

СПРАВКА ЗА ОСНОВНИ НАУЧНИ ПОСТИЖЕНИЯ

на Даниела Петрова Кирилова

Научноизследователската ми дейност е интердисциплинарна, включва космология, астрофизика, физика на елементарните частици, в частност неутринна физика и квантова теория на полето. Основно е посветена на интересни за съвременната наука изследвания, които са извън рамките на Стандартния модел във физиката на частиците и извън Стандартния космологичен модел. Най-съществените от моите научни приноси са в областта на неравновесните процеси в ранната Вселена и са получени в работата ми по следните теми: неравновесни неутринни осцилации в ранната Вселена, процеси с участие на лептонна асиметрия, раждане на частици от променливо скаларно поле и космологичното им влияние, изпарение на бозонен кондензат и космологичното му значение, бариогенезис и нехомогенен бариогенезис, антивещество и крупномасштабна структура на Вселената, кирални тензорни частици в ранната Вселена. По тези тематики имам повече от 100 публикации и една монография в чужбина.

1. Неутринни осцилации в ранната Вселена.

Построихме и изследвахме модели на неравновесни неутринни осцилации между електронно и нетермализирано стерилно неутрино. Предложихме прецизен кинетичен подход за описанието на неравновесни неутринни осцилации в ранната Вселена. Изведохме кинетични уравнения за матрицата на плътността на неутриното в импулсно пространство, описващи еволюцията на неравновесното осцилиращо неутрино отчитащи едновременно разширението на Вселената, неутринните осцилации и взаимодействията на неутриното. Проведохме числен анализ на космологичните ефекти на неутринните осцилации в целия диапазон на осцилационните параметри на модела в резонансния и нерезонансния случай на неутринни осцилации и при различна степен на запълване на стерилното неутринно състояние. Благодарение на точния кинетичен подход открихме и изследвахме следните **качествено нови ефекти на неравновесните неутринни осцилации**: (а)**дисторсия на спектъра** на електронното неутрино и антинеутрино и редукция на неутринните плътности (б)**изменение на асиметрията** в неутринния сектор в резонансни осцилации. Установихме, че кинетичните осцилационни ефекти силно се влияят от ненулевата начална популация на стерилното неутрино, дисторсията на спектъра намалява с увеличаване на нивото на запълване. Изследвахме влиянието на дисторсията на спектъра върху неутриното от Космичния микровълнов фон и върху космологичния нуклеосинтез.

2. Модели на космологичен нуклеосинтез с неравновесни неутринни осцилации

Построени и изследвани посредством числен анализ са модели на космологичен нуклеосинтез (КН) с неравновесни неутринни осцилации между електронно и стерилно неутрино, ефективни след излизане на електронното неутрино от равновесие. Предложили сме точен кинетичен подход за едновременното описание на еволюцията на осцилиращото неутрино и еволюцията на нуклоните. Провели сме систематичен числен анализ на производството на He-4 за пълния диапазон на осцилационните параметри на модела (за няколко стотин комбинации на стойностите им), както и при различни степени на запълване на стерилното неутрино и различни стойности на лептонната асиметрия в неутринния сектор. Изследвани са нерезонансен и резонансен случай на неутринни осцилации. Изследвани са динамичните и кинетични ефекти на електрон-стерилни неутринни осцилации върху КН. Установихме, че дисторсията на спектъра и

редукцията на плътността на електронното неутрино в резултат на неравновесните осцилации води до изменения в кинетиката на нуклоните преди и по време на КН и влияе върху синтеза на леките елементи. Установихме, че пълният ефект на неутринните осцилации за целия диапазон на параметрите на модела води до препроизводство на He-4. Установено бе, че кинетичният ефект на дисторсията на спектъра на електронното неутрино, причинена от осцилациите, има водеща роля в препроизводството на He-4. Установено бе, че максималното препроизводство на He-4 достига 32% в резонансния случай и 14% в нерезонансния. Т.е. значително по-голямо (6 пъти) от динамичния ефект на едно допълнително стерилно неутрино, което води до 5% препроизводство, който динамичен ефект се отчиташе в литературата преди нашите изследвания.

3. Космологични ограничения върху осцилационните параметри на неутриното

Съвременната теория на КН представлява точна количествена теория, подкрепена от експериментални и наблюдателни данни. He-4 е най-подходящият и традиционно използван елемент за космологичен тест на нова физика в епохата на КН, в частност за поставяне на КН ограничения върху неутринните осцилации.

Определили сме изохелиевите контури в равнината на осцилационните параметри $\Delta m^2 - \theta$, масова разлика – ъгъл на смесване, съответстващи на 1%, 3%, 5% и 7% He неопределеност за нулева начална популация на стерилното неутрино и лептонна асиметрия от порядъка на барионната. Проведохме сравнителен анализ на наблюдателните данни за първично произведения He и D и теоретичните предсказания на модела за случая на нерезонансни и резонансни осцилации, на базата на който получихме ограничения върху осцилационните параметри.

Получените КН ограничения върху осцилационните параметри са на два порядъка по-строги от получените в предишни анализи и с 4 порядъка по-строги от експериментално получените до момента на публикуване на изследванията ни. Тези ограничения изключиха от КН съображения, години преди експерименталните резултати, две от възможните стерилни решения на проблема със слънчевото неутрино: решението с максимални ъгли и решението с ниски масови разлики.

Обобщени космологични ограничения върху осцилационните параметри от КН в случай на ненулева популация на стерилното неутрино

Установихме, че кинетичния ефект на осцилациите силно се влияе от ненулевата начална популация на инертното състояние. На базата на числените резултати бе изведена емпирична формула описваща тази зависимост. Получени бяха изохелиевите контури съответстващи на 1%, 3%, 5%, 7% и 9% свръхпроизводство на He-4 при различни значения на началната популация на инертното неутрино. Изведохме обобщени космологични ограничения върху параметрите на активно-стерилни неутринни осцилации в случая на ненулево състояние на инертното неутрино $0 < \delta N_s < 1$ в епохата предшествуваща космологичния нуклеосинтез. Установихме, че КН ограничения могат да бъдат отслабени или усилены от ненулевото δN_s . Подтискане на кинетичния ефект и съответното отслабване на КН ограничения в резултат на ненулево δN_s е открито за пръв път.

4. Взаимодействие между неравновесните неутринни осцилации и лептонната асиметрия в неутринния сектор

Изучихме взаимовръзката между неравновесните неутринни осцилации и лептонната асиметрия. Изведохме кинетични уравнения, сложна система от свързани интегро-диференциални уравнения за неутринната матрица на плътността и неутронната плътност, описващи динамиката на

осцилиращите нетрино, неутроните и лептонната асиметрия. Проведохме систематичен числен анализ на взаимовръзката между електрон -стерилни неутринни осцилации и малка лептонна асиметрия $L \ll 0.01$ в ранната Вселена. Разгледани бяха два случая на лептонна асиметрия: първична и генерирана в резултат на осцилациите. Установихме значителни изменения на неутринната плътност и спектър за широк диапазон на L .

Първична асиметрия: Изследвахме широк диапазон на началната лептонна асиметрия, а именно от 10^{-10} до 1. Установихме, че $10^{-8} < |L|$ променя еволюцията на осцилиращото неутрино, неговата плътност, енергийния му спектър, изменя характера на осцилациите (подтиска ги или ги усилва). Установени са съответните диапазони от стойности на L . Получихме емпирични зависимости между величината на асиметрията и осцилационните параметри за всеки от случаите. Открихме качествено нов ефект: Лептонната асиметрия може да усилва неутринните осцилации.

Динамична асиметрия: Численият анализ показва, че динамичната лептонна асиметрия, генерирана в резонансни неутринни осцилации, води до подтискане на осцилациите при малки ъгли на смесване на неутрино.

Въздействие на неутринните осцилации върху асиметрията

Лептогенезис: Установихме, че активно-стерилните неутринни осцилации изменят асиметрията на средата, могат да подтискат или усилват L . Възможността за лептогенезис в резонансни активно-стерилни неутринни осцилации с малки масови разлики е качествено нов ефект, открит и систематически изследван от нас в по-късни публикации. Показано бе, че асиметрия се генерирана в резонансните осцилации при малки ъгли на смесване. Лептогенезис чрез Михеев-Смирнов-Волфенщайн резонансни неутринни осцилации между електронно и стерилно неутрино беше разглеждана в литературата преди нас и се считаше, че осцилациите водят единствено до подтискане на лептонната асиметрия. Благодарение на точния кинетичен подход в нашите изследвания и прецизия числен анализ установихме, че неравновесните неутринни осцилации предоставят възможност за значителен ръст на асиметрията - до 5 порядъка в случай на малки масови разлики и големи ъгли на смесване. Определихме зоната на нестабилност, в която е възможен лептогенезис.

Спектрален резонанс в системи неутрино и антинейтрино: Благодарение на прецизия кинетичен подход установихме, че възможността на малки L да усилва неутринните осцилации е резултат от нов тип нискотемпературен резонансен преход между активни и инертни неутрино в неутринните осцилации – спектрален резонанс , ново явление на последователен резонанс в системи от неутрино и антинейтрино. Установихме че, то от своя страна води до резонансно производство на $He-4$ и усилване на космологичните ограничения върху осцилационните параметри.

5. Космологичен нуклеосинтез с неутринни осцилации и лептонна асиметрия

Проведохме числен анализ на ефекта на малка неутринна асиметрия $10^{-8} < L < 0.01$ върху космологичния нуклеосинтез в присъствие на неутринни осцилации за целия диапазон на стойности на осцилационните параметри на модела. Установихме, че лептонната асиметрия, в зависимост от величината и, може да води до усилване, подтискане или спиране на неутринните осцилации и съответно изменение на KH и на космологичните ограничения. Индиректният кинетичен ефект на малки лептонни асиметрии води до съществено изменение на производството на $He-4$ в KH . Установихме, че реликтова L може да увеличи или намали препроизводството на $He-4$ или да го редуцира до това на стандартния KH . Изведохме емпирични

зависимости между осцилационните параметри и L в различните случаи, при които е възможно увеличаване или намаляване на производството на хелий-4.

Установихме, че асиметрията генерирана при малки ъгли на смесване в резонансните неутринни осцилации редуцира препроизводството на He-4 при тези ъгли.

Космологични ограничения върху осцилационните параметри от КН в случай на лептонна асиметрия. Установихме възможното изменение на КН ограничения върху осцилационните параметри на неутрино поради малки лептонни асиметрии $L < 0.01$.

КН ограничения и първична асиметрия: КН ограниченията може да бъдат усилены, отслабени или снети в зависимост от величината на асиметрията. Способността на L да усилва осцилациите и да усилва КН ограничения е открита за пръв път. Достатъчно големи L могат да подтискат осцилациите и снемат КН ограниченията върху осцилационните параметри. В този случай са изведени нови ограничения зависещи от L . Установено е, че $L \sim 10^{-6}$ отслабва КН ограничения при големи ъгли на смесване и ги усилва при малки ъгли в сравнение със случая на L равна на барионната.

КН ограничения и динамична асиметрия: Установихме, че асиметрията генерирана при малки ъгли на смесване в резонансните неутринни осцилации редуцира препроизводството на He-4 при тези ъгли и следователно отслабва КН ограничения върху осцилационните параметри.

Проблема на тъмната радиация и КН с лептонна асиметрия

Предложихме решение на проблема с тъмната радиация, следващ от множество експерименти изследващи неутринни осцилации. А именно: наличието на L по време на КН, която подтиска осцилациите и пречи на термализацията на стерилното неутрино чрез осцилации, т.е. снемат КН ограничения върху стерилното неутрино. Интересно е да се отбележи, че определената от нас величина на L , необходимата за решение на проблема с тъмната радиация, е близка до L получена от EMPRESS експеримента през последните години и подобна на L необходима за решение на проблема с Хъббловата константа.

Космологични ограничения върху лептонната асиметрия

За разлика от барионна плътност, която е измерена изключително точно на базата на независими астрофизични и космологични наблюдателни данни, величината и знака на L не са измерени директно до сега. Разгледахме модел на КН с късни електрон-стерилни неутринни осцилации и малка лептонна асиметрия $L > 10^{-11}$. Показахме е, че този модел представлява изключително прецизен лептомер в ранната Вселена и е чувствителен към лептонна асиметрия $L > 10^{-8}$. От получените зависимости между осцилационните параметри и лептонната асиметрия и използвайки индикациите за електрон-стерилни неутринни осцилации, изведохме космологични ограничения върху лептонната асиметрия на порядъци по строги от съществуващите до момента в научната литература.

6. Космологични ограничения върху физиката отвъд стандартния модел

Анализирахме обилието на елементи във Вселената и тяхната космичната химична еволюция. Проследихме химическата еволюция на леките елементи D , He-3 , He-4 , Li , от КН до днес.

Космологическият нуклеосинтез е надежден индикатор на физичните условия в ранната Вселена в епохата на нуклеосинтез. Изследвали сме различни нестандартни модели на космологичен нуклеосинтез, с цел получаване на космологични ограничения върху физиката отвъд стандартния модел.

Космологичен нуклеосинтез с допълнителни частици Изследвахме ефекта на допълнителни частици върху синтеза на леки елементи в няколко модифицирани модела на нуклеосинтез с участие на допълнителни частици: КН модели с допълнителни безмасови и допълнителни леки частици.

Бе изследван модел с допълнителни леки частици, с маси от порядъка на MeV, разпадащи се в пред-нуклеосинтезната епоха, с време на разпад от порядъка на секунда. Изучени бяха взаимодействията на продуктите на разпада с нуклоните и тяхното влияние върху производството на He-4. Получена бе зависимост на произведения хелий-4 от характеристиките на допълнителните частици: маса, време на живот и характерна температура на замръзване на взаимодействията.

Космологични ограничения върху допълнителни частици. На базата на наблюдателни данни от космичните мисии посветени на изследване на космичния микровълнов фон, WMAP и Planck, от дълбоките съвременни обзори на крупномасштабната структура на Вселената, както и данни за обилието на леките елементи във Вселената, получихме ограничения върху физиката отвъд стандартния модел на електрослабите взаимодействия и отвъд стандартния космологичен модел, в частност, върху броя на поколенията частици.

Изучени бяха възможностите за отслабване на строгите космологични ограничения върху броя на типовете леки релативистки по време на нуклеосинтеза частици. Беше определен диапазона от възможни стойности на параметрите на модела, при които такова отслабване на ограничението е възможно.

7. Раждане на частици от променливо скаларно поле и космологичното им влияние

В инфлационните космологични модели главна роля играе инфлатона - скаларно поле, благодарение на чиято еволюция се реализира инфлационния стадий на Вселената и в резултат на разпадите на което Вселената преминава през период на загряване и се реализира радиационно доминиран стадий в нейната еволюция. Изследвали сме аналитично и числено процеси на раждане на частици от пространствено еднородно променливо скаларно поле и космологичното им значение.

Раждане на частици от вакуума от външно променливо скаларно поле: Използувахме метод на каноническите преобразования на Боголюбов за описание на раждането на частици от скаларното поле. Изведохме аналитически формули за вероятността на раждане на частиците от променливо скаларно поле в два пределни случая, които са удобни за космологически приложения: в теория на пертурбациите и в квазикласическо приближение. Изведените формули са приложени за оценка на температурата на загряване на Вселената след инфлационния стадий. Резултатите представляват важен принос за развитието на съвременния космологичен модел, на инфлационната теория, както на теорията на загряване на Вселената след инфлационния стадий. Резултатите ни са основополагащи в тази област и се цитират в над 380 публикации.

Роля на раждането на частици в бариогенезисни модели и модели на крупномасштабната структура. Раждането на частици от променливо скаларно поле оказва влияние на еволюцията на барионния заряд в бариогенезисни модели базирани на Афлекс-Дайн механизма. В редица от публикации сме изследвали ролята на процесите на раждане на частици върху различни бариогенезисни модели, както и върху формиране на крупномасштабната структура на Вселената. Провели сме аналитично отчитане на процесите на раждане на частици, използвайки скоростта на раждане на частици, определена в теорията на пертурбациите и числено отчитане.

Установено бе, че раждането на частици играе важна роля в този тип бариогенезисни модели тъй като влияе значително върху еволюцията на скаларното поле и генерирания барионен излишък, при естествен избор на параметрите на модела. Установихме, че раждането на частици

води до значително намаляване на амплитудата на полето, което рефлектира в силно редуциране на барионния заряд, съдържащ се в конденсата на полето.

Предложихме метод за отчитане раждането на частици от скаларното поле взаимодействащо с фермионите, посредством добавяне на член в уравнението на движение на полето. Определили сме честотата на изменение на полето и скоростта на раждане на частици посредством точен числен анализ на еволюцията на полето. Показахме, че числените пресмятания може да се отличават на порядъци от аналитичните оценки, т.е. необходимо е точно численото отчитане на процесите на раждането на частици.

8. Изпарение на бозонен кондензат и космологическото му значение

Процесите на изпарение на бозонен кондензат играят важна роля при определянето на температурата на загряване на Вселената, при определяне на величината на генерираната барионна асиметрия на Вселената, степента и механизмите на нейното редуциране до наблюдаемата днес величина.

Изследвали сме състоянието на термодинамическо равновесие на космологичната плазма, образувана след пълен и след частичен разпад на кондензат на скаларно поле със зададени заряд и плътност на енергията. Получени са зависимости на характеристиките на равновесното състояние на системата от бозони и фермиони, като температура T на плазмата, химически потенциали на частиците, барионен заряд на фермионите, плътност на бозонния кондензат, от величините на началните параметри на системата. Установено е, че при малки начални значения на барионния заряд на кондензата, той напълно се изпарява и T на получената плазма е по-голяма от масата на частиците. При увеличаване на барионния заряд става възможно частично изпарение на кондензата, T на термализация на плазмата остава по-голяма от масата на частиците, но при голям начален барионен заряд се реализира случай на нерелативистки частици при наличие на кондензат.

Изследвана е ролята на процесите на изпарение на бозонен кондензат при определяне на температурата на разогрев на Вселената и на барионната асиметрия на Вселената в бариогенезисния модела на Афлек-Дайн. Показано е, че барионната асиметрия е значително по-малка от оценките съществуващи в литературата, получени без точно отчитане на изпарението на бозонния кондензат. Отчитането на големите химически потенциали и наличието на бозонния кондензат изменят също изводите относно възможните механизми за загряване в ранната Вселена. Резултатите са използвани в последващи наши публикации разглеждащи модели на нискотемпературен бариогенезис, както и в публикации на други учени посветени на инфлационния стадий, бариогенезисни модели и др.

9. Модели на нискотемпературен бариогенезис с кондензат на скаларно поле

Обяснението на наличната барионна компонента, нейната плътност и наблюдаваната барион-антибарионна асиметрия е сред основните теоретични въпроси на физиката и космологията. Генерирането на барионна асиметрия в популярните модели на велико обединение на взаимодействията изисква високи температури, които не се достигат при разогрева на Вселената след инфлационния стадий. В тази връзка актуални са изследванията на нискотемпературни бариогенезисни модели.

Ние предложихме и изследвахме аналитично и числено модели на нискотемпературен бариогенезис с кондензат на скаларно поле, генерирано на инфлационния стадий. Моделът предполага наличие на комплексно скаларно поле на инфлационния стадий, носещо барионен заряд. Потенциалът на полето съдържа V -нарушаващи членове, имащи значение при големи стойности на полето. Кондензат на барионния заряд, се генерира на инфлационния стадий.

Величината на този заряд намалява поради разширението на Вселената и поради процесите на раждане на частици от променливото скаларно поле. На стадия на B -съхранение, при ниски стойности на полето, B се трансформира в кварковия сектор при разпада на полето и определя барионната асиметрия на Вселената.

Проведохме изследване на изпарението на бозонния кондензат, както и отчитане на процесите на раждане на частици от скаларното поле в този бариогенезисен модел. Изследвахме еволюцията на полето и на барионния заряд аналитично и числено, използвайки точни кинетични уравнения, от инфлационния стадий до епохата на разпад на полето и образуване на барион-антибарион асиметричната плазма за около сто комбинации от различни стойности на параметрите на модела. Направихме оценка на температурата на повторно загряване. Числено определихме произведената барионна асиметрия за различни параметри на модела. Установихме че тези бариогенезисните модели могат успешно да обяснят наблюдаваната локално барионна асиметрия за естествен избор на стойностите на параметрите на модела.

10. Нехомогенни бариогенезисни модели, области с антивещество и крупномасщабна структура на Вселената

Изследвахме модел за генериране на пертурбации на барионната плътност на инфлационния стадий в рамките на нехомогенни бариогенезисни модели с кондензат на скаларно поле. Изучихме еволюцията на разпределението на плътността на барионния заряд в рамките на такива модели. Проведен бе числен анализ на еволюцията на пространственото разпределение на барионния заряд $B(t, x)$ за различни начални стойности и различен набор от стойности на параметрите на модела. В случай на нехармоничен потенциал на полето честотата зависи от амплитудата. В резултат на това началното плавно разпределение преминава в квазипериодично. След време районът с начално плавно изменение на B плътност се разделя на области с по-голяма и по-малка плътност, т.е. генерират се барионни пертурбации. В резултат на инфлацията микроскопичното разпределение на B става астрономически значимо.

Нехомогенни бариогенезисни модели и механизъм за разделяне. Разглежданият нехомогенен бариогенезисен модел предоставя механизъм за разделяне на големи области от антивещество, разделени от тези с вещество от празнини, необходимо за предотвратяване на контакта между вещество и антивещество с голяма плътност. Тези резултати са интересни, защото на разстояния по-големи от 20 Мpc няма наблюдателни нито теоретични ограничения върху наличието на големи количество от антивещество. Тези модели са актуални и във връзка с резултатите на космичните експерименти по изследване на гама-лъчите във Вселената и на експериментите BESS, AMS, PAMELA, посветени на определяне на антипротони и антиядра в космичните лъчи, благодарение на които се очаква да бъдат прецизирани експерименталните данни и ограничения относно наличието на областите от антивещество и разстоянието до тях.

Определили сме характеристикния размер между областите в зависимост от параметрите на модела. Бе установено, че при естествен подбор на параметрите на модела разстоянието между областите с вещество и антивещество може да е в диапазона: 1 Мpc - 100 Мpc. Разгледани бяха различни видове CP-нарушение и различни възможности за структури от антивещество, от размери на звезден куп до свръхкупове от галактики. Наблюдателните данни от космични, гама-лъчи, данните по обилието на леките елементи и данните от анизотропията на микровълновия фон използвахме за получаване на ограничения върху възможното разстояние между структурите и техните размери. Анализирали сме различни нехомогенни бариогенезисни модели, позволяващи генерация на пространствено варираща барионна плътност и области от антивещество.

Модели с квазипериодично разпределение на видимото вещество. Ние изследвахме нехомогенният бариогенезисен модел с цел обяснение на квазипериодичното разпределение на барионното вещество в едромасщабната структура на Вселената. В резултат на числен анализ установихме, че този механизъм за генериране на пертурбации на барионната плътност предлага решение на проблема за квазипериодичното разпределение на видимото вещество във Вселената и на наличието на мащаб от порядъка $120 - 130h^{-1}\text{Mpc}$.

11. Кирални тензорни частици в ранната Вселена.

Построен е **космологичен модел** на ранната Вселена с допълнителни **антисиметрични тензорни частици** (ТЧ). Допълнителните кирални тензорни частици, които разглеждаме, принадлежат на фундаменталното представяне на SU(2) групата на Стандартния Модел, което съдържа известните фермиони и Хигсовия дублет. В рамките на този модел сме определили **космологичното място** и роля на тези частици. Анализирахме динамичния ефект и допълнителните взаимодействия на ТЧ. ТЧ и допълнителни Хигсови дублети, предсказани в разширената теория на Стандартния модел с ТЧ, дават принос в тензора на енергията-импулса в дясната част на уравненията на Айнщайн, увеличавайки плътността на енергията на Вселената и променяйки нейната динамика. Пресметнахме **характеристичните взаимодействия на ТЧ** в ранната Вселена: раждане, разсейване, аниhilация и разпад. Определихме съответния период на тяхното космологично влияние, съответните космологични времена и температури съответстващи на енергии типични за инфлацията, рихитинга и барио и лептогенезиса. От ограничението от КН върху допълнителни леки частици и съхранението на ентропията **получихме ограничение върху температурата на излизане от термодинамично равновесие на стерилното неутрино и върху константата на взаимодействие на ТЧ**. Ограничението указва на свръхслаби взаимодействия и е в съответствие с експерименталните данни.

Професор Д. Кирилова е изнесла поканени доклади в Waseda University Токио(1990), Helsinki University, Helsinki(1997), ICTP Trieste (1998,2012), JINR Dubna (2000), Geneva University,(2000), EuroConf on Neutrino Les Houches, France (2001), Thessaloniki University(2001), Belgrade (2002,2003,2012), 6th Intern. Symposium on Frontiers of Fundamental and Computational Physics Udine(2004), , Galileo Galilei Int., 2006, Arcetri, Firenze (2006), Gran Sasso(2006), ICTS- IUCAA Pune, India(2008), SREAC Meeting Belgrade(2009), Sozopol(2009), Erice (2009,2010,2013,2014), CERN(2010,2011,2012,2013), R-ECFA meeting Sofia(2010), ICMMS Sofia(2011), ISSCSMB Анталия(2012), Institute of Astroparticle Physics and Cosmology Paris (2013) Balkan Workshop BW2013 Врнячка Баня(2013), COSMOLOGY 2023 in MIRAMARE, SISSA(2023) и др.

Била е ръководител на 4 международни научни проекта и 9 проекта в България, 8 с ФНИ и един вътрешноинститутски.

Рецензент е на престижни международни списания Nucl.Phys.B, Symmetry, Galaxies, Hyperfine interactions, Publ. Astr. Belgrade, Comm Rend. Bulg.Acad. Sci., Bulg. J. of Physics, Bulg.Astron.J., Астрофизични Изследвания, AIP Conference Proceedings и др.

Била е рецензент на 6 докторски дисертации, 8 хабилитации, 1 чл.кор.на БАН, 1 чл.САЧК БАН.

Била е рецензент на проектни предложения към ФНИ, CY SUMMIT и др.

Главен редактор е на Bulgarian Astronomical Journal от 2012 г. допринесла е за издигане на неговия международен престиж и получаването на импакт фактор .

Нейна заслуга е започването и развитието на космологичните изследвания в България, както и преподаването на тази дисциплина на студенти и млади учени и нейната популяризация: Създател е на ново за България научно направление – Космология. Създател е на нова научна школа по космология и релативиска астрофизика. Създател е на нов курс по космология за магистри и докторанти и го преподава от 1991 г в течение на десетки години във ФзФ и в Американския университет в България.

Преподавателската дейност на проф. Кирилова е свързана с четене на лекции за студенти и докторанти по следните основни дисциплини: Космология, Астрофизика, Астрономия, Звездна астрономия, Неутринна астрофизика във Физическия факултет на СУ и в Американския университет в България.