani dipol emas, balki uchta o‘zaro perpendikulyar dipol komponentlarining yig‘indisi, ya’ni soddalashtirilgan multipol tizim sifatida qaraylik. Uch komponent orasidagi potensiallar farqlari alohida o‘lchovlarda mos ravishda 0.9 mV, 0.6 mV va 0.3 mV bo‘ldi. Agar qayd etuvchi kuchaytirgich bu uch komponentni ortogonal yig‘indi sifatida birlashtirsa, natijaviy signal amplitudasini toping. So‘ng, 2000 marta kuchaytirishdan keyingi kuchlanishni aniqlang.

16. EMG da mushak faoliyatining differensial qaydida ikkita elektroddan kelgan potensiallar mos ravishda $\varphi_1 = 5.4$ mV va $\varphi_2 = 3.1$ mV bo‘ldi. Shovqinni kamaytiruvchi differensial kuchaytirgich faqat ularning farqini kuchaytiradi. Kuchaytirish koeffitsienti 1500 ga teng. Kirish qarshiligi 5.0 MΩ. Aniqlang:
a) differensial kirish kuchlanishini;
b) chiqish kuchlanishini;
c) kirish tokini.

17. Bosh miya bioelektrik faoliyatining lokal o‘chog‘i dipol sifatida modellashtirildi. Dipol momenti $p = 7.5\cdot10^{-12}\ C\cdot m$. Elektr maydon kuchlanganligi $E = 0.020\ V/m$. Dipol maydon yo‘nalishi bilan 60° burchak hosil qiladi. Shu model

uchun:

a) aylantiruvchi momentni;

b) potensial energiyani;

c) agar dipol 60° dan 20° ga burilsa, potensial energiya qancha o‘zgarishini toping.

18. Qorin bo‘shlig‘i ichida joylashgan chuqur bioelektrik manbani qayd etishda elektrodlar orasidagi masofa 12 cm, o‘rtacha qayd etilgan kuchlanish esa 2.4 mV bo‘ldi. To‘qimaning shu yo‘nalishdagi solishtirma qarshiligi $\rho = 2.2\ \Omega\cdot m$, elektr oqimi uchun samarali kesim yuzi 9 cm^2 deb olinsin. Aniqlang:

a) elektr maydon kuchlanganligini;

b) to‘qima qarshiligini;

c) tok kuchini;

d) tok zichligini.

19. 12-kanalli EKG tizimida Einthoven uchburchagi modeli uchun I-ulanishda $U_I = 0.8$ mV, II-ulanishda $U_{II} = 1.1$ mV qayd etildi. Eyntxoven qonuniga ko‘ra:

$$U_{II} = U_I + U_{III}$$

shu asosda III-ulanish kuchlanishini toping. So‘ng, agar I-ulanish elektrod juftligining ekvivalent qarshiligi 600 kΩ, III-ulanishniki esa 750 kΩ bo‘lsa, har bir kanaldagi tokni aniqlang.

20. Ko‘p kanalli neuro-muskulyar monitoringda bir vaqtning o‘zida EEG va EMG signallari qayd qilindi. EEG kanalida potensiallar farqi 120 μV, kirish qarshiligi 12 MΩ. EMG kanalida esa potensiallar farqi 2.8 mV, kirish qarshiligi 3.0 MΩ. EEG elektrodlar orasidagi masofa 6 cm, EMG elektrodlar orasidagi masofa 2 cm. Shuningdek, EEG manbai uchun ekvivalent dipol momenti $5.0\cdot10^{-12}$ C·m, EMG manbai uchun $2.5\cdot10^{-10}$ C·m deb olinsin.

Aniqlang:

a) har ikki kanal bo‘yicha kirish toklarini;

b) har ikki kanal bo‘yicha elektr maydon kuchlanganligini;

c) dipol momentlari nisbatini;

d) nima sababdan EMG signali EEG signalidan kattaroq qayd etilishini fizik jihatdan izohlang.

IV. Bob yuzasidan nazorat va muhokama savollari:

1. Tirik to‘qimalarda elektr toki qanday zaryad tashuvchilar hisobiga yuzaga keladi?
2. Tok kuchi va tok zichligi o‘rtasidagi farq nimada?
3. Nega bir xil tok kuchi turli elektrod yuzalarida turlicha biologik ta’sir ko‘rsatadi?
4. Om qonuni tirik to‘qimalarga qanday shartlarda tatbiq etiladi?
5. To‘qimaning elektr qarshiligi qaysi omillarga bog‘liq?
6. Tok zichligi klinik amaliyotda nima uchun muhim?
7. Doimiy tokning birlamchi biologik ta’siri nimadan iborat?
8. Membrana potensiali va bioelektrik jarayonlar o‘rtasidagi bog‘lanish qanday?
9. Elektrodlarning materiali va yuzasi signal sifatiga qanday ta’sir qiladi?
10. Joule–Lenz qonuni tibbiy elektrotexnikada qanday namoyon bo‘ladi?
11. Galvanizatsiya usulining fizik asosi nimada?
12. Dorivor moddalarning elektroforezi qanday fizik prinsip asosida amalga oshadi?
13. Elektroforezda tok kuchi, vaqt va elektrod maydoni qanday rol o‘ynaydi?
14. Gazlarda elektr razryad qanday sharoitda yuzaga keladi?
15. Aeroionlar nima va ular qanday hosil bo‘ladi?
16. Aeroionlarning davolash-profilaktik ta’siri qanday fizik omillarga bog‘liq?
17. Elektr maydon, kuchlanish va potensial orasidagi bog‘lanish qanday?
18. Elektr dipol momenti nimani bildiradi?
19. Nima uchun yurak elektr faoliyati dipol modeli bilan tushuntiriladi?
20. Multipol model biologik manbalarni tasvirlashda nima uchun kerak?
21. EKG signali fizik jihatdan nimani qayd qiladi?
22. EEG va EMG signallari EKG dan qaysi xususiyatlari bilan farq qiladi?

23. Differensial kuchaytirgichlar bioelektrik signal yozishda nima uchun zarur?
24. Kiyiladigan ECG tizimlarining zamonaviy afzalliklari nimada?
25. Moslashuvchan elektrodlar tibbiyotda qaysi imkoniyatlarni kengaytirdi?
26. MRT qurilmasining ishlashi elektrodinamika bilan qanday bog‘liq?
27. AI asosidagi ECG va MRI tizimlari tashxis aniqligiga qanday ta’sir ko‘rsatmoqda?
28. Elektrodinamika qonunlari reabilitatsiya texnologiyalarida qanday qo‘llanadi?
29. Biotibbiyot muhandisi uchun bioelektrik tizimlarni modellashtirish nima uchun muhim?
30. Tirik organizmlarda elektr hodisalarini bilish diagnostika va davolashda qanday ustunlik beradi?

V. TIBBIYOTDA YORUG‘LIKNING FIZIK XOSSALARI.

Tayanch iboralar: yorug‘lik nuri, geometrik optika, sinish, qaytish, linza, optik kuch, fokus masofasi, refraksiya, ko‘z optikasi, lazer, oftalmik jarrohlik, issiqlik nurlanishi

Yorug‘likning tibbiyotdagi fizik xossalari, optik qonunlar, ko‘zning optik tizimi, ko‘rishdagi nuqsonlar va ularni tuzatish usullari, shuningdek quyosh va issiqlik nurlanishining davolashdagi xususiyatlaridan tibbiyotda juda keng foydalaniladi. Tibbiyotda yorug‘lik oddiy ko‘rish hodisasi emas, balki diagnostika, davolash, mikrojarrohlik, tasvirlash va energiyani aniq yetkazib berish vositasi sifatida qaraladi. Shu sababli geometrik optikaning asosiy qonunlari, linzalar, refraksiya, ko‘zning optik kuchi, nurlanish oqimi va yutilish qonunlari o‘zaro bog‘langan holda o‘rganiladi.

Geometrik optika nuqtai nazaridan tibbiy optik asboblar — oftalmoskop, biomikroskop, endoskop, operatsion mikroskop, dermatoskop va turli tasvirlovchi sistemalar — yorug‘likning to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalishi, qaytish va sinish qonunlariga asoslanadi.[7] Linza formulalari, optik kuch va kattalashtirish munosabatlari ayniqsa oftalmologiya, jarrohlik va diagnostik vizualizatsiyada muhimdir. Zamonaviy tibbiyotda optik koherens tomografiya, raqamli operatsion mikroskopiya va intraoperatsion tasvirlash tizimlari ko‘z va to‘qimalarning mikromorfologik tuzilishini real vaqt rejimida ko‘rsatish imkonini bermoqda.

Ko‘z va ko‘rish sistemasidagi kamchiliklarni fizik jihatdan tushuntirishda ko‘zning umumiy sindirish kuchi, to‘r parda tekisligida tasvir hosil bo‘lishi, akkomodatsiya va linza korreksiyasi asosiy o‘rin tutadi.[8] Miopiya, gipermetropiya, astigmatizm va presbiopiya singari holatlar optik kuchning yetishmasligi yoki ortiqligi, shuningdek optik sistema sirtlarining egriligi bilan bog‘liq. Ularni

[7] E. Ismailov, N. Mamatqulov, G‘. Xodjayev, N. Norboyev. Biofizika: darslik. Toshkent: Cho‘lpon nomidagi NMIU, 2013. — 138–142-betlar.

[8] Ismailov E., Mamatqulov N., Xodjayev G‘., Norboyev N. Biofizika: darslik. – Toshkent, 2012. – 130–150-betlar.

ko‘zoynak, kontakt linzalar, intraokulyar linzalar va lazerli refraktiv usullar yordamida tuzatish mumkin.

Ko‘z jarrohligidagi bugungi zamonaviy yutuqlar optika va lazerlar fizikasi bilan bevosita bog‘liq. Refraktiv jarrohlikda femtosekund lazerlar, eksimer lazerlar va SMILE kabi usullar cornea geometriyasini yuqori aniqlik bilan o‘zgartirib, sindirish kuchini qayta sozlaydi. Amerika Oftalmologiya Akademiyasi ma’lumotlariga ko‘ra, SMILE miopiya va astigmatizmni lazer yordamida kichik kesma orqali davolashga xizmat qiluvchi zamonaviy refraktiv usullardan biridir. Kornea jarrohligida femtosekund lazerli kesmalar, korneal tissue addition usullari va lazer yordamida shakllantirilgan transplant komponentlari ham rivojlanmoqda. Retina jarrohligi va davolashida esa lazer fotokoagulyatsiya hanuz muhim o‘rin tutadi, ayni paytda OCT asosidagi real vaqt nazorati va hatto teleguided retinal laser kabi yangi texnologiyalar paydo bo‘lmoqda. Shunday qilib, optika va lazer fizikasi nafaqat nazariy asos, balki zamonaviy ko‘z jarrohligining amaliy yuragi hisoblanadi.[9]

Quyosh nurlanishi va issiqlik nurlanishi tibbiyotda fizioterapiya, dermatologiya, reabilitatsiya va profilaktikada qo‘llanadi. Quyosh nuri ultrabinafsha, ko‘rinadigan va infraqizil qismlardan iborat bo‘lib, ularning biologik ta’siri turlicha. Issiqlik nurlanishi to‘qimalarda mahalliy qon aylanishini kuchaytirish, mushak spazmini kamaytirish va reabilitatsion ta’sir ko‘rsatish uchun ishlatiladi. Ammo uning dozasini, oqim zichligini va yutilish xususiyatlarini noto‘g‘ri baholash kuyish, ortiqcha qizish va to‘qima shikastlanishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli mazkur bobdagi masalalar yorug‘lik va nurlanishning fizik qonunlarini tibbiy amaliyot bilan bog‘lagan holda tuzilgan.

Ushbu bob uchun tayyorlangan masalalar jahon ilm-fani, tibbiyot va texnologiyalardagi zamonaviy yutuqlarni inobatga olgan holda ishlab chiqilgan. Ularni yechish orqali siz aziz talabalar optik tizimlarni modellashtirish, ko‘z refraksiyasini fizik jihatdan tahlil qilish, optik asboblarning ishlash prinsipini

[9] Davidovits P. Physics in Biology and Medicine: Third Edition. – Academic Press, 2008. – 214–237-betlar.

tushuntirish, yorug‘lik oqimi va nurlanish dozalarini hisoblash, lazer nurlarining to‘qimaga ta’sirini baholash kabi muhim kompetensiyalarni egallaydi. Bu esa biotibbiyot muhandisligi sohasida diagnostik qurilmalar, oftalmik texnologiyalar va optik davolash usullarini to‘g‘ri tushunish va amaliyotga tatbiq etish uchun zarurdir.

Mazkur bobda tayanuvchi asosiy qonun va qoidalar:

Yorug‘likning to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalish qonuni: geometrik optikada bir jinsli muhitda yorug‘lik nuri to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqaladi. Bu endoskop, oftalmoskop va kolimatorli optik sistemalarni tushuntirishda muhim.

Yorug‘likning qaytish qonuni: tushish burchagi qaytish burchagiga teng. Bu reflektorlar, ko‘zguli tizimlar va ko‘plab diagnostik optik qurilmalarda qo‘llanadi.

Sinish qonuni: sinish jarayonida nurlar uchun $n_1 \sin i = n_2 \sin r$ munosabat bajariladi. Ko‘zning optik muhitlari va linzali tizimlar uchun asosiy qonun hisoblanadi.

Yupqa linza formulasi: predmet va tasvir masofalari bilan fokus masofasi o‘rtasidagi bog‘lanishni beradi. Ko‘zoynak, kontakt linza, mikroskop va oftalmik tizimlarda qo‘llanadi. Optik kuch qoidasi: linzaning sindirish qobiliyati dioptriya bilan ifodalanadi. Refraksiya nuqsonlarini tuzatishda markaziy o‘rin tutadi. Energiya oqimi va intensivlik qoidasi: nurlanish quvvati va maydon birligi orasidagi bog‘lanish yorug‘lik va issiqlik ta’sirini miqdoriy baholash imkonini beradi.

Asosiy formulalar:

Yorug’likning muhitdagi tezligini aniqlash	$\vartheta_{muh} = \frac{c}{n}$
Yorug’likning qaytish qonuni	$\alpha = \beta$
Yorug’likning sinish qonuni	$\frac{sin\alpha}{sin\gamma} = \frac{n_2}{n_1}$
To’la ichki qaytish	$sin\alpha = \frac{n_2}{n_1}$
Yorug’likning to’lqin uzunligi	$\lambda = \frac{c}{\nu} = c \cdot T$

Havo yoki bo'shliqda turgan yig'uvchi linzaning optik kuchi	$\boldsymbol{D = \frac{1}{F} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}$
Yig'uvchi linzada haqiqiy tasvir hosil bo'lsa yig'uvchi linza formulasi	$\boldsymbol{D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}}$
Nuqsonli ko'zning taqishi kerak bo'lgan ko'zoynakning optik kuchi	$\boldsymbol{D = \frac{l - l_0}{l \cdot l_0}}$
Buger qonuni	$\boldsymbol{I = I_0 e^{-\alpha x}}$
Nurlanish oqimi	$\boldsymbol{\Phi_e = \frac{W}{t}}$
Nurlanishning spektral zichligi (Reley – Jins qonuni)	$\boldsymbol{r_\lambda = \frac{2\pi kT}{\lambda^2}}$
Qora jismning nurlanishi (Stefan – Bolsman qonuni)	$\boldsymbol{R_e = \sigma T^4}$
Vinning siljish qonuni	$\boldsymbol{b = \lambda_m T}$
Fotonning energiyasi $h = 6{,}62 \cdot 10^{-34} j \cdot s$	$\boldsymbol{E = h\nu;\ \ E = \frac{hc}{\lambda};\ E = mc^2}$

1. Oftalmologik biomikroskopda ishlatiladigan yig‘uvchi linzaning fokus masofasi 6.0 cm. Ko‘zning old segmentidagi patologik o‘zgarish linzadan 8.0 cm masofada joylashgan deb olinsin. Ushbu optik tizim orqali hosil bo‘ladigan oraliq tasvirning qayerda paydo bo‘lishini, chiziqli kattalashtirishni va agar patologik o‘choqning haqiqiy balandligi 1.2 mm bo‘lsa, tasvir balandligini aniqlash talab qilinadi. So‘ng, agar kuzatuvchi okulyar orqali shu oraliq tasvirni yana 5 marta kattalashtirib ko‘rsa, umumiy kattalashtirishni toping.

Masala shartida berilgan fizik kattaliklar	Yechilishi
F = 6.0 cm	Bu masalada yupqa linza formulasi qo‘llanadi. Formula: 1/F = 1/d + 1/f. Bu yerda F — fokus masofasi, d — predmetdan linzagacha masofa, f — tasvirdan linzagacha masofa.
d = 8.0 cm	Avval tasvir masofasini topamiz: 1/f = 1/F − 1/d = 1/6 − 1/8. Umumiy maxraj 24 bo‘ladi: 1/f = 4/24 − 3/24 = 1/24. Demak, f = 24 cm. Bu shuni anglatadiki, oraliq tasvir linzadan 24 sm uzoqlikda hosil bo‘ladi.
h = 1.2 mm	Endi chiziqli kattalashtirishni topamiz. Formula: k = f/d. Bu yerda k = 24/8 = 3. Demak, linzaning o‘zi predmetni 3 marta kattalashtiradi.
Okulyar kattalashtirishi = 5 marta	Tasvir balandligini topamiz: h' = k·h = 3 · 1.2 = 3.6 mm. Demak, linzadan keyingi oraliq tasvir balandligi 3.6 mm bo‘ladi.
Topilsin: f, k, h', k_{um}	Endi umumiy kattalashtirishni topamiz. Agar okulyar oraliq tasvirni yana 5 marta kattalashtirsa, umumiy kattalashtirish: k_{um} = 3 · 5 = 15. Yakuniy javoblar: f = 24 cm, k = 3, h' = 3.6 mm, umumiy kattalashtirish 15 marta. Bu optik tizim biomikroskopiyada juda kichik patologik elementlarni aniq ko‘rish imkonini beradi.

2. Ko‘rish qobiliyatida nuqsoni bor bemorning uzoq nuqtasi 50 cm da joylashganligi aniqlangan. Bu bemor uzoqdagi predmetlarni ravshan ko‘ra olmaydi. Shifokor unga uzoqni ko‘rish uchun mos ko‘zoynak tanlamoqchi. So‘ng shu bemor o‘qish uchun 25 cm masofadagi matnni ko‘rishi kerak bo‘lganda qanday holat yuzaga kelishini ham tahlil qilmoqchi. Linza ko‘zga juda yaqin joylashgan deb qabul qiling.

Masala shartida berilgan fizik kattaliklar	Yechilishi
Uzoq nuqta = 50 cm = 0.50 m	Uzoq nuqtaning cheksizlikda emas, 50 sm da bo‘lishi miyopiyaga xos. Demak, bemorga sochuvchi linza kerak bo‘ladi. Uzoqdagi predmetlar uchun kelayotgan parallel nurlar ko‘zga kirishdan oldin shunday o‘zgartirilishi kerakki, ular bemorning uzoq nuqtasida mavhum tasvir bersin.
d = ∞	Uzoqdagi predmet uchun linza formulasi soddalashadi. Parallel nurlar uchun tasvir linzaning fokusida hosil bo‘ladi. Miyopiyada bu fokus bemorning uzoq nuqtasiga mos kelishi kerak. Shuning uchun F = −0.50 m. Manfiy ishora linzaning sochuvchi ekanini bildiradi.
O‘qish masofasi = 25 cm = 0.25 m	Linzaning optik kuchi: D = 1/F = 1/(−0.50) = −2.0 dptr. Demak, uzoqni ko‘rish uchun −2.0 dioptriyali linza kerak bo‘ladi.
Topilsin: **F, D**	Endi mazkur linza taqilgan holda 25 cm dagi matnni ko‘rish holatini tahlil qilamiz. Formula: 1/F = 1/d + 1/f. Bu yerda F = −0.50 m, d = 0.25 m. Demak: −2 = 4 + 1/f. Bundan 1/f = −6, f = −0.167 m. Bu mavhum tasvirning 16.7 sm masofada hosil bo‘lishini bildiradi. Ya’ni uzoqni tuzatuvchi linza yaqin o‘qish masofasida predmet tasvirini ko‘zga undan ham yaqinroq mavhum holatga keltiradi. Yakuniy javob: F = −0.50 m, D = −2.0 dptr. Bu miyopiyani tuzatadi, lekin yaqin ko‘rishda qo‘shimcha akkomodatsiya talab etiladi.

3. Fizioterapiya bo‘limida infraqizil nurlatgich yordamida bemorning bel sohasiga issiqlik muolajasi o‘tkazilmoqda. Nurlatgichning quvvati 180 W. Nurlanishning 65% qismi faol sohaga yetib boradi, shundan esa 55% qismi

to‘qimalar tomonidan yutiladi. Muolaja 12 minut davom etadi. Faol nurlanayotgan sohaning yuzi 0.045 m^2. Shu sohadagi yumshoq to‘qimaning samarali massasi 0.28 kg, o‘rtacha solishtirma issiqlik sig‘imi esa 3400 J/(kg·°C) deb olinsin.

Quyidagilarni aniqlang:

1. faol sohaga yetib kelgan quvvatni;
2. to‘qima tomonidan yutilgan haqiqiy quvvatni;
3. butun muolaja davomida yutilgan energiyani;
4. agar barcha energiya faqat shu massa temperaturasini oshirishga sarflansa, nazariy temperatura ko‘tarilishini.

Masala shartida berilgan fizik kattaliklar	**Yechilishi**
P = 180 W	Avvalo faol sohaga yetib keladigan quvvatni topamiz. Nurlanishning 65% qismi faol maydonga tushmoqda. Demak, $P_1 = P \cdot 0.65$.
$\eta_1 = 0.65$	Hisoblaymiz: $P_1 = 180 \cdot 0.65 = 117$ W. Bu nurlatgichdan chiqqan energiyaning faol soha tomon yo‘naltirilgan qismidir.
$\eta_2 = 0.55$	Endi to‘qimalar tomonidan haqiqiy yutilgan quvvatni topamiz: $P_2 = P_1 \cdot 0.55 = 117 \cdot 0.55 = 64.35$ W. Bu qiymat aynan organizm olgan foydali issiqlik oqimini ifodalaydi.
t = 12 min = 720 s	Endi umumiy yutilgan energiya: $E = P_2 \cdot t = 64.35 \cdot 720 = 46332$ J. Demak, muolaja davomida to‘qima taxminan $4.63 \cdot 10^4$ J energiya qabul qiladi.
S = 0.045 m^2	Faol maydon bu masalada quvvat zichligini topish uchun kerak bo‘lishi mumkin, lekin berilgan savollar uchun asosiy natijalarga ta’sir qilmaydi. Shunga qaramay, bu maydon nurlanishning klinik taqsimlanishini tavsiflaydi.
m = 0.28 kg	Endi nazariy temperatura ko‘tarilishini topamiz. Formula:

	$\Delta T = E/(cm)$.
c = 3400 J/(kg·°C)	Hisoblaymiz: $\Delta T = 46332 / (3400 \cdot 0.28) = 46332 / 952 = 48.67°C$. Bu ideal, soddalashtirilgan natija bo‘lib, real klinik holatda bunga qon aylanishi, issiqlik tarqalishi va bug‘lanish yo‘l qo‘ymaydi.
Topilsin: P_1, P_2, E, ΔT	Yakuniy javoblar: faol sohaga yetib kelgan quvvat 117 W, haqiqiy yutilgan quvvat 64.35 W, umumiy yutilgan energiya 46332 J, nazariy temperatura ko‘tarilishi 48.67°C. Real klinik amaliyotda bu qiymat ancha kichik bo‘ladi, chunki organizm termoregulyatsiya orqali ortiqcha issiqlikni olib ketadi.

5.1-§. Geometrik optikaning asosiy qonunlari. Tibbiyotda optik asboblar.

1. Oftalmoskopik tekshiruvda shifokor ko‘zning optik muhiti uchun soddalashtirilgan modeldan foydalanmoqda. Yorug‘lik havodan ko‘z shox pardasiga tushadi. Havoning sindirish ko‘rsatkichi $n_1 = 1.00$, shox pardaniki $n_2 = 1.38$. Yorug‘lik nuri 30° burchak ostida tushmoqda. Sinish burchagini aniqlang.

2. Lupa sifatida ishlatilayotgan oddiy yig‘uvchi linzaning fokus masofasi 10 cm. Shu linzaning optik kuchini aniqlang.

3. Dermatoskopda ishlatiladigan linzaning fokus masofasi 5 cm. Optik kuchini aniqlang.

4. Laboratoriya mikroskopida predmet linzadan 3 cm masofada joylashgan. Linzaning fokus masofasi 2 cm. Tasvir linzadan qanday masofada hosil bo‘lishini aniqlang.

5. Tibbiy lupa yordamida 2 mm o‘lchamli teri elementi kuzatildi. Tasvirning balandligi 8 mm bo‘ldi. Kattalashtirishni aniqlang.

6. Endoskopning optik qismida ishlatilgan linzaning optik kuchi 25 dioptriya. Fokus masofasini aniqlang.

7. Ko‘zoynak linzasining optik kuchi +2.5 dptr. Fokus masofasini aniqlang.

8. Shox parda va oldingi kamera chegarasiga 40° burchak ostida yorug‘lik tushmoqda. Birinchi muhitning sindirish ko‘rsatkichi 1.38, ikkinchi muhitniki 1.33. Sinish burchagini aniqlang.

9. Oftalmologik qurilmada 1.5 cm balandlikdagi test-obyektning tasviri 4.5 cm bo‘lib chiqdi. Kattalashtirishni toping.

10. Biomikroskop linzasining fokus masofasi 8 cm, predmet esa 12 cm masofada joylashgan. Tasvir qayerda hosil bo‘lishini aniqlang.

11. Oftalmologiya bo‘limida bemorning ko‘z optik tizimini soddalashtirilgan bitta yig‘uvchi linza modeli sifatida tahlil qilish topshirildi. Uzoqdagi obyekt ko‘zga deyarli parallel nurlar yuboradi va bu nurlar to‘r pardada aniq tasvir hosil qilishi kerak. Ko‘zning umumiy optik kuchi 60 dptr deb olinsin. To‘r parda bilan ko‘zning ekvivalent optik markazi orasidagi masofa 1.67 cm deb qabul qilinsin. Endi bemor 25 cm masofadagi matnni o‘qimoqchi bo‘lsa, ko‘z akkomodatsiyasiz holatda tasvir qayerda hosil bo‘lishini hisoblang. So‘ng bu holatda tasvir to‘r pardaga tushishi uchun zarur bo‘lgan yangi optik kuchni aniqlang.

12. Mikroxirurgiyada ishlatiladigan operatsion mikroskopning obyektivi fokus masofasi 4.0 cm bo‘lgan yig‘uvchi linzadan iborat. Jarroh ko‘rayotgan biologik obyekt linzadan 5.0 cm masofada turibdi. Tasvirning qayerda hosil bo‘lishini va obyektga nisbatan chiziqli kattalashtirishni aniqlang. So‘ng, agar obyektning haqiqiy o‘lchami 0.80 mm bo‘lsa, hosil bo‘lgan tasvir o‘lchamini toping.

13. Retinoskopiya tekshiruvida ko‘z modeli uchun ko‘zning optik kuchi 58 dptr deb baholandi. To‘r parda bilan optik markaz orasidagi masofa 1.72 cm. Bemorning ko‘zi uzoqdagi predmetga moslashgan holda ham tasvir to‘r pardadan 0.04 cm oldinda hosil bo‘lishi aniqlandi. Bu ko‘zning yaqin yoki uzoqni ko‘rish nuqsoniga mos kelishini aniqlang va nuqsonni to‘g‘rilash uchun zarur tashqi linza optik kuchini hisoblang. Hisoblashni soddalashtirish uchun ekvivalent fokus masofalar bilan ishlang.

14. Endoskopik optik tizimda ketma-ket joylashgan ikkita linza ishlatiladi. Birinchi linzaning fokus masofasi 3 cm, ikkinchi linzaniki 6 cm. Obyekt birinchi

linzadan 4 cm oldinda joylashgan. Birinchi linza hosil qilgan tasvir ikkinchi linza uchun predmet vazifasini bajaradi va u ikkinchi linzadan 8 cm masofada joylashgan deb olinsin. Birinchi va ikkinchi bosqich uchun tasvir masofalarini va umumiy kattalashtirishni aniqlang.

15. Oftalmologik biomikroskopiyada havo, shox parda va oldingi kamera suyuqligi orqali o‘tuvchi yorug‘lik yo‘li tahlil qilinmoqda. Yorug‘lik havodan shox pardaga 25° burchak bilan tushadi. Shox pardaning sindirish ko‘rsatkichi 1.38. So‘ng nur shox pardadan oldingi kamera suyuqligiga o‘tadi; bu suyuqlikning sindirish ko‘rsatkichi 1.336. Shox parda ichidagi nur burchagini va oldingi kamera suyuqligidagi nur burchagini toping.

16. Laringoskop optik tizimida ishlatilgan yig‘uvchi linza yordamida shilliq qavatdagi 1.2 mm lik patologik element kattalashtirib kuzatilmoqda. Linzaning fokus masofasi 2.5 cm, obyekt linzadan 3.0 cm masofada. Tasvir qayerda hosil bo‘lishini, kattalashtirishni va tasvir o‘lchamini aniqlang.

17. Tibbiy videomikroskopda obyektiv linza fokus masofasi 1.8 cm. Preparat obyektivdan 2.0 cm masofada joylashgan. Hosil bo‘lgan oraliq tasvir keyinchalik raqamli sensorga uzatiladi. Obyektning haqiqiy balandligi 0.50 mm. Oraliq tasvir masofasini, kattalashtirishni va tasvir balandligini aniqlang. So‘ng, agar sensor pikselining balandligi 5 μm bo‘lsa, tasvir necha pikselga teng bo‘lishini hisoblang.

18. Oftalmologik ko‘zoynak tanlashda bemorning uzoq nuqtasi 80 cm da ekanligi aniqlandi. Bemor uzoqdagi predmetlarni aniq ko‘rishi uchun ko‘z oldiga qanday optik kuchli linza qo‘yilishi kerak? Linza ko‘zga juda yaqin joylashgan deb olinsin. Linzaning uzoqdagi parallel nurlarni bemorning uzoq nuqtasiga moslab berishi talab etiladi.

19. Jarrohlik mikroskopida ikki bosqichli kattalashtirish ishlatiladi. Birinchi bosqich obyektiv 6 marta kattalashtiradi, ikkinchi bosqich okulyar esa 12 marta kattalashtiradi. Mikrojarrohlik obyektining haqiqiy o‘lchami 0.35 mm bo‘lsa:
a) umumiy kattalashtirishni;
b) kuzatilayotgan ko‘rinma tasvir o‘lchamini;

c) agar qo‘shimcha 1.5 marta zoom moduli ulansa, yangi umumiy kattalashtirishni va tasvir o‘lchamini aniqlang.

20. Katarakta operatsiyasidan keyin sun’iy linza optik kuchini baholash uchun soddalashtirilgan model qo‘llanmoqda. Ko‘zning qolgan optik qismlarining umumiy optik kuchi 43 dptr deb olinsin. Parallel tushayotgan nurlarni to‘r pardaga tushirish uchun ko‘zning umumiy optik kuchi 60 dptr bo‘lishi kerak. Implantatsiya qilinadigan sun’iy linzaning zarur optik kuchini toping. So‘ng, agar amalda 18 dptr li linza qo‘yilgan bo‘lsa, umumiy optik kuch qanday bo‘lishini va fokus masofasi qancha bo‘lishini aniqlang.

5.2-§. Ko‘z va ko‘rish sistemasidagi kamchiliklar va ularni bartaraf qilish.

1. Bemor uzoqdagi predmetlarni aniq ko‘ra olmaydi. Tekshiruvda uning uzoq nuqtasi 0.80 m da ekanligi aniqlandi. Ko‘zga yaqin joylashgan qanday optik kuchli ko‘zoynak linzasi bu nuqsonni tuzatadi?

2. Bemor kitobni 50 cm dan yaqin masofada aniq ko‘ra olmaydi. Normal ko‘rishda yaqin nuqta 25 cm deb olinadi. Bemor 25 cm masofadagi matnni ko‘ra olishi uchun qanday optik kuchli linza kerak?

3. Ko‘zoynak linzasining optik kuchi -2.0 dptr. Uning fokus masofasini aniqlang.

4. Ko‘zoynak linzasining optik kuchi +4.0 dptr. Fokus masofasini toping.

5. Bemorning uzoq nuqtasi 2.0 m da. Miyopiyani tuzatish uchun qanday optik kuchli linza kerak?

6. Gipermetrop bemor 40 cm dan yaqin narsani aniq ko‘ra olmaydi. U 25 cm dagi predmetni ko‘ra olishi uchun qanday optik kuch kerak?

7. Presbiopiya bilan bog‘liq holda bemorning yaqin nuqtasi 80 cm bo‘lib qolgan. U 25 cm masofada kitob o‘qimoqchi. Kerakli ko‘zoynak kuchini toping.

8. Bemorning ko‘zi uzoqdagi predmetlarni aniq ko‘rishi uchun umumiy optik kuch 59 dptr bo‘lishi kerak, ammo amalda ko‘zning optik kuchi 61 dptr. Nuqson turi va tuzatish uchun kerakli linza kuchini aniqlang.

9. Ko‘zning optik tizimi 56 dptr bo‘lib, normal aniq ko‘rish uchun 60 dptr talab etiladi. Qanday nuqson kuzatiladi va qanday linza kerak?

10. Kontakt linza kuchi -3.0 dptr. Agar fokus masofasi metrda hisoblanadigan bo‘lsa, uning qiymatini toping.

11. Oftalmologik tekshiruvga kelgan 19 yoshli talaba uzoqdagi yozuvlarni loyqa ko‘rishidan shikoyat qildi. Tekshiruv vaqtida uning uzoq nuqtasi 0.50 m da ekanligi aniqlandi. Talaba auditoriyada doskaga bemalol qaray olishi uchun uzoqdagi, ya’ni cheksiz uzoqdagi predmetlardan kelayotgan nurlar ko‘zga shunday tushishi kerakki, ular ko‘z ichida aynan 0.50 m uzoq nuqtaga mos keladigan holatda sinishi lozim. Ko‘zoynak linzasi ko‘zga juda yaqin taqilgan deb hisoblang. So‘ng, agar ushbu talaba keyinchalik kontakt linza taqsa va kontakt linza amalda ko‘z bilan deyarli tutashgan bo‘lsa, optik kuch qanday bo‘lishini ham aniqlang.

12. 52 yoshli bemorda yoshga bog‘liq akkomodatsiya susayishi kuzatilmoqda. U matnni 60 cm dan yaqin masofada aniq ko‘ra olmaydi, lekin uzoqni yaxshi ko‘radi. Bemor odatdagi 25 cm masofada kitob o‘qishni xohlaydi. Ko‘zoynak linzasi qanday optik kuchga ega bo‘lishi kerakligini aniqlang. Shuningdek, bemor telefon ekranini 33 cm masofada ko‘rish uchun qaysi optik kuch yetarli bo‘lishini ham hisoblang.

13. Bemorning ko‘z optik tizimi soddalashtirilgan holda 62 dptr umumiy kuchga ega deb topildi. To‘r pardaning optik markazdan masofasi 1.67 cm deb olinsin. Uzoqdagi predmetlar uchun ko‘zning ideal optik kuchi 59.9–60.0 dptr atrofida bo‘lishi kerak deb qabul qilinsin. Bemorning nuqson turi va taxminiy dioptrik xatosini aniqlang. So‘ng, agar bemor -1.5 dptr li linza taqsa, umumiy optik kuch nima bo‘ladi va bu holatda nuqson to‘liq tuzatiladimi?

14. Gipermetrop bemorda yaqin nuqta 1.0 m da. U laboratoriyada mikroskop bilan ishlash paytida ko‘zini zo‘riqtirmasdan 25 cm masofadagi shkalani ko‘rishi kerak. Kerakli ko‘zoynak kuchini aniqlang. So‘ng, agar unga noto‘g‘ri ravishda +2.0 dptr linza berilsa, u 25 cm dagi predmetning mavhum tasvirini qaysi masofada ko‘radi?

15. Ko‘z kasalliklari bo‘limida ikki bemor tekshirildi. Birinchi bemorda uzoq nuqta 40 cm, ikkinchi bemorda esa yaqin nuqta 80 cm. Birinchi bemor doskaga qarashda, ikkinchisi esa kitob o‘qishda qiynaladi. Har ikki bemor uchun:
a) nuqson turini aniqlang;
b) mos ko‘zoynak kuchini hisoblang;
c) qaysi bemorda akkomodatsion muammo, qaysi birida sindirish kuchining ortiqligi kuzatilayotganini tushuntiring.

16. Katarakta operatsiyasidan keyin sun’iy ko‘z ichi linzasi implantatsiya qilindi. Ko‘zning qolgan optik tizimi 42 dptr kuchga ega deb olinsin. To‘r pardaga parallel nurlarni aniq tushirish uchun umumiy optik kuch 60 dptr bo‘lishi kerak. Kerakli sun’iy linza kuchini hisoblang. So‘ng, agar amalda +19 dptr linza o‘rnatilgan bo‘lsa, umumiy optik kuch nechaga teng bo‘ladi va natijada ko‘z miyopikmi yoki gipermetropikmi bo‘lib qoladi?



5.2.1-rasm

17. Oftalmologik tadqiqotda bemorning ko‘zi yaqin predmetni ko‘rayotganda umumiy optik kuchi 63 dptr gacha oshishi aniqlandi. Uzoqqa qaraganda esa optik kuch 59 dptr. Bemorning akkomodatsiya hajmini dioptriyada toping. Agar u 33 cm masofadagi matnni o‘qishi kerak bo‘lsa, zarur optik kuchni aniqlang va mavjud akkomodatsiya bunga yetarlimi yo‘qmi baholang.

18. Biotibbiyot muhandisligi laboratoriyasida ko‘z modeli qurildi. Modelda ko‘zning umumiy optik kuchi 57 dptr bo‘lib, bu ko‘z uzoqdagi predmetni to‘r pardaga tushirish uchun yetarli emas. To‘r parda bilan optik markaz orasidagi masofa 1.67 cm. Kerakli ideal kuch 60 dptr deb oling. Qanday linza bilan tuzatish kerakligini aniqlang. So‘ng, agar bemor 25 cm dagi matnni ko‘rmoqchi bo‘lsa va uzoqni korreksiyalovchi linza taqib turgan bo‘lsa, qo‘shimcha o‘qish linzasi nechchi dioptriya bo‘lishi kerak?

19. Ikki bemorning refraksiyasi solishtirilmoqda. Birinchi bemor -4.0 dptr ko‘zoynak taqadi. Ikkinchi bemor +2.5 dptr ko‘zoynak taqadi. Birinchi bemorning

uzoq nuqtasi va ikkinchi bemorning 25 cm dagi matnni linzasiz ko‘rishi uchun yaqin nuqtasi qanday bo‘lishi kerakligini aniqlang.

20. Murakkab klinik holatda bemorda bir ko‘zida yengil miyopiya, ikkinchi ko‘zida esa yoshga bog‘liq yaqin ko‘rish pasayishi kuzatilmoqda. O‘ng ko‘zning uzoq nuqtasi 1.0 m, chap ko‘zning yaqin nuqtasi esa 70 cm. O‘ng ko‘z uchun uzoqni ko‘rish korreksiyasini, chap ko‘z uchun esa 30 cm masofada o‘qish korreksiyasini toping. So‘ng, agar progressiv linza tanlanayotgan bo‘lsa, uning yuqori qismi va pastki qismi optik kuchlari qanday bo‘lishi kerakligini ko‘rsating.

5.3-§. Quyosh nurlanishi. Davolash maqsadlarida ishlatiluvchi issiqlik nurlanishi.

1. Rentgen kabinetida biror organ tekshiruvi vaqtida bemor to‘qimasining 0.40 kg qismi 0.008 J energiya yutdi. Yutilgan dozani aniqlang.

2. Gamma-nurlanish ta’sirida to‘qimada yutilgan doza 0.015 Gy bo‘ldi. Gamma-nurlar uchun nurlanish og‘irlik koeffitsienti $W_R = 1$ deb olinsin. Ekvivalent dozani aniqlang.

3. Beta-nurlanish manbaining yarim yemirilish davri 8 soat. Boshlang‘ich aktivlik 160 MBq bo‘lsa, 8 soatdan keyingi aktivlikni aniqlang.

4. Lazer fizioterapiyasida quvvati 20 mW bo‘lgan lazer 120 s davomida ishlatildi. To‘qimaga berilgan energiyani aniqlang.

5. Lazer nuri 2.0 cm^2 yuzaga tushmoqda. Lazer quvvati 50 mW. Nurlanish intensivligini aniqlang.

6. To‘lqin uzunligi 650 nm bo‘lgan tibbiy lazerning chastotasini aniqlang. Yorug‘lik tezligi $c = 3.0 \cdot 10^8$ m/s.

7. Infraqizil tibbiy lazerning quvvati 80 mW, ta’sir vaqti 30 s. To‘qimaga nechta joul energiya beriladi?

8. Alpha-zarralar bilan nurlanishda yutilgan doza 0.002 Gy bo‘ldi. Alpha-zarralar uchun og‘irlik koeffitsienti $W_R = 20$ deb olinsin. Ekvivalent dozani aniqlang.

9. Yarim yemirilish davri 6 soat bo‘lgan radiofarmpreparatning aktivligi 48 MBq. 12 soatdan keyin aktivlikni aniqlang.

10. Yashil lazerning to‘lqin uzunligi 532 nm. Bir foton energiyasini aniqlang. Plank doimiysi $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$ J·s, yorug‘lik tezligi $c = 3.0 \cdot 10^{8}$ m/s.

11. Yadro tibbiyot bo‘limida qalqonsimon bezni tekshirish uchun bemorga radiofarmpreparat yuborildi. Preparatning boshlang‘ich aktivligi 120 MBq bo‘lib, uning yarim yemirilish davri 13 soat deb olinsin. Tekshiruvdan 26 soat o‘tgach, organizmda qolgan aktivlikni aniqlash talab qilindi. Shu bilan birga, agar shu vaqt oralig‘ida preparatning o‘rtacha aktivligi boshlang‘ich va yakuniy aktivliklarning arifmetik o‘rtachasi deb qabul qilinsa va 1 Bq = 1 parchalanish/s bo‘lsa, 26 soat davomida jami nechta parchalanish sodir bo‘lganini baholang.

12. Onkologik radioterapiya vaqtida o‘sma to‘qimasining 0.25 kg qismi 1.5 J energiya yutdi, atrofdagi sog‘lom to‘qimaning 0.40 kg qismi esa 0.36 J energiya yutdi. Yutilgan doza bo‘yicha o‘sma va sog‘lom to‘qimalarni taqqoslang. So‘ng, agar nurlanish gamma-nurlanish bo‘lib, $W_R = 1$ deb olingan bo‘lsa, ekvivalent dozalarni ham hisoblang.

13. Radiologiya bo‘limida xodimning bir oy davomida olgan nurlanish yuklamasi tahlil qilindi. Oy davomida u 4 marta rentgen apparati bilan ishlagan va har safar 0.15 mGy doza olgan. Bundan tashqari, bir marta gamma-nurlanish manbasi bilan ishlashda 0.08 mGy doza olgan. Rentgen va gamma-nurlanish uchun $W_R = 1$ deb olinadi. Xodimning shu oy uchun umumiy yutilgan va ekvivalent dozasini aniqlang.

14. Lazer jarrohlikda yumshoq to‘qimani kesish uchun 12 W quvvatli lazer ishlatilmoqda. Nur diametri 0.8 mm bo‘lgan dumaloq dog‘ga fokuslangan. Lazer 0.20 s davomida bitta nuqtaga ta’sir qildi. Shu nuqtaga tushgan energiyani va nur intensivligini aniqlang. $\pi = 3.14$ deb oling.

15. Fizioterapiyada past quvvatli lazer terapiyasi qo‘llanmoqda. Qurilma 35 mW quvvatli qizil lazer chiqaradi. Nur diametri 2.0 mm bo‘lib, muolaja bir nuqtaga 90 s davomida o‘tkaziladi. So‘ng shu nuqta yonidagi ikkinchi nuqtaga

ham xuddi shunday ta’sir beriladi. Har ikkala nuqta uchun umumiy energiyani va bitta nuqtadagi intensivlikni aniqlang.

16. Gamma-nurlanish manbai bilan sterilizatsiya qilinayotgan tibbiy materialning 1.2 kg qismi 3.6 J energiya yutdi. Shu doza bir xil bo‘lgan holda, agar inson to‘qimasining 0.30 kg qismi shuncha energiya yutganida qanday yutilgan doza hosil bo‘lishini taqqoslang. Gamma uchun $W_R = 1$.

17. Neyroxirurgiyada lazer koagulyatsiyasi uchun 8 W quvvatli lazer ishlatilmoqda. Lazer 0.15 s davomida qo‘llanadi va nur 0.5 mm diametrli nuqtaga fokuslanadi. Koagulyatsiya sohasi massasi taxminan 2.5 mg, to‘qimaning o‘rtacha issiqlik sig‘imi 3600 J/(kg·°C) deb olinsin. Tushgan energiya to‘liq shu sohaga yutiladi, deb soddalashtirib hisoblang.

Aniqlang:

a) yutilgan energiyani;

b) nazariy temperatura oshishini.

18. Yadro tibbiyotda ishlatilayotgan radioizotopning yarim yemirilish davri 6 soat. Boshlang‘ich aktivlik 96 MBq. Preparat yuborilgandan 18 soat o‘tgach:

a) qolgan aktivlikni;

b) shu vaqtgacha yo‘qolgan aktivlik ulushini foizda;

c) agar 18 soat oxirida faqat 12% preparat organizmda biologik yo‘l bilan ham chiqarilmagan bo‘lsa, fizik yemirilish va biologik saqlanish birgalikdagi amaliy aktivlikni aniqlang.

19. Oftalmologiyada retina fotokoagulyatsiyasi uchun 0.25 W quvvatli lazer qo‘llanadi. Har bir impuls davomiyligi 0.10 s, bitta dog‘ diametri 200 μm. Muolajada jami 120 ta impuls berildi. Har bir impulsda tushgan energiyani, jami energiyani va bitta dog‘dagi quvvat zichligini aniqlang. $\pi = 3.14$ deb oling.

20. Radiatsion xavfsizlik bo‘yicha murakkab holat ko‘rib chiqilsin. Tibbiy xodim bir hafta ichida quyidagi nurlanishlarni oldi:

1. rentgen diagnostikasidan 0.40 mGy,
2. gamma-manbadan 0.20 mGy,

3. alpha-zarracha bilan ifloslanish natijasida 0.003 mGy. Rentgen va gamma uchun $W_R = 1$, alpha uchun $W_R = 20$ deb olinsin.
   Shu ma’lumotlar asosida:
   a) har bir nurlanish turi uchun ekvivalent dozani;
   b) umumiy ekvivalent dozani;
   c) alpha-zarralarning umumiy ekvivalent dozadagi ulushini foizda aniqlang.

V. Bob. Yuzasidan nazorat va muhokama savollari:

1. Geometrik optika nimani o‘rganadi?
2. Yorug‘likning to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalishi qaysi tibbiy asboblarda muhim?
3. Qaytish qonuni tibbiyotda qaysi optik tizimlarda qo‘llanadi?
4. Sinish hodisasi ko‘z optikasida qanday rol o‘ynaydi?
5. Snell qonuni ko‘zning qaysi muhitlari uchun muhim?
6. Linzaning fokus masofasi va optik kuchi orasidagi bog‘lanish qanday?
7. Tibbiy mikroskopning kattalashtirish prinsipi nimaga asoslanadi?
8. Oftalmoskop qanday fizik qonunlar asosida ishlaydi?
9. Endoskopik optik tizimda yorug‘lik qanday yo‘naltiriladi?
10. Ko‘zning umumiy optik kuchi nimani bildiradi?
11. Miopiya fizik nuqtai nazardan qanday tushuntiriladi?
12. Gipermetropiya va presbiopiya o‘rtasidagi farq nimada?
13. Astigmatizm qanday optik sabab bilan yuzaga keladi?
14. Refraksiya nuqsonlarini ko‘zoynak bilan tuzatish prinsipi nimadan iborat?
15. Kontakt linzalar ko‘zoynakdan qaysi jihatlari bilan farq qiladi?
16. Lazerli refraktiv jarrohlik optika nuqtai nazaridan nimani o‘zgartiradi?
17. Femtosekund lazer ko‘z jarrohligida qanday ustunlik beradi?
18. SMILE usuli optik va biomexanik jihatdan qanday afzalliklarga ega?
19. Intraoperatsion OCT jarrohlik aniqligini qanday oshiradi?

20. Retina lazer fotokoagulyatsiyasi qanday fizik ta’sir asosida ishlaydi?
21. Yorug‘lik intensivligi va nurlanish oqimi qanday aniqlanadi?
22. Quyosh nurlanishining tarkibiy qismlari qaysilar?
23. Infraqizil nurlanishning biologik ta’siri nimada namoyon bo‘ladi?
24. Issiqlik nurlanishining terapevtik dozasini qanday baholash mumkin?
25. Nurlanishning yutilishi to‘qima xossalariga qanday bog‘liq?
26. Dermatologiya va fizioterapiyada optik usullar qanday qo‘llanadi?
27. Yorug‘likning to‘qimalarda tarqalishi va so‘rilishi nimaga bog‘liq?
28. Biotibbiyot muhandisligi optik qurilmalarni yaratishda nimalarga tayanadi?
29. Ko‘z jarrohligidagi zamonaviy yutuqlar optika va lazer fizikasi bilan qanday bog‘langan?
30. Optik hisob-kitoblarni bilish biotibbiyot muhandisi uchun nima uchun zarur?

VI. RADIOAKTIVLIK. IONLANTIRUVCHI NURLANISHNING ORGANIZMGA TA’SIRI.

Tayanch iboralar: radioaktivlik, yarim yemirilish, aktivlik, yutilgan doza, ekvivalent doza, effektiv doza, rentgen nurlari, gamma nurlar, alfa zarralar, beta zarralar, yadro tibbiyoti, radiatsion himoya.

Mazkur bobda radioaktiv yemirilish, ionlantiruvchi nurlanishning modda va biologik to‘qimalar bilan o‘zaro ta’siri, yutilgan va ekvivalent doza tushunchalari, rentgen nurlari, radiatsion xavfsizlik va yadro tibbiyotining fizik asoslariga doir masalalar berilgan. Ionlantiruvchi nurlanish biologik muhitdan o‘tganda atom va molekulalarni ionlashtiradi, natijada hujayra darajasida fizik-kimyoviy o‘zgarishlar yuz beradi. Shu sababli tibbiyotda nurlanishni qo‘llash ham diagnostik, ham terapevtik jihatdan katta imkoniyat yaratadi, biroq bu jarayon qat’iy dozimetriya va himoya qonun-qoidalari asosida boshqarilishi shart. Asosiy qonun-qoidalar qatoriga radioaktiv yemirilish qonuni, yarim yemirilish davri qonuni, aktivlik tushunchasi, yutilgan doza formulasi, ekvivalent doza formulasi, rentgen nurlarining hosil bo‘lish qonuniyatlari, nurlanish intensivligining masofaga bog‘liqligi va radiatsion himoyaning uch asosiy tamoyili — vaqtni kamaytirish, masofani oshirish va ekranlash kiradi.[10] Yadro tibbiyotida ushbu qonunlar radiofarmpreparatlarni tanlash, PET va SPECT tasvirlashni tashkil qilish, terapiyada dozimetrik hisoblash va xavfsiz klinik protokollarni tuzishda qo‘llanadi. IAEA yadro tibbiyotida theranostics, ya’ni diagnostika va davolashni bitta radiofarmakologik platformada birlashtirishni eng muhim zamonaviy yo‘nalishlardan biri sifatida ko‘rsatadi.

Bugungi yadro tibbiyotidagi eng muhim yutuqlardan biri — maqsadli theranostika, ya’ni bir xil yoki o‘xshash molekulyar nishon orqali avval tasvirlash, so‘ng davolashni amalga oshirishdir. Zamonaviy sharhlarda PSMA-ga yo‘naltirilgan prostata saratoni theranostikasi, somatostatin retseptorlariga asoslangan radionuklid terapiyasi va individual dozimetrik yondashuvlar klinik amaliyotda tobora keng qo‘llanayotgani ta’kidlanadi. IAEA ham

[10] Самойлов В. О. Медицинская биофизика: учебник. – СПб.: СпецЛит, 2013. – 250–300-betlar.

radiopharmaceuticals soni va ulardan diagnostika hamda terapiyada foydalanish ko‘lami tez kengayib borayotganini qayd etadi.

Yadro tibbiyotining zamonaviy yutuqlari bevosita yadro fizikasi qonunlariga tayangan holda shakllanadi. Radioaktiv yemirilish, gamma-kvantlar chiqishi, pozitron-annigilyatsiya, 511 keV fotonlarning qarama-qarshi yo‘nalishda uchib chiqishi, deteksiya va kompyuter rekonstruksiyasi — bularning barchasi PET va SPECT tizimlarining fizik asosidir. So‘nggi yillarda gibrid tasvirlash tizimlari, masalan PET/CT va SPECT/CT, anatomik va funksional ma’lumotni birlashtirish orqali tashxis aniqligini oshirmoqda; shu bilan birga AI asosidagi tasvir qayta ishlash va theranostics bo‘yicha yangi ishlanmalar faol rivojlanmoqda.[11]

Rentgen nurlari diagnostik radiologiyaning asosiy vositalaridan biri bo‘lib qolmoqda. Ularning tibbiyotdagi qo‘llanilishi rentgen naychasida tez elektronlarning tormozlanishi va xarakteristik nurlanish hosil bo‘lishi bilan bog‘liq. Zamonaviy apparatlarda doza nazorati, avtomatik ekspozitsiya boshqaruvi, gibrid tasvirlash va raqamli qayta ishlash usullari takomillashib bormoqda. Shu bilan birga, rentgen va boshqa ionlantiruvchi nurlanishlar bilan ishlashda radiatsion xavfsizlik normalariga qat’iy rioya qilish muhim hisoblanadi.

Bobga doir masalalar yechish namunalari:

1. Yadro tibbiyot bo‘limida bemorga diagnostik maqsadda radiofarmpreparat yuborildi. Preparatning boshlang‘ich aktivligi 240 MBq, fizik yarim yemirilish davri 6 soat. Tekshiruv preparat yuborilgandan 18 soat o‘tib bajarilmoqda. Soddalashtirish uchun biologik chiqarilish hisobga olinmaydi. Shu vaqtgacha preparatning qolgan aktivligini toping. So‘ng, agar shu 18 soat ichida organizmda o‘rtacha aktivlik boshlang‘ich va yakuniy aktivlikning arifmetik o‘rtachasi deb olinsa, jami nechta parchalanish sodir bo‘lganini hisoblang. Bundan tashqari, agar shu davr ichida 0.25 kg massali maqsadli to‘qima jami 0.50 J energiya yutsa, yutilgan doza va gamma nurlanish uchun ekvivalent dozani aniqlang. Gamma uchun nurlanish og‘irlik koeffitsienti $W_R = 1$ deb olinsin.

[11] Davidovits P. Physics in Biology and Medicine. – 3rd ed. – Academic Press, 2008. – 256–260-betlar.

Masala shartida berilgan fizik kattaliklar	Yechilishi
A_0 = 240 MBq	Avvalo preparatning 18 soatdan keyingi qolgan aktivligini topamiz. Yarim yemirilish davri 6 soat bo‘lgani uchun 18 soat ichida 3 ta yarim yemirilish davri o‘tadi. Har bir yarim yemirilish davridan keyin aktivlik 2 marta kamayadi. Shuning uchun $A = A_0 / 2^3$ formuladan foydalanamiz.
$T_{1/2}$ = 6 soat	18 soat / 6 soat = 3. Demak, aynan 3 ta yarim yemirilish davri o‘tgan.
t = 18 soat	Qolgan aktivlik: A = 240 / 8 = 30 MBq. Demak, tekshiruv vaqtiga kelib preparatning aktivligi 30 MBq bo‘ladi.
$A_{o‘rt}$ = (A_0 + A)/2	Endi 18 soat davomida o‘rtacha aktivlikni topamiz. Shartga ko‘ra, o‘rtacha aktivlik boshlang‘ich va yakuniy aktivliklar arifmetik o‘rtachasi orqali olinadi: $A_{o‘rt}$ = (240 + 30) / 2 = 135 MBq = $135 \cdot 10^6$ Bq.
t = 18 soat = 64800 s	Aktivlik 1 sekunddagi parchalanishlar sonini bildiradi. Demak, jami parchalanishlar soni $N = A_{o‘rt} \cdot t$ bo‘ladi. Hisoblaymiz: $N = 135 \cdot 10^6 \cdot 64800 = 8.748 \cdot 10^{12}$. Demak, 18 soat davomida taxminan $8.75 \cdot 10^{12}$ ta parchalanish sodir bo‘lgan.
E = 0.50 J	Endi to‘qimaning yutilgan dozasini topamiz. Yutilgan doza formulasi: D = E / m. Bu yerda E — yutilgan energiya, m — nurlangan to‘qima massasi.
m = 0.25 kg	D = 0.50 / 0.25 = 2.0 Gy. Demak, yutilgan doza 2 Gy ga teng.
W_R = 1	Gamma nurlanish uchun ekvivalent doza: $H = D \cdot W_R$ = $2.0 \cdot 1$ = 2.0 Sv.
Topilsin:	Yakuniy javoblar: 18 soatdan keyin aktivlik 30 MBq,

A, N, D, H	jami parchalanishlar soni $8.748 \cdot 10^{12}$, yutilgan doza 2.0 Gy, ekvivalent doza 2.0 Sv. Masala yadro tibbiyotida aktivlik kamayishi, parchalanishlar soni va dozimetriya qanday bog‘langanini ko‘rsatadi.

2. Rentgen diagnostika xonasida operatorning ish joyida himoyasiz holatda doza tezligi 1.20 mSv/soat deb olinsin. Radiatsion xavfsizlikni ta’minlash uchun uchta chora birgalikda qo‘llanmoqda: operator manbadan 3 barobar uzoqroqda joylashtiriladi, himoya ekrani doza tezligini 8 marta kamaytiradi va ekspozitsiya bilan bog‘liq faol ish vaqti 2.5 barobar qisqartiriladi. Operator bir kun davomida 2 soat himoyasiz rejimga mos faol ish bajargan bo‘lar edi.

Quyidagilarni aniqlang:

1. faqat masofani oshirish hisobiga doza tezligi qanday bo‘lishini;
2. masofa va ekran birga qo‘llanganda doza tezligini;
3. barcha uchta himoya chorasidan keyingi yakuniy doza tezligini;
4. bir kunlik haqiqiy ekvivalent dozani.

Rentgen nurlari uchun $W_R = 1$ deb olinsin.

Masala shartida berilgan fizik kattaliklar	**Yechilishi**
$\dot{H}_0 = 1.20$ mSv/soat	Boshlang‘ich doza tezligi himoyasiz holatdagi qiymatdir. Endi masofa oshirilganda teskari kvadratlar qonunidan foydalanamiz: intensivlik va doza tezligi masofa kvadratiga teskari proportsional kamayadi. Agar masofa 3 barobar oshsa, doza tezligi $3^2 = 9$ marta kamayadi.
masofa 3 barobar oshiriladi	Demak, faqat masofa hisobiga yangi doza tezligi: $\dot{H}_1 = 1.20 / 9 = 0.1333$ mSv/soat.

ekran kamaytirish koeffitsienti = 8	Endi ekran ham qo‘llanadi. Bu holda doza tezligi yana 8 marta kamayadi: $\dot{H}_2 = 0.1333 / 8 = 0.01667$ mSv/soat.
vaqt 2.5 barobar qisqaradi	Vaqtning qisqarishi doza tezligini emas, umumiy dozani kamaytiradi. Shuning uchun doza tezligi shu bosqichda o‘zgarmaydi, lekin yakuniy bir kunlik doza hisobida vaqt kamaygan holda olinadi. Himoyasiz faol vaqt 2 soat bo‘lsa, haqiqiy vaqt: t = 2 / 2.5 = 0.8 soat.
t_0 = 2 soat	Endi yakuniy doza tezligi sifatida $\dot{H}_2$ = 0.01667 mSv/soat qoladi, chunki vaqt doza tezligiga emas, to‘plangan dozaga ta’sir qiladi.
W_R = 1	Bir kunlik haqiqiy doza: $H = \dot{H}_2 \cdot t = 0.01667 \cdot 0.8 = 0.01334$ mSv. Rentgen uchun ekvivalent doza shu qiymatga teng bo‘ladi.
Topilsin: $\dot{H}_1$, $\dot{H}_2$, $\dot{H}_{yakuniy}$, H_{kun}	Yakuniy javoblar: faqat masofa oshirilganda doza tezligi 0.133 mSv/soat, masofa va ekran birga qo‘llanganda 0.0167 mSv/soat, barcha choralar qo‘llangandan keyin yakuniy ish rejimidagi doza tezligi shu qiymatda qoladi, bir kunlik haqiqiy ekvivalent doza esa 0.0133 mSv bo‘ladi. Bu masala radiatsion himoyaning uch asosiy tamoyili — vaqt, masofa va ekranlash — birgalikda qo‘llansa, doza juda keskin kamayishini ko‘rsatadi.

Asosiy formulalar:

Nurlanish va yutilish chastotasi	$\boldsymbol{\nu = \frac{E_n - E_m}{h}}$
Vodorod atomi uchun n-orbitaga mos keluvchi enrgiyani aniqlash	$\boldsymbol{E_n = -\frac{13,606eV}{n^2}}$
Balmerning umumlashgan formulasi: $m = 1,\ n = 2, 3, 4, \ldots$ da Layman seriyasi $m = 2,\ n = 3, 5, \ldots$ da Balmer seriyasi $m = 3,\ n = 4, 5, 6, \ldots$ da Pashen seriyasi Bu yerda m har bir seriya uchun o'zgarmas $m = 1, 2, 3 \ldots$ qiymatlarni qabul qilib, chiziqlar guruhi qanday seriyani hosil qilishini ko'rsatsa, n butun qiymatlarini ($m + 1$ dan) qabul qilib, seriyadagi chiziqlarni ko'rsatadi.	$\boldsymbol{\nu = R\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)}$
Lui de-Broyl to'lqin uzunligi	$\boldsymbol{\lambda = \frac{h}{m\vartheta};\quad \lambda = \frac{h}{p}}$
$\alpha -$ yemirilish	$\boldsymbol{{}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He}$
$\beta -$ yemirilish	$\boldsymbol{{}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e}$
$\gamma -$ yemirilish elektron va pozitron anniglatsiyasi	$\boldsymbol{e^- + e^+ = 2\gamma}$
Yarim yemirilish davri	$\boldsymbol{T = \frac{ln2}{\lambda}\ ;\ T = \frac{0,693}{\lambda}}$
Yashash vaqti	$\boldsymbol{\tau = \frac{1}{\lambda}}$
Radioaktiv yemirilish qonuni	$\boldsymbol{N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}\ ;\ N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}}$
T vaqt ichida radioaktiv yadrolarning aktivligi necha marta kamayganligini topish	$\boldsymbol{n = 2^{\frac{t}{T}};\ n = \frac{A_2}{A_1};\ n = \frac{N_0}{N}}$
Yemirilgan atomlar soni	$\boldsymbol{\Delta N = N_0 - N}$
Radioaktiv yadrolarning aktivligi	$\boldsymbol{A = \frac{\Delta N}{\Delta t}\ ;\ A = \lambda N}$
Massa sonini topish A- massa soni Z- protonlar soni N-neytronlar soni Agar modda neytral bo'lsa undagi protonlar soni elektronlar soniga teng bo'ladi	$\boldsymbol{A = Z + N}$
Neytronlarni ko'payish koeffitsiyenti N_i - kattalik – i-etapda yadrolar bo'linishini	

vujudga keltiradigan neytronlar soni bo‘lsa, N_{i-1} – undan oldingi etapda yadrolar bo‘linishini vujudga keltiradigan neytronlar soni. Ko‘payish koeffitsiyenti nafaqat neytronlar sonini, balki bo‘linadigan yadrolar sonini ham ko‘rsatadi. Agar k<1 bo‘lsa, unda reaksiya tezda so‘nadi. Agar k = 1bo‘lsa, zanjir reaksiyasi kritik deb ataluvchi d oimiy intensivlik bilan davom etadi. Agar k > 1 bo‘lsa, zanjir reaksiyasi quyunsimon o‘sib boradi va yadro portlashiga olib keladi.	$k = \frac{N_i}{N_{i-1}}$
Yutilgan nurlanish dozasi	$D = \frac{E}{m}$
Yutilgan nurlanish ekspozitsion dozasi	$D = \frac{Q}{m}$
Yutilgan nurlanish dozasining quvvati	$N = \frac{D}{t}$

6.1-§. Radioaktiv nurlar va ularning inson organizmiga ta’siri. Lazerlar va ularning fan va tibbiyotda qo‘llanilishi.

1. Rentgen tekshiruvda bemor to‘qimasining 0.50 kg qismi 0.010 J energiya yutdi. Yutilgan dozani aniqlang.

2. Gamma-nurlanish ostida to‘qima 0.006 Gy doza oldi. Gamma uchun og‘irlik koeffitsienti $W_R = 1$ deb olinsin. Ekvivalent dozani toping.

3. Yarim yemirilish davri 4 soat bo‘lgan radioizotopning boshlang‘ich aktivligi 64 MBq. 8 soatdan keyin aktivlikni aniqlang.

4. Fizioterapiyada 30 mW quvvatli lazer 100 s davomida ishlatildi. To‘qimaga uzatilgan energiyani toping.

5. 100 mW quvvatli lazer nuri 4.0 cm^2 yuzaga tushmoqda. Intensivlikni aniqlang.

6. To‘lqin uzunligi 632.8 nm bo‘lgan geliy-neon lazarning chastotasini aniqlang. Yorug‘lik tezligi $c = 3.0 \cdot 10^8$ m/s.

7. Alpha-zarralar bilan nurlanishda yutilgan doza 0.0015 Gy bo‘ldi. Alpha uchun $W_R = 20$. Ekvivalent dozani aniqlang.

8. Radiofarmpreparatning aktivligi 40 MBq bo‘lib, yarim yemirilish davri 6 soat. 6 soatdan keyingi aktivlikni toping.

9. Past quvvatli lazer 50 s davomida 60 mW quvvat bilan ishladi. Berilgan energiyani toping.

10. Yashil lazerning to‘lqin uzunligi 532 nm. Bir foton energiyasini toping. $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$ J·s, $c = 3.0 \cdot 10^{8}$ m/s.

11. Yadro tibbiyot bo‘limida suyak sintigrafiyasi uchun ishlatilayotgan radiofarmpreparatning boshlang‘ich aktivligi 180 MBq. Preparatning fizik yarim yemirilish davri 6 soat deb olinadi. Preparat yuborilgandan keyin 12 soat o‘tgach kamera oldida qayta o‘lchash qilinmoqda. Shu vaqtda preparatning qolgan aktivligini aniqlang. So‘ng, agar diagnostik minimal talab etiladigan aktivlik 40 MBq bo‘lsa, 12 soatdan keyingi faoliyat tekshiruv uchun yetarlimi-yo‘qmi baholang.

12. Radioterapiya paytida o‘sma to‘qimasining 0.18 kg qismi 1.26 J energiya yutdi. Shu maydonga yaqin joylashgan 0.30 kg sog‘lom to‘qima esa 0.24 J energiya yutdi. Har ikkala soha uchun yutilgan dozani toping va o‘smaga berilgan doza sog‘lom to‘qimagidan necha marta katta ekanini aniqlang.

13. Rentgen xonasida bir hafta davomida texnik xodim 5 marta fluorografik tekshiruvda qatnashdi va har safar 0.09 mGy doza oldi. Bundan tashqari, bitta KT tekshiruvida 0.45 mGy qo‘shimcha doza oldi. Barcha nurlanishlar rentgen bo‘lib, $W_R = 1$ deb olinadi. Umumiy yutilgan va ekvivalent dozani aniqlang.

14. Lazer terapiyasida 75 mW quvvatli nurlanish 1.5 cm² yuzaga 180 s davomida berildi. Shu yuzaga tushadigan intensivlikni va umumiy energiyani aniqlang.

15. To‘lqin uzunligi 810 nm bo‘lgan infraqizil lazer fizioterapiyada qo‘llanmoqda. Uning chastotasini va bitta foton energiyasini aniqlang. $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$ J·s, $c = 3.0 \cdot 10^{8}$ m/s.

16. Beta-nurlanish manbai bilan ishlayotgan laboratoriya xodimi 0.004 Gy yutilgan doza oldi. Beta-zarralar uchun $W_R = 1$ deb olinsin. Shu bilan birga, alpha-

ifloslanish sabab 0.0002 Gy qo‘shimcha doza oldi, alpha uchun $W_R = 20$. Umumiy ekvivalent dozani toping.

17. Lazer stomatologiyada yumshoq to‘qimaga ishlov berishda 3.0 W quvvat bilan 0.40 s davomida qo‘llanmoqda. Nur diametri 1.2 mm. Ta’sir zonasidagi energiya va intensivlikni toping.

18. Yarim yemirilish davri 8 kun bo‘lgan izotopning aktivligi dastlab 96 MBq edi. 24 kun o‘tgach aktivligini toping. So‘ng, aktivlik necha foizga kamayganini aniqlang.

19. Retinal lazer koagulyatsiyada 0.18 W quvvatli lazer 0.08 s davomida bitta impuls beradi. Jami 150 ta impuls berilgan. Har bir impuls energiyasini va umumiy energiyani aniqlang.

20. Yadro tibbiyotda radioaktiv manbaning aktivligi 200 MBq. 3 yarim yemirilish davridan keyin aktivligi qancha bo‘ladi?

21. Onkologiya markazida gamma-terapiya rejalashtirilayotganda o‘sma tugunining 0.22 kg massali qismi 1 fraksiyada 1.54 J energiya yutishi ko‘zda tutilgan. O‘smaga yondosh bo‘lgan 0.40 kg sog‘lom to‘qima esa shu fraksiya davomida 0.28 J energiya yutadi. Gamma-nurlanish uchun w_R = 1 deb olinadi. Shifokor fizik-dosimetristdan quyidagilarni hisoblab berish so‘raldi: o‘sma va sog‘lom to‘qimalarning yutilgan dozalari, ularning ekvivalent dozalari va fraksiyadagi selektivlik koeffitsienti, ya’ni o‘sma dozasining sog‘lom to‘qima dozasiga nisbati.

O‘smada 7.0 Gy va 7.0 Sv, sog‘lom to‘qimada 0.70 Gy va 0.70 Sv; selektivlik koeffitsienti 10. Radioterapiyada selektivlik qanchalik katta bo‘lsa, davolash shunchalik maqsadga muvofiq bo‘ladi.

22. Yadro tibbiyot bo‘limida ishlatilayotgan radioizotopning yarim yemirilish davri 5 soat. Bemor organizmiga yuborilgan preparatning boshlang‘ich aktivligi 160 MBq bo‘lib, 15 soat o‘tgach gamma-kamerada nazorat o‘lchovi o‘tkazildi. Shu vaqtgacha fizik yemirilish hisobiga qolgan aktivlikni aniqlang. So‘ng, agar biologik chiqarilish sabab fizik qolgan aktivlikning faqat 40% qismi organizmda

saqlanib qolgan bo‘lsa, amaliy aktivlikni toping. Yakunda fizik va amaliy aktivliklar orasidagi farqni MBq va foizlarda hisoblang.

Fizik qolgan aktivlik 20 MBq, amaliy aktivlik 8 MBq, farq 12 MBq yoki 60%. Klinik sharoitda faqat fizik yemirilish emas, preparatning biologik chiqarilishi ham hisobga olinadi.

23. Lazerli dermatologik muolajada 6.0 W quvvatli lazer nuri diametri 1.0 mm bo‘lgan nuqtaga fokuslanadi va 0.25 s davomida ta’sir qiladi. Shu nuqtaga tushgan energiyani va nur intensivligini aniqlang. So‘ng, agar shu muolaja 12 ta nuqtada takrorlansa, umumiy energiya qancha bo‘lishini toping. $\pi = 3.14$ deb oling.

24. Past quvvatli lazer terapiyasi uchun 25 mW quvvatli qizil lazer 3.0 mm diametrli nur bilan ishlatilmoqda. Har bir nuqtaga 180 s davomida ta’sir qilinadi va 6 ta nuqta nurlantiriladi. Har bir nuqtadagi energiyani, umumiy energiyani va nur intensivligini toping.

Radiatsion xavfsizlik bo‘yicha baholashda tibbiyot xodimi bir oy davomida quyidagi dozalarni oldi: rentgen diagnostikasidan 0.35 mGy, gamma-manbadan 0.22 mGy, beta-manbadan 0.18 mGy va alpha-ifloslanishdan 0.002 mGy. Rentgen, gamma va beta uchun $W_R = 1$, alpha uchun $W_R = 20$ deb oling. Umumiy ekvivalent dozani va alpha-nurlanishning shu umumiy dozadagi foiz ulushini aniqlang.

26. To‘lqin uzunligi 1064 nm bo‘lgan Nd:YAG lazer tibbiy amaliyotda qo‘llanmoqda. Uning chastotasini va bitta foton energiyasini aniqlang. $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$ J·s, $c = 3.0 \cdot 10^{8}$ m/s. So‘ng, agar lazer 4.0 W quvvat bilan ishlasa, har soniyada nechta foton chiqarishini toping.

27. Radiologik manba bilan ishlashda 0.50 kg himoya materiali 0.60 J energiya yutdi, shu manbaning inson to‘qimasiga ta’sir modeli sifatida 0.20 kg to‘qima 0.24 J energiya yutdi. Har ikki holat uchun yutilgan dozani toping va inson to‘qimasidagi doza himoya materialidagidan necha marta farq qilishini aniqlang.

28. Retina lazer koagulyatsiyasida 0.12 W quvvatli lazer 0.06 s davomida bitta nuqtaga ta’sir qiladi. Dog‘ diametri 150 μm. Muolajada 200 ta impuls beriladi. Bir impuls energiyasini, umumiy energiyani va quvvat zichligini toping.

29. Yadro tibbiyotdagi radioizotopning yarim yemirilish davri 10 soat. Boshlang‘ich aktivligi 320 MBq. 30 soat o‘tgach qolgan aktivlikni aniqlang. So‘ng shu vaqt oralig‘idagi o‘rtacha aktivlikni boshlang‘ich va yakuniy qiymatlar arifmetik o‘rtachasi deb qabul qilib, jami parchalanishlar sonini toping.

30. Kombinatsiyalangan klinik holatda bemor dastlab diagnostik radiofarmpreparatdan 0.12 mGy gamma-doza, keyin esa past quvvatli lazer terapiyasidan 18 mW quvvat bilan 240 s davomida 2.0 cm² yuzaga energiya oldi. Gamma uchun $W_R = 1$. Lazer bosqichi uchun berilgan energiya va intensivlikni, radioaktiv nurlanish bosqichi uchun esa ekvivalent dozani toping. So‘ng, lazer bosqichida berilgan energiya 0.05 kg to‘qima tomonidan to‘liq yutilsa, shu to‘qimada nazariy yutilgan dozani aniqlang va gamma bosqichidagi dozaga taqqoslang.

6.2-§. Nurlanish normalari. Ionlovchi nurlanishdan himoyalanish. Rentgen nurlari.

1. Rentgen kabinetida ko‘krak qafasi rentgenografiyasi vaqtida bemor to‘qimasining 0.25 kg qismi 0.0025 J energiya yutdi. Yutilgan dozani aniqlang.

2. Rentgen nurlanishida bemor 0.8 mGy doza oldi. Rentgen nurlari uchun og‘irlik koeffitsienti w_R = 1 deb olinadi. Ekvivalent dozani aniqlang.

3. Radiologiya bo‘limida texnik xodim bir smenada 5 ta rentgen tekshiruvida qatnashdi. Har bir tekshiruvda u 0.04 mSv ekvivalent doza oldi. Umumiy dozani aniqlang.

4. Rentgen naychasidan chiqayotgan nur oqimi 120 W quvvatga ega. Ta’sir vaqti 0.20 s bo‘lsa, chiqarilgan energiyani toping.

5. Himoya devoridan 1.0 m masofada nurlanish intensivligi 16 birlik bo‘lsa, 2.0 m masofada intensivlik qanday bo‘ladi? Nurlanish nuqtaviy manbadan chiqadi deb olinsin.

6. Rentgen apparati bilan ishlovchi xodim bir haftada 0.6 mSv doza oldi. Shu sur’at saqlansa, 4 haftada umumiy doza qancha bo‘ladi? 4 haftada 2.4 mSv.

7. Rentgen tekshiruvda 0.12 kg to‘qima 0.0006 J energiya yutdi. Yutilgan dozani toping.

8. Rentgen nurlari bilan ishlovchi bo‘limda bir oyda 1.8 mSv ekvivalent doza qayd etildi. Bir yil davomida shu ko‘rsatkich saqlansa, yillik doza qancha bo‘ladi?

9. Rentgen apparatidan 3 m uzoqlikda intensivlik 2.0 birlik bo‘lsa, 1 m masofadagi intensivlikni toping.

10. Rentgen tekshiruv vaqtida himoya fartugi nurlanishning 90% qismini ushlab qoldi. Agar fartuksiz doza 1.5 mSv bo‘lsa, fartuk bilan bemorga yetib boradigan doza qancha bo‘ladi?

11. Radiologiya bo‘limida ishlovchi xodimning haftalik dozimetr ko‘rsatkichlari quyidagicha bo‘ldi: dushanba 0.12 mSv, seshanba 0.08 mSv, chorshanba 0.15 mSv, payshanba 0.11 mSv, juma 0.09 mSv. Shu xodim uchun:
a) haftalik umumiy ekvivalent dozani;
b) bir oylik doza shu sur’at bilan davom etsa, oylik qiymatni;

c) bir yil davomida shu daraja saqlansa, yillik dozani aniqlang.

12. Rentgen diagnostikasida bir bemor bir kun ichida uch xil tekshiruvdan o‘tdi: ko‘krak qafasi rentgenografiyasi — 0.10 mSv, tizza bo‘g‘imi rentgenografiyasi — 0.03 mSv, bosh suyagi rentgenografiyasi — 0.07 mSv. Shu kunlik umumiy ekvivalent dozani toping. So‘ng, agar shu umumiy doza 70 kg bemor organizmining 35 kg samarali massasiga bir xilda taqsimlandi deb soddalashtirilsa, rentgen nurlari uchun yutilgan energiyani aniqlang. $W_R = 1$.

13. Rentgen naychasidan chiqayotgan nurlanish oqimi ma’lum nuqtada 9 birlik intensivlikka ega. Operator shu nuqtadan 1.5 m uzoqlikda turibdi. Agar u 3.0 m masofaga chekinsa, intensivlik qanday o‘zgaradi? So‘ng, agar 1.5 m dagi 10 minutlik ish vaqtida olingan doza 0.24 mSv bo‘lsa, 3.0 m dagi 10 minutlik doza qancha bo‘lishini aniqlang.

14. Rentgen apparati bilan ishlashda qo‘llaniladigan qo‘rg‘oshin ekrani nurlanish intensivligini 8 marta kamaytiradi. Agar ekransiz joyda bir smenada 0.64 mSv doza to‘planadigan bo‘lsa, ekran bilan shu smenadagi doza qancha bo‘ladi? So‘ng, ekran bilan 20 smena ishlanganda umumiy doza qancha bo‘lishini toping.

Ekran bilan bir smenada 0.08 mSv, 20 smenada 1.6 mSv.

15. Rentgen tekshiruv vaqtida 0.18 kg massali organ sohasi 0.0018 J energiya yutdi. Shu bilan birga, qo‘shni 0.42 kg massali to‘qima 0.00126 J energiya yutdi. Har ikkala soha uchun yutilgan dozani hisoblang va qaysi sohada doza kattaroq ekanini aniqlang.

16. Radiatsion xavfsizlik bo‘yicha murakkabroq holatda bir xodim bir oy davomida quyidagi nurlanishlarni oldi: rentgen tekshiruvlardan 0.9 mGy, gamma manbadan 0.3 mGy va beta ifloslanishdan 0.2 mGy. Rentgen, gamma va beta uchun $W_R = 1$ deb olinsin. Agar shu xodimning shu oydagi dozalari keyingi 6 oy davomida o‘zgarmasa:

a) bir oylik umumiy ekvivalent dozani;

b) 6 oylik yig‘indi dozani;

c) 1 yillik prognoz dozasini toping.

17. Rentgen apparatining nurlanish maydonida 1.0 m masofada intensivlik 25 birlik. Himoya chorasi sifatida operator 2.5 m masofada turadi va qo‘shimcha ravishda himoya ekrani intensitativni yana 5 marta kamaytiradi. Yakuniy intensivlikni toping. So‘ng, agar 1.0 m dagi 1 minutlik doza 0.50 mSv bo‘lsa, 2.5 m va ekran bilan 1 minutlik doza qancha bo‘ladi?

18. Radiologik bo‘limda bemorga ikki bosqichli tekshiruv o‘tkazildi. Birinchi bosqichda 0.012 Gy yutilgan doza, ikkinchi bosqichda 0.004 Gy yutilgan doza olindi. Ikkalasi ham rentgen nurlari bilan bajarilgan. Agar nurlanish ta’siridagi samarali massa 28 kg bo‘lsa:

a) umumiy yutilgan dozani;

b) umumiy ekvivalent dozani;

c) yutilgan umumiy energiyani aniqlang.

19. Rentgen naychasida elektr quvvat 5.0 kW bo‘lib, uning faqat 1.2% qismi rentgen nurlariga aylanadi. Nurlanish 0.15 s davom etadi. Rentgen nurlar ko‘rinishida chiqadigan energiyani toping. So‘ng, agar shu energiyaning 0.8% qismi bemor tanasining 0.40 kg qismida yutilsa, yutilgan dozani aniqlang.

20. Rentgen himoyasini baholashda bir xil ish sharoitida uch xil holat taqqoslandi:

1. himoyasiz holat: 0.90 mSv/smena,
2. faqat masofani 3 barobar oshirish bilan,
3. faqat ekran qo‘yib 6 marta kamaytirish bilan,
4. masofa va ekran birgalikda qo‘llanganda. Nurlanish nuqtaviy manbadan chiqadi deb olinsin.

Aniqlang:

a) faqat masofa oshirilgandagi doza;

b) faqat ekran qo‘llangandagi doza;

c) ikkala usul birgalikda qo‘llangandagi doza.

21. Radioterapiyaga tayyorlanayotgan bemorda shifokor tomonidan maqsadli o‘sma sohasiga bir fraksiyada 2.0 Gy doza berilishi rejalashtirildi. O‘sma tugunining nurlanayotgan qismi 0.35 kg massaga ega deb olinsin. Shu bilan bir

vaqtda, geometriya va tarqalish sabab o‘smaga yondosh 0.60 kg sog‘lom to‘qima o‘smadagi energiyaning 18% qismini qabul qiladi. Rentgen/gamma diapazonli fotonlar uchun $W_R = 1$ deb olinadi. Quyidagilarni toping:

a) o‘sma tomonidan yutiladigan energiyani;

b) sog‘lom to‘qima tomonidan yutiladigan energiyani;

c) sog‘lom to‘qimaning yutilgan va ekvivalent dozasini;

d) selektivlik koeffitsientini, ya’ni o‘sma dozasining sog‘lom to‘qima dozasiga nisbatini.

22. Interventsion radiologiya amaliyotida shifokor bir kun ichida 7 ta muolajada qatnashdi. Har bir muolajada himoya oynasi ortida turgan holda 0.018 mSv doza oldi. Shu kunning o‘zida favqulodda vaziyatda himoya oynasisiz 2 minut ishlashga to‘g‘ri keldi; bu rejimdagi doza tezligi 0.42 mSv/min deb olinsin. Ushbu kun uchun umumiy ekvivalent dozani aniqlang. So‘ng, agar shu darajadagi favqulodda holat oyiga 3 marta takrorlansa, qo‘shimcha oylik doza qancha bo‘lishini toping.

23. Rentgen apparati bilan ishlaydigan xonada manbadan 0.8 m masofada nurlanish intensivligi 36 birlik deb o‘lchandi. Xavfsizlik talabi bo‘yicha operator joyida intensivlik 2 birlikdan oshmasligi kerak. Faqat masofani oshirish hisobiga bu talab bajarilishi uchun operator kamida qanday masofada turishi kerak? So‘ng, agar operator amalda 2.4 m masofada tursa, intensivlik qancha bo‘lishini toping.

24. Rentgenologik tekshiruvlarda qo‘llaniladigan qo‘rg‘oshin fartuk nurlanishni 92% kamaytiradi. Agar fartuksiz 0.75 mSv doza kuzatilsa, fartuk bilan doza qancha bo‘ladi? So‘ng, agar qo‘shimcha ravishda operator masofani 2 barobar oshirsa, yakuniy doza qanday bo‘ladi?

25. Tibbiy fizik rentgen naychasining energiya samaradorligini baholamoqda. Naychaga 6.0 kW elektr quvvat beriladi va ekspozitsiya 0.08 s davom etadi. Elektr energiyasining faqat 1.0% qismi rentgen nurlariga aylanadi. Hosil bo‘lgan rentgen nurlar energiyasini toping. Keyin, agar shu energiyaning 0.5% qismi bemorning 0.20 kg to‘qimasida yutilsa, yutilgan doza qancha bo‘ladi?

26. Radiatsion nazorat tizimida xodim bir yil davomida turli oylar bo‘yicha quyidagi dozalarni oldi: 1.2 mSv, 0.8 mSv, 1.5 mSv, 0.9 mSv, 1.1 mSv, 1.3 mSv,

0.7 mSv, 1.4 mSv, 1.0 mSv, 0.9 mSv, 1.2 mSv, 1.0 mSv. Umumiy yillik dozani, oylik o‘rtacha dozani va eng yuqori oylik doza o‘rtacha qiymatdan necha foizga katta ekanini hisoblang.

27. Kompyuter tomografiyasi vaqtida tananing 18 kg samarali qismi 0.144 J energiya yutdi. Yutilgan dozani aniqlang. So‘ng, agar shu tekshiruv 5 marta takrorlansa va har safar bir xil doza tushsa, umumiy ekvivalent doza qancha bo‘ladi? Rentgen nurlari uchun $W_R = 1$.

28. Rentgen xonasida devor ortidagi nuqtada doza tezligi 0.06 mSv/soat, devorsiz shu nuqtada esa 1.8 mSv/soat bo‘lar edi. Devorning himoyalash koeffitsientini, ya’ni doza necha marta kamayganini aniqlang. So‘ng, agar xodim shu joyda haftasiga 12 soat ishlasa, haftalik doza qancha bo‘ladi?

29. Murakkab klinik holatda bemor avval fluoroskopiyada 0.9 mSv, keyin angiografiyada 3.6 mSv, keyin esa qo‘shimcha nazorat rentgenografiyasida 0.4 mSv ekvivalent doza oldi. Shu yig‘indi doza 40 kg samarali massaga bir tekis taqsimlangan deb soddalashtirilsa, umumiy yutilgan energiyani toping. Rentgen uchun $W_R = 1$.

30. Radiatsion xavfsizlik bo‘yicha eng murakkab holatni ko‘rib chiqamiz. Operator uchun uchta himoya chorasi qo‘llanadi: masofani 4 barobar oshirish, himoya ekranidan foydalanish (nurlanishni 12 marta kamaytiradi) va ekspozitsiya vaqtini 5 barobar qisqartirish. Agar bu choralar qo‘llanilmagan holatda operator bir muolajada 6.0 mSv doza olgan bo‘lar edi, uchala himoya chorasi birgalikda qo‘llanganda bitta muolajadagi doza qancha bo‘ladi? So‘ng, shunday 18 ta muolajada umumiy doza qancha bo‘lishini aniqlang.

VI. Bob bo‘yicha nazorat va muhokama savollari

1. Radioaktivlik tushunchasi nimani bildiradi?
2. Radioaktiv yemirilish qonuni qanday ifodalanadi?
3. Yarim yemirilish davri nimani anglatadi?
4. Aktivlik qanday fizik kattalik va qanday birlikda o‘lchanadi?
5. Alfa, beta va gamma nurlanishlar o‘rtasidagi fizik farq nimada?
6. Ionlantiruvchi nurlanish modda bilan o‘zaro ta’sirlashganda qanday jarayonlar yuz beradi?
7. Yutilgan doza va ekvivalent doza orasidagi farq nimada?
8. Effektiv doza nima uchun kiritilgan?
9. Nurlanish og‘irlik koeffitsienti qaysi maqsadda ishlatiladi?
10. Rentgen nurlari qanday hosil bo‘ladi?
11. Rentgen nurlarining tibbiyotdagi asosiy qo‘llanilish sohalari qaysilar?
12. Radiatsion himoyaning asosiy uch tamoyili nimalardan iborat?
13. Masofani oshirish doza kamayishiga qanday ta’sir ko‘rsatadi?
14. Ekranlash usuli nima va qaysi materiallar ko‘proq qo‘llanadi?
15. Nurlanish vaqti qisqartirilsa, doza qanday o‘zgaradi?
16. Yadro tibbiyoti nimani o‘rganadi va nima bilan shug‘ullanadi?
17. Radiofarmpreparat nima?
18. PET va SPECT usullarining fizik asosi nimadan iborat?
19. Theranostics tushunchasi nimani anglatadi?
20. Yadro tibbiyotida dozimetrik hisoblash nima uchun zarur?
21. Pozitron-annigilyatsiya hodisasi PET da qanday rol o‘ynaydi?
22. Nima uchun 511 keV fotonlar PET diagnostikasida muhim?
23. Gibrid tasvirlash tizimlari qanday ustunlik beradi?
24. AI yadro tibbiyoti tasvirlashida qanday imkoniyatlar yaratmoqda?
25. Rentgen va radionuklid diagnostikasi orasidagi asosiy farq nimada?
26. Radioaktiv yemirilish biologik chiqarilish bilan birga qanday baholanadi?
27. Radiatsion xavfsizlikda shaxsiy dozimetrlarning o‘rni qanday?
28. Klinik amaliyotda nurlanish normalariga amal qilish nima uchun muhim?

29. Biotibbiyot muhandisi yadro tibbiyotida qaysi fizik kompetensiyalarga ega bo‘lishi kerak?
30. Yadro fizikasi qonunlarini bilish zamonaviy tibbiy texnologiyalarni tushunishda qanday foyda beradi?

Javoblar:

1.1-§. Qattiq jismlar va biologik to‘qimalarning mexanik xususiyatlari. Insonning tayanch-harakat sistemasining vazifasi.

1. 3.2kPa

2. 48N

3. 1MPa

4. 6N

5. 5,3MPa

6. 0.128mm.

7. 0.4mm

8. Suyak: 529.4N; Plastina 970.6N

9. 10mm

10. 5sm

11. 1,2N

12. 1800N

13. 4,24MPa

14. $\frac{0,5m}{s}$

15. $2,5sm$

16. 300 N

17. 30 000 Pa

18. 2 kg

19. 440 N

20. 2360 N.

21. 30000 Pa.

22. 196 kg

23. 487.5N

24. 460N

25. 0.15; 160kPa; 1.07MPa.

26. 15.24MPa sinish xavfi yuqori.

1.2-§. Tashqi nafas olish biomexanikasi. Qon aylanishi biomexanikasi. Mushak qisqarishining biofizikasi. Odamning tayanch harakatlanish apparatidagi bo‘g‘imlar va richaglar.

1. 10J

2. 40%

3. 9216 l

4. 0,83atm.

5. 6 $\frac{cmH_2O \cdot s}{L}$

6. 3,16 marta ortadi.

7. 4.8cmH_2O

8. 0,245Joul

9. 5000 l

10. 75 $\frac{ml}{s}$

11. Minutlik hajm 6.048L/min; Qarshilik 14.88mmHg·min/L

12. 0.557m/s

13. 624.8 - Oqim laminarga yaqin.

14. 300N

15. 355N

16. 10,8Joul

17. 0 joul

18. 1120N

19. 0.32m/s.

20. 9000N/m

21. 337.5 N

22. 483.6 N.

23. 350 N.

24. 404.8 N

25. 1080N

26. 1. Axill payidagi kuch taxminan 523 N; 2. Oyoq-tovon tizimidagi siquvchi yuklama taxminan 1307 N.

27. 1. Chaynash mushagi kuchi 300 N; 2. Chakka-pastki jag‘ bo‘g‘imiga tushadigan reaksiya kuchi 150 N.

28. 400 N.

29. 1400 N

1.3-§. Odamning mexanik ishi. Ergometriya.

1. 1764 J

2. 100000 J

3. 18000 J

4. 94.08 J

5. 20000 J

6. 1715 J

7. 900 J.

8. 100 W

9. 4800 J

10. 25.09%

11. Moment 28.8 N·m, quvvat 217.04 W, umumiy ish 78134.4 J.

12. Umumiy mexanik quvvat 218.74 W, umumiy mexanik ish 104995.2 J.

13. Mexanik ish 46772.91 J, o‘rtacha foydali quvvat 194.89 W.

14. Umumiy foydali mexanik ish 1086.624 J, ko‘tarish fazalaridagi o‘rtacha quvvat 25.15 W.

15. 1807.02 J.

16. Umumiy mexanik ish 57000 J, o‘rtacha quvvat 118.75 W.

17. 882.47 J.

18. 6.31 s.

19. Birinchi yuklamadagi mexanik samaradorlik 24.5%, ikkinchi yuklamadagi mexanik samaradorlik 80%. Samaradorlik ikkinchi yuklamada yuqoriroq.

20. 80709 J.

21. A = 57162.43 J, P = 158.78 W

22. 7.19 s.

23. Bu qiymat yurakning berilgan energetik ulushining taxminan 5.52% ini tashkil etadi.

24. Veloergometrda bajarilgan umumiy mexanik ish 240 000 J. Jigar va buyrakning umumiy energiya sarfi yig‘indisi bundan 45 809.04 J ga ko‘p.

25. Qo‘l ergometrida bajarilgan mexanik ish 82 240.704 J. Bu qiymat yurak va buyrakning birgalikdagi energiya sarfining taxminan 55.26% iga teng.

26. Umumiy mexanik ish 162 075 J. Bu qiymat jigarning energetik ulushining taxminan 59.60% iga teng. Mushaklar fondining taxminan 11.07% qismi tashqi mexanik ishga aylangan.

27. Bemor taxminan 68 marta 5 m balandlikka ko‘tarila oladi.

28. 48.94%

29. 6.45%

30. Bemor taxminan 46 marta 8 m balandlikka ko‘tarila oladi.

31. Pasiyent 4 m balandlikka taxminan 38 marta ko‘tarila oladi.

32. 22.21%

33. Kuniga taxminan 151 marta 5 m balandlikka ko‘tarilish kerak.

34. Maksimal vertikal ko‘tarilish taxminan 164.2 m.

35. Taxminan 26 minut mashq qilish kerak.

36. Taxminan 76 marta ko‘tarilish bajarilishi kerak.

1.4-§. Tebranish jarayonlari. Akustikaning fizik asoslari.

1. 0.83 s.

2. 3.33 s.

3. 5×10^{-7} s.

4. 0.04 s.

5. 50 ta tebranish.

6. 11 ta yurak urishi.

7. 3.03 s.

8. 30ta

9. 10ta

10. $I = 1{,}4 \cdot 10^{-5}\,\frac{W}{m^2}$

11. 0,343m

12. 3430Hz

13. 3,14m/s

14. $0.0229\ s$

15. 9870 m/s²

16. 0,34m

17. Maksimal tezlik 0.339 m/s, maksimal tezlanish 38.33 m/s².

18. Burchak chastota 75.36 rad/s, maksimal tezlik 0.301 m/s, maksimal tezlanish 22.72 m/s².

19. Tizimning xususiy chastotasi 2.52 Hz. Tashqi chastota unga juda yaqin bo‘lgani uchun rezonans xavfi mavjud. Tizimning xususiy chastotasi 2.52 Hz. Tashqi chastota unga juda yaqin bo‘lgani uchun rezonans xavfi mavjud.

20. 0.347

21. 57 dB. bu qiymat eshitish chegarasining sezilarli darajada ko‘tarilganini ko‘rsatadi va yengil–o‘rta darajadagi eshitish pasayishiga mos keladi.

22. 6.86 Pa.

23. Rezonans chastotasi taxminan 3036 Hz. bu chastota inson nutqining yuqori muhim diapazoniga

(2–4 kHz) to‘g‘ri keladi, shuning uchun tashqi eshituv yo‘li nutqni eshitishda muhim rol o‘ynaydi.

24. Tovush bosimi darajasi taxminan 68 dB, bu xavfsiz chegaradan past. tovush bosimi darajasi taxminan 68 dB, bu xavfsiz chegaradan past.

25. Havoda to‘lqin uzunligi 0.227 m, ichki quloq suyuqligida 1.0 m. suyuqlik muhitida tovush tezligi yuqori bo‘lgani sababli to‘lqin uzunligi ham katta bo‘ladi, bu esa kokleadagi bazilar membrana bo‘ylab chastota selektsiyasiga ta’sir qiladi.

26. $I \approx 7.84 \cdot 10^{-6}$ W/m², $L \approx$ 68.9 dB. Signal xavfsiz, chunki 85 dB dan past. Bu darajadagi tovush diagnostik tekshiruvlar uchun xavfsiz hisoblanadi.

27. Bosim 3.75 Pa, energiya zichligi 625 marta oshadi.

28. Tashqi quloqdagi intensivlik: $4.41 \cdot 10^{-6}$ W/m²

Tashqi intensivlik darajasi: 66.44 dB

O‘rta quloqdan keyingi bosim: 1.56 Pa

Ichki quloqdagi intensivlik: $2.98 \cdot 10^{-3}$ W/m²

Ichki intensivlik darajasi: 94.75 dB

Audiogrammada 2000 Hz chastotada 65 dB eshitish chegarasi qayd etilgan. Bu shuni anglatadiki, pasiyent tashqi muhitdagi 66 dB darajadagi tovushni deyarli sezish chegarasida qabul qilmoqda. Normal holatda bu chastotada odam 0–10 dB oralig‘ida eshita oladi. Demak, bu holat o‘rta darajadagi sensor-nevral yoki aralash tipdagi eshitish pasayishini ko‘rsatadi.

Fizik nuqtai nazardan:

a. o‘rta quloq bosimni 26 marta oshirib, energiyani suyuqlik muhitiga uzatadi
b. ichki quloqda intensivlik keskin ortadi
c. lekin nerv tizimi darajasida signal qabul qilinishi buzilgan.

2.1-§. Suyuqlikning ichki ishqalanishi (qovushqoqligi). Nyuton va Bernulli tenglamasi.

1. 0.48 Pa

2. 0.3 Pa.

3. 0.36 Pa.

4. 0.30 Pa

5. 0.40 Pa.

6. 120 s^{-1}.

7. $2.5 \cdot 10^{-3}$ Pa·s.

8. 0.525 Pa.

9. 0.072 m/s.

10. $0.004\ Pa \cdot s$

11. 8×10^{-8} mol/(m^2·s)

12. $0.5\ Pa$

13. $0.4\ Pa$

14. $0.6\ Pa$

15. $0.2\ N$

16. $2.6 \times 10^{-2}\ m^3/s$

17. $1.8\ Pa$

18. Birinchi qismdagi tezlik 0.163 m/s, stenozlangan qismdagi tezlik 0.453 m/s, bosim farqi 94.66 Pa, devordagi ichki ishqalanish kuchlanishi 2.08 Pa. Arteriya toraygan sari oqim tezligi ortadi, bosim pasayadi va devorga ta’sir qiluvchi siljish kuchlanishi oshadi. Bu endoteliy shikastlanishi va tromb hosil bo‘lish xavfini kuchaytiradi.

19. Gidrostatik bosim 8820 Pa, kinetik bosim 125 Pa, tezlik gradienti 1250 s^{-1}, ichki ishqalanish kuchlanishi 1.50 Pa. Infuzion tizimlarda oqim balandlik farqi bilan hosil qilinadi, ammo tor kateter va qovushqoqlik tufayli katta ichki qarshilik yuzaga keladi. Shu sababli kapelnitsa tezligi eritma xususiyatiga va kateter diametriga juda sezgir bo‘ladi.

20. Keng qismdagi tezlik 0.0995 m/s, tor qismdagi tezlik 0.398 m/s, bosim kamayishi 77.96 Pa, ichki ishqalanish kuchlanishi 2.89 Pa. Sun’iy qon aylanish apparatida tor segmentlar bosim yo‘qotishini oshiradi va yuqori siljish kuchlanishi gemoliz xavfini paydo qilishi mumkin.

21. Vena ichidagi bosim 12.02 kPa, kateter devoridagi ichki ishqalanish kuchlanishi 1.33 Pa, 220.16 Pa miqdordagi kinetik bosim statik bosimga aylangan.

Kateterdan venaga o‘tishda oqim sekinlashadi, shu sababli statik bosim ortadi. Bu jarayon eritmaning qon bilan aralashishi va dori tarqalishiga ta’sir ko‘rsatadi.

22. Birinchi qismdagi tezlik 0.191 m/s, toraygan qismdagi tezlik 0.764 m/s, ikkinchi qismdagi bosim 13.91 kPa, ichki ishqalanish kuchlanishi 3.78 Pa. Tomir torayganda tezlik sezilarli ortadi, bosim kamayadi va devordagi siljish kuchlanishi oshadi. Bu holat klinik

jihatdan stenoz, tromboz va tomir devori shikastlanishining muhim gidrodinamik asosini tashkil qiladi.

23. 3.14×10^7 Pa·s/m³

24. $3.6 \times \frac{10^{-5} m^3}{s}$

25. 20.1 m/s

26. 1.99×10^5 Pa

27. 9.0×10^4 Pa

28. 2.22×10^5Pa

29. 182500 Pa; 12 m/s

30. 9.84×10^4Pa

2.2-§. Qovushoq suyuqliklarning trubalardan oqishi Puazeyl formulasi. Sirt taranglik kuchi.

1. $9.81 \cdot 10^{-8}$ m³/s

2. $1.02 \cdot 10^{-6}$ m³/s

3. $1.59 \cdot 10^3$ Pa

4. 16 marta kamayadi

5. 325 Pa

6. $8.97 \cdot 10^{-7}$ m³/s

7. 2 marta kamayadi

8. Oqim 16 marta ortadi

9. 604 Pa

10. 7.46 ml

11. 7.7 marta kamayadi.

12. 710 Pa.

13. $2.54 \cdot 10^{-15}$ m³/s.

14. 9.38 marta katta

15. Yangi oqim $1.16 \cdot 10^{-6}$ m³/s, oqim taxminan 28.8% ga kamayadi.

16. 1.27 mm.

17. 849.4 Pa

18. 56.4% ga kamaygan.

19. $6.29 \cdot 10^{-8}$ m³/s.

20. 416.7 Pa.

21. Bosim 5 marta kamayadi.

22. 11.5 mg.

23. $4.05 \cdot 10^{-4}$ N.

24. 5.77 cm.

25. Birinchi alveoladagi bosim 800 Pa, ikkinchisida 400 Pa. Havo kichik alveoladan katta alveolaga oqishga moyil bo‘ladi.

26. $1.63 \cdot 10^{-2}$ N.

27. 240 Pa.

28. 0.010 ml.

29. 5.83 cm.

30. a) pufakcha ichidagi ortiqcha bosim 290 Pa;

b) radius ikki marta kichrayganda ortiqcha bosim ikki marta ortib, 580 Pa bo‘ladi;

c) pufakcha kichraygan sari uning ichki bosimi ortadi. Havo emboliyasida tomir ichiga kirgan gaz pufakchasi tomir bo‘ylab harakatlanadi va ayniqsa kichik tomirlarda gemodinamik muammo

tug‘dirishi mumkin. Laplas qonuniga ko‘ra, pufakcha radiusi kichraygan sari ichki ortiqcha bosim ortadi. Bu holat pufakchaning barqarorligi, deformatsiyasi va mikrotsirkulyator o‘zanlarda o‘tish qobiliyatiga ta’sir qiladi. Demak, kichik pufakchalar geometrik jihatdan kichik bo‘lsa ham, ularning sirt taranglik bilan bog‘liq ichki bosimi katta bo‘ladi.

31. a) sog‘lom tomirdagi qo‘shimcha bosim farqi 83.3 Pa;
b) tromb bilan toraygan tomirdagi qo‘shimcha bosim farqi 166.7 Pa;
c) bosim farqi 2 marta oshgan;
d) tomir radiusi kamaygani sari sirt taranglik bilan bog‘liq bosim ta’siri ortadi. Tromboemboliya sharoitida asosiy xavf oqim yo‘lining torayishi va gidrodinamik qarshilikning ortishidir. Agar toraygan sohaga suyuqlik meniskusi, mikroko‘pik yoki ikki fazali muhit elementlari ham qo‘shilsa, sirt taranglik bilan bog‘liq qo‘shimcha bosim yuzaga keladi. Radius kamaygan sari bu qo‘shimcha bosim ortadi. Shuning uchun toraygan tomirlar ichida oqimni tiklash uchun ko‘proq bosim talab qilinadi va embolik jarayonning klinik og‘irligi kuchayadi.

2.3-§. Gemodinamikada yurakning ishi va quvvati. Qon oqimi tezligi.

1. 1.08×10^{-3} m³/s

2. $0.01\ m/s$

3. 0.075 m/s

4. $100\ Pa$

5. $\approx 1.33 \times 10^{7}$ Pa·s/m³

6. $1.96 \times 10^{7}\ Pa \cdot s/m^3$; 1.74×10^{-5} m³/s

7. Q=0,00614 m³/s

8. Q=0,00331 m³/s.

9. Q=0,00189 m³/s.

10. 2,7 m/s ; 3780 Pa ; Re_1 =945 (laminar); Re_2=2835 (potentsial turbulent).

11. $0.91\ J$

12. 1,12 J.

13. 2,075 Vt.

14. 2,27 Vt ; 9,08 Vt.

15. Umumiy o'rtacha quvvatni toping. 1,69 Vt.

16. Chap qorinchaning bir zarbadagi mexanik ishi 1.089 J, bir minutdagi umumiy ishi 82.78 J, o‘rtacha mexanik quvvati 1.38 W.

17. Chap qorinchaning mexanik quvvati 1.12 W, o‘ng qorinchaniki 0.228 W, chap qorincha quvvati o‘ng

qorinchanikidan taxminan 4.9 marta katta.

18. Dam holatida aortadagi o‘rtacha tezlik 0.151 m/s, yuklama vaqtida 0.423 m/s.

19. 0.193 m/s.

20. Klapan teshigidagi o‘rtacha tezlik 2.21 m/s, kinetik bosim 2584 Pa.

21. Dam holatida tezlik 0.299 m/s, yuklamada 0.955 m/s.

22. Ikkala holatda ham yurakning gidravlik quvvati deyarli bir xil bo‘lib, taxminan 1.07 W ga teng.

23. Sistolik hajm 65 ml, bir minutlik yurak chiqish hajmi 5.72 l/min, bir zarbadagi ish 0.795 J, quvvat 1.17 W.

24. Dastlabki tezlik 0.194 m/s, toraygandan keyingi tezlik 0.381 m/s.

25. Bir zarbadagi ish 0.938 J, o‘rtacha quvvat 1.314 W, sistolik ejeksiya paytidagi aorta tezligi 0.531 m/s, kinetik bosim 149 Pa, bu chiqarish bosimining taxminan 1.15% ini tashkil etadi.

3.1-§. Termodinamikaning 1-qonuni. izojarayonlarning 1-qonunda qo‘llanilishi.

1. 83.1 J

2. 255J

3. 18J

4. 149.58 J

5. 19,5Joul

6. 41,6 Joul

7. Gaz 165 J ish bajargan, ichki energiya o‘zgarmagan.

8. Ichki energiya 124.65 J ga kamaygan, gaz 124.65 J issiqlik ajratgan.

9. 12 Joul

10. Ichki energiya 41.55 J ga oshgan, gaz 16.62 J ish bajargan, berilgan issiqlik 58.17 J.

11. 99,7Joul

12. Ichki energiya 57.1 J ga oshadi, gazga 57.1 J issiqlik beriladi.

13. Gaz 45.45 J ish bajaradi, unga 58.95 J issiqlik beriladi.

14. $\Delta U = 4.16$ J, A = 1.66 J, Q = 5.82 J.

15. A=31.16 ΔU=77.9 ; Q=109.06875 J

16. Gazga 12 J issiqlik beriladi, ichki energiya o‘zgarmaydi.

17. Ichki energiya 26.18 J ga kamayadi, gaz 26.18 J issiqlik ajratadi.

18. Gaz 30 J ish bajaradi, ichki energiya 12 J ga oshadi.

19. Ichki energiya 124.65 J ga oshadi; isitgichning umumiy sarflagan energiyasi 155.81 J.

20. 1-bosqichda: $Q_1 = 12.465$ J, $\Delta U_1 = 12.465$ J, $A_1 = 0$

2-bosqichda: $Q_2 = 4.0$ J, $\Delta U_2 = 0$, $A_2 = 4.0$ J

umumiy: Q = 16.465 J, ΔU = 12.465 J, A = 4.0 J

3.2-§. Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Termometriya va kalorimetriya.

1. 300 J

2. 70 J

3. $750\ J$

4. $300\ J$

5. $2100\ J$

6. $500\ J$

7. -2450 J bo‘ladi va jarayon o‘z-o‘zidan sodir bo‘ladi.

8. ≈ 1.61 J/K ga teng va $\Delta S \geq 0$ sharti bajariladi.

9. $900\ J$

10. Sistema entropiyasi ≈ -0.65 J/K ga kamayadi.

11. Gibbs erkin energiya o‘zgarishi -1280 J bo‘ladi.

12. ≈ 1.94 J/K

13. Reaksiya 298 K da o‘z-o‘zidan sodir bo‘ladi, ammo 350 K da o‘z-o‘zidan sodir bo‘lmaydi.

14. ≈ 2.58 J/K

15. $2100\ J;\quad 6.77\ J/K$

16. $630\ J\ ;\ 1170\ J$

17. 40 % ; $960\ J$

18. $2800\ J\ ;\quad 9.03\ J/K$

19. 157,68Joul

20. 13650Joul

21. 13608Joul

22. 107,52Joul.

3.3-§. Tibbiyotda entropiya. Termoregulyatsiya va gomeostaz.

1. $588000\ J$

2. $-16.13\,\frac{J}{K}$

3. $0.286\ K$

4. $\approx\ 157\,\frac{J}{s}$

5. $0.6\ J/s$

6. $10000\ J$

7. $6300\ J$

8. $20000\ J$

9. $11500\ kJ$; $2749\ kkal$

10. $1500\ kJ$

11. $40000\ J$; $1000\ W$

12. 30000 J

13. $12300\ kJ$; $2941\ kkal$

14. $305\ kJ$

15. $1525\ J$.

16. $61000\ J$;

$72000\ J$; ATP parchalanishidan hosil bo‘lgan energiya (61000 J) talab qilingan ish (72000 J) dan kichik, shuning uchun energiya yetarli emas.

17. $219.6\ kJ$

18. $942.45\ kJ$

19. Entropiya 42 J/K ga oshgan.

20. Entropiya 338.7 J/K ga kamaygan.

21. Entropiya 49.6 J/K ga oshgan.

22. Entropiya 22.6 J/K ga oshgan.

23. Entropiya 8.85 J/K ga oshgan.

24. Entropiya 33.9 J/K ga kamaygan.

25. Entropiya 25.8 J/K ga kamaygan.

26. Entropiya 0.43 J/K ga oshgan.

27. Entropiya 148.7 J/K ga oshgan.

28. Entropiya 161.3 J/K ga kamaygan.

4.1-§. Tok kuchi va zichligi. Organizm to‘qimalariga doimiy tokning birlamchi ta’siri. Bioelektrik jarayonlar.

1. 3 mA.

2. 2.5 A/m².

3. 5 mA.

4. 2 A/m².

5. 500 Ω.

6. 0.30 C

7. 6 V.

8. 0.288 J

9. 3 mA.

10. 8 A/m².

11. a) umumiy qarshilik 33.89 Ω;

b) tok kuchi 0.266 A;

c) faol elektrod ostida 147.6 A/m², indifferent elektrod ostida 73.8 A/m²;

d) 239 C zaryad o‘tadi.

12. a) $R_1 = 4.38\ \Omega$, $R_2 = 56.25\ \Omega$, $R_3 = 18.0\ \Omega$;

b) $R = 78.63\ \Omega$;

c) $I = 0.305$ A;

d) $j = 190.6$ A/m².

13. Dastlabki tok zichligi 0.8 A/m², yangi tok zichligi 1.33 A/m², o‘sish 66.6%.

14. Birinchi sxemada 4 A/m², ikkinchi sxemada 6.67 A/m²; mahalliy birlamchi ta’sir ikkinchi sxemada kuchliroq.

15. a) 381 J issiqlik;

b) 15.12 C zaryad;

c) quvvat 0.353 W.

16. Kuchlanish tushishi 0.855 V, tok zichligi 30 A/m².

17. $j = 500$ A/m², $R = 1000\ \Omega$, $U = 3.0$ V.

18. Umumiy zaryad 6.0 C, bu $3.75 \cdot 10^{19}$ ta elementar zaryadga teng.

19. 1-holatda $j = 40$ A/m², $P = 4.8$ W; 2-holatda $j = 100$ A/m², $P = 10.4$ W. Kuyish xavfi ikkinchi holatda yuqoriroq.

20. a) mushak kanali bo‘yicha 20 mA, yog‘ kanali bo‘yicha 5 mA;

b) umumiy tok 25 mA;

c) o‘rtacha tok zichligi 8.93 A/m²;

d) 18 C zaryad o‘tadi.

4.2-§. Gazlarda elektr razryad. Aeroionlar va ularning davolash-profilaktik ta’sir. Galvanizatsiya. dorivor moddalarning elektroforezi

1. 4 mA.

2. 2 A/m².

3. 3.6 C.

4. 9 V.

5. 4 A/m².

6. 10000 ta.

7. $4 \cdot 10^7$ ion/m³.

8. 0.96 J

9. 3.0 C.

10. 6 mA.

11. a) $R_1 = 20.57\ \Omega$, $R_2 = 17.14\ \Omega$;

b) $R = 37.71\ \Omega$;

c) $U = 0.453$ V;

d) $j_1 = 8.57$ A/m², $j_2 = 4.29$ A/m²;

e) $q = 12.96$ C.

12. Nazariy jihatdan $2.93 \cdot 10^{19}$ ta dori ioni ishtirok etgan.

13. a) ionlar soni $1.944 \cdot 10^9$ taga oshgan;

b) bu oshish $3.11 \cdot 10^{-10}$ C manfiy zaryadga mos;

c) nazariy hosil bo‘ladigan zaryad bundan juda katta, demak amalda ionlarning katta qismi rekombinatsiya, devorlarga yopishish va ventilatsiya hisobiga yo‘qoladi. aeroionoterapiyada havodagi real ion konsentratsiyasi qurilma ishlab chiqargan ionlar sonidan ancha kichik bo‘lishi mumkin.

14. a) $R_1 = 3.0\ \Omega$, $R_2 = 30\ \Omega$, $R_3 = 10.8\ \Omega$;

b) $I = 0.411$ A;

c) $j = 205.5$ A/m²;

d) $Q \approx 4.44 \cdot 10^3$ J. Yog‘ qatlami katta qarshilik beradi, shu sababli to‘qimalar tarkibi galvanik muolajalar samaradorligiga kuchli ta’sir ko‘rsatadi.

15. a) $q = 6.0$ C;

b) q_d = 2.4 C;

c) $n = 1.5 \cdot 10^{19}$ ion;

d) $j = 4$ A/m². Elektroforezning samaradorligi faqat tok miqdoriga emas, balki faol dori ionlarining zaryad tashishdagi ulushiga ham bog‘liq.

16. a) nazariy ionlar soni $1.35 \cdot 10^{16}$;

b) saqlanib qolganlari $2.03 \cdot 10^{15}$;

c) konsentratsiya $4.22 \cdot 10^{13}$ ion/m³. Amaliy sharoitda ionlar juda tez yo‘qoladi, shuning uchun aeroion terapiyada ventilatsiya va namlik rejimi katta ahamiyatga ega.

17. a) $I_1 = 25$ mA, $I_2 = 6.25$ mA;

b) umumiy tok 31.25 mA;

c) o‘rtacha tok zichligi 13.02 A/m²;

d) mushak kanalidan o‘tgan ulush 80%. Doimiy tok organizmda bir jinsli taqsimlanmaydi; u elektr o‘tkazuvchanligi yuqori bo‘lgan yo‘llarni afzal tanlaydi.

18. a) $I = 15.1$ mA;

b) $U = 16.6$ V;

c) $j = 18.9$ A/m²;

d) $Q = 300$ J. Galvanik muolajalarda elektr ta’sir bilan birga issiqlik ta’siri ham mavjud bo‘lib, u haddan tashqari oshsa nojo‘ya sezgilar yuzaga keladi.

19. a) birinchi sxemada 5 A/m², ikkinchisida 6.67 A/m²;

b) $q_1 = 5.4$ C, $q_2 = 4.8$ C;

c) shartli ta’sir ko‘rsatkichi ikkinchi sxemada kattaroq, demak mahalliy ta’sir kuchliroq. Umumiy zaryad bir

oz kam bo‘lsa ham, elektrod kichik va vaqt uzoq bo‘lsa mahalliy biologik ta’sir kuchayishi mumkin.

20. a) I = 16.67 mA;

b) j = 18.52 A/m²;

c) q = 30.0 C;

d) q_d = 9.0 C;

e) n = $5.63 \cdot 10^{19}$ ion;

f) Q ≈ 600 J.

4.3-§. Kuchlanish va potensial. Elektr dipol. Multipol. EKG, EEG va EMG ning fizik asoslari.

1. Ikkinchi elektrod potensiali 1.6 mV.

2. $2.0 \cdot 10^{-6}$ C.

3. $2.0 \cdot 10^{-3}$ V/m.

4. $6.0 \cdot 10^{-12}$ C·m.

5. $9.6 \cdot 10^{-9}$ N·m.

6. $1.7 \cdot 10^{-9}$ A.

7. $5.0 \cdot 10^{-11}$ A.

8. 0.5 V/m.

9. $1.8 \cdot 10^{-12}$ C·m.

10. $6.0 \cdot 10^{-9}$ J.

11. a) $p = 1.08 \cdot 10^{-10}$ C·m;

b) $M = 9.30 \cdot 10^{-8}$ N·m;

c) U = 120 V;

d) $I = 6.0 \cdot 10^{-5}$ A. Real EKG da kuchlanishlar millivolt tartibida bo‘ladi; bu masala ekvivalent maydon modelining fizik bog‘lanishlarini ko‘rsatish uchun soddalashtirilgan. Dipol model yurakning elektr vektori tushunchasini anglashda muhim.

12. a) $p = 4.8 \cdot 10^{-12}$ C·m;

b) U = 150 μV;

c) $I = 1.5 \cdot 10^{-11}$ A;

d) kuchaytirilgan chiqish kuchlanishi 0.75 V. EEG signallari juda kichik bo‘lgani uchun katta kirish qarshilikli va shovqinga chidamli kuchaytirgichlar talab etiladi.

13. a) R = 133.3 Ω;

b) $I = 2.85 \cdot 10^{-5}$ A;

c) $j = 9.5 \cdot 10^{-2}$ A/m²;

d) $q = 3.42 \cdot 10^{-4}$ C. EMG signali mushak tolalarining bioelektrik faolligi natijasidir, ammo qayd etilgan toklar va zaryadlar juda kichik bo‘ladi.

14. a) $p = 5.22 \cdot 10^{-11}$ C·m;

b) cos α = 0.766;

c) $U_p = -3.60 \cdot 10^{-8}$ J. Yurak elektr faolligi fazoda yo‘nalishga ega bo‘lgan vektor sifatida qaraladi. Shu yondashuv EKG o‘qlarini fizik ma’noda tushuntiradi.

15. Natijaviy amplituda 1.122 mV, kuchaytirilgandan keyingi kuchlanish 2.244 V. Real bioelektrik signallar ko‘pincha birgina manba emas, balki ko‘p komponentli taqsimlangan manbalar yig‘indisi sifatida qaraladi.

16. a) U = 2.3 mV;

b) U_{ch} = 3.45 V;

c) I = $4.6 \cdot 10^{-10}$ A. Differensial o‘lchash EKG, EEG va EMG ning asosiy fizik tamoyillaridan biridir, chunki umumiy fon shovqinini kamaytiradi.

17. a) M = $1.30 \cdot 10^{-13}$ N·m;

b) U_1 = $-7.5 \cdot 10^{-14}$ J;

c) energiya $6.6 \cdot 10^{-14}$ J ga kamayadi. Dipolning maydonga nisbatan burilishi uning energetik holatini o‘zgartiradi; bu dipol modellar orqali bioelektrik yo‘nalishlarni tushunishga yordam beradi.

18. a) E = 0.020 V/m;

b) R = 293.3 Ω;

c) I = $8.18 \cdot 10^{-6}$ A;

d) j = $9.09 \cdot 10^{-3}$ A/m². Chuqur joylashgan bioelektrik manbalarning yuzadagi signali kichik bo‘ladi, chunki to‘qimalar signalni so‘ndiradi.

19. III-ulanish kuchlanishi 0.3 mV;

I-ulanish toki $1.33 \cdot 10^{-9}$ A;

III-ulanish toki $4.0 \cdot 10^{-10}$ A. EKG ulanishlari o‘zaro fizik bog‘langan bo‘lib, Einthoven qonuni klinik tekshiruvlarning ichki mosligini tekshirishda muhim.

20. a) EEG toki $1.0 \cdot 10^{-11}$ A, EMG toki $9.33 \cdot 10^{-10}$ A;

b) EEG uchun E = $2.0 \cdot 10^{-3}$ V/m, EMG uchun E = 0.14 V/m;

c) EMG manbai dipol momenti EEG manbainikidan 50 marta katta;

d) EMG signali odatda kattaroq, chunki mushak faoliyatida dipol moment ham kattaroq, manba yuzaga yaqinroq va signal suyak hamda miya pardalari kabi kuchli so‘ndiruvchi to‘siqlardan kamroq o‘tadi. EEG va EMG signallarining amplituda jihatdan keskin farq qilishi biologik manbaning kuchi, chuqurligi va to‘qimalar orqali o‘tish xossalari bilan bog‘liq.

5.1-§. Geometrik optikaning asosiy qonunlari. Tibbiyotda optik asboblar.

1. 21.2°

2. 10 dioptriya.

3. 20 dioptriya.

4. Tasvir linzadan 6 cm masofada hosil bo‘ladi.

5. Kattalashtirish 4 marta.

6. 4 cm.

7. 40 cm.

8. 41.8°.

9. Kattalashtirish 3 marta.

10. Tasvir 24 cm masofada hosil bo‘ladi.

11. Akkomodatsiyasiz holatda tasvir 1.786 cm da hosil bo‘ladi; 25 cm dagi matnni aniq ko‘rish uchun ko‘zning optik kuchi 64 dptr bo‘lishi kerak. Ko‘zning akkomodatsiyasi yaqin masofadagi predmetlarni ko‘rish uchun umumiy optik kuchni oshiradi.

12. Tasvir 20 cm masofada hosil bo‘ladi, kattalashtirish 4 marta, tasvir o‘lchami 3.2 mm. Operatsion mikroskop juda kichik anatomik tuzilmalarni ko‘rinadigan darajada kattalashtiradi.

13. Bu holat miopiyaga mos keladi; taxminan -1.4 dptr linza kerak bo‘ladi. Miopiyada ko‘zning umumiy sindirish kuchi ortiqcha bo‘lgani uchun uzoqdagi obyekt tasviri to‘r pardadan oldinda hosil bo‘ladi.

14. Birinchi tasvir 12 cm da, ikkinchisi 24 cm da hosil bo‘ladi, umumiy kattalashtirish 9 marta. Endoskopik va mikroskopik tizimlarda umumiy kattalashtirish ko‘pincha bir necha optik bosqichlarning ko‘paytmasi sifatida yuzaga keladi.

15. Shox parda ichidagi burchak 17.8°, oldingi kamera suyuqligidagi burchak 18.4°. Ko‘zning turli optik muhitlari orasidagi chegaralarda nur yo‘nalishi o‘zgaradi, shu esa ko‘zning umumiy sindirish tizimini shakllantiradi.

16. Tasvir 15 cm da hosil bo‘ladi, kattalashtirish 5 marta, tasvir o‘lchami 6.0 mm. Laringoskopik va boshqa endoskopik kuzatuvlar kichik anatomik o‘zgarishlarni kattalashtirib ko‘rsatadi.

17. Oraliq tasvir 18 cm da hosil bo‘ladi, kattalashtirish 9 marta, tasvir balandligi 4.5 mm, bu 900 pikselga teng. Optik kattalashtirish va sensor rezolyutsiyasi birgalikda tasvir sifati va diagnostik aniqlikni belgilaydi.

18. Taxminan -1.25 dptr linza kerak. Miyopiyani korreksiya qilishda sochuvchi linzalar qo‘llanadi.

19. a) umumiy kattalashtirish 72 marta; b) tasvir o‘lchami 25.2 mm;

c) zoom bilan 108 marta, tasvir o‘lchami 37.8 mm. Murakkab optik tizimlarda umumiy kattalashtirish bir nechta ketma-ket kattalashtiruvchi qismlar ko‘paytmasiga teng bo‘ladi.

20. Kerakli linza 17 dptr; 18 dptr qo‘yilsa umumiy kuch 61 dptr bo‘ladi, fokus masofasi 1.639 cm. Sun’iy linza kuchidagi kichik farq ham operatsiyadan keyingi refraksion natijaga ta’sir qiladi.

5.2-§. Ko‘z va ko‘rish sistemasidagi kamchiliklar va ularni bartaraf qilish.

1. -1,25

2. +2 dptr

3. -0.50 m.

4. 0.25 m.

5. -0.5 dioptriyali linza kerak.

6. +1.5 dioptriyali linza kerak.

7. +2.75 dioptriyali linza kerak.

8. Bu miyopiya, uni -2 dioptriyali linza bilan tuzatish kerak.

9. Gipermetropiya, +4 dioptriyali linza kerak.

10. Fokus masofasi -0.333 m.

11. Miyopiyani tuzatish uchun -2.0 dioptriyali linza kerak; kontakt linza uchun ham taxminan -2.0 dptr talab qilinadi. Haqiqiy klinik amaliyotda ko‘zoynak va kontakt linza kuchlari o‘rtasida vertex masofa sabab ozgina farq bo‘lishi mumkin, lekin kichik dioptriyalarda bu farq katta bo‘lmaydi.

12. 25 cm da o‘qish uchun taxminan +2.33 dptr, 33 cm da ko‘rish uchun taxminan +1.36 dptr kerak. Presbiopiyada o‘qish ko‘zoynagi tanlanayotganda ishchi masofa muhim ahamiyatga ega.

13. Bemorda miyopiya bor, taxminiy xato -2.0 dptr; -1.5 dptr li linza qisman tuzatadi, lekin to‘liq emas. Klinik refraksiyada linza kuchi bemorning subyektiv ko‘rish qulayligi va obyektiv o‘lchovlar asosida aniqlanadi.

14. To‘g‘ri linza +3.0 dptr; +2.0 dptr berilsa, 25 cm dagi predmetning mavhum tasviri 50 cm da hosil bo‘ladi. Linza kuchi yetarli bo‘lmasa, predmetning tasviri bemorning yaqin

nuqtasidan yaqinroq emas, balki oraliroqda hosil bo‘ladi va u baribir noaniq ko‘radi.

15. 1-bemor: miyopiya, -2.5 dptr;
2-bemor: yaqin ko‘rish nuqsoni, +2.75 dptr. Birinchi bemorda sindirish kuchining ortiqligi, ikkinchisida esa asosan akkomodatsiyaning yetishmasligi kuzatiladi. Ko‘rish nuqsonlarini klinik baholashda uzoq nuqta va yaqin nuqta alohida ahamiyatga ega.

16. Kerakli linza +18 dptr; +19 dptr qo‘yilsa umumiy kuch 61 dptr bo‘ladi va ko‘zda yengil miyopik siljish yuz beradi. Katarakta operatsiyasidan keyingi refraksiya ko‘z ichi linzasi kuchining juda aniq tanlanishiga bog‘liq.

17. Akkomodatsiya hajmi 4 dptr; 33 cm uchun taxminan 62.03 dptr kerak; mavjud akkomodatsiya yetarli. Akkomodatsiya hajmi yosh o‘tishi bilan kamayadi va bu presbiopiyaga olib keladi.

18. Uzoqni ko‘rish uchun +3 dptr, 25 cm o‘qish uchun qo‘shimcha +4 dptr kerak. Gipermetrop bemorlarda uzoq ko‘rishni tuzatish bilan yaqin ko‘rish muammosi to‘liq bartaraf bo‘lmasligi mumkin.

19. Birinchi bemorning uzoq nuqtasi 25 cm; ikkinchi bemorning yaqin nuqtasi 66.7 cm. Manfiy dioptriyali linza miyopiyani, musbat dioptriyali linza esa gipermetropiya yoki presbiopiyani korreksiya qiladi.

20. O‘ng ko‘z uchun -1.0 dptr, chap ko‘z uchun 30 cm o‘qish masofasiga +1.90 dptr kerak. Amaliy oftalmologiyada har ikki ko‘z refraksiyasi har xil bo‘lishi mumkin, shu sababli korreksiya ham individual tanlanadi.

5.3-§. Quyosh nurlanishi. Davolash maqsadlarida ishlatiluvchi issiqlik nurlanishi.

1. 0.015 Sv.

3. 80 MBq.

4. 2.4 J.

5. 250 W/m².

6. $4.62 \cdot 10^{14}$ Hz.

7. 2.4 J.

8. 0.04 Sv.

9. 12 MBq.

10. $3.74 \cdot 10^{-19}$ J.

11. 26 soatdan keyin aktivlik 30 MBq bo‘ladi; shu oraliqda taxminan $7.02 \cdot 10^{12}$ ta parchalanish sodir bo‘ladi. Yadro diagnostikada radiofarmpreparatning aktivligi vaqt bilan kamayadi, shu sababli tekshiruv vaqti va yuboriladigan miqdor oldindan aniq rejalashtiriladi.

12. O‘smadagi doza 6 Gy, sog‘lom to‘qimada 0.9 Gy; ekvivalent dozalar ham mos ravishda 6 Sv va 0.9 Sv. O‘sma sog‘lom to‘qimaga nisbatan 6.67 marta ko‘proq nurlangan. Radioterapiyaning asosiy maqsadi o‘smaga yuqori doza berib, sog‘lom to‘qimalarni maksimal darajada asrashdir.

13. Umumiy yutilgan doza 0.68 mGy, ekvivalent doza 0.68 mSv. Tibbiyot xodimlarining kasbiy nurlanishi muntazam nazorat qilinadi va yig‘indi doza hisoblanadi.

14. Energiya 2.4 J, intensivlik $2.39 \cdot 10^7$ W/m². Lazer jarrohlikda nur juda kichik yuzaga fokuslanadi, shu sababli intensivlik nihoyatda katta bo‘lib, to‘qimani aniq kesish imkonini beradi.

15. Umumiy energiya 6.30 J, bitta nuqtadagi intensivlik $1.11 \cdot 10^4$ W/m². Past quvvatli lazer terapiyasida quvvat kichik bo‘lsa ham, ta’sir vaqti va nuqtalar soni umumiy dozaning muhim qismini belgilaydi.

16. Sterilizatsiya qilinayotgan materialda doza 3 Gy, xuddi shu energiya 0.30 kg inson to‘qimasida yutilsa 12 Gy va 12 Sv hosil bo‘ladi. Bir xil energiya turli massalarga tushsa, yutilgan doza keskin farq qiladi. Shu sababli tibbiy nurlanishda massa va hajm muhim.

17. Yutilgan energiya 1.2 J, nazariy temperatura oshishi 133.3°C. Bu soddalashtirilgan hisoblash lazerning nega to‘qimani tez koagulyatsiya qila olishini ko‘rsatadi. Amalda energiyaning bir qismi atrof to‘qimalarga tarqaladi.

18. a) fizik qolgan aktivlik 12 MBq;

b) yo‘qolgan ulush 87.5%;

c) amaliy aktivlik 1.44 MBq. Real klinikada radiofarmpreparat miqdori faqat fizik yemirilish bilan emas, biologik chiqarilish bilan ham kamayadi.

19. Bir impuls energiyasi 0.025 J, jami energiya 3.0 J, quvvat zichligi $7.96 \cdot 10^6$ W/m². Retina fotokoagulyatsiyasida juda kichik sohaga yuqori intensivlikdagi nur tushiriladi, bu ko‘z tubida aniq terapevtik ta’sir hosil qiladi.

20. a) rentgen 0.40 mSv, gamma 0.20 mSv, alpha 0.06 mSv; b) umumiy ekvivalent doza 0.66 mSv; c) alpha-zarralarning ulushi 9.1%. Alfa-nurlanishning yutilgan dozasi juda kichik bo‘lsa ham, uning biologik xavfi yuqori bo‘lgani uchun ekvivalent doza hisobida hissasi sezilarli bo‘lishi mumkin.

6.1-§. Radioaktiv nurlar va ularning inson organizmiga ta’siri. Lazerlar va ularning fan va tibbiyotda qo‘llanilishi.

1. 0.020 Gy.

2. 0.006 Sv.

3. 16 MBq.

4. 3.0 J.

5. 250 W/m².

6. $4.74 \cdot 10^{14}$ Hz.

7. 0.030 Sv.

8. 20 MBq.

9. 3.0 J.

10. $3.74 \cdot 10^{-19}$ J.

11. 12 soatdan keyin aktivlik 45 MBq bo‘ladi; bu tekshiruv uchun hali yetarli.

12. O‘smadagi doza 7.0 Gy, sog‘lom to‘qimada 0.80 Gy; o‘sma doza jihatidan 8.75 marta ko‘proq nurlangan.

13. Umumiy yutilgan doza 0.90 mGy, ekvivalent doza 0.90 mSv.

14. Intensivlik 500 W/m², energiya 13.5 J.

15. Chastota $3.70 \cdot 10^{14}$ Hz, foton energiyasi $2.46 \cdot 10^{-19}$ J.

16. Umumiy ekvivalent doza 0.008 Sv.

17. Energiya 1.2 J, intensivlik $2.65 \cdot 10^6$ W/m².

18. Aktivlik 12 MBq, kamayish 87.5%.

19. Bir impuls energiyasi 0.0144 J, umumiy energiya 2.16 J.

20. 25 MBq.

21. O‘smada 7.0 Gy va 7.0 Sv, sog‘lom to‘qimada 0.70 Gy va 0.70 Sv; selektivlik koeffitsienti 10.

Radioterapiyada selektivlik qanchalik katta bo‘lsa, davolash shunchalik maqsadga muvofiq bo‘ladi.

22. Fizik qolgan aktivlik 20 MBq, amaliy aktivlik 8 MBq, farq 12 MBq yoki 60%. Klinik sharoitda faqat fizik yemirilish emas, preparatning biologik chiqarilishi ham hisobga olinadi.

23. Bir nuqtaga 1.5 J, intensivlik $7.64 \cdot 10^6$ W/m², jami energiya 18 J.

24. Har bir nuqtada 4.5 J, umumiy 27 J, intensivlik $3.54 \cdot 10^3$ W/m².

25. Umumiy ekvivalent doza 0.79 mSv, alpha ulushi 5.1%.

26. Chastota $2.82 \cdot 10^{14}$ Hz, foton energiyasi $1.87 \cdot 10^{-19}$ J, har soniyada $2.14 \cdot 10^{19}$ ta foton chiqadi.

27. Har ikkala holatda ham doza 1.2 Gy; ular teng. Bir xil doza turli materiallarda yutilgan energiya va massaning nisbatiga bog‘liq bo‘ladi.

28. Bir impuls 0.0072 J, umumiy energiya 1.44 J, quvvat zichligi $6.79 \cdot 10^6$ W/m².

29. Qolgan aktivlik 40 MBq, jami parchalanishlar soni taxminan $1.944 \cdot 10^{13}$.

30. Gamma bosqichi ekvivalent dozasi 0.12 mSv; lazer bosqichida energiya 4.32 J, intensivlik 90 W/m²; shu energiya 0.05 kg to‘qima tomonidan to‘liq yutilsa, nazariy doza 86.4 Gy bo‘ladi, bu gamma bosqichidagi dozadan juda katta. Lazer va radioaktiv nurlanish fizik jihatdan mutlaqo boshqa tabiatga ega bo‘lsa-da, energiya yutilishini taqqoslash biotibbiyot muhandisligi uchun muhim. Lazer energiyasi juda lokal va yo‘naltirilgan bo‘ladi.

6.2-§. Nurlanish normalari. Ionlovchi nurlanishdan himoyalanish. Rentgen nurlari.

1. 0.01 Gy.

2. 0.8 mSv.

3. 0.20 mSv.

4. 24 J

5. 2.0 m masofada intensivlik 4 birlik.

6. 4 haftada 2.4 mSv.

7. 0.005 Gy.

8. Yillik doza 21.6 mSv.

9. 1 m masofadagi intensivlik 18 birlik.

10. Fartuk bilan doza 0.15 mSv.

11. a) haftalik doza 0.55 mSv;

b) oylik doza 2.2 mSv;

c) yillik doza 26.4 mSv. Radiologik xodimlar uchun doza nazorati uzluksiz olib boriladi, chunki kichik dozalar ham vaqt o‘tishi bilan yig‘iladi.

12. Umumiy doza 0.20 mSv, yutilgan energiya 0.007 J.

13. Intensivlik 2.25 birlik bo‘ladi, 10 minutlik doza 0.06 mSv ga tushadi. Ionlovchi nurlanishdan himoyalanishning eng oddiy va samarali usullaridan biri — manbadan uzoqlashishdir.

14. Ekran bilan bir smenada 0.08 mSv, 20 smenada 1.6 mSv.

15. Birinchi sohada 0.010 Gy, ikkinchisida 0.003 Gy; birinchi sohadagi doza 3.33 marta katta.

16. a) bir oylik umumiy ekvivalent doza 1.4 mSv;

b) 6 oylik doza 8.4 mSv;

c) yillik prognoz doza 16.8 mSv.

17. Yakuniy intensivlik 0.8 birlik, 1 minutlik doza 0.016 mSv.

18. a) 0.016 Gy;

b) 0.016 Sv;

c) 0.448 J.

19. Rentgen nurlar energiyasi 9.0 J, bemor doza jihatidan 0.18 Gy oladi.

20. a) 0.10 mSv;

b) 0.15 mSv;

c) 0.0167 mSv.

21. a) o‘sma 0.70 J energiya yutadi;

b) sog‘lom to‘qima 0.126 J energiya yutadi;

c) sog‘lom to‘qimada doza 0.21 Gy va ekvivalent doza 0.21 Sv;

d) selektivlik koeffitsienti taxminan 9.52.

22. Bir kunlik umumiy doza 0.966 mSv, favqulodda holatlar sabab qo‘shimcha oylik doza 2.52 mSv.

23. Operator kamida 3.39 m uzoqlikda turishi kerak; 2.4 m masofada intensivlik 4 birlik bo‘ladi.

24. Fartuk bilan 0.060 mSv, fartuk va masofa birgalikda 0.015 mSv.

25. Rentgen nurlar energiyasi 4.8 J, to‘qimada yutilgan doza 0.12 Gy.

26. Yillik doza 13.0 mSv, oylik o‘rtacha 1.083 mSv, maksimal oy o‘rtachadan 38.5% yuqori.

27. Bir tekshiruvda doza 0.008 Gy, 5 tekshiruvda umumiy ekvivalent doza 0.040 Sv yoki 40 mSv.

28. Devor doza tezligini 30 marta kamaytiradi; haftalik doza 0.72 mSv.

29. Umumiy doza 4.9 mSv, yutilgan energiya 0.196 J.

30. Bitta muolajadagi doza 0.00625 mSv, 18 muolajadagi umumiy doza 0.1125 mSv. Radiatsion xavfsizlikning uch asosiy tamoyili — vaqtni kamaytirish, masofani oshirish va himoyalovchi to‘siqlardan foydalanish — birgalikda qo‘llansa, doza juda keskin kamayadi.

ILOVALAR:

Grek Alfaviti

$A\alpha$ –Alfa	$H\eta$ –Eta	$N\nu$ –Nyu	$T\tau$ –Tau
$B\beta$ –Betta	$\Theta\theta$ –Teta	$\Xi\varepsilon$ –Ksi	$\Upsilon\upsilon$ –Ipsilon
$\Gamma\gamma$ –Gamma	$I\iota$ –Yota	Oo –Omikron	$\Phi\varphi$ –Fi
$\Delta\delta$ –Del'ta	$K\kappa$ – Kappa	$\Pi\pi$ –Pi	$X\chi$ –Xi
$E\varepsilon$ –Epsilon	$\Lambda\lambda$ –Lambda	$P\rho$ –ro	$\Psi\psi$ –Psi
$Z\zeta$ –Dzeta	$M\mu$ –Myu	$\Sigma\sigma$ –Sigma	$\Omega\omega$ –Omega

24-jadval ***Atom va Yadro fizikasi***		***Fizikadagi ba'zi yod olinishi shart bo'lgan birlik o'tishlar!***	
Proton (protiy)	$_1^1H$	$1eV$ – 1elektronvolt→	$1{,}6 \cdot 10^{-19}J$ ga teng
Deytron (deyteriy)	$_1^2H$	$760mm.sim.ust \rightarrow$	101360 Pa ga teng
Triton (tritiy)	$_1^3H$	$1ot\ kuchi \rightarrow$	$735{,}7\ Vatt\ ga\ teng$
Elektron (β – nurlanish oqimi, yemirilish)	$_{-1}^0e$	$1\ litr\ suv \rightarrow$	$\approx 1kg\ ga\ teng$
Pozitron (elektronning antizarrasi)	$_1^0p$	$10\ m\ suv\ ustuni \rightarrow$	$10^5\ Paskal\ ga\ teng$
Neytron	$_0^1n$	$1kkal$- kilokalloriya→	$4200\ Joul\ ga\ teng$
Geliy yadrosi (α – nurlanish oqimi, yemirilishi)	$_2^4He$	$1kaloriya \rightarrow$	$4{,}2\ Joul\ ga\ teng$
Vodorod	$_1^1H$	$1kilovatt \cdot soat \rightarrow$	$3{,}6\ Megajoul$
Foton (ϒ – nurlanish oqimi, yemirilish)	$_0^0\gamma$	$1Angstrem \rightarrow$	10^{-10}

1-jadval O’nga karrali va ulushli birliklarni hosil qilishning ko’paytuvchilari, old qo’shimchalari va ularning nomlari					
Ko’paytuvchi	Qo’shimcha				
	Nomi	Kelib chiqishi		Belgilanishi	
		Ma’nosi	Tili	Xal-qaro	Rus-cha
10^{18}	Eksa	6 marta ming	Grekcha	E	Э
10^{15}	Peta	5 marta ming	Grekcha	P	П
$1000000000000 = 10^{12}$	Tera	Juda kata	Grekcha	T	Т
$1000000000 = 10^{9}$	Giga	Gigant	Grekcha	G	Г
$1000000 = 10^{6}$	Mega	Katta	Grekcha	M	М
$1000 = 10^{3}$	Kilo	Ming	Grekcha	K	К
$100 = 10^{2}$	Gekto	Yuz	Grekcha	g	г
$10 = 10^{1}$	Deka	O’n	Grekcha	da	да
$0{,}1 = 10^{-1}$	Detsi	O’n	Lotin	d	д
$0{,}01 = 10^{-2}$	Santi	Yuz	Lotin	s	с
$0{,}001 = 10^{-3}$	Milli	Ming	Lotin	m	м
$0{,}000001 = 10^{-6}$	Mikro	Kichik	Grekcha	μ	мк
$0{,}000000001 = 10^{-9}$	Nano	Karlik	Lotin	n	н
$0{,}000000000001 = 10^{-12}$	Piko	Pikkolo	Italiya	p	п
10^{-15}	Femto	O’n besh	Daniya	f	ф
10^{-18}	Atto	O’n sakkiz	Daniya	a	а

22-jadval	***Mexanika***		***Molekulyar fizika***	
Erkin tushish tezlanishi yerda	$g = 10\frac{m}{s^2}$		Avagadro soni	$N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23} mol^{-1}$
Erkin tushish tezlanishi oyda	$g = 1{,}6\frac{m}{s^2}$		Bolsman doimiysi	$k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\frac{J}{K}$
Gravitat-sion doimiysi	$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\frac{N \cdot m^2}{kg^2}$		Universal gaz doimiysi	$R = 8{,}31\frac{J}{K \cdot mol}$
Normal atmosfera bosimi	$P_0 = 101360\ Pa$		Normal sharoitda 1 mol ideal gazning hajmi	$V_0 = 22{,}4\ litr$
Havoda tovushning tezligi (20^0 da)	$\vartheta \approx 343 m/s$		Atom massa birligi	$m.a.b : 1{,}67 \cdot 10^{-27} kg$
Yerning radiusi	$R \approx 6400 km$		Yerning massasi	$m \approx 5{,}9 \cdot 10^{24} kg$
23-jadval	***Elektrodinamika***		***Optika***	
Elektronning zaryadi	$e = -1{,}6 \cdot 10^{-19} C$		Yorug'lik tezligi	$c = 3 \cdot 10^8 m/s$
Elektronning massasi	$m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31} kg$		Plank domiysi	$h = 6{,}62 \cdot 10^{-34} J \cdot s$
Protonning massasi Protonning zaryadi	$m_P = 1{,}67 \cdot 10^{-27} kg$ $q = 1{,}6 \cdot 10^{-19} Kl$		Stefan-Bolsman doimiysi Havoning nur sindirish ko'rsatkichi	$\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}\frac{W}{m^{-2} \cdot K^4}$ $n \approx 1$
Faradey soni	$F = 96500\frac{Kl}{mol}$		Vakuumning nur sindirish ko'rsatkichi	$n \approx 1$
Magnit doimiysi	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\frac{Gn}{m}$		Shishaning nur sindirish ko'rsatkichi	$n \approx 1{,}5$
Elektr doimiysi	$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\frac{Kl^2}{N \cdot m^2}$		Fotonning tinchlikagi massasi	$m = 0$
Propor-sionallik koeffitsiyenti	$k = 9 \cdot 10^9\frac{N \cdot m^2}{Kl^2}$		Vakuumning dielektrik va magnit singdiruvchanligi	$\varepsilon = 1$ $\mu = 1$

21-jadval. Suv moddasining ko’plab fizikaviy doimiy qiymatlari (yod olish muhim)	
Ma’lumot turi	**Ma’lumotning qiymati**
Muzlash harorati	$\mathbf{0}$°C
Erish harorati	$\mathbf{0}$°C
Bug’lanish harorati	$\mathbf{0}$°C
Nur sindirish ko’rsatkichi	$\mathbf{1,3}$
Maksimal zichlikka ega bo’lish harorati	$\approx \mathbf{4}$°C
Qaynash harorati	$\mathbf{100}$°C
Zichligi	$\mathbf{1000}\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}}$
Qattiq (muz) holatdagi zichligi	$\mathbf{900}\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}}$
Gaz (bug’) holatdagi zichligi	$\mathbf{0,6}\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}}$
Molyar massasi	$\mathbf{18 \cdot 10^{-3}}\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{mol}}$
Sirt taranglik koeffitsiyenti	$\mathbf{72 \cdot 10^{-3}}\frac{\boldsymbol{N}}{\boldsymbol{m}}$
Dielektrik singdiruvchanligi	$\mathbf{81}$
Solishtirma issiqlik sig’imi	$\mathbf{4200}\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg}}$
Solishtirma erish issiqligi	$\mathbf{330000}\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg}}$
Solishtirma bug’lanish issiqligi	$\mathbf{2360000}\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg}}$
Suvning magnit singdiruvchanligi	$\approx \mathbf{0,007}$

QATTIQ JISMLARNING ZICHLIGI (20^0)

MODDA	*ZICHLIK, g/sm³*	*MODDA*	*ZICHLIK, g/sm³*
Materiallar va qotishmalar		**Minerallar**	
Alyuminiy	2,7	Olmos	3.51
Bronza	8,7-,.9	Asbest	0.1-0.5
Temir	7,88	Granit	2.5-3
Germaniy	5,3	Kvars	2.65
Oltin	19,31	Marmar	2.5-2.8
Kobal't	8,8	Bo'r	2
Kremniy	2,3	Najdak	4
Magniy	1.76	**Turli xil materiallar**	
Mis	8.93	Suyak	1.8-2
Molibden	10.2	Muz (0^0)	0.917
Natriy	0.975	Yelim (oddiy va qattiq)	1.2
Nikel	8.9	Slyuda	2.6-3.2
Qalay	7.29	Shisha	2.55
Platina	21.46	Kvarsli oyna	2.21
Qo'rg'oshin	11.35	Oddiy oyna	2.5
Kumush	10.5	Periks oyna	2.59
P'lat	7.7-7.9	termometr shishasi	2.59
Uran	19.1	Forfor	2.2-2.4
Xrom	7.15	Qaxrabro	1.1
Ruh	7.15		

6- jadval. Trigonometrik funksiyalarning fizikada eng ko'p ishlaydigan qiymatlarini yod bilish muhim!

Radian	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$
Gradus	0°	30°	45°	60°	90°
$sin\alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$cos\alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
$tg\alpha$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	–
$ctg\alpha$	–	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0

SUYUQLIKLARNING 20^0C DAGI ZICHLIGI

MODDA	ZICHLIK, g/sm^3	MODDA	ZICHLIK, g/sm^3
Azot kislotasi	1,51	Mashina moyi	0,9
Anilin	1,02	O‘rta yog‘li sut	1,03
Atseton	0,791	Dengiz suvi	1,01-1,03
Benzin	0,68-0,72	Metil spirit	0,792
Benzol	0,879	Chumoli kislotasi	1,22
Brom	3,12	Nitrobenzol	1,2
Brombenzol	1,495	Simob	13,55
Suv	0,99823	Xloroform	1,489
Og‘ir suv ($H_2{}^2O$)	1,1086	Toluol	0,866
Geksan	0,660	Tribrommetan	2,890
Geptan	0,684	Uksus kislotasi	1,049
Glitserin	1,26	Etil spirti	0,79
Neft	0,76-0,85	Nitroglitsirin	1,6

QATTIQ JISMLARNING VA BIOLOGIK TO‘QIMALARNING YUNG MODULI HAMDA MUSTAHKAMLIK CHEGARASI

№	Materiallar	Yung moduli, GPa	Mustahkamlik chegarasi, MPa
1	Po‘lat	200	500
2	Shisha to‘ldirilgan kapron	8	150
3	Organik shisha	3,5	50
4	Kollagen	10 – 100	100
5	Elastin	01 – 0,6	5
6	Suyak	10	100
7	Yog‘och	10	90

KO‘ZGA KO‘RINADIGAN NURLARNING TO‘LQIN UZUNLIKLARI VA CHASTOTALARI

№	Nurlanish nomi	To‘lqin uzunligi, λ, 10^{-9}m yoki nm	Chastotasi, ν, 10^{12}Hz yoki THz	Foton energiyasi, eV
1	Qizil	625-740	400-480	1,68-1,98
2	Zarg‘aldoq	590-625	480-510	1,98-2,10
3	Sariq	565—590	510—530	2,10—2,19
4	Yashil	500—565	530—600	2,19—2,48
5	Havorang	485—500	600—620	2,48—2,56
6	Ko‘k	440-485	620-680	2,56-2,82
7	Binafsha	380-440	680-790	2,82-3,26

BA'ZI SUYUQLIKLARNING 20^0C DA SIRT TARANGLIK KOEFFITSENTI

№	Suyiqlik nomi	10^{-3} N/m
1	Benzin	21
2	Kerosin	24
3	Sovun eritmasi	40
4	Sut	46
5	Neft	30
6	Simob	472
7	Spirt	22
8	Etil efiri	17
9	Glitserin	63,4
10	Parafin moyi	48
11	Suv	72,5

ORGANIZMDAGI TURLI TO'QIMALAR, SUYUQLIKLARNI VA BA'ZI O'TKAZGICHLARNING SOLISHTIRMA QARSHILIGI

Nomi	Solishtirma qarshiligi, 10^{-6} Om·m	Nomi	Solishtirma qarshiligi, 10^{-6} Om·m
Orqa miya suyuqligi	0,55	Po`lat	0,15
Qon	1,66	Rux	0,06
Muskullar	2	Konstantan	0,5
Miya va nerv to'qimasi	14,3	Nikelin	0,4
Yog' to'qimasi	33,3	Nikel'	0,45
Quruq teri	10^5	Nixrom	1,1
Suyak-pardasiz suyak	10^7	Sul'fat kislota eritmasi (10%)	26 000
Alyuminiy	0,028	Xromel	1,4
Vol'fram	0,055	Kumush	0,016
Temir	0,1	Qo`rgoshin	0,21
Mis	0,017	Simob	0,96

ARTERIAL QON BOSIMLARINING KLASSIFIKATSIYASI *

№	Qon bosimi turkumi	Arterial bosim	
		Sistolik bosim	Diastolik bosim
1	Optimal	120 gacha	80 gacha
2	Normal	130 gacha	85 gacha
3	Yuqori normal	130-139	85-89
4	1-darajali arterial gipertoniya (yengil)	140-159	90-99
5	2-darajali arterial gipertoniya (o'rtacha	160-179	100-109
6	3-darajali arterial gipertoniya (og'ir)	180 dan yuqori	110 dan yuqori

SUYUQLIKLARNI QOVUSHQOQLIGI

№	Suyuqlik	Qovushqoqlik, η	
		Pa·s	Puaz
1	Moy	0,986	9,86
2	Glitsirin	0,85	8,5
3	Sulfat kislota	0,022	0,22
4	Skipidar	0,00149	0,0149
5	Etil spirti	0,00119	0,0119
6	Benzin	0,00065	0,0065
7	Metil spirti	0,0006	0,006
8	Atseton	0,00033	0,003
9	Efir	0,00023	0,0023
10	Qon (normada)	0,004-0,005	0,04-0,05
11	Qon plazmasi	0,0015	0,015

TURLI YOSHDAGI ORGANIZMDA NORMAL ARTERIAL BOSIM *

Yoshi va jinsi	Puls chegarasi	Erkaklar		Ayollar	
		Maksimal	Minimal	Maksimal	Minimal
Yangi tug'ilgan	110–170	70	—	—	—
1 yosh	94–154	96	66	95	65
10 yosh	60–100	103	69	103	70
20 yosh	60–80	123	76	116	72
30 yosh	60–80	126	79	120	75
40 yosh	60–80	129	81	127	80
50 yosh	64–84	135	83	137	84
60 yosh	69–89	142	85	144	85
70 yosh	69–89	145	82	159	85
80 yosh	69–89	147	82	157	83
90 yosh	—	145	78	150	79

TURLI YOSHDAGI ORGANIZMDA NORMAL PULS URISHI *

Yoshi	O'rtacha puls urishi (1 minutda)	Puls chegarasi (1 minutda)
1 oygacha	140	110–170
1–12 oylik	132	102–162
1–2 yosh	124	94–154
2–4 yosh	115	90–140
4–6 yosh	106	86–126
6–8 yosh	98	78–118
8–10 yosh	88	68–108
10–12 yosh	80	60–100
12–15 yosh	75	55–95
15–50 yosh	70	60–80
50–60 yosh	74	64–84
60–80 yosh	79	69–89
Katta yoshdagi spotrchilar	50	40-60

Odam uchun qon aylanishning ayrim gidrodinamik parametrlari

Tomir turi	O'rtacha tezlik m/s	Diametr, m	Tezlikning tomir devori yonidagi o'rtacha gradiyenti, s^{-1}	Reynolds soni
Aorta	$4{,}8 \cdot 10^{-1}$	$2{,}5 \cdot 10^{-2}$	155	$3{,}4 \cdot 10^{3}$
Arteriya	$4{,}5 \cdot 10^{-1}$	$4 \cdot 10^{-3}$	900	$5 \cdot 10^{2}$
Arteriola	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-5}$	800	$7 \cdot 10^{2}$
Kapillyar	$1 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-6}$	1000	$2 \cdot 10^{3}$
Venula	$2 \cdot 10^{-3}$	$2{,} \cdot 10^{-5}$	800	$2 \cdot 10^{2}$
Vena	$1 \cdot 10^{-1}$	$5 \cdot 10^{-3}$	160	$1{,}4 \cdot 10^{2}$

BA'ZI TO'QIMALARNING SOLISHTIRMA ELEKTR QARSHILIGI

№	Modda	ρ $Om \cdot m$	Modda	ρ $Om \cdot m$
1	Miya suyuqligi	0,55	Yog' to'qimasi	33
3	Qon plazmasi	0,71	Quruq teri	10^{5}
4	Qon	1,7	Suyak	10^{7}
5	Muskullar	2,0	Kimyoviy toza suv	10^{6}
6	Jigar	3,3	Kumush	$1{,}6 \cdot 10^{-8}$
7	Miya	14	yantar	10^{18}

Периодическая таблица химических элементов Д. И. Менделеева

ПЕРИОДЫ	ГРУППЫ							
	A I Б	A II Б	A III Б	A IV Б	A V Б	A VI Б	A VII Б	A VIII Б
1	H	Поиск Usmonov Saidjon					H 1 1,00794 ВОДОРОД	He 2 4,002602 ГЕЛИЙ
2	Li 3 6,941 ЛИТИЙ	Be 4 9,01218 БЕРИЛЛИЙ	B 5 10,811 БОР	C 6 12,011 УГЛЕРОД	N 7 14,0067 АЗОТ	O 8 15,9994 КИСЛОРОД	F 9 18,998403 ФТОР	Ne 10 20,179 НЕОН
3	Na 11 44,95591 НАТРИЙ	Mg 12 24,305 МАГНИЙ	Al 13 26,9854 АЛЮМИНИЙ	Si 14 28,0855 КРЕМНИЙ	P 15 30,97376 ФОСФОР	S 16 32,066 СЕРА	Cl 17 35,453 ХЛОР	Ar 18 39,948 АРГОН
4	K 19 39,0983 КАЛИЙ	Ca 20 40,078 КАЛЬЦИЙ	21 Sc 44,95591 СКАНДИЙ	22 Ti 47,88 ТИТАН	23 V 50,9415 ВАНАДИЙ	24 Cr 51,9961 ХРОМ	25 Mn 54,9380 МАРГАНЕЦ	26 Fe 55,847 ЖЕЛЕЗО	27 Co 58,9332 КОБАЛЬТ	28 Ni 58,69 НИКЕЛЬ
	29 Cu 63,546 МЕДЬ	30 Zn 65,39 ЦИНК	Ga 31 69,723 ГАЛЛИЙ	Ge 32 72,61 ГЕРМАНИЙ	As 33 74,9216 МЫШЬЯК	Se 34 78,96 СЕЛЕН	Br 35 79,904 БРОМ	Kr 36 83,80 КРИПТОН		
5	Rb 37 85,4678 РУБИДИЙ	Sr 38 87,62 СТРОНЦИЙ	39 Y 88,9059 ИТТРИЙ	40 Zr 91,224 ЦИРКОНИЙ	41 Nb 92,9064 НИОБИЙ	42 Mo 95,94 МОЛИБДЕН	43 Tc [98] ТЕХНЕЦИЙ	44 Ru 101,07 РУТЕНИЙ	45 Rh 102,9055 РОДИЙ	46 Pd 106,42 ПАЛЛАДИЙ
	47 Ag 107,8682 СЕРЕБРО	48 Cd 112,41 КАДМИЙ	In 49 114,82 ИНДИЙ	Sn 50 118,710 ОЛОВО	Sb 51 121,75 СУРЬМА	Te 52 127,60 ТЕЛЛУР	I 53 126,9045 ЙОД	Xe 54 131,29 КСЕНОН		
6	Cs 55 132,9054 ЦЕЗИЙ	Ba 56 137,327 БАРИЙ	57 * La 138,9055 ЛАНТАН	72 Gf 178,49 ГАФНИЙ	73 Ta 180,9479 ТАНТАЛ	74 W 183,84 ВОЛЬФРАМ	75 Re 186,207 РЕНИЙ	76 Os 190,2 ОСМИЙ	77 Ir 192,22 ИРИДИЙ	78 Pt 195,08 ПЛАТИНА
	79 Au 196,9665 ЗОЛОТО	80 Hg 200,59 РТУТЬ	Tl 81 204,383 ТАЛЛИЙ	Pb 82 207,72 СВИНЕЦ	Bi 83 208,9804 ВИСМУТ	Po 84 208,9824 ПОЛОНИЙ	At 85 209,9871 АСТАТ	Rn 86 222,0176 РАДОН		
7	Fr 87 [223] ФРАНЦИЙ	Ra 88 [226] РАДИЙ	89 ** Ac [227] АКТИНИЙ	104 Rf [261] РЕЗЕРФОРДИЙ	105 Db [262] ДУБНИЙ	106 Sg [266] СИБОРГИЙ	107 Bh [267] БОРИЙ	108 Hs [269] ХАССИЙ	109 Mt [268] МЕЙТНЕРИЙ	110 Dr [271] ДАРМШТАДТИЙ

Легенда

* Лантаноиды | ** Актиноиды | Высшие оксиды | Летучие водородные соединения

58 Ce 140,12 ЦЕРИЙ	59 Pr 140,9077 ПРАЗЕОДИМ	60 Nd 144,24 НЕОДИМ	61 Pm [145] ПРОМЕТИЙ	62 Sm 150,36 САМАРИЙ	63 Eu 151,98 ЕВРОПИЙ	64 Gd 157,25 ГАДОЛИНИЙ	65 Tb 158,9254 ТЕРБИЙ	66 Dy 162,50 ДИСПРОЗИЙ	67 Ho 164,9304 ГОЛЬМИЙ	68 Er 167,26 ЭРБИЙ	69 Tm 168,9342 ТУЛИЙ	70 Yb 173,04 ИТТЕРБИЙ	71 Lu 174,967 ЛЮТЕЦИЙ

Foydalanilgan adabiyotlar:

I. Rahbariy adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi 2022–2026. – Toshkent: O‘zbekiston, 2022. – 120 b.
2. O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi. Oliy ta’lim davlat ta’lim standarti. – Toshkent, 2023. – 85 b.
3. O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi. Tibbiyot ta’limi rivoji konsepsiyasi. – Toshkent, 2021. – 64 b.
4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. Raqamli O‘zbekiston – 2030 strategiyasi. – Toshkent, 2020. – 98 b.
5. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi. Oliy ta’lim tizimini rivojlantirish qarorlari to‘plami. – Toshkent, 2021. – 150 b.
6. O‘zbekiston Respublikasi SSV. Radiatsion xavfsizlik normalari. – Toshkent, 2022. – 76 b.
7. O‘zbekiston Respublikasi Oliy Majlisi. “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonun. – Toshkent, 2020. – 45 b.
8. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. Sog‘liqni saqlash tizimini rivojlantirish to‘g‘risida farmon. – Toshkent, 2019. – 34 b.
9. O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi. Biotibbiyot muhandisligi DTS. – Toshkent, 2024. – 72 b.
10. O‘zbekiston Respublikasi SSV. Tibbiy texnika va texnologiyalarni rivojlantirish dasturi. – Toshkent, 2021. – 90 b.

II. Asosiy adabiyotlar

11. Bozorboyev M.I., Mullajonov I. Biofizika. – Toshkent 2018. – 198 b.
12. A.N.Remizov Tibbiy va biologik fizika. T.: “O‘zbekiston milliy ensikopediyasi”. 2005
13. Xoldorov B.B. Tibbiy fizika. – Toshkent: Ilm ziyo, 2018. – 280 b.
14. Karimov Sh.K. Biotibbiyot muhandisligi asoslari. – Toshkent: O‘zbekiston, 2020. – 300 b.

15. Rasulov A.A. Fizika va tibbiyot integratsiyasi. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2021. – 250 b.
16. Qodirov M.M. Biofizik jarayonlar. – Toshkent: Tafakkur, 2017. – 270 b.
17. Sodiqov N.R. Tibbiyotda fizika qonunlari. – Toshkent: Yangi asr avlodi, 2016. – 240 b.
18. Abdukarimov D.S. Gemodinamika asoslari. – Toshkent: Fan, 2015. – 210 b.
19. Ismoilov F.A. Biomekanika. – Toshkent: Ilm ziyo, 2018. – 260 b.
20. Rahimov K.T. Bioelektrik hodisalar. – Toshkent: Fan, 2019. – 230 b.
21. Nurmatov O.O. Tibbiy optika. – Toshkent: O‘zbekiston, 2020. – 220 b.
22. Tursunov H.H. Termodinamika asoslari. – Toshkent: Fan, 2014. – 200 b.
23. Jo‘rayev S.S. Radiatsiya fizikasi. – Toshkent: Fan, 2016. – 240 b.
24. Egamberdiyev B.A. Biofizik tadqiqot usullari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2021. – 260 b.
25. Qosimov Z.Z. Tibbiyot muhandisligi. – Toshkent: Ilm ziyo, 2022. – 310 b.
26. Xasanboyeva N.A. Farmakologiya va biofizika integratsiyasi. – Toshkent: Fan, 2023. – 280 b.

III. Xorijiy adabiyotlar (10 ta)

26. Medical Physics – John R. Cameron, James G. Skofronick. – Wiley, 2009. – 450 p.
27. Paul Davidovits. Physics in Biology and Medicine. Fourth Edition, 2013
28. Andrey B. Rubin. Fundamentals of biophysics. Second Edition, 2014
29. В.О.Самойлов Медицинская биофизика, Санкт-Петербург, 2004.
30. Biophysics: An Introduction – Rodney Cotterill. – Wiley, 2002. – 380 p.
31. Physics in Biology and Medicine – Paul Davidovits. – Academic Press, 2013. – 520 p.
32. Biomedical Engineering Fundamentals – Joseph D. Bronzino. – CRC Press, 2015. – 600 p.
33. Medical Imaging Physics – William R. Hendee. – Wiley, 2012. – 410 p.
34. Introduction to Biomedical Engineering – Michael M. Domach. – Pearson, 2016. – 480 p.

35. Biomechanics: Mechanical Properties of Living Tissues – Y.C. Fung. – Springer, 2013. – 580 p.
36. Radiation Physics for Medical Physicists – Ervin B. Podgorsak. – Springer, 2016. – 700 p.
37. Fundamentals of Medical Imaging – Paul Suetens. – Cambridge University Press, 2017. – 430 p.
38. Bioelectricity: A Quantitative Approach – Robert Plonsey. – Springer, 2007. – 350 p.

IV. Mahalliy internet manbalari

36. https://ssv.uz
37. https://edu.uz
38. https://ziyonet.uz
39. https://lex.uz
40. https://fjssti.uz

V. Xorijiy internet manbalari

41. https://www.who.int
42. https://www.nih.gov
43. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov
44. https://www.sciencedirect.com
45. https://www.ieee.org

MUNDARIJA:

KIRISH 3

I. BOB. QATTIQ JISMLAR VA BIOLOGIK TO‘QIMALAR MEXANIKASI 6

1.1-§. Qattiq jismlar va biologik to‘qimalarning mexanik xususiyatlari. Insonning tayanch-harakat sistemasining vazifasi 16

1.2-§. Tashqi nafas olish biomexanikasi. Qon aylanishi biomexanikasi. Mushak qisqarishining biofizikasi. Odamning tayanch harakatlanish apparatidagi bo‘g‘imlar va richaglar 20

1.3-§. Odamning mexanik ishi. Ergometriya 25

1.4-§. Tebranish jarayonlari. Akustikaning fizik asoslari 32

I. Bob yuzasidan nazorat va muhokama savollari 37

II. BOB. BIOREOLOGIYA VA GEMODINAMIKA 39

2.1-§. Suyuqlikning ichki ishqalanishi (qovushqoqligi). Nyuton va Bernulli tenglamasi 45

2.2-§. Qovushoq suyuqliklarning trubalardan oqishi Puazeyl formulasi. Sirt taranglik kuchi 51

2.3-§. Gemodinamikada yurakning ishi va quvvati. Qon oqimi tezligi 56

II. BOB. Yuzasidan nazorat va muhokama savollari 62

III. TERMODINAMIKA. TIRIK SISTEMALAR TERMODINAMIKASI 63

3.1-§. Termodinamikaning 1-qonuni. izojarayonlarning 1-qonunda qo‘llanilishi 72

3.2-§. Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Termometriya va kalorimetriya 75

3.3-§. Tibbiyotda entropiya. Termoregulyatsiya va gomeostaz 78

III. Bob yuzasidan nazorat va muhokama savollari 81

IV. TIRIK ORGANIZMLARDA ELEKTR TOKI 83

4.1-§. Tok kuchi va zichligi. Organizm to‘qimalariga doimiy tokning birlamchi ta’siri. Bioelektrik jarayonlar 91

4.2-§. Gazlarda elektr razryad. Aeroionlar va ularning davolash-profilaktik 95

ta’sir. Galvanizatsiya. dorivor moddalarning elektroforezi
4.3-§. Kuchlanish va potensial. Elektr dipol. Multipol. EKG, EEG va EMG ning fizik asoslari 99
IV. Bob yuzasidan nazorat va muhokama savollari 103
V. TIBBIYOTDA YORUG‘LIKNING FIZIK XOSSALARI. 105
5.1-§. Geometrik optikaning asosiy qonunlari. Tibbiyotda optik asboblar. 112
5.2-§. Ko‘z va ko‘rish sistemasidagi kamchiliklar va ularni bartaraf qilish. 115
5.3-§. Quyosh nurlanishi. Davolash maqsadlarida ishlatiluvchi issiqlik nurlanishi. 118
V. Bob. Yuzasidan nazorat va muhokama savollari 121
VI. RADIOAKTIVLIK. IONLANTIRUVCHI NURLANISHNING ORGANIZMGA TA’SIRI 123
6.1-§. Radioaktiv nurlar va ularning inson organizmiga ta’siri. Lazerlar va ularning fan va tibbiyotda qo‘llanilishi. 129
6.2-§. Nurlanish normalari. Ionlovchi nurlanishdan himoyalanish. Rentgen nurlari. 134
VI. Bob bo‘yicha nazorat va muhokama savollari 139
Masalalar javobi 141
Ilovalar 163
Foydalanilgan adabiyotlar 173

Section	Content	Page
	INTRODUCTION	3
CHAPTER I	**MECHANICS OF SOLID BODIES AND BIOLOGICAL TISSUES**	6
1.1-§	Mechanical properties of solid bodies and biological tissues. Functions of the human musculoskeletal system	16
1.2-§	Biomechanics of external respiration. Biomechanics of blood circulation. Biophysics of muscle contraction. Joints and levers in the human musculoskeletal system	20
1.3-§	Mechanical work of a human. Ergometry	25
1.4-§	Oscillatory processes. Physical foundations of acoustics	32
	Control and discussion questions for Chapter I	37
CHAPTER II	**BIOREOLOGY AND HEMODYNAMICS**	39
2.1-§	Internal friction (viscosity) of liquids. Newton and Bernoulli equations	45
2.2-§	Flow of viscous liquids through tubes. Poiseuille's formula. Surface tension force	51
2.3-§	Work and power of the heart in hemodynamics. Blood flow velocity	56
	Control and discussion questions for Chapter II	62
CHAPTER III	**THERMODYNAMICS. THERMODYNAMICS OF LIVING SYSTEMS**	63
3.1-§	First law of thermodynamics. Application of the first law to isoprocesses	72
3.2-§	Second law of thermodynamics. Thermometry and calorimetry	75
3.3-§	Entropy in medicine. Thermoregulation and homeostasis	78
	Control and discussion questions for Chapter III	81
CHAPTER	**ELECTRIC CURRENT IN LIVING ORGANISMS**	83

IV

4.1-§	Electric current and current density. Primary effects of direct current on biological tissues. Bioelectric processes	91
4.2-§	Electric discharge in gases. Aeroions and their therapeutic and preventive effects. Galvanization. Electrophoresis of medicinal substances	95
4.3-§	Voltage and potential. Electric dipole. Multipole. Physical foundations of ECG, EEG and EMG	99
	Control and discussion questions for Chapter IV	103
CHAPTER V	PHYSICAL PROPERTIES OF LIGHT IN MEDICINE	105
5.1-§	Basic laws of geometrical optics. Optical instruments in medicine	112
5.2-§	Defects of the visual system and their correction	115
5.3-§	Solar radiation. Thermal radiation used for therapeutic purposes	118
	Control and discussion questions for Chapter V	121
CHAPTER VI	**RADIOACTIVITY. EFFECT OF IONIZING RADIATION ON THE HUMAN BODY**	123
6.1-§	Radioactive radiation and its effects on the human body. Lasers and their applications in science and medicine	129
6.2-§	Radiation standards. Protection from ionizing radiation. X-rays	134
	Control and discussion questions for Chapter VI	139
	Answers to problems	141
	Appendices	163
	References	173

Раздел	Содержание	Стр.
	ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА I	**МЕХАНИКА ТВЁРДЫХ ТЕЛ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ**	6
1.1-§	Механические свойства твёрдых тел и биологических тканей. Функции опорно-двигательной системы человека	16
1.2-§	Биомеханика внешнего дыхания. Биомеханика кровообращения. Биофизика мышечного сокращения. Суставы и рычаги в опорно-двигательном аппарате человека	20
1.3-§	Механическая работа человека. Эргометрия	25
1.4-§	Колебательные процессы. Физические основы акустики	32
	Контрольные и дискуссионные вопросы по главе I	37
ГЛАВА II	**БИОРЕОЛОГИЯ И ГЕМОДИНАМИКА**	39
2.1-§	Внутреннее трение (вязкость) жидкости. Уравнения Ньютона и Бернулли	45
2.2-§	Течение вязких жидкостей по трубам. Формула Пуазейля. Сила поверхностного натяжения	51
2.3-§	Работа и мощность сердца в гемодинамике. Скорость кровотока	56
	Контрольные и дискуссионные вопросы по главе II	62
ГЛАВА III	**ТЕРМОДИНАМИКА. ТЕРМОДИНАМИКА ЖИВЫХ СИСТЕМ**	63
3.1-§	Первый закон термодинамики. Применение первого закона к изопроцессам	72
3.2-§	Второй закон термодинамики. Термометрия и калориметрия	75
3.3-§	Энтропия в медицине. Терморегуляция и гомеостаз	78
	Контрольные и дискуссионные вопросы по главе III	81
ГЛАВА IV	**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ЖИВЫХ ОРГАНИЗМАХ**	83

4.1-§	Сила тока и плотность тока. Первичное воздействие постоянного тока на ткани организма. Биоэлектрические процессы	91
4.2-§	Электрический разряд в газах. Аэроионы и их лечебно-профилактическое действие. Гальванизация. Электрофорез лекарственных веществ	95
4.3-§	Напряжение и потенциал. Электрический диполь. Мультиполь. Физические основы ЭКГ, ЭЭГ и ЭМГ	99
	Контрольные и дискуссионные вопросы по главе IV	103
ГЛАВА V	**ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВЕТА В МЕДИЦИНЕ**	105
5.1-§	Основные законы геометрической оптики. Оптические приборы в медицине	112
5.2-§	Нарушения зрения и их коррекция	115
5.3-§	Солнечное излучение. Тепловое излучение, используемое в лечебных целях	118
	Контрольные и дискуссионные вопросы по главе V	121
ГЛАВА VI	**РАДИОАКТИВНОСТЬ. ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОРГАНИЗМ**	123
6.1-§	Радиоактивное излучение и его воздействие на организм человека. Лазеры и их применение в науке и медицине	129
6.2-§	Нормы излучения. Защита от ионизирующего излучения. Рентгеновские лучи	134
	Контрольные и дискуссионные вопросы по главе VI	139
	Ответы на задачи	141
	Приложения	163
	Список использованной литературы	173

Qaydlar uchun:	

my.gov.uz

O‘zbekiston Respublikasi
Oliy ta’lim,
fan va
innovatsiyalar vazirligi

№ 7330-976a-9a63-41f4-0549-0280-7187
Hujjat yaratilgan sana: 2026-09-04
Ariza raqami: 327794176

Hujjat berilgan: USMONOV SAIDJON ABDUSUBXON O‘G‘LI
JShShIR: 30209944270048

Oliy ta’lim tashkilotlari talabalari uchun tayyorlangan o‘quv adabiyotini ekspertizadan o‘tkazganlik natijasi bo‘yicha MA’LUMOTNOMA

Muallif haqida ma'lumot

Muallif F.I.O.	Ilmiy darajasi	Lavozimi
USMONOV SAIDJON ABDUSUBXON O‘G‘LI	Ilmiy darajasiz	Katta o'qituvchi

Hammuallif (lar) haqida ma'lumot

Ushbu so‘rov bo‘yicha "Hammualliflar haqida ma'lumot" aniqlanmadi.

O‘quv adabiyoti haqidagi ma'lumot

O‘quv adabiyoti nomi:	TIBBIY INTERDISIPLINAR FIZIKA MASALALARI
O‘quv adabiyoti turi:	O‘quv qo‘llanma
Fan bloki:	Majburiy fan
Ta’lim yo‘nalishi (mutaxassislik) kodi, nomi:	Biotibbiyot muhandisligi

Ekspertiza xulosasi:	Mazkur o‘quv adabiyoti nashr qilishga tavsiya etildi.

Mazkur hujjat Vazirlar Mahkamasining 2017 yil 15 sentyabrdagi 728-son qaroriga muvofiq Yagona interaktiv davlat xizmatlari portalida shakllantirilgan elektron hujjatning nusxasi bo‘lib, davlat organlari tomonidan ushbu hujjatni qabul qilishni rad etishlari qat’iyan taqiqlanadi. Hujjat haqiqiyligini repo.gov.uz veb-saytida hujjatning noyob raqamini kiritib yoki mobil telefon yordamida QR- kodni skaner qilish orqali tekshirish mumkin.

5139

my.gov.uz

O‘zbekiston Milliy kutubxonasi

№ 3856-976a-f15e-e498-d9b6-6984-4022
Hujjat yaratilgan sana: 2026-11-09
Ariza raqami: 371143137

Hujjat berilgan: "MODERN SCIENCE AND RESEARCH" MAS`ULIYATI CHEKLANGAN JAMIYAT
STIR: 309796554

Nashrlarga kitobning ISBN xalqaro standart tartib raqamini berish MA’LUMOTNOMASI

O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “Axborot-kutubxona sohasida davlat xizmatlari ko‘rsatishning ayrim ma’muriy reglamentlarini tasdiqlash to‘g‘risida”gi 2023-yil 1-may 176 – sonli qarori talablari asosida kitob mahsulotiga quyidagi ISBN xalqaro standart tartib raqami belgilash uchun taqdim etildi:

Muallif	Kitob nomi	Kitob janri	Kitob chop etiladigan til	Kitob hajmi	Kitob adadi	Berilgan ISBN tartib raqami
Usmonov S. A.	Tibbiy interdisiplinar fizika masalalari	o’quv qo’llanma	O‘zbek tili lotin yozuvida	60*90 1/16	10	978-9910-329-48-7

RAXMEDOVA GULBAXOR TULKUNOVNA

Mazkur hujjat Vazirlar Mahkamasining 2017 yil 15 sentyabrdagi 728-son qaroriga muvofiq Yagona interaktiv davlat xizmatlari portalida shakllantirilgan elektron hujjatning nusxasi bo‘lib, davlat organlari tomonidan ushbu hujjatni qabul qilishni rad etishlari qat’iyan taqiqlanadi. Hujjat haqiqiyligini repo.gov.uz veb-saytida hujjatning noyob raqamini kiritib yoki mobil telefon yordamida QR- kodni skaner qilish orqali tekshirish mumkin.

2292