



FARABI UNIVERSITY

**Дәріс №7**

# **Биологиялық жүйелердегі тербелмелі процестер мен ырғақтар**

Дәріскер: **Қайрат Бақытжан Қайратұлы**

философия докторы (PhD), биофизика, биомедицина және нейроғылым кафедрасы меңгерушісінің ғылыми-инновациялық және халықаралық байланыстар жөніндегі орынбасары



I БӨЛІМ

## Тірі жүйелер ешқашан тыныштықта болмайды

Биологиялық жүйелер — клеткадан бастап тұтас ағзаға дейін — **үздіксіз қозғалыста**. Әрбір клеткада, ұлпада, мүшеде қайталанатын тербелмелі процестер жүріп жатады. Бұл процестер тірі жүйенің ішкі сағаты, тілі және басқару жүйесі іспетті. Осы қайталанбалы процестерді ғылым **биологиялық ырғақтар** деп атайды.

Олар қарапайым сарқылмайтын маятник тербелісі емес — олар **сызықтық емес, күрделі, бейімделгіш тербелмелі жүйелер**. Олардың амплитудасы, жиілігі және сипаты сыртқы жағдайларға бейімделіп, өзгеріп отырады.

# Сызықтық емес жүйелер дегеніміз не?

**Сызықтық жүйеде** әсер мен жауап арасында тура пропорционалды байланыс бар. Мысалы, дыбыс толқыны әлсіз болса — құлақ оны әлсіз қабылдайды, күшейсе — қаттырақ естиміз. Бұл қарапайым, болжамды.

**Ал сызықтық емес жүйеде** бәрі басқаша. Клеткадағы процестерде аз ғана сигнал **күрделі, күшейтілген жауап** тудыруы мүмкін немесе керісінше — үлкен әсер әлсіз жауап беруі мүмкін. Бұл — тірі жүйелердің ерекшелігі.

## ☐ Неге сызықтық емес?

- **Кері байланыс** (feedback) механизмдері
- **Өздігінен ұйымдасу** қабілеті
- **Шектік мәндер** (threshold) жүйесі
- Хаостық элементтердің болуы

# СЫЗЫҚТЫҚ vs. СЫЗЫҚТЫҚ емес жауап

Сызықтық жүйе

Әсер ↑ → Жауап ↑

Дыбыс күшейсе — қабылдау да күшейеді.

Қарапайым, болжамды, тура пропорция.

Сызықтық емес жүйе

Аз сигнал → Күшті жауап

Клеткалардағы кері байланыс, өздігінен

ұйымдасу арқасында жауап күтпеген бағытта өзгеруі мүмкін.

Сондықтан тірі жүйелердегі тербелістер **тұрақты периодпен ғана** емес, амплитудасы өзгермелі, хаостық элементтері бар, бірақ белгілі заңдылыққа бағынатын сипатта болады. Бұл — **тіршіліктің математикалық әсемдігі**.

🕒 II БӨЛІМ

# Биологиялық ырғақтар ТИПОЛОГИЯСЫ

Тәуліктен қысқа, тәуліктік және тәуліктен ұзақ ырғақтар  
— уақыт масштабындағы тіршілік симфониясы

# Циркадтық ырғақтар – 24 сағаттық ішкі сағат

Биологиялық ырғақтардың **ең белгілі мысалы** — циркадтық ырғақтар. Бұл шамамен **24 сағаттық** цикл бойынша қайталанатын процестер. Латынша "circa" (шамамен) + "dies" (тәулік) сөздерінен шыққан. Ұйқы мен сергектік, дене температурасы, гормондар бөлінуі, қан қысымы — бәрі де тәуліктік тербелістерге бағынады.

Ұйқы-сергектік

Мелатонин мен кортизол гормондары 24 сағаттық циклмен бөлінеді

Дене температурасы

Түнгі 4-те ең төмен, күндізгі 18-де ең жоғары нүктеге жетеді

Қан қысымы

Таңертең жоғарылап, түнде төмендейді — "dipper" модель

# Ырғақтардың уақыт масштабы

Циркадтық ырғақтардан бөлек, организмде **әртүрлі уақыт масштабындағы** ырғақтар бір мезгілде жұмыс істейді — секундтан бастап айларға дейін.



## Ультрадиандық ырғақтар

Сағаттан қысқа циклдер. Жүрек соғысы — секундтық масштабтағы ырғақ, тыныс алу — бірнеше секундтық.



## Циркадтық ырғақтар

Шамамен 24 сағаттық цикл. Ұйқы, температура, гормондар — бәрі тәуліктік тербеліске бағынады.



## Инфрадиандық ырғақтар

Тәуліктен ұзақ циклдер. Менструалдық цикл — айлық ырғақ, маусымдық миграция — жылдық ырғақ.

# Ырғақтарды салыстыру

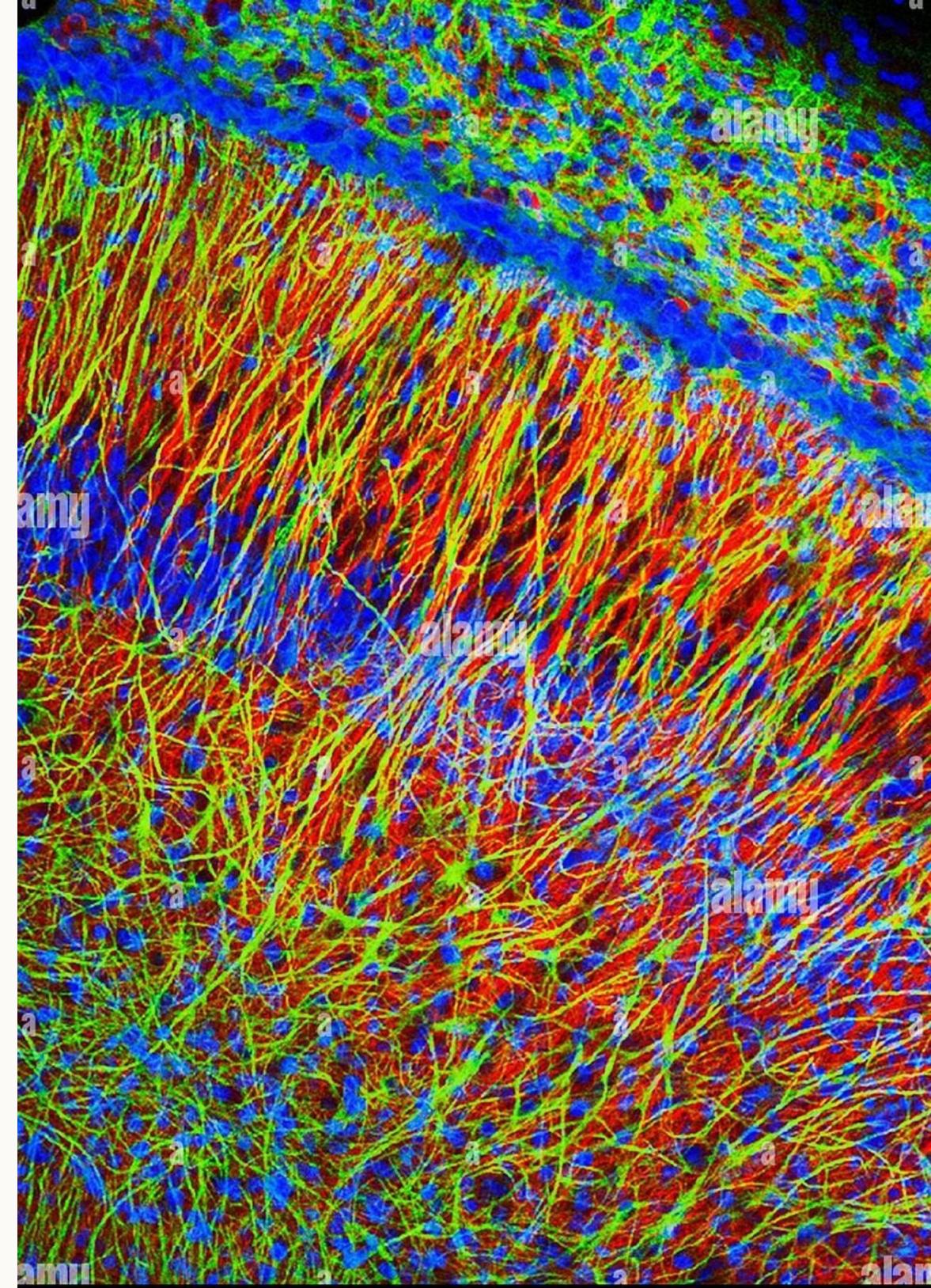
Параметр	Ультрадиандық	Циркадтық	Инфраниандық
Период	Секундтар — сағаттар	~24 сағат	Күндер — айлар
Мысал	Жүрек соғысы, тыныс алу	Ұйқы-сергектік	Менструалдық цикл
Реттеуші	Автономды жүйке жүйесі	Супрахиазматикалық ядро	Гормоналдық кері байланыс
Әсер ету аймағы	Мүше/ұлпа деңгейі	Бүкіл организм	Репродуктивтік жүйе

Барлық ырғақтар бір-біріне әсер етіп, **иерархиялық жүйе** құрайды — бұл тірі организмнің уақыттық архитектурасы.

III БӨЛІМ

# Клеткалық тербелістер

Иондар, ферменттер, мембраналық потенциал —  
тіршіліктің микрокосмосындағы толқындар



# Клетка ішіндегі тербелмелі процестер

Клетка деңгейіне түссек, тербелістер мен толқындар **тіршіліктің негізінде** жатқанын көреміз. Клетка ішінде мынадай параметрлер уақыт бойынша үздіксіз өзгеріп отырады:

- **Иондардың концентрациясы** — натрий, калий, кальций
- **Ферменттік реакциялар жылдамдығы** — метаболизм ырғағы
- **Мембраналық потенциал** — электрлік кернеу айырмасы

Бұл тербелістердің әрқайсысы клетканың «тілі» — олар арқылы клетка ішкі және сыртқы ортаға бейімделеді.

## Негізгі мысал

Нейрондарда электрлік потенциалдың тез өзгеруі — **әрекет потенциалы** — толқын түрінде аксон бойымен таралады. Бұл электрлік толқын ақпарат тасымалдайды — ми мен денені байланыстырады.

## Әрекет потенциалы – ақпараттың электрлік толқыны

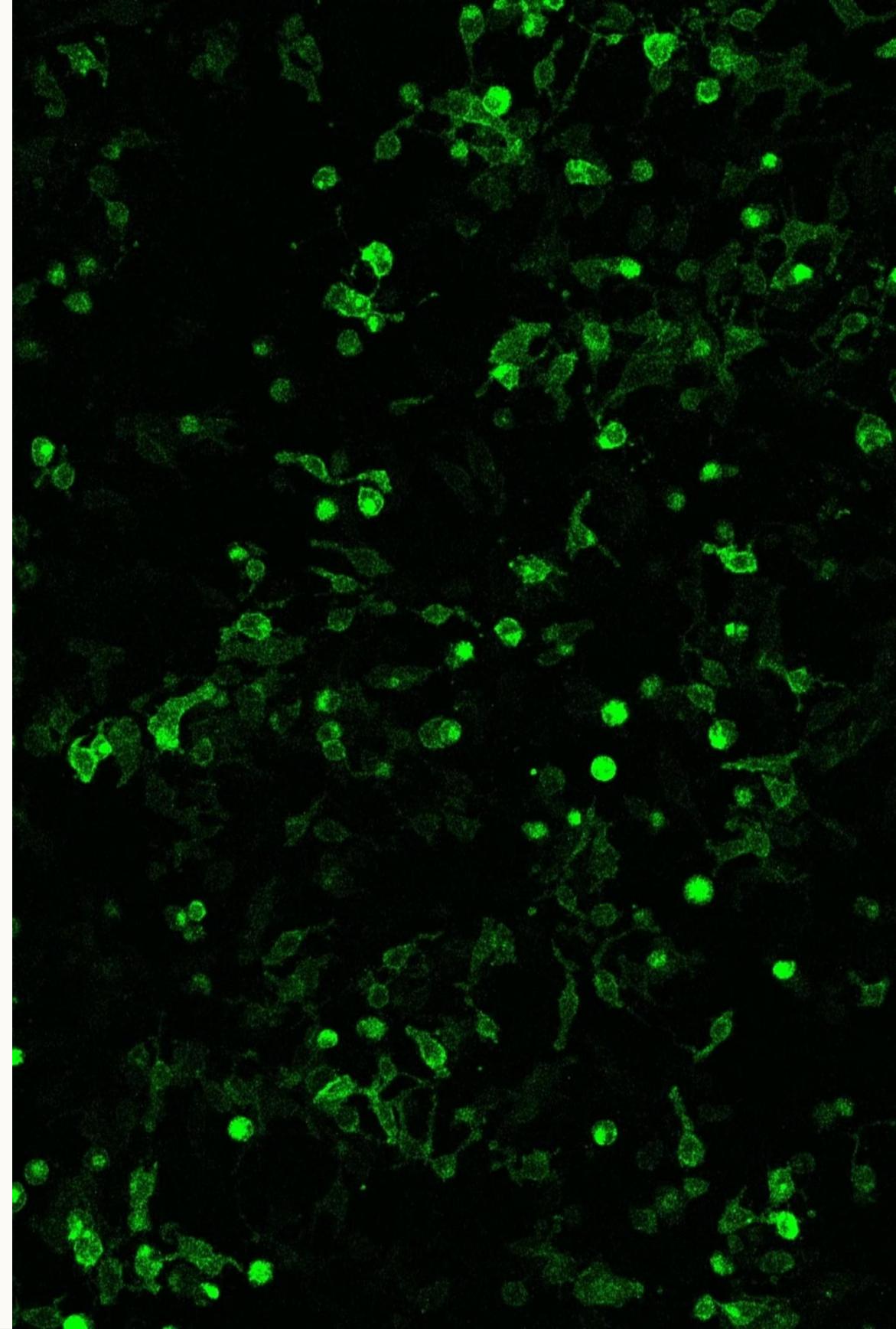


Нейронның **әрекет потенциалы** — клетка мембранасындағы электрлік кернеудің тез өзгеруі. Ол «бәрі немесе ештеңе» принципімен жұмыс істейді: шектік мәнге жеткенде толық импульс пайда болады. Бұл импульс аксон бойымен **секундына 120 метрге дейін** жылдамдықпен тарала алады.

✧ IV БӨЛІМ

# Кальций осцилляциялары

Тіршіліктегі универсалды сигнал —  $\text{Ca}^{2+}$  иондарының  
ырғақты тербелісі



# Кальций – универсалды сигналдық молекула

Клеткалардағы ең маңызды тербелмелі процестердің бірі – **кальций иондарының ( $\text{Ca}^{2+}$ ) концентрациясының өзгеруі**. Кальций – клетканың ішкі коммуникация жүйесінің негізгі тілі.



Тыныш күй

$\text{Ca}^{2+}$  концентрациясы өте төмен (~100 нМ)



Сигнал түседі

Эндоплазмалық тордан немесе сырттан  $\text{Ca}^{2+}$  босайды



Концентрация көтеріледі

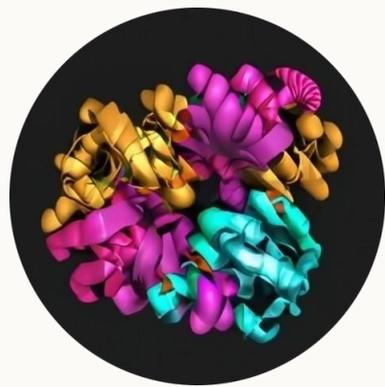
Бір реттік импульс немесе тербелмелі осцилляция



Клеткалық жауап

Ферменттер, гендер, бұлшықеттер іске қосылады

# Кальций осцилляцияларының функциялары



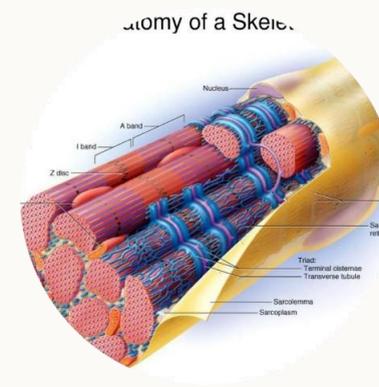
## Ферменттерді белсендіру

Кальций тербелістері фосфолипаза C, протеинкиназа C сияқты ферменттерді ырғақты түрде іске қосады



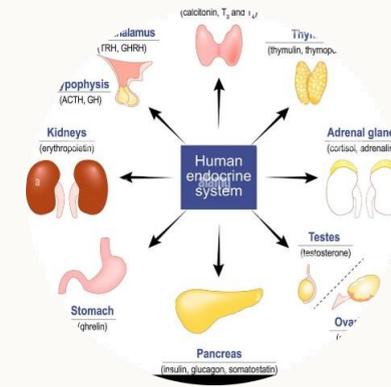
## Ген экспрессиясын реттеу

$Ca^{2+}$  осцилляція жиілігі транскрипция факторларын (NFAT, NF- $\kappa$ B) дифференциалды түрде белсендіреді



## Бұлшықет жиырылуы

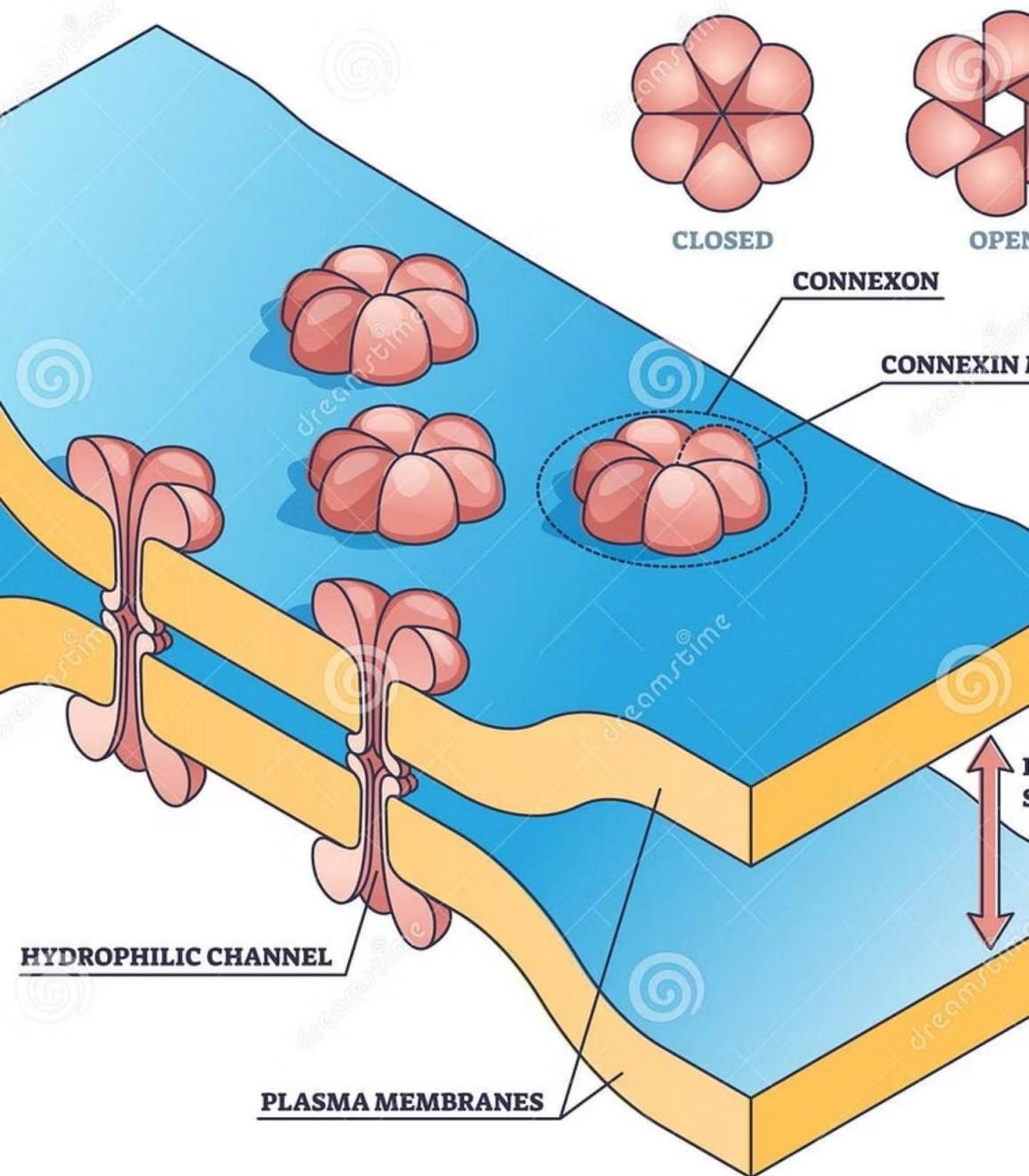
Скелет және жүрек бұлшықеттерінде кальций тербелісі жиырылу-босану циклін басқарады



## Гормон секрециясы

Ұйқы безінің  $\beta$ -клеткаларында  $Ca^{2+}$  осцилляциялары инсулин бөлінуін реттейді

# GAP JUNCTION



5 БӨЛІМ

## Клеткааралық кальций толқындары

Бір клеткадан бүкіл ұлпаға тарайтын сигнал — ұжымдық  
тіршілік координациясы

# Кальций толқындары клеткадан клеткаға таралады

Ең қызығы — кальций толқындары бір клетка ішінде ғана емес, **көрші клеткаларға да тарала алады**. Бұл ұлпа деңгейіндегі синхрондалған жауапты қамтамасыз етеді.



Саңылаулы байланыстар

**Gap junctions** — клеткалар арасындағы тікелей каналдар.  $\text{Ca}^{2+}$  иондары мен  $\text{IP}_3$  молекулалары осы каналдар арқылы тікелей көрші клеткаға өтеді.



Паракриндік сигнал

**АТФ** сияқты сигналдық молекулалар клеткадан бөлініп, көрші клеткалардың рецепторларын белсендіреді, сол арқылы кальций толқынын тарату.



Толқын тарау

Нәтижесінде **толқын тәрізді** кальций сигналы бүкіл клеткалар қабатына тарайды — синхрондалған ұжымдық жауап.

# Кальций толқындарының биологиялық маңызы

## Неге маңызды?

Кальций толқындары жеке клеткалардың жауабын бүкіл ұлпа деңгейінде **біріктіріп, үйлестіреді**. Бұл «ұжымдық интеллект» тіршіліктің көптеген процестерінде шешуші рөл атқарады.

- **Жарақатқа жауап**  
Зақымданған клетка сигнал беріп, айналасындағы клеткалардың қорғаныс реакциясын іске қосады
- **Эмбрионалдық даму**  
Ұрық дамуында клеткалар арасындағы үйлесімділік кальций толқындары арқылы қамтамасыз етіледі
- **Нейрон-глия байланысы**  
Астроциттердегі кальций толқындары нейрондардың белсенділігін модуляциялайды

💡 VI БӨЛІМ

# Оптогенетика

Жарық көмегімен тірі клеткаларды басқару — ХХІ ғасырдың революциялық технологиясы



# Оптогенетика – жарықпен клеткаларды басқару

**Оптогенетика** — генетикалық инженерия мен оптиканы біріктіретін заманауи технология. Ол тербелмелі процестерді нақты басқаруға және **себеп-салдар байланысын дәл анықтауға** мүмкіндік береді.

1-қадам: Ген енгізу

Клеткаға жарыққа сезімтал белоктар — **каналродопсиндер** — генетикалық инженерия арқылы енгізіледі

1

3-қадам: Канал ашылуы

Жарыққа сезімтал белоктар иондық канал ретінде ашылып, мембраналық потенциал өзгереді

3

2-қадам: Жарық түсіру

Белгілі бір толқын ұзындығындағы жарық (көк ~470 нм немесе сары ~590 нм) түсіріледі

2

4-қадам: Нәтиже

Нейронды дәл уақытында қоздыруға немесе тежеуге болады — миллисекундтық дәлдікпен

4

# Табиғаттың жасырын математикасы: фракталдар, Фибоначчи және алтын қима

Биологиялық ырғақтар мен табиғи құрылымдардағы математикалық  
заңдылықтар





# Фрактал дегеніміз не?

**Фрактал** – әртүрлі масштабта ұқсас құрылым көрсететін геометриялық нысан. Қарапайым тілмен айтқанда, оның кішкентай бөлігі бүтіннің пішінін қайталайды. Бұл ұғымды 1975 жылы математик **Бенуа Мандельброт** ғылыми айналымға енгізді.

Фракталдардың ең жарқын мысалын **ағаш бұтағынан** көре аламыз: үлкен бұтақ кішірек бұтақтарға, олар одан да ұсақ бұтақтарға бөлінеді — әрбір деңгейде бірдей принцип қайталанады. Бұл қайталану тірі табиғатта кездейсоқ емес, ол **тиімділіктің** көрінісі.

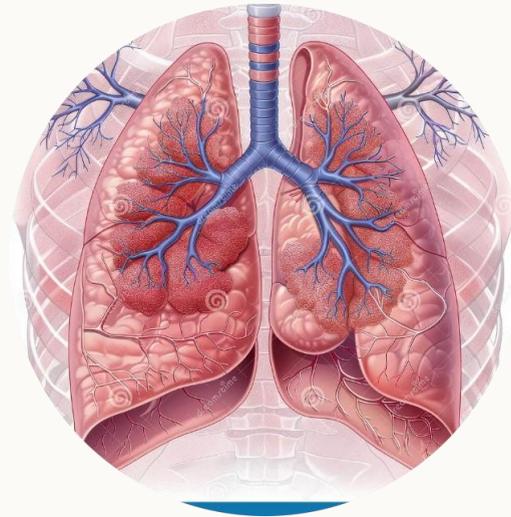
# Биологиядағы фракталдық құрылымдар

Тірі ағзалардың ішкі жүйелерінде фракталдық принцип кеңінен таралған. Бұл құрылымдар зат алмасуды тиімді ұйымдастыруға және **үлкен бетті шағын көлемде сыйғызуға** мүмкіндік береді.



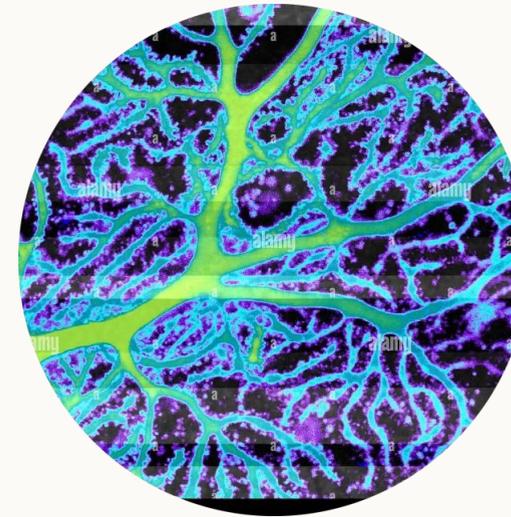
## Қан тамырлары

Артериялар, капиллярлар мен веналар тармақталуы фракталдық принципті толық қайталайды — оттегіні әр жасушаға тиімді жеткізу үшін.



## Өкпенің бронх ағашы

Бронхтар 23 рет бөлінеді, нәтижесінде теннис кортының ауданындай газ алмасу бетін жасайды — барлығы кеуде қуысына сыйып тұрады.



## Нейрон дендриттері

Жүйке жасушаларының тармақтары ақпаратты қабылдау бетін арттырады, мыңдаған синаптикалық байланыс орнатуға мүмкіндік береді.

# Фракталдардың биологиялық артықшылығы

Фракталдық құрылымдар табиғатта кездейсоқ пайда болмайды — олар **эволюциялық тұрғыдан тиімді шешімдер**. Негізгі артықшылықтар:

- **Бет ауданын арттыру**

Шағын көлемде максималды жанасу бетін жасау — газ алмасу, қоректі сіңіру үшін маңызды.

- **Ресурстарды үнемді тасымалдау**

Тармақталған желілер арқылы заттар қысқа жолмен әр жасушаға жетеді.

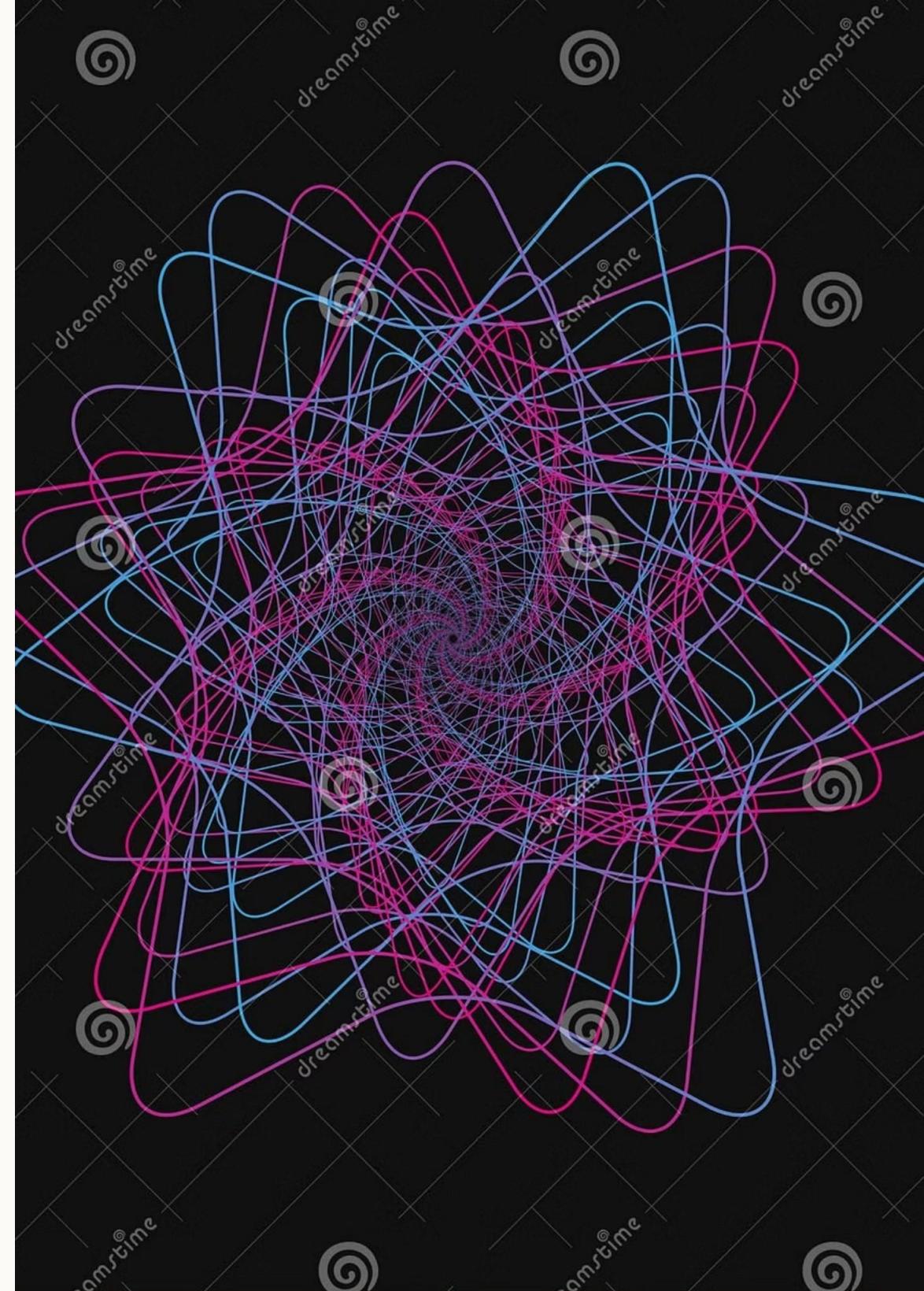
- **Құрылымдық беріктік**

Өзін-өзі ұқсас архитектура жүктемені біркелкі бөлуге көмектеседі.



II ТАРҒУ

# Хаос пен тәртіп шекарасы



# Сызықтық емес динамикалық жүйелер

Фракталдық заңдылықтар көбінесе **сызықтық емес динамикалық жүйелерде** пайда болады. Бұл жүйелер сырттан ретсіз сияқты көрінгенімен, іштей белгілі бір заңдылыққа бағынады. Табиғаттағы ырғақты процестер дәл осы **хаос пен тәртіптің шекарасында** жүреді.



**Маңызды мысал:** Жүрек соғысы толық тұрақты да емес, ~~оң~~ хаустық та емес. Оның өзгергіштігі (*heart rate variability, HRV*) — денсаулық көрсеткіші. Тым біркелкі немесе тым ретсіз ырғақ **патология белгісі** болуы мүмкін.

# Жүрек ырғағының өзгергіштігі (HRV)

## □ Сау жүрек

Ырғақ аралас: аздаған вариация бар, бірақ жалпы тәртіп сақталады. Бұл **бейімделу қабілетін** көрсетеді.



## Тым хаостық ырғақ

Ешқандай заңдылық жоқ — фибрилляция, аритмия. Өмірге қауіпті жағдай.



## Тым біркелкі ырғақ

Вариация жоқтың қасы — жүрек сыртқы өзгерістерге жауап бере алмайды. Жүрек жеткіліксіздігі белгісі.

Сонымен, **денсаулық — хаос пен тәртіптің арасындағы тепе-теңдік**. Бұл идея қазіргі медицинада диагностикалық құрал ретінде қолданылады.

# Фибоначчи табиғатта

Фибоначчи сандары тірі табиғатта таңқаларлық жиілікпен кездеседі. Бұл кездейсоқтық емес — **оптималды кеңістікті пайдалану** принципінің математикалық көрінісі.



## Күнбағыс тұқымдары

Тұқымдар 34 және 55 спиральмен орналасады — екі қатарлас Фибоначчи сандары. Бұл максималды тұқымды шағын аймаққа сыйғызуға мүмкіндік береді.



## Қарағай бүршігі

Қабыршақтар 8 және 13 спиральмен бұралады. Бұл сандар — Фибоначчи қатарының мүшелері.

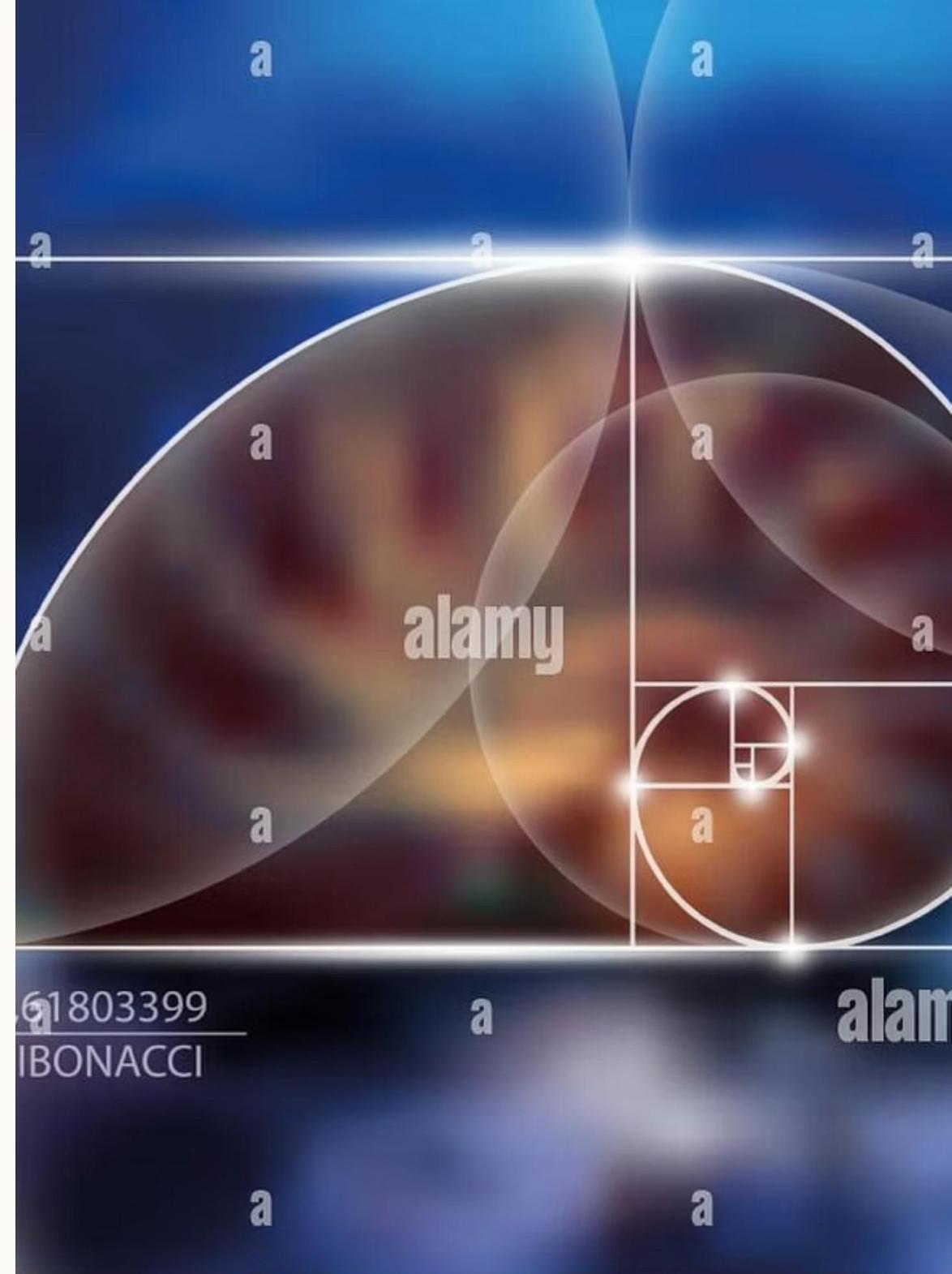


## Раушан жапырақтары

Гүл жапырақтары Фибоначчи спиральдарымен орналасады, тиімді жарық қабылдау мен жәндіктерді тарту үшін.

IV TAPAY

# Алтын қима және алтын спираль



# Алтын қима принципі

Алтын қима — кесіндіні екіге бөлу тәсілі, мұнда **үлкен бөліктің кіші бөлікке қатынасы бүтін кесіндінің үлкен бөлікке қатынасына тең**. Бұл қатынас шамамен  $\varphi \approx 1,618$ .

$$\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b} = \varphi \approx 1,618$$

## Неліктен маңызды?

Алтын қима пропорциясы адам көзіне **гармониялы және әдемі** болып көрінеді. Бұл қатынас ежелгі грек сәулетшілері мен Ренессанс суретшілеріне белгілі болған. Парфенон мен Леонардо да Винчидің шығармаларында қолданылған.

## Табиғаттағы мысалдар

- Наутилус ұлуы қабықшасының спиралі
- Галактикалардың спиральді формасы
- Дауылдардың құрылымы
- ДНҚ спиралінің пропорциялары

# Алтын спираль – логарифмдік спираль

Алтын спираль логарифмдік спиральдің ерекше түрі. Оның басты қасиеті — пішіні ұлғайса да, формасы өзгермейді. Бұл өзін-өзі ұқсастық қасиетін көрсетеді, яғни фракталдық сипат байқалады.



## Масштаб тәуелсіздігі

Спиральді қанша ұлғайтсаң да, оның формасы бірдей қалады — кіші мен үлкен ұқсас.



## Ғарыштық масштаб

Галактикалардың спиральді қолдары осы логарифмдік спиральға ұқсас құрылымды қайталайды.



## Атмосфералық құбылыстар

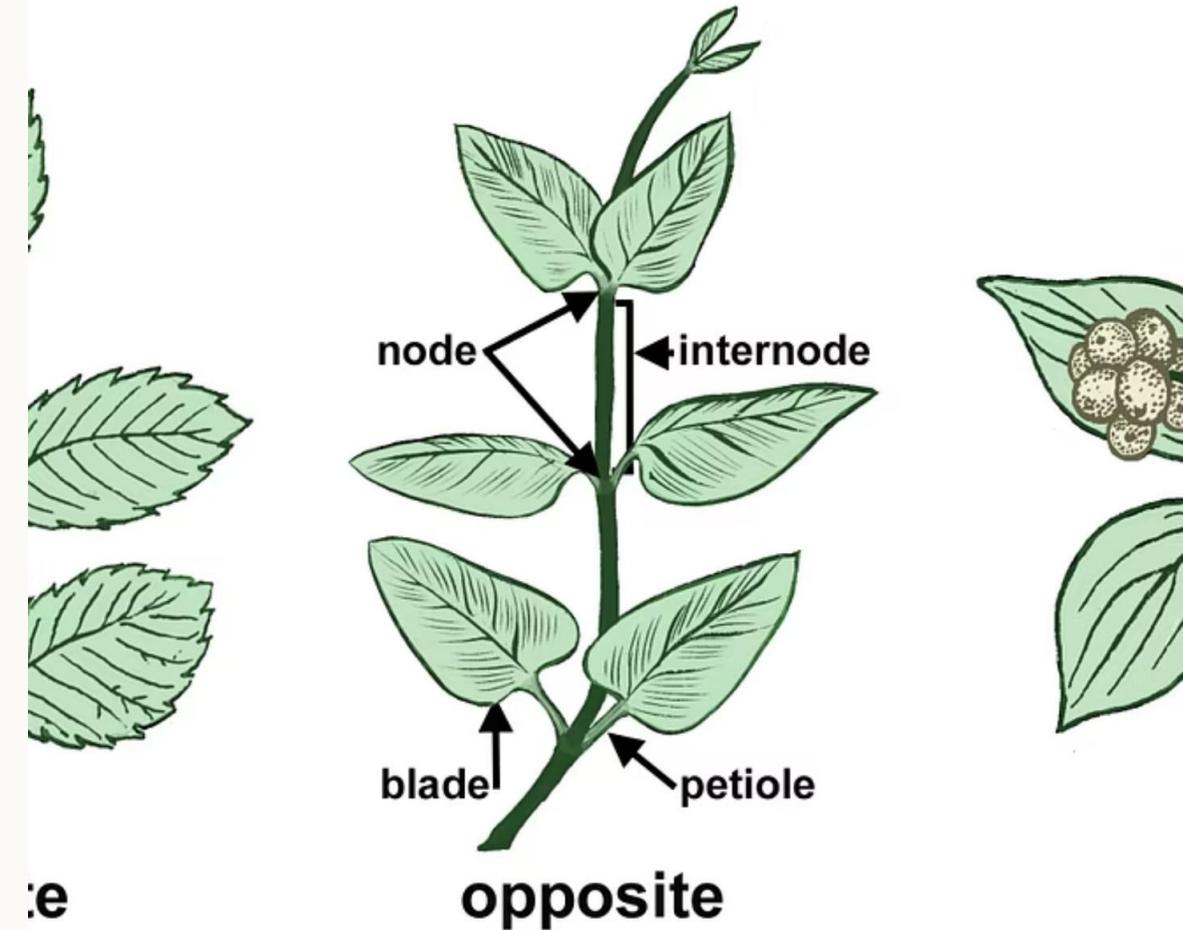
Дауылдар мен циклондардың айналу құрылымы алтын спиральге жақын форма көрсетеді.



V TAPAY

# Биологиядағы қолданысы

## LEAF ARRANGEMENT (Phyllotaxy)



Leaves grow from nodes, the attachment points in the stem (as shown in the alternate arrangement, one leaf grows from each node). In the opposite arrangement, two leaves grow per node. In the whorled arrangement, three or more leaves grow per node. The area between the nodes is called the internode.

# Филлотаксис – жапырақтардың тиімді орналасуы



## Жарықты барынша тиімді қабылдау

Өсімдіктерде жапырақтардың сабақ бойымен орналасуы **филлотаксис** деп аталады. Жапырақтар Фибоначчи бұрыштарына жақын — шамамен **137,5°** бұрышпен орналасады.

Бұл — "алтын бұрыш" деп аталатын шама. Нәтижесінде:

- Әр жапырақ жоғарғы жапырақтың көлеңкесіне түспейді
- Фотосинтез тиімділігі максимумға жетеді
- Жаңбыр суы тамырға бірқалыпты жетеді

Бұл — миллиондаған жылдық **эволюциялық тұрғыдан тиімді шешім.**

# Дене пропорциялары мен ДНҚ геометриясы

Алтын қима мен Фибоначчи заңдылықтары морфогенезді — ағзаның пішінінің қалыптасуын — түсінуге көмектеседі. Бірнеше мысалды қарастырайық:

## Сүйек құрылымы

Саусақ буындарының ұзындық қатынастары алтын қимаға жақын мәндер береді. Бұл қол қозғалысының тиімділігін қамтамасыз етеді.

## Дене пропорциялары

Кіндіктен бойға дейінгі қатынас пен жалпы бой ұзындығы арасында  $\varphi$ -ге жақын пропорция байқалады.

## ДНҚ спиралі

ДНҚ қос спиралінің бір толық айналымы 34 ангстрем, ені 21 ангстрем — екеуі де Фибоначчи сандары, қатынасы  $\varphi$ -ге жуық.

📄 **⚠️ Ескерту:** Барлық жерде дәл 1,618 қатынасы бар деу дұрыс емес. Бірақ тірі табиғатта **оптималдық пен тиімділік** принциптері жиі осы математикалық заңдылықтарға жақын мәндер береді.

# Ырғақ, толқын және құрылым – бәрі бір-бірімен байланысты

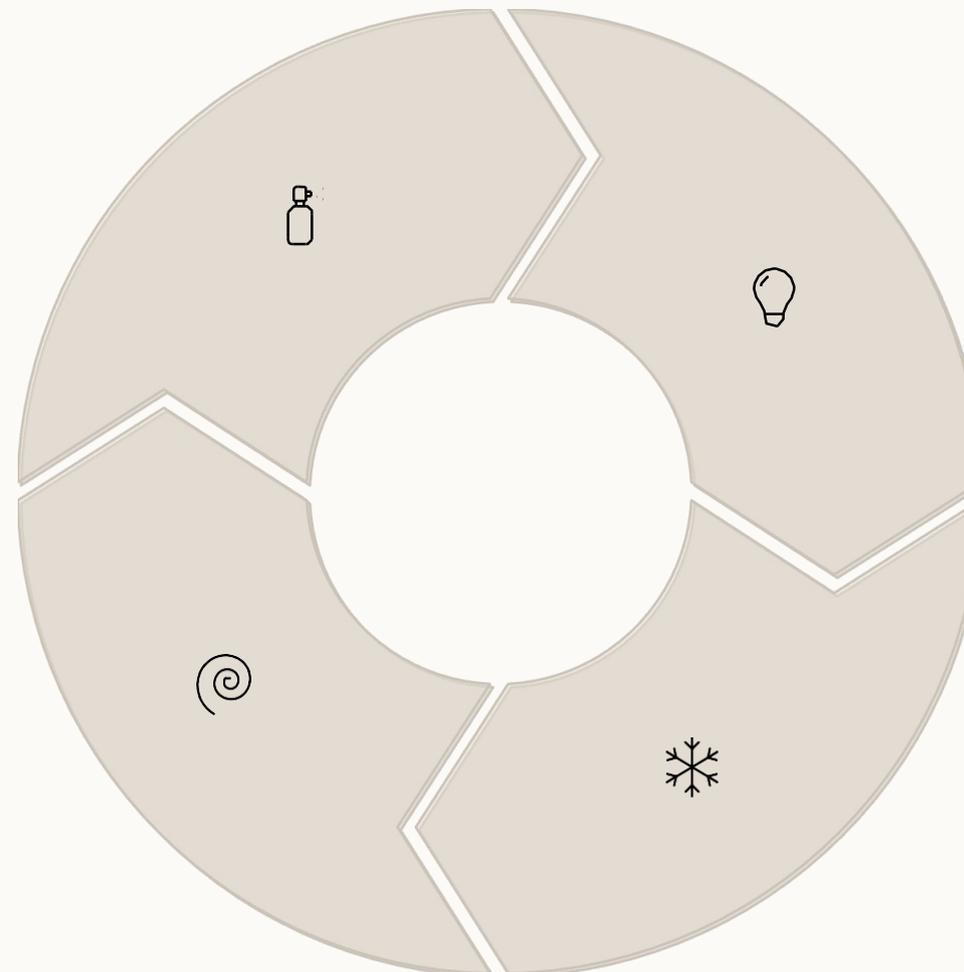
Биологиялық ырғақтар – жай ғана қайталанатын құбылыс емес. Олар **сызықтық емес динамика заңдарына бағынатын** күрделі процестер. Осы процестердің әрқайсысы бірін-бірі толықтырады:

## Кальций тербелістері

Жасуша ішіндегі кальций толқындары ұлпа деңгейіндегі үйлесімді әрекетті қамтамасыз етеді

## Алтын спираль

Ырғақ пен құрылымның математикалық көрінісі

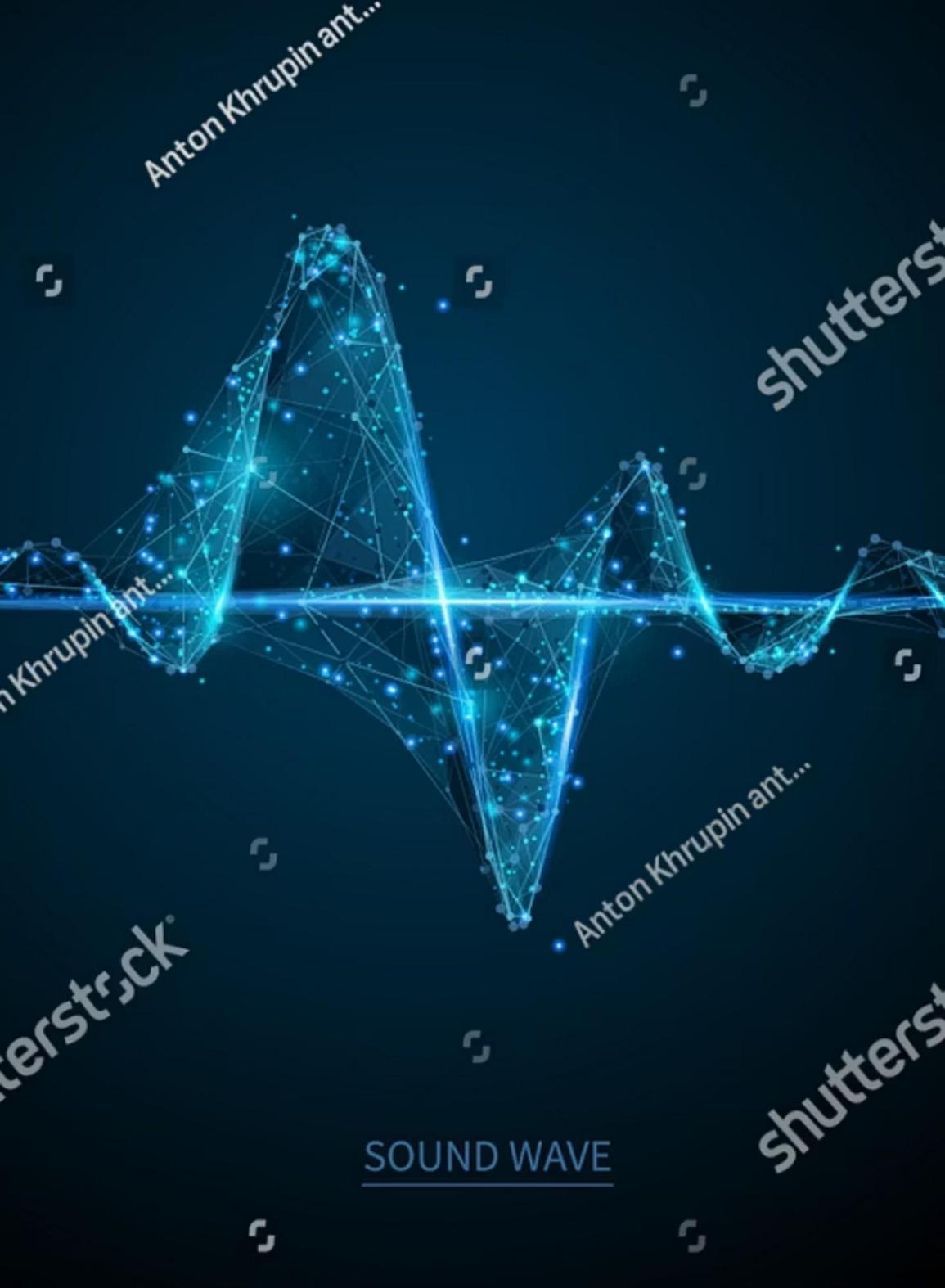


## Оптогенетика

Жарық арқылы жасушалық процестерді дәл басқару технологиясы

## Фракталдар

Кеңістіктегі өзін-өзі ұқсас құрылымдар – тиімділіктің кілті



# Биологиялық ырғақтар - тірі жүйелердің тілі

Тербелістер, толқындар, фракталдар мен гармония арқылы табиғаттың құпияларын ашу

# Биологиялық ырғақтар - сызықтық емес тербелмелі процестер

Ең қарапайым мысал – **жүрек соғысы**. Егер жүрек сызықтық жүйе болса, ол метроном сияқты бірдей интервалмен соғар еді. Бірақ шын мәнінде жүрек соғысы үнемі аздап өзгеріп тұрады: дем алғанда жиілейді, дем шығарғанда баяулайды. Қорқыныш, стресс, ұйқы, дене белсенділігі – осының бәрі ырғақты өзгертеді. Аз ғана әсер үлкен өзгеріс тудыруы мүмкін – бұл **сызықтық емес жүйенің** басты белгісі.



# Ми мен ұйқы - сызықтық емес секірулер



## Эпилепсия - бифуркация мысалы

Ми қалыпты жағдайда күрделі, бірақ реттелген тербелістерде жұмыс істейді. Егер нейрондар шамадан тыс синхрондалса, қалыпты тербеліс орнына **патологиялық үлкен амплитудалы разряд** пайда болады. Бұл – сызықтық емес динамиканың «секірмелі» ауысуы, яғни **бифуркация**.



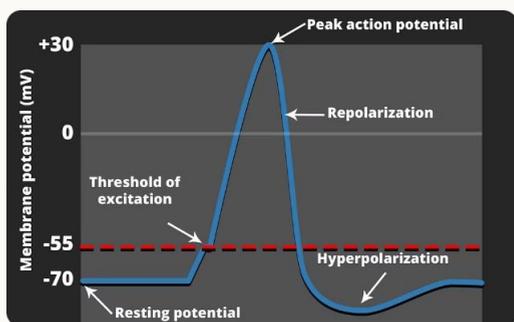
ЦЖІ

## Ұйқы-ояу

Кешке дейін шаршау біртіндеп жиналады, бірақ белгілі бір шекке жеткенде адам кенеттен ұйықтап кетеді. Бұл – **шектік эффект**. Жүйе баяу өзгеріп, содан кейін бір сәтте жаңа күйге «секіреді». Ұйқы мен ояу арасындағы ауысу біркелкі емес – ол сызықтық емес процесс.

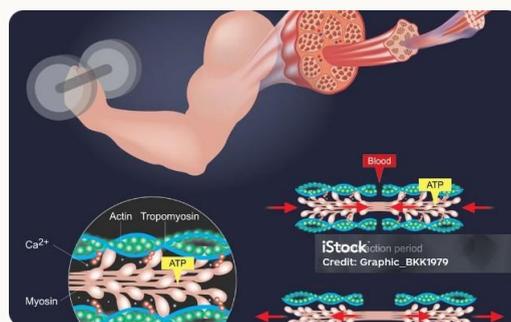
# Клеткадағы тербелістер мен толқындар

Клетка деңгейіндегі электрлік және химиялық толқындар – тірі организмнің іргелі механизмдері. Олар «бәрі немесе ештеңе» принципімен жұмыс істейді.



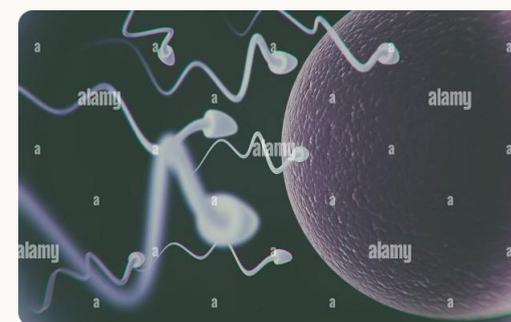
## Нейрондағы әрекет потенциалы

Бір нүктеде пайда болған электрлік импульс аксон бойымен таралады. Натрий арналары ашылмаса – толқын жүрмейді. Бірақ ашылса – сигнал **толық амплитудамен** өтеді.



## Бұлшықет жиырылуы

Кальций босап шыққанда актин мен миозин жіпшелері өзара әрекеттесіп, жиырылу басталады. Кальций жетпесе – жиырылу **мүлдем болмайды**.



## Ұрықтану кезіндегі толқын

Жұмыртқа клеткасында кальций толқыны бүкіл клетка бойымен өтеді. Бұл толқын – **ұрық дамуының басталу сигналы**.

# Клеткааралық кальций толқындарының рөлі

Кальций толқындары клеткалар арасында ақпарат тасымалдайды – жарақат, ми белсенділігі және жүрек жұмысында шешуші рөл атқарады.



## Тері жарақаты

Зақымдалған клетка көрші клеткаларға кальций сигналы жібереді. Нәтижесінде **қабыну мен регенерация** механизмдері іске қосылады – қорғаныс реакциясы тез басталады.



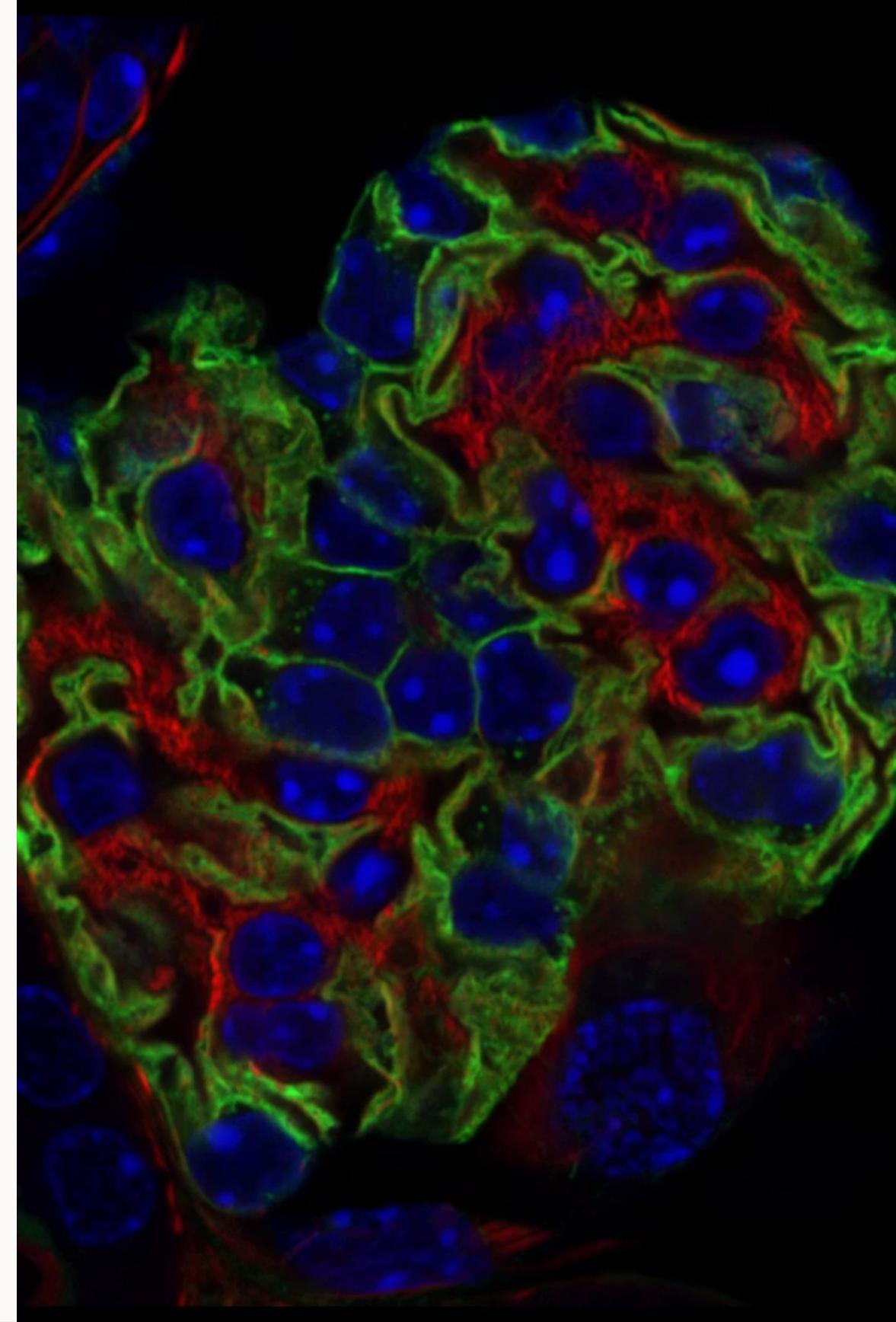
## Ми - астроциттер

Астроциттер кальций толқындары арқылы нейрондар белсенділігін үйлестіреді. Бір аймақтағы белсенділік көрші аймаққа беріліп, **ақпарат кеңістікте таралады.**



## Жүрек бұлшықеті

Кальций толқындарының **синхронды таралуы** өте маңызды. Егер бұл таралу бұзылса – аритмия пайда болады, жүрек дұрыс жиырыла алмайды.



# Оптогенетика – жарықпен басқару

Оптогенетика – жарыққа сезімтал белоктарды клеткаларға енгізіп, олардың белсенділігін жарық арқылы дәл басқаруға мүмкіндік беретін революциялық технология.



## Мінез-құлық өзгерту

Тышқанның миындағы белгілі нейрондарды жарықпен белсендіріп, мінез-құлқын өзгертуге болады. Қорқыныш орталығын қоздырса – тышқан **қорғаныс реакциясын** көрсетеді.



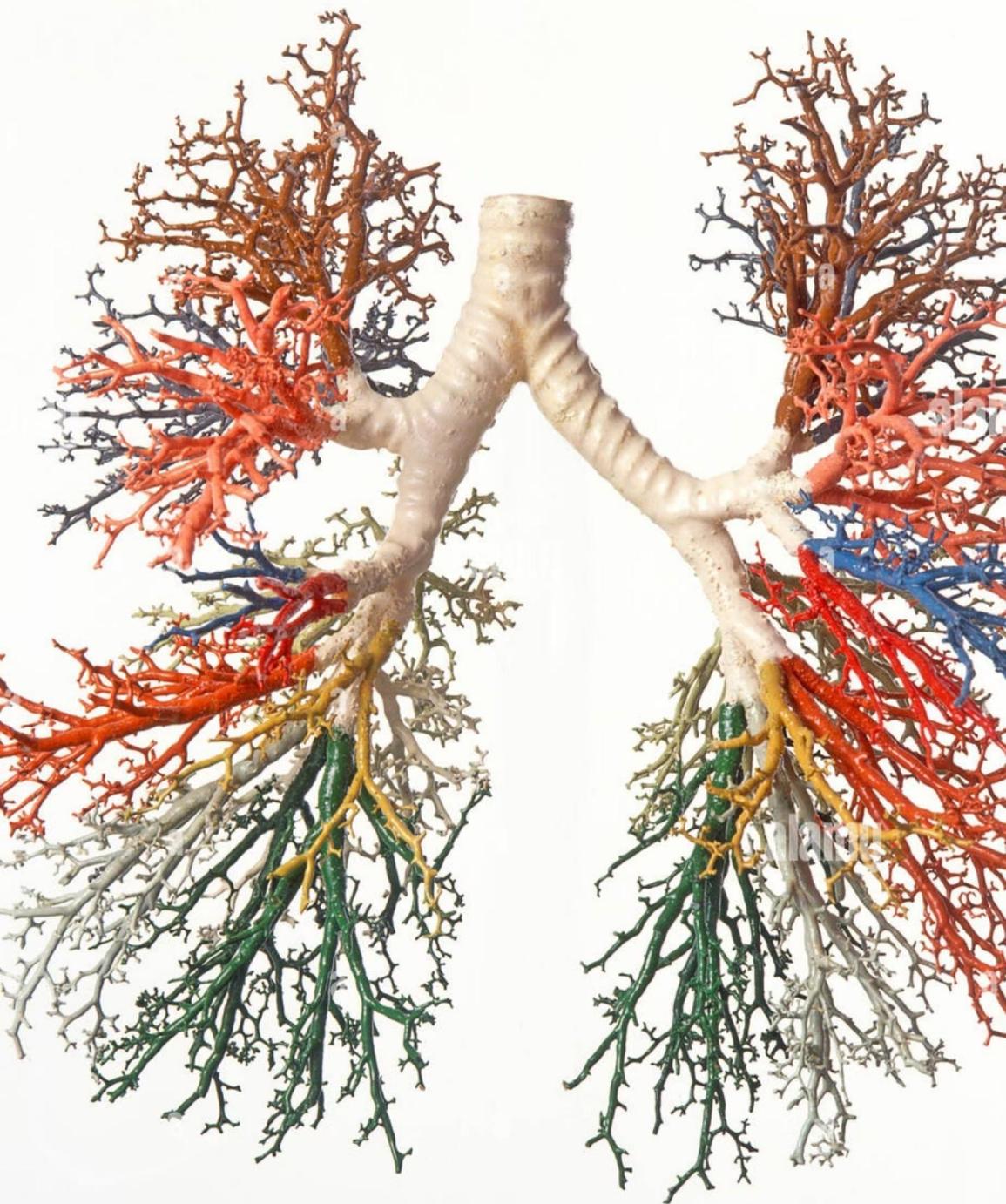
## Паркинсон ауруы

Қозғалысқа жауап беретін нейрондарды жарықпен белсендіру арқылы симптомдарды **уақытша азайту** мүмкіндігі зерттелуде.



## Жүрек ырғағы

Жүрек тініне жарыққа сезімтал белоктар енгізіліп, жүрек ырғағын **жарықпен басқару** тәжірибелері жүргізілуде.

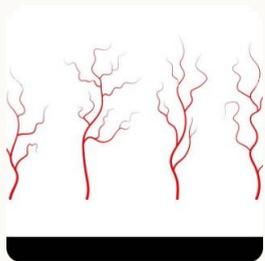


4-ТАРАУ ФРАКТАЛДАР

## Фракталдар - биологиядағы қайталану құрылымы

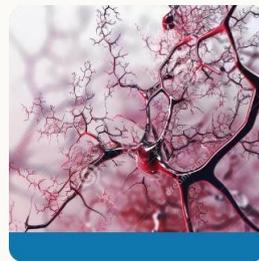
**Фракталдар** – бұл әр деңгейде өзіне ұқсас құрылым қайталанатын пішіндер. Табиғат фракталдық принципті қолданып, ең тиімді құрылымдарды жасайды. Мысалы, өкпе жай ғана бір үлкен қапшық болса, газ алмасу тиімсіз болар еді. Бірақ ол **миллиондаған альвеолаларға** тармақталып, беткейді ұлғайтады.

# Фракталдар – мысалдар галереясы



## Қан тамырлары

Аортадан бастап капиллярларға дейін бірнеше деңгейде тармақталады. Үлкен тамыр кішірекке, ол одан да кішірекке бөлінеді – **фракталдық тармақталу**.



## Нейрон дендриттері

Ағаш бұтағына ұқсайды. Бұл құрылым сигналды қабылдау бетін **барынша ұлғайтады**, осылайша нейрон көбірек ақпарат қабылдайды.



## Жүрек соғысының өзгергіштігі

Жүрек ырғағының графигі хаосқа ұқсайды, бірақ математикалық талдағанда **фракталдық қасиет** байқалады – реттілік хаос ішінде жасырылған.



5-ТАРАУ АЛТЫН ҚИМА

# Алтын қима және Фибоначчи қатары

Табиғат математиканың тілімен сөйлейді. **Фибоначчи қатары** (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34...) мен **алтын қатынас** ( $\approx 1,618$ ) – табиғаттағы құрылымдарда таңқаларлық жиілікпен кездеседі. Күнбағыс орталығындағы тұқымдар екі бағытта спираль түзеді: бір бағытта 21, екіншісінде 34 спираль – бұл Фибоначчи сандары.

# Алтын қима табиғатта

## Қарағай бүршігі

Қабыршақтары спираль бойымен орналасады, саны көбіне **8 және 13** сияқты Фибоначчи сандарына сәйкес келеді.

## Ұлу қабықшасы

Өсуі – **логарифмдік спираль**. Жануар үлкейген сайын пішіні өзгермейді, тек масштабы артады.

## Жапырақтар орналасуы

Өсімдіктерде жапырақтар сабақ бойымен шамамен **137,5° бұрышпен** (алтын бұрыш) орналасады – бірін-бірі көлеңкелемейді.

## Адам пропорциялары

Бой ұзындығының кіндікке дейінгі бөлігі мен жалпы бойдың қатынасы  $\approx 1,6$  шамасына жақын (бірақ қатаң заң емес).

# Әлемнің фракталдық үлгілері

Фракталдық құрылымдар тек биологияда емес, бүкіл Әлемде кездеседі. Ең кішкентай клеткадан ең үлкен галактикаға дейін – **табиғат бір тілде сөйлейді.**



## Галактикалар

Спираль пішіні логарифмдік спиральға ұқсайды – жұлдыздар осы ырғақта орналасады.



## Дауылдар

Циклондар спираль құрылым түзеді – ауа массалары фракталдық қозғалыста айналады.



## Өзендер мен таулар

Өзен арналары мен тау жоталарының құрылымы да фракталдық сипат көрсетеді.

# Табиғат - бір үлкен музыкалық шығарма

Егер табиғатты бір музыкалық шығарма деп елестетсек, оның әрбір элементі өзінің рөлін атқарады. Барлығы ырғаққа негізделген – ырғақ бұзылса, «музыка» бұзылады.



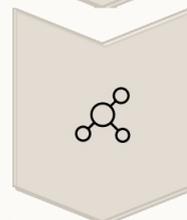
Жүрек соғысы

Ритм



Ми толқындары

Мелодия



Кальций сигналдары

Ішкі такт



Фракталдар

Құрылымдық қайталану



Алтын қима

Гармония

# Ырғақ бұзылса - ауру пайда болады

## Негізгі қағида

Тірі жүйелердің **барлығы ырғаққа** негізделген. Ырғақ бұзылса – ауру пайда болады. Сондықтан медицинада ырғақты **қалпына келтіру** – ем-домның негізі.

## Медициналық қолданыстар

### Кардиостимулятор

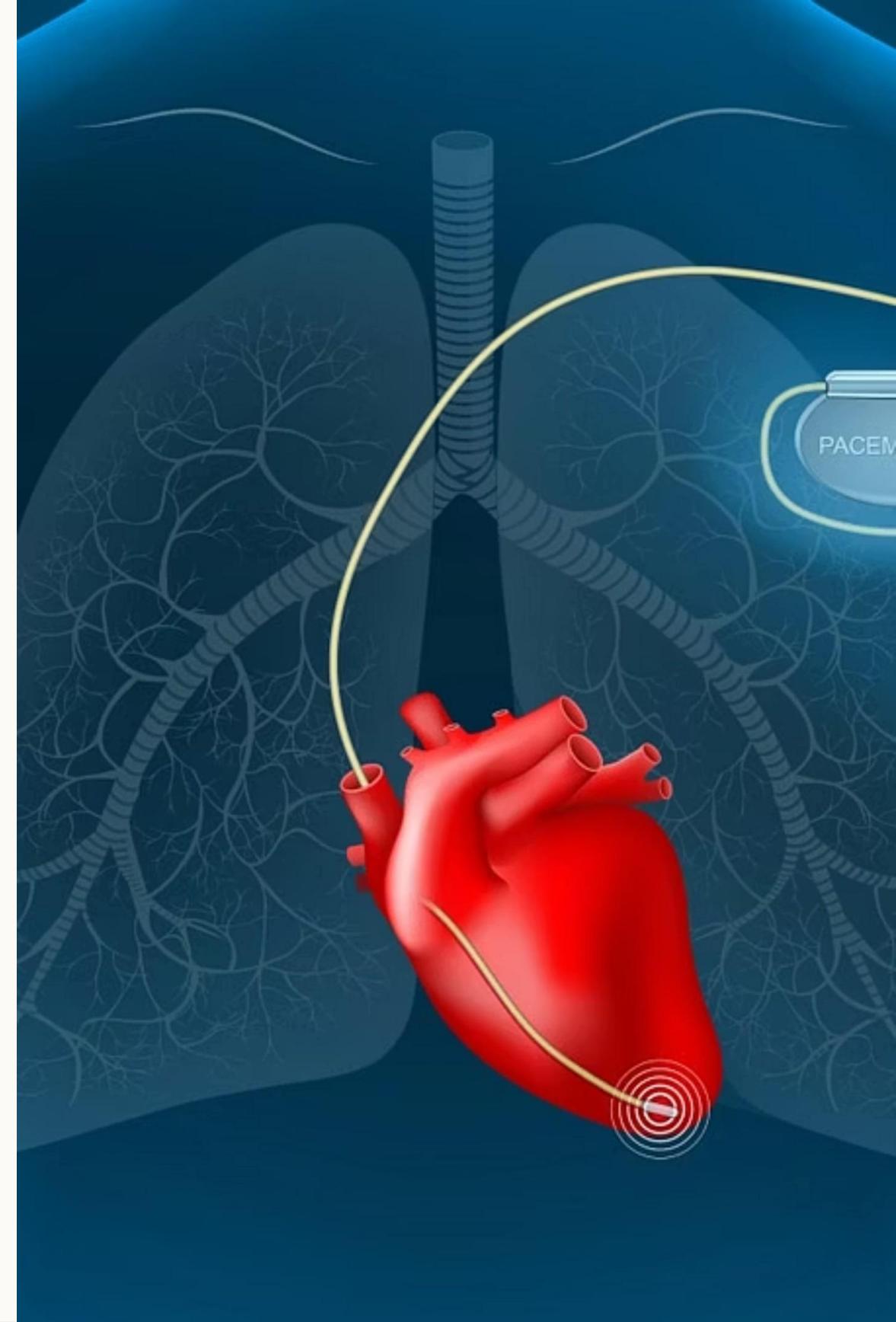
Жүрек ырғағын электрлік импульспен реттейді

### Нейростимуляция

Ми белсенділігінің тербелістерін қалпына келтіреді

### Гормондық терапия

Биологиялық ырғақтарды химиялық жолмен реттейді



# Ырғақ - тіршіліктің тілі

Жүрек соғысынан галактика спиралына дейін – табиғат тербелістермен сөйлейді, фракталдармен жазады, алтын қимамен гармония құрады.





# Қорытынды: биология + математика = толық түсінік

Тірі табиғатта **ырғақ, толқын және құрылым** бір-бірімен тығыз байланысты. Уақыттағы тербеліс кеңістіктегі тәртіппен ұштасады.

## Фракталдар

Өзін-өзі ұқсас құрылымдар —  
табиғаттың тиімді  
архитектурасы

## Фибоначчи

Сандық заңдылық —  
оптималды кеңістікті  
пайдаланудың формуласы

## Алтын қима

$\varphi \approx 1,618$  — гармония мен тиімділіктің математикалық өрнегі

Биологияны толық түсіну үшін тек химия мен физиканы ғана емес,  
**сызықтық емес динамиканы, геометрияны және математикалық  
заңдылықтарды** да білу қажет.

**Назар қойып  
тыңдағандарыңызға рахмет!**