

Гравитацияны өрістер мен градиенттер арқылы қарапайым түсінік

Автор: Сергей Скрынник

Жарияланған күні: 2026-04-09

Нұсқасы: 3.0

Жариялау алаңы: Zenodo

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

Аннотация

Мақалада гравитация **барлық энергиямен қаныққан ортаның (кеңістіктің)** энергия тығыздығының жергілікті бұзылыстарына — біз масса деп атайтын **тұрғын толқындарға** реакциясының көрінісі ретінде қарастырылады.

Жеңіл және ауыр денелер үшін еркін түсу үдеуінің неліктен бірдей екендігі (сынақ денесі сыртқы градиентке әсер етеді, өзінің градиентіне емес), энергия тығыздығы градиентінің күшті қалай жасайтындығы және күштің қашықтыққа байланысты неліктен $1/r^2$ заңы бойынша кемитіндігі (бұзылыстың сфералық таралуына байланысты) түсіндіріледі.

Кеңістіктің макромассасының (энергия тығыздығының жиынтық таралуы, оның ішінде қараңғы материя және фондық флуктуациялар) рөлі және объектілердің тегіс шекараларының қатты беттер емес, энергия тығыздығының толқын тәрізді өзгеру аймақтары ретіндегі табиғаты түсіндіріледі.

Мақала **материяның толқындық моделіне** танымал кіріспе болып табылады (толығырақ «Материяның толқындық құрылымы мен Әлемнің фракталдық құрылымының моделі» жұмысын қараңыз). Барлық қорытындылар осы модель шеңберінде күрделі математикалық аппаратсыз алынған.

Түйінді сөздер:

гравитация, өріс, энергия тығыздығы градиенті, тұрғын толқын, үдеу, масса, объект шекарасы, қараңғы материя, қараңғы энергия, тегіс толқын тәрізді өзгеріс, $1/r^2$, кеңістіктік симметрия, материяның толқындық моделі

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 Φ 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 өзгереді 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 сәттi тексерiлген болжамдарын жоймайды, керiсiнше, оларға евклидтiк кеңiстiк пен энергия тығыздығы градиенттерi шеңберiнде басқа физикалық түсiнiктеме ұсынады. Төменде негiзгi эффектiлер мен шектеулердiң ұсынылған бейнеге қалай табиғи түрде сәйкес келетiнi көрсетiлген.

7.1. Эквиваленттiк принципi және өлшеу шектерi

Стандартты физикада барлық денелер үшiн үдеудiң теңдiгi дәл деп постулатталады. Толқындық модельде сынақ денесiнiң үдеуi сыртқы градиентпен анықталады, ол тек жақын массивтi объект қана емес, сонымен бiрге бүкiл кеңiстiктiң «макромассасы» жасайды. Осы үлестiң салдарынан микроскопиялық ауытқу пайда болады: Жер үшiн ол 10^{-25} -тен аз, Күн үшiн — 10^{-23} -тен аз. Қазiргi заманғы эксперименттер (спутниктiк сынақтарды қоса алғанда) эквиваленттiк принципiн шамамен $\sim 10^{-13}$ – 10^{-15} дәлдiкпен тексередi. Осылайша, модель болжайтын айырмашылық қазiргi өлшеу техникасының мүмкiндiктерiнен әлдеқайда алыс жатыр, және кез келген практикалық есептеулерде $a = g$ теңдiгi бүгiнгi күнi қол жетпес дәлдiкпен орындалады.

7.2. Қараңғы материя, линзалану және айналу қисықтары

Астрофизикалық байқаулар (галактикалардың жазық айналу қисықтары, шоғырлардағы гравитациялық линзалану, СМВ акустикалық тербелiстерi) гравитацияланатын массаның кеңiстiктiк таралуына сезiмтал, бiрақ оның микроскопиялық тасымалдаушысына емес. Толқындық модельде «қараңғы материя» бөлек зат емес, көрiнетiн құрылымдармен бiрге жүретiн энергия тығыздығы жоғары созылған аймақтарды бiлдiредi. Олардың профилi байқалатын эффектiлердi түсiндiру үшiн қажеттi гравитациялық потенциалды табиғи түрде жасайды. Гравитация бөлшектерге емес, интегралдық тығыздыққа әсер ететiндiктен, модельдiң болжамдары қазiргi қателiк шегiнде деректермен сәйкес келедi. Осылайша, гравитациялық линзалану тәуелсiз қараңғы материя компонентiн енгiзбестен, жалпы энергия таралуының салдары ретiнде табиғи түрде пайда болады.

7.3. Галактикалар шоғырларының соқтығысуындағы мiнез-құлық

Bullet Cluster сияқты байқаулар гравитациялық массаның таралуы ыстық газдың таралуымен сәйкес келмеуi мүмкiн екенiн көрсетедi. Модель шеңберiнде бұл энергия тығыздығының тұрақты конфигурациялары негiзiнен ықшам және динамикалық тұрақты құрылымдармен (галактикалармен) байланысты, сиректелген газ компонентiмен емес, деп түсiндiрiледi. Нәтижесiнде, шоғырлар соқтығысқан кезде мұндай конфигурациялар өз тұтастығын сақтайды және галактикалармен бiрге қозғала бередi, ал газ тежелуге ұшырап, қайта бөлiнедi.

7.4. Артық гравитациялық эффект

Байқалатын гравитациялық эффектiлер кейбiр жағдайларда тек көрiнетiн массаға негiзделген бағалаулардан асып түседi. Ұсынылып отырған модельде бұл гравитациялық өрiске қосқан үлес тек бариондық материямен ғана емес, сонымен қатар массивтi объектiлердiң 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 эффектiлердiң 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.

Қорытынды

Қорытындылайық. Ұсынылып отырған толқындық модель шеңберінде **гравитация — екі оқшауланған дененің әсерлесуі емес, бүкіл энергиямен қаныққан ортаның (кеңістіктің) жергілікті тұрғын толқындарға — біз масса деп атайтын энергия тығыздығының бұзылыстарына реакциясының көрінісі.**

Негізгі қорытындылар:

- Байқалатын еркін түсу үдеуі — **жаһандық әсердің жергілікті көрінісі**: дене бүкіл Әлемдегі энергияның таралуы фондында басқа массалар жасаған энергия тығыздығының тіктеу градиентіне қарай қозғалады.
- Күш қашықтыққа байланысты $1/r^2$ ретінде кемиді, себебі сфералық симметрия және энергияның сақталу заңы (сфераның ауданы r^2 өседі).
- Объектілердің барлық шекаралары — қатты беттер емес, энергия тығыздығының тегіс, **толқын тәрізді өзгеру аймақтары** (синусоидалық пішін, сатылы емес). Бұл массаның тұрғын толқынмен бейнеленетінінің тікелей салдары.
- Қараңғы материя мен қараңғы энергия бұл модельде бөлек сущносттарды қажет етпейді: олар ортаның энергия тығыздығының таралуының әртүрлі көріністері ретінде түсіндіріледі (жергілікті бұзылыстар және жаһандық фондық процесс).

Басқаша айтқанда, гравитация — кеңістіктің энергияның таралуына реакциясы, мұнда жергілікті бұзылыстар (тұрғын толқындар) өрістің тегіс толқын тәрізді градиенттері арқылы күш жасайды.

Бұл идеялардың неғұрлым көрнекі, графикалық баяндалуын (суреттер мен мысалдармен) «*Размышления Вера, неверие. ДУХ и материя*» жұмысының 2-бөлімінен, «Гравитация күшінің тууы, қараңғы материя және қараңғы энергия» тарауынан табуға болады. Сілтеме бойынша қол жетімді: <https://zenodo.org/records/19260065>

Бұл мақала материяның толқындық моделіне танымал кіріспе болып табылады. Постулаттардың, механизмдердің және салдарлардың толық баяндалуы «Материяның толқындық құрылымы мен Әлемнің фракталдық құрылымының моделі» жұмысында берілген (<https://zenodo.org/records/19315913>).