

Улсын бүртгэлийн дугаар

.....
Аравтын бүрэн
ангиллын код

Нууцын зэрэглэл: А

Сэдэвт ажлыг хэрэгжүүлэх
гэрээний дугаар: ШуСс-2018/68

ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ
ФИЗИК ТЕХНОЛОГИЙН ХҮРЭЭЛЭН

ЭЛЕКТРОН, ПОЗИТРОНЫ ХУРДАСГУУР ДЭЭР ҮҮССЭН С-КВАРК БҮХИЙ ХОВОР ҮЗЭГДЛИЙН СУДАЛГАА

Суурь судалгааны сэдэвт ажлын тайлан
2018 - 2021

Сэдэвт ажлын удирдагч:

Б.Хүрэлбаатар

Санхүүжүүлэгч байгууллага:

Захиалагч байгууллага:

Тайлан өмчлөгч:

Шинжлэх Ухаан Технологийн Сан

Боловсрол, Шинжлэх Ухааны Яам

Физик Технологийн Хүрээлэн

Энхтайвны өргөн чөлөө 54Б

Улаанбаатар 13330

Утас: 451903, 80115723

Цахим хаяг: hurleebegz@gmail.com

Улаанбаатар

2021 он

СЭДЭВТ АЖЛЫН ГҮЙЦЭТГЭГЧИД:

1. Бэгзсүрэн ХҮРЭЛБААТАР

ФТХ-ийн Онолын ба Эгэл бөөмийн физикийн лабораторийн эрдэм шинжилгээний тэргүүлэх ажилтан, сэдвийн удирдагч Доктор (Ph.D)

2. Цэднээ БАНЗРАГЧ

ФТХ-ийн Онолын ба Эгэл бөөмийн физикийн лабораторийн эрдэм шинжилгээний дэд ажилтан, Магистр

3. Галбадрах ОЮУНЖАРГАЛ

ФТХ-ийн Онолын ба Эгэл бөөмийн физикийн лабораторийн эрдэм шинжилгээний дадлагжигч ажилтан, Магистр

4. Эрдэнэбат НОМИН-ЭРДЭНЭ

ФТХ-ийн Онолын ба Эгэл бөөмийн физикийн лабораторийн эрдэм шинжилгээний дадлагжигч ажилтан, Магистр

Агуулга

Нэр томъёо, товчилсон үгийн тайлбар жагсаалт.....	iii
РЕФЕРАТ.....	4
НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ. БЭС III ОЛОН УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААНЫ МЕГА ТӨСӨЛ	5
1.1 БЭС III хамтын ажиллагаа ба түүний ирээдүйн физикийн хөтөлбөр.....	5
1.2 Бээжингийн электрон позитроны хурдасгуурын ба БЭС III-ийн детекторуудын шинэчлэлтүүд	12
ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. С - КВАРК БҮХИЙ ХОВОР ҮЗЭГДЛИЙН СУДАЛГАА.....	14
2.1 БЭС III туршилтанд оролцож байгаа нь	14
2.2 БЭС III хамтын ажиллагааны хүрээнд С-кварк бүхий ховор үзэгдлийн судалгаанд орлцож байгаа байдал, явц	18
2.3 2018 -2021 онд хэвлэгдсэн бүтээлийн жагсаалт	23

Нэр томъёо, товчилсон үгийн тайлбар жагсаалт

1. Физик, технологийн хүрээлэн - ФТХ
2. Их энергийн физикийн хүрээлэн - ИЭФХ
3. Хоёр дугаар үеийн Бээжингийн электрон позитроны хурдасгуур - БЭПХ II
4. Бээжингийн электрон спектрометр - БЭСIII
5. Particle data group – PDG

РЕФЕРАТ

БНХАУ-ын Бээжин хотод байрлах ИЭФХ-д хэрэгжиж байгаа олон улсын шинжлэх ухааны МЕГА төсөл БЭСIII-ийн талаар дэлгэрэнгүй мэдээллийг 2015-2017 онд хэрэгжсэн **“ЭГЭЛ БӨӨМИЙН ХАРИЛЦАН ҮЙЛЧЛЭЛИЙН СУДАЛГААГ БЭЭЖИНГИЙН ЭЛЕКТРОН, ПОЗИТРОНЫ ХУРДАСГУУР ДЭЭР ЯВУУЛАХ”** сэдэвт суурь судалгааны ажлын тайланд тусгасан учраас 2018 оноос БЭСIII-ийн үйл ажиллагаанд орсон гол өөрчлөлтүүд, шинэлэг, дэвшилтэт талуудын талаар энэ тайланд тусгах болно.

Уг тайлан нь доорх хоёр бүлгээс бүрдэнэ. Үүнд:

1-р бүлэгт БЭС III ОЛОН УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААНЫ МЕГА ТӨСӨЛ

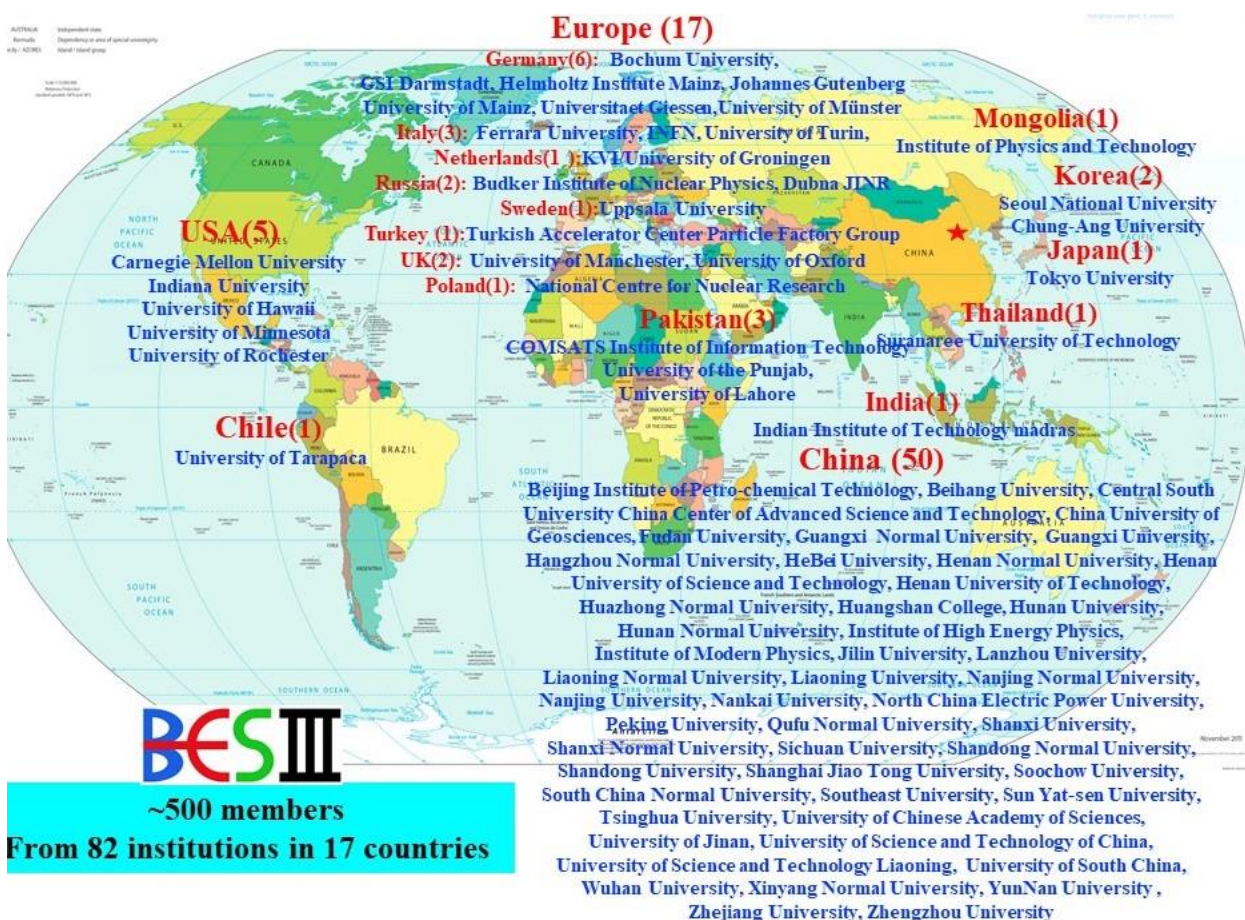
2-р бүлэгт с- кваркыг агуулсан ховор үзэгдлийн судалгаа

НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ. “БЭС III” ОЛОН УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААНЫ МЕГА ТӨСӨЛ

1.1 БЭС III хамтын ажиллагаа ба түүний ирээдүйн физикийн хөтөлбөр

БЭС III хамтын ажиллагаанд 2018 онд шинээр гишүүнээр Английн Манчестерийн их сургууль, Охсфордын их сургууль тус тус элсэн орсон.

Одоогийн байдлаар дэлхийн 17 орны 82 гаруй институт, их сургуулийн 500 гаруй эрдэмтэн, судлаачид БЭС III хамтын ажиллагааны гишүүнээр ажиллаж, судалгаа, шинжилгээний ажлаа хамтран эрчимтэй явуулж байна.



Зураг 1. БЭСIII хамтын ажиллагааны гишүүн орнуудын газар зүйн байрлалын зураг.

Материйн бүтцийн орчин үеийн төсөөллийг маш товчоор дараах байдлаар илэрхийлж болно:

- Атом болон атомуудаас тогтсон(бүтсэн) молекулууд химийн субстанцийг (элементүүдийг) бүрдүүлнэ.
- Харин атом нь нэмэх цэнэгтэй цөм (диаметр нь ойролцоогоор $d \sim 10^{-15}$ м), түүнийг тойрон эргэлдэх хасах цэнэгтэй электронуудаас тогтоно. Электронууд нь тодорхой орбитоор (дундаж диаметр нь $d \sim 10^{-15}$ м) эргэлдэнэ.
- Атомын цөм нь протон, нейтронуудаас бүрдэнэ. Протон, нейтронуудыг нуклон гэж нэрлэдэг
- Нуклон тус бүр нь (хамгийн энгийнээр хэлэхэд) гурван кваркаас тогтоно. Одоогийн байдлаар 6-н кварк байгаа нь туршилтаар тогтоогдсон $\begin{pmatrix} u & c & t \\ d & s & b \end{pmatrix}$. Кваркууд нь лептонууд $\begin{pmatrix} e & \mu & \tau \\ \nu_e & \nu_\mu & \nu_\tau \end{pmatrix}$ –ын хамт жинхэнэ эгэл бөөмсийг бүрдүүлдэг.

Эгэл бөөмс гэсэн учир нь одоогоор кваркуудын дотор тэдгээрээс жижиг бага бөөмс байгаа эсэх нь нотлогдоогүй. Тийм учраас тэдгээрийг цэгэн, эгэл бөөмс гэдэг. (дундаж диаметр нь $d \sim 10^{-17}$ м). Эдгээр эгэл бөөм тус бүрд харгалзсан эсрэг эгэл бөөм гэж байна. Эсрэг бөөмийн ойлголт нь орны (поля) релятив квант онолоос урган гарч ирсэн. Электроны эсрэг бөөм болох позитрон нь онолын хувьд Диракийн тэгшитгэлийн шийд болж, урьдчилсан таамаглагдсан бөгөөд туршилтаар 1932 онд батлагдсан.

Кварк, лептонуудыг бас фермион гэж нэрлэдэг. Учир нь эдгээр бөөмсийн спины утга (эгэл бөөмсийн шинж чанарыг тодорхойлдог хэмжигдэхүүнүүдийн нэг) нь $1/2$, $3/2$, $5/2$ гэх мэт хагас бүхэл тоонууд байдаг. Ийм бөөмс нь Ферми-Диракийн статистикт захирагддаг учраас фермион гэсэн. Хэрэв бөөмийн спины утга нь бүхэл тоо байвал Бозе-Эйнштейний статистикт захирагдах бөгөөд бозон гэж нэрлэгддэг.

Одоогийн байдлаар дээрх кварк, лептонууд нь хоорондоо гравитацийн буюу таталцлын, цахилгаан соронзон, хүчтэй ба сул гэсэн 4 хүчээр харилцан үйлчлэлд ордог.

1. Гравитацын хүчээр харилцан үйлчлэх

Хоёр эгэл бөөмийн гравитацын харилцан үйлчлэл (ГХҮ) нь тэдгээр бөөмсийн масстай холбоотой байдаг. Эгэл бөөмсийн масс нь бага учраас ГХҮ-ийн хүч нь хэтэрхий сул байдаг. Иймд цаашид эгэл бөөмийн судалгаанд ГХҮ -ийг тооцохгүй байж болно. Харин маш их энергийн үед (Их тэсрэлтийн дараах багахан хоромд) ГХҮ-ийн хүчийг судлах асуудал маш чухал байдаг.

2. Цахилгаан соронзон харилцан үйлчлэл (ЦСХҮ)

Бүх цахилгаан цэнэгт бөөмс хоорондоо ЦСХҮ-ээр үйлчлэлцдэг. Квант электродинамикийн онолоор маш сайн (бүрэн гэж хэлж болно) судлагдсан.

3. Хүчтэй харилцан үйлчлэл (ХХҮ)

Энэ хүчний үйлчлэлээр кваркууд нуклон дотор, нуклонууд атомын цөм дотор хашигдан оршдог. ХХҮ-ээр хоорондоо харилцан үйлчлэлд ордог бөөмсийг адрон гэдэг. Адронууд нь мезон ба барион гэсэн 2 бүлэгт хуваагддаг.

1. Мезонууд нь бүхэл спинтэй тул бозонууд. Жишээ нь π^0, π^\pm .

2. Барионууд нь бүхэл хагас спинтэй учраас фермионууд. Жишээлбэл n, p, Δ^0 .

Адронууд нь кваркаас тогтдог. Тэгэхдээ барионууд нь 3-н кваркаас, мезонууд нь кварк, анти кваркаас тогтоно. Жишээ нь $p \equiv uud, n \equiv udd, \pi^+ \equiv u\bar{d}, \pi^- \equiv d\bar{u}, K^0 \equiv d\bar{s}$.

4. Сул харилцан үйлчлэл (СХҮ)

СХҮ -нь лептонуудын, лептон-адронууд, адронуудын хооронд явагддаг. Энэ харилцан үйлчлэл нь $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ процессыг судлах үед нээгдсэн. ХХҮ, ЦСХҮ-ээр явагддаг процессуудтай харьцуулахад энэ процесс нь их удаан юм.

Калибровк онол

Дээр дурдсанчлан эгэл бөөмийн (их энергийн) физикт сул, хүчтэй, цахилгаан соронзон харилцан үйлчлэлийг (одоогийн энергийн хүрээнд: $E < 10^{-15}$ ГэВ) авч үздэг. Энэ гурван хүч нь илрэх хэлбэр, үйлчлэх хүрээгээрээ тэс өөр өөр хүчнүүд боловч орчин үеийн калибровк онолын (Gauge theory, Калибровочная теория, тохируулах онол) хүрээнд дээрх гурван хүчийг нэгтгэх боломжтой. Энэ гурван хүч нь гурвуулаа gauge бозон солилцох замаар фермионуудын хооронд үйлчилнэ.

Глэшоу-Вайнберг-Саламын загвар

Цахилгаан соронзон харилцан үйлчлэл (ЦСХҮ) нь $U(1)$ калибровк онолоор тайлбарлагддаг. С.Глэшоу, С.Вайнберг, А.Салам нар ЦСХҮ-ийг сул харилцан үйлчлэлтэй $SU(2)_L \otimes U(1)$ группүүдийн шууд үржвэр маягаар нэгтгэж цахилгаан-сул харилцан үйлчлэл гэдэг ойлголтыг оруулж ирсэн. L гэдэг нь left гэдгийн товчилсон индекс. Сул харилцан үйлчлэлд зөвхөн зүүн бөөмс, баруун эсрэг бөөмс оролцдог. Зүүн бөөмс гэдэг нь уг бөөмийн спин нь импульсийнхээ эсрэг байрлалтай байхыг, баруун бөөм гэдэг нь уг бөөмийн спин нь импульсийнхээ дагуу чиглэлтэй байхыг тус тус хэлнэ.

Стандарт загвар

Квант хромодинамик(КХД)-т өнгө хоорондын харилцан үйлчлэл нь $SU(3)_c$ калибровка симметрээр тайлбарлагддаг. Тэгвэл $SU(3)_c$ группийн $SU(2)_L \otimes U(1)$ групптэй шууд үржигдэх үржвэр болох

$S = SU(3)_c \otimes SU(2)_L \otimes U(1)$ нь

стандарт загварын үндэс болдог. Өөрөөр хэлбэл цахилгаан-сул харилцан үйлчлэл нь хүчтэй харилцан үйлчлэлтэй нэгдэж болно. Тэгэхдээ стандарт загварын хүрээнд гурван хүч гурвуулаа тус тусдаа өөр өөрийн гэсэн “холбоосын тогтмолоор” тодорхойлогдоно.

$$g_3 = g_3 \rightarrow SU(3); g_2 = \frac{e}{\sin \theta_w} \rightarrow SU(2); g_1 = \frac{e}{\cos \theta_w} \rightarrow U(1)$$

e – элементар цахилгаан цэнэг, θ_w - Вайнбергийн өнцөг.

Энэ өнцөг нь уг загварын чөлөөт параметр бөгөөд туршилтаар тодорхойлогддог.

Эндээс харахад стандарт загвар нь төгс, дууссан онол биш гэдэг нь харагдаж байна.

Орчин үеийн физикийн гол зорилтууд нь стандарт загварын чөлөөт параметруудийг тодорхойлох, уг загварыг боловсронгуй, төгс болгоход оршино. Үүнд холбоосын тогтмолууд:

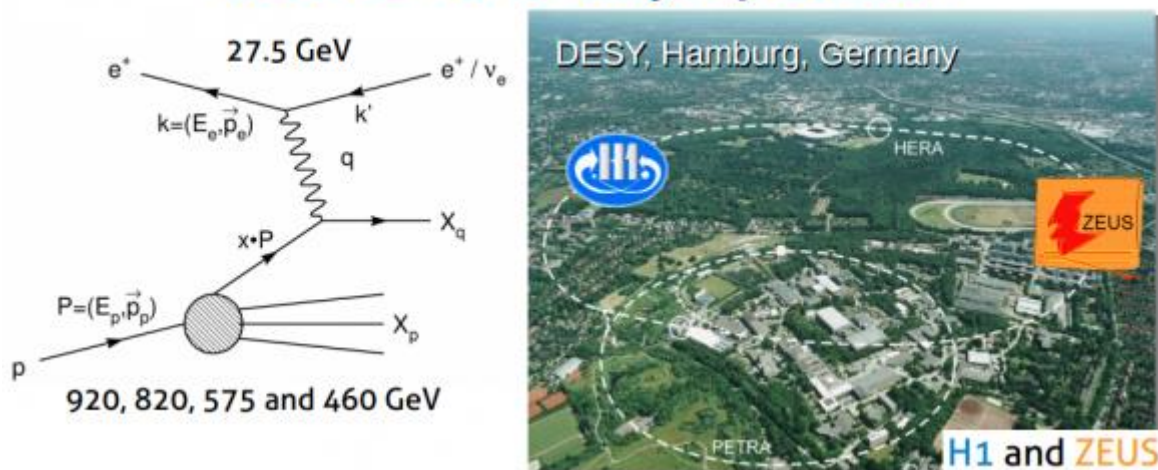
- Холбоосын тогтмолууд: e, g_s, θ_w
- Бозонуудын масс: m_w, m_H
- Лептонуудын масс: m_e, m_μ, m_τ
- Кваркуудын масс:
- “Кобаяши-Маскава”-ийн U_{KM} матрицуудын параметрууд: θ_i ($i = 1, 2, 3$), фаз δ
- Кварк, лептоны хоорондын симметр (Их нэгдлийн онол)
- Фермион, бозоны хоорондын симметр (Супер симметр)

Дээр дурдсан асуудлуудыг судалж шийдэхэд BESIII хамтын ажиллагаа онцгой ач холбогдолтой. (Калибровка онолын талаар энд дэлгэрэнгүй дурдсангүй).

Материйн гүнд орж туршилт судалгаа хийнэ гэдэг багаж төхөөрөмж, техникийн хувьд ч, туршилтын үр дүнд цуглуулж авсан мэдээллээ боловсруулах, ойлгох тал дээр их хүндрэлтэй байдаг. Жишээ болгож протоны гүн рүү 10^{-18} метр орж кваркийн талаарх судалгааг Германы Ханбург хотод орших HERA хурдасгуурыг ашиглан хийсэн “H1” хамтын ажиллагаанд уг төслийн удирдагч Доктор Б.Хүрэлбаатар нь H1 хамтын ажиллагааны урилгаар зочин судлаачаар 2006-2016 онуудад Германд ажиллаж байсан ба одоо ч H1 хамтын ажиллагааны гишүүнээр ажилладаг. Ажиллах хугацаандаа “Expert on call” албыг хашиж (Азиас энэ албан тушаалд ажилласан анхны эрдэмтэн) гаж бөөмийн судалгааг хариуцан ажиллаж, 80 гаруй эрдэм шинжилгээний өгүүллийг имфакт параметр өндөртэй сэтгүүлд хэвлүүлсэн.(Ишлэлийн тоо: 4152)

Протоныг 920 ГэВ/с импульстэй болтол хурдасгаж, 27.5 ГэВ/с болтол хурдассан $e^-(e^+)$ -той мөргөлдүүлж кваркуудийн бүтцийг судалсан.

HERA – world only e^+p collider



Зураг-2

e^\pm -ны протонтой мөргөлдсөний үр дүнд олон тооны хоёрдогч бөөмс үүсдэг бөгөөд эдгээр бөөмсөөс хэрэгтэй, судалгаанд хэрэглэгдэх бөөмсийг ялгаж авахад их хүндрэлтэй байдаг. Гэтэл БЭСIII туршилтад электрон позитроны аннигиляцыг ашигладаг тул дээрх хүндрэл байдаггүй.

БЭС-III хамтын ажиллагаанд нэгдсэнээр Монгол Улсад физикийн суурь судалгаа хөгжих, залуу эрдэмтдийг суурь судалгааны чиглэлээр бэлтгэх өргөн боломж нээгдэж байна. Цаашдаа ЦЕРН болон бусад орны ижил төстэй байгууллагуудтай хамтран ажиллах, оюутан, залуу судлаачдыг солилцон ажиллуулах боломжтой болно.

Судалгааны хүрээнд дэлхийд тэргүүлэх их статистиктай өгөгдөлдүүдийг ашиглан кваркийн экзотик төлөвүүдийг судлах (glueballs, hybrids, multiquarks...), CP (Charge parity violation) зөрчил, СКМ (Cabibbo-Kobayashi-Maskawa) унитар матрицын гишүүдийг нарийвчлан тогтоох, шинэ физикийн эрэл зэрэг эгэл бөөмийн физикийн тэргүүлэх судалгааг үргэлжлүүлж байна.

2000 оноос БЭС-III, Belle, BaBar, CDF, D0 хамтын ажиллагааны хүрээнд кварк загвараар тайлбарлагдаж болохгүй X, Y, Z төлвүүд буюу резонансууд олдсон.

БЭС-III, BELLE-II хамтын ажиллагааны гишүүн судлаачид 2013 онд анх 4-н кваркаас тогтсон төлөв буюу $Z_c(3900)$ гэдэг шинэ бөөмийг нээсэнээ зарласнаас хойш XYZ барионуудын судалгааны чиглэл нь БЭС-III, BELLE-II, LHCb туршилтуудын судалгааны гол чиглэл болсоор байна.

Бас БЭС-III туршилтад Монголын физикчид оролцож байгаа нь улс төрийн хувьд ч их ач холбогдолтой...

1.2 Бээжингийн электрон позитроны хурдасгуурын ба БЭС III-ийн детекторуудын шинэчлэлтүүд

ИЭФХ-ийн бүрэлдэхүүнд Хятадын хэд хэдэн шинжлэх ухааны томоохон байгууллагууд багтдаг. Тэдгээрээс дурьдвал: Бээжингийн электрон позитроны хурдасгуур (БЭПХ), Бээжин электрон спектрометр (БЭСIII), Бээжингийн синхротрон цацрагын төхөөрөмж (БСЦТ), Түвдэд орших “Yangbajing” олон улсын сансрын туяа судлалын төв, “Daya Bay” реакторыг ашиглан явуулж байгаа нейтриногийн туршилт, цөмийн задралд тулгуурласан нейтроны Хятадын үүсгүүр, 4-р үеийн атомын цахилгаан станцын судалгаанд зориулагдсан “хурдасгуур-реакторын хосолсон систем” төдийгүй “Jiangmen” дэх газар доорх нейтрино судлалын төв хүртэл хамрагддаг. Мөн харьяанд нь ХШУА-ын тодорхой тооны судалгааны төв, лабораторууд багтдаг.

БЭПХ-II нь 2009 оноос өнөөдрийг хүртэл тасралтгүй ажиллаж төвийн массын энергийн 2.0-оос 4.6 ГэВ-ийн мужид нийт 30 fb^{-1} тоон өгөгдөлийг хуримтлуулсан.



Зураг 3. БЭПХ нь электрон болон позитроныг эхлээд шулуунаар (1) 202.2м, дараа нь цагираг (2) хэлбэрийн хоёр давхар тойргоос тогтсон хурдасгуураар хурдасгаж, тэгээд 3-д мөргөлдүүлж БЭСIII детектороор бүртэж авна.

2019 оноос өмнө БЭПХ-II-ийн гаргах энергийн муж нь 1-2.3 ГэВ байсан бол 2019 онд дээд хязгаарыг 2.45 ГэВ болгож шинэчилсэн. Цаашдаа Ξ с болон нуклонуудын

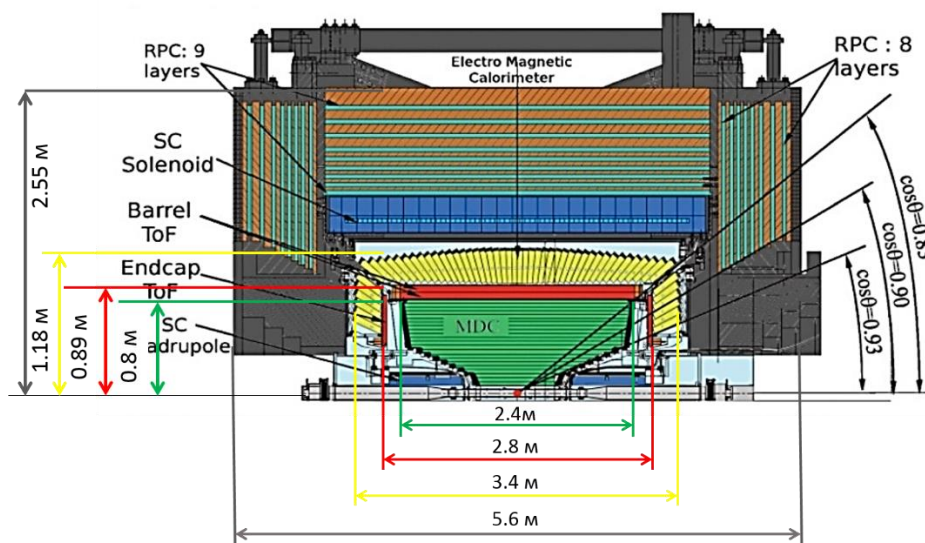
задралыг судлах зорилгоор БЭПХ-II-ийн гаргах энергийн мужийг 0.9-2.5 ГэВ болгохоор ажиллаж байна.

Детектор

БЭСIII детектор нь урт нь 5.26м, суурийн радиус нь 2.55м хэвтээ хэлбэрийн цилиндр хэлбэртэй бүртгэгч багаж юм /Зураг5/. Электрон болон позитроны мөргөлдөөнөөс үүссэн хоёрдогч бөөмсийг бүртгэгч детектор нь 4π геометрийн мужид үүссэн нийт бөөмсийн 93%-ийг бүртгэх чадвартай (geometrical acceptance) ба доорх бүртгэх камеруудаас бүрдэнэ. Үүнд:

- Гелийн хийд суурилсан гол дрейфт камер (MDC)
- Хуванцар сцинтиллятор дундуур нэвтрэн гарах бөөмсийн нисэлтийн хугацааг бүртгэх систем (TOF),
- Электрон болон адроныг бүртгэгч калориметр (EMC),
- 1.0 T соронзон оронг үүсгэгч хэт дамжуулагч материал ашигласан соронзон ороомог,
- Омын эсэргүүцлийн камерт суурилсан мион бүртгэх камер (MUC)

тус тус багтана.



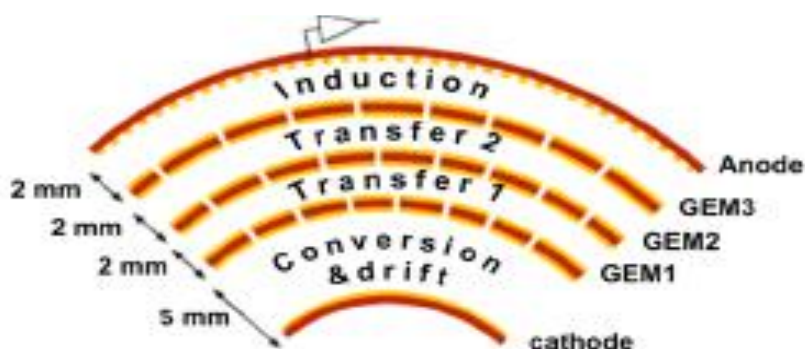
Зураг 4. БЭСIII детектор.

MDC -ийн 1 ГэВ/с импульстэй цэнэгт бөөмсийг бүртгэх чадвар нь 2.5%, TOF-ийн хугацааг бүртгэх чадвар нь “barrel” detector-ийн мужид 80пс, “end cap” detector-ийн мужид 110пс. EMC-ийн 1 ГэВ энергитэй фотоны энергийг бүртгэх чадвар нь “end cap” detector-т 2.5% (“end cap” detector-д 5%). MC тохиолдлуудын генерацийг хийхдээ Geant4-д суурилсан Монте Карло симуляцийн програм хангамж BOOST-ийг

ашигладаг. BOOST нь БЭСIII детекторыг бүрдүүлэгч элемент болгоны материал, тэдгээрийн геометр дүрс, детектор дундуур дайран гарах бөөм тус бүрийн мэдээллийг бүртгэж тоон өгөгдөл болгох гэсэн алгоритмуудыг тооцдог цогц програм хангамж юм.

MDC -ийг олон жил ашигласан учир насжилт болон цацрагын гэмтлээс болж дотор талын зарим эд ангиуд муудаж байгаа. Энэ асуудлыг 2 аргаар шийдэж байгаа.

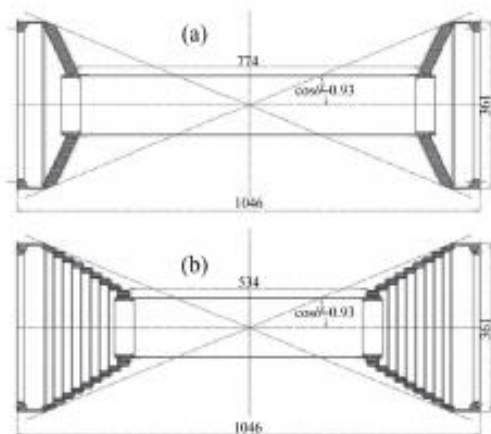
1-рт цилиндр хэлбэртэй хийн электрон үржүүлэгч (CGEM)-ийг байрлуулах, inner-tracker буюу 2 дагч бөөмсийн явсан замыг тогтоогч камер (CGEM-IT)- болгон ашиглах. CGEM-IT нь 3 ширхэг CGEM-ээс тогтоно.



зураг-5

2-рт шаардлагатай гэж үзвэл хуучин MDC-ийг шинэ, сайжруулсан MDC-ээр солих асуудлыг шийдсэн байгаа. Зураг 6а,б-д MDC-ийн хуучин ба шинэ бүдүүвч зургыг харуулав. Зураг 6с-д сансрын туяаг ашиглан шинэ MDC-ийг шалгаж байгааг харуулав.

Дээрх 2 аргын алийг сонгож авах вэ гэдэг нь яг одоогоор тогтоогдоогүй байгаа ба олон тооны тест туршилт, сансрын туяаг ашиглан хийгдэж байгаа туршилтуудаас Хамаарч сонгогдоно.

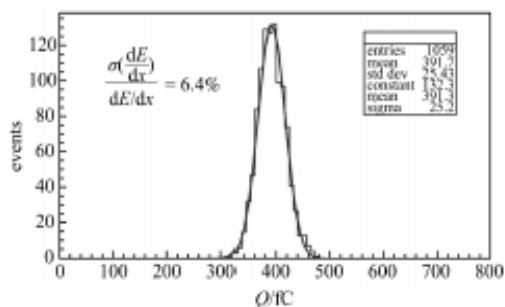


Зураг-6а,ь



Зураг-6с

Зураг-7 -д шинэ MDC-ийн dE/dx нарийвчлалыг харуулав.



Зураг-7

ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. С - КВАРК БҮХИЙ ХОВОР ҮЗЭГДЛИЙН СУДАЛГАА

2.1 БЭС-III туршилтанд оролцож байгаа нь

2009 оноос 2020 оныг дуустал массын төвийн системийн энергийн янз бүрийн мужид БЭС-III-ийн цуглуулсан тоон өгөгдлийг доор харуулав.

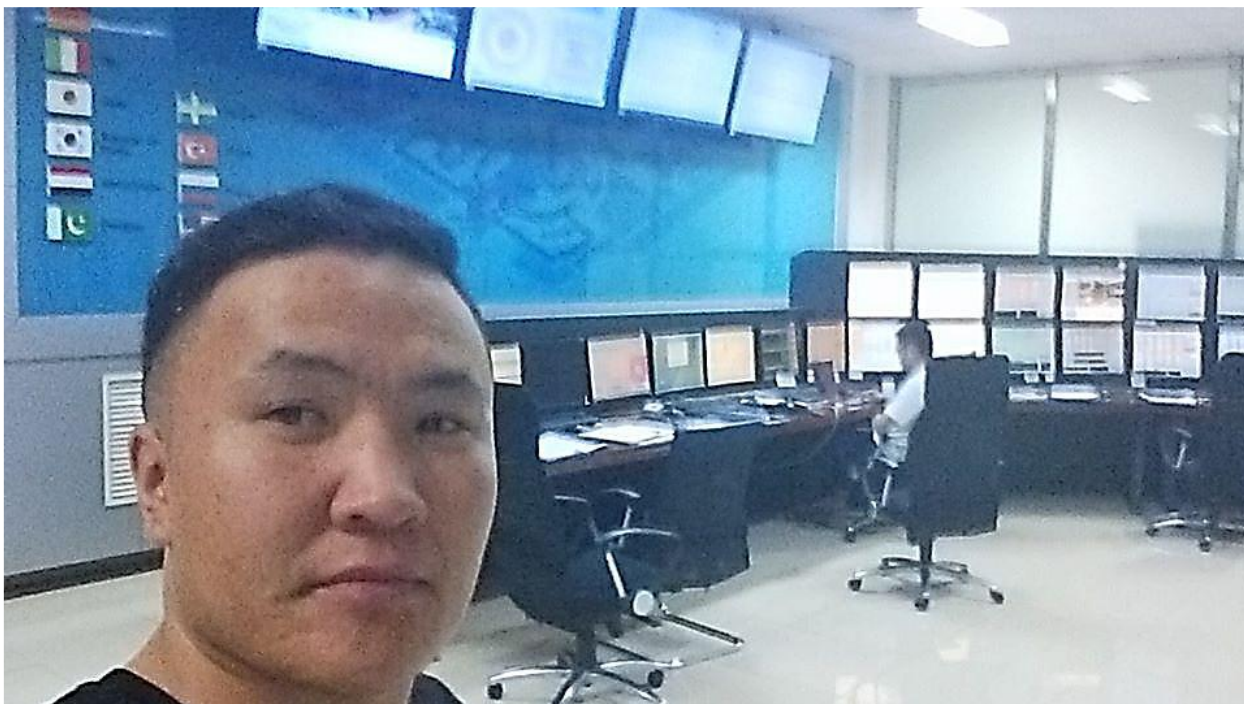
- 2009 : 0.225×10^9 J/psi, $E_{cm} = 3.097$ GeV, 0.106×10^9 psi(3686), $E_{cm} = 3.686$ GeV
- 2010 + 2011 : 2.9 fb^{-1} psi(3770), 3.773 GeV
- 2011 : 0.5 fb^{-1} psi(4040), 4.009 GeV, 0.024 fb^{-1} tau mass scan, 3.554 GeV
- 2012 : 1.3×10^9 J/psi, $E_{cm} = 3.097$ GeV, 2009 (0.225×10^9), 0.5×10^9 psi(3686), $E_{cm} = 3.686$ GeV

- 2013 : 1.9 fb⁻¹ Y(4260), 4.23 ба 4.26 GeV, 0.5 fb⁻¹ Y(4360), 4.36 GeV, 0.5 fb⁻¹ Y(4260) ба Y(4360) scan
- 2014 : 0.8 fb⁻¹ R scan, 104 energy points between 3.85 and 4.59 GeV, 0.5 fb⁻¹ at 4.60 GeV, 0.1 fb⁻¹ at 4.47 and 4.53 GeV for line shape, 0.05 fb⁻¹ around the threshold of Lambda_c pair, 1.0 fb⁻¹ at 4.42 GeV
- 2015 : 0.5 fb⁻¹ data for R scan from 2.0 to 3.08 GeV, 0.1 fb⁻¹ data @ 2.125 GeV
- 2016 : 3.1 fb⁻¹ data at 4.18 GeV
- 2017 : 3.8 fb⁻¹ 8 energy points from 4190~4280 MeV, 0.46 fb⁻¹ around chi_c1 mass, 0.22 fb⁻¹ around 3872 MeV
- 2018 : 4.6 x 10⁹ J/psi data set (1.4 /fb), 0.13 /fb tau scan data, 0.5 /fb, 9 points for psi(3686) scan data
- 2019 : 4.2 x 10⁹ J/psi data set (1.218 /fb), 3.8/fb scan data for XYZ, 8points (4.13, 4.16, 4.29-4.44 GeV)
- 2020 : 3.8/fb scan data for XYZ and Lambda_c, 6 points (4.61-4.70 GeV).

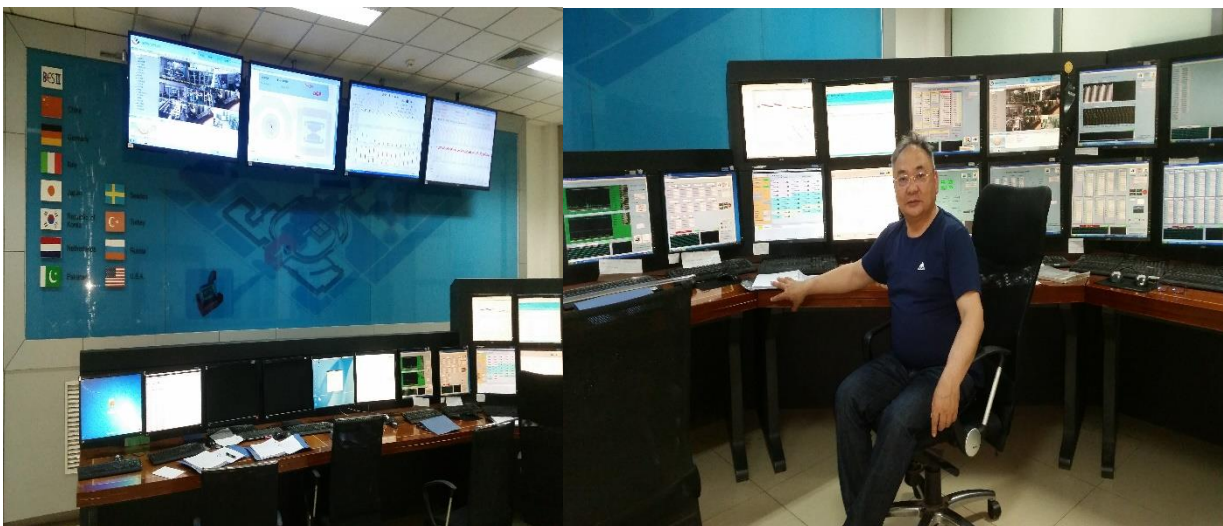
Ийм асар их тоон мэдээлэл нь судалгааны багуудад ховор үзэгдлийн судалгааг хийх бүрэн боломжийг олгож өгч байгаа юм.

БЭС-III хамтын ажиллагааны дүрэм ёсоор уг ажиллагаанд гишүүнээр оролцож байгаа аль нэг их сургууль, институтын бага, групп болгон бага, группийнхээ гишүүдийн тооноос хамаарч тогтоогдсон “хүн/цаг” квотоор БЭС-III туршилтанд оролцож, тоон өгөгдөл цуглуулах ажилд гар бие орлцсон байх шаардлагатай байдаг. Туршилтанд оролцохдоо тодорхой заавар, зөвлөмж авч өдрийн ээлж /8.00-16.00 цаг/, оройн ээлж /16.00.00-24 цаг/, шөнийн ээлж /00-8.00 цаг/-үүдэд тодорхой хуваарийн дагуу гарч туршилтанд оролцдог. Нэг ээлжинд ээлжийн дарга /chief shift, энэ хүн бүх туршилтын ажлыг толгойгоорой хариуцан ажилдаг учир их туршлагатай, бүх детекторуудын ажиллах зарчимийг сайн мэддэг expert байх шаардлагатай байдаг/ ба ээлжийн жижүүр /shifter/ гэсэн 2 хүн гардаг ба энэ 2 хүн өөр өөрийн гэсэн үүрэгтэйгээр тухайн гарч байгаа ээлжиндээ туршилтыг бүрэн хариуцаж явуулдаг, их хариуцлагатай ажил. 2018-2021 онуудад төслийн удирдагч Б. Хүрэлбаатар 2 удаа шөнийн ээлжинд ээлжийн даргаар гарч, манай бага нийт 350/pb тоон мэдээллийг цуглуулж, БЭС-III хамтын ажиллагааны санд нэгтэгсэн.

Ц. Банзрагч дээрх тайлангийн хугацаанд 1 удаа шөнийн ээлжинд shifter-ээр оролцсон /2019.03.08-2019.03.13/. Тэгэхэд Монголын далбаа ханын самбарт тавигдаагүй байсан. /Зураг-8/



Мөн Б.Хүрэлбаатарыг 2019 оны 6 сарын 6-наас 14-ны хооронд шөнийн ээлжинд ээлжийн даргаар гарч ажиллахад Монголын далбаа ханын самбарт тавигдаагүй байсан. /зураг-9а, 9б/



Харин Б.Хүрэлбаатарыг 2020 оны 2 сарын 8-наас 13-ны хооронд шөнийн ээлжинд ээлжийн даргаар гарч ажиллахад Монголын далбаа ханын самбарт тавигдсан байсан ба 2019 оны 6 сарын 14-өөс манай далбаа албан ёсоор БЭС-III-ийн туршилтын удирдлагын заалны ханын самбарт тавигдсан.



/Зураг-10а, 106/



/Зураг -11/



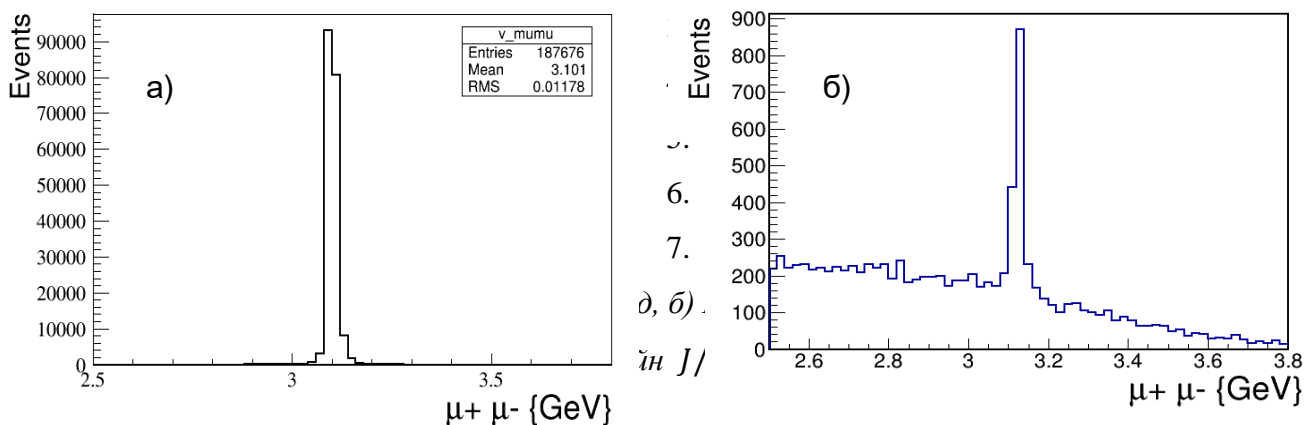
/Зураг-12/

2.2 БЭС-III хамтын ажиллагааны хүрээнд С-кварк бүхий ховор үзэгдлийн судалгаанд орлцож байгаа байдал, явц

2.2.1 $\psi(4160) \rightarrow \pi^+\pi^-\chi_{cJ} (J = 0,1,2)$, with $\chi_{cJ} \rightarrow \gamma J/\psi$, and $J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-$ or e^+e^- гэсэн задралын судалгааг хийсэн.

Дээрх ховор задралын судалгааг эхлээд онолын тооцоо буюу Монте-Карло аргыг ашиглан массын төвийн энергийн 3650-4600 МэВ хооронд 12 (3650 МэВ, 4040 МэВ, 4180 МэВ, 4230 МэВ, 4260 МэВ, 4360 МэВ, 4360scan МэВ, 4420 МэВ, 4470 МэВ, 4530 МэВ, 4575 МэВ, 4600 МэВ) өөр утгууд дээр судалж, дараа нь БЭС III детекторын бүртгэж цуглуулсан тоон мэдээллийг ашиглан дээрх судалгааг массын төвийн энерги 4230 ГэВ байхад хийв. Ингэснээр урьдчилсан байдлаар J/ψ бөөмийн массын түгэлтийг гаргасан. Дэлхийд анх удаагаа энэ задралын судалгааг явуулж байна.

/Зураг -13/



2.2.2 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$ задаргаанд CP хууль хадгалагдах зарчмыг туршилтаар шалгасан.

Үүнд:

А. Монте-Карло аргын үед 2009, 2012 онуудад БЭСIII детектороор бүртгэж цуглуулан авсан J/ψ бөөмийн 1,2 тэр бум тоон мэдээллийг ашиглан энерги болон импульс хадгалагдах хуулиудыг ашиглан p, π^-, \bar{p}, π^+ бөөмсийг ялгаж, эдгээр бөөмсөөс тогтох $\Lambda(p\pi^-)$, $\bar{\Lambda}(\bar{p}\pi^+)$ барионуудын масс, энерги, импульсийг түгэлтүүдийг хистограмм хэлбэрээр гаргаж PDG утгуудтай харьцуулан үзэхэд нарийвчлал сайтай тохирч байсан.

Б.Тохиолдлын сонголтоо хийхдээ ашигласан “cut”-уудыг дахин шалгаж, шинэчлэн өөрчлөн тогтоосон. Ингэхдээ $\Lambda, \bar{\Lambda}$ барионуудын задралын уртыг $L_{\Lambda} < 40\text{см}, L_{\bar{\Lambda}} < 40\text{см}$ тооцоолсон. Иймд бидний өмнө нь судалгаандаа ашигладаг байсан цэнэгт бөөмсийн шалгуур $|r| < 1\text{ см}, |z_0| < 10\text{ см}$ буюу координатын “cut”-ийг хэрэглэх нь судалгааны статистикийг бууруулж байсан тул шаардлагагүй гэж үзэв. Тохиолдлын сонголтууд:

- $|\cos \theta| < 0.93$
- $\Lambda_p < 2\text{ GeV}/C$ (Λ -барионы импульс)
- $P_p > 0.5\text{ GeV}/C$ (протоны импульс)
- $P_{\pi} < 0.5\text{ GeV}/C$ (π мезоны импульс)
- $n_{\text{Good}} \geq 4$ (цэнэгт бөөмийн ялгах)

2.2.3 $\psi(2S) \rightarrow \phi\phi X_i$ ($X_i = \pi^0, \eta, \phi, \omega$), $\phi \rightarrow K^+K^-$ задралуудын судалгаа

Дээрх ховор задралуудын судалгааг манай багийн хамт олон хариуцан дэлхийд анх удаа гүйцэтгэж байгаа бөгөөд уг судалгааны явцын талаар манай багийн гишүүн Э. Номин-Эрдэнэ БЭС-III хамтын ажиллагааны charmonium группын 2021 оны 8-р сарын 25-нд болсон хуралд on-line-аар илтгэж хэлэлцүүлсэн. Одоогоор уг хэлэлцүүлгийн үед бусад БЭС-3 хамтын ажиллагааны гишүүдээс дэвшүүлсэн санал, зөвлөмжийн дагуу зарим нэгэн нэмэлт судалгааг хийж дуусаж байна. Эдгээр ажлууд бүрэн дууссаны дараа БЭС-III хамтын ажиллагааны workshop дээр илтгэж, хэрвээ судалгааны үр дүнг хэвлэлд шилжүүлж болно гэж үзсэн тохиолдолд 2022 ондоо хэвлэлд шилжүүлнэ.

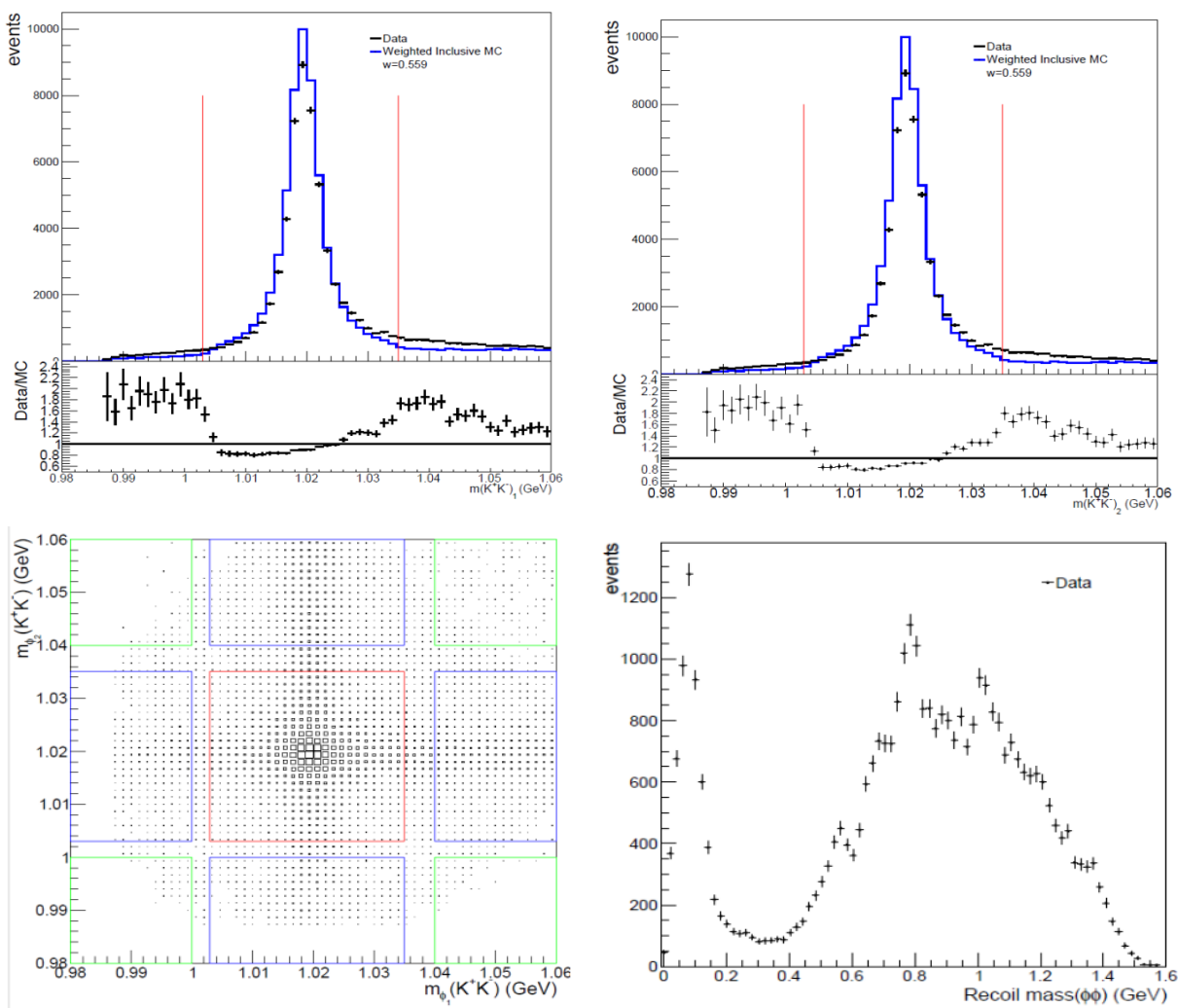
Энэ судалгаанд массын төвийн энерги нь 3686 МэВ байх үеийн e^+, e^- -ны аннигиляцийн үр дүнд үүссэн $\psi(3686)$ мезонуудыг БЭС-3 детекторын тусламжтайгаар бүртгэн авсан 2021 оны бүх тохиолдол /run number= 66258-68341/, GEANT-4 пакет программд суурилсан BesEvtGen генераторыг ашиглан симуляц хийж гаргаж авсан 5.06×10^6 Монте-Карло тохиолдолыг тус тус ашигласан.

Судалгааны дарааллыг товчоор тайлбарлая. Дээр дурьдсан тохиолдлуудаас

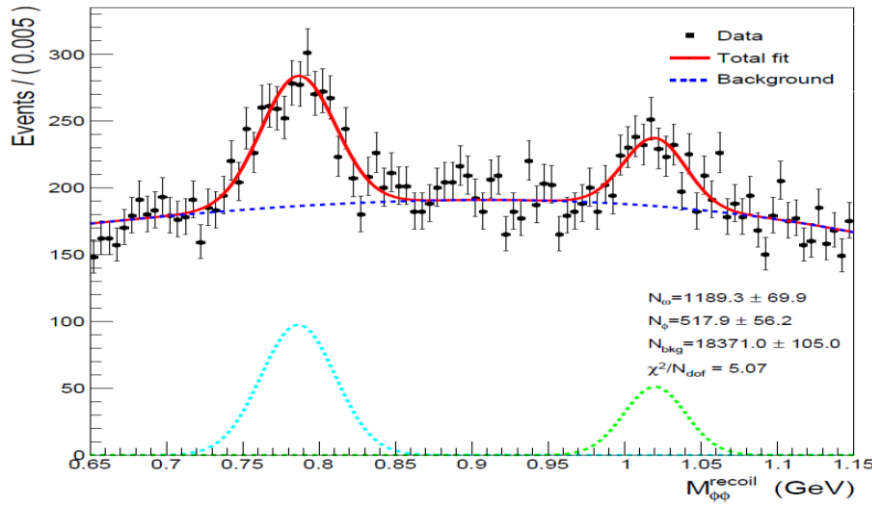
$e^+e^- \rightarrow \phi\phi\phi$, $e^+e^- \rightarrow \phi\phi\omega$ задралуудыг агуулсан тохиолдолуудаа тусгай шалгуур үзүүлэлтүүдийн (event selection cuts) тусламжтай ялган авдаг.

ϕ вектор мезон болгон K^+ , K^- мезон уруу задарна. Эдгээр K мезонуудыг детектор дотор үлдээсэн мөрөөр нь мөшгөөд маш сайн нарийвчлалтайгаар бүртгэн авдаг.

Бид судалгаандаа дараах тактикийг хэрэглэсэн. Дурын хоёр ϕ мезоныг тэдгээрийн K^+ , K^- мезонууд уруу задрах задаргааг ашиглан бүртгэж аваад тэдгээр мезонуудын судалгаанд шаардлагатай бүх физик хэмжигдэхүүнүүдийг /энерги, импульс, нисэлтийн өнцөг гэх мэт/ тооцоолж мэдэж авдаг. Дараа нь “recoil mass” аргын тусламжтайгаар 3 дахь ϕ мезон болон π^0 , η , ϕ , ω мезонуудын массыг хэмжиж, судалж байгаа $e^+e^- \rightarrow \phi\phi\phi$, $e^+e^- \rightarrow \phi\phi\omega$ задралуудын задралын магадлалыг /Branching fraction/ тооцоолон боддог.



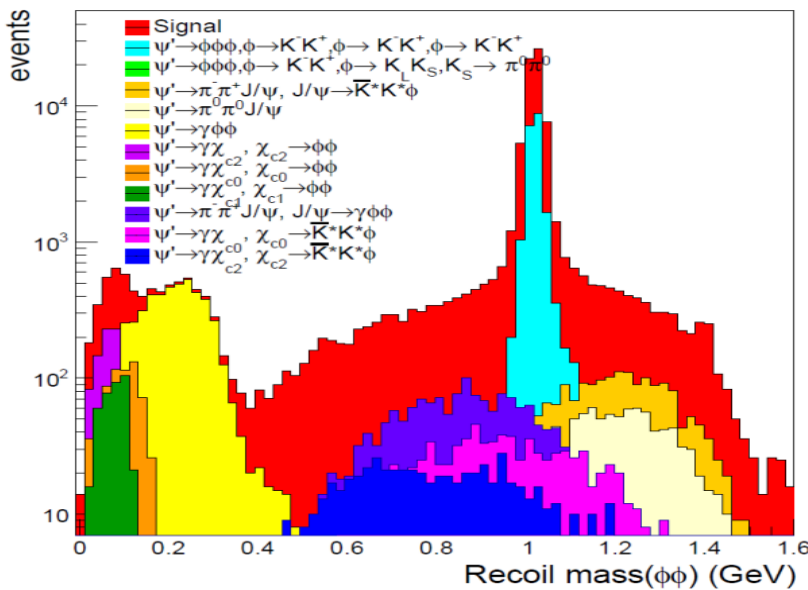
Зураг-14: $e^+e^- \rightarrow \phi\phi\phi$, $e^+e^- \rightarrow \phi\phi\omega$ задралуудын сонгож авсан 2 ϕ мезоны массын түгэлтүүд, scatter plot, “recoil mass” аргын тусламжтайгаар 3 дахь ϕ мезон болон ω мезоны массыг тооцоолсоныг 1 хэмжээст массын түгэлтээр харуулсан байна.



Зураг-15: “recoil mass” аргын тусламжтайгаар 3 дахь ϕ мезон болон $\pi^0, \eta, \phi, \omega$ мезонуудын массыг тооцоолсоныг харуулсан 1 хэмжээст массын түгэлт. Хар цэгүүд нь туршилтын цэгүүд, улаан /сигнал/, хөх /background/ шулуунууд нь төхүүлэлтийг /fit/ харуулсан.

Дэвсгэрийн топологи /Background topology/-ийн судалгааг Монте-Карло тохиолдолуудыг ашиглаж тооцог. Судалгааны үр дүнг доор харуулав.

Decay chain	iTopo	nEvt
1. $\psi' \rightarrow \phi\phi\phi, \phi \rightarrow K^-K^+, \phi \rightarrow K^-K^+, \phi \rightarrow K^-K^+$	1	86820
2. $\psi' \rightarrow \phi\phi\phi, \phi \rightarrow K^-K^+, \phi \rightarrow K_S K_L, \phi \rightarrow K^-K^+, K_S \rightarrow \pi^0\pi^0$	25	19820
3. $\psi' \rightarrow \pi^-\pi^+J/\psi, J/\psi \rightarrow \bar{K}^*K^*\phi, \bar{K}^* \rightarrow K^-\pi^+, K^* \rightarrow \pi^-K^+, \phi \rightarrow K^-K^+$	0	38302
4. $\psi' \rightarrow \pi^0\pi^0J/\psi, J/\psi \rightarrow \bar{K}^*K^*\phi, \bar{K}^* \rightarrow K^-\pi^+, K^* \rightarrow \pi^-K^+, \phi \rightarrow K^-K^+$	29	20763
5. $\psi' \rightarrow \gamma\phi\phi, \phi \rightarrow K^-K^+, \phi \rightarrow K^-K^+$	38	25054
6. $\psi' \rightarrow \gamma\chi_{c2}, \chi_{c2} \rightarrow \phi\phi, \phi \rightarrow K^-K^+, \phi \rightarrow K^-K^+$	55	6151
7. $\psi' \rightarrow \gamma\chi_{c0}, \chi_{c0} \rightarrow \phi\phi, \phi \rightarrow K^-K^+, \phi \rightarrow K^-K^+$	137	4494
8. $\psi' \rightarrow \gamma\chi_{c1}, \chi_{c1} \rightarrow \phi\phi, \phi \rightarrow K^-K^+, \phi \rightarrow K^-K^+$	74	2530
9. $\psi' \rightarrow \pi^-\pi^+J/\psi, J/\psi \rightarrow \gamma\phi\phi, \phi \rightarrow K^-K^+, \phi \rightarrow K^-K^+$	114	3954
10. $\psi' \rightarrow \gamma\chi_{c0}, \chi_{c0} \rightarrow \bar{K}^*K^*\phi, \bar{K}^* \rightarrow K^-\pi^+, K^* \rightarrow \pi^-K^+, \phi \rightarrow K^-K^+$	22	37094
11. $\psi' \rightarrow \gamma\chi_{c2}, \chi_{c2} \rightarrow \bar{K}^*K^*\phi, \bar{K}^* \rightarrow K^-\pi^+, K^* \rightarrow \pi^-K^+, \phi \rightarrow K^-K^+$	45	28740



зураг-16

Судалж байгаа $e^+e^- \rightarrow \phi\phi\phi$, $e^+e^- \rightarrow \phi\phi\omega$ задралуудын задралын магадлалыг /Branching fraction/ тооцоолохдоо дараах томъёог ажигладаг.

$$Br(\psi(3686) \rightarrow \phi\phi\phi) = \frac{N_{sig.\phi}}{(1 - \sigma_{sys}) \cdot N_{\psi'} \cdot Br(\phi \rightarrow K^+K^-) \cdot Br(\phi \rightarrow K^+K^-) \cdot \varepsilon}$$

$$Br(\psi(3686) \rightarrow \phi\phi\omega) = \frac{N_{sig.\omega}}{(1 - \sigma_{sys}) \cdot N_{\psi'} \cdot Br(\phi \rightarrow K^+K^-) \cdot Br(\phi \rightarrow K^+K^-) \cdot \varepsilon}$$

Одоо бид дээрх задралуудын задралын магадлалыг /Branching fraction/ тооцоолж байгаа. Үр дүн нь хараахан гараагүй байна.

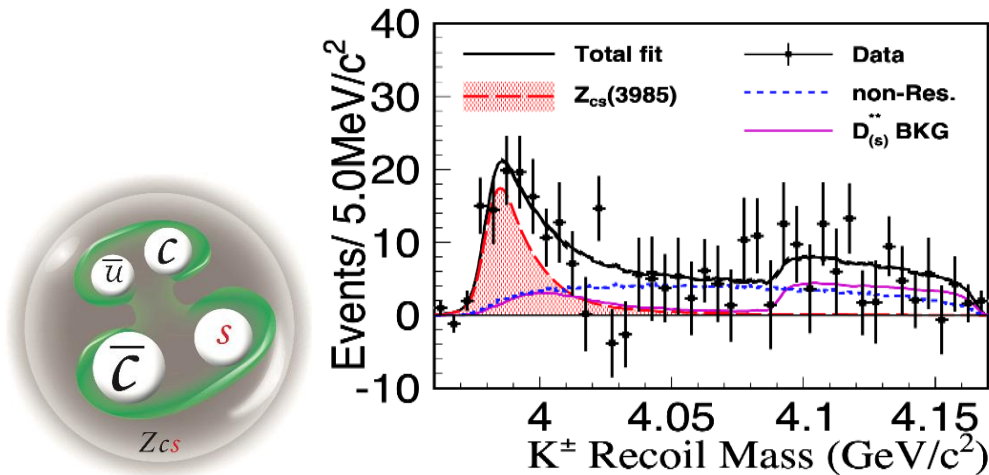
2.2.4 tetra-quark мезон Zcs(3985)

Тайлангийн хугацаанд хэвлэгдсэн ажлуудаас олон тооны бүтээлүүд нь дэлхийд анх удаа судлагдсан ажлууд байгаа. Жишээ болгож нэг судалгааг товч танилцуульяа.

Physical Review Letters сэтгүүлд 2021 оны 3 сарын 12 нд хэвлэгдсэн ажлаараа БЭС-3 хамтын ажиллагааны хамт олон Zcs(3985) гэж нэрлэж байгаа 4-н кваркаас тогтсон, 3.98 GeV/c² масстай шинэ бөөм болох “tetra-quark” мезон нээснээ зарласан.

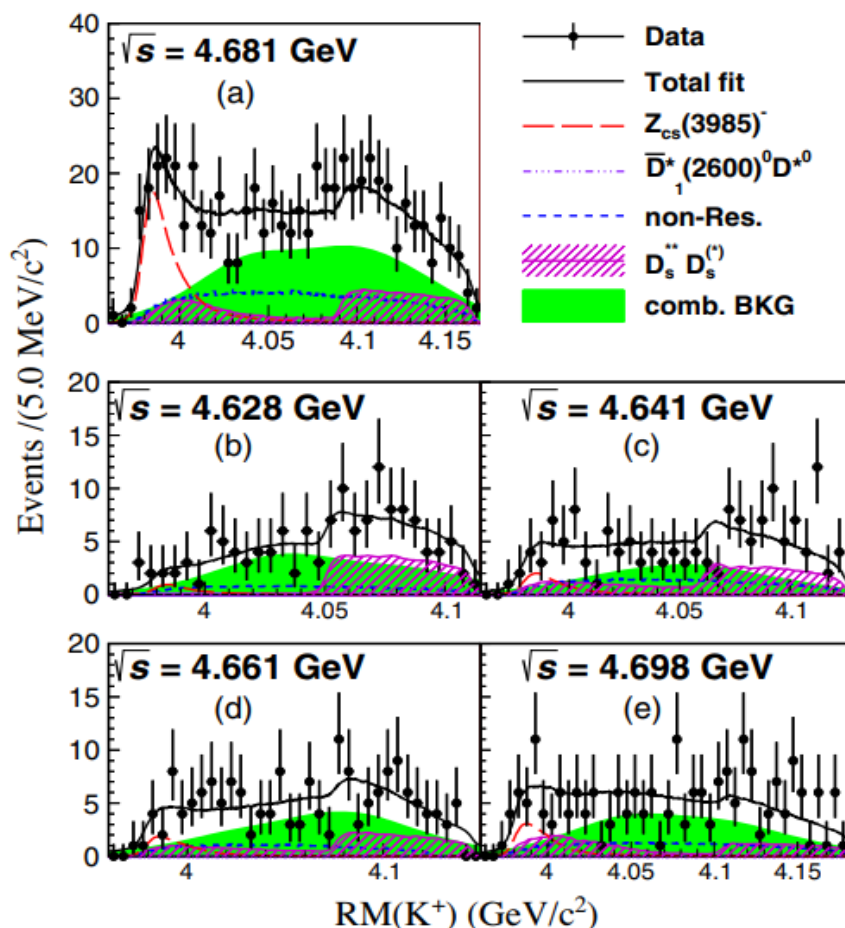
Уг мезон нь массын төвийн системийн энерги нь 4.681 GeV байх үед $e^+e^- \rightarrow K^+ D_s^-$ D^{*0} ба $e^+e^- \rightarrow K^+ D_s^{*-} D^0$ (товчоор $e^+e^- \rightarrow K^+ [D_s^- D^{*0} + D_s^{*-} D^0]$) гэсэн 2 задралын

процессийн $D_s^- D^{*0} + D_s^{*-} D^0$ задралуудаар ажиглагдсан.



/зураг-17/

Дээрх судалгааг массын төвийн системийн энергийн 5-н мужид / 4.628, 4.641, 4.661, 4.681, 4.698 ГэВ / , нийт 3.7 fb⁻¹ тоон мэдээллийг ашиглан хийсэн бөгөөд массын төвийн системийн энергийн утга 4.681 ГэВ байх үед Zcs(3985) “tetra-quark” мезон олдсоныг зураг-18-аас тодорхой харж болно.



Зураг-18

2.3 2018 -2021 онд хэвлэгдсэн бүтээлийн жагсаалт

Тайлангийн хугацаанд хэвлэгдсэн бүтээлийн нийт тоо 127.

2018 онд 24 бүтээл, 2019 онд 57 бүтээл, 2020 онд 31 бүтээл, 2021 онд 15 бүтээл тус тус хэвлүүлсэн ба бүтээлийн жагсаалтыг он, оноор гаргалаа.

2018 ОНД ХЭВЛҮҮЛСЭН БҮТЭЭЛИЙН ЖАГСААЛТ

Хүснэгт № 1

№	Бүтээлийн нэр	Зохиогч	Хаана ямар бүтээлд хэвлэгдсэн	Impact factor
1	Measurements of the branching fractions of the singly Cabibbo-suppressed decays $D^0 \rightarrow \omega\eta, \eta, \pi^0$ and η, η'	M. Ablikim,... M. N. Achasov,..., B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 97 , 052005 (2018)	4.57
2	Measurement of $e^+ e^- \rightarrow \pi^0\pi^0\psi(3686)$ at s from 4.009 to 4.600 GeV and observation of a neutral charmoniumlike structure	M. Ablikim,... M. N. Achasov,..., B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 97 , 052001 (2018)	4.57
3	Observation of $e^+ e^- \rightarrow \phi\chi c1$ and $\phi\chi c2$ at $s=4600$ GeV	M. Ablikim,... M. N. Achasov,..., B. T. Tsednee,...	Phys. Rev. D 97 , 032008 (2018)	4.57

		<i>et al.</i> (BESIII Collaboration)		
4	Study of $\eta(1475)$ and $X(1835)$ in radiative J/ψ decays to $\gamma\phi$	M. Ablikim,... M. N. Achasov,..., B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 97 , 051101(R) (2018)	4.57
5	Study of two-photon decays of pseudoscalar mesons via J/ψ radiative decays	M. Ablikim,... M. N. Achasov,..., B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys.Rev. D 97 , 072014 (2018)	4.57
6	Search for the rare decays $D \rightarrow hh'e+e^-$	M. Ablikim,... K. Begzsuren,... , B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys.Rev. D 97 , 072015 (2018)	4.57
7	Measurements of absolute branching fractions for D mesons decays into two pseudoscalar mesons	M. Ablikim,... M. N. Achasov,..., B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys.Rev. D 97 no.7, 072004 (2018)	4.57
8	Measurement of $e+e^- \rightarrow KK J/\psi$ cross sections at center-of-mass energies from 4.189 to 4.600 GeV	M. Ablikim,... M. N. Achasov,..., B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys.Rev. D 97 , 071101 (2018)	4.57
9	Measurement of Singly Cabibbo-Suppressed Decays $D0 \rightarrow \pi0\pi0\pi0, \pi0\pi0\eta, \pi0\eta\eta$ and $\eta\eta\eta$	M. Ablikim,... M. N. Achasov,..., B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys.Lett. B 781 368-375 (2018)	4.57
10	Search for the rare decay of $\psi(3686) \rightarrow \Lambda c+p e+e^- + c.c.$ at BESIII	M. Ablikim,... K. Begzsuren,... , B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 97 , 091102(R) (2018)	4.57
11	Study of the decays $D^+ \rightarrow \eta(') e+ve$	M. Ablikim,... M. N. Achasov,..., B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 97 , 092009 (2018)	4.57
12	Measurement of the Integrated Luminosities of Cross-section Scan Data Samples Around the $\psi(3770)$ Mass Region	M. Ablikim,... K. Begzsuren,... , B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Chin.Phys. C 42 , 063001 (2018)	
13	Measurements of Absolute Branching Fractions for $\Lambda c^+ \rightarrow \Xi0K^+$ and $\Xi(1530)0K^+$	M. Ablikim,... M. N. Achasov,..., B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys.Lett. B 783 , 200-206 (2018)	4.57
14	Observation of the Semileptonic Decay $D0 \rightarrow$	M. Ablikim,... M. N. Achasov,...,	Phys. Rev. Lett. 121 , 081802 (2018)	4.81

	$a_0(980) \rightarrow e^+ \nu e$ and Evidence for $D^+ \rightarrow a_0(980) e^+ \nu e$	B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)		
15	Observation of $\psi(3686) \rightarrow nn$ and improved measurement of $\psi(3686) \rightarrow pp$	M. Ablikim,... M. N. Achasov,...., B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 98 , 032006 (2018)	4.57
16	Observation of $a_0(980) \rightarrow f_0(980)$ Mixing	M. Ablikim,... O. Dorjkhaidav, ... , B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys.Rev.Lett 121 , 022001 (2018)	4.81
17	Measurement of absolute branching fraction of the inclusive decay $\Lambda c^+ \rightarrow \Lambda + X$	M. Ablikim,... M. N. Achasov,...., B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. Lett. 121 , 062003 (2018)	4.81
18	Measurement of $e^+e^- \rightarrow DD^-$ Cross Sections at the $\psi(3770)$ Resonance *	M. Ablikim,... K. Begzsuren,... , B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Chin.Phys. C 42 , 083001 (2018)	
19	Observation of $\psi 3686 \rightarrow \eta' e^+ e^-$	M. Ablikim,... K. Begzsuren,... , B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys.Lett. B 783 , 452-458 (2018)	4.24
20	Observation of $h_1(1380)$ in $J/\psi \rightarrow \eta' KK \pi$ decay	M. Ablikim,... M. N. Achasov,...., B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys.Rev.D. 98 , 072005 (2018)	4.57
21	Search for invisible decays of ω and ϕ with J/ψ data at BESIII	M. Ablikim,... K. Begzsuren,... , B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 98 , 032001 (2018)	4.57
22	First measurement of $e^+e^- \rightarrow pK_S^0 n K^- + c.c.$ above open charm threshold	M. Ablikim,... K. Begzsuren,... , B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 98 , 032014 (2018)	4.57
23	Amplitude analysis of the $K_S K_S$ system produced in radiative J/ψ decays	M. Ablikim,... M. N. Achasov,...., B. T. Tsednee,... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys.Rev D. 98 . 072003 (2018)	4.57
24	Measurement of the branching fraction for the semi-leptonic	M. Ablikim,... M. N. Achasov,...., B. T. Tsednee,...	Phys. Rev. Lett. 121 171803 (2018)	4.81

decay $D_0(+)$ $\rightarrow \pi^-(0)\mu^+\nu_\mu$ *et al.* (BESIII
and test of lepton universality Collaboration)

2019 ОНД ХЭВЛҮҮЛСЭН БҮТЭЭЛИЙН ЖАГСААЛТ

Хүснэгт № 2

№	Зохиогч	Бүтээлийн нэр	Хаана ямар бүтээлд хэвлэгдсэн	Татах холбоос	Бүтээлийн төрөл	Сэтгүүлийн Impact factor
1	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Study of the Dalitz decay $J/\psi \rightarrow e^+e^-\eta$	Phys. Rev. D 99 , 012006 (9 January 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.012006	өгүүлэл	4.39
2	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Measurements of $e^+e^- \rightarrow K_S^0 K^\pm \pi^\mp \pi^0$ and $K_S^0 K^\pm \pi^\mp \eta$ at center-of-mass energies from 3.90 to 4.60 GeV	Phys. Rev. D 99 , 012003 (9 January 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.012003	өгүүлэл	4.39
3	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Study of the $D^0 \rightarrow K^- \mu^+ \nu_\mu$ Dynamics and Test of Lepton Flavor Universality with $D^0 \rightarrow K^- \ell^+ \nu_\ell$ Decays	Phys. Rev. Lett. 122 , 011804 (10 January 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.122.011804	өгүүлэл	8.84
4	M. Ablikim,... M. N. Achasov,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Search for a strangeonium-like structure Z_s decaying into $\phi\pi$ and a measurement of the cross section $e^+e^- \rightarrow \phi\pi\pi$	Phys. Rev D 99 011101 (18 January 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.011101	өгүүлэл	4.39
5	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Study of the decay $D^0 \rightarrow \bar{K}^0 \pi^- e^+ \nu_e$	Phys. Rev. D 99 , 011103® (25 January 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.011103	өгүүлэл	4.39
6	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Measurement of $B(J/\psi \rightarrow \eta' e^+ e^-)$ and search for a dark photon	Phys. Rev. D 99 , 012013 (28 January 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.012013	өгүүлэл	4.81
7	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Observation of OZI-suppressed decays $\chi_{cJ} \rightarrow \omega\phi$	Phys. Rev. D 99 , 012015 (31 January 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.012015	өгүүлэл	4.39

8	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Measurement of $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$ cross section at $\sqrt{s} =$ 2.00 – 3.08 GeV	Phys. Rev. D 99 , 032001 (4 February 2019)	https://doi.org /10.1103/Phy sRevD.99.03 2001	өгүүлэл	4.39
9	M. Ablikim,... M. N. Achasov,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Measurements of the absolute branching fractions and CP asymmetries for $D^+ \rightarrow K_{S,L}^0 K^+(\pi^0)$	Phys.Rev. D 99 032002 (6 February 2019)	https://doi.org /10.1103/Phy sRevD.99.03 2002	өгүүлэл	4.39
10	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Observation of $D^+ \rightarrow f_0(500)e^+\nu_e$ and Improved Measurements of $D \rightarrow \rho e^+\nu_e$	Phys. Rev. Lett. 122 , 062001 (13 February 2019)	https://doi.org /10.1103/Phy sRevLett.122. 062001	өгүүлэл	8.84
11	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Observation of $D_s^+ \rightarrow p\bar{n}$ and confirmation of its large branching fraction	Phys. Rev. D 99 , 031101® (15 February 2019)	https://doi.org /10.1103/Phy sRevD.99.03 1101	өгүүлэл	4.39
12	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	First Measurement of the Form Factors in $D_s^+ \rightarrow K^0 e^+\nu_e$ and $D_s^+ \rightarrow K^{*0} e^+\nu_e$ Decays	Phys. Rev. Lett. 122 , 061801 (15 February 2019)	https://doi.org /10.1103/Phy sRevLett.122. 061801	өгүүлэл	8.84
13	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Observation of $\psi(3686) \rightarrow$ $p\bar{p}\eta'$ and improved measurement of J/ψ $\rightarrow p\bar{p}\eta'$	Phys. Rev. D 99 , 032006 (15 February 2019)	https://doi.org /10.1103/Phy sRevD.99.03 2006	өгүүлэл	4.39
14	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Measurement of the absolute branching fractions of $\Lambda_c^+ \rightarrow$ $\Lambda\eta\pi^+$ and $\Sigma(1385) + \eta$	Phys. Rev. D 99 , 032010 – (19 February 2019)	https://doi.or g/10.1103/P hysRevD.99 .032010	өгүүлэл	4.39
15	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Determination of the Pseudoscalar Decay Constant $f_{D_s^+}$ via $D_s^+ \rightarrow \mu^+\nu_\mu$	Phys. Rev. Lett. 122 , 071802 (22 February 2019)	https://doi.org /10.1103/Phy sRevLett.122. 071802	өгүүлэл	8.84

16	M. Ablikim,... M. N. Achasov,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Measurement of the phase between strong and electromagnetic amplitudes of J/ψ decays	<u>Phys. Lett B</u> 791 , 375-384 (6 March 2019)	https://doi.org /10.1016/j.ph ysletb.2019.0 3.001	өгүүлэл	4.25
17	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Study of electromagnetic Dalitz decays $\chi_{cJ} \rightarrow$ $\mu^+ \mu^- J/\psi$	<u>Phys. Rev.</u> D 99 , 051101® (11 March 2019)	https://doi.org /10.1103/Phy sRevD.99.05 1101	өгүүлэл	4.39
18	M. Ablikim,... M. N. Achasov,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Evidence of a Resonant Structure in the $e^+ e^- \rightarrow$ $\pi^+ D^0 D^{*-}$ Cross Section between 4.05 and 4.60 GeV	<u>Phys. Rev.</u> <u>Lett. 122</u> , <u>102002</u> (15 March 2019)	https://doi.org /10.1103/Phy sRevLett.122. 102002	өгүүлэл	8.84
19	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Observation of $\chi_{cJ} \rightarrow 4K_S^0$	<u>Phys. Rev.</u> D 99 , 052008 (22 March 2019)	https://doi.org /10.1103/Phy sRevD.99.05 2008	өгүүлэл	4.39
20	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Measurement of the Dynamics of the Decays $D_s^+ \rightarrow$ $\eta^{(\prime)} e^+ \nu_e$	<u>Phys. Rev.</u> <u>Lett. 122</u> , 121801 (25 March 2019)	https://doi.or g/10.1103/P hysRevLett. 122.121801	өгүүлэл	8.84
21	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Search for rare decay $J/\psi \rightarrow \phi e^+ e^-$	<u>Phys. Rev.</u> D 99 , 052010 (26 March 2019)	https://doi.org /10.1103/Phy sRevD.99.05 2010	өгүүлэл	4.39
22	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Measurement of the branching fraction of $J/\psi \rightarrow$ $\omega \eta' \pi^+ \pi^-$ and search for $J/\psi \rightarrow$ $\omega X(1835)$, $X(1835)$ $\eta' \pi^+ \pi^-$ decay	<u>Phys. Rev.</u> D 99 , 071101® (5 April 2019)	https://doi.org /10.1103/Phy sRevD.99.07 1101	өгүүлэл	4.39
23	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Precision Measurement of the Branching Fractions of η' Decays	<u>Phys. Rev.</u> <u>Lett. 122</u> , 142002 (9 April 2019)	https://doi.or g/10.1103/P hysRevLett. 122.142002	өгүүлэл	8.84
24	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,...,	Search for the decay $D_s^+ \rightarrow \gamma e^+ \nu_e$	<u>Phys. Rev.</u> D 99 , 072002	https://doi.or g/10.1103/P	өгүүлэл	4.39

	<i>et al.</i> (BESIII Collaboration)		(9 April 2019)	hysRevD.99.072002		
25	M. Ablikim,... M. N. Achasov,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Precision measurements of $\sigma_B(e^+e^- \rightarrow K_S^0 K^\pm \pi^\mp)$ at center-of-mass energies between 3.8 and 4.6 GeV	Phys. Rev. D 99 , 072005 (11 April 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.072005	өгүүлэл	4.39
26	M. Ablikim,... M. N. Achasov,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Search for Baryon and Lepton Number Violation in $J/\psi \rightarrow \Lambda_c^+ e^- + c.c.$	Phys. Rev. D 99 , 072006 (12 April 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.072006	өгүүлэл	4.39
27	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	First observations of $h_c \rightarrow hadrons$	Phys. Rev. D 99 , 072008 (24 April 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.072008	өгүүлэл	4.39
28	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Polarization and entanglement in baryon–antibaryon pair production in electron–positron annihilation	Nature Physics Letters (06 May 2019)	https://doi.org/10.1038/s41567-019-0494-8	өгүүлэл	22.6
29	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Study of the process $e^+e^- \rightarrow p\bar{p}$ via initial state radiation at BESIII	Phys. Rev. D 99 , 092002 (10 May 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.092002	өгүүлэл	4.39
30	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Observation of the W -annihilation decay $D_s^+ \rightarrow \omega\pi^+$ and evidence for $D_s^+ \rightarrow \omega K^+$	Phys. Rev. D 99 , 091101® (13 May 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.091101	өгүүлэл	4.39
31	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Cross section measurements of $e^+e^- \rightarrow \omega\chi_{c0}$ from $\sqrt{s} = 4.178$ to 4.278 GeV	Phys. Rev. D 99 , 091103® (16 May 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.091103	өгүүлэл	4.39
32	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Observation of the Decay $X(3872) \rightarrow \pi^0\chi_{c1}(1P)$	Phys. Rev. Lett. 122 , 202001 (23 May 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.122.202001	өгүүлэл	8.84

33	M. Ablikim,... K. Begzsuren,... B. Tsednee,... <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Amplitude analysis and branching fraction measurement of $D^0 \rightarrow K^- \pi^+ \pi^0 \pi^0$	Phys. Rev. D 99 , 092008 (31 May 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.092008	өгүүлэл	4.39
34	M. Ablikim,... K. Begzsuren,... B. Tsednee,... <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Search for heavy Majorana neutrino in lepton number violating decays of $D \rightarrow K \pi e^+ e^+$	Phys. Rev. D 99 , 112002 (6 June 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.112002	өгүүлэл	4.39
35	M. Ablikim,... K. Begzsuren,... B. Tsednee,... <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Study of the decays $D_s^+ \rightarrow K_S^0 K^+$ and $K_L^0 K^+$	Phys. Rev. D 99 , 112005 (12 June 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.112005	өгүүлэл	4.39
36	M. Ablikim,... K. Begzsuren,... B. Tsednee,... <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Study of $e^+ e^- \rightarrow \gamma \omega J/\psi$ and Observation of $X(3872) \rightarrow \omega J/\psi$	Phys. Rev. Lett. 122 , 232002 (14 June 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.122.232002	өгүүлэл	8.84
37	M. Ablikim,... K. Begzsuren,... B. Tsednee,... <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Observation and study of the decay $J/\psi \rightarrow \phi \eta \eta'$	Phys. Rev. D 99 , 112008 (2019) (18 June 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.112008	өгүүлэл	4.39
38	M. Ablikim,... K. Begzsuren,... B. Tsednee,... <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Observation of $\psi(3686) \rightarrow p^- p \phi$	Phys. Rev. D 99 , 112010 (27 June 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.112010	өгүүлэл	4.39
39	M. Ablikim,... K. Begzsuren,... B. Tsednee,... <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Measurements of the branching fractions of $\eta c \rightarrow K^+ K^- \pi^0, K^0 K^\pm \pi^\mp, 2(\pi^+ \pi^- \pi^0)$, and $p^- \bar{p}$	Phys. Rev. D 100 , 012003 (22 July 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.100.012003	өгүүлэл	4.39
40	M. Ablikim,... K. Begzsuren,... B. Tsednee,... <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	A first study of the D_{sj} mesons in the exclusive $e^+ e^-$ to $D_s^+ D^{(*)0} K^-$ above threshold	Chin. Phys. C 43 031001 (2019)	https://doi.org/10.1088/1674-1137/43/3/031001	өгүүлэл	5.861

41	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Study of Monte Carlo event generators for proton-proton collisions at LHC energies in the forward region	<u>Chin. Phys. C</u> 43 , 083002, (2019)	doi: 10.1088/1674-1137/43/8/083001	өгүүлэл	5.861
42	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	<u>Observation of $e + e \rightarrow \pi + \pi - \psi(3770)$ and $D1(2420)0^+ D0 + c. c.$</u>	Phys. Rev. D 100 , 032005 (13 August 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.100.032005	өгүүлэл	4.39
43	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	<u>Partial-wave analysis of $J/\psi \rightarrow K + K - \pi^0$</u>	Phys. Rev. D 100 , 032004 (14 August 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.100.032004	өгүүлэл	4.39
44	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	<u>Cross section measurements of $e + e \rightarrow K + K - K + K -$ and $\phi K + K -$ at center-of-mass energies from 2.10 to 3.08 GeV</u>	Phys. Rev. D 100 , 032009 (30 August 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.100.032009	өгүүлэл	4.39
45	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	<u>Amplitude Analysis of $D + s \rightarrow \pi + \pi^0 \eta$ and First Observation of the W-Annihilation Dominant Decays $D + s \rightarrow a_0(980) + \pi^0$ and $D + s \rightarrow a_0(980)0\pi +$</u>	Phys. Rev. Lett. 123 , 112001 (12 September 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.123.112001	өгүүлэл	8.84
46	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	<u>Study of the decays $\psi(3686) \rightarrow \gamma \chi_{cJ} \rightarrow \gamma \bar{p} K^* + \Lambda + c. c.$ and $\psi(3686) \rightarrow \bar{p} K^* + \Lambda + c. c.$</u>	Phys. Rev. D 100 , 052010 (19 September 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.100.052010	өгүүлэл	4.39
47	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	<u>Complete Measurement of the Λ Electromagnetic Form Factors</u>	Phys. Rev. Lett. 123 , 122003 (20 September 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.123.122003	өгүүлэл	4.39

48	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... B. Tsednee,.... <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Observation of $\eta c \rightarrow \omega\omega$ in $J/\psi \rightarrow \gamma\omega\omega$	Phys. Rev. D 100 , 052012 (23 September 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.100.052012	ӨГҮҮЛЭЛ	4.39
49	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... B. Tsednee,.... <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Observation of $\psi(3686) \rightarrow E(1530) - \bar{E}(1530) +$ and $E(1530) - \bar{E} +$	Phys. Rev. D 100 , 051101(R) (26 September 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.100.051101	ӨГҮҮЛЭЛ	4.39
50	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... B. Tsednee,.... <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Search for the decay $\eta' \rightarrow \gamma\gamma$	Phys. Rev. D 100 , 052015 (30 September 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.100.052015	ӨГҮҮЛЭЛ	4.39
51	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... B. Tsednee,.... <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Measurements of weak decay asymmetries of $\Lambda + c \rightarrow pK^0s, \Lambda\pi^+, \Sigma^+ \pi^0$, and $\Sigma^0\pi^+$	Phys. Rev. D 100 , 072004 (14 October 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.100.072004	ӨГҮҮЛЭЛ	4.39
52	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... B. Tsednee,.... <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Improved measurements of the absolute branching fractions of the inclusive decays $D + (0) \rightarrow \phi X$	Phys. Rev. D 100 , 072006 (15 October 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.100.072006	ӨГҮҮЛЭЛ	4.39
53	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... B. Tsednee,.... <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Amplitude analysis of $D^+ \rightarrow K^0S\pi^+ + \pi^+ \pi^-$	Phys. Rev. D 100 , 072008 (18 October 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.100.072008	ӨГҮҮЛЭЛ	4.39
54	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... B. Tsednee,.... <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Measurement of branching fractions for D meson decaying into ϕ meson and a pseudoscalar meson	Physics Letters B 798 135017 (10 November 2019)	https://doi.org/10.1016/j.physletb.2019.135017	ӨГҮҮЛЭЛ	4.16
55	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... B. Tsednee,.... <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Measurement of branching fractions of $\psi(3686) \rightarrow \phi\eta', \phi f_1(1285)$ and $\phi\eta(1405)$	Phys. Rev. D 100 , 092003 (11 November 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.100.092003	ӨГҮҮЛЭЛ	4.39

56	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... , B. Tsednee,.... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	First observation of the decay $\chi_{cJ} \rightarrow \Sigma^+ \bar{p} K_S^0 + c. c. (J = 0,1,2)$	Phys. Rev. D 100 , 092006 (18 November 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevD.100.092006	өгүүлэл	4.39
57	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... , B. Tsednee,.... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Observation of the Leptonic Decay $D^+ \rightarrow \tau + \nu_\tau$	Phys. Rev. Lett. 123 , 211802 (22 November 2019)	https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.123.211802	өгүүлэл	8.84

2020 ОНД ХЭВЛҮҮЛСЭН БҮТЭЭЛИЙН ЖАГСААЛТ

Хүснэгт № 3

№	Бүтээлийн нэр	Зохиогч	Хаана ямар бүтээлд хэвлэгдсэн	Бүтээлийн төрөл
1	Measurement of $J/\psi \rightarrow \Xi(1530)^- \bar{\Xi}^+$ and evidence for the radiative decay $\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-$	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... , B. Tsednee,.... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 101 , 012004 (8 January 2020)	өгүүлэл
2	Cross section measurement of $e^+e^- \rightarrow \eta' J/\psi$ from $\sqrt{s} = 4.178$ to 4.600 GeV	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... , B. Tsednee,.... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 101 , 012008 (21 January 2020)	өгүүлэл
3	Measurement of the Cross Section for $e^+e^- \rightarrow \Xi^- \bar{\Xi}^+$ and Observation of an Excited Ξ Baryon	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... , B. Tsednee,.... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. Lett. 124 , 032002 (24 January 2020)	өгүүлэл
4	Observation of the decays $\chi_{cJ} \rightarrow \phi \phi \eta$	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... , B. Tsednee,.... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 101 , 012012 (24 January 2020)	өгүүлэл
5	Measurement of Proton Electromagnetic Form Factors in $e^+e^- \rightarrow p\bar{p}$ in the Energy Region $2.00 - 3.08$ GeV	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... , B. Tsednee,.... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. Lett. 124 , 042001 (28 January 2020)	өгүүлэл

6	Search for the rare decay $\eta' \rightarrow \pi^0\pi^0\pi^0\pi^0$ at BESIII	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 101 , 032001 (5 February 2020)	өгүүлэл
7	Search for baryon and lepton number violating decays $D^+ \rightarrow \bar{\Lambda}(\bar{\Sigma}^0)e^+$ and $D^+ \rightarrow \Lambda(\Sigma^0)e^+$	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 101 , 031102(R) (13 February 2020)	өгүүлэл
8	Partial wave analysis of $\psi(3686) \rightarrow K^+K^-\eta$	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 101 , 032008 (28 February 2020)	өгүүлэл
9	<u>Observation of a Resonant Structure in $e^+e^+ \rightarrow K^+K^-\pi^0\pi^0$</u>	M. Ablikim,... M. N. Achasov,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. Lett. 124 , 112001 (19 March 2020)	өгүүлэл
10	Observation of $D^+ \rightarrow \eta\eta\pi^+$ and improved measurement of $D^{0(+)} \rightarrow \eta\pi^+\pi^{-(0)}$	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 101 , 052009 (24 March 2020)	өгүүлэл
11	Future Physics Programme of BESIII	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Chin. Phys. C 44 , 040001 (26 March 2020)	өгүүлэл
12	Observation of the semimuonic decay $D^+ \rightarrow \omega\mu^+\nu_\mu$	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 101 , 072005 (20 April 2020)	өгүүлэл
13	<u>First Measurements of $\chi_{cJ} \rightarrow \Sigma^-\bar{\Sigma}^+(J = 0,1,2)$ Decays</u>	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 101 , 092002 (5 May 2020)	өгүүлэл

14	Study of $e^+e^- \rightarrow D^+D^-\pi^+\pi^-$ at center-of-mass energies from 4.36 to 4.60 GeV	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Lett. B 804 , 135395 (10 May 2020)	өгүүлэл
15	First Observation of $D^+ \rightarrow \eta\mu^+\nu_\mu$ and Measurement of Its Decay Dynamics	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. Lett. 124 , 231801 (9 June 2020)	өгүүлэл
16	Determination of Strong-Phase Parameters in $D \rightarrow K_{S,L}^0\pi^+\pi^-$	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. Lett. 124 , 241802 (15 June 2020)	өгүүлэл
17	<u>Model-independent determination of the relative strong-phase difference between D^0 and $\bar{D}^0 \rightarrow K_{S,L}^0\pi^+\pi^-$</u> and its impact on the measurement of the CKM angle γ/ϕ_3	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 101 , 112002 (15 June 2020)	өгүүлэл
18	<u>Search for the decay $J/\psi \rightarrow \gamma + \text{invisible}$</u>	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 101 , 112005 (16 June 2020)	өгүүлэл
19	<u>Measurements of Absolute Branching Fractions of Fourteen Exclusive Hadronic D Decays to η</u>	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. Lett. 124 , 241803 (19 June 2020)	өгүүлэл
20	<u>Study of Open-Charm Decays and Radiative Transitions of the $X(3872)$</u>	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. Lett. 124 , 242001 (19 June 2020)	өгүүлэл
21	Measurement of the Born Cross Sections for $e^+e^- \rightarrow D_s^+D_{s1}^-(2460)^- +$	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,...,	Phys. Rev. D 101 , 112008 (24 June 2020)	өгүүлэл

	$c. c.$ and $e^+e^- \rightarrow D_s^{*+}D_{s1}(2460)^- + c. c.$	B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)		
22	<u>Observation of a structure in $e^+e^- \rightarrow \phi\eta'$ at \sqrt{s} from 2.05 to 3.08 GeV</u>	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 102 , 012008 (21 July 2020)	өгүүлэл
23	<u>$\Sigma^+\bar{\Sigma}^-$ polarization in the J/ψ and $\psi(3686)$ decays</u>	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. Lett. 125 , 052004 (31 July 2020)	өгүүлэл
24	Observation of the $Y(4220)$ and $Y(4360)$ in the process $e^+e^- \rightarrow \eta J/\psi$	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 102 , 031101 (24 August 2020)	өгүүлэл
25	<u>Precise measurements of branching fractions for D_s^+ meson decays to two pseudoscalar mesons</u>	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	JHEP 08 , 146 (28 August 2020)	өгүүлэл
26	<u>Inclusive charged and neutral particle multiplicity distributions in χ_{cJ} and J/ψ decays</u>	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 102 , 052001 (3 September 2020)	өгүүлэл
27	Measurement of singly Cabibbo-suppressed decays $D \rightarrow \omega\pi\pi$	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 102 , 052003 (9 September 2020)	өгүүлэл
28	<u>Search for intermediate resonances and dark gauge bosons in $J/\psi \rightarrow \gamma\pi^0\eta'$</u>	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 102 , 052005 (17 September 2020)	өгүүлэл
29	<u>Measurements of the absolute branching</u>	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,...,	Phys. Rev. D 102 , 052006 (25 September 2020)	өгүүлэл

	fractions of $D^{0(+)} \rightarrow K\bar{K}\pi\pi$ decays	B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)		
30	Improved model-independent determination of the strong-phase difference between D^0 and $\bar{D}^0 \rightarrow K_{S,L}^0 K^+ K^-$ decays	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 102 , 052008 (30 September 2020)	өгүүлэл
31	Measurement of the absolute branching fraction of the inclusive decay $\Lambda_c^+ \rightarrow K_S^0 X$	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., B. Tsednee ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Eur. Phys. J. C 80 , 935 (10 October 2020)	өгүүлэл

2021 ОНД ХЭВЛҮҮЛСЭН БҮТЭЭЛИЙН ЖАГСААЛТ

Хүснэгт № 4

№	Бүтээлийн нэр	Зохиогч	Хаана ямар бүтээлд хэвлэгдсэн	Бүтээлийн төрөл
1	Measurement of cross section for $e^+e^- \rightarrow \Xi^- \bar{\Xi}^+$ near threshold at BESIII	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 103 , 012005 (8 January 2021)	өгүүлэл
2	Search for the $X(2370)$ and $\eta_c \rightarrow \eta\eta'$ in $J/\psi \rightarrow \gamma\eta\eta'$	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 103 , 012009 (29 January 2021)	өгүүлэл
3	Measurement of $e^+e^- \rightarrow \eta_c \pi^+ \pi^- \pi^0, \eta_c \pi^+ \pi^-$, and $\eta_c \pi^0 \gamma$ at \sqrt{s} from 4.18 to 4.60 GeV, and search for a Z_c state close to the DD threshold decaying to $\eta_c \pi$ at $\sqrt{s} = 4.23$ GeV	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 103 , 032006 (25 February 2021)	өгүүлэл
4	Observation of a Near-Threshold Structure in the K^+ Recoil-Mass Spectra in $e^+e^- \rightarrow K^+(D_s^- D^{*0} + D_s^* D^0)$	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. Lett. 126 , 102001 (11 March 2020)	өгүүлэл
5	Search for the reaction $e^+e^- \rightarrow \chi_{cJ}(\pi^+\pi^-)$ and a charmoniumlike structure decaying to $\chi_{cJ}\pi^\pm$ between 4.18 and 4.60 GeV	M. Ablikim,... K. Begzsuren ,..., <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 103 , 052010 (22 March 2021)	өгүүлэл

6	Measurement of the absolute branching fraction of $\Lambda_c^+ \rightarrow p K_S^0 \eta$ decays	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Lett. B Vol. 817 , 136327 (10 June 2021)	өгүүлэл
7	Amplitude analysis of the decay $D^+ \rightarrow K^+ K_S \pi^0$	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 104, 012006 (2021)	өгүүлэл
8	Measurement of $B(D_s^+ \rightarrow \tau^+ \nu)$ using $\tau^+ \rightarrow \rho^+ \bar{\nu}$	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 104, 032001 (2021)	өгүүлэл
9	Measurement of Born cross section of e^+e^- to $\chi_{i0}\chi_{i0bar}$ near mass threshold	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Lett. B 820, 136557 (2021)	өгүүлэл
10	Measurements of Born Cross Sections of $e^+e^- \rightarrow D_s^* D_s J$	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 104, 032012 (2021)	өгүүлэл
11	Measurement of branching fraction for $\gamma(3686) \rightarrow K_S^0 X$	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Lett. B 820, 136576 (2021)	өгүүлэл
12	Search for $e^+ e^- \rightarrow \gamma \chi_{cJ}$ at CMS energies above 4.0 GeV	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	arXiv: 2107.03604, PRD	өгүүлэл
13	First Measurement of the Absolute Branching Fraction for Λ_b to $p \mu^- \bar{\nu}_\mu$	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	arXiv: 2107.06704, PRD	өгүүлэл
14	Measurement of $B(D_s^+ \rightarrow X e^+ \nu)$ based on the data at 4178 MeV	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	Phys. Rev. D 104, 012003 (2021)	өгүүлэл
15	Search for the rare weak decay $J/\psi \rightarrow D e \nu_e$	M. Ablikim,... K. Begzsuren,.... , <i>et al.</i> (BESIII Collaboration)	JHEP 06, 157 (2021)	өгүүлэл