

Проект электрон- позитронного коллайдера ВЭПП-6

ИВАН ЛОГАШЕНКО

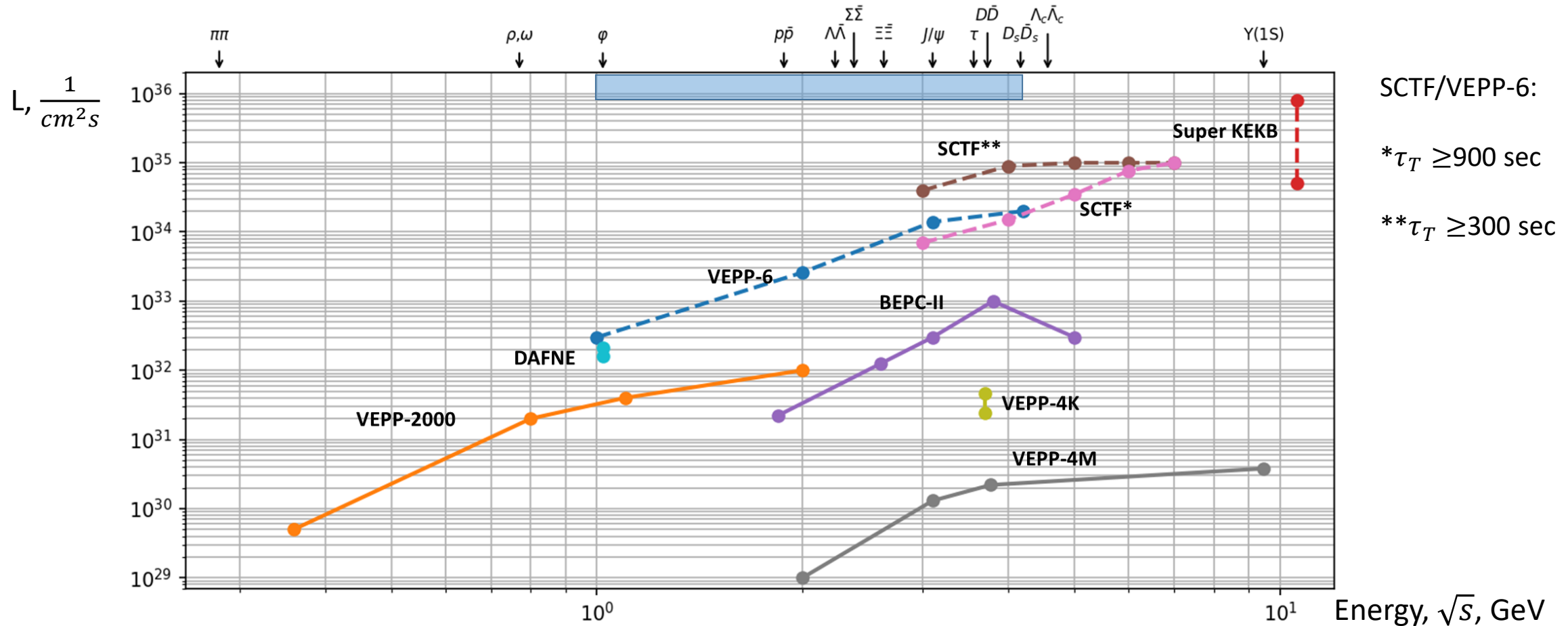
ИЯФ СО РАН (НОВОСИБИРСК)

ВЭПП-6

- Электрон-позитронный коллайдер
 - Основная область энергий от 0.5 to 1.6 (2.1) ГэВ в пучке, потенциально с возможностью работы ниже и выше этой энергии
 - Мировой флагман в своей области энергий
 - Светимость $\mathcal{L} \gtrsim 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ @ 1.6 ГэВ
 - На площадке ИЯФ СО РАН
- Универсальный детектор
- Богатая физическая программа
 - J/ψ -фабрика и фабрика легких адронных состояний

$E, \text{ MeV}$	500	1000	1550	2100
$\Pi, \text{ m}$		388		
$2\theta, \text{ mrad}$		50		
$\beta_x^*/\beta_y^*, \text{ mm}$		150/3		
$I_{tot}, \text{ A}$	0.26	0.78	1.5	1.5
$\varepsilon_x, \text{ nm}$	55	33	31	31
$T_{Touschek}, \text{ s}$	900	900	1000	2000
$\mathcal{L}, 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$	1.7 DAΦNE: 2-4	25 VEPP-2000: 0.9	150 BEPСII: 3.1	200 BEPСII: 10

ВЭПП-6 и другие e^+e^- коллайдеры



Физическая программа ВЭПП-6

Фабрика чармония (ψ' , J/ψ , а также h_c , η_c , χ_c в их распадах)

- радиационные и адронные переходы в системе чармония
- адронные распады чармония => спектроскопия легких адронов, поиск гибридов и глюболов
- слабые распады J/ψ
- невидимые распады J/ψ (поиск «темного» фотона, аксионы и др.)

Структура e^+e^- => адроны в сканировании

- прямое измерение R в области от 1 до 3 ГэВ
- эксклюзивные многочастичные конечные состояния => динамика (амплитудный анализ)
- $(g-2)$, $\alpha(s)$, тест моделей pQCD, вычисления на решетках и др.

Физика барионов

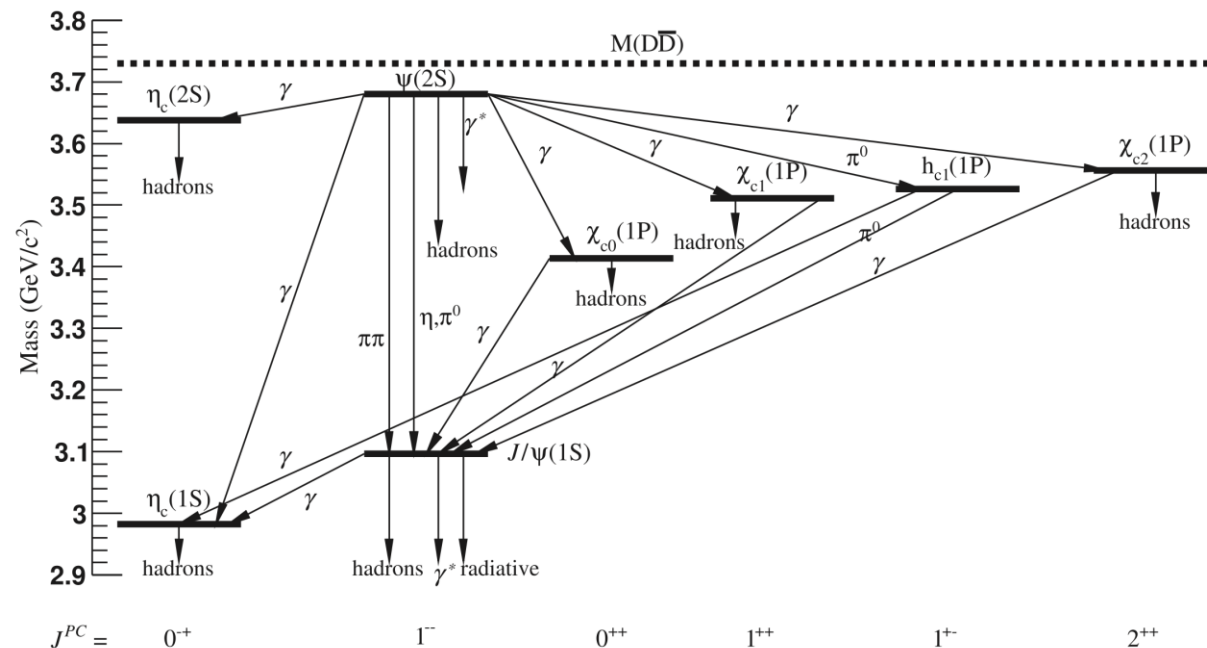
- ЭМ формфакторы гиперонов
- относительная фаза ЭМФФ, поляризация гиперонов
- взаимодействие адронов в конечном состоянии

Дополнительные возможности:

- новая физика, e^+e^- => D^{*0} (большая статистика)
- энергетическое сканирование сечений $e^+e^- \rightarrow DD, DD\pi, DD^*, DD\pi\pi, D^*D^*...$ (повышенная энергия)
- двухфотонная физика, физика τ и т.д.

Чармоний

Мода распада	Бранчинг / сечение	BESIII (всего)	ВЭПП-6 (год)
J/ψ	~ 2 мкб	10^{10}	3×10^{11}
$\psi(2S)$	~ 0.5 мкб	3×10^9	7×10^{10}
$J/\psi \rightarrow \gamma \eta_c$	$(1.41 \pm 0.14) \%$	10^8	4×10^9
$\psi(2S) \rightarrow \gamma \eta_c$	$(3.6 \pm 0.5) \times 10^{-3}$	10^7	3×10^8
$\psi(2S) \rightarrow \gamma \chi_{c0}$	$(9.75 \pm 0.22) \%$	3×10^8	7×10^9
$\psi(2S) \rightarrow \gamma \chi_{c1}$	$(9.75 \pm 0.27) \%$	3×10^8	7×10^9
$\psi(2S) \rightarrow \gamma \chi_{c2}$	$(9.38 \pm 0.23) \%$	3×10^8	7×10^9
$\psi(2S) \rightarrow \gamma \eta_c(2S)$	$(5.4 \pm 3.4) \times 10^{-4}$	2×10^6	4×10^7
$\psi(2S) \rightarrow \pi^0 h_c$	$(7.4 \pm 0.5) \times 10^{-4}$	2×10^6	5×10^7
$e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- h_c$	(50 ± 10) пб	7×10^4	2×10^7



Фабрика легких адронов: за год работы
 $3 \times 10^8 \eta$, $2 \times 10^9 \eta'$, $\sim 10^{10} a_2/f_2$, $\sim 10^9 \Lambda\bar{\Lambda}$,...

Широкие возможности по изучению чармония и свойств систем легких кварков

Пример: физика h_c

$$\psi(2S) \rightarrow \pi^0 h_c$$

- большая статистика
- ниже эффективность регистрации
- высокий фон

$$e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- h_c$$

- меньшая статистика
- выше эффективность регистрации
- низкий фон
- непосредственное измерение числа h_c

Бранчинги распадов

$h_c(1P)$

$$J^{PC} = 0^-(1^+ -)$$

Mass $m = 3525.37 \pm 0.14$ MeV (S = 1.2)

Full width $\Gamma = 0.78 \pm 0.28$ MeV

$h_c(1P)$ DECAY MODES Fraction (Γ_i/Γ) Confider

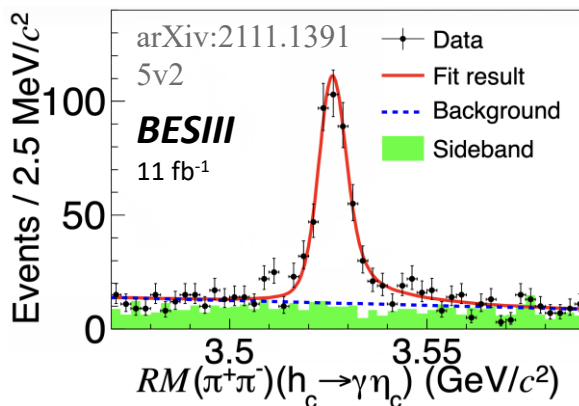
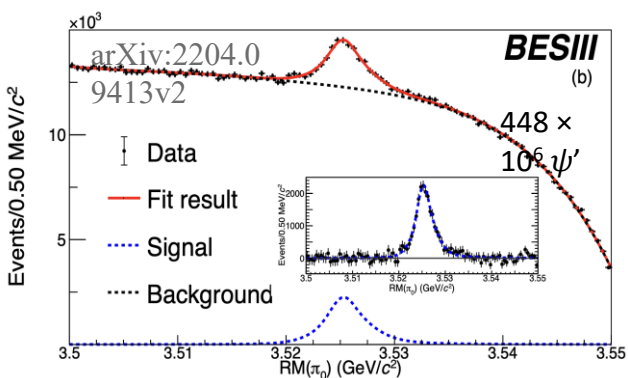
$J/\psi(1S)\pi^0$	$< 5 \times 10^{-4}$	
$J/\psi(1S)\pi^+\pi^-$	$< 2.7 \times 10^{-3}$	
$p\bar{p}$	$< 1.7 \times 10^{-4}$	
$p\bar{p}\pi^0$	$< 8 \times 10^{-4}$	
$p\bar{p}\pi^+\pi^-$	$(3.3 \pm 0.6) \times 10^{-3}$	
$p\bar{p}\pi^0\pi^0$	$< 6 \times 10^{-4}$	
$p\bar{p}\pi^+\pi^-\pi^0$	$(4.4 \pm 1.3) \times 10^{-3}$	
$p\bar{p}\eta$	$(7.4 \pm 2.2) \times 10^{-4}$	
$\pi^+\pi^-\pi^0$	$(1.9 \pm 0.5) \times 10^{-3}$	
$\pi^+\pi^-\pi^0\eta$	$(8.3 \pm 2.4) \times 10^{-3}$	
$2\pi^+2\pi^-\pi^0$	$(9.4 \pm 1.7) \times 10^{-3}$	
$3\pi^+3\pi^-\pi^0$	< 1.0	%
$K^+K^-\pi^+\pi^-$	$< 7 \times 10^{-4}$	
$K^+K^-\pi^+\pi^-\pi^0$	$(3.8 \pm 0.8) \times 10^{-3}$	
$K^+K^-\pi^+\pi^-\eta$	$< 2.7 \times 10^{-3}$	
$K^+K^-\pi^0$	$< 6 \times 10^{-4}$	
$K^+K^-\pi^0\eta$	$< 2.4 \times 10^{-3}$	
$K^+K^-\eta$	$< 1.0 \times 10^{-3}$	
$2K^+2K^-\pi^0$	$< 2.8 \times 10^{-4}$	
$K_S^0 K^\pm \pi^\mp$	$< 6 \times 10^{-4}$	
$K_S^0 K^\pm \pi^\mp \pi^+ \pi^-$	$(3.2 \pm 1.0) \times 10^{-3}$	

Не хватает
~30%!

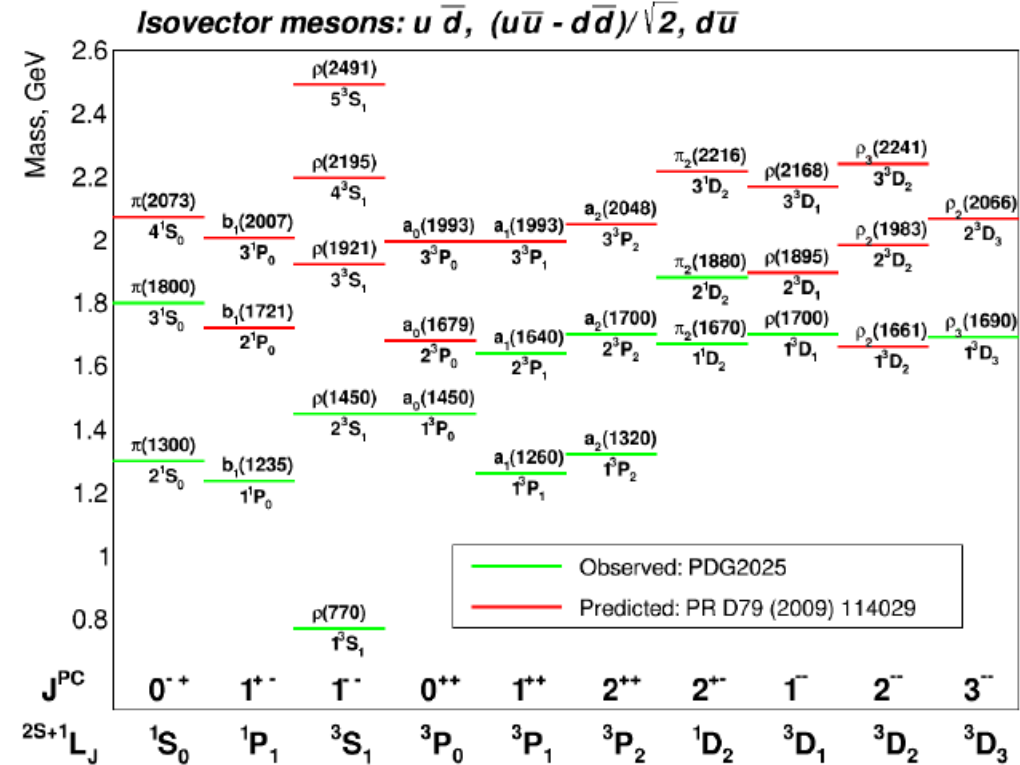
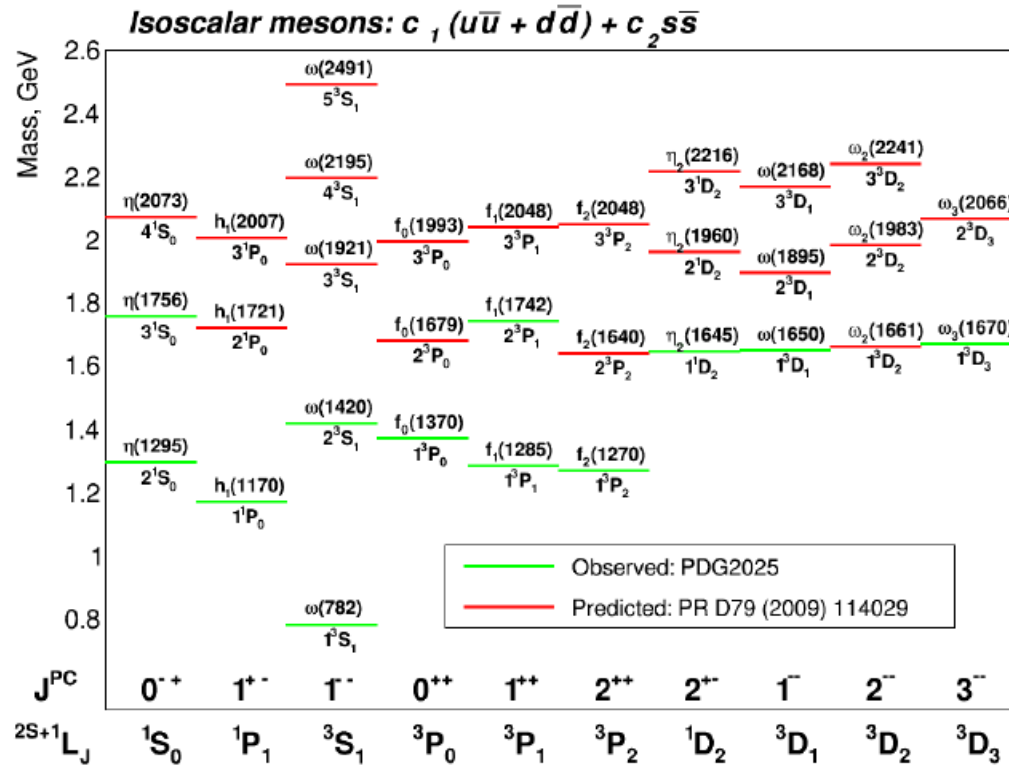
Radiative decays

$\gamma\eta$	$(4.7 \pm 2.1) \times 10^{-4}$
$\gamma\eta'(958)$	$(1.5 \pm 0.4) \times 10^{-3}$
$\gamma h_c(1S)$	$(60 \pm 4) \%$

Чармоний	Полный известный бранчинг
η_c	60 %
χ_{c0}	30 %
χ_{c1}	50 %
h_c	70 %
χ_{c2}	30 %
$\eta_c(2S)$	10 %



Пример: спектроскопия легких адронов



Спектр высших возбуждений мезонов изучен достаточно плохо. ВЭПП-6: изучение состояний из легких кварков в распадах чармония и в прямом сканировании.

Пример: $\phi(2170)/Y(2175)$

- Впервые обнаружен BaBar в $\phi f_0(980)$, затем BES-III
- Аналогия с состояниями тяжелых кварков

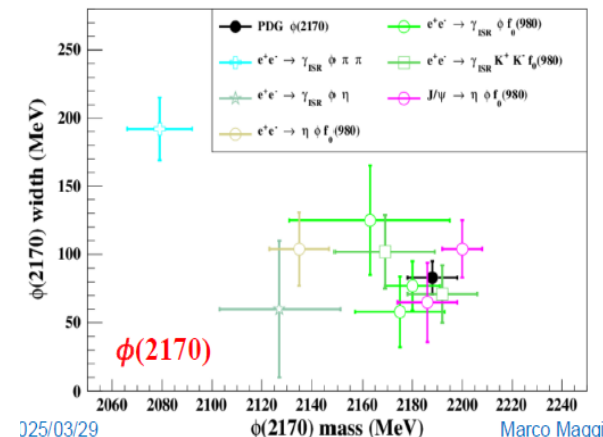
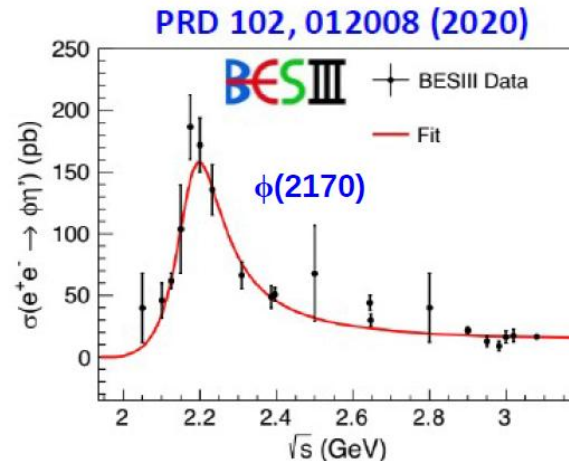
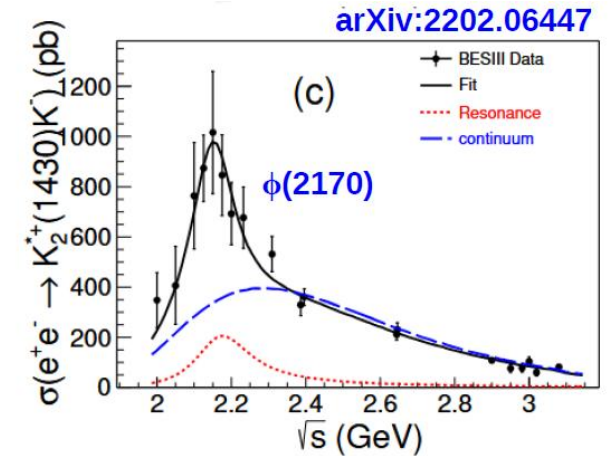
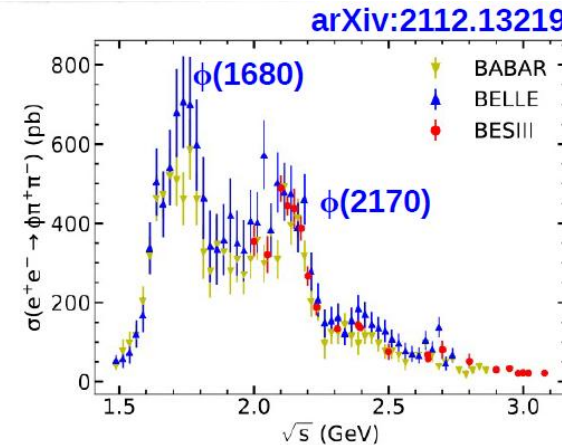
$$e^+e^- \Rightarrow \begin{cases} Y(2175) \rightarrow \phi(1020)\pi^+\pi^- & \text{strange,} \\ Y(4260) \rightarrow J/\psi\pi^+\pi^- & \text{charm,} \\ Y(10860) \rightarrow \Upsilon(1S, 2S)\pi^+\pi^- & \text{bottom,} \end{cases}$$

- Масса и ширина в разных каналах не всегда хорошо согласуются

Возможные интерпретации:

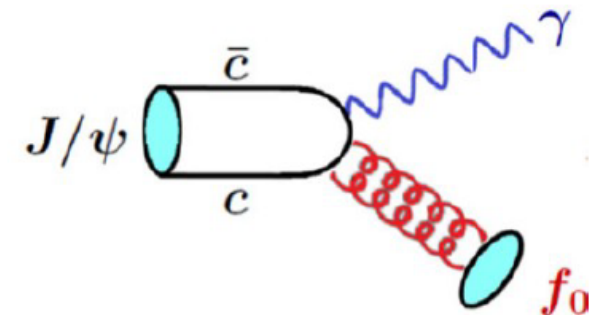
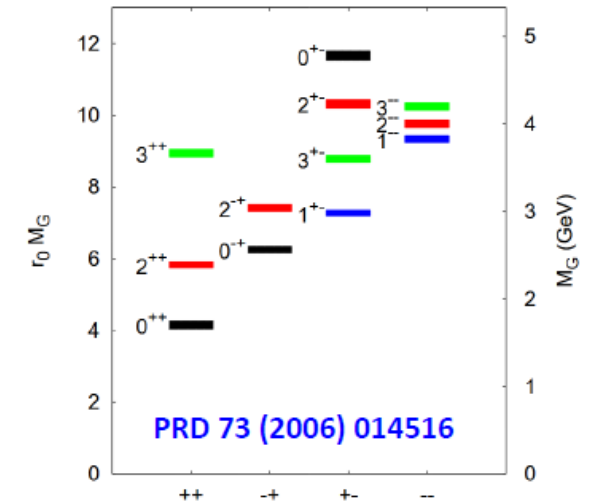
- 2^3D_1 или 3^3S_1 состояния обычного ss
- ssg гибрид
- тетракварк
- Связное состояние M
- Взаимодействие в конечном состоянии

А еще: гибриды, тетракварки,...



Пример: поиск глюболов

- Глюбол – это **связанное состояние** только **глюонных полей**
- Их изучение **важно для понимания механизма генерации динамической массы**
- **КХД на решетке** предсказывает легчайшие глюболы с **квантовыми числами $0^{++}, 2^{++}, 0^{-+}$**
- J/ψ и $\psi(2S)$ **радиационно распадается** в два глюона, давая **обогащенную глюонами среду**
- Высокая вероятность перехода в состояния с **глюонными возбуждениями**



Пример: редкие распады чармония

➤ Полулептонные $\psi(nS) \rightarrow D_{(s)}^{(*)\pm} l^\mp \nu_l$

Предсказание СМ: $\sim 10^{-9} - 10^{-11}$

Перспектива: первое наблюдение

Как измерить: тагирование быстрым лептоном, недостающая E_ν , восстановление γ и π из распада D_s^*

➤ Полулептонные $\psi(nS) \rightarrow D_{(s)}^{(*)0} l^\pm l^\mp$

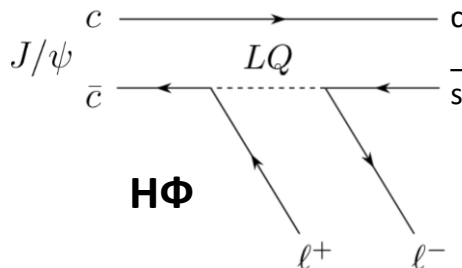
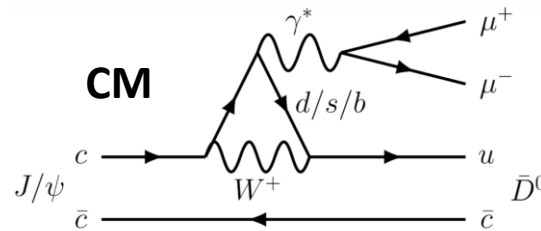
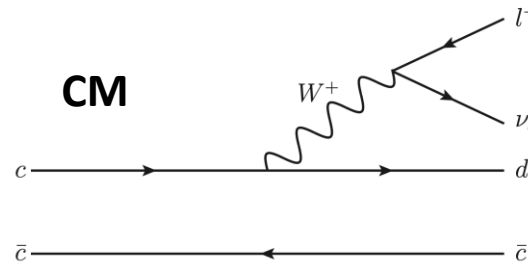
Предсказание СМ: $\sim 10^{-13}$

Перспектива: обнаружение НФ (МССМ, двойной дублет Хиггсов)

➤ Двухчастичные $\psi(nS) \rightarrow PP/PV/VV$

Предсказание СМ: $\sim 10^{-8} - 10^{-13}$

Перспектива: обнаружение НФ



J/ψ

$D^- e^+ \nu_e + \text{c.c.}$	$< 7.1 \times 10^{-8}$	CL=90%
$D^- \mu^+ \nu_\mu + \text{c.c.}$	$< 5.6 \times 10^{-7}$	CL=90%
$\bar{D}^0 e^+ e^- + \text{c.c.}$	$< 8.5 \times 10^{-8}$	CL=90%
$D_s^- e^+ \nu_e + \text{c.c.}$	$< 1.3 \times 10^{-6}$	CL=90%
$D_s^{*-} e^+ \nu_e + \text{c.c.}$	$< 1.8 \times 10^{-6}$	CL=90%
$D^- \pi^+ + \text{c.c.}$	$< 7.0 \times 10^{-8}$	CL=90%
$D^- \rho^+ + \text{c.c.}$	$< 6.0 \times 10^{-7}$	CL=90%
$\bar{D}^0 \pi^0 + \text{c.c.}$	$< 4.7 \times 10^{-7}$	CL=90%
$\bar{D}^0 \bar{K}^0 + \text{c.c.}$	$< 1.7 \times 10^{-4}$	CL=90%
$\bar{D}^0 \bar{K}^{*0} + \text{c.c.}$	$< 2.5 \times 10^{-6}$	CL=90%
$\bar{D}^0 \eta + \text{c.c.}$	$< 6.8 \times 10^{-7}$	CL=90%
$\bar{D}^0 \rho^0 + \text{c.c.}$	$< 5.2 \times 10^{-7}$	CL=90%
$D_s^- \pi^+ + \text{c.c.}$	$< 1.3 \times 10^{-4}$	CL=90%
$D_s^- \rho^+ + \text{c.c.}$	$< 1.3 \times 10^{-5}$	CL=90%

ψ(2S)

$D^0 e^+ e^- + \text{c.c.}$	$< 1.4 \times 10^{-7}$	CL=90%
$\Lambda_c^+ \bar{\Sigma}^- + \text{c.c.}$	$< 1.4 \times 10^{-5}$	CL=90%

[arXiv:1202.2955](https://arxiv.org/abs/1202.2955)

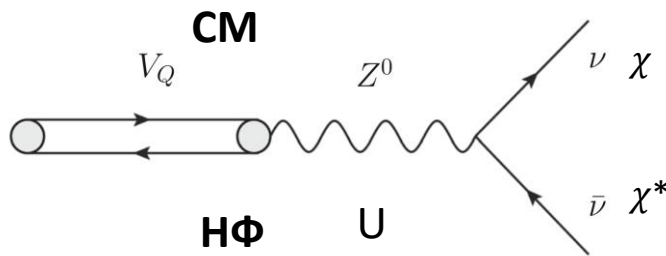
Пример: невидимые распады чармония

➤ $\psi(nS) \rightarrow (c\bar{c}) h/\gamma, c\bar{c} \rightarrow \text{invisible}$

Предсказание СМ: $\sim 3 \times 10^{-8}$

Перспектива: обнаружение НФ (легкая темная материя, нейтрино)

Как измерить: тагирование с помощью каскадных распадов $\psi(nS)$



Мода рождения чармония из $\psi(nS)$	Бранчинг	Число событий (за год работы)	Верхний предел
$\psi(2S) \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^-$	$(34.69 \pm 0.34) \%$	2×10^{10}	$< 7 \times 10^{-4}$
$\psi(2S) \rightarrow J/\psi \pi^0 \pi^0$	$(18.2 \pm 0.5) \%$	10^{10}	$< 7 \times 10^{-4}$
$\psi(2S) \rightarrow J/\psi \eta$	$(3.37 \pm 0.06) \%$	2×10^9	$< 7 \times 10^{-4}$
$\psi(2S) \rightarrow J/\psi \pi^0$	$(1.268 \pm 0.032) \times 10^{-3}$	9×10^7	$< 7 \times 10^{-4}$
$\psi(2S) \rightarrow \chi_{c0} \gamma$	$(9.75 \pm 0.22) \%$	7×10^9	—
$\psi(2S) \rightarrow \chi_{c1} \gamma$	$(9.75 \pm 0.27) \%$	7×10^9	—
$\psi(2S) \rightarrow \chi_{c2} \gamma$	$(9.38 \pm 0.23) \%$	7×10^9	—
$\psi(2S) \rightarrow \eta_c \gamma$	$(3.6 \pm 0.5) \times 10^{-3}$	3×10^8	—
$J/\psi \rightarrow \eta_c \gamma$	$(1.41 \pm 0.14) \%$	3×10^9	—

[arXiv:1202.2955](https://arxiv.org/abs/1202.2955)

Пример: $e^+ e^- \rightarrow D^{*0}$ (2007)

➤ Нейтральный ток, нарушающий флэйвор (FCNC) в чарм секторе: $c \rightarrow u l^+ l^-$

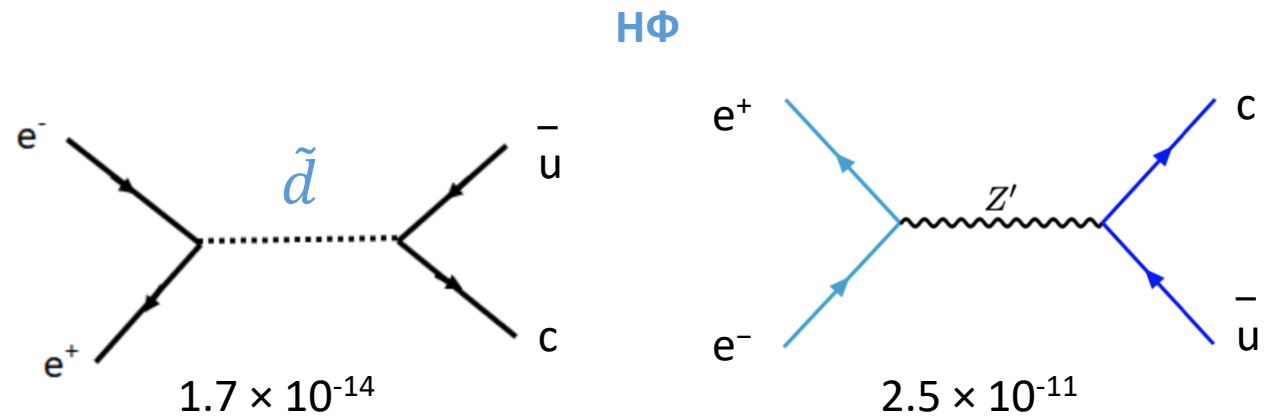
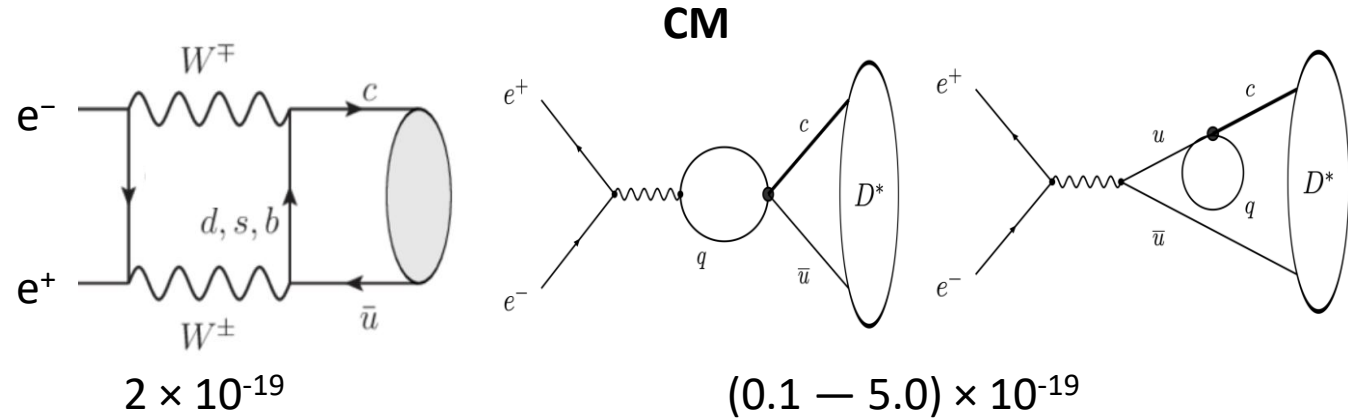
Вместо $D^0 \rightarrow e^+ e^-$ будем изучать $e^+ e^- \rightarrow D^{*0}$ (1^{--}).

Предсказание СМ: $\sim 10^{-18} - 10^{-19}$.

Перспектива: обнаружение НФ
(суперсимметричный скварк $\sim 10^{-14}$,
меняющий аромат бозон $Z' \sim 10^{-11}$)

КМД-3 (2020, 20 1/пб):
 $B(D^{*0} \rightarrow e^+ e^-) < (1.7 \times 10^{-6})$ (90% C.L.)

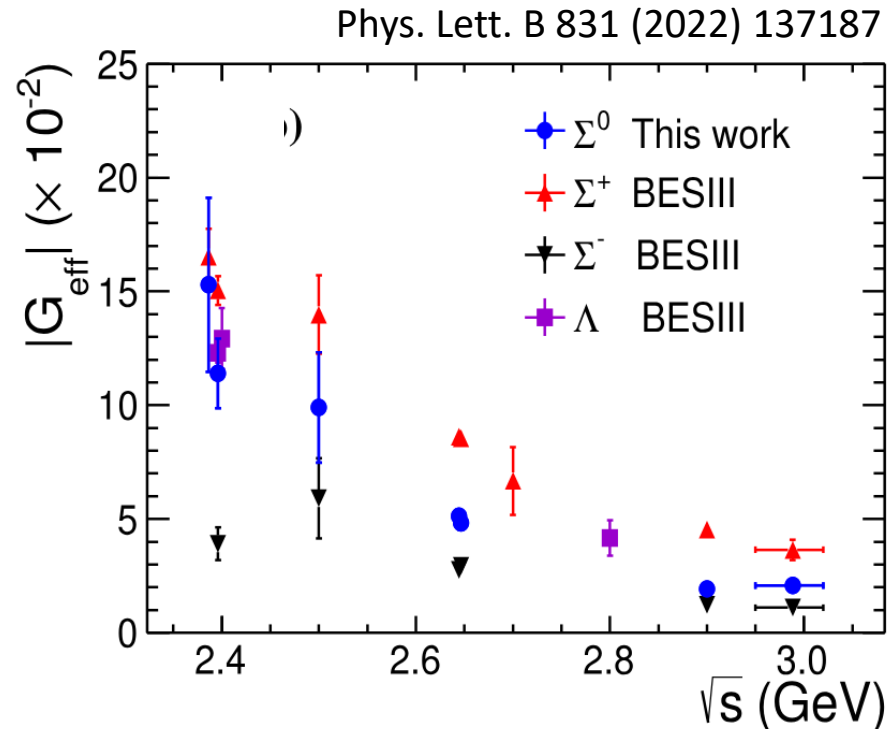
ВЭПП-6: $\sim 10^{-10}$ за год работы



Электромагнитные формфакторы гиперонов

Первые результаты по измерению ЭМФФ для гиперонов в эксперименте BESIII.

Energy	\mathcal{L} (pb ⁻¹)
2.3864	22.6
2.3960	66.9
2.6544	67.8
2.9000	105.5
2.9500	16.0
2.9810	16.0
3.0000	15.8
3.0200	17.3
3.0800	126.6



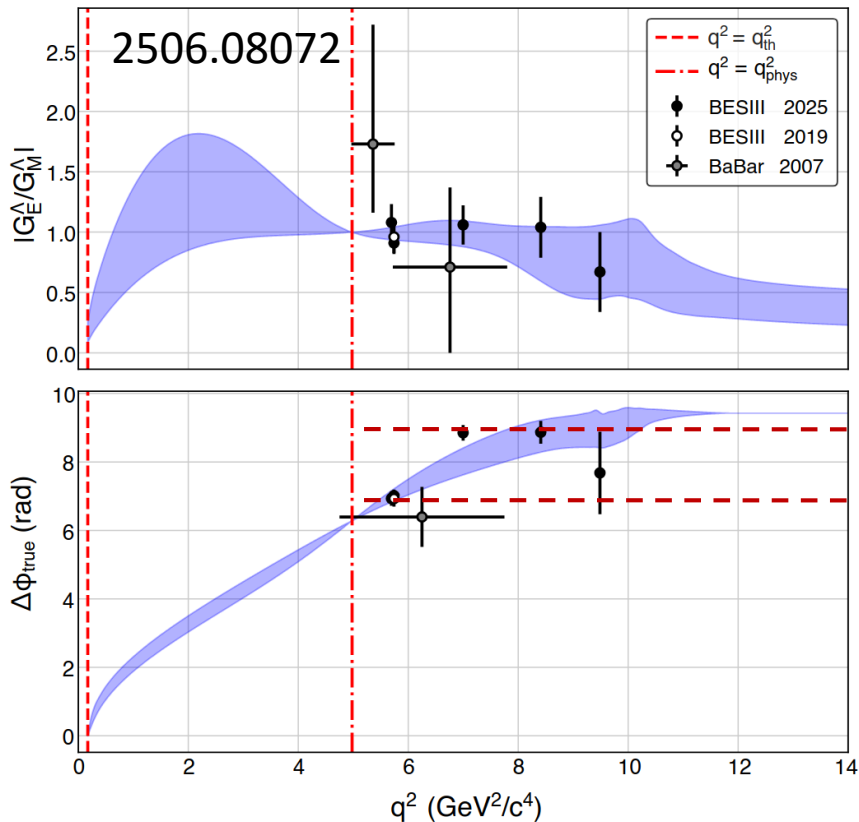
BESIII: статистика в области $< \sim 3$ ГэВ всего $O(100 \text{ пб}^{-1})$, несколько точек по энергии.

ВЭПП-6: ЭМФФ и относительная фаза могут быть детально (с малым шагом по энергии) и с высокой точностью (статистикой) измерены от порога рождения ~ 2 ГэВ и до ~ 3 ГэВ.

При проектной светимости ВЭПП-6, темп набора статистики составит $\sim 200 \text{ пб}^{-1}$ в сутки!

Электромагнитные формфакторы гиперонов: Λ

Первые результаты по измерению ЭМФФ для Λ -гиперонов в эксперименте BESIII.



Energy	\mathcal{L} (pb ⁻¹)
2.3864	22.6
2.3960	66.9
2.6544	67.8
2.9000	105.5
3.0800	126.6

Energy	$\Delta\Phi$ (°)
2.3864	37(12)(01)
2.3960	42(10)(02)
2.6454	147(13)(01)
2.9000	148(19)(01)
3.0800	80(69)(02)

$M(\Sigma\Sigma) \approx 2380$ МэВ

$M(\Xi\Sigma) \approx 2630$ МэВ

Скачкообразное изменение фазы?

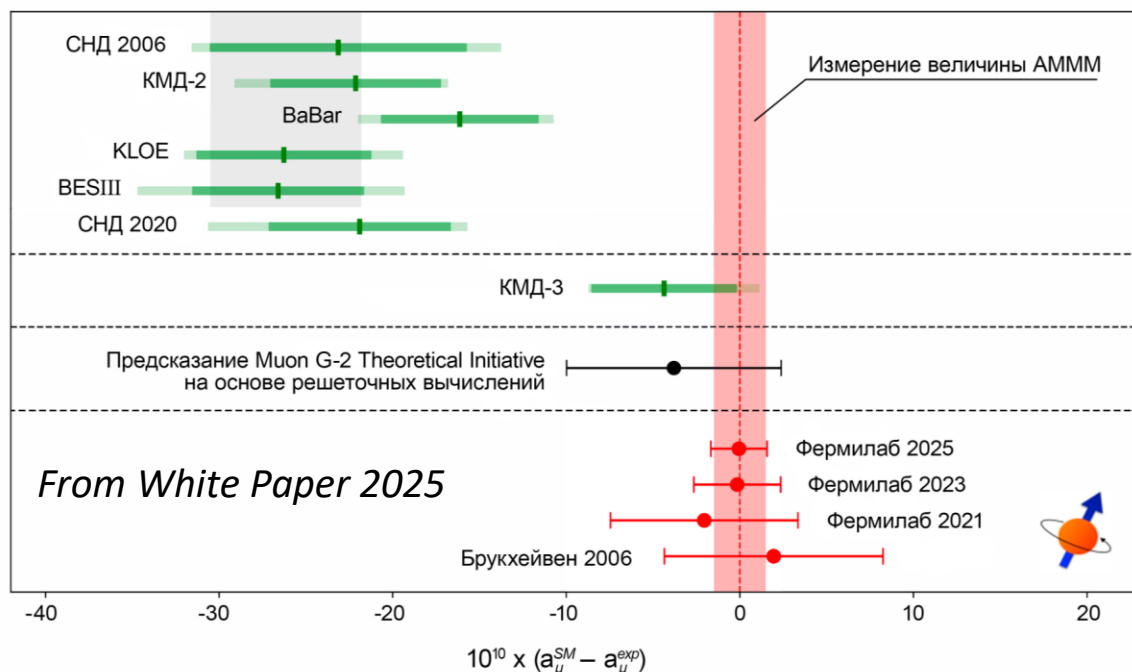


Подробное сканирование с высокой светимостью

Какова зависимость ФФ и $\Phi(s)$ вблизи порогов рождения более тяжелых гиперонов?

Измерение $\sigma(e^+e^- \rightarrow \text{адроны})$

Аномальный магнитный момент мюона



Предсказание СМ для a_μ базируется на измеренной зависимости $\sigma(e^+e^- \rightarrow \text{адроны})$ от энергии

Точность теоретического предсказания хуже точности измерения a_μ .

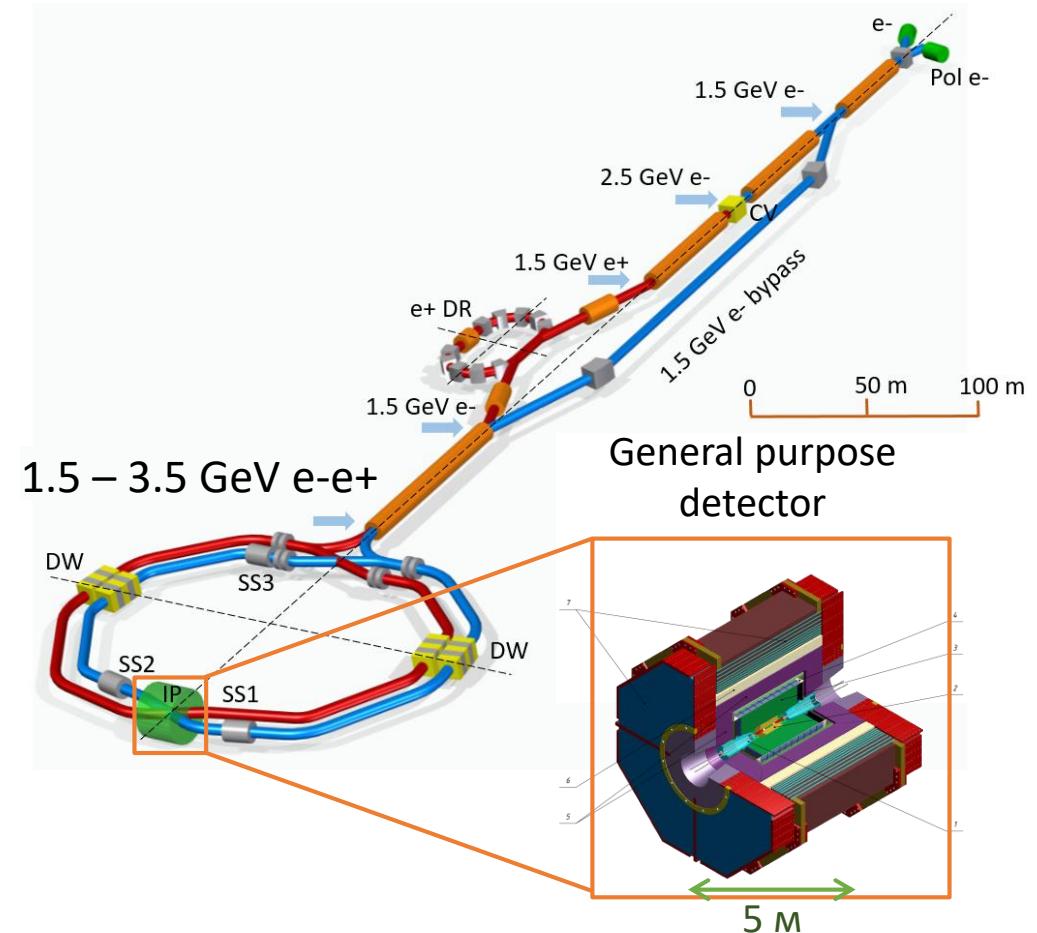
Необходимо улучшить точность измерения $\sigma(e^+e^- \rightarrow \text{адроны})$ в 3-4 раза

- $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ с точностью 0.2% - ВЭПП-2000
- $e^+e^- \rightarrow KK$ с точностью 0.6% - ВЭПП-2000, ВЭПП-6
- $e^+e^- \rightarrow 4\pi$ с точностью 1% - ВЭПП-6
- Другие многоадронные каналы – ВЭПП-6

А также измерение инклюзивного $R(s)$ во всем диапазоне энергий

ВЭПП-6 и Супер с-тау фабрика (SCTF)

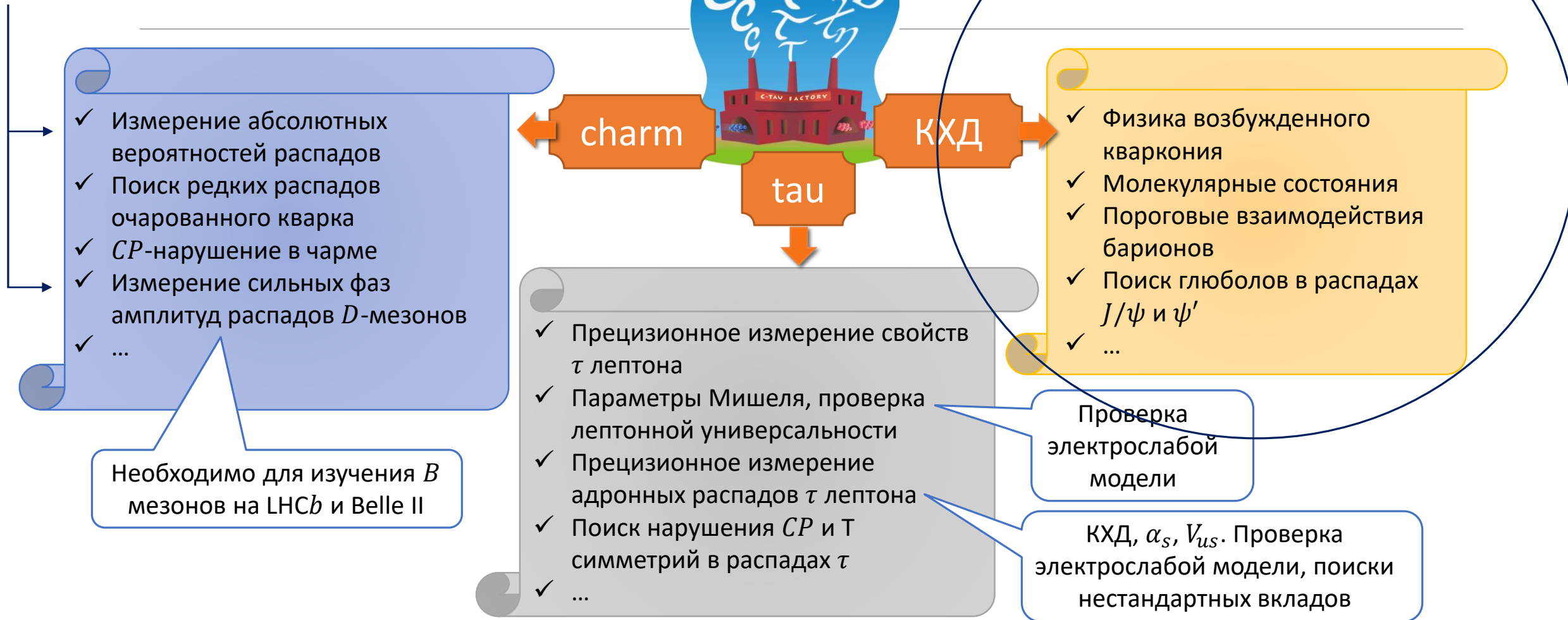
- SCTF: e^+e^- -коллайдер для прецизионных экспериментов с очарованными адронами и тау-лептоном и поиска Новой физики
 - Диапазон энергий от 3 до 7 ГэВ
 - Светимость $\mathcal{L} = 10^{35} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$ @ 2 ГэВ
 - Поляризованный пучок электронов
- Сравнение с ВЭПП-6
 - Рабочий диапазон энергий SCTF выше ВЭПП-6 (хотя пересекаются)
 - SCTF в 2.5 раза больше
 - Другие приоритеты физической программы – дополняют друг друга



Физическая программа SCTF

ВЭПП-6

ВЭПП-6 на высокой энергии



Физическая программа ВЭПП-6

Фабрика чармония (ψ' , J/ψ , а также h_c , η_c , χ_c в их распадах)

- радиационные и адронные переходы в системе чармония
- адронные распады чармония => спектроскопия легких адронов, поиск гибридов и глюболов
- слабые распады J/ψ
- невидимые распады J/ψ (поиск «темного» фотона, аксионы и др.)

Структура e^+e^- => адроны в сканировании

- прямое измерение R в области от 1 до 3 ГэВ
- эксклюзивные многочастичные конечные состояния => динамика (амплитудный анализ)
- $(g-2)$, $\alpha(s)$, тест моделей pQCD, вычисления на решетках и др.

Физика барионов

- ЭМ формфакторы гиперонов
- относительная фаза ЭМФФ, поляризация гиперонов
- взаимодействие адронов в конечном состоянии

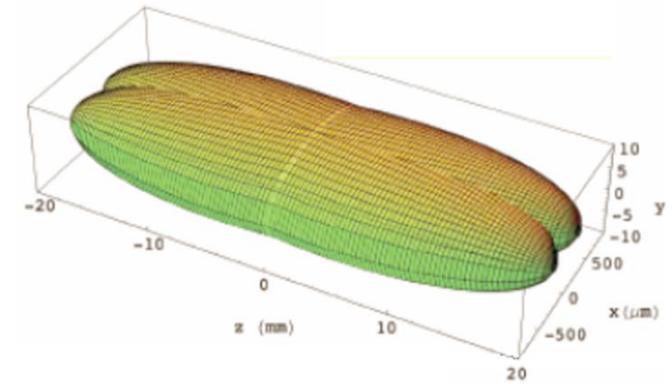
Дополнительные возможности:

- новая физика, e^+e^- => D^{*0} (большая статистика)
- энергетическое сканирование сечений $e^+e^- \rightarrow DD, DD\pi, DD^*, DD\pi\pi, D^*D^*...$ (повышенная энергия)
- двухфотонная физика, физика τ и т.д.

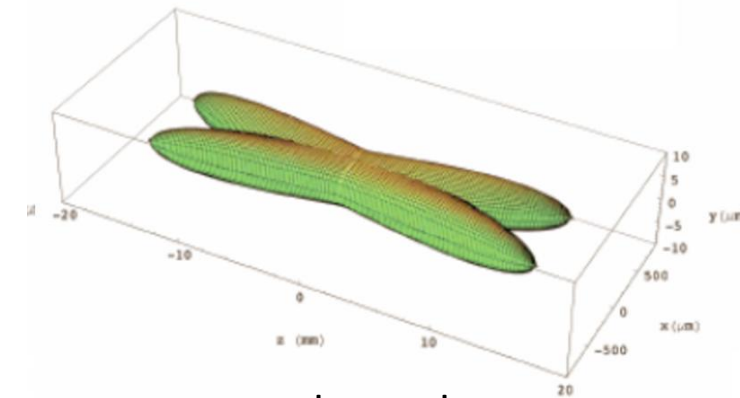
Требования к коллайдеру

1. Наиболее компактный (стоимость)
2. Энергия пучка 500-2100 МэВ
3. Ток пучка $I_{beam} \leq 1.5 \text{ A}$ (PEPII: $I(e^+) = 3.2 \text{ A}$, DAΦNE: $I(e^-) = 2.45 \text{ A}$)
4. $\mathcal{L} \gtrsim \mathcal{L}_{\text{record}}$, $\beta_y^* = 3 \text{ мм}$, крабовая перетяжка, ФФ расслабленный
для информации:
ФФ близок к Супер С-Тау, $\beta_y^* = 1 \text{ мм}$
5. Удовлетворительное время жизни
 $\tau_{\text{Тушек}} \geq 900 \text{ (600, 300) с}$

«Лобовое»
столкновение



Crab-waist
столкновение
(крабовая
перетяжка)



Позволяет «обойти» эффекты встречи и hour glass.
Проблема: устойчивость движения пучков.

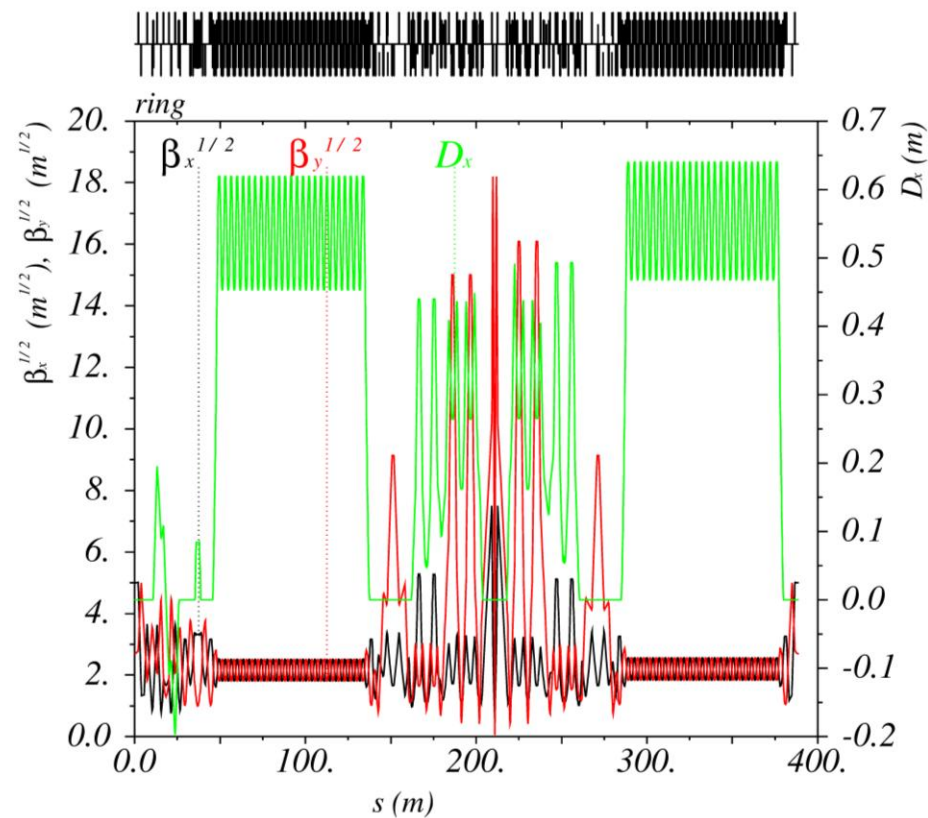
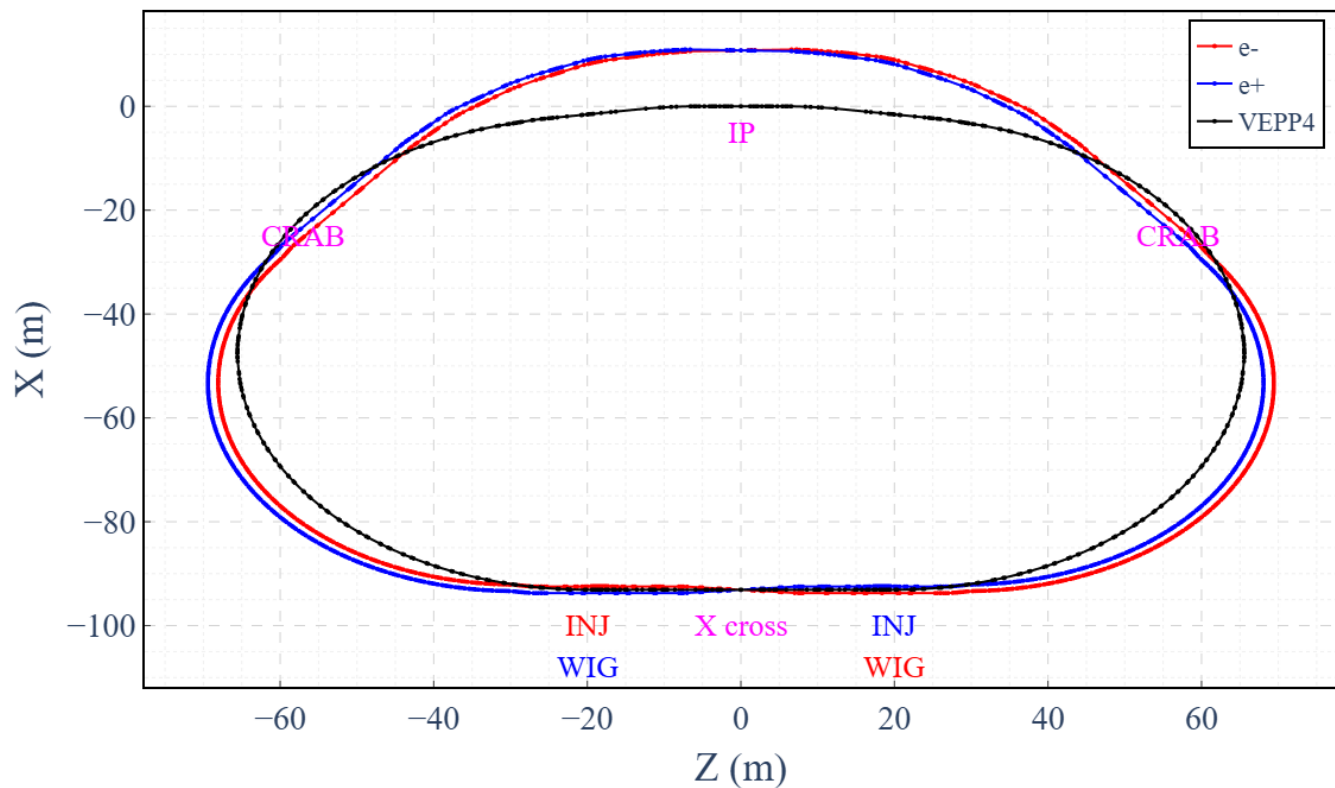
Параметры ВЭПП-6

	DAΦNE	ВЭПП-2000	БЕРСИ	БЕРСИ
П, м	97	24.39	237.53	237.53
E_{beam} , МэВ	500	900	1550	1900
\mathcal{L} , $10^{32} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$	2.13 <small>KLOE-2</small> 4.53 <small>SIDDHARTA</small>	0.9	3.1	10

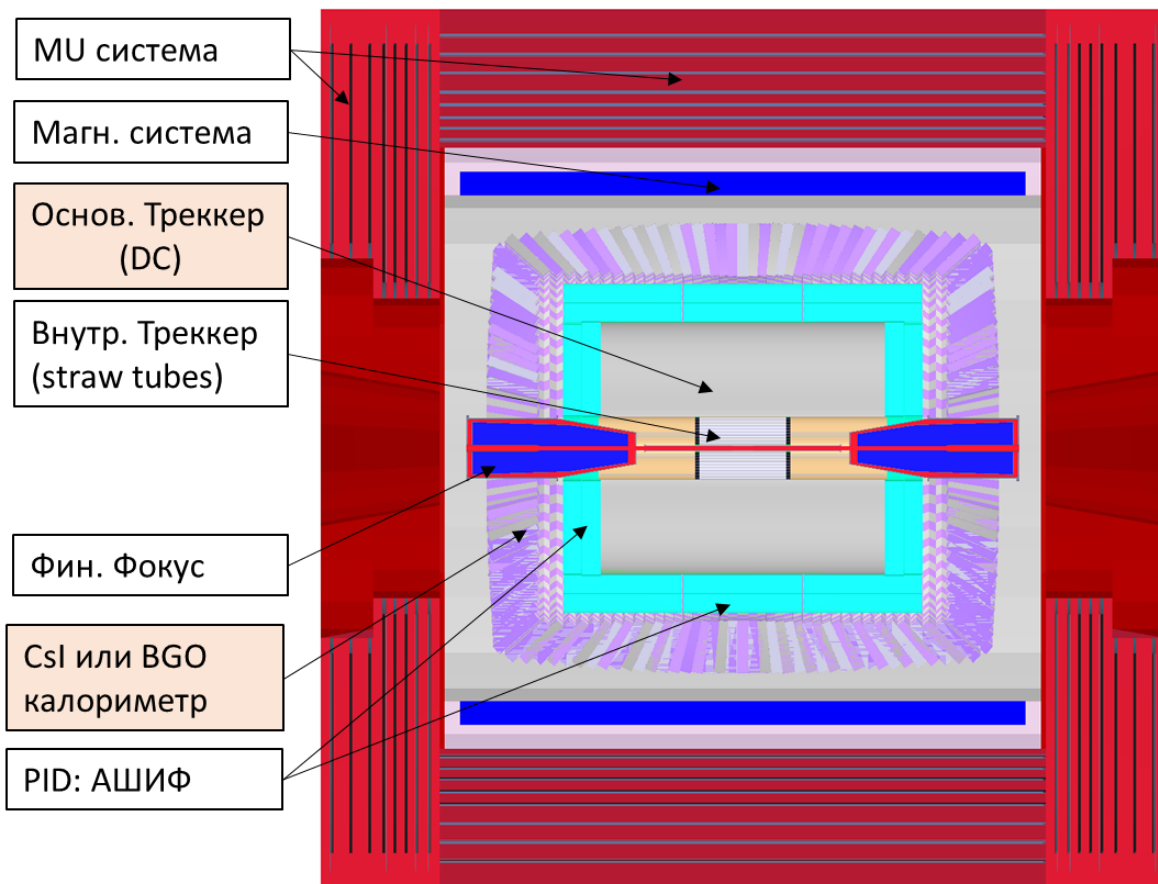
E , МэВ	500	1000	1550	2100
П, м	388			
2θ , мрад	50			
β_x^*/β_y^* , мм	150/3			
I_{tot} , А	0.26	0.78	1.5	1.5
ϵ_x , nm	55	33	31	30
$T_{Touschek}$, с	900	900	1000	2000
\mathcal{L} , $10^{32} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$	1.7 (DAΦNE: 2-4)	25 (ВЭПП-2000: 0.9)	150 (БЕРСИ: 3.1)	200 (БЕРСИ: 10)

Магнитная структура ВЭПП-6

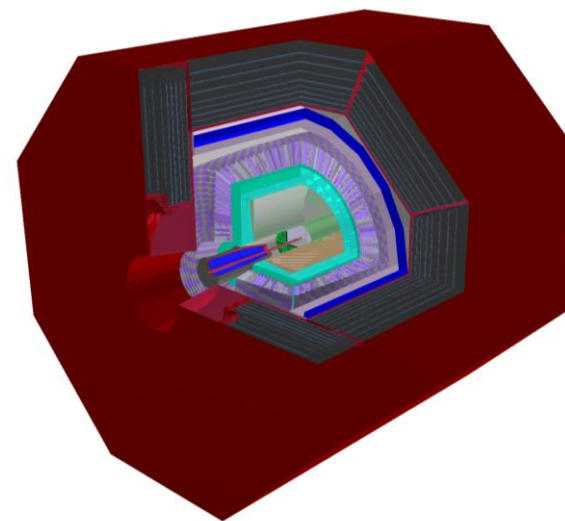
Layout



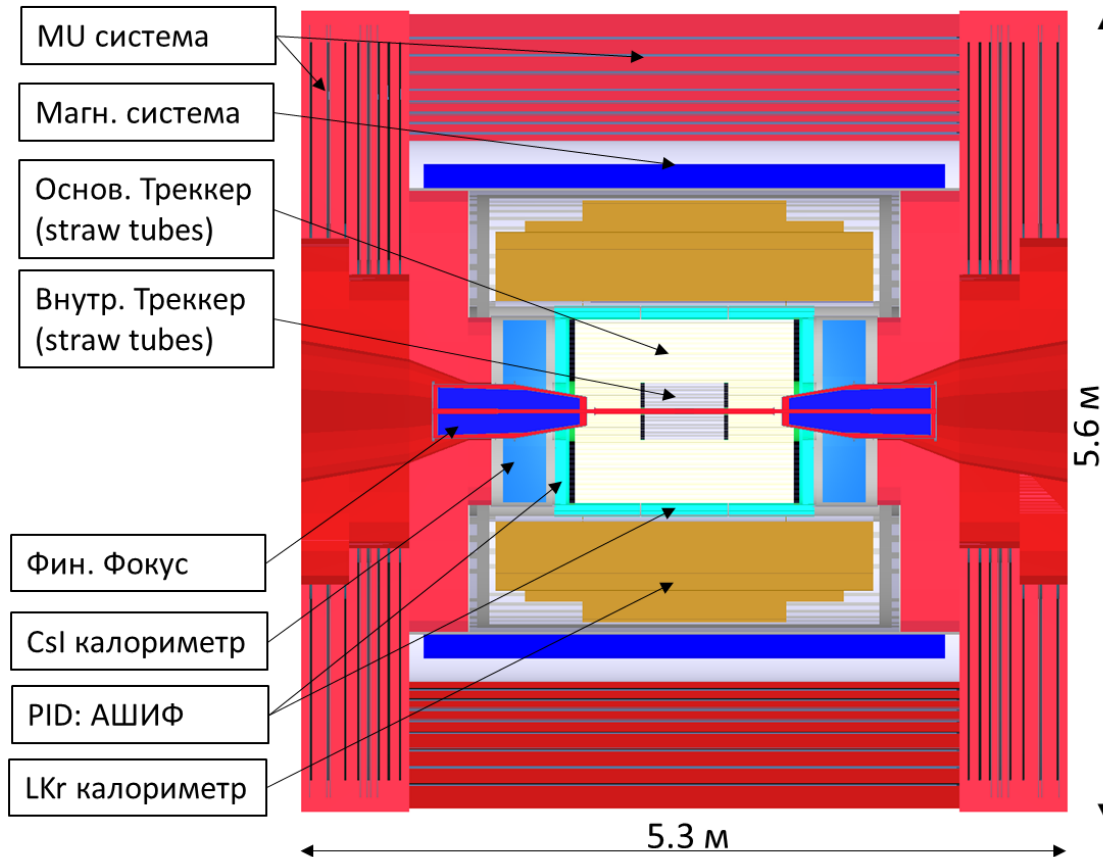
Концепция детектора



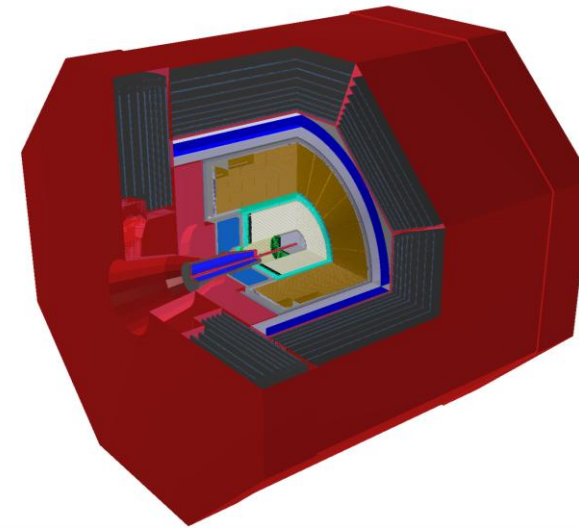
- Хорошее импульсное разрешение
- Хорошее энергетическое разрешение в калориметре для фотонов
- π/K разделение до ~ 1.5 ГэВ
- Производительная система сбора данных (~ 30 кГц)



Концепция детектора: фаза 1



- Для первой фазы экспериментов рассматривается возможность использовать калориметры и аэрогель эксперимента КЕДР

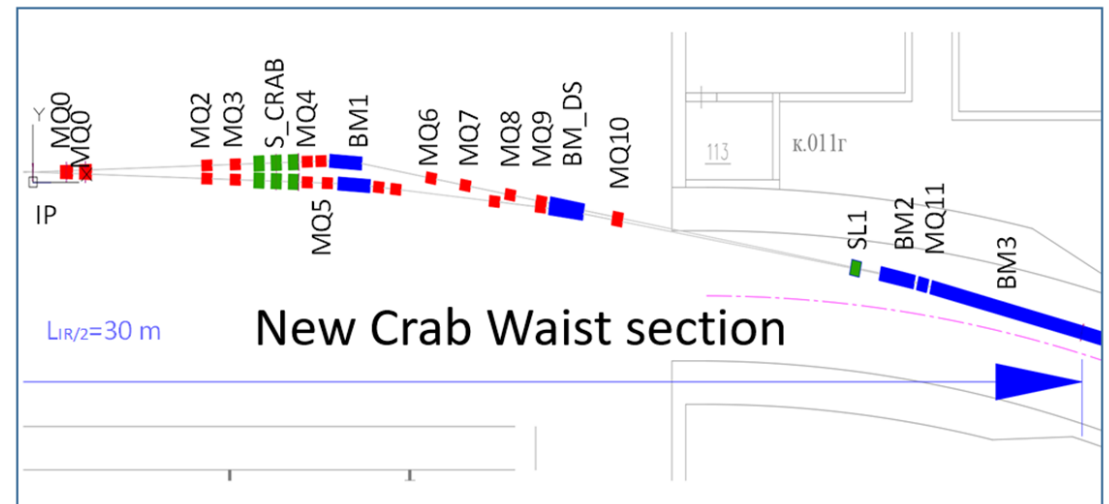
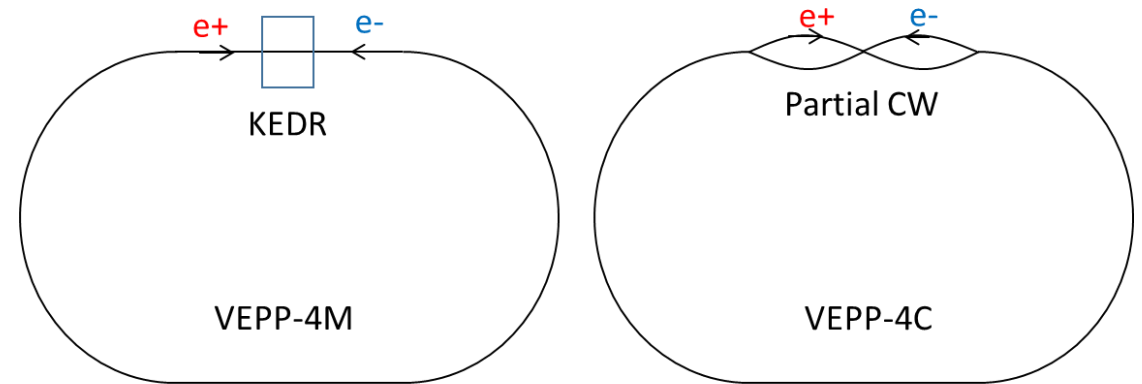


Вопросы и проблемы CW коллайдеров

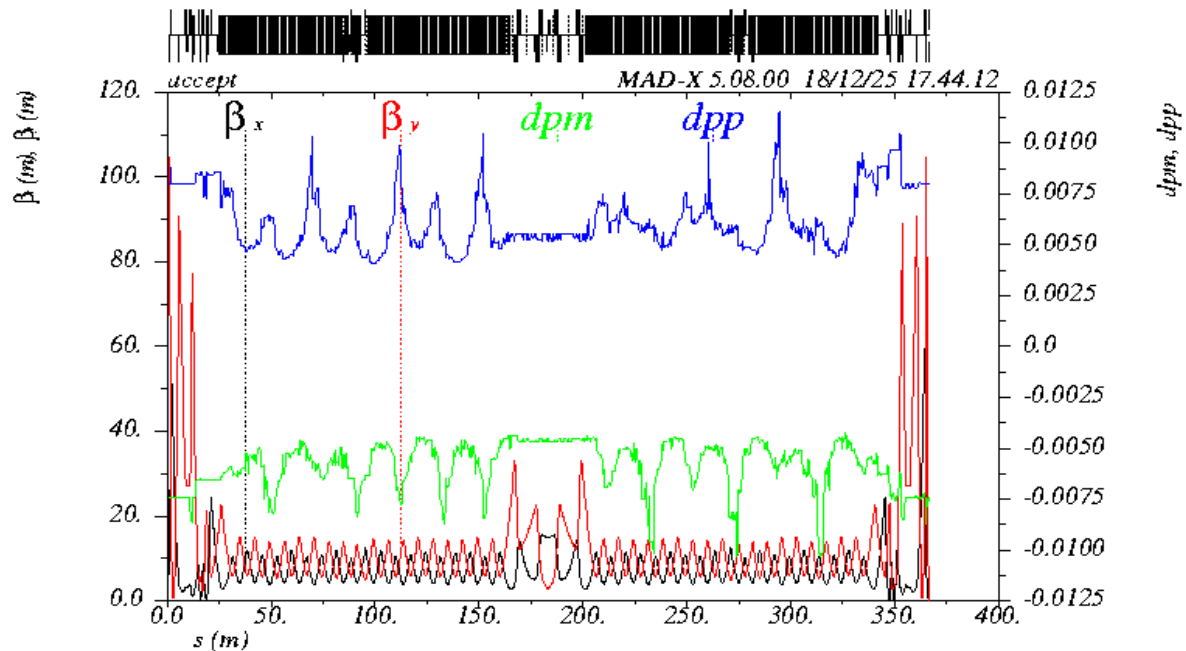
- Эффекты встречи с большим углом Пивинского и CW
- Нелинейная динамика и крабовые секступоли, ограничение динамической апертуры и времени жизни по Тушеку
- Зависимость параметров встречи от энергии пучка
- Фоны в области детектора
- Проектирование квадруполь и соленоидов *финального фокуса* (FF)
- Конструкция криостата и криосистемы
- Конструкция и охлаждение вакуумной камеры в *месте встречи* пучков (IP)
- Импеданс вакуумной камеры в IP
- Система разведения/сведения пучков в IP
- Необходимая точность сборки и выставки элементов FF
- Влияние поля детектора на механическую устойчивость системы FF и динамику пучка
- Влияние потерь частиц на «срывы» поля сверхпроводящих квадруполь FF

ВЭПП-4К: первый шаг к ВЭПП-6

- Идея: на базе существующего ВЭПП-4М создать ускорительный стенд ВЭПП-4К по изучению метода крабовой перетяжки
 - Модифицируется прямолинейный промежуток ВЭПП-4М
 - Электростатическое разведение пучков
 - Ожидаемый рост светимости $\times 20-50$
- Изучаются:
 - конструкция места встречи, нелинейная динамика пучков, эффекты встречи, фоны,...
- Интересно для всех будущих коллайдеров



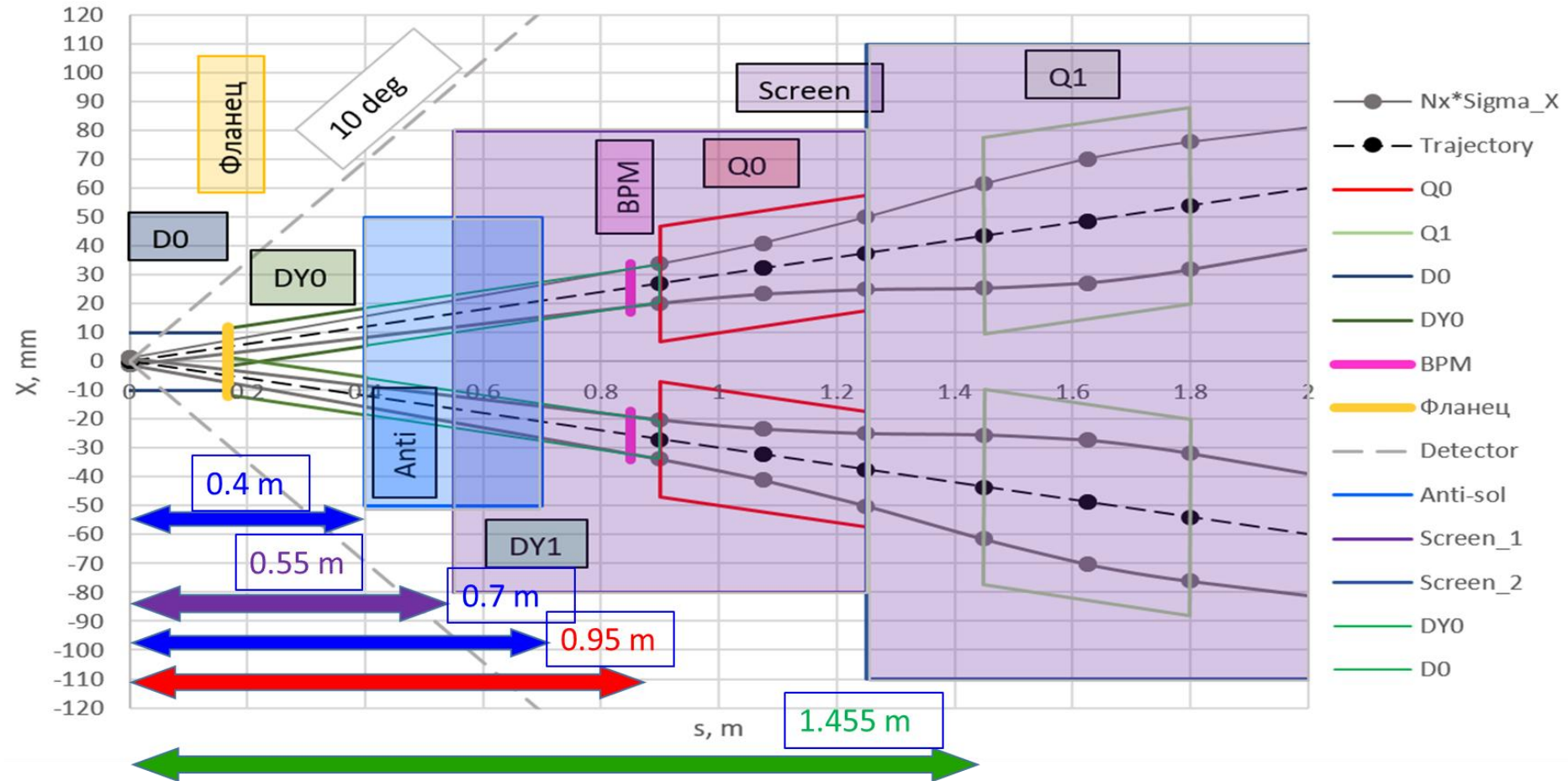
Параметры ВЭПП-4К



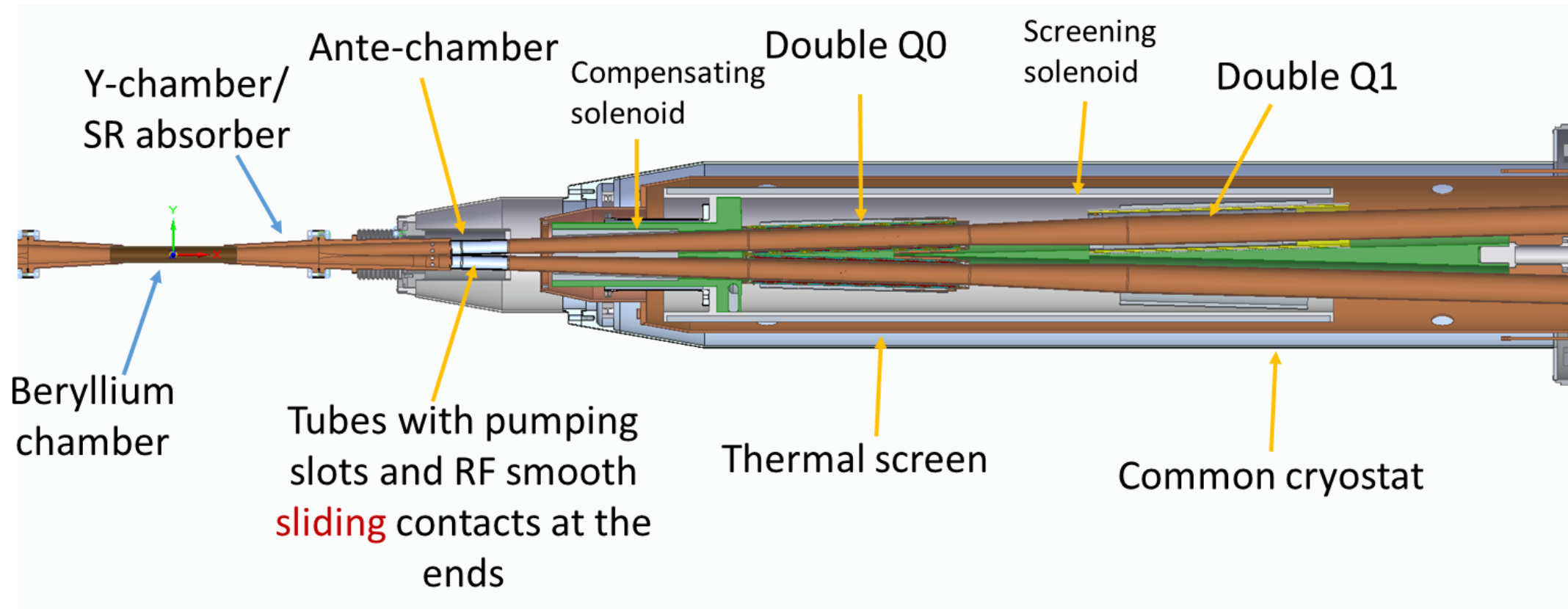
	ВЭПП-4М	ВЭПП-4СW	ВЭПП-4СW	ВЭПП-4СW	ВЭПП-4СW
E, GeV	1850	1000	1400	1850	1850
П, m	366.09	366.23	366.23	366.23	366.23
θ , mrad	0	± 25	± 25	± 25	± 25
I, mA	3.300	0.015*	0.015*	0.015*	0.015*
Ne x 10 ⁻¹⁰	2.5	11.4	11.4	11.4	11.4
Nb	1	1	1	1	1
Qx / Qy	8.54 / 7.58	11.54 / 7.58	11.54 / 7.58	11.54 / 7.58	11.54 / 7.58
Cx / Cy	-14 / -20	-23 / -48	-23 / -48	-23 / -48	-23 / -48
$\alpha \times 10^2$	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5
ϵ_x , nm	25.8	53.7	28.4	25.6	27.3
κ	0.10	0.05	0.05	0.05	0.025
$\sigma_E \times 10^4$	3.2	4.9	4.1	4.5	4.6
σ_s , mm	27.8	30.0	29.9	37.5	37.9
$\beta_x^* / \beta_y^* / D_x^*$, cm	75 / 7 / 83	15 / 1 / 0	15 / 1 / 0	15 / 1 / 0	15 / 1 / 0
ξ_X / ξ_Y	0.026 / 0.051	0.007 / 0.067	0.005 / 0.066	0.002 / 0.042	0.002 / 0.057
$\tau_X / \tau_Y / \tau_S$, sec	0.12 / 0.13 / 0.07	0.72 / 0.72 / 0.36	0.11 / 0.11 / 0.06	0.11 / 0.11 / 0.06	0.11 / 0.11 / 0.06
L, cm ⁻² sec ⁻¹ x 10 ⁻³⁰	1.0	21.1	29.6	24.9	33.8
Время жизни по Туш., sec	~5000	1500	1600	3100	2100

* - с обратной связью

ВЭПП-4К: место встречи



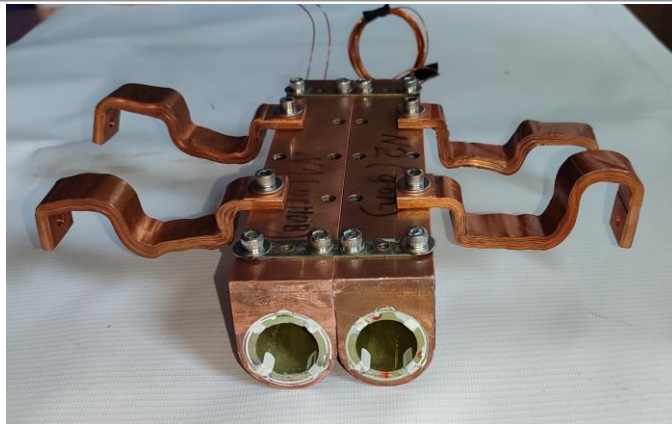
ВЭПП-4К: место встречи



Испытание двухапертурной линзы



Криостат косвенного охлаждения в ИЯФ

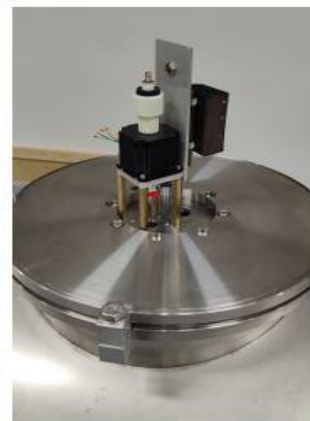
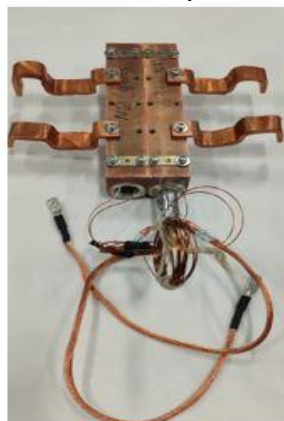


Блок квадруполей, собранный для магнитных измерений



Измерительная рама с шаговым двигателем

Процесс установки квадрупольного линзового блока в криостат с косвенным охлаждением



Заключение

ВЭПП-6 – проект коллайдера, который станет флагманской установкой в мире в области энергий 1-4 ГэВ в системе центра масс на ~20 лет

Актуальность ВЭПП-6 сохраняется и в случае запуска STCF в Китае

Благодаря синергии с проектом Супер с-тау фабрики, множество аспектов ВЭПП-6 уже хорошо проработаны (но не все!)

Ведется активная работа по детализации физической программы, проектированию коллайдера и детектора, прототипированию отдельных систем.

В качестве первого этапа реализации планируется провести экспериментальное изучение метода встречи crab-waist с использованием существующего коллайдера ВЭПП-4М (проект ВЭПП-4К).

ВЭПП-6 заявлен как один из флагманских проектов в разрабатываемой федеральной программе «Фундаментальные свойства материи»