

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

<https://doi.org/10.32014/2020.2518-1726.88>

Volume 5, Number 333 (2020), 102 – 105

УДК 539.12; 539.12.01

B.O. Zhautykov, N.S. Pokrovsky, V.V. Samoilo

Satbayev University, Institute of Physics and Technology, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [alenzhautykov@gmail.com](mailto:alenzhautykov@gmail.com), [vsamoilov@bk.ru](mailto:vsamoilov@bk.ru)

ON THE SEARCH FOR HADRON MODES  
OF HIDDEN CHARM MESONS DECAY

**Abstract.** From the results obtained in publication [1] as well percentage between decay modes of excited states of mesons, cited in reference book “Particle Data Group” became possible to evaluate the number of hadron final states on which the meson with *hidden charm* decay. In the paper is shown a rough estimate of final states number for hadron decays of mesons with *hidden charm*. The most statistically secured are the final states  $KK\pi$  for  $\eta_c(1S)$ ,  $2(\pi^+\pi^-)$  and  $\pi^+\pi^-K^+K^-$  for  $\chi_{c0}(1P)$  mesons.

**Key words:** hadron, meson, mode decay, hidden charm, final state.

Since hadron decay modes of mesons with *hidden charm* are strongly suppressed due to the Okubo - Zweig - Iizuka (OZI) rule. Then in connection with the publication of work on the study of inelastic photoproduction of  $J/\psi(1S)$  and  $\psi(2S)$  mesons [1], it became possible to estimate the number of mesons with *hidden charm* which decay on hadron final states. All statistics  $ep$  interaction accumulated during the period 1997 - 2007 were used. This is  $\sim 350$  million interactions. The number of  $J/\psi(1S)$  and  $\psi(2S)$  mesons with lepton decay to  $\mu^+\mu^-$  is obtained equal to 11 295 and 448 respectively.

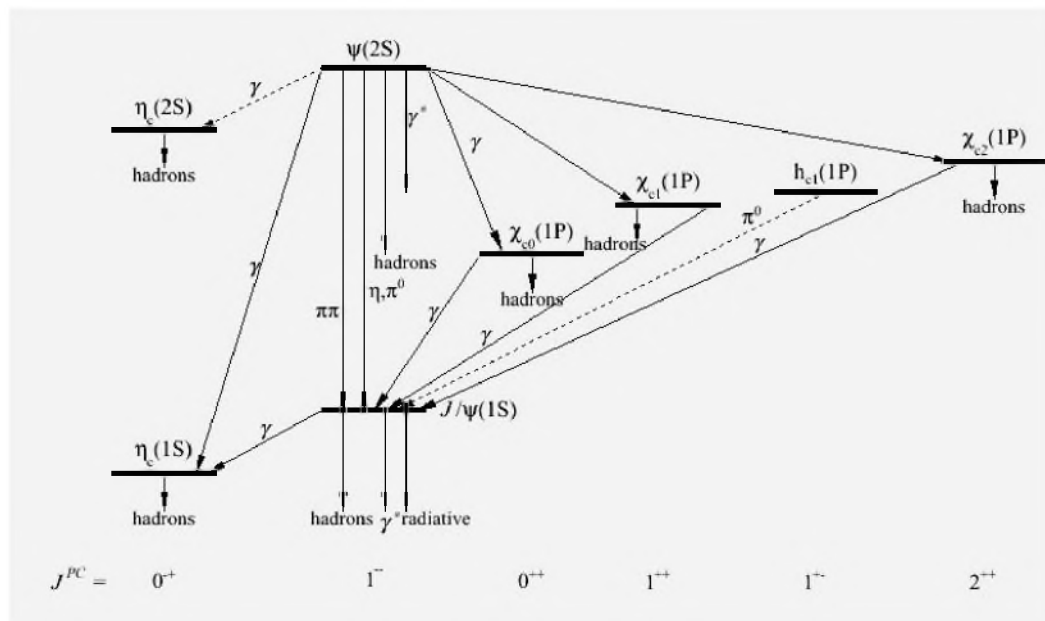


Figure 1 - Scheme of radiative decays of  $J/\psi(1S)$  and  $\psi(2S)$  mesons

Since the percentage of events which decay on this mode is known from the "Particle Data Group" (PDG) [2, 3] tables, we can estimate the total number of generated  $J/\psi$  (1 S) and  $\psi$  (2 S) mesons which is 167 044 for  $J/\psi$  (1 S) mesons and 56 172 for  $\psi$  (2 S) mesons, respectively. And from this number, it is possible to calculate the number of mesons decaying on the hadron mode.

The number of mesons with *hidden charm*  $\eta_c$  (1S) and mesons  $\chi_{c0}$ (1P),  $\chi_{c1}$ (1P) and  $\chi_{c2}$  (1P) can also be estimated from the radiative decay data of  $J/\psi$  (1S) and  $\psi$  (2S) mesons using percentage from the "Particle Data Group" tables.

Table 1 - Estimation of the number of mesons with *hidden charm*  $\eta_c$  (1S),  $\chi_{c0}$  (1P),  $\chi_{c1}$  (1P),  $\chi_{c2}$  (1P) from the decays of  $J/\psi$ (1S) and  $\psi$  (2S) mesons decaying on the radiative mode

Radiative decay modes	Share in %	Quantity
$J/\psi(1S) \rightarrow \gamma \eta_c(1S)$	1.7 %	2840
$\psi(2S) \rightarrow \gamma \eta_c(1S)$	0.34 %	191
$\psi(2S) \rightarrow \gamma \chi_{c0}(1P)$	9.84 %	5527
$\psi(2S) \rightarrow \gamma \chi_{c1}(1P)$	9.3 %	5224
$\psi(2S) \rightarrow \gamma \chi_{c2}(1P)$	8.7 %	4887

Table 2 - Estimation of the number of mesons with *hidden charm* that decay on different hadron modes

Meson	Final state	Share in %	Quantity
$\eta_c$ (1 S)	$2 (\pi^+ \pi^-)$	0.9 %	31
$\eta_c$ (1 S)	$2 (K^+ K^-)$	0.15 %	5
$\eta_c$ (1 S)	$\pi^+ \pi^- K^+ K^-$	0.69 %	21
$\eta_c$ (1 S)	$KK \pi$	7.3%	221
$\chi_{c0}$ (1P)	$2 (\pi^+ \pi^-)$	2.25 %	124
$\chi_{c0}$ (1P)	$2 (K^+ K^-)$	0.28 %	15
$\chi_{c0}$ (1P)	$\pi^+ \pi^- K^+ K^-$	2.77 %	98
$\chi_{c1}$ (1P)	$2 (\pi^+ \pi^-)$	0.76 %	40
$\chi_{c1}$ (1P)	$2 (K^+ K^-)$	0.056 %	3
$\chi_{c1}$ (1P)	$\pi^+ \pi^- K^+ K^-$	0.45 %	23
$\chi_{c2}$ (1P)	$2 (\pi^+ \pi^-)$	1.1 %	54
$\chi_{c2}$ (1P)	$2 (K^+ K^-)$	0.0178 %	0
$\chi_{c2}$ (1P)	$\pi^+ \pi^- K^+ K^-$	0.091 %	4

Knowing the total number of mesons with *hidden charm*  $\eta_c$  (1S) and  $\chi_{c0}$  (1P),  $\chi_{c1}$  (1P),  $\chi_{c2}$  (1P), we can roughly estimate their number for a specific hadron mode of their decay.

From the obtained estimates, we can conclude that the most favorable (in terms of the quantity of mesons decaying into hadron final states) for searching and selecting mesons with *hidden charm* are the following final states -  $KK\pi$ ,  $\pi^+ \pi^- K^+ K^-$  and  $2(\pi^+ \pi^-)$ .

Б.О. Жәутіков, **Н.С. Покровский**, В.В. Самойлов

Сәтбаев университеті, Физика-техникалық институты, Алматы, Қазақстан

### ЖАСЫРЫН ТАРТЫМДЫЛЫҒЫ БАР МЕЗОН АДРОНДАРЫНЫҢ ЫДЫРАУ МОДАСЫН ІЗДЕУ МӘСЕЛЕСІ ЖӨНІНДЕ

**Аннотация.** Жұмыс барысында алынған нәтижелерге [1] және «Particle Data Group» анықтамасында келтірілген мезондардың қозған күйінің ыдырау модалары арасындағы пайыздық қатынасқа сүйене отырып, жасырын тартымдылығы бар мезондардың ыдырайтын соңғы күйінің санын бағалау мүмкіндігі туды. Осы аталған зерттеу жұмысында *жасырын тартымдылығы* бар мезондардың адронды ыдырауының соңғы күйіне қатаң сандық бағалау жүргізіледі. Біршама статистикалық қамтылған мезондар  $\eta_c$  (1 S),  $2(\pi^+\pi^-)$  үшін  $KK\pi$  және  $\chi_{c0}$  (1P) үшін  $\pi^+\pi^-K^+K^-$  шамасының соңғы күйі есептеледі.

Жасырын *тартымдылығы* бар мезон адрондарының ыдырау модасы Okubo - Zweig - Iizuka (OZI) ережесі бойынша қатты басылады. Кейінірек,  $J/\psi(1S)$  және  $\psi(2S)$  мезондардың серпімді емес күйін зерттеу жұмысында [1] адрондық соңғы күйге ыдырайтын жасырын тартымдылығы бар мезондардың санын бағалау мүмкіндігі пайда болды. 1997-2007 жылдар аралығында жинақталған өзара әрекеттесудің барлық статистикасы пайдаланылды, ол шамамен 350 млн жуық. Лептонның  $\mu^+\mu^-$ -ге ыдырауы негізінде  $J/\psi(1S)$  және  $\psi(2S)$  мезондар санын аламыз. Осы режимде ыдырайтын оқиғалардың «Particle Data Group» анықтамасында келтірілген мезондардың қозған күйінің ыдырау модалары арасындағы пайыздық қатынасқа сүйене отырып, жасалған мезондардың жалпы санын бағалай аламыз. Деректерге сүйене отырып, адрондық модада ыдырайтын мезондардың санын есептеуге болады.

*Жасырын тартымдылығы* бар мезондар мен  $\chi_{c0}$  (1P),  $\chi_{c1}$  (1P) және  $\chi_{c2}$  (1P), мезондарының санын  $J/\psi$  (1s) және  $\psi(2S)$  мезондарының радиациялық ыдырауы бойынша да бағалауға болады.

Жасырын тартымдылығы бар мезондардың  $\eta_c$  (1S) және де  $\chi_{c0}$  (1P),  $\chi_{c1}$  (1P),  $\chi_{c2}$  (1P) жалпы санын біле отырып, олардың ыдыраудағы белгілі бір адронды мода үшін мөлшерін шамамен бағалай аламыз.

Мақалада жасырын тартымдылығы бар мезондарды іздеу және таңдау үшін ең қолайлы (мезон адрондарының соңғы күйіне ыдырайтын саны бойынша) келесі соңғы күй екендігі анықталды: states -  $KK\pi$ ,  $\pi^+\pi^-K^+K^-$  және  $2(\pi^+\pi^-)$ .

Мақалада ҚР Мемлекет бюджетінен гранттық қаржыландырылатын AP05131547 «e+ p – әрекеттестіктерде пайда болған ғажап бариондардың және жасырын ғажаптығы бар мезондардың ыдырауын зерттеу» жобасының аясында атқарылған жұмыс нәтижелері берілді.

**Түйін сөздер:** адрон, мезон, ыдырау модасы, жасырын тартымдылық, соңғы күй.

Б.О. Жаутыков, **Н.С. Покровский**, В.В. Самойлов

Satbayev University, Физико-технический институт, Алматы, Казахстан

### К ВОПРОСУ ПОИСКА АДРОННЫХ МОД РАСПАДА МЕЗОНОВ СО СКРЫТЫМ ОЧАРОВАНИЕМ

**Аннотация.** Исходя из результатов, полученных в работе [1], а также из процентных соотношений между модами распада возбужденных состояний мезонов, приведенных в справочнике “Particle Data Group”, стало возможным оценить число конечных состояний, на которые распадаются мезоны со *скрытым очарованием*. В настоящей работе приводится грубая оценка числа конечных состояний адронных распадов мезонов со *скрытым очарованием*. Наиболее статистически обеспеченными являются конечные состояния  $KK\pi$  для  $\eta_c(1S)$ ,  $2(\pi^+\pi^-)$  и  $\pi^+\pi^-K^+K^-$  для  $\chi_{c0}(1P)$  мезонов.

Мода распада адронов мезонов со скрытым очарованием сильно подавлена по правилу Okubo – Zweig – Iizuka (OZI). Позднее, в работе по изучению неупругого состояния  $J/\psi(1S)$  и  $\psi(2S)$  – мезонов [1] появилась возможность оценить количество мезонов со скрытым очарованием, распадающихся на адронные конечные состояния. Была использована вся статистика взаимодействия, накопленная за период 1997-2007гг. Это около ~350 миллионов взаимодействий. Получаем число мезонов  $J/\psi(1S)$  и  $\psi(2S)$  с распадом лептона на  $\mu^+\mu^-$ . Поскольку процент событий, которые распадаются в этом режиме известен по таблице мы можем оценить общее количество сгенерированных мезонов. Исходя из данных, можно вычислить количество мезонов, распадающихся на адронной моде.

Число мезонов со скрытым очарованием и мезонов  $\chi_{c0}(1P)$ ,  $\chi_{c1}(1P)$  и  $\chi_{c2}(1P)$  также можно оценить по данным радиационного распада мезонов  $J/\psi(1S)$  и  $\psi(2S)$ .

Зная общее количество мезонов со скрытым очарованием  $\eta_c$  (1S) и  $\chi_{c0}$  (1P),  $\chi_{c1}$  (1P),  $\chi_{c2}$  (1P), мы можем приблизительно оценить их количество для конкретной адронной моды их распада.

В данной статье приведен вывод, что наиболее благоприятными (по количеству распадающихся в конечные состояния адронов мезонов) для поиска и отбора мезонов со скрытым очарованием являются следующие конечные состояния states -  $KK\pi$ ,  $\pi^+\pi^-K^+K^-$  и  $2(\pi^+\pi^-)$ .

В статье использованы результаты, полученные в рамках проекта AP05131547 «Исследование распадов очарованных барионов и мезонов со скрытым очарованием, образованных в  $e^+p$  взаимодействиях» грантового финансирования из РБ РК.

**Ключевые слова:** адрон, мезон, мода распада, скрытое очарование, конечное состояние.

#### Information about authors:

Boulat Zhautykov, Head of High Energy Physics Laboratory, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Satbyev University, Institute of Physics and Technology, Almaty, Kazakhstan, <https://orcid.org/0000-0002-8838-7443>;

Vladimir Samoilov, Senior Research Worker of High Energy Physics Laboratory, Satbyev University, Institute of Physics and Technology, Almaty, Kazakhstan, <https://orcid.org/0000-0001-7259-239X>;

Nikolai Pokrovsky, Senior Research Worker of High Energy Physics Laboratory, Satbyev University, Institute of Physics and Technology, Almaty, Kazakhstan, <https://orcid.org/0000-0003-1214-4936>

#### REFERENCES

- [1] The ZEUS collaboration Measurement of inelastic  $J/\psi$  and  $\psi'$  photoproduction at HERA// Journal of high energy physics JHEP 02 (2013) 071
- [2] Particle physics booklet (particle data group) July 2010 // IOP Publishing
- [3] Izbasrov M., Pokrovsky N. S., Samoilov V. V., Temiraliev T., Tursunov R., Zhautykov B. O. Investigation of Correlations of Generated Nuclear Active Particles in  $\tilde{p}p$  - Events Enriched by Annihilation at Momenta 22.4 GeV/c and 32 GeV/c // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of physic – mathematical sciences. Volume 4, Number 326 (2019), pp. 143–150. ISSN 1991 – 346X, <https://doi.org/10.32014/2019.2518-1726.53>