

УЖГОРОДСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

УДК 539.12

САБОВ Олександр Васильович

ФІЗИЧНІ НАСЛІДКИ ЕЛЕКТРОСЛАБКИХ ВЗАЄМОДІЙ

Спеціальність 01.04.02 - теоретична фізика

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата фізико-математичних наук

У ж г о р о д - 1996

Дисертацією є рукопис.

АВ 35.937

Робота виконана на кафедрі теоретичної фізики фізичного факультету Ужгородського державного університету.

Науковий керівник - доктор фізико-математичних наук, професор Лазур В.Ю.

Офіційні опоненти : доктор фізико-математичних наук, професор Єнковський Л.Л.

кандидат фізико-математичних наук, доцент Качурик І.І.

Провідна установа - Інститут електронної фізики АН України (м.Ужгород).

Захист відбудеться " " 1996 р. на засіданні спеціалізованої вченої ради К 15.01.05 по фізико-математичним наукам в Ужгородському державному університеті (294015, Ужгород, Волошина, 54).

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Ужгородського державного університету м.Ужгород, Капітульна, 9).

Автореферат розісланий " " 1996 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради

доктор фізико-математичних наук,

 БЛЕЦКАН Д.І.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00739782 (-)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ.

За останні роки центральне місце у розвитку квантової теорії зайняли неабелеві калібровочні поля Янга-Міллса. З одного боку, побудована теорія, яка об'єднала слабкі та електромагнітні взаємодії (модель Вайнберга-Салама) (ВС). Ця теорія досить добре погоджується з експериментальними даними, серед яких суттєво виділяється передбачення існування нейтральних струмів. З іншого боку були одержані експериментальні результати у відношенні векторних резонансів J/ψ , ρ , ω , ϕ - мезонів. Відкрита важка τ -частинка, яка веде себе подібно лептонам e або μ .

При інтерпретації властивостей J/ψ -частинки приміняються ідеї, які лежать в основі електрослабких взаємодій, а саме необхідність запровадження четвертого кварка, який є переносчиком нового квантового числа, а саме -зачарування. Підтвердженням цього допущення є відкриття нових частинок з ненульовим зачаруванням.

Кваркова модель дає можливість пояснити глибоконепружне лептон-гадронне розсіювання, народження $\mu^+\mu^-$ -пар в гадронних зіткненнях, утворення "струм" в e^+e^- . В той же час слід відмітити, що в цій області залишилося багато невияснених питань.

Порушена калібровочна теорія розглядається як найбільш вдалий підхід для опису мезонних процесів в термінах непертурбативної квантової хромодинаміки (КХД). Безумовно, актуальність проблеми визначається необхідністю побудови простого апарату, який би дав можливість систематизувати велику кількість експериментальних даних в низькоенергетичних взаємодіях елементарних частинок. Рішення вказаної проблеми здійснюється за допомогою побудови калібровочного лагранжіану як граничного переходу від КХД. Виз-

начення характеристик ефективного лагранжіану (ЕЛ), як і його симетрії є важливою задачею сучасної фізики елементарних частинок.

При побудові ЕЛ використовуються кіральні-калібровочні групи симетрії. Останнє дало можливість дати просту та наглядну інтерпретацію 0-мезонів як голдстонівських збуджень, які виникають при спонтанному порушенні симетрії. Використання ЕЛ дало можливість поряд з чисто феноменологічними методами застосовувати метод теорії груп, диференціальної геометрії та топології.

Безумовно актуальним є встановлення подальших зв'язків між КХД і ЕЛ, а також обґрунтування метода ЕЛ на основі граничного переходу КХД в область низьких енергій. При певних допущеннях вдається одержати не тільки старий лагранжіан, але і нові внески в ефективну взаємодію мезонів.

Проте, метод ЕЛ зустрічається з труднощами при поясненні деяких добре встановлених експериментальних даних. Зокрема, до цього часу не існує єдиної думки про природу правила $\Delta T=1/2$, а також розпади, які обумовлені слабкими нейтральними струмами. Ці недоліки вирішуються в рамках перенормованої теорії, які об'єднують сильні, слабкі та електромагнітні взаємодії.

Більше того, основою сучасної теорії елементарних частинок слід вважати квантову теорію калібровочних полів. Ця теорія побудована на основі вимоги локальної калібровочної інваріантності лагранжіанів для всіх основних типів взаємодій: слабкої, електромагнітної та сильної.

Зараз існує єдина теоретична модель, яка описує на основі калібровочної інваріантності слабкі та електромагнітні взаємодії. Більше того, розроблена ідея включення в схему і сильних взаємодій в надії створити так зване "єдине об'єднання" основних взаємодій елементарних частинок. Деякі результати моделі ВС були підтверджені експериментально, із яких великим досягненням було відкриття в 1983 році W- і Z-бозонів - переносчиків слабких взаємодій. Таким чином, теорія калібровочних полів є головним інструментом вивчення теорії елементарних частинок.

МЕТА РОБОТИ полягає в побудові єдиної теорії слабких, електромагнітних та сильних взаємодій з врахуванням індукованого інстантонами ефективною детермінантною взаємодією і на її основі одержати теоретичні передбачення великої кількості фізичних наслідків та порівняти їх з експериментом.

НАУКОВА НОВИЗНА НАЙБІЛЬШ ВАЖЛИВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ, ОДЕРЖАНИХ В ДИСЕРТАЦІЇ

Запроваджена розширена група симетрій електрослабких взаємодій, яка передбачає існування нових важких ферміонів та калібровочних мезонів, існування яких доцільно шукати на РР-прискорювачах.

В рамках одержаного ефективного лагранжіану, який враховує не тільки аксіальну аномалію, але і інстантонну детермінантну взаємодію, пояснено рідкісні розпади мезонів на баріонів, асиметрію в реакціях $e^+e^- \rightarrow f^+f^-$, порушення СР-парності, правило $\Delta T=1/2$ та "спіновий кризис". Ряд нових експериментальних даних, які спостерігаються в e^+e^- -процесах, може свідчити про існування нових калібровочних мезонів та важких ферміонів. Якщо експериментально будуть підтверджені теоретичні передбачення у відношенні нових ферміонів та бозонів, то це дасть можливість вибрати єдину калібровочну модель взаємодій елементарних частинок.

НАУКОВА ТА ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ РОБОТИ

Результати дисертації можуть бути використані для експериментальної перевірки основних принципів калібровочної симетрії, а також для одержання таких гадронних характеристик, як формфактор, статичні характеристики нуклонів, асиметрія в реакціях $e^+e^- \rightarrow f^+f^-$, ширини розпадів гадронів, порушення парності в атомній фізиці, а також для в'яснення ролі векторних та аксіально-векторних мезонів в теорії елементарних частинок.

Одержаний ефективний лагранжіан може бути використаний для пояснення утримання кварків, а також для теоретичного пояснення надпровідності і порушення парності в ядерній фізиці.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ АВТОРОМ НА ЗАХИСТ:

1. На основі вектороподібної моделі єдиної теорії сильних, слабких та електромагнітних взаємодій розраховані ширини нелептонних розпадів гадронів та гіперонів (як легких, так і важких) з врахуванням внеску від квантової хромодинаміки.

2. Одержано динамічне пояснення правила $\Delta T=1/2$ в нелептонних розпадах К-мезонів та CP-порушення.

3. Передбачені маси заряджених та нейтральних бозонів, а також існування нейтральних струмів, які дають можливість пояснити експериментальні дані по νN -, νe -, e^+e^- -розсіюванням.

4. Проведена бозонізація кварків з допомогою заміни кваркових струмів на відповідні мезонні струми. В результаті одержано новий вид взаємодії-аномальна взаємодія.

5. Вперше розраховані ширини рідкісних розпадів мезонів $\eta(\eta') \rightarrow 3\pi$, $\eta' \rightarrow 2\pi\eta$, $K \rightarrow 2\gamma$ і т.д.

6. Вирішена проблема "спінового кризису", яка пов'язана з малим значенням аксіального заряду нуклона, одержаного експериментально в 1994 р. в Європейській мюонній колаборації. Показано, що при розрахунках матричних елементів струмів необхідно врахувати непертурбативні взаємодії кварків з інстантонами вакуума.

АПРОБАЦІЯ РОБОТИ ТА ПУБЛІКАЦІЇ

Результати, викладені в дисертації, доповідались на X Міжнародній нараді по проблемам квантової теорії поля (Дубна, вересень 1994 р.), на XXVII конференції Ужгородського державного університету (січень 1993 р.), а також на наукових семінарах ІФВЕ (м. Протвіно), УЖДУ та ІТФ АН України та опубліковано в 10 роботах.

СТРУКТУРА ТА ОБ'ЄМ РОБОТИ

Дисертація складається із вступу, чотирьох глав, що містять оригінальні результати, заключення і списку літератури із 153 найменувань. Математичні деталі, що не носять принципового характеру, винесено в Додаток I. Робота містить 130 сторінок машинописного тексту, в тому числі 7 рисунків і 5 таблиць.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовано актуальність теми, сформульовано мету дисертаційної роботи і коротко викладено її зміст по главам.

В першій главі проводиться загальна теорія побудови калібровочних груп, детально розглядається $SU(3)$ калібровочна група. Досліджуються трансформаційні властивості полів та їх похідних у випадку, коли параметри групи залежать від координат. Показана необхідність запровадження калібровочних полів. Вказаний метод побудови інваріантних лагранжіанів відносно даних груп.

В сучасній низькоенергетичній кінально-калібровочній теорії ЕЛ розглядається як найбільш зручний підхід для опису мезонних процесів в термінах непертурбативної КХД. При цьому як константи цих лагранжіанів, так і самі умови "стійкості" низькоенергетичної області КХД, визначаються фундаментальними параметрами непертурбативної КХД: кварковими, глюонними конденсатами, масами кварків, числом кольорів та ін. Низькоенергетичні ЕЛ розглядаються як перспективний напрямок для перевірки КХД.

У зв'язку з цим в першій главі побудована вектороподібна калібровочна $SU(3) * U(1)$ -взаємодія. В цій моделі допускається, що слабкі взаємодії є векторними, а $V-A$ - характер слабких струмів

проявляється тільки при низьких енергіях і пов'язані з порушенням парності в масовій матриці ферміонів. Передбачені маси векторних мезонів як заряджених, так і нейтральних з масами: $m_{\rho} = 79$ Гев, $m_{\omega} = 258$ Гев, $m_{\phi} = 89$ Гев, $m_{\eta} = 252$ Гев.

В другій главі одержано добре погодження з експериментами по глибоконепружньому розсіюванню ліво- та право-поляризованих електронів на неполяризованій мишені, а також асиметрія анігіляції $e^+e^- \rightarrow f^+f^-$. Теоретичні передбачення нашої моделі знаходяться в кращому погодженні з новітніми експериментальними даними ніж стандартна модель, при енергіях як менших від порогу народження Z (PEP $\sqrt{S} = 29$ Гев, PETRA $\sqrt{S} = 34$ Гев), так і при $\sqrt{S} \geq 52$ Гев.

Далі розрахований ефективний гамільтоніан нелептонних розпадів D - і F - мезонів, а також баріонів. Таким чином, вивчення взаємодій елементарних частинок на основі калібровочної моделі дало можливість не тільки усунути ряд принципових труднощів кабіббовської теорії (її неперенормованість, збільшення унітарної межі і т.д.) але і передбачити нові цікаві явища в області фізики слабких взаємодій. Калібровочний підхід вперше продемонстрував не тільки можливість побудови електрослабких взаємодій, але і показав шлях включення з цю проблему сильних взаємодій.

В третій главі вивчається роль інстантонів у процесах розпадів мезонів, структура вакуумата проблема утримання кварків Інстантоні-класичні розв'язки нелінійних польових рівнянь з нетривіальною топологією. Інстантони-один із перших прикладів флюктуації глюонного поля, які не описуються теорією збурення. Показано, що врахування інстантонів є єдиною можливістю вирішити $U(1)$ -проблему.

Так факт окремого інстантона з розміром ρ і центром в x призводить, як показав т'Хофт, до наступної добавки до ефективного кірального лагранжіану:

$$\Delta L = \lambda m_s \langle \bar{q}_i q_i \rangle^{-2} [\det \bar{q}_{Li} q_{Rj} + e.c.],$$

де

$$\lambda = (4\pi^2/3)^3 \langle 0 | \bar{q}_i q_i \rangle^2 \int^{\Lambda_c} \frac{d\mu}{\mu^6} D(\mu) Z^3(\mu/\Lambda_{KXZ})$$

$\rho = \mu$ - розмір інстантона, $D(\mu)$ - густина інстантона. Густина інстантонів одержана в роботі т'Хофта

$$D(\mu) = 3.54 \cdot 10^{-3} [2\pi/\alpha(\mu)]^6 \exp\left[-\frac{2\pi}{\alpha(\mu)} \left(1 - \frac{\pi^2}{16\alpha(\mu)} \frac{330 \text{ MeV}}{\mu}\right)\right]$$

$$\alpha(\mu) = 2\pi/g^2 [\ln(\mu^2/\Lambda^2)]^{-1}$$

Константи Λ , ρ , $\langle qq \rangle$, були визначені в методі правила сум

КХД

$$\Lambda_{KXZ} = 200 \text{ MeV}, \quad \rho_c = 2 \text{ GeV}^{-1}, \quad \langle \bar{q} q \rangle = -(250 \text{ MeV})^3,$$

$$m_s = 200 \text{ MeV}, \quad \lambda = 0.154.$$

Після бозонізації

$$\Delta L = \frac{1}{2} \langle \bar{q} q \rangle \lambda m_s [\det(\exp 2i\psi/F_0)].$$

Врахування ΔL дає можливість не тільки вирішити $U(1)$ -проблему, але і пояснити експеримент по вимірюванню перерізу глибоко-непружного розсіювання поляризованих лептонів на поляризованому протонію.

На основі ефективного лагранжіана, одержаного в попередній главі, проводиться бозонізація кварків. В результаті від кваркових полів переходимо до лагранжіану спостережуваних полів, замінивши кваркові струми на відповідні мезонні струми з одними і тими же квантовими числами.

При цьому мезонні струми знаходяться з ЕЛ, який враховує аксіальну аномалію. В результаті виникають додаткові вершини внаслідок $\pi^0 - \eta - \eta'$ - змішування, які дають внесок в $\Delta T = 1/2$. Показано, що найбільший внесок в переходи з $\Delta T = 1/2$ дають праві адронні струми, які виникли на кварковому рівні із діаграм типу "пінгвін"

В четвертій главі вперше вивчено вплив інстантонів на ширини розпадів рідкісних мезонів, а також вплив порушення ізоспіну на значення ϵ'/ϵ для розпадів $K \rightarrow 2\pi$. При цьому параметр виникає в результаті K - K -змішування і не залежить від вибору моделі. В той же час ϵ' виникає тільки в результаті прямого переходу $K \rightarrow 2\pi$ і суттєво залежить від модельних припущень. Зокрема, надслабка теорія дає $\epsilon' = 0$, обто в цій теорії CP-порушення пов'язане з масовою матрицею. Суттєве покращення було одержане в експериментах E731 в FERMILAB, де одержано значення $\epsilon'/\epsilon = (-0.5 + 1.4)10$. Ці виміри відношення ϵ'/ϵ показує, що модель надслабкої взаємодії є недосконалою.

Далі дано теоретичне пояснення великого розщеплення в масах η ($m_{\eta} = 544$ MeV) та η' ($m_{\eta'} = 984$ MeV) - мезонів. Вперше показано, що відносно велика ширина розпаду $\eta \rightarrow 3\pi$, пов'язана з порушенням ізотопічної симетрії, яка призводить до розщеплення мас u - і d -кварків.

Кіральні лагранжіани, одержані для нонета псевдоскалярних мезонів, узагальнюються на векторні та аксіально-векторні мезони за допомогою калібровочного принципу. Лагранжіан складається із трьох частин: L_1 - порушує кіральну симетрію і визначає собою маси 0-мезонів, L_2 - приводить до векторної домінантності векторного струму $J_{\mu} = a U_{\mu}$, а L_3 - до модифікованого ЧЗАВС.

В рамках цього підходу одержані теоретичні передбачення у відношенні розпадів мезонів. Запроваджено електромагнітну взаємодію шляхом заміни нейтральних векторних полів вида $V_{\mu} \rightarrow V_{\mu}^c + c U_{\mu}$

Одержані теоретичні наслідки у відношенні радіаційних розпадів мезонів. Теоретичні передбачення знаходяться у хорошому погодженні з експериментом. Показано, що врахування кіральних аномалій дає можливість отримати погодження з експериментом лише при врахуванні слабких взаємодій. Останні враховують як великі, так і малі віддалі.

Таким чином, непертурбативні поля можна розбити на дві частини: короткохвильову, яка дає внесок у взаємодію кварків на малих відстанях та довгохвильову, яка визначає конфайнмент.

В дисертації короткохвильова частина ($r = 0.3$ Фм) враховується за допомогою взаємодії t' Хофта, а довгохвильова - за допомогою бозонізації.

В рамках врахування інстантонів вирішена $U(1)$ -проблема, розраховані рідкісні розпади мезонів. Обговорюється проблема спінового "кризису", пов'язаного з малим аксіальним зарядом нуклона. Показано, що при розрахунку матричних елементів струмів по нуклоновим станам необхідно врахувати непертурбативну взаємодію кварків з інстантонами. При цьому для аксіального заряду одержано кількісне погодження з експериментальними даними.

В заключенні сформульовано основні результати проведеного дослідження :

ВИСНОВКИ:

1. Побудована $SU(3) \times SU(3) \times U(1)$ калібровочна модель. Проаналізований найбільш загальний підхід понтанного порушення симетрії.
2. Розрахована асиметрія $e + e^- \rightarrow f + f^-$ при енергіях $E \geq 52$ GeV, яка знаходиться в доброму погодженні з експериментом.
3. Розраховані матричні елементи баріонів в наближенні валентних кварків.
4. Пояснений експериментальний факт, що розпад $K^0 \rightarrow \pi\pi$, у якому зміна ізоспіну рівна $\Delta T = 1/2$, домінує над розпадом $K^+ \rightarrow \pi^+\pi^0$, для якого $\Delta T = 3/2$ (т.з. правило $\Delta T = 1/2$). Незадовільність описання розпадів $K \rightarrow \pi\pi$ в рамках пертурбативної КХД пояснюється тим, що при одержанні ефективного слабого лагранжіану в КХД враховуються лише головні логарифмічні члени.

В дисертації внесок великих відстаней сильної взаємодії врахований завдяки синтезу пертурбативної КХД і методу ефективних лагранжіанів. А саме, чотириохферміонні оператори в лагранжіані слабкої взаємодії, який одержаний в восьмикварковій моделі, явно виражаються через мезонні струми за допомогою бозонізації кваркових струмів. При цьому мезонні струми знаходяться з порушеного $U(3) \times U(3)$ кірально-калібровочного лагранжіану. В результаті виникають нові вершини із-за π^0 - η - η' -змішування, які дають додатковий внесок у правило $\Delta T=1/2$. Найбільший внесок в переходах з $\Delta T=1/2$ одержуються від правих адронних струмів, які на кварковому рівні генеруються діаграмами типу "пінгвін". Це дозволило отримати добре узгодження розрахованих амплітуд з експериментом.

5. Теоретично одержані фізичні передбачення у відношенні рідких розпадів мезонів. Досліджена структура слабких гадронних струмів, які дають внесок в правило $\Delta T=1/2$. Розглянута проблема CP-порушення в розпадах K мезонів. Проаналізовані наслідки, які виникають з експериментів NA31 в CERN для надслабкої моделі. Даються теоретичні передбачення для ефекту CP-порушення симетрії.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ, ЩО УВІЙШЛИ ДО ДИСЕРТАЦІЇ, ОПУБЛІКОВАНІ В РОБОТАХ

1. Сабов О.В., Сабо Т.А. Розпади адронів в порушеній кірально-калібровочній моделі з врахуванням інстантонів. УФЖ, 1993, 38, №8, 1127-1131.
2. Сабов О.В., Сабов В.І. Вплив порушення ізоспіну на ефекти CP-порушення. УФЖ, 1992, 37, №10, 1456-1460.
3. Сабов А.В., Сабо Т.А. Инстантонный вакуум и спин протона. ЯФ, 1994, 57, №11, 2079-2083.
4. Сабов О.В., Сабо Т.А. Инстантонный вакуум для спінової функції. Практика наукового експерименту. Науково-технічний збірник. Випуск 9. Київ-Ужгород, 1993, 118-121.

5. Sabov A.V. , Szabo T.A . The spin of the Proton and the Instantons . HADRON'S 94.Proceedings of the International Workshop on Soft Physics. ITF , 1994 , 321-326.
6. Сабов О.В. Сабо Т.А. Рішення проблеми "спінового кризису". Практика наукового експерименту. Науково-технічний збірник . Випуск 10. Київ-Ужгород , 1994, 134-139.
7. Олеан С.С. , Сабов О.В., Сабов В.І. Аномальна кірально-калібровочна модель. Практика наукового експерименту. Науково-технічний збірник . Випуск 10. Київ-Ужгород , 1994, 149-154.
8. Сабов О.В., Сабов В.І. Проблема утримання кварків . Практика наукового експерименту. Науково-технічний збірник . Київ-Ужгород , 1994, 139-147.
9. Сабов О.В. , Данило Т.М. Асиметрія в єдиних теоріях сильних , слабких та електромагнітних взаємодіях. УФЖ , 1995 , 38 , №10, 1421-1430.
10. Sabov A.V. , Szabo T.A . Instantons and the EMC-effect . Hadronic Press , Palm Harbor , FL U.S.A., 1995 , p . 207-212.

SUMMARY

Sabov A.V. Physical consequences of electroweak interactions. Dissertation for the degree of Candidate of Physical Sciences , speciality: 01.04.02 - Theoretical Physics , Uzhgorod University, Uzhgorod, 1996.

The all main decays of the mesons are described in chiral quantum field theory using the quantum chromodynamics. The problem of the "spin crisis" associated with the smallness of the nucleon axial charge measured at SLAC and by the European Muon Collaboration is discussed. It is shown that in the evaluation of matrix elements of current, it is necessary to take into account nonperturbative interactions of quarks with vacuum instantons. The $SU(3) \times U(1)$ electroweak model is consistent with the neutral current data on νN , νe and polarised eN , $ee+$ scattering. Masses of the two neutral gauge bosons are $m(Z) = 3.2m(Z')$. If the theoretical predictions in the ratio of new mesons will verify by experiment it would give a chance to choose unified scheme of interactions of elementary particles. The results are in good agreement with experimental data.

АННОТАЦІЯ

Сабов А.В. Фізическіе следствия електрослабых взаємодействій . Диссертація на соискание ученої степени кандидата фізико-математических наук в виде рукописи по специальности 01.04.02-теоретическая физика, Ужгородський університет, Ужгород, 1996. В рамках квантової киральної теорії поля з використанням квантової хромодинаміки описані всі рідкісні распади мезонів . Обсуждається проблема "спинового кризиса", зв'язана з малістю аксіального заряду нуклона, вимірювання якого виконані в SLAC і Європейської мюонної колаборації . Показано, що при расчислении матричных элементов токов нужно учитывать непертурбативные взаимодействия кварков с инстантонами вакуума. Построена електрослабая $SU(3)*U(1)$ модель, удовлетворяющая экспериментальным данным по vN , νe и $eN, ee+$ поляризованным рассеяниям. В теорию вводятся два нейтральных калибровочных бозона с массами одного порядка $m(Z_2)=3.2m(Z_1)$. Если экспериментально будут подтверждены теоретические предсказания в отношении новых мезонов, то это даст возможность выбрать единую схему взаимодействия элементарных частиц. Результаты находятся в удовлетворительном согласии с экспериментом.

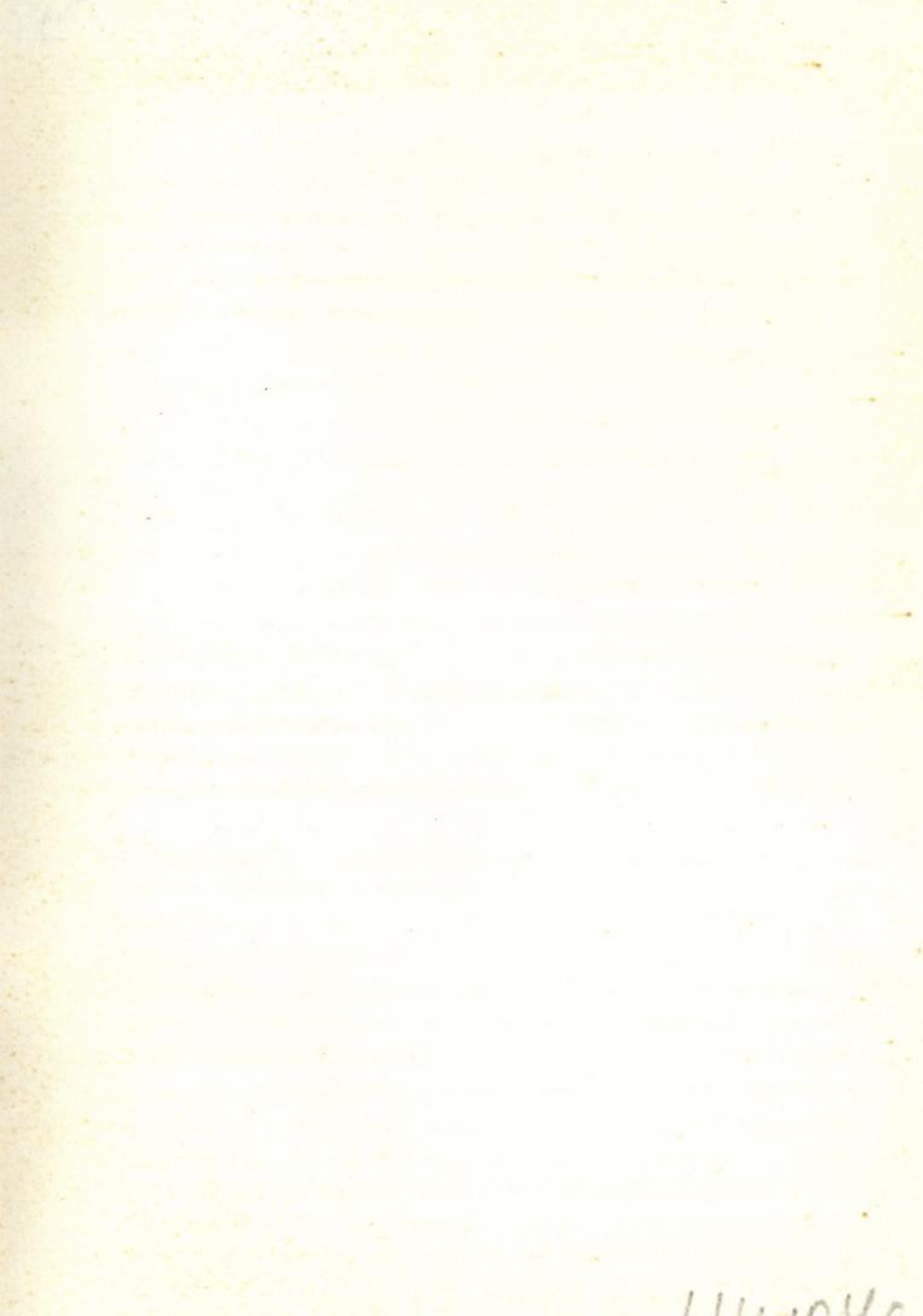
Ключові слова : квантова хромодинаміка, лептони, кварки, інстантони, глюони, кирально-калібровочна симетрія, асиметрія, електрослабка взаємодія, гіперзаряд, ізоспін, мультиплеті.

Формат 60x84/16. Друк. арк. 0,75. Підпис до друку 23.10.96. Замовлення 3921. Тираж 100.

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101.

Формат 60x84/16. Друк. арк. 0,75. Підпис до друку 23.10.96.
Замовлення 3921. Тираж 100.

Відкрите акціонерне товариство "Патент",
м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101.



4835937
AB 35.937