

Отчёт ЛТКиРР за 2024 год

А. Бережной, И. Горелов, А. Козачук, Д. Мелихов, Д. Саврина,
А. Смирнов, Л. Серёгин

- 1 Нефакторизуемая петля чарма в распадах B -мезонов
- 2 Сценарий со скалярным медиатором в распаде $B \rightarrow KM_X$ для объяснения результатов BELLE-II
- 3 Спектроскопия очарованных барионов в распаде $\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^+ \pi^+ \pi^-$ в эксперименте LHCb
- 4 Рождение Λ_c -барионов и ϕ -мезонов на NICA SPD

Редкие радиационные распады $B_{s(d)} \rightarrow \gamma l^+ l^-$

- Происходят за счёт FCNC $b \rightarrow s(d)$
- Запрещены на древесном уровне СМ
- Имеют малый брэнчинг в рамках СМ: $10^{-8} \div 10^{-10}$
- Текущие ограничения из [LHCb (2022)], [LHCb (2022)]:

$$\text{Br}(B_s^0 \rightarrow \gamma \mu^+ \mu^-) < 2.0 \cdot 10^{-9} \quad [m_{\mu\mu} > 4.9 \text{ GeV}]$$

- Теоретически похож на $B_{s(d)} \rightarrow \gamma\gamma$. Согласно [Belle (2015)] $\text{Br}(B_s^0 \rightarrow \gamma\gamma) < 3.1 \cdot 10^{-6}$

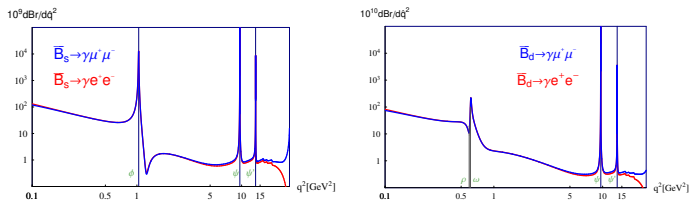
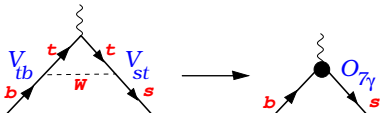


Рис.: Предсказания для $B_s \rightarrow \gamma l^+ l^-$ (левый график) и $B_d \rightarrow \gamma l^+ l^-$ (правый график [A. Kozachuk, D. Melikhov and N. Nikitin (2018)]).

FCNC переходы $b \rightarrow s(d) \gamma$ и $b \rightarrow s(d) l^+ l^-$ с СМ

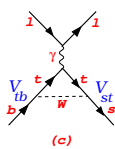
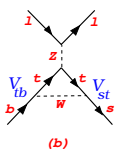
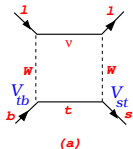
- Доминирующие вклады в $b \rightarrow s \gamma$:



$$H_{\text{top}}^{(b \rightarrow s \gamma)} = -\frac{G_F}{\sqrt{2}} V_{tb} V_{ts}^* \frac{e}{8\pi^2} C_7(\mu) \mathcal{O}_{7\gamma},$$

$$\mathcal{O}_{7\gamma} = \bar{s} \sigma_{\mu\nu} (1 + \gamma_5) b \cdot F^{\mu\nu}$$

- Вклады в $b \rightarrow s l^+ l^-$ ($\mathcal{O}_{9V}$ (a), $\mathcal{O}_{10A}$ (b), $\mathcal{O}_{7\gamma}$ (c)):

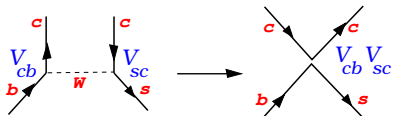


$$H_{\text{top}}^{(b \rightarrow s ll)} = \frac{G_F}{\sqrt{2}} \frac{e^2}{8\pi^2} V_{tb} V_{ts}^* [$$

$$- 2im_b \frac{C_7(\mu)}{q^2} \bar{s} \sigma_{\mu\nu} q^\nu (1 + \gamma_5) b \cdot \bar{l} \gamma^\mu l +$$

$$C_{9V}(\mu) \mathcal{O}_{9V} + C_{10A}(\mu) \mathcal{O}_{10A}]$$

- Вклады в $b \rightarrow s \gamma$ и $b \rightarrow s l^+ l^-$ из-за петли чарма:



$$H_{\text{eff}}^{(b \rightarrow s \bar{c} c)} = H_{\text{fact charm}}^{[1 \times 1]} + H_{\text{nf charm}}^{[8 \times 8]}$$

$$\begin{cases} H_{\text{fact charm}}^{[1 \times 1]} = -\frac{G_F}{\sqrt{2}} V_{cb} V_{cs}^* \left(C_1 + \frac{C_2}{3} \right) 4 \bar{s}_L \gamma_\mu b_L \cdot \bar{c}_L \gamma_\mu c_L \\ H_{\text{nf charm}}^{[8 \times 8]} = -\frac{G_F}{\sqrt{2}} V_{cb} V_{cs}^* (2C_2) 4 \bar{s}_L \gamma_\mu t^a b_L \cdot \bar{c}_L \gamma_\mu t^a c_L \end{cases}$$

Нефакторизуемый вклад чарма

$$\mathcal{A}_{\text{nf charm}}^{(\bar{B}_s \rightarrow \gamma\gamma)} = \left\{ H_{\rho\eta}(q, q') \varepsilon_\rho(q) \varepsilon_\eta(q') + H_{\rho\eta}(q', q) \varepsilon_\rho(q') \varepsilon_\eta(q) \right\}$$

$$\mathcal{A}_{\text{nf charm}}^{(\bar{B}_s \rightarrow \gamma ll)} = \frac{e}{Q^2} \left\{ H_{\rho\eta}(q, q') \bar{l} \gamma_\rho l \varepsilon_\eta(q') + H_{\rho\eta}(q', q) \varepsilon_\rho(q') \bar{l} \gamma_\eta l \right\}$$

Так как амплитуды

$$\mathcal{A}_{\text{top}}^{(\bar{B}_s \rightarrow \gamma\gamma)}, \mathcal{A}_{\text{top}}^{(\bar{B}_s \rightarrow \gamma ll)}, \mathcal{A}_{\text{nf charm}}^{(\bar{B}_s \rightarrow \gamma\gamma)}, \mathcal{A}_{\text{nf charm}}^{(\bar{B}_s \rightarrow \gamma ll)},$$

удобно учитывать вклад чарма как поправку

к вильсоновскому коэффициенту C_7 ,

$$C_7^{\text{eff}} = C_7 + \Delta_{V(A)}^{\text{NF}} C_7.$$

- $H_{\rho\eta}$ в форме T -произведения:

$$H_{\rho\eta}(q', q) = i \int dz e^{iq'z} \langle 0 | T \{ \bar{e} Q_c c(z) \gamma_\rho c(z), i \int dy L_{\text{weak}}^{b \rightarrow s \bar{c} c} [8 \times 8](y), i \int dx L_{\text{Gcc}}(x), e Q_s \bar{s}(0) \gamma_\eta s(0) \} | \bar{B}_s(p) \rangle$$

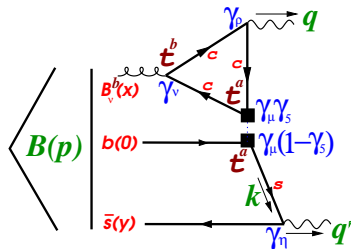
- Выражение для $H_{\rho\eta}$ в СМ:

$$H_{\rho\eta}(q', q) = -\frac{G_F}{\sqrt{2}} V_{cb} V_{cs}^* e^2 (2C_2) Q_s Q_c \times \frac{1}{(2\pi)^8} \int dk dy e^{-i(k-q')y} dx d\kappa e^{-i\kappa x}$$

$$\Gamma_{cc}^{\mu\nu\rho(ab)}(\kappa, q) \langle 0 | \bar{s}(y) \gamma_\eta \frac{\not{k} + m_s}{m_s^2 - k^2} \gamma^\mu (1 - \gamma^5) t^a B_\nu^b(x) b(0) | \bar{B}_s(p) \rangle.$$

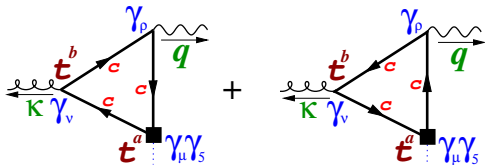
- Для одного реального фотона ($q'^2 = 0$ or $q^2 = 0$), $H_{\rho\eta}$ остаются только два формфактора $\mathcal{H}_{V,A}^{\text{NF}}(q^2, q'^2)$,

$$H_{\rho\eta}(q', q) = -\frac{G_F}{\sqrt{2}} V_{cb} V_{cs}^* e^2 (2C_2) Q_s Q_c \left[\varepsilon_{\rho\eta q'q} \boxed{\mathcal{H}_V^{\text{NF}}} - i \boxed{\mathcal{H}_A^{\text{NF}}} (g_{\rho\eta} q q' - q'_\eta q_\rho) \right].$$



• Две диаграммы $\langle VVA \rangle$ вносят вклад в функции $\Gamma_{cc}^{\mu\nu\rho(ab)}$.

• $\Gamma_{cc}^{\mu\nu\rho(ab)}$ параметризуется тремя формфакторами $F_{0,1,2}(\kappa, q)$ для $q^2, \kappa^2, (\kappa + q)^2 \ll 4m_c^2$.



$$\Gamma_{cc}^{\mu\nu\rho}(\kappa, q) = -i(\kappa^\mu + q^\mu) \epsilon^{\nu\rho\kappa q} F_0 - i(q^2 \epsilon^{\mu\nu\rho\kappa} - q^\rho \epsilon^{\mu\nu q\kappa}) F_1 - i(\kappa^2 \epsilon^{\mu\rho\nu q} - \kappa^\nu \epsilon^{\mu\rho\kappa q}) F_2$$

$$\int d\kappa e^{-i\kappa x} \Gamma_{cc}^{\mu\nu\rho(ab)}(\kappa, q) B_\nu^b(x) dx = \frac{1}{4} \int d\kappa e^{-i\kappa x} \bar{\Gamma}_{cc}^{\mu\nu\rho\alpha}(\kappa, q) G_{\nu\alpha}^a(x) dx,$$

Не нужно выбирать калибровку глюонного поля

$$\bar{\Gamma}_{cc}^{\mu\nu\rho\alpha}(\kappa, q) = (\kappa^\mu + q^\mu) \epsilon^{\nu\rho\alpha q} F_0 + (q^\rho \epsilon^{\mu\nu\alpha q} + q^2 \epsilon^{\mu\nu\rho\alpha}) F_1 + (\kappa^\mu \epsilon^{\alpha\nu\rho q} + \kappa^\rho \epsilon^{\alpha\mu\nu q} - \kappa q \epsilon^{\alpha\mu\nu\rho}) F_2,$$

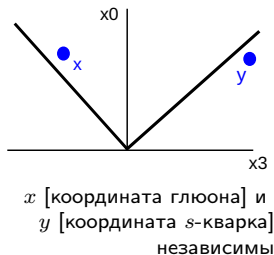
где $F_{0,1,2}$ — функции трёх инвариантов q^2 , κ^2 и κq :

$$F_i(\kappa^2, \kappa q, q^2) = \frac{1}{\pi^2} \int_0^1 d\xi \int_0^{1-\xi} d\eta \frac{\Delta_i(\xi, \eta)}{m_c^2 - 2\xi\eta\kappa q - \xi(1-\xi)q^2 - \eta(1-\eta)\kappa^2}, \quad i = 0, 1, 2,$$

$$\Delta_0 = -\xi\eta, \quad \Delta_1 = \xi(1-\eta-\xi), \quad \Delta_2 = \eta(1-\eta-\xi).$$

Наколлинная конфигурация функций на светом конусе

- Предложено в работе
in [D. Melikhov (2022), D. Melikhov (2023)].
- Позволяет учесть члены порядка $\mathcal{O}(\lambda_{B_s}/M_B)$.
 $\{\Psi_A, \Psi_V\} + 2 \times 6$ 3DAs
 $\{X_A^{(x,y)}, Y_A^{(x,y)}, \tilde{X}_A^{(x,y)}, \tilde{Y}_A^{(x,y)}, W^{(x,y)}, Z^{(x,y)}\}$



$$\langle 0 | \bar{s}(y) G_{\nu\alpha}(x) \Gamma b(0) | \bar{B}_s(p) \rangle = \frac{f_B M_B^3}{4} \int D(\omega, \lambda) e^{-i\lambda y p - i\omega x p} \text{Tr} \left\{ \gamma_5 \Gamma (1 + \not{p}) \right. \\ \times \left[(p_\nu \gamma_\alpha - p_\alpha \gamma_\nu) \frac{1}{M_B} [\Psi_A - \Psi_V] - i\sigma_{\nu\alpha} \Psi_V - \frac{(x_\nu p_\alpha - x_\alpha p_\nu)}{xp} \left(X_A^{(x)} + \frac{\not{x}}{xp} M_B W^{(x)} \right) + \right. \\ \left. \frac{(x_\nu \gamma_\alpha - x_\alpha \gamma_\nu)}{xp} M_B \left(Y_A^{(x)} + W^{(x)} + \frac{\not{x}}{xp} M_B Z^{(x)} \right) - i\epsilon_{\nu\alpha\mu\beta} \frac{x^\mu p^\beta}{xp} \gamma^5 \tilde{X}_A^{(x)} + i\epsilon_{\nu\alpha\mu\beta} \frac{x^\mu \gamma^\beta}{xp} \gamma^5 M_B \tilde{Y}_A^{(x)} + \dots \right] \Big\}$$

требование непрерывности и регулярности накладывают ограничения на волновые функции:

$$\int_0^{2\omega_0 - \lambda} d\omega X^{(x)}(\omega, \lambda) = 0 \quad \forall \lambda,$$

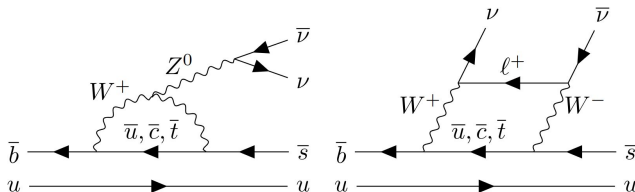
$$\int_0^{2\omega_0 - \omega} d\lambda X^{(y)}(\omega, \lambda) = 0 \quad \forall \omega,$$

$$\int_0^{2\omega_0 - \lambda} d\omega \omega^n Z^{(x)}(\omega, \lambda) = 0 \quad \forall \lambda,$$

$$\int_0^{2\omega_0 - \omega} d\lambda \lambda^n Z^{(y)}(\omega, \lambda) = 0 \quad \forall \omega, \quad n = 0, 1.$$

- Для кварковой петли получено выражение, куда входит только напряжённость глюонного поля.
- Расчёт проведён с помощью трёхчастичных неколлинеарных функций.
- Полученный вклад удобно рассматривать как поправку к вильсоновскому коэффициенту $C_{7\gamma}$: $\delta C_{7\gamma} = (2 \div 10)\%$
- Вклады Новой физики (включая сценарии лёгкой материи) могут наблюдаться в исследуемых распадах B -мезонов только если их вклады превышают 11 % от вклада стандартной модели.
- Опубликована статья “Nonfactorizable charming-loop contribution to FCNC $B_s \rightarrow \gamma l^+ l^-$ decay”, Белов И.Н., Бережной А.В., Мелихов Д.И., Phys.Rev.D 109 (2024) 11, 114012 [arXiv:2404.01222]

Motivation



- The $B \rightarrow K^+ \nu \bar{\nu}$ process is known with high accuracy in the SM:

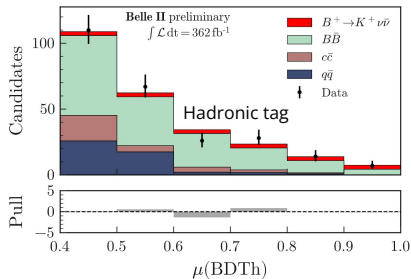
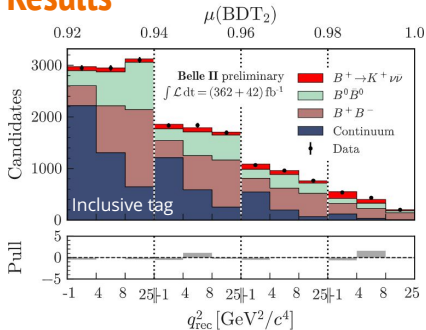
$$\mathcal{B}(B \rightarrow K^+ \nu \bar{\nu}) = (5.6 \pm 0.4) \times 10^{-6} \quad (\text{arXiv:2207.13371})$$

- Extensions **beyond SM** may lead to significant rate increase
- Very challenging** experimentally, not yet observed
 - Low branching fraction, high background contributions
 - 3-body kinematics, no good kinematic variable to fit
- Unique for Belle II

[EPS presentation](#)

12

Results



- Maximum likelihood fit to data using signal and background templates
- Branching fractions: $B_{\text{incl.}} = (2.8 \pm 0.5(\text{stat}) \pm 0.5(\text{stat})) \times 10^{-5}$, $B_{\text{had.}} = (1.1^{+0.9}_{-0.8}(\text{stat})^{+0.8}_{-0.5}(\text{syst})) \times 10^{-5}$
- For inclusive analysis, **evidence for $B \rightarrow K \nu \bar{\nu}$ at 3.6σ** , branching fraction within 3.0σ of standard model (both considering total uncertainty)
- For hadronic tag, the result is consistent with null hypothesis and SM at 1.1σ and 0.6σ

21

Модель со скалярным медиатором

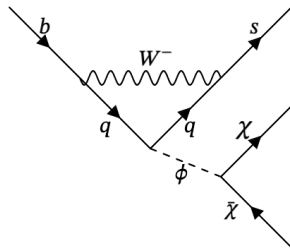
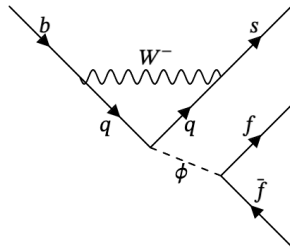
ArXiv:2309.03706

$$\mathcal{L}_{\text{int}} = -\frac{ym_f}{v}\phi\bar{f}f - \frac{1}{2}\kappa\phi\bar{\chi}\chi$$

$$\mathcal{L}_{b \rightarrow s\phi} = \frac{ym_b}{v} \frac{3\sqrt{2}G_F m_q^2 V_{qs}^* V_{qb}}{16\pi^2} \times \phi \bar{s}_L b_R + \text{h.c.}$$

$$\langle K | \bar{s}_L b_R | B \rangle = \frac{1}{2} \frac{m_B^2 - m_K^2}{m_b - m_s} f_0(q^2)$$

$$f_0(q^2) = \frac{0.36}{1 - 0.7r_V + 0.27r_V^2} \quad r_V = q^2/m_{B_s^*}^2$$

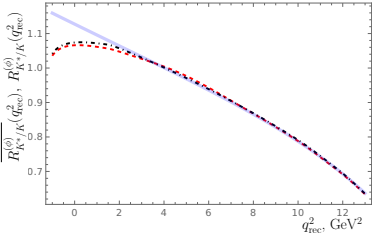


$$q^2 = (p_B - p_K)^2$$

$$\begin{aligned} \langle K^* | \bar{s}_L b_R | B \rangle &= \frac{1}{2} \langle K^* | (\bar{1} - \gamma_5) b | B \rangle = \\ &= (\epsilon q) \frac{M_{K^*}}{m_b + m_s} A_0^{B \rightarrow K^*}(q^2) \end{aligned}$$

$$A_0(q^2) = \frac{0.45}{(1 - 0.46r_P)(1 - r_P)} \quad r_P = q^2/m_{B^*}^2 \quad q^2 = m_X^2$$

$$\begin{aligned} \frac{d\Gamma_{B \rightarrow K^* \phi}(q^2)}{d\Gamma_{B \rightarrow K \phi}} &= \\ &= \frac{\lambda(m_B^2, m_{K^*}^2, q^2)^{3/2}}{\lambda(m_B^2, m_K^2, q^2)^{1/2}} \left[\frac{m_b - m_s}{(m_b + m_s)(m_B^2 - m_K^2)} \right]^2 \frac{A_0^2(q^2)}{f_0(q^2)} \end{aligned}$$



$$\frac{Br(B^+ \rightarrow K^+ M_X)_{exp}}{Br(B^+ \rightarrow K^+ \nu \bar{\nu})_{SM}} \simeq 5$$

$$\frac{Br(B^+ \rightarrow K^{*+} M_X)_{exp}}{Br(B^+ \rightarrow K^{*+} \nu \bar{\nu})_{SM}} \leq 2.5$$

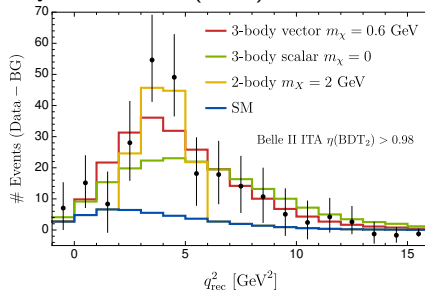
$$d\Gamma_{exp}(B^+ \rightarrow K^+ M_X)/dq_{rec}^2$$

$$q^2 = (p_B - p_K)^2$$

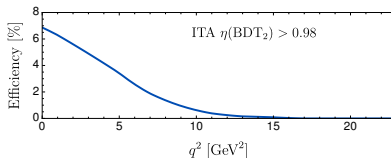
$$q_{rec}^2 = E_B^2 + m_K^2 - 2E_B E_K =$$

$$= q^2 + (E_B^2 - m_B^2) - 2\vec{p}_k(q^2) \cdot \vec{p}_B$$

Phys.Rev.D 109 (2024) 11, 115006:



Эффективность из Phys.Rev.D 109 (2024) 11, 115006:



$$q^2 \rightarrow q_{rec}^2$$

$$q_{rec}^2 = \frac{q^2 - M_K^2 v^2 - \cos \Theta \, v \, \lambda^{1/2}(M_B^2, M_K^2, q^2)}{1 - v^2}.$$

$$q^2 = q_{rec}^2 + \cos \Theta \, v \, \lambda^{1/2}(M_B^2, M_K^2, q_{rec}^2) + O(v^2).$$

v — скорость B -мезона в системе покоя $B\bar{B}$, ϕ — угол между направлением B и K в системе B .

$$\begin{aligned} \frac{d\Gamma(q_{rec}^2)}{dq_{rec}^2} &= \frac{1}{2} \int \frac{d\Gamma(q^2(q_{rec}^2, \cos \phi))}{dq^2} \frac{dq^2(q_{rec}^2, \cos \phi)}{dq_{rec}^2} d\cos \phi \approx \\ &\approx \left\langle \frac{d\Gamma(q^2)}{dq^2} \right\rangle_{q_{rec}^2 \pm v \lambda^{1/2}(M_B^2, M_K^2, q_{rec}^2)} \end{aligned}$$

$$v \lambda^{1/2}(M_B^2, M_K^2, 0 \text{ ГэВ}^2) \approx 1.7 \text{ ГэВ}^2 \text{ and } v \lambda^{1/2}(M_B^2, M_K^2, 10 \text{ ГэВ}^2) \approx 1 \text{ ГэВ}^2.$$

$$\frac{d\Gamma}{dq^2}(B \rightarrow K\bar{\chi}\chi) = \frac{\lambda^{1/2}(M_B^2, M_K^2, q^2)}{16\pi M_B^3} \frac{(M_B^2 - M_K^2)^2 |f_0^{B \rightarrow K}(q^2)|^2}{4(m_b - m_s)^2} \frac{g_{b \rightarrow s\phi}^2 \kappa^2}{(M_\phi^2 - q^2)^2 + M_\phi^2 \Gamma_\phi^2(q^2)} \frac{q^2}{16\pi^2} \left(1 - \frac{4m_\chi^2}{q^2}\right)^{3/2}$$

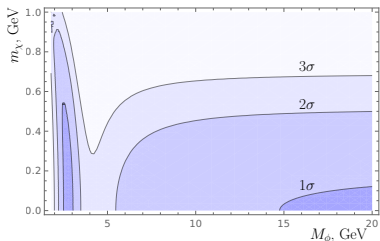
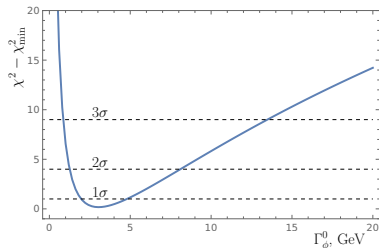
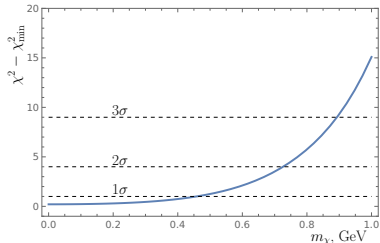
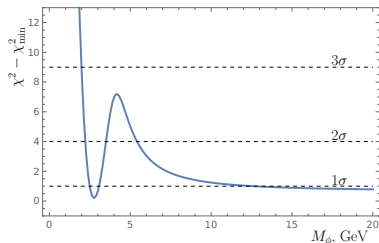
$$\begin{aligned} \frac{d\Gamma}{dq^2}(B \rightarrow K^* \bar{\chi}\chi) &= \\ &= \frac{\lambda^{3/2}(M_B^2, M_{K^*}^2, q^2)}{16\pi M_B^3} \frac{|A_0^{B \rightarrow K^*}(q^2)|^2}{4(m_b + m_s)^2} \frac{g_{b \rightarrow s\phi}^2 \kappa^2}{(M_\phi^2 - q^2)^2 + M_\phi^2 \Gamma_\phi^2(q^2)} \frac{q^2}{16\pi^2} \left(1 - \frac{4m_\chi^2}{q^2}\right)^{3/2}. \end{aligned}$$

$$\Gamma_\phi(q^2) = \left(\frac{q^2 - 4m_\chi^2}{M_\phi^2 - 4m_\chi^2} \right)^{\frac{3}{2}} \Theta(q^2 - 4m_\chi^2) \Gamma_\phi^0$$

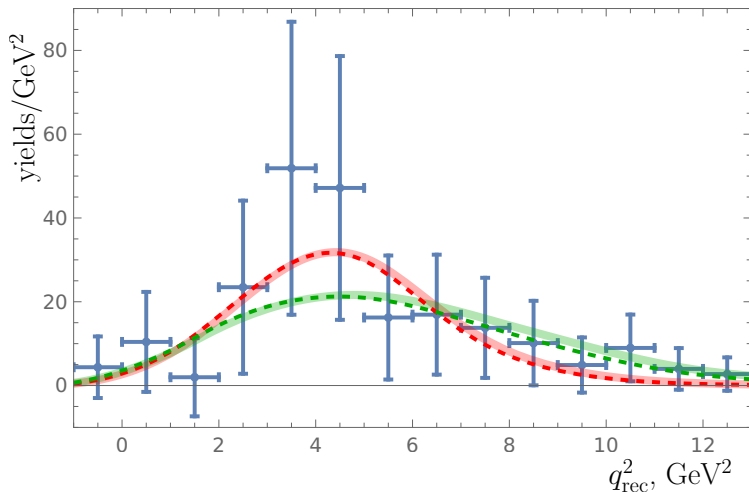
M_ϕ — масса медиатора, Γ_ϕ^0 — ширина медиатора, m_χ — масса фермиона ТМ.

$$\frac{d\Gamma_{\text{eff}}(q_{\text{rec}}^2)}{dq_{\text{rec}}^2} = \left\langle \varepsilon(q^2) \frac{d\Gamma(q^2)}{dq^2} \right\rangle_{q_{\text{rec}}^2 \pm \lambda^{1/2}(M_B^2, M_K^2, q_{\text{rec}}^2)}.$$

Распределения по χ^2 для модели со скалярным медиатором



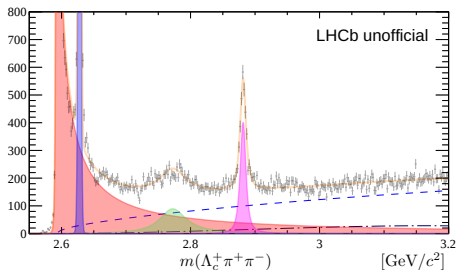
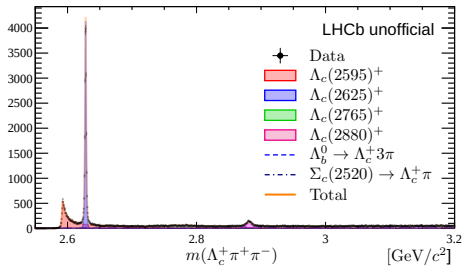
Фитирование данных BELLE-II в модели со скалярным медиатором



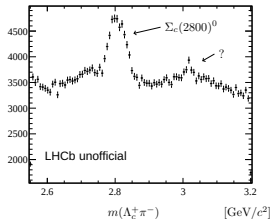
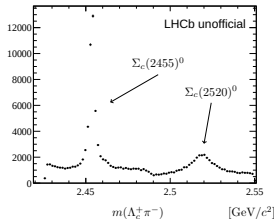
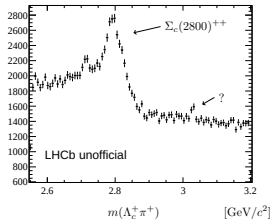
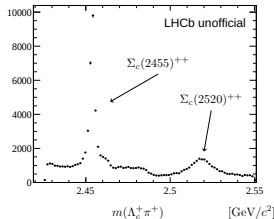
Результаты II

- Рассмотренная модель согласуется с экспериментальными данными и хорошо описывает форму наблюдаемого превышения. Однако ограниченная статистика не позволяет извлечь значения параметров с высокой точностью.
- Приемлемое описание данных может быть достигнуто для скалярного медиатора с промежуточной массой около 2.8 ГэВ, а также для тяжелого медиатора с массой, в несколько раз превышающей массу B -мезона. В обоих сценариях необходимо выбирать малое значение массы для фермиона темной материи χ .
- Первая работа опубликована: EPL 145 (2024) 1, 14001 [arXiv:2309.17191]
- Вторая работа направлена в Phys.Rev.D [arXiv:2502.14313].

Λ_c -барионы в распаде $\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^+ \pi^+ \pi^-$



Σ_c -барионы в распаде $\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^+ \pi^+ \pi^-$



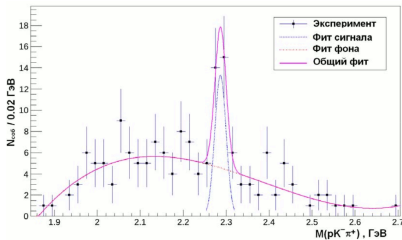
Результаты III

- Работа содержит первое измерение ширины $\Lambda_c(2625)$.
- Изучение Σ_c резонансов отложено из-за сложностей с фитированием.
- Ведётся работа по определению PID систематики.
- Внутренняя нота практически написана.

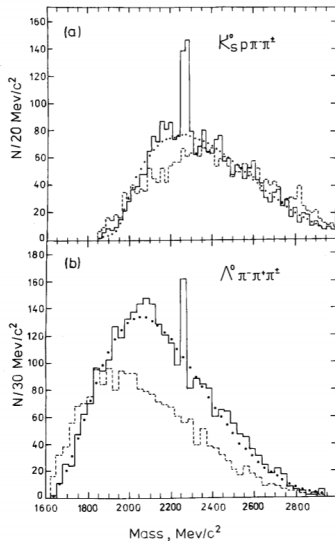
Рождение Λ_c при средних энергиях

Мотивация

- Проверка КХД
- Исследование адронизации очарованных кварков
- Лучшее понимание структуры адронов



SVD-2 2015, fixed target, Protvino



BIS-2 1984, fixed target, Protvino

Рождение Λ_c на NICA SPD (отв. Артём Смирнов)

First stage: questionable

Оценки для $\Lambda_c^+ \rightarrow K_s^0 (\rightarrow \pi^+ \pi^-) p^+$
(область 6σ)

$$\frac{N_{sig}}{\sqrt{N_{sig} + N_{bg}}} \sim 0.06 \div 4$$

Вторая стадия SPD: точно
будет изучен

Оценка для $\Lambda_c^+ \rightarrow p^+ K^- \pi^+$
(область 6σ)

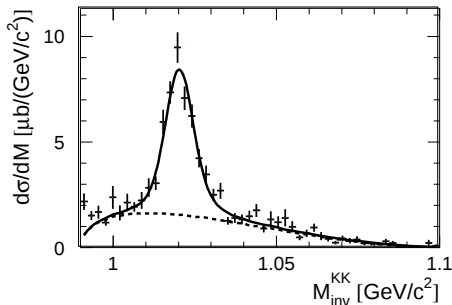
$$\frac{N_{sig}}{\sqrt{N_{sig} + N_{bg}}} > 14$$

Планы

- Улучшить отбор для $\Lambda_c^+ \rightarrow K_s^0 (\rightarrow \pi^+ \pi^-) p^+$
- Рассмотреть $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda^0 (\rightarrow p^+ \pi^-) \pi^+$
- Рассмотреть возможность изучения Λ_c^- (малое сечение, но и малый фон)

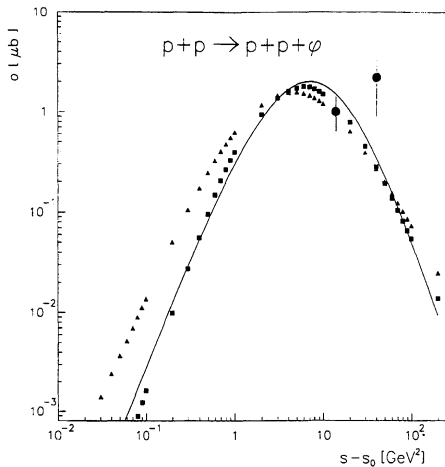
Эксклюзивное рождение ϕ -мезона $pp \rightarrow pp\phi$ (отв. Леонид Серёгин)

- Проверка различных моделей рождения:
 - production via meson exchange [NewJ.Phys.4:68,2002]
 - v.s. pomeron-odderon meson vertex [Phys.Rev. D101, 094012 (2020)].
- поиск пентакварка $pp \rightarrow pP_s^+ (\rightarrow p\phi)$
- ϕ сигнал важен для исследования калибровки детектора



DISTO Collaboration,
Phys.Rev.C63:024004,2001

- $\sigma(pp \rightarrow pp\phi(\rho, \omega))$ [Sibirtsev, Nucl.Phys.A 604 (1996) 455]
- $\max(\sigma(pp \rightarrow pp\phi))$ при $\sqrt{s} \sim 4.5 \text{ GeV}$



Парное рождение ϕ -мезонов на NICA SPD

Мотивация

- Проверка КХД
- Исследование природы $\phi\phi$ -резонансов (молекулы, тетракварки, глюболы)
- Исследование механизмов рождения пар ϕ -мезонов

Планы

- Продолжить изучение парного рождения ϕ на второй стадии (отв. Леонид Серёгин)
- Начать изучение парного рождения ϕ на первой стадии совместно с группой МИСиС

686

P.S.L. Booth et al. / $\phi\phi$ mass spectrum

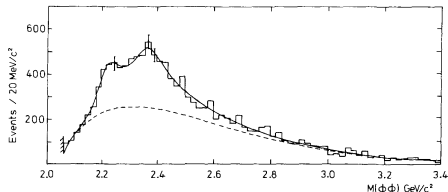


Fig. 6. The “true” $\phi\phi$ mass distribution with fitted Granet et al. background plus two Breit-Wigners.

$$\pi^-_{85 \text{ GeV}} Be \rightarrow \phi\phi + X, \text{ WA67 1986, CERN}$$

- Предварительно изучены перспективы наблюдения Λ_c барионов на первой и второй стадиях NICA SPD.
- Предварительно изучены перспективы наблюдения эксклюзивного рождения ϕ -мезонов на первой и второй стадиях NICA SPD.
- Предварительно изучены перспективы парного рождения ϕ -мезонов на второй стадии NICA SPD.
- Совместно с группой МИСиС планируется оценить выход парного рождения ϕ -мезонов на первой стадии NICA SPD.

Спасибо за внимание!