



FARABI UNIVERSITY

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

Биология және биотехнология факультеті

Биофизика, биомедицина және нейроғылым кафедрасы

**“Қолданбалы биофизика және биотехнология негіздері” пәні бойынша
семинар сабақтарына арналған әдістемелік нұсқау**

Бөлім 1. Қолданбалы биофизика

**«6B05305 – Физика и нанотехнология» білім беру бағдарламасы
3 курс, көктемгі семестр, қазақ бөлімі**

**Дәріскер: Қайрат Бақытжан Қайратұлы
PhD, аға оқытушы**

Алматы, 2026

Семинар №1

Тақырыбы: Биофизика ғылымының даму тарихы. Биофизиканың негізгі тараулары. Биофизика саласындағы ірі ғылыми жаңалықтар. Физика және химия заңдарының биологияда қолданылуы. Физика және химия заңдарының биологиядағы көрінісінің шегі мен әртүрлілігі.

Мақсаты: Білім алушыларда биофизиканың ғылым ретінде қалыптасуы мен дамуы, оның биология және биотехнологиямен пәнаралық байланысы, сондай-ақ тірі жүйелердегі физика-химиялық заңдардың қолданылу ерекшеліктері туралы жүйелі түсінік қалыптастыру.

Міндеттері:

- биофизика ғылымының пайда болу және даму кезеңдерін сипаттау;
- биофизиканың негізгі тарауларын және олардың зерттеу объектілерін талдау;
- биофизика саласындағы ірі ғылыми жаңалықтардың биология мен медицинадағы маңызын көрсету;
- физика және химия заңдарының тірі жүйелерде жүзеге асу ерекшеліктерін түсіндіру;
- тірі жүйелерді сипаттауда редукационизм мен жүйелік тәсілдің шектеулері мен мүмкіндіктерін бағалау.

Сабақтың өткізілу формасы: Семинарлық сабақ, пікірталас элементтері және талдау сұрақтарын қолдану.

Талқылауға арналған сұрақтар

1. Биофизиканың дербес ғылым ретінде қалыптасуына қандай ғылыми алғышарттар әсер етті?
2. Классикалық биофизика мен заманауи молекулалық биофизиканың айырмашылығы неде?
3. Биофизиканың биотехнология және медицина салаларымен байланысы.
4. Физика заңдарының (термодинамика, электродинамика, кванттық физика) тірі жүйелерде қолданылу мысалдары.
5. Химиялық кинетика мен тепе-теңдік заңдарының биологиялық процестердегі рөлі.

Кейс-тапсырмалар

Кейс 1. Биофизиканың ғылым ретінде қалыптасуы

Жағдай: XIX–XX ғасырлар тоғысында тірі ағзаларды тек биологиялық тұрғыда ғана емес, физика-химиялық әдістермен зерттеу қажеттілігі туындады.

Сұрақтар:

1. Биофизиканың дербес ғылым ретінде қалыптасуына әсер еткен негізгі ғылыми алғышарттарды атаңыз.
2. Биофизиканың дамуына елеулі үлес қосқан ғалымдарды (Г. Гельмгольц, Э. Шрёдингер, А. Ходжкин, Э. Хаксли және т.б.) және олардың еңбектерін сипаттаңыз.
3. «Тіршілік – физика және химия заңдарына толық бағына ма?» деген сұраққа ғылыми тұрғыдан жауап беріңіз.

4. Биофизиканың биология мен биотехнологиядағы әдіснамалық рөлін негіздеңіз.

Кейс 2. Мембраналық биофизика

Жағдай: Жасуша мембранасы иондар мен молекулалардың селективті тасымалын, электрлік қозғыштықты және сигнал беруді қамтамасыз етеді.

Сұрақтар:

1. Мембраналық потенциалдың пайда болу механизмін биофизикалық тұрғыдан түсіндіріңіз.
2. Иондық арналар мен тасымалдаушы ақуыздардың қызметін салыстырыңыз.
3. Нернст теңдеуінің биологиялық жүйелердегі қолданылу мүмкіндігі мен шектеулерін талдаңыз.
4. Мембрананың сұйық-мозаикалық моделінің биофизикадағы маңызын сипаттаңыз.

Кейс 3. Термодинамика және тірі жүйелер

Жағдай: Тірі ағзалар – энергия және зат алмасуы үздіксіз жүретін ашық термодинамикалық жүйелер.

Сұрақтар:

1. Бірінші термодинамика заңының тірі жүйелерге қолданылуын мысалмен түсіндіріңіз.
2. Екінші термодинамика заңы тұрғысынан энтропия ұғымын сипаттаңыз.
3. Тірі жүйелердегі тәртіптің сақталуы энтропия заңына қайшы келе ме? Негізденіз.
4. Метаболизм процестерінің энергия алмасудағы биофизикалық маңызын талдаңыз.

Кейс 4. Биофизикадағы эксперименттік әдістер

Жағдай: Заманауи биофизикада тірі жүйелерді зерттеу үшін спектроскопиялық және микроскопиялық әдістер кеңінен қолданылады.

Сұрақтар:

1. Лазерлік спектроскопия мен флуоресценциялық микроскопияның биофизикадағы қолданылу салаларын атаңыз.
2. Флуоресценция құбылысының молекулалық деңгейдегі маңызын түсіндіріңіз.
3. Инвазивті және инвазивті емес зерттеу әдістерін салыстырыңыз.
4. Кеңістіктік және уақыттық рұқсаттылықтың биологиялық объектілерді зерттеудегі рөлін бағалаңыз.

Кейс 5. Биофизика және биотехнологияның түйісуі

Жағдай: Биотехнологиялық өндірістерде жасушалық және ферментативтік процестердің тиімділігі физика-химиялық факторларға тәуелді.

Сұрақтар:

1. Температура мен рН-тың ферментативтік реакция жылдамдығына әсерін биофизикалық тұрғыдан түсіндіріңіз.
2. Иондық күш пен орта тұтқырлығының жасушалық процестерге әсерін сипаттаңыз.
3. Биореакторлардағы масса және жылу алмасу процестерінің маңызын негіздеңіз.
4. Биофизикалық модельдеудің биотехнологиялық процестерді оңтайландырудағы рөлін талдаңыз.

Бақылау сұрақтары

1. Биофизиканың негізгі тарауларын атаңыз.
2. Биофизиканың биотехнологиядағы қолданылу бағыттары.
3. Физика заңдарының тірі жүйелерде қолданылу шектеулері неде?
4. Биологиялық жүйелердің күрделілігі биофизикалық модельдеуге қалай әсер етеді?

Бағалау критерийлері

- Теориялық материалды меңгеру деңгейі;
- Сұрақтарға толық әрі дәл жауап беру;
- Ұғымдар мен терминдерді дұрыс қолдану;
- Талқылауға белсенді қатысу.

Ұсынылатын әдебиеттер

1. Шрёдингер Э. *Что такое жизнь?* – Москва : АСТ, 2019.
2. Хилл Т. *Свободная энергия и биологические процессы.* – Москва : Мир, 2008.
3. Нобл Д. *Физиология сердца: биофизический подход.* – Москва : Медицина, 2011.
4. Weiss T. F. *Cellular Biophysics.* – Cambridge : MIT Press, 1996.
5. Nelson P. *Biological Physics: Energy, Information, Life.* – New York : W.H. Freeman, 2014.

Семинар №2

Тақырыбы: Биологиялық және термодинамикалық жүйелер. Жүйелерді сипаттайтын термодинамикалық функциялар. Термодинамика заңдарының биологиялық жүйелер үшін қолданылу мүмкіндіктері. Биожүйелер үшін термодинамиканың I және II заңдары.

Мақсаты: Білім алушыларда биологиялық жүйелерді термодинамикалық тұрғыдан қарастыру, тірі жүйелердің энергия және зат алмасу заңдылықтарын түсіндіру, сондай-ақ термодинамика заңдарының биология мен биотехнологияда қолданылу ерекшеліктері туралы терең теориялық түсінік қалыптастыру.

Міндеттері:

- биологиялық және термодинамикалық жүйелердің ұқсастықтары мен айырмашылықтарын талдау;
- термодинамикалық функциялардың (ішкі энергия, энтальпия, энтропия, Гиббс еркін энергиясы) биологиялық маңызын түсіндіру;
- термодинамиканың I және II заңдарының тірі жүйелерге қолданылуын негіздеу;
- биологиялық процестерді сипаттауда термодинамикалық тәсілдің мүмкіндіктері мен шектеулерін бағалау.

Сабақтың өткізілу формасы: Семинарлық сабақ, талдау сұрақтары және есептік элементтері бар пікірталас.

Кейс-тапсырмалар

Кейс 1. Биологиялық жүйе – ашық термодинамикалық жүйе

Жағдай: Тірі ағза үздіксіз түрде энергия мен зат алмасатын ашық жүйе болып табылады.

Сұрақтар:

1. Ашық, жабық және оқшауланған жүйелердің анықтамасын беріп, биологиялық жүйелермен салыстырыңыз.
2. Неліктен тірі ағзаларды тепе-теңдіксіз жүйелерге жатқызады?
3. Биологиялық гомеостаз ұғымын термодинамикалық тұрғыдан түсіндіріңіз.
4. Ашық жүйе ретінде жасушаның тұрақтылығы қалай сақталады?

Кейс 2. Термодинамикалық функциялар және биологиялық процестер

Жағдай: Биохимиялық реакциялар энергия алмасумен қатар жүреді және оларды термодинамикалық функциялар арқылы сипаттауға болады.

Сұрақтар:

1. Ішкі энергия мен энтальпия ұғымдарының биологиялық маңызын түсіндіріңіз.
2. Энтропия ұғымын тірі жүйелер мысалында сипаттаңыз.
3. Гиббс еркін энергиясының өзгерісі реакцияның өздігінен жүруін қалай анықтайды?
4. Экзергониялық және эндергониялық реакцияларға биологиялық мысалдар келтіріңіз.

Кейс 3. Термодинамиканың I заңы және биожүйелер

Жағдай: Тірі жүйелерде энергия жойылмайды және жоқтан пайда болмайды, тек бір түрден екінші түрге айналады.

Сұрақтар:

1. Термодинамиканың I заңының мәнін биологиялық процестер тұрғысынан түсіндіріңіз.
2. Метаболизмдегі энергия балансы ұғымын сипаттаңыз.
3. АТФ молекуласының энергия тасымалдаудағы рөлін негіздеңіз.
4. Бұлшық ет жұмысы кезінде энергияның түрлену сатыларын талдаңыз.

Кейс 4. Термодинамиканың II заңы және энтропия

Жағдай: Табиғи процестердің барлығы энтропияның артуымен сипатталады, алайда тірі жүйелерде жоғары дәрежелі тәртіп сақталады.

Сұрақтар:

1. Термодинамиканың II заңының физикалық мәнін түсіндіріңіз.
2. Тірі жүйелерде тәртіптің сақталуы энтропия заңына қайшы келе ме?
3. Энтропия ағыны мен энтропия өндірісінің айырмашылығын сипаттаңыз.
4. Биологиялық эволюцияны термодинамикалық тұрғыдан қалай түсіндіруге болады?

Кейс 5. Есептік тапсырма: биохимиялық реакцияның өздігінен жүруі

Жағдай: Белгілі бір биохимиялық реакция үшін стандартты жағдайда энтальпия өзгерісі $\Delta H = -20$ кДж/моль, ал энтропия өзгерісі $\Delta S = -30$ Дж/(моль·К). Температура $T = 310$ К.

Сұрақтар:

1. Гиббс еркін энергиясының өзгерісін (ΔG) есептеңіз.
2. Бұл реакцияның өздігінен жүру мүмкіндігін анықтаңыз.
3. Температураның артуы реакцияның өздігінен жүруіне қалай әсер етеді?
4. Мұндай реакциялардың жасушалық метаболизмдегі маңызын түсіндіріңіз.

Бақылау сұрақтары

1. Биологиялық жүйелер неге ашық термодинамикалық жүйелерге жатады?
2. Термодинамикалық функциялардың биологиядағы рөлі қандай?
3. Термодинамиканың I және II заңдарының тірі жүйелерге қолданылу ерекшеліктері.
4. Энтропия ұғымының биологиялық мәні.

Бағалау критерийлері

- Теориялық материалды меңгеру деңгейі;
- Термодинамикалық ұғымдарды дұрыс қолдану;
- Есептік тапсырмаларды орындау дәлдігі;
- Талқылауға белсенді қатысу.

Ұсынылатын әдебиеттер

1. Шрёдингер Э. *Что такое жизнь?* – Москва : АСТ, 2019.
2. Хилл Т. *Свободная энергия и биологические процессы.* – Москва : Мир, 2008.
3. Аткинс П. *Физическая химия.* – Москва : Мир, 2014.
4. Nelson P. *Biological Physics: Energy, Information, Life.* – New York : W.H. Freeman, 2014.
5. Demirel Y. *Nonequilibrium Thermodynamics: Transport and Rate Processes in Physical, Chemical and Biological Systems.* – Amsterdam : Elsevier, 2014.

Семинар №3

Тақырыбы: Биологиялық мембраналардың құрылымдық-функционалдық ұйымдасуы. Осмос және тургор. Биомембраналар арқылы заттарды тасымалдау процестерінің биофизикасы және биоэлектрогенез.

Мақсаты: Білім алушыларда биологиялық мембраналардың құрылымы мен қызметі, осмостық құбылыстар, мембрана арқылы тасымал механизмдері және биоэлектрлік потенциалдардың пайда болуы туралы жүйелі биофизикалық түсінік қалыптастыру.

Міндеттері:

- биомембраналардың молекулалық ұйымдасуын сипаттау;
- осмос пен тургор құбылыстарының биофизикалық негіздерін түсіндіру;
- мембрана арқылы пассивті және активті тасымал механизмдерін талдау;
- биоэлектрогенездің физикалық негіздерін қарастыру;
- мембраналық процестерге есептік әдістерді қолдану дағдысын қалыптастыру.

Сабақтың өткізілу формасы: Семинарлық сабақ, кейс-талдау және есептік тапсырмалар.

Кейс-тапсырмалар

Кейс 1. Биологиялық мембрананың құрылымы

Жағдай: Жасуша мембранасы фосфолипидтік қосқабат пен ақуыздардан тұратын динамикалық құрылым болып табылады.

Сұрақтар:

1. Биологиялық мембрананың негізгі құрылымдық компоненттерін және олардың қызметін сипаттаңыз.
2. Сұйық-мозаикалық модельдің артықшылықтарын түсіндіріңіз.
3. Холестериннің мембрана сұйықтығына әсерін талдаңыз.
4. **Есеп:** Мембрана қалыңдығы 7 нм, электр өрісінің кернеулігі $5 \cdot 10^6$ В/м. Мембранадағы потенциалдар айырымын есептеңіз.

Кейс 2. Осмос және тургор

Жағдай: Өсімдік жасушаларында осмос нәтижесінде тургор қысымы пайда болады.

Сұрақтар:

1. Осмос құбылысын және оның биологиялық маңызын түсіндіріңіз.
2. Тургор қысымының жасуша пішінін сақтаудағы рөлін сипаттаңыз.
3. Гипотониялық және гипертониялық ортадағы жасуша күйін салыстырыңыз.
4. **Есеп:** Ерітінді концентрациясы 0,2 моль/л, температура 300 К. Вант-Гофф теңдеуі бойынша осмостық қысымды есептеңіз ($R = 8,31$ Дж/(моль·К)).

Кейс 3. Мембрана арқылы пассивті тасымал

Жағдай: Иондар мен ұсақ молекулалар мембрана арқылы концентрация градиенті бойынша өтеді.

Сұрақтар:

1. Қарапайым диффузия мен жеңілдетілген диффузияны салыстырыңыз.
2. Фик заңдарының биологиялық жүйелерге қолданылуын түсіндіріңіз.
3. Мембрананың өтімділігіне әсер ететін факторларды атаңыз.

4. **Есеп:** Диффузия коэффициенті $D = 1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$, концентрация градиенті $2 \cdot 10^6 \text{ моль}/\text{м}^4$. Фиктің бірінші заңы бойынша зат ағынын анықтаңыз.

Кейс 4. Активті тасымал және иондық насостар

Жағдай: Жасуша мембранасында Na^+/K^+ -АТФаза иондық градиентті сақтайды.

Сұрақтар:

1. Активті тасымалдың биофизикалық мәнін түсіндіріңіз.

2. Na^+/K^+ -сорғысының жұмыс механизмін сипаттаңыз.

3. Активті тасымалдың энергетикалық шығынын негіздеңіз.

4. **Есеп:** Бір АТФ гидролизі кезінде 50 кДж/моль энергия бөлінеді. 1 моль Na^+ иондарын тасымалдауға жұмсалатын минималды энергияны бағалаңыз.

Кейс 5. Биоэлектрогенез және мембраналық потенциал

Жағдай: Нейрон мембранасында иондық асимметрия нәтижесінде тыныштық потенциалы түзіледі.

Сұрақтар:

1. Биоэлектрогенез ұғымын және оның физиологиялық маңызын түсіндіріңіз.

2. Мембраналық потенциалдың пайда болу механизмін сипаттаңыз.

3. Нернст теңдеуінің биоэлектрлік процестердегі рөлін талдаңыз.

4. **Есеп:** Na^+ иондары үшін ішкі концентрация 15 мМ, сыртқы концентрация 150 мМ, температура 310 К. Нернст теңдеуі бойынша тепе-теңдік потенциалын есептеңіз.

Бақылау сұрақтары

1. Биомембраналардың құрылымдық-функционалдық ерекшеліктері.

2. Осмос пен тургордың биологиялық маңызы.

3. Мембрана арқылы заттарды тасымалдаудың негізгі механизмдері.

4. Биоэлектрогенездің биофизикалық негіздері.

Бағалау критерийлері

• Теориялық түсініктерді меңгеру деңгейі;

• Есептік тапсырмаларды дұрыс шығару;

• Биофизикалық заңдарды қолдана білу;

• Семинардағы белсенділік.

Ұсынылатын әдебиеттер

1. Weiss T. F. *Cellular Biophysics*. – Cambridge : MIT Press, 1996.

2. Nelson P. *Biological Physics: Energy, Information, Life*. – New York : W.H. Freeman, 2014.

3. Alberts B. et al. *Molecular Biology of the Cell*. – New York : Garland Science, 2015.

4. Hille B. *Ion Channels of Excitable Membranes*. – Sunderland : Sinauer, 2001.

Семинар №4

Тақырыбы: Тірі клеткадағы стационарлық потенциалдар: тыныштық потенциалы және әрекет потенциалы. Мембраналық потенциалдардың қалыптасуында иондық каналдар мен насосардың рөлі. Биологиялық ұлпалар мен сұйықтықтардың электрөткізгіштігі. Тірі ұлпалар үшін Ом заңы. Тірі жүйелердің электрөткізгіштігіне негізделген әдістер.

Мақсаты: Білім алушыларда тірі жасушалар мен ұлпалардағы биоэлектрлік құбылыстардың физикалық негіздері, тыныштық және әрекет потенциалдарының қалыптасу механизмі, сондай-ақ биологиялық объектілердің электрөткізгіш қасиеттеріне негізделген зерттеу әдістері туралы жүйелі түсінік қалыптастыру.

Міндеттері:

- тыныштық және әрекет потенциалдарының биофизикалық табиғатын түсіндіру;
- мембраналық потенциалдардың қалыптасуындағы иондық каналдар мен насосардың рөлін талдау;
- биологиялық ұлпалар мен сұйықтықтардың электрөткізгіштік қасиеттерін сипаттау;
- тірі жүйелерге Ом заңының қолданылу ерекшеліктерін көрсету;
- биоэлектрлік қасиеттерге негізделген диагностикалық әдістердің принциптерін түсіндіру.

Сабақтың өткізілу формасы: Семинарлық сабақ, кейс-талдау және есептік тапсырмалар.

Кейс-тапсырмалар

Кейс 1. Тыныштық потенциалы

Жағдай: Нейрон мембранасында Na^+ және K^+ иондарының асимметриялық таралуы нәтижесінде тыныштық потенциалы қалыптасады.

Сұрақтар:

1. Тыныштық потенциалының пайда болу механизмін биофизикалық тұрғыдан түсіндіріңіз.
2. K^+ иондарының өтімділігінің басым болуы тыныштық потенциалына қалай әсер етеді?
3. Na^+/K^+ -АТФаза тыныштық потенциалын сақтауда қандай рөл атқарады?
4. **Есеп:** K^+ үшін ішкі концентрация 140 мМ, сыртқы концентрация 4 мМ, температура 310 К. Нернст теңдеуі бойынша K^+ ионының тепе-теңдік потенциалын есептеңіз.

Кейс 2. Әрекет потенциалы

Жағдай: Қозғыш ұлпаларда мембраналық потенциалдың жылдам және қайтымды өзгеруі әрекет потенциалының пайда болуына әкеледі.

Сұрақтар:

1. Әрекет потенциалының негізгі фазаларын (деполяризация, реполяризация, гиперполяризация) сипаттаңыз.
2. Кернеуге тәуелді Na^+ және K^+ каналдарының рөлін түсіндіріңіз.
3. Рефрактерлік кезеңнің физиологиялық маңызын негіздеңіз.
4. **Есеп:** Мембраналық сыйымдылық 1 мкФ/см², мембраналық потенциалдың өзгерісі 100 мВ. Мембрананың 1 см² бетінде жинақталған зарядты есептеңіз.

Кейс 3. Иондық каналдар мен насостар

Жағдай: Мембраналық потенциалдардың тұрақтылығы иондық каналдар мен активті тасымалдау жүйелерінің үйлесімді жұмысына тәуелді.

Сұрақтар:

1. Иондық каналдардың негізгі типтерін (кернеуге, лиганды, механикалық әсерге тәуелді) атаңыз.
2. Иондық каналдар мен насостардың қызметін салыстырыңыз.
3. Активті тасымалдың энергетикалық негізін түсіндіріңіз.
4. **Есеп:** Бір нейрон секундына 10^6 Na^+ иондарын шығару үшін Na^+/K^+ -сорғысын қолданады. Егер 1 АТФ молекуласы 3 Na^+ ионын тасымалдаса, 1 секундта қажет АТФ молекулаларының санын есептеңіз.

Кейс 4. Биологиялық ұлпалардың электрөткізгіштігі және Ом заңы

Жағдай: Биологиялық ұлпаларда электр тогы иондардың қозғалысымен жүзеге асады және электрод–ұлпа шекарасында, сондай-ақ жасушалық мембраналарда поляризация құбылысы байқалады.

Сұрақтар:

1. Биологиялық ұлпалардағы электрөткізгіштіктің иондық табиғатын және оның металдық өткізгіштіктен айырмашылығын түсіндіріңіз.
2. Поляризация құбылысының (электродтық және мембраналық) мәнін сипаттаңыз.
3. Неліктен тірі жүйелер үшін Ом заңы тек жуықтап және шектеулі жағдайларда қолданылады?
4. **Есеп:** Ұлпа арқылы тұрақты ток өткен кезде бастапқыда $I_0 = 2$ мА, ал поляризация әсерінен 5 с кейін ток $I = 1,2$ мА-ға дейін төмендеді. Кернеу тұрақты ($U = 10$ мВ). Уақыт өте келе ұлпаның тиімді кедергісінің өзгерісін есептеп, поляризацияның әсерін түсіндіріңіз.

Кейс 5. Электрөткізгіштікке негізделген әдістер

Жағдай: Тірі ұлпалардың электрлік қасиеттері олардың уақытқа және ток жиілігіне тәуелділігімен сипатталады. Осы ерекшелік медицинада диагностикалық мақсатта пайдаланылады.

Сұрақтар:

1. Айнымалы токты қолдану поляризация әсерін неліктен азайтады?
2. Биоимпеданс ұғымын активті және реактивті құраушылары арқылы түсіндіріңіз.
3. Ұлпалардың электрлік қасиеттерінің физиологиялық күйге тәуелділігін сипаттаңыз.
4. **Есеп:** Айнымалы токта ұлпаның активті кедергісі $R = 400$ Ом, сыйымдылық реактивті кедергісі $X_c = 300$ Ом. Толық импедансты есептеп, алынған нәтижені поляризация құбылысы тұрғысынан түсіндіріңіз.

Бақылау сұрақтары

1. Тыныштық және әрекет потенциалдарының айырмашылығы.
2. Иондық каналдар мен насостардың мембраналық потенциалдағы рөлі.
3. Биологиялық ұлпалардың электрөткізгіштігінің ерекшеліктері.
4. Электрөткізгіштікке негізделген негізгі биофизикалық әдістер.

Бағалау критерийлері

- Теориялық материалды меңгеру деңгейі;
- Биоэлектрлік процестерді түсіндіру сапасы;
- Есептік тапсырмаларды дұрыс орындау;

- Семинардағы белсенділік.

Ұсынылатын әдебиеттер

1. Hille B. *Ion Channels of Excitable Membranes*. – Sunderland : Sinauer, 2001.
2. Weiss T. F. *Cellular Biophysics*. – Cambridge : MIT Press, 1996.
3. Nelson P. *Biological Physics: Energy, Information, Life*. – New York : W.H. Freeman, 2014.
4. Geddes L. A. *Electrodes and the Measurement of Bioelectric Events*. – New York : Wiley, 1972.

Семинар №5

Тақырыбы: Тірі жүйелердегі стационарлық күй және оның қамтамасыз етілу механизмдері. Биожүйелердің түрлі ұйымдасу деңгейлеріндегі реттелу механизмдері: тура және кері байланыс.

Мақсаты: Білім алушыларда тірі жүйелердің стационарлық күй ұғымы, оны қамтамасыз ететін физика-химиялық және биологиялық механизмдер, сондай-ақ молекулалықтан тұтас ағза деңгейіне дейінгі реттелу принциптері туралы жүйелі биофизикалық түсінік қалыптастыру.

Міндеттері:

- стационарлық күй мен тепе-теңдік күйдің айырмашылығын түсіндіру;
- тірі жүйелердегі зат және энергия ағындарының тұрақтылығын талдау;
- тура және кері байланыс механизмдерінің мәнін ашу;
- реттелу механизмдерінің әртүрлі ұйымдасу деңгейлерінде іске асуын көрсету;
- қарапайым модельдер мен есептер арқылы реттелудің сандық сипаттамасын меңгеру.

Сабақтың өткізілу формасы: Семинарлық сабақ, кейс-талдау және есептік тапсырмалар.

Кейс-тапсырмалар

Кейс 1. Стационарлық күй – тірі жүйелердің негізгі қасиеті

Жағдай: Тірі жасушада көптеген биохимиялық реакциялар бір мезетте жүріп жатады, алайда негізгі параметрлер (рН, иондар концентрациясы, температура) салыстырмалы тұрақты сақталады.

Сұрақтар:

1. Стационарлық күй ұғымын анықтап, оны термодинамикалық тепе-теңдікпен салыстырыңыз.
2. Неліктен тірі жүйелер тепе-теңдік күйде бола алмайды?
3. Стационарлық күйдің сақталуында зат және энергия ағындарының рөлін түсіндіріңіз.
4. **Есеп:** Жасушаға секундына 5 мкмоль зат түсіп, дәл осы мөлшерде сыртқа шығарылса, жүйенің күйін сипаттаңыз және стационарлық күйдің орындалу шартын тұжырымдаңыз.

Кейс 2. Кері байланыс – гомеостаздың негізі

Жағдай: Қандағы глюкоза деңгейі инсулин және глюкагон гормондары арқылы реттеледі.

Сұрақтар:

1. Кері байланыс механизмінің биологиялық мәнін түсіндіріңіз.
2. Теріс кері байланыстың тұрақтандырушы әсерін сипаттаңыз.
3. Оң кері байланыстың қандай жағдайларда іске қосылатынын мысалмен түсіндіріңіз.
4. **Есеп:** Егер қандағы глюкоза концентрациясы 6 ммоль/л-ден 5 ммоль/л-ге төмендесе, реттеу жүйесінің әрекет бағытын (гормон деңгейінің өзгерісін) схемалық түрде көрсетіңіз.

Кейс 3. Тура байланыс және реттелудің жылдам реакциялары

Жағдай: Кейбір физиологиялық процестерде жүйенің жауабы бастапқы әсерді күшейтеді.

Сұрақтар:

1. Тура (оң) байланыс механизмін анықтаңыз.
2. Тура байланыстың биологиялық жүйелердегі артықшылықтары мен қауіптерін талдаңыз.
3. Қанның ұю процесін тура байланыс мысалы ретінде сипаттаңыз.
4. **Есеп:** Егер ұю факторларының концентрациясы әр реакция циклінде 1,5 есе артса, 3 циклден кейін бастапқы концентрациямен салыстырғандағы өзгерісті есептеңіз.

Кейс 4. Ұйымдасу деңгейлері бойынша реттелу

Жағдай: Биожүйелерде реттелу молекулалық, жасушалық, ұлпалық және ағзалық деңгейлерде жүзеге асады.

Сұрақтар:

1. Әр ұйымдасу деңгейіне тән реттелу механизмдеріне мысалдар келтіріңіз.
2. Ферменттік реттелу мен гормондық реттелудің айырмашылығын түсіндіріңіз.
3. Нейрогуморалдық реттелудің жүйелік маңызын негіздеңіз.
4. **Есеп:** Егер гормон концентрациясы рецепторлармен байланысқаннан кейін жасушалық жауапты 4 есе арттырса, сигнал күшеюінің биологиялық маңызын түсіндіріңіз.

Кейс 5. Стационарлық күйдің бұзылуы және патологиялық жағдайлар

Жағдай: Реттелу механизмдерінің бұзылуы аурулардың дамуына әкелуі мүмкін.

Сұрақтар:

1. Гомеостаздың бұзылуы ұғымын түсіндіріңіз.
2. Қант диабетін кері байланыс жүйесінің бұзылуы ретінде сипаттаңыз.
3. Стационарлық күйдің тұрақсыздануының жүйелік салдарын талдаңыз.
4. **Есеп:** Егер кері байланыс коэффициенті 1-ден төмен болса, жүйенің тұрақтылығы қалай өзгереді? Қорытынды жасаңыз.

Бақылау сұрақтары

1. Стационарлық күй мен тепе-теңдік күйдің айырмашылығы.
2. Тура және кері байланыс механизмдерінің рөлі.
3. Биожүйелердегі реттелудің көпдеңгейлілігі.
4. Гомеостазды қамтамасыз ететін негізгі факторлар.

Бағалау критерийлері

- Теориялық ұғымдарды дұрыс қолдану;
- Реттелу механизмдерін жүйелік тұрғыдан түсіндіру;
- Есептік тапсырмаларды логикалық және сандық тұрғыдан дұрыс орындау;
- Семинардағы белсенділік пен дәлелді пікір айту.

Ұсынылатын әдебиеттер

1. Cannon W. B. *The Wisdom of the Body*. – New York : W.W. Norton, 1932.
2. Demirel Y. *Nonequilibrium Thermodynamics*. – Amsterdam : Elsevier, 2014.
3. Nelson P. *Biological Physics: Energy, Information, Life*. – New York : W.H. Freeman, 2014.
4. Goldbeter A. *Biochemical Oscillations and Cellular Rhythms*. – Cambridge : Cambridge University Press, 1996.

Семинар №6

Тақырыбы: Биофотоника. Жарықтың жұтылу заңдылықтары. Биолюминесценцияның тірі организм үшін биологиялық маңызы. Лазерлердің биология мен медицинада қолданылуы. Интенсивтілігі төмен лазерлердің тірі жүйелерге әсер ету механизмдері. Фотосинтездеуші жүйелер және олардың қолданылуы. Фотосинтездің биофизикалық механизмдері. D витаминінің терідегі биосинтезі. Деструктивті фотобиологиялық реакциялар. Ультракүлгін сәулелердің тірі жүйелерге әсері.

Мақсаты: Білім алушыларда биофотониканың негізгі ұғымдары, тірі жүйелердегі жарық-зат әрекеттесуінің биофизикалық заңдылықтары, фотобиологиялық процестердің (фотосинтез, биолюминесценция, витамин D биосинтезі) механизмдері және лазерлік сәулеленудің биология мен медицинада қолданылуы туралы жүйелі ғылыми түсінік қалыптастыру.

Міндеттері:

- жарықтың жұтылу заңдылықтарын (Бугер-Ламберт-Бер заңы) биологиялық жүйелерге қолдану;
- биолюминесценцияның молекулалық және жасушалық механизмдерін талдау;
- лазер сәулесінің биологиялық әсер ету принциптерін түсіндіру;
- төмен интенсивті лазерлердің тірі жүйелерге әсер ету механизмдерін негіздеу;
- фотосинтездің жарық және қараңғы сатыларының биофизикалық мәнін ашу;
- D витаминінің терідегі фотохимиялық биосинтезін сипаттау;
- ультракүлгін сәулелердің пайдалы және зиянды әсерлерін талдау;
- деструктивті фотобиологиялық реакциялардың даму механизмдерін түсіндіру.

Сабақтың өткізілу формасы: Семинарлық сабақ, кейс-талдау, есептік және талдамалық тапсырмалар.

Кейс-тапсырмалар

Кейс 1. Жарықтың жұтылу заңдылықтары және биологиялық орта

Жағдай: Биологиялық ұлпалар арқылы өтетін жарық қарқындылығы толқын ұзындығына және ұлпа құрамына тәуелді түрде әлсірейді.

Сұрақтар:

1. Бугер–Ламберт–Бер заңын тұжырымдап, оның биологиялық жүйелерге қолданылуын түсіндіріңіз.

2. Неліктен тірі ұлпаларда жарықтың жұтылуы біртекті ортаға қарағанда күрделірек жүреді?

3. Гемоглобин мен меланиннің оптикалық қасиеттерін салыстырыңыз.

4. **Есеп:** Егер жарықтың бастапқы интенсивтілігі 100 бірлік, ал жұтылу коэффициенті $0,1 \text{ см}^{-1}$ және қабат қалыңдығы 5 см болса, шыққан жарық интенсивтілігін есептеңіз.

Кейс 2. Биолюминесценция – тірі жүйелердегі жарық шығару

Жағдай: Кейбір бактериялар, теңіз организмдері және жәндіктер жарық шығару қабілетіне ие.

Сұрақтар:

1. Биолюминесценцияның биохимиялық және биофизикалық негізін түсіндіріңіз.
2. Люциферин–люцифераза жүйесінің рөлін сипаттаңыз.
3. Биолюминесценцияның организм тіршілігіндегі биологиялық маңызын талдаңыз.
4. Биолюминесценцияның биотехнология мен медицинадағы қолданылуына мысалдар келтіріңіз.
5. **Есеп:** Егер биолюминесцентті реакция нәтижесінде бөлінетін энергияның 90%-ы жарық түрінде, ал қалғаны жылу түрінде бөлінсе, жалпы реакция энергиясы 10 мДж болған жағдайда жарық энергиясын есептеңіз.

Кейс 3. Лазер сәулесінің биология мен медицинада қолданылуы

Жағдай: Лазерлер хирургияда, диагностикада және физиотерапияда кеңінен қолданылады.

Сұрақтар:

1. Лазер сәулесінің негізгі физикалық қасиеттерін атаңыз.
2. Жоғары және төмен интенсивті лазерлердің биологиялық әсерлерін салыстырыңыз.
3. Төмен интенсивті лазерлердің жасушалық деңгейдегі әсер ету механизмдерін түсіндіріңіз.
4. Лазерлік терапияның артықшылықтары мен шектеулерін талдаңыз.
5. **Есеп:** Егер лазер сәулесінің қуаты 50 мВт, әсер ету уақыты 40 секунд болса, тірі ұлпаға берілген энергия мөлшерін есептеңіз.

Кейс 4. Фотосинтездің биофизикалық механизмдері

Жағдай: Фотосинтез – Жердегі энергия айналымының негізгі процесі.

Сұрақтар:

1. Фотосинтездің жарық және қараңғы сатыларының биофизикалық мәнін түсіндіріңіз.
2. Хлорофилл молекуласының жарық жұтудағы рөлін сипаттаңыз.
3. Электрон тасымалдау тізбегінің энергетикалық маңызын негіздеңіз.
4. Фотосинтездеуші жүйелердің биотехнологиядағы қолданылуына мысалдар келтіріңіз.
5. **Есеп:** Егер фотосинтез процесінде жұтылған жарық энергиясының 45%-ы химиялық энергияға айналса, ал жұтылған энергия 200 Дж болса, түзілген химиялық энергия мөлшерін есептеңіз.

Кейс 5. Ультракүлгін сәулелердің тірі жүйелерге әсері

Жағдай: Ультракүлгін сәулелер бір жағынан пайдалы, екінші жағынан деструктивті әсер көрсетуі мүмкін.

Сұрақтар:

1. Ультракүлгін сәулелердің түрлерін (UVA, UVB, UVC) және олардың биологиялық әсерін сипаттаңыз.
2. D витаминінің терідегі фотобиосинтез механизмін түсіндіріңіз.
3. Деструктивті фотобиологиялық реакциялардың даму жолдарын талдаңыз.
4. Ультракүлгін сәулеленуден қорғану механизмдерін атаңыз.
5. **Есеп:** Егер UVB сәулесінің интенсивтілігі $0,5 \text{ Вт/м}^2$ және әсер ету уақыты 20 минут болса, теріге түскен энергия мөлшерін есептеңіз.

Бақылау сұрақтары

1. Биофотониканың зерттеу нысаны мен негізгі міндеттері.
2. Жарықтың биологиялық ұлпалармен әрекеттесу ерекшеліктері.
3. Биолюминесценция мен флуоресценцияның айырмашылығы.
4. Лазер сәулесінің тірі жүйелерге әсер ету механизмдері.
5. Фотосинтездің биофизикалық негіздері.
6. Ультракүлгін сәулелердің пайдалы және зиянды әсерлері.

Бағалау критерийлері

- теориялық материалды дұрыс және ғылыми тұрғыда баяндау;
- биофизикалық заңдылықтарды биологиялық жүйелермен байланыстыра білу;
- кейс-тапсырмаларға логикалық және дәлелді жауап беру;
- есептік тапсырмаларды дұрыс орындау;
- семинардағы белсенділік пен пікірталасқа қатысу.

Ұсынылатын әдебиеттер

1. Nelson P. Biological Physics: Energy, Information, Life. – New York : W.H. Freeman, 2014.
2. Vo-Dinh T. Biomedical Photonics Handbook. – Boca Raton : CRC Press, 2014.
3. Lakowicz J. R. Principles of Fluorescence Spectroscopy. – New York : Springer, 2006.
4. Halliday D., Resnick R., Walker J. Fundamentals of Physics. – Hoboken : Wiley, 2014.
5. Webb A. R. Ultraviolet Radiation in Medicine. – Cambridge : Cambridge University Press, 2017.

Семинар №7

Тақырыбы: Клеткадағы тербелістер мен толқындар. Клеткааралық байланыстағы кальций толқындарының рөлі. Оптогенетика. «Алтын» спираль, Әлемнің фракталдары – ырғақты процестердің көрінісі ретінде. Фибоначчи қатары. «Алтын қима» принципі, оның мысалдары және оны биологияда қолдану.

Мақсаты: Білім алушыларда тірі жүйелердегі тербелмелі және толқындық процестердің биофизикалық негіздері, кальций сигнализациясының жасушааралық байланыстағы маңызы, оптогенетиканың принциптері, сондай-ақ табиғаттағы ырғақтылықты сипаттайтын фракталдар, Фибоначчи қатары және «алтын қима» ұғымдарының биологиялық жүйелермен байланысы туралы жүйелі ғылыми түсінік қалыптастыру.

Міндеттері:

- клеткадағы тербелістер мен толқындық құбылыстардың физикалық табиғатын түсіндіру;
- кальций толқындарының жасушаішілік және жасушааралық сигнал берудегі рөлін талдау;
- оптогенетиканың әдістемелік негіздерін және қолданылу салаларын сипаттау;
- фракталдық құрылымдардың биологиялық жүйелердегі көрінісін түсіндіру;
- Фибоначчи қатары мен «алтын қима» принципінің мәнін ашу;
- «алтын қима» заңдылықтарын биологияда қолдану мүмкіндіктерін негіздеу.

Сабақтың өткізілу формасы: Семинарлық сабақ, кейс-талдау, есептік және талдамалық тапсырмалар.

Кейс-тапсырмалар

Кейс 1. Клеткадағы тербелмелі процестер

Жағдай: Клетка ішінде иондар концентрациясы, мембраналық потенциал және ферменттік белсенділік уақыт бойынша тербелмелі сипатқа ие.

Сұрақтар:

1. Тербелмелі процестер ұғымын анықтап, олардың биологиялық маңызын түсіндіріңіз.
2. Биологиялық тербелістердің негізгі түрлерін атаңыз.
3. Клеткадағы кері байланыс механизмдерінің тербеліс түзілуіндегі рөлін сипаттаңыз.
4. **Есеп:** Егер ион концентрациясының тербеліс периоды 20 секунд болса, тербеліс жиілігін есептеңіз.

Кейс 2. Кальций толқындары – клеткааралық байланыс құралы

Жағдай: Кальций иондары жасушалар арасында ақпарат тасымалдайтын әмбебап сигнал ретінде қызмет атқарады.

Сұрақтар:

1. Кальций толқындарының түзілу механизмін түсіндіріңіз.
2. Кальций сигнализациясының артықшылықтарын сипаттаңыз.
3. Клеткааралық кальций толқындарының физиологиялық процестердегі рөлін талдаңыз.
4. **Есеп:** Егер кальций толқынының таралу жылдамдығы 10 мкм/с, ал жасушалар арасындағы қашықтық 50 мкм болса, сигналдың таралу уақыты қанша болады?

Кейс 3. Оптогенетика – жарықпен басқарылатын биологиялық процестер

Жағдай: Оптогенетикалық әдістер нейрондардың белсенділігін жарық көмегімен дәл басқаруға мүмкіндік береді.

Сұрақтар:

1. Оптогенетиканың негізгі принципін түсіндіріңіз.
2. Опсиндердің биологиялық қызметін сипаттаңыз.
3. Оптогенетиканың медицина мен нейробиологиядағы қолданылу салаларын атаңыз.
4. **Есеп:** Егер жарық импульсінің ұзақтығы 5 мс және секундына 20 импульс берілсе, 1 секундтағы жалпы жарық әсер ету уақытын есептеңіз.

Кейс 4. Фракталдар және Фибоначчи қатары тірі жүйелерде

Жағдай: Көптеген биологиялық құрылымдар өзін-өзі ұқсастық (фракталдық) қасиетке ие.

Сұрақтар:

1. Фрактал ұғымын анықтап, биологиядан мысалдар келтіріңіз.
2. Фибоначчи қатарының математикалық мәнін түсіндіріңіз.
3. Фибоначчи қатары мен «алтын қима» арасындағы байланысты сипаттаңыз.
4. **Есеп:** Фибоначчи қатарының алғашқы екі мүшесі 1 және 1 болса, келесі төрт мүшесін жазыңыз және қатардың өсу заңдылығын түсіндіріңіз.

Кейс 5. «Алтын қима» принципі және оның биологияда қолданылуы

Жағдай: Табиғаттағы көптеген морфологиялық құрылымдар «алтын қима» заңдылығына жуық келеді.

Сұрақтар:

1. «Алтын қима» принципінің мәнін түсіндіріңіз.
2. Биологиялық жүйелердегі «алтын қимаға» мысалдар келтіріңіз.
3. Бұл принциптің функционалдық және эволюциялық маңызын талдаңыз.
4. **Есеп:** Егер организм бөліктерінің қатынасы 1,62-ге жуық болса, оның «алтын қимаға» сәйкестігін негіздеңіз.

Бақылау сұрақтары

1. Биологиялық тербелістер мен толқындардың айырмашылығы.
2. Кальций толқындарының сигналдық маңызы.
3. Оптогенетиканың биофизикалық негіздері.
4. Фракталдар мен ырғақтылықтың тірі жүйелердегі көрінісі.
5. Фибоначчи қатары мен «алтын қима» принципінің биологиядағы орны.

Бағалау критерийлері

- теориялық материалды ғылыми тұрғыда дұрыс баяндау;
- биофизикалық заңдылықтарды биологиялық процестермен байланыстыра білу;
- кейс-тапсырмаларға дәлелді және логикалық жауап беру;
- есептік тапсырмаларды дұрыс орындау;
- семинардағы белсенділік пен пікірталасқа қатысу.

Ұсынылатын әдебиеттер

1. Nelson P. Biological Physics: Energy, Information, Life. – New York : W.H. Freeman, 2014.
2. Alberts B. et al. Molecular Biology of the Cell. – New York : Garland Science, 2015.
3. Buzsáki G. Rhythms of the Brain. – Oxford : Oxford University Press, 2006.

4. Mandelbrot B. The Fractal Geometry of Nature. – New York : W.H. Freeman, 1983.
5. Vo-Dinh T. Biomedical Photonics Handbook. – Boca Raton : CRC Press, 2014.

Семинар №8

Тақырыбы: Радиациялық биофизика негіздері. Радиобиологиялық парадокс. Иондаушы сәулелердің тікелей және жанама (тікелей емес) әсері. Иондаушы сәулелердің биоматериалдарға әсер ету механизмдері. Иондаушы сәулелердің дозасы ұғымы. Иондаушы сәулелердің клетка деңгейіндегі әсері. Радиациялық әсерлерден клетканың эндогендік қорғаныс жүйелері.

Мақсаты: Білім алушыларда иондаушы сәулелердің физикалық табиғаты, олардың тірі жүйелерге әсер ету механизмдері, радиобиологиялық парадокстың мәні, сәулелену дозасының биологиялық маңызы және клетканың радиациялық зақымданудан қорғану жүйелері туралы жүйелі биофизикалық түсінік қалыптастыру.

Міндеттері:

- радиациялық биофизиканың негізгі ұғымдарын түсіндіру;
- радиобиологиялық парадокстың мәнін және себептерін талдау;
- иондаушы сәулелердің тікелей және жанама әсерлерін салыстыру;
- сәулеленудің биоматериалдарға әсер ету механизмдерін сипаттау;
- иондаушы сәулелер дозасының түрлерін ажырату;
- сәулеленудің клетка деңгейіндегі салдарын түсіндіру;
- клетканың эндогендік радиоқорғаныс жүйелерін талдау.

Сабақтың өткізілу формасы: Семинарлық сабақ, кейс-талдау, есептік және талдамалық тапсырмалар.

Кейс-тапсырмалар

Кейс 1. Радиациялық биофизиканың негізгі ұғымдары

Жағдай: Адам ағзасы табиғи және жасанды иондаушы сәулелердің тұрақты әсерінде болады.

Сұрақтар:

1. Иондаушы сәулелердің түрлерін атаңыз.
2. Радиациялық биофизиканың зерттеу нысанын түсіндіріңіз.
3. Табиғи және жасанды радиация көздерін салыстырыңыз.
4. **Есеп:** Егер сәулелену энергиясы 0,02 Дж және сәулеленген ұлпа массасы 0,01 кг болса, жұтылған дозаны (Гр) есептеңіз.

Кейс 2. Радиобиологиялық парадокс

Жағдай: Кейбір жағдайларда сәулеленудің төмен дозалары жоғары дозаларға қарағанда айқын биологиялық әсер көрсетуі мүмкін.

Сұрақтар:

1. Радиобиологиялық парадокс ұғымын түсіндіріңіз.
2. Бұл құбылыстың ықтимал механизмдерін сипаттаңыз.
3. Радиобиологиялық парадокстың медицинадағы маңызын талдаңыз.
4. **Есеп:** Егер төмен доза кезінде тірі қалған клеткалар үлесі 70%, ал жоғары доза кезінде 40% болса, айырмашылықты пайызбен көрсетіңіз.

Кейс 3. Иондаушы сәулелердің тікелей және жанама әсері

Жағдай: Сәулелену кезінде клеткалық құрылымдардың зақымдануы әртүрлі механизмдер арқылы жүзеге асады.

Сұрақтар:

1. Тікелей радиациялық әсерді сипаттаңыз.

2. Жанама (еркін радикалдық) әсер механизмін түсіндіріңіз.
3. Судың радиоллизінің биологиялық маңызын негіздеңіз.
4. **Есеп:** Егер сәулелену әсерінің 65%-ы жанама механизм арқылы жүзеге асса, ал жалпы зақымдану деңгейі 100 бірлік болса, жанама әсерге тиесілі үлесті есептеңіз.

Кейс 4. Иондаушы сәулелердің клетка деңгейіндегі әсері

Жағдай: Радиация ДНҚ, мембраналар және органеллалар құрылымын зақымдай алады.

Сұрақтар:

1. Клетка деңгейіндегі негізгі радиациялық зақым түрлерін атаңыз.
2. ДНҚ-ның бір тізбекті және екі тізбекті үзілістерін салыстырыңыз.
3. Радиациялық мутациялардың биологиялық салдарын талдаңыз.
4. **Есеп:** Егер сәулеленген 200 клетканың 30%-ы апоптозға ұшыраса, зақымданған клеткалар санын анықтаңыз.

Кейс 5. Клетканың эндогендік радиоқорғаныс жүйелері

Жағдай: Клетка радиациялық әсерлерге қарсы көпсатылы қорғаныс жүйелеріне ие.

Сұрақтар:

1. Антиоксиданттық жүйелердің радиоқорғаныстағы ролін түсіндіріңіз.
2. ДНҚ репарация механизмдерін сипаттаңыз.
3. Апоптоздың қорғаныштық маңызын негіздеңіз.
4. **Есеп:** Егер радиациялық зақымданған 120 клетканың 90-ы сәтті репарацияланса, репарация тиімділігін пайызбен есептеңіз.

Бақылау сұрақтары

1. Радиациялық биофизиканың негізгі ұғымдары.
2. Радиобиологиялық парадокс және оның мәні.
3. Иондаушы сәулелердің тікелей және жанама әсері.
4. Сәулелену дозасының биологиялық маңызы.
5. Клетканың эндогендік радиоқорғаныс жүйелері.

Бағалау критерийлері

- теориялық материалды ғылыми тұрғыда дұрыс баяндау;
- радиациялық әсер механизмдерін биологиялық тұрғыда түсіндіру;
- кейс-тапсырмаларға логикалық және дәлелді жауап беру;
- есептік тапсырмаларды дұрыс орындау;
- семинардағы белсенділік пен талқылауға қатысу.

Ұсынылатын әдебиеттер

1. Hall E. J., Giaccia A. J. Radiobiology for the Radiologist. – Philadelphia : Wolters Kluwer, 2019.
2. Joiner M., van der Kogel A. Basic Clinical Radiobiology. – London : CRC Press, 2018.
3. Nelson P. Biological Physics: Energy, Information, Life. – New York : W.H. Freeman, 2014.
4. Alberts B. et al. Molecular Biology of the Cell. – New York : Garland Science, 2015.
5. UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation. – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2020.