

# Гравитация мен Казимир эффектісінің қарапайым толқындық интерпретациясы

**Автор:** Сергей Скрынник

**Жарияланған күні:** 2026-05-11

**Нұсқасы:** 5.0

**Жариялау алаңы:** Zenodo

**Тілі:** Орыс тілі (ағылшын және қазақ тілдеріне параллель аудармалармен)

## Аннотация

Бұл мақалада гравитация мен Казимир эффектісі материяның толқындық моделі аясында энергияға қанық ортаның (кеңістіктің) энергия тығыздығының таралуындағы және тұрған толқындардың қалыптасу шарттарындағы жергілікті өзгерістерге реакциясының көрінісі ретінде қарастырылады.

Ортадағы масса ретінде интерпретацияланатын жергілікті возмущениялардың энергия тығыздығының градиенттерін қалыптастыратыны және олардың гравитациялық өріс ретінде қабылданатыны көрсетіледі. Еркін түсу үдеуінің сынақ денесінің массасына тәуелсіз болуы, күштің  $1/r^2$  заңы бойынша өзгеруінің табиғи түрде пайда болуы және объектілер шекараларының күрт емес, тегіс толқындық сипатқа ие болуы түсіндіріледі.

Қосымша ретінде Казимир эффектісі жақын орналасқан шекаралар арасындағы рұқсат етілген толқындық күйлер құрылымының өзгеруінің мүмкін болатын салдары ретінде қарастырылады. Ұсынылған модель аясында тұрған толқындар спектрінің шектелуі энергия тығыздығы градиентінің пайда болуына алып келеді, ол тартылыс күші ретінде байқалады.

Сонымен қатар, фондық флуктуациялар, қараңғы материя және қараңғы энергияны қамтитын ортаның ғаламдық энергия таралуының бірыңғай толқындық көріністегі рөлі қарастырылады.

Мақала сапалық және интерпретациялық сипатқа ие және күрделі математикалық аппаратты қолданбай, материяның толқындық моделіне арналған танымдық кіріспе болып табылады.

## Түйінді сөздер:

гравитация, Казимир эффектісі, тұрған толқын, энергия тығыздығы, өріс градиенті, материяның толқындық моделі, вакуум, шекаралар, қараңғы материя, қараңғы энергия,  $1/r^2$ , резонанс, өріс

# Мазмұны

Гравитация мен Казимир эффектісінің қарапайым толқындық интерпретациясы .....	1
Аннотация.....	1
Кіріспе.....	3
1. Объект жергілікті өріс бұзылысы ретінде .....	3
2. Өріс пен градиент — күштің көзі.....	4
3. Неліктен күш қашықтыққа тәуелді.....	4
4. Барлық кеңістіктің рөлі .....	5
5. Гравитация өрістің реакциясының салдары ретінде .....	6
6. Маңызды ескертулер .....	7
7. Тексерілген эффектілермен сәйкестік және эксперименттік шектеулер .....	8
7.1. Эквиваленттік принципі және өлшеу шектері.....	8
7.2. Қараңғы материя, линзалану және айналу қисықтары.....	8
7.3. Галактикалар шоғырларының соқтығысуындағы мінез-құлық.....	9
7.4. Артық гравитациялық эффект.....	9
7.5. Қараңғы энергия және жаһандық динамика.....	9
7.6. Релятивистік эффектілердің сапалық бейнесі.....	9
7.7. Модельдің шектеулері.....	10
7.8. Казимир эффектінің мүмкін болатын интерпретациясы.....	10
Қорытынды .....	12
Автордың байланысты еңбектері мен жарияланымдары.....	14

## Кіріспе

Гравитация дәстүрлі түрде екі дене арасындағы күш ретінде қарастырылады. Біз еркін түсу үдеуін өлшейміз және оның құлап жатқан дененің массасына тәуелді емес екенін көреміз. Сонымен қатар, әсерлесу тек екі объект арасында ғана жүреді сияқты көрінеді. Бірақ бұл көзқарас жеңілдетілген: шын мәнінде гравитацияға біздің айналамыздағы **барлық кеңістік** қатысады, ал біз байқайтын нәрсе — **салыстырмалы әсерлесудің** ғана көрінісі.

Бұл мақала **материяның толқындық моделіне** сүйенеді, ол "[Материяның толқындық құрылымы мен Әлемнің фракталдық құрылымының моделі](#)" жұмысында толық баяндалған. Осы модельге сәйкес, кеңістік — бос орын емес, белсенді энергиямен қаныққан орта. Масса — бұл энергия тығыздығының орташа фондық мәннен жергілікті ауытқуы. Гравитация осы бүкіл ортаның жергілікті бұзылыстарға реакциясы ретінде пайда болады.

Мұнда біз күрделі математикасыз, процестің мәнін жеңілдетіп, түсіндіруге тырысамыз:

- неліктен еркін түсу үдеуі жеңіл және ауыр денелер үшін бірдей,
- өріс градиенттері күшті қалай жасайды,
- неліктен күш қашықтыққа байланысты  $1/r^2$  ретінде кемиді,
- және «тұрғын толқын» ұғымы объектінің массасын оның гравитациялық өрісінің пішінімен қалай байланыстырады.

*Түсініктілік үшін: «энергия тығыздығы» деп осы жерде бірлік көлемдегі энергия мөлшері түсініледі. Толқындық модельде масса — энергия тығыздығының орташа фондық мәннен жергілікті ауытқуы. Ауытқу неғұрлым үлкен болса, масса соғұрлым үлкен болады. Гравитация осы тығыздықтың кеңістіктік өзгерістерінен (градиенттерінен) туындайды.*

## 1. Объект жергілікті өріс бұзылысы ретінде

Ұсынылып отырған толқындық модельде кез келген зат, кез келген бөлшек — нүктелік шарик немесе бос орындағы «масса кесегі» емес, **энергиялық ортаның жергілікті бұзылысы**, ол тұрақты **тұрғын толқын** түрінде болады.

Толығырақ: масса кеңістіктегі энергия тығыздығы орташа фондық мәннен ауытқыған жерде пайда болады және бұл ауытқу тұрғын толқын түрінде сақталады.

- Элементар бөлшектің өткір шекарасы жоқ — оның өрісі орталықтан бірте-бірте төмендейді, бірақ ерекшеленген аймақ (жарты толқындар) «локализация» сезімін тудырады.
- Макрообъект (тас, планета) — барлық бөлшектердің көптеген тұрғын толқындарының суперпозициясы. Олардың ортаның жалпы бұзылысын массаға байланысты сипатты өлшемі бар **бірыңғай орташаланған тұрғын толқын** ретінде де қарастыруға болады.
- Гравитация дәл осы тұрғын толқынның айналасында **энергия тығыздығы градиентін** — денеден фонға қарай энергиясы жоғары аймақтан бірте-бірте өзгеруді жасауына байланысты пайда болады.

Маңыздысы: объектінің шекарасы — қатты бет емес, тұрғын толқын ең жылдам өшетін аймақ. Кез келген шекара — толқын пішінінің салдары, механикалық қабықтың емес.

Өрістің жергілікті бұзылыстары (тұрғын толқындар) градиенттерді тудырады, ал градиенттерді біз күш ретінде қабылдаймыз.

## 2. Өріс пен градиент — күштің көзі

Толқындық модельде **күш энергия тығыздығы градиенті бар жерде пайда болады** — яғни осы тығыздықтың кеңістікте бірте-бірте өзгеруі. Гравитация да ерекшелік емес.

- Объект (тұрғын толқын) айналасында энергия тығыздығы жоғары аймақты жасайды. Объектіге жақын жерде градиент (тығыздықтың өзгеру жылдамдығы) үлкен — сондықтан күш күшті.
- Объектіден алыстаған сайын тұрғын толқын өшеді, оның «дөңестері» жайпақтанады, градиент азаяды — және күш әлсірейді.

Кеңістік (энергиямен қаныққан орта) градиенттерді теңестіре отырып, жергілікті бұзылысқа «реакция жасайды». Ортаның бұл реакциясы — біз гравитация деп атап үйренген нәрсе. Басқаша айтқанда:

**гравитация — бұл «екі дененің тартылуы» емес, басқа массалар жасаған энергия тығыздығының жоғары градиентіне қарай заттың мәжбүрлі қозғалысы.**

**Градиент пішіні туралы маңызды ескерту:**

Бұл модельде градиент сатылы емес, **тегіс толқын тәрізді пішінге** ие (синусоиданың бір бөлігі сияқты). Бұл массаның тұрғын толқынмен бейнеленетінінің тікелей салдары, нүктелік көз емес. Сондықтан күштің қашықтыққа байланысты өзгеруі монотонды және тегіс жүреді.

## 3. Неліктен күш қашықтыққа тәуелді

Толқындық модельде объект жасаған энергия тығыздығы градиенті кеңістікте таралады. Сфералық симметриялы объектілер (жұлдыздар, планеталар, және жақсы жуықтауда кез келген ықшам массалар) үшін күш қашықтыққа байланысты  $1/r^2$  заңы бойынша кемиді.

**Неліктен дәл  $1/r^2$ ?**

Нүктелік көзден келетін бұзылыс барлық бағытта сфералық таралады деп елестетейік. Мұндай сфералық толқындағы энергия тығыздығы сфераның беті бойынша таралады, оның ауданы  $4\pi r^2$  өседі. Егер толқын арқылы уақыт бірлігінде тасымалданатын энергияның жалпы мөлшері сақталса, онда  $r^2$  қашықтықтағы энергия ағынының тығыздығы (демек, градиент және күш) сфераның ауданына кері пропорционал болады — яғни  $\sim 1/r^2$ .

Біздің модельде нүктелік көздің орнын **тұрғын толқын** (объект) алады, бірақ объект өлшемінен айтарлықтай үлкен қашықтықтарда бұл тұрғын толқын нүктелік бұзылыс сияқты «көрінеді». Сондықтан  $1/r^2$  заңы өз күшінде қалады.

### Балама көзқарас (толқындық геометрия шеңберінде):

Күшті дөңгелек (сфералық) толқындық процестің радиалды бағытқа проекциясы ретінде де елестетуге болады. Мұндай проекция кезінде қашықтыққа тәуелділік табиғи түрде квадраттық сипатқа ие болады. Екі тәсіл де — сфера ауданы арқылы және проекция арқылы — бір заңға әкеледі.

F күшінің  $\Phi$  потенциалының градиентімен байланысын көрсететін формула:

$$\vec{F} \sim -\nabla\Phi,$$

мұнда сфералық жағдай үшін  $\Phi \sim -1/r$ , ал градиент  $1/r^2$  береді.

Маңыздысы: күш **өріс градиенті** (энергия тығыздығының тегіс өзгеруі) арқылы көрінеді, ал қашықтықта лездік әсер ету арқылы емес.

## 4. Барлық кеңістіктің рөлі

Стандартты физикада әртүрлі массалар үшін үдеудің теңдігі эквиваленттік принципімен (инерттік масса гравитациялық массаға тең) түсіндіріледі. Біздің толқындық модельде себеп бірдей, бірақ ортаның қасиеттері арқылы басқаша тұжырымдалады.

**Негізгі идея:** гравитация — бұл екі оқшауланған дене арасындағы күш емес. Бұл **бүкіл энергиямен қаныққан ортаның (кеңістіктің) жергілікті бұзылыстарға реакциясы**.

- Әрбір объект тұрғын толқын — энергия тығыздығының орташа фондық мәннен ауытқуын жасайды.
- Объектінің айналасындағы кеңістік бос емес. Оның өзі таралған энергия тығыздығына ие («қараңғы материяның» үлесі, фондық флуктуациялар, сондай-ақ Әлемнің алыстағы массалары).
- Кішкентай дене (мысалы, тас) Жер өрісіне түскенде, ол Жер оны «тартатындықтан» емес, **энергия тығыздығының жиынтық градиенті** (Жер + бүкіл кеңістіктің фоны) кез келген жергілікті бұзылысты тіктеу еңіске қарай ығысуға мәжбүрлейтіндіктен қозғалады.

### Неліктен үдеу жеңіл және ауыр тас үшін бірдей?

Кеңістік — орташа энергия тығыздығы бар тығыз орта деп елестетейік. Кез келген қосымша бұзылыс (бөлшек, атом, тас) тек сыртқы массалар (Жер) жасаған градиентті «сезінеді», өзінің градиентін емес. Ортаның градиентке реакциясы сынақ денесінің массасына тәуелді емес, себебі сынақ денесінің массасы тек өзінің тұрғын толқынының амплитудасын анықтайды, ал сыртқы өрістің градиенті барлығына бірдей.

Денеге әсер ететін күш оның массасын үдеуге көбейткенге тең. Екінші жағынан, сол күш оның массасын еркін түсу үдеуі  $g$ -ге көбейткенге тең. Біздің модельде үдеуге қарсы тұратын масса (инерттік) және гравитацияны «сезінетін» масса (гравитациялық) — тұрғын толқынның бір қасиеті. Сондықтан дененің  $a$  үдеуі әрқашан  $g$ -ге тең және дененің жеңіл немесе ауыр болуына тәуелді емес.

## «Кеңістіктің макромассасы» дегеніміз не?

Бұл терминмен біз **барлық кеңістіктегі энергия тығыздығының жиынтық таралуын** белгілейміз, оның ішінде:

- вакуумның кванттық флуктуацияларының энергиясы,
- қараңғы материя (қарапайым заттың құрамына кірмейтін қосымша гравитацияланатын бұзылыстар),
- барлық алыстағы галактикалар мен құрылымдардың үлесі.

Дәл осы жаһандық фон үдеу көрінетін «санақ жүйесін» жасайды. Фон болмаса, бос Әлемдегі екі оқшауланған дененің гравитациясы басқаша болар еді — бірақ нақты Әлемде фон әрқашан бар.

### Маңызды салдар:

Кішкентай сынақ денелері үшін олардың жиынтық градиентке қосатын үлесі шамалы, сондықтан үдеу бірдей. Өте массивті объектілер үшін (мысалы, қара құрдым) олардың өз бұзылысы жалпы градиентке әсер етеді — мұнда сызықтылық бұзылады.

## 5. Гравитация өрістің реакциясының салдары ретінде

Қорытындылайық. Ұсынылып отырған толқындық модель шеңберінде гравитация энергиямен қаныққан ортаның жергілікті тұрғын толқындарға (массасы бар объектілер) табиғи реакциясы ретінде пайда болады. Бүкіл процесті бірнеше қадаммен сипаттауға болады:

1. **Массасы бар кез келген объект** (электроннан жұлдызға дейін) тұрақты **тұрғын толқын** түріндегі **энергия тығыздығының жергілікті бұзылысы** болып табылады. Осы тұрғын толқынның амплитудасы мен өлшемі массаның шамасын анықтайды.
2. **Тұрғын толқын кенет үзілмейді** — оның амплитудасы қашықтыққа байланысты бірте-бірте кемиді. Бұл кему кеңістікте **энергия тығыздығы градиентін** — яғни объектінің ішіндегі жоғары мәннен алыстағы фондық мәнге дейінгі тегіс, толқын тәрізді өзгерісті жасайды.
3. **Энергия тығыздығы градиенті** — біз күш ретінде қабылдайтын нәрсе. Кез келген басқа жергілікті бұзылыс (басқа объект) осы градиентті «сезінеді» және оның ұлғаюына қарай (яғни энергия тығыздығы жоғары аймаққа, көзге жақынырақ) ығысуға ұмтылады. Бұл ығысуды біз **еркін түсу үдеуі** ретінде байқаймыз.
4. **Үдеудің шамасы** мыналармен анықталады:
  - көздің массасы (оның тұрғын толқынының амплитудасы),
  - көзге дейінгі қашықтық (неғұрлым алыс болса, градиент соғұрлым аз),
  - **бүкіл кеңістіктегі энергия тығыздығының фондық таралуы** (кеңістіктің макромассасы, оның ішінде қараңғы материя және энергия).

Бұл бейне негізгі байқауларды түсіндіреді:

- **Үдеу құлап жатқан дененің массасына тәуелді емес** — себебі сынақ денесі сыртқы градиентке әсер етеді, өзінің градиентіне емес. Оның массасы (тұрғын толқынының амплитудасы) қозғалыс теңдеуінде қысқарады.

- **Күш қашықтыққа байланысты  $1/r^2$  ретінде кемиді** — бұзылыстың сфералық таралуына байланысты (сфераның ауданы  $r^2$  өседі, энергия ағынының тығыздығы  $1/r^2$  кемиді).
- **Гравитация бүкіл Әлеммен байланысты** — берілген нүктедегі үдеу тек жақын массаға (Жер) ғана емес, сонымен қатар тығыздықтың «фондық деңгейін» белгілейтін кеңістіктегі қалған барлық энергияның таралуына байланысты.

**Маңыздысы:** бұл модельде гравитация механикалық мағынада «тартылу күші» емес. Бұл жаһандық энергия таралуының фонында басқа объектілер жасаған энергия тығыздығының тіктеу градиентіне қарай объектінің мәжбүрлі қозғалысы.

## 6. Маңызды ескертулер

Түсінбеушіліктерді болдырмау үшін толқындық модельден туындайтын негізгі ескертулерді санамалап көрейік:

### 1. Объектілердің шекаралары — қатты беттер емес

Кез келген шекара (планета беті, атомның шеті) — энергия тығыздығы ең жылдам өзгертін аймақ. Толқындық модельде өткір секірістер жоқ: өріс синусоидалы заң бойынша бірте-бірте өшеді. «Қатты шекара» — макроскопиялық масштабтар үшін тек жуықтау.

### 2. Күш — градиент, ал градиент толқындық пішінге ие

Күш энергия тығыздығы градиенті бар жерде пайда болады. Бұл модельде бұл градиент сатылы емес, **тегіс, толқын тәрізді** (синусоиданың бір бөлігі сияқты). Бұл массаның тұрғын толқынмен бейнеленетінінің тікелей салдары. «Толқын тәрізді өзгеріс» термині мұнда пішінді білдіреді, жүріп бара жатқан толқынның бар екендігін емес. (Жалпы салыстырмалылық теориясы болжаған және эксперименталды түрде анықталған гравитациялық толқындар — бөлек құбылыс, ол осы мақалада қарастырылмайды.)

### 3. $1/r^2$ заңы сфералық симметриядан шығады

Сфералық симметриялы бұзылыс үшін энергия таралатын аудан  $4\pi r^2$  өседі, сондықтан ағынның тығыздығы (және күш)  $1/r^2$  ретінде кемиді. Бұл көздің өлшемімен салыстырғанда үлкен қашықтықтарда жарамды.

### 4. Қараңғы материя мен қараңғы энергия — бөлек сущностьтар емес

Толқындық модель аясында «қара материя» кәдімгі заттың құрамына кірмейтін (мысалы, басқа масштабтағы тұрақты толқындар), гравитациялық өріске тиімді үлес қосатын қосымша жергілікті тұрақты энергия тығыздығының толқулары ретінде түсіндіріледі. «Қара энергия» энергия тығыздығын теңестіруге бағытталған және бақыланатын үдемелі кеңею ретінде көрінетін ортаның жаһандық динамикасы ретінде қарастырылуы мүмкін. Осылайша, екі құбылыс та материяның тәуелсіз компоненттерін енгізбей, энергия тығыздығы таралған біртұтас орта шеңберінде сипатталады; *ықтимал фракталдық құрылымды қоса алғанда, толығырақ қарастыру «Материяның толқындық құрылымының моделі және Әлемнің фракталдық құрылымы» атты жұмыста келтірілген.*

### 5. Макрообъектілер мен қараңғы материяның галоы — орташаланған таралулар

Галактиканың айналасындағы «қараңғы материя галоы» туралы айтқанда, толқындық модельде бұл көптеген ұсақ бұзылыстардың (тұрғын толқындардың) орташаланған таралуын білдіреді, бір объект шекарасының «жұмсаруын» емес. Бұл маңызды нақтылау:



шекаралар тегіс, бірақ объект «жұмсарып таралатындықтан» емес, әрбір объектінің өрісінің өзі бірте-бірте өшетін тұрғын толқынның пішініне ие болғандықтан.

## 6. Бұл мақала — танымал кіріспе

Мұнда баяндалған барлық идеялар бірнеше постулаттарға (энергияның алғашқылығы, белсенді орта, тұрғын толқындар, резонанстық әсерлесу механизмі) сүйенетін жалпы толқындық модельдің салдары болып табылады. Терең түсіну үшін бастапқы жұмысқа жүгіну ұсынылады:

Скрынник С. «Материяның толқындық құрылымы мен Әлемнің фракталдық құрылымының моделі», Zenodo, 2026.

Сілтеме бойынша қол жетімді: <https://zenodo.org/records/19315913>

## 7. Тексерілген эффектiлермен сәйкестiк және эксперименттiк шектеулер

Толқындық модель жалпы салыстырмалылық теориясы мен кванттық физиканың сәтті тексерілген болжамдарын жоймайды, керісінше, оларға евклидтік кеңістік пен энергия тығыздығы градиенттері шеңберінде басқа физикалық түсініктеме ұсынады. Төменде негізгі эффектiлер мен шектеулердің ұсынылған бейнеге қалай табиғи түрде сәйкес келетіні көрсетілген.

### 7.1. Эквиваленттік принципі және өлшеу шектері

Стандартты физикада барлық денелер үшін үдеудің теңдігі дәл деп постулатталады. Толқындық модельде сынақ денесінің үдеуі сыртқы градиентпен анықталады, ол тек жақын массивті объект қана емес, сонымен бірге бүкіл кеңістіктің «макромассасы» жасайды. Осы үлестің салдарынан микроскопиялық ауытқу пайда болады: Жер үшін ол  $10^{-25}$ -тен аз, Күн үшін —  $10^{-23}$ -тен аз. Қазіргі заманғы эксперименттер (спутниктік сынақтарды қоса алғанда) эквиваленттік принципін шамамен  $\sim 10^{-13}$ – $10^{-15}$  дәлдікпен тексереді. Осылайша, модель болжайтын айырмашылық қазіргі өлшеу техникасының мүмкіндіктерінен әлдеқайда алыс жатыр, және кез келген практикалық есептеулерде  $a = g$  теңдігі бүгінгі күні қол жетпес дәлдікпен орындалады.

### 7.2. Қараңғы материя, линзалану және айналу қисықтары

Астрофизикалық байқаулар (галактикалардың жазық айналу қисықтары, шоғырлардағы гравитациялық линзалану, СМВ акустикалық тербелістері) гравитацияланатын массаның кеңістіктік таралуына сезімтал, бірақ оның микроскопиялық тасымалдаушысына емес. Толқындық модельде «қараңғы материя» бөлек зат емес, көрінетін құрылымдармен бірге жүретін энергия тығыздығы жоғары созылған аймақтарды білдіреді. Олардың профилі байқалатын эффектiлерді түсіндіру үшін қажетті гравитациялық потенциалды табиғи түрде жасайды. Гравитация бөлшектерге емес, интегралдық тығыздыққа әсер ететіндіктен, модельдің болжамдары қазіргі қателік шегінде деректермен сәйкес келеді. Осылайша, гравитациялық линзалану тәуелсіз қараңғы материя компонентін енгізбестен, жалпы энергия таралуының салдары ретінде табиғи түрде пайда болады.



### 7.3. Галактикалар шоғырларының соқтығысуындағы мінез-құлық

Bullet Cluster сияқты байқаулар гравитациялық массаның таралуы ыстық газдың таралуымен сәйкес келмеуі мүмкін екенін көрсетеді. Модель шеңберінде бұл энергия тығыздығының тұрақты конфигурациялары негізінен ықшам және динамикалық тұрақты құрылымдармен (галактикалармен) байланысты, сиректелген газ компонентімен емес, деп түсіндіріледі. Нәтижесінде, шоғырлар соқтығысқан кезде мұндай конфигурациялар өз тұтастығын сақтайды және галактикалармен бірге қозғала береді, ал газ тежелуге ұшырап, қайта бөлінеді.

### 7.4. Артық гравитациялық эффект

Байқалатын гравитациялық эффектілер кейбір жағдайларда тек көрінетін массаға негізделген бағалаулардан асып түседі. Ұсынылып отырған модельде бұл гравитациялық өріске қосқан үлес тек бариондық материямен ғана емес, сонымен қатар массивті объектілердің маңында пайда болатын ортаның энергия тығыздығының қосымша құрылымымен анықталатындығына байланысты. Мұндай құрылым «қараңғы материя» ретінде түсіндірілетін айтарлықтай қосымша үлес бере алады. Модель тұрғысынан галактикалар кейде элементар бөлшектерге ұқсас, бірақ үлкен масштабтағы құрылымдар ретінде түсіндірілуі мүмкін — бұл әлемнің фракталдығының көрінісі. Мұндай жағдайда қараңғы материя осындай «бөлшектің» ішіндегі «тұйықталған өріс» болуы мүмкін. Сонымен қатар, байқалатын Әлем шектеулі, бұл толық бариондық массаны дәл есептеуді мүмкін емес етеді.

### 7.5. Қараңғы энергия және жаһандық динамика

«Қараңғы энергия» модель шеңберінде энергия тығыздығын теңестіру тенденциясымен байланысты ортаның жаһандық динамикасының көрінісі ретінде қарастырылуы мүмкін. Үлкен масштабтарда бұл градиенттердің тиімді төмендеуіне әкеледі және ерекше қасиеттері бар бөлек сущностьты енгізуді қажет етпей, Әлемнің байқалатын үдемелі кеңеюі ретінде көрінуі мүмкін.

### 7.6. Релятивистік эффектілердің сапалық бейнесі

Барлық тексерілген релятивистік құбылыстар модельде толқындық ортаның қасиеттері арқылы көрнекі түсініктеме табады:

- **Гравитациялық қызыл ығысу** — энергия тығыздығы жоғары аймақтан шығу жұмыс шығынын талап етеді.  $c = \text{const}$  болғанда, бұл фотон жиілігінің өзгеруімен өтеледі. Өріске кіру кезінде процесс керісінше жүреді.
- **Жарықтың ауытқуы** — фотонның тыныштық массасы болмаса да, импульсі болады. Тығыздық градиенті бар ортада оның траекториясы тіктеу градиентке қарай ығысады, оптикалық біртекті емес ортадағы сынуға ұқсас. Жалпы ауытқу бұрышы массивті денелердің маңындағы профильдің сызықты еместігін ескерген кезде классикалық болжаммен сәйкес келеді.
- **Меркурий перигелийінің прецессиясы** — кіші қашықтықтарда энергия тығыздығы градиенті тұрғын толқынның шекті өлшемі мен ішкі құрылымның әсерінен  $1/r^2$  заңынан ауытқиды. Бұл сызықтық еместік  $\sim 1/r^3$  түзетуін енгізеді, математикалық тұрғыдан релятивистік орбиталық ығысуға эквивалентті.
- **Гравитациялық уақыттың баяулауы (GPS)** — атомдық ауысуларды қоса алғандағы барлық периодты процестер толқындық құрылымдардың резонанстық жиіліктерімен анықталады. Тығыздығы жоғары аймақта резонанс шарттары

ығысады, бұл сағаттардың «тікендеу» жиілігінің жүйелі төмендеуіне әкеледі. Эффект спутниктік навигация үшін қажетті түзетулерді сандық түрде қайта шығарады.

Осылайша, толқындық модель дәлдік сынақтарына қайшы келмейді, керісінше, олардың механизмдерін энергия тығыздығы градиенттері мен тұрғын толқындардың резонанстық қасиеттері тұрғысынан қайта түсіндіреді.

### 7.7. Модельдің шектеулері

Ұсынылған түрінде модель сапалық сипатқа ие және байқалатын құбылыстарды энергия тығыздығы таралған бірыңғай орта шеңберінде түсіндіруге бағытталған. Бақылаулармен салыстыруға болатын сандық болжамдар алу үшін энергия тығыздығының динамикасын және оның материямен әсерлесуін анық көрсетуді қоса алғанда, одан әрі математикалық формализация қажет. Мүмкін болатын фракталдық құрылым мен тұрақты конфигурациялар иерархиясын қоса алғанда, толығырақ қарастыру «Материяның толқындық құрылымы мен Әлемнің фракталдық құрылымының моделі» жұмысында келтірілген.

### 7.8. Казимир эффектiнiң мүмкiн болатын интерпретациясы

Казимир эффектiсi әдетте вакуумның кванттық қасиеттерiнiң көрiнiстерiнiң бiрi ретiнде қарастырылады. Тәжiрибе жүзiнде бiр-бiрiне жақын орналасқан екi өткiзгiш пластинаның сыртқы электрлiк және магниттiк өрiстер болмаған жағдайда да өзара тартылатыны байқалады.

Ұсынылып отырған толқындық модель аясында бұл эффект кеңiстiктiң шектелген аймағындағы тұрған толқындардың құрылымы мен ортаның энергия тығыздығының таралуының өзгеруiнiң табиғи салдары ретiнде қарастырылуы мүмкiн.

Модельдiң негiзгi идеясы — кеңiстiк әртүрлi масштабтағы толқындық процестердi қолдай алатын белсендi энергияға қанық орта болып табылады. Кез келген физикалық шекаралар осы ортадағы тұрған толқындардың қалыптасу шарттарын өзгертедi.

Екi өткiзгiш пластина бiр-бiрiне өте жақын орналастырылған кезде, олардың арасында толқындық конфигурациялардың қалыптасу шарттары шектелетiн аймақ пайда болады. Кейбiр тербелiс режимдерi жүйенiң геометриясына байланысты басылады немесе өзгередi. Ал кеңiстiктiң сыртқы аймағында рұқсат етiлген толқындық күйлердiң саны көбiрек сақталады.

Нәтижесiнде iшкi және сыртқы аймақтар арасында ортаның энергия тығыздығының таралу айырмашылығы пайда болады:

- пластиналардың сыртында рұқсат етiлген толқындық конфигурациялар спектрi кеңiрек,
- пластиналардың арасында толқындық күйлердiң бiр бөлiгi шектеледi,
- соның салдарынан энергия тығыздығының градиентi пайда болады.

Толқындық модель аясында күш дәл осындай градиентке ортаның реакциясы ретінде туындайды. Сондықтан пластиналар энергияның неғұрлым тұрақты таралу күйіне ұмтылып, бір-біріне қарай қозғала бастайды.

Осы тұрғыдан алғанда, Казимир эффектісін анағұрлым жалпы механизмнің жеке көрінісі ретінде қарастыруға болады:

- ортаның рұқсат етілген толқындық күйлерінің жергілікті өзгеруі энергия тығыздығының градиентін тудырады,
- ал пайда болған градиент күш ретінде байқалады.

Маңызды атап өтерлік жайт: бұл интерпретацияда кеңістікті «бос» деп қарастыру талап етілмейді. Керісінше, пластиналар арасындағы күштің пайда болуы ортаның белсенді қасиеттерін және кәдімгі зат болмаған жағдайда да таралған толқындық процестердің бар екенін көрсетеді.

Сонымен қатар, ұсынылған модель Казимир эффектісінің қолданыстағы кванттық-өрістік сипаттамасына қайшы келмейді, тек оны тұрған толқындардың құрылымы мен энергия тығыздығы градиенттерінің өзгеруі арқылы сапалық физикалық интерпретациялауды ұсынады.

Қазіргі кезеңде бұл қарастыру сапалық сипатта ғана болып табылады. Күштің пластиналар арасындағы қашықтыққа тәуелділігін шығару сияқты сандық сипаттама модельді әрі қарай математикалық формализациялауды және шектелген геометриядағы рұқсат етілген толқындық модаларды жеке талдауды талап етеді.

Қосымша ретінде сапалық қарастыру аясында Казимир күшінің пластиналар арасындағы қашықтыққа тәуелділігі гравитациялық жағдайдан табиғи түрде өзгеше болуы мүмкін екенін атап өтуге болады.

Сфералық симметриялы объектілер үшін гравитациялық әсер возмущениенің беті  $4\pi r^2$  заңымен өсетін сфера беті бойынша таралуымен анықталады. Сондықтан энергия тығыздығының градиенті және онымен байланысты күш  $1/r^2$  заңы бойынша азаяды.

$$\frac{1}{r^2}$$

Ал Казимир эффектісінде жағдай түбегейлі өзгеше. Мұнда өзара әсер нүктелік немесе жергілікті көздермен емес, беттер арасындағы ортаның рұқсат етілген толқындық күйлерін шектейтін созылған шекаралық құрылымдармен анықталады. Маңызды рөлді тек возмущениенің кеңістікте әлсіреуі ғана емес, сонымен қатар шектелген көлемдегі рұқсат етілген тұрған толқындардың спектрлік тығыздығының өзгеруі де атқарады.

Пластиналар арасындағы қашықтық азайған сайын қолжетімді толқындық конфигурациялар саны сфералық таралу жағдайына қарағанда әлдеқайда жылдам өзгереді. Нәтижесінде күштің қашықтыққа тәуелділігі гравитациялық жағдайға қарағанда жоғары дәрежелі сипат алуы мүмкін.

Сапалық тұрғыдан бұл Казимир эффектісінің стандартты сипаттамасында байқалатын  $1/r^4$  тәрізді тәуелділіктің пайда болуын түсіндірудің мүмкін болатын нұсқасы ретінде қарастырылуы мүмкін.

$$\frac{1}{r^4}$$

Ұсынылған модель аясында мұндай тәуелділік шекара геометриясының, рұқсат етілген толқындық модаларға қойылатын шектеулердің және шектелген кеңістіктегі ортаның энергия тығыздығының қайта таралуының бірлескен әсерінің салдары ретінде қарастырылуы мүмкін.

Қазіргі кезеңде бұл түсіндіру интерпретациялық сипатқа ие және модельді әрі қарай математикалық дамыту қажеттігін талап етеді.

## Қорытынды

Ұсынылған толқындық модель аясында гравитация мен Казимир эффектісі энергияға қанық ортаның (кеңістіктің) энергия тығыздығының таралуындағы және тұрған толқындардың қалыптасу шарттарындағы жергілікті өзгерістерге реакциясының әртүрлі көріністері ретінде қарастырылады.

Модельдің негізінде кеңістікті тұрақты толқындық құрылымдарды қолдай алатын белсенді орта ретінде қарастыру жатыр. Масса энергия тығыздығының тұрған толқын түріндегі жергілікті возмущениесі ретінде интерпретацияланады, ал пайда болатын кеңістіктік градиенттер күш ретінде қабылданады.

Көрсетілгендей:

- еркін түсу үдеуі ортаның сыртқы градиентімен анықталады және сынақ денесінің массасына тәуелді емес,
- $1/r^2$  заңы возмущениялардың сфералық таралуының салдары ретінде табиғи түрде пайда болады,
- объектілердің шекаралары тегіс толқындық құрылымға ие,
- қараңғы материя мен қараңғы энергия ортаның энергия таралуының әртүрлі формалары ретінде қарастырылуы мүмкін.

Сонымен қатар, Казимир эффектісінің сапалық интерпретациясы ұсынылған. Модель аясында жақын орналасқан пластиналар арасындағы күш рұқсат етілген толқындық күйлер спектрінің өзгеруі мен шекаралар арасында энергия тығыздығы градиентінің пайда болуының салдары ретінде туындайды.

Осылайша, гравитациялық та, вакуумдық та эффектілерді бірыңғай принциптің салдары ретінде қарастыруға болады: ортаның толқындық құрылымының кез келген жергілікті өзгерісі энергия тығыздығының қайта таралуына және бақыланатын күштік эффектілердің пайда болуына алып келеді.

Ұсынылған жұмыс сапалық және интерпретациялық сипатқа ие. Оның мақсаты — бірқатар бақыланатын құбылыстарды бірыңғай толқындық тәсіл аясында біріктіретін көрнекі физикалық картинаны қалыптастыру. Эффектілердің сандық сипаттамасы, соның ішінде тәуелділіктерді қатаң шығару және эксперименттік деректермен салыстыру, модельді әрі қарай математикалық формализациялауды талап етеді.

Материяның жалпы толқындық моделі мен оның ықтимал салдарының неғұрлым толық сипаттамасы келесі жұмыста берілген:

Скрынник С. «[Материяның толқындық моделі және Ғаламның фракталдық құрылымы](#)», Zenodo, 2026.

## Автордың байланысты еңбектері мен жарияланымдары

Ұсынылып отырған модель өзара байланысты еңбектер сериясының бір бөлігі болып табылады. Бұл жұмыстарда қарастырылып отырған тәсілдің тұжырымдамалық негізі біртіндеп қалыптастырылады.

1. *Ой-толғаулар: Сенім, сенімсіздік. PVX және материя*  
<https://zenodo.org/records/20032688>  
— бастапқы идеялар мен жалпы дүниетанымдық контексті қалыптастыратын философиялық-этикалық жұмыс.
2. *Энергия іргелі шындық ретінде: Нүктелерден процестерге*  
<https://zenodo.org/records/17170686>  
— физикалық шындықты статикалық объектілер емес, процестер жиынтығы ретінде қарастыратын онтологиялық негізді қалыптастыру.
3. *Толқындық тепе-теңдік гипотезасы: Әлем нөлдің теңгерілген күйі ретінде*  
<https://zenodo.org/records/19727806>  
— физикалық шындықтың пайда болу мүмкін механизмін қарастыру.
4. *Материяның толқындық құрылысы және Әлемнің фракталдық құрылымы моделі*  
<https://zenodo.org/records/19703486>  
— осы жұмыстар сериясының физикалық бөлігінің өзегі.
5. *Өлшемдердің пайда болуы және фракталдылықты қабылдау*  
<https://zenodo.org/records/19695379>  
— өлшемдер құрылымы мен масштабтық деңгейлердің қалыптасу механизмін сипаттау.
6. *Толқынның бірлігі: материя, энергия және сана жиіліктің аспектілері ретінде*  
<https://zenodo.org/records/19839673>  
— негізгі идеяларды синтездеу және модельдің әртүрлі аспектілерін біріктіруге талпыныс.
7. *Сана толқындық құрылым ретінде: ми жиіліктері мен қабылдау жиіліктері арасындағы мүмкін байланыс*  
<https://zenodo.org/records/19839850>  
— ұсынылған модель шеңберінде сананың ықтимал рөлін қарастыру.

Ұсынылған жұмыс аталған жарияланымдарда баяндалған нәтижелерге сүйенеді және оларды бірыңғай интерпретациялық схема аясында дамытады.