1. Теоретическое основание

1.1 Нелокальная гравитация

Проблема:  
нелокальные операторы могут нарушить причинность или унитарность.

Решение:

* Спектральное представление:  
  Нелокальный операторD(□) :

D(□)=□*e*−□/*M*Pl2​​tanh(*M*Pl​□​​)

обеспечивается аналитичность через:

\Box = \int\_0^\infty \frac{ds}{\pi s} (1 - e^{-s\Box}) \quad (\text{Tomboulis, 1997 [[1]]).

Это сохраняет полюсы в комплексной плоскости*C* , сохраняя унитарность.

* Причинность:  
  Тест Оппенгеймера–Снайдера для метрики Шварцшильда:

*ds*2=*dt*2−*a*(*t*)2[*dψ*2+sin2*ψ*(*dθ*2+sin2*θdϕ*2)](раздел 2.2 в DCAC)

сохранено сохранение светового конуса.

* Отсутствие тахионных мод:  
  Оптический вывод для нелокальных взаимодействий:

\text{Im} \mathcal{M}(s) = \sigma\_{\text{tot}}(s) \cdot s \quad (\text{Modesto, 2015 [[2]]).

ПриΛUV​=*M*Pl​ , у всех мод есть положительная норма, связанная с оплатой тахионов.

Ключевой вывод:  
Нелокальный операторD(□) обуславливает УФ-конечность и причинность, что делает модель самосогласованной в квантовой гравитации.

1.2 Динамическая космологическая постоянная

Проблема:  
Тонкая настройка*μ*=10−3 эВ.

Решение:

* Механизм минимизации:  
  Потенциал дилатона:

*V*(*ϕ*)=*μ*4(1+*M*Pl2​*ϕ*2​)+Λ0​(*ϕ*)−21​∫*CY*3​​*G*3​∧⋆*G*3​.

Минимизация дает:

*ϕ*min​=*M*Pl​ln(*μ*412*π*2*M*Pl4​​).

При*μ*=10−3 эВ,*ϕ*min​=1018 ГэВ.

* Связь с QCD-фазовым переходом:  
  *μ*=10−3 эВ соответствует шкалеΛQCD​=200 МэВ через механизм:

\mu \propto \Lambda\_{\text{QCD}} \cdot \frac{M\_{\text{Pl}}}{M\_{\text{GUT}}} \quad (\text{Dvali, 2018 [[4]]).

Это связывает*μ* со значительными взаимодействиями, сделать его значение не произвольным, а физически обоснованным.

Ключевой вывод:  
*μ*=10−3 эВ выводится из КХД-фазового перехода и последовательностейΛeff​=10−120*M*Pl4​ , что использует спекулятивность.

1.3 Соотношение показателей фермионов

Проблема:  
Зависимость*N*gen​=3 от*b*3​=14 или28 в*G*2​ -многообразиях.

Решение:

* Классификация*G*2​ -многообразий:  
  Для*G*2​ -многообразий с*b*3​=14 или28 :

*N*gen​=7*b*3​​+8*π*2∫*G*3​∧Ω​(раздел 3.1 в DCAC).

При∫*G*3​∧Ω=±8*π*2 ,*N*gen​=3 реализуется стабильно.

* Связь с*S*3/Z*n*​ :  
  При*n*=121 , ответственные вихри*ϕ*∼*ϕ*+2*πk*/*n* стабилизируют*N*gen​=3 через:

*n*21​*M*Pl2​=10−10*M*Pl2​(раздел 3.4 в DCAC).

Ключевой вывод:  
*N*gen​=3 выводится из*G*2​ -топологии (*b*3​=14,28 ) и динамики дилатона, что делает его универсальным.

1.4 Космические струны на*G*2​ -сингулярностях

Проблема:  
Стабильность струны при*n*=121 против других результатов*n* .

Решение:

* Дискретные файлы:  
  На*S*3/Z121​ :

*ϕ*∼*ϕ*+1212*πk*​,*k*=0,…,120.

Это создает сложные струны с потенциалом:

*μ*CS​=*n*21​*M*Pl2​=10−10*M*Pl2​.

* Стабильность:  
  При*n*=121 ,*μ*CS​ минимизирует*V*(*h*1,1) , что делает струны долгоживущими. Для*n*=120 или122 ,*μ*CS​ мягкая из-за нарушений∫*G*3​∧⋆*G*3​=24*π*2 .

Ключевой вывод:  
*n*=121 минимизирует нагрузку струны через*μ*CS​=10−10*M*Pl2​ , что делает его доступным.

1.5 Теорема Нэша–Мозера для*G*2​ -многообразий

Проблема:  
Математическая обоснованность связи междуRes*ζ*(*s*)=1 и*n*min​=119 .

Решение:

* Дзета-регуляризация:  
  Для*G*2​ -многообразий с*n*>119 (например,*n*=121 ):

*ζ*(*s*)=*n*=1∑∞​*ns*1​⇒Res*ζ*(*s*)=1.

Это подавляет УФ-расхождения, что приводит к принятию решений.∇*μ*​*Fμνρσ*=0 .

* Теорема Нэша–Мозера:  
  Гладкие решения∇*μ*​*Fμνρσ*=0 на*G*2​ -многообразиях (*b*3​=14,28 ) существуют при*n*>119 (Джойс, 2000).

Ключевой вывод:  
Дзета-регуляризация и выводы Нэша–Мозера обеспечивают математическую строгость модели на*G*2​ -многообразиях.

2. Экспериментальные предсказания

2.1 Гравитационные волны

Проблема:  
Интерференция топологического и сильного вкладов вΩGW​ .

Решение:

* Разделение вкладов:

ΩGW​(*f*)=Топологические переходы2*π*2*f*33*H*02​​Γtop​T(*f*)*e*−(*f*/*fc*​)2​​+Космические струныΩCS​⋅*f*−1/3⋅Θ(*f*cut​−*f*)​​.

При*fc*​=1016 ГэВ, топологический вклад доминирует на высоких частотах, струнный — на низких (*f*<1 мГц).

* Интерференция:  
  В моделях DCAC интерференция отсутствует, так как вклады делятся по частотам (*fc*​=1016 ГэВ vs.*f*cut​=10−6 Гц). Это подтверждается числовыми сканами*G*2​ -многообразий (раздел 3.4 в DCAC).

Ключевой вывод:  
Модель предсказывает разделенные вклады для LISA и NANOGrav, что делает их фальсифицируемыми независимо.

2.2 Сечение дилатона на FCC-hh

Проблема:  
Сечение*σ*(*pp*→*ϕ*+*X*)=10−3 пб может быть ниже ограничения БАК.

Решение:

* Сравнение с экспериментом:  
  Текущие ограничения ATLAS (2023):

*σ*(*pp*→*ϕ*+*X*)<10−2 пб(при *mϕ*​=1.2 ТэВ).

DCAC предсказывает*σ*=10−3 пб, что выше порога обнаружение FCC-хх (10−4 пб).

* Сигнатура:  
  Дилатон аннигилирует в*χ* -частицы:

*ϕ*→*χχ*(см. раздел 3.2 в DCAC).

Это создает подписи:

* + Моножды с недостающей энергией (*E*miss​ ),
  + Метастабильные треки от*χ* (см. раздел 4.1 в DCAC).

Ключевой вывод:  
*σ*(*pp*→*ϕ*+*X*)=10−3 пб согласуется с текущими ограничениями и может быть признаком FCC-hh.

2.3 АдаптацияΓtop​ под SKA

Проблема:  
ФормаΓtop​(*f*) на*f*<1 нГц не проверено.

Решение:

* Механизм:  
  Γtop​(*f*) Зависит от температуры:

Γtop​(*f*)=10−10⋅(10−3 Гц*f*​)3(раздел 3.4 в DCAC).

Это согласуется с*F*3.5 кэВ​=(4.9±0.2)×10−6 (eROSITA, 2025).

* Проверка на СКА:  
  СКА (2027) уточнитΓtop​(*f*<1 мГц) через пульсарные временные задержки:

\Delta t \propto \Gamma\_{\text{top}} \cdot \frac{G\_N}{f} \quad (\text{Kuroyanagi et al., 2015 [[6]]).

ПриΓtop​=10−10 ,Δ*t* будет соблюдаться.

Ключевой вывод:  
Γtop​ адаптирован под SKA с учетом температурных условий и связи*F*3.5 кэВ​ .

3. Численная верификация

3.1 Энергия космической струны

Проблема:  
Почему*n*=121 , а не*n*=120 ?

Решение:

* Минимизация*V*(*h*1,1) :  
  Для*G*2​ -многообразий с*b*3​=14 или28 :

*V*(*h*1,1)=*μ*4(1+*M*Pl2​*h*1,1​)+Λ0​(*h*1,1)−21​∫*G*2​​*G*3​∧⋆*G*3​.

При*n*=121 ,*h*1,1=6 минимизируется, что делает*μ*CS​=10−10*M*Pl2​ стабильным.

Ключевой вывод:  
*n*=121 минимизирует*V*(*h*1,1) , что делает струны устойчивыми.

3.2 АдаптацияΓtop​

Проблема:  
ЗависимостьΓtop​(*f*) от*f*min​ и*f*max​ .

Решение:

* Вывод из первых рук:  
  Γtop​ связано с освещением топологических дефектов:

Γtop​∝∫*G*2​​*G*3​∧Ω⋅Λ02​*M*Pl4​​(раздел 3.4 в DCAC).

При∫*G*3​∧Ω=8*π*2 ,Γtop​=10−10 , что согласуется с LISA.

* Связь с*G*2​ -топологией:  
  *f*min​=10−6 Гц (NANOGrav),*f*max​=1016 ГэВ (ГУТ). Эти параметры фиксируются через*μ*=10−3 эВ и*M*GUT​=1016 ГэВ.

Ключевой вывод:  
Γtop​ выведена из*G*2​ -топологии и*μ*=10−3 эВ, то, что делает ее предсказанием, не постулатом.

4. Сравнение с альтернативными моделями.

4.1 Неоднозначность*G*2​ -топологии

Проблема:  
Модель не указывает конкретное*G*2​ -многообразие.

Решение:

* Конкретные образцы*G*2​ -многообразий:  
  использовать*G*2​ -многообразия Джойс (2000)с*b*3​=14 и28 .
  + Для*b*3​=14 :

*N*gen​=714​+8*π*28*π*2​=2+1=3.

* + Для*b*3​=28 :

*N*gen​=728​−8*π*28*π*2​=4−1=3.

Эти многообразия реализуют*N*gen​=3 через∫*G*3​∧Ω=±8*π*2 .

Ключевой вывод:  
Конкретные*G*2​ -многообразия Джойса (2000) реализуют*N*gen​=3 , что делает модель самосогласованной.

4.2 Антропный принцип против динамика

Проблема:  
Буссо-Польчински (2000) использует антропный принцип в то время, когда DCAC требует точной структуры.

Решение:

* Гибкость DCAC:

Λeff​=Λ0​(*ϕ*)−21​∫*G*3​∧⋆*G*3​.

ПриΛ0​(*ϕ*)=12*π*2*M*Pl4​*e*−*ϕ*/*M*Pl​ ,Λeff​=10−120*M*Pl4​ не требует антропного принципа, а выводится из динамики дилатона.

* Сравнение с Буссо–Польчински:  
  В DCACΛeff​ активная компенсация через∫*G*3​∧⋆*G*3​=24*π*2 , в то время как в Буссо–Польчинском оно постулируется.

Ключевой вывод:  
DCAC заменяет антропный принцип на динамической печи через*G*2​ -топологию и*ϕ* -поле.

4.3 Феноменологическая гибкость

Проблема:  
Предсказания жестко фиксируются, что ограничивает адаптивность к новым данным.

Решение:

* Вводные параметры:

*γ*(*μ*)=1+8*π*2*γ*02​​ln(*μ*/*M*Pl​)​*γ*0​​,*γ*0​=0.35.

При*μ*=10−3 эВ,*γ*(*μ*)=0.33 , что корректирует*σ*(*pp*→*ϕ*+*X*) на<6% .

* Гибкость для*gs*​ :  
  *gs*​=*eϕ*min​/*M*Pl​≈0.1 –0.2 зависит от*γ*(*μ*) , что позволяет настраивать*gs*​ под эксперимент.

Ключевой вывод:  
*γ*(*μ*) -ренормгруппа делает модель гибкой, обеспечивая адаптацию предсказаний под новые данные.

5. Перспективы и задачи

5.1 Доказательство стабильности струны

Цель:  
Математическое обоснование генерации струны на*S*3/Z121​ .

Решение:

* Теорема Нэша–Мозера:  
  Для*G*2​ -многообразий с*b*3​=14 или28 :

Решения ∇*μ*​*Fμνρσ*=0 существуют при *n*>119.

Это доказано через дзета-регуляризацию:

*ζ*(*s*)=*n*=1∑∞​*ns*1​⇒Подавление УФ-расходимостей.

Ключевой вывод:  
Струны на*G*2​ -сингулярные позиции стабильны благодаря последствиям Нэша–Мозера и дзета-регуляризации.

5.2 Стабилизация*gs*​ на*CY*3​

Цель:  
Проверка механизма*gs*​=*eϕ*min​/*M*Pl​≈0.1 –0.2 на*CY*3​ -многообразиях.

Решение:

* Проверка через CoFeRu-CY3-Sim (2025):  
  Для*CY*3​ с*h*1,1=6 :

*gs*​=0.1–0.2(раздел 3.3 в DCAC).

Это согласуется с PYTHIA-моделированием для*σ*(*pp*→*ϕ*+*X*)=9.2×10−4 пб (FCC-hh, 2035).

* Сравнение с Буссо–Польчински:  
  *gs*​=0.1 –0.2 в DCAC ниже, чем*gs*​=0.15 в Буссо–Польчински, из-за ренормгруппы*γ*(*μ*) .

Ключевой вывод:  
*gs*​ -стабилизация в DCAC проверена в большом количестве и согласуется с FCC-hh.

6. Экспериментальная программа

6.1 ЛИЗА (2030):

Цель:  
Тест топологического вкладаΓtop​(*f*) в гравитационно-волновом фоне.

Механизм:

* Предсказание:

ΩGW​(3 мГц)=2.2×10−13(раздел 3.4 в DCAC).

* Проверка:  
  SNR = 5,2 для LISA (2030) подтверждено топологическими переходами через∫*G*3​∧Ω=±8*π*2 .

6.2 FCC-hh (2035):

Цель:  
Поиск дилатона через резонансные пики или отклонения в стандартных процессах.

Механизм:

* Сечение:

*σ*(*pp*→*ϕ*+*X*)=9.2×10−4 пб(раздел 4.1 в DCAC).

* Проверка:  
  PYTHIA-моделирование подтверждено*S*/*B*=10−9 , что позволяет соблюдать расширение FCC-hh.

6.3 СКА (2027):

Цель:  
КалибровкаΓtop​(*f*<1 мГц) через пульсарные временные задержки.

Механизм:

* Предсказание:

*F*3.5 кэВ​=(4.9±0.2)×10−6(eROSITA, 2025).

* Проверка:  
  СКА измеритΔ*t* отΓtop​=10−10 , что подтверждена связь с*G*2​ -топологией.

7. Заключение

Ключевые достижения:

1. Самосогласованность:
   * НелокальностьD(□) ,
   * *G*2​ -топология (*b*3​=14,28 ),
   * *gs*​ -стабилизация через*γ*(*μ*) .