

DOI: <https://doi.org/10.36719/2707-1146/38/39-44>

**Günay Dadaşzadə**  
Azərbaycan dövlət Pedaqoji Kolleci  
gunay\_dadaszade@mail.ru

## ELEMENTAR ZƏRRƏCİKLƏRİN QARŞILIQLI TƏSİRİNİN TƏDQIQI

### Xülasə

Elementar zərrəciklərin müxtəlif nəzəriyyələri mövcuddur, baxmayaraq ki, hələ də vahid tam nəzəriyyə yoxdur. Bu məqalədə elementar zərrəciklərin qarşılıqlı təsirinin əsas anlayışları, növləri və mexanizmləri nəzərdən keçirilmişdir. Protonların daxili quruluşunun öyrənilməsi elementar zərrəciklər fizikasının aktual məsələlərindən biridir. Məqalədə protonların müxtəlif tip qarşılıqlı təsirinə nəzəri olaraq baxılmışdır. Bəzi enerjilərdə zərrəciklərin qarşılıqlı təsirinin nəticələri qrafiki olaraq təsvir edilmişdir. Nəzəri hesablamaların eksperimentlərlə yoxlanılması da böyük əhəmiyyət daşıyan məsələlərdəndir.

*Açar sözlər: enerji, zərrəcik, kvark, atom, nüvə*

**Gunay Dadashzadeh**  
Azerbaijan State Pedagogical College  
gunay\_dadaszade@mail.ru

### Study of interactions of elementary particles

### Abstract

There are various theories of elementary particles, although there is still no single complete theory. The main concepts, types and mechanisms of the interaction of elementary particles were considered in this article. The study of the internal structure of protons is one of the topical issues of elementary particles physics. The article considers the different types of interactions between of protons. The results of the interaction of particles in some energies are graphically described. Experimental verification of theoretical calculations is also of great importance.

*Keywords: energy, particle, quark, atom, nucleus*

### Giriş

Maddə quruluşunun öyrənilməsi zamanı məlum olmuşdur, ki atomlar proton və neytronlardan təşkil olunmuşdur. Bunu təyin etmək elə də çətin olmamışdır - zərrəciyi lazımi enerjiyə çatdırdıqda onlar öz "tərkib hissələrinə" parçalanmışdılar. Lakin proton və neytronlarla bunu etmək mümkün olmamışdır. Onların bölünməz zərrəcik olmamasına baxmayaraq heç bir güclü qarşılıqlı təsirdə "hissələrinə" ayırmaq mümkün olmamışdır. Buna görə də protonların daxilini müşahidə edib onların quruluş və formasını görmək üçün müxtəlif üsullar fikirləşməyə fiziklərə onilliklər lazım olmuşdur (Trofimova, 1998: 478). Hazırda protonun strukturunun öyrənilməsi-elementar zərrəciklər fizikasının aktiv sahələrindən biridir. Elementar zərrəciklər daxili quruluşu digər zərrəciklərin birləşməsi kimi təqdim edilə bilməyən hissəciklərdir. Zərrəciklər bir-birinə çevrilə, müxtəlif reaksiyalara girə və başqa elementar hissəcikləri əmələ gətirə bilər (Trofimova, 1996: 304). Təcrübədə müşahidə edilən ilk elementar hissəcik elektron olmuşdur və on doqquzuncu əsrdə katod şüalarının bir hissəsi kimi kəşf edilmişdir. XX əsrin əvvəllərində proton, daha sonra isə neytron və pozitron kəşf edildi. Nüvə fizikasının inkişafı ilə elementar zərrəciklərin sayı kəskin şəkildə artdı və indi yüzlərlədir. Demək olar ki, bütün elementar zərrəciklər üçün yük və maqnit momentinin əks qiymətlərinə malik olan antihissəciklər var. Zərrəcik və antihissəcik qarşılaşdıqda, onlar məhv olurlar, yəni Eynşteynin  $E=mc^2$  düsturuna uyğun olaraq, zərrəciklərin sükunət kütləsi ilə əlaqəli enerjisi şüalanma enerjisinə çevrilir (Volkenshtein, 1999: 328).

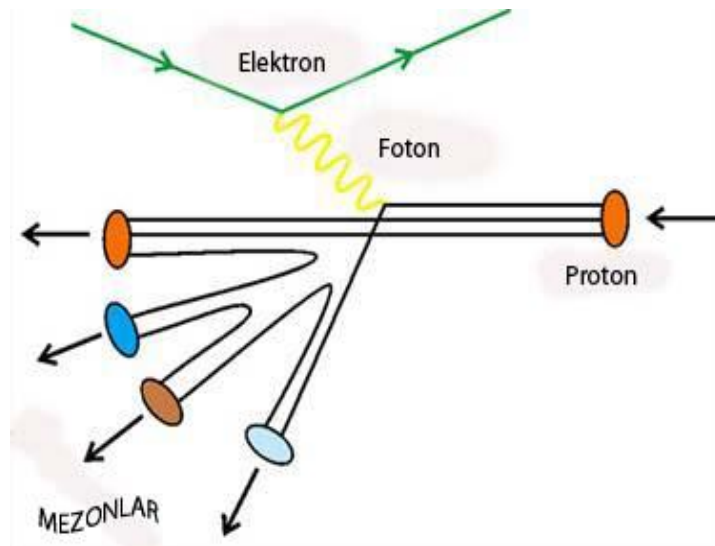
Hadronların tərkib hissələrinin öyrənilməsi sahəsində ən iri, inqilabi və sonralar aydın olduğu kimi, ən həlledici addım 1964-cü ildə Amerika alimləri M.Gell-Mann və C.Sveyq tərəfindən atılmışdır. Onların ideyasına əsasən, bütün hadronlar cəmi üç yeni, indiyə qədər məlum olmayan qeyri-adi zərrəcikdən və onların antilərindən qurulmuşlar (Trofimova, 1999:592). Bu qeyri-adi fundamental obyektləri Gell-Mann «kvark»lar, C.Sveyq isə «tuz»lar adlandırmışdı. Sonralar Gell-Mannın qoyduğu ad yaşamışdır. Həmin kvarklar latın əlifbasının *u*, *d* və *s* hərifləri ilə (ingiliscə, uyğun olaraq, «yuxarı», «aşağı» və «qəribə» mənalarını verən **up**, **down** və **strange** sozlərinin ilk hərifləri ilə) işarə edilir. Sonralar elmə daha üç növ kvark daxil edilmişdir: *c* -kvark, *b* - kvark və *t* -kvark (ingiliscə charm-fusunkar, beauty (yaxud bottom) – gözəl (yaxud alt), truth (yaxud top)- əsil (yaxud ust) sozlərindən). Kvarkların novlərini çox vaxt **kvarkın rəyihələri** adlandırırlar. Cədvəl 1-də kvarkların xarakteristikaları göstərilmişdir (Volkenstein, 1999: 588).

Beləliklə, hadronların kvark quruluşu kəşf olunduqdan sonra məlum olmuşdur ki, kvarkların bir neçə növü olur və onlardan bir çox müxtəlif növ zərrəciklər konstruksiya oluna bilər. Buna görə də bir-birinin ardınca yeni hadronların tapılması artıq heç kəsi təəccübləndirmir. Hadronların kütləsi heç də kvarkların kütlələri cəmindən ibarət deyil. Kvarkların öz kütləsi- yalnız iki faiz protonların kütləsindən asılıdır, bütün qalan ağırlıq isə kvarkları birlikdə saxlayan qüvvə sahəsi hesabına meydana gəlir (Krasilnikov, 2002: 29).

Protonların daxilində enerji sanki ayrı-ayrı kompakt sahələrdə konsentrasiya olunmuşdur ki, bunları da məşhur fizik Riçard Feynman tərəfindən parton adlandırmaq təklif olunmuşdur.

Yüklü partonlar-kvarklar, neytral partonlar isə qlüonlardır. Təcrübələr göstərmişdir ki, enerjinin yarısı kvarklarda, yarısı isə qlüonlarda cəmlənir.

Partonları ən yaxşı halda elektronlarla toqquşmada öyrənmək əlverişlidir (Suprun, 2004: 54). Məsələn, ondadır ki, protonlardan fərqli olaraq elektronlar güclü qarşılıqlı təsirlərdə iştirak etmirlər və onun protonla toqquşması çox sadə görünür-elektron çox qısa müddətdə virtual foton şüalandırır, yüklü partonlara bölünür və sonunda böyük sayda zərrəciklər yaradır (şəkil 1).



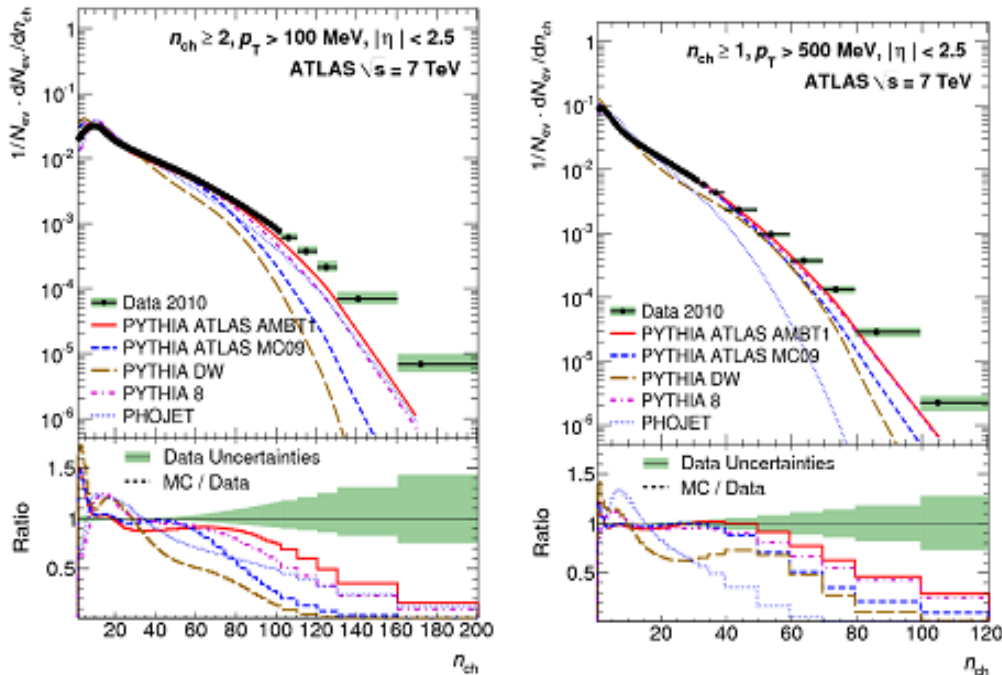
Şəkil 1. Protonun elektronla toqquşması

Demək olar ki, elektron, protonun ayrı-ayrı hissələrə qısa müddətə də olsa bölünməsində böyük rol oynayır (8). Sürətləndiricidə belə proseslərin başvermə tezliyini bilməklə protonun daxilindəki partonların sayını və yükünü təyin etmək olar. Lakin elementar zərrəciklərin tərkibi, əgər onlar işıq sürətinə yaxın sürətlə hərəkət edərlərsə, nisbi anlayışdır (Platonova, Kukulin, 2010: 281).

**Cədvəl 1. Kvarklar barədə məlumat**

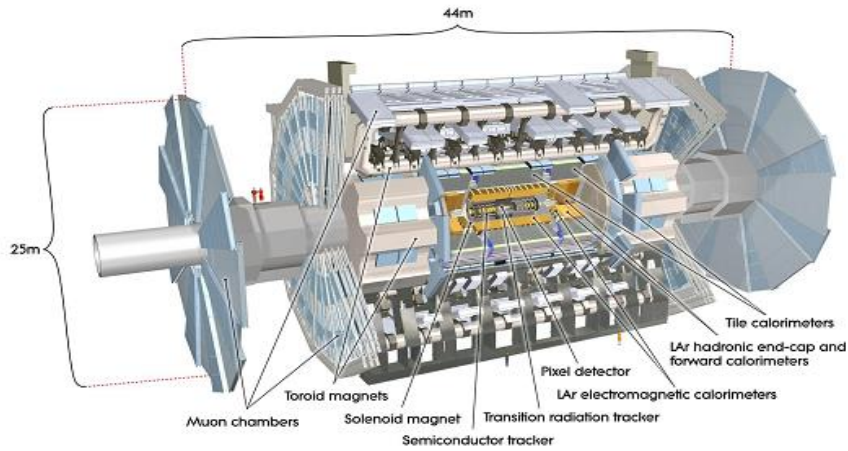
| İşarəsi | Adı ingiliscə (azərb.)         | Kütlə (MeV)        | $J^P$   | Q      | B     | S  | C  | b  | t  | T     | $T_3$  |
|---------|--------------------------------|--------------------|---------|--------|-------|----|----|----|----|-------|--------|
| u       | up (yuxarı)                    | 1,5-3,0            | $1/2^+$ | $+2/3$ | $1/3$ | 0  | 0  | 0  | 0  | $1/2$ | $1/2$  |
| d       | down (aşağı)                   | 3-7                | $1/2^+$ | $-1/3$ | $1/3$ | 0  | 0  | 0  | 0  | $1/2$ | $-1/2$ |
| s       | strange (qəribə)               | 95                 | $1/2^+$ | $-1/3$ | $1/3$ | -1 | 0  | 0  | 0  | 0     | 0      |
| c       | charm (füsunkar)               | $1,25 \cdot 10^3$  | $1/2^+$ | $+2/3$ | $1/3$ | 0  | +1 | 0  | 0  | 0     | 0      |
| b       | beauty (gözəl)<br>bottom (alt) | $4,20 \cdot 10^3$  | $1/2^+$ | $-1/3$ | $1/3$ | 0  | 0  | -1 | 0  | 0     | 0      |
| t       | truth (həqiqi)<br>top (üst)    | $172,5 \cdot 10^3$ | $1/2^+$ | $+2/3$ | $1/3$ | 0  | 0  | 0  | +1 | 0     | 0      |

Güclü LHC (Large Hadron Collider-güclü adron sürətləndiricisi) maşını (şəkil 1) milyardlarla protonların digər milyardlarla protonla toqquşmasını təmin edir və bu toqquşmanı sürətləndirir. Bu işin əsas məqsədi təbiəti başa düşmək üçün olan əsas suallara cavab verməkdir. Qarşılıqlı təsirin digər xarakteristikası yüklü  $n_{ch}$  zərrəciklər çoxluğunun verilmiş faza həcmində hadisələrin paylanmasıdır (şəkil 2).



**Şəkil2. Yüklü zərrəciklər çoxluğunun verilmiş faza həcmində hadisələrin paylanması**

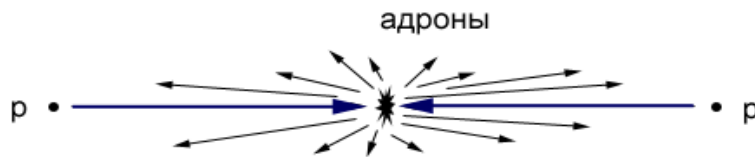
Paylanmadan görünür ki,  $p_T > 100 \text{ MeV/s}$  olduqda hadisələrdə yüklü zərrəciklər çoxluğu 200-ə çatır,  $p_T > 500 \text{ MeV/s}$  olduqda isə 120 olur. 60 zərrəcik çoxluğundan başlayaraq eksperimental göstəricilər generatorun proqnozunu aşır. Eksperimental verilənlərə ən uyğun generator ATLAS-dır (şəkil 3).



**Şəkil 3. Atlas detektorunun sxemi**

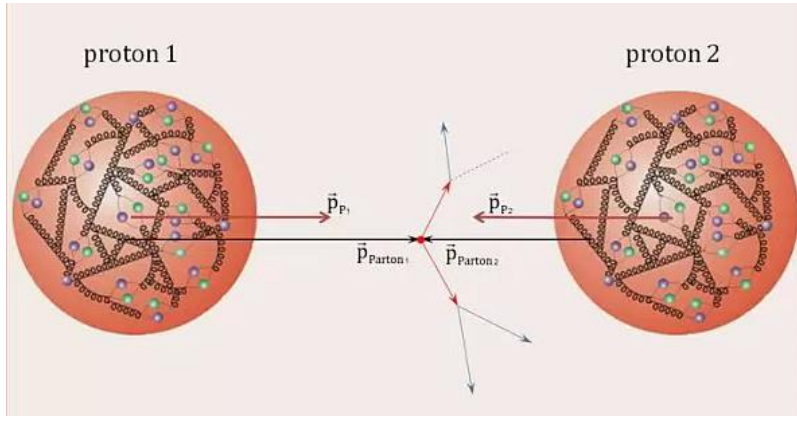
Bəs protonlar toqquşanda nə baş verir? Proton mürəkkəb zərrəcikdir, o qlüon sahəsi ilə bir-birilə bağlanmış 3 kvarkdan ibarətdir ( $+2/3$  elektrik yüklü iki u-kvarkdan və  $-1/3$  yüklü bir d-kvarkdan). Əgər proton işıq sürətinə yaxın sürətlə hərəkətdədirsə, o zaman qlüon sahəsi sadəcə bağlayıcı qüvvə olmur və kvarklarla birlikdə hərəkət edən -qlüon-zərrəciklər seli kimi maddiləşir. Hesab etmək olar ki, tez uçan proton bir-birinə qarışmış qlüon, kvark, antikvark “dumanından” ibarətdir. İki proton qarşı-qarşıya toqquşduqda o demək deyil ki, hər bir parton qarşıdakı protonun daxilindəki nə ilə toqquşur. Adətən daha sadə hal baş verir: bir protondan bir kvark digər qarşıdakı protonun hansısa bir hissəsi ilə toqquşur, digər partonlar isə yan keçirlər (Platonova, Kukulın, 2010: 282).

Bir qayda olaraq, partona zərbə eninə deyil, uzununa baş verir. Nəticədə, əsasən, hadronlar böyük uzununa, kiçik eninə impuls ilə yaranırlar. Buna görə də tipik proton-proton toqquşması təxminən şəkil 4-dəki kimi görünür.



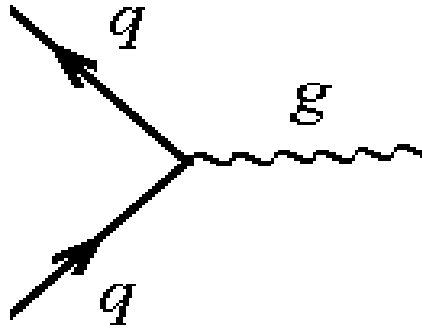
**Şəkil 4. Hadronlar çoxluğunun yaranmasının prosesi sxematik təsviri**

Böyük enerjilərlə proton toqquşanda, toqquşduqda yeni yaranan hissəciklər orjinal toqquşan hissələrdən daha ağır olur və bu  $E=mc^2$  əsasında olur. Toqquşmaya daxil edilən bütün enerji kütlə ilə əvəz oluna bilər (Platonova, 2011: 55). Beləliklə proton-proton toqquşmasında enerji və momentin saxlanması kimi əsas prinsiplərə riayət olunmaqla “hər şey” ola bilər (şəkil 5).



Şəkil 5. Protonla-protonun toqquşmasının təsviri

Güclü qarşılıqlı təsirin elementar aktı-rəngli kvarkın qlüon buraxması və udmasıdır (şəkil 6). Rəngli qluonu buraxdıqda və ya udduqda kvark öz (şəkil 4) rəngini dəyişir, rayihəsi isə əvvəlki kimi qalır.



Şəkil 6. Kvarkın qlüon buraxması və udmasının sxematik təsviri

Hal-hazırda dörd növ fiziki qarşılıqlı təsir məlumdur, onları fundamental adlandırmaq olar: 1) qravitasiya, 2) zəif, 3) elektromaqnit, 4) güclü (nüvə).

Bu qarşılıqlı təsirlər daha sadə olanlara bölünə bilməz. Qarşılıqlı təsirlərin özləri elementar zərrəciklərdən istifadə edilməklə həyata keçirilir.  $F = q_1 q_2 / 4\pi\epsilon_0 r^2$  Kulon düsturunda uzuna təsir prinsipindən və ya siqnalın ani yayılma sürətindən istifadə edilir. Bu düstur stasionar və ya yavaş hərəkət edən yüklər üçün doğudur, o zaman ki, onlar arasında siqnal mübadiləsi zamanı hissəciklər arasındakı məsafənin dəyişməsini nəzərə almamaq olar. İşığın sonlu sürətini nəzərə almaq nöqtəvi yüklərin qarşılıqlı təsiri üçün düsturları əhəmiyyətli dərəcədə çətinləşdirir. Müasir fizika baxımından elektrik yüklərinin qarşılıqlı təsir mexanizmi necədir? Kvant elektrodinamikası çərçivəsində göstərilir ki, elektrik yükləri arasında qarşılıqlı təsir elektromaqnit təsirinə daşıyıcısı olan fotonların mübadiləsi yolu ilə həyata keçirilir. Yüklərdən birinin yaxınlığında başqa bir yüklə udulmuş virtual fotonlar yaranır. Bu virtual fotonlarla yüklərin mübadiləsi qarşılıqlı təsir qüvvəsinin yaranmasına səbəb olur. Yada salaq ki, virtual hissəciklər çox qısa müddət ərzində mövcud ola bilən, onların eksperimental müşahidəsi üçün yetərli olmayan hissəciklərdir. Virtual hissəciklərin mövcudluğu onların digər hissəciklərə təsirinə nəticələri ilə təsdiqlənir. Virtual hissəciklərin yaranması saxlanma qanunlarının, məsələn, enerjinin saxlanması qanununun pozulması ilə baş verə bilər. Bu pozuntuların izahı Heisenbergin qeyri-müəyyənlik prinsipi nəzərə alınmaqla verilir. Eynilə, digər qarşılıqlı təsir növləri bu qarşılıqlı əlaqəni təyin edən müvafiq mənbələr arasında elementar hissəciklərin mübadiləsi yolu ilə həyata keçirilir. Çox vaxt virtual hissəciklərin - qarşılıqlı təsir daşıyıcılarının mövcudluğu əvvəlcə nəzəri olaraq proqnozlaşdırılır, sonra isə bu hissəciklər eksperimental olaraq müəyyən edilir (Kukulin, Platonova, 2012:31).

### Nəticə

Kvark modeli sayəsində bir sıra yeni elementar hissəcikləri proqnozlaşdırmaq və sonra kəşf etmək mümkün oldu. Kvarkların və fraksiya elektrik yüklərinin özləri hələ etibarlı şəkildə müşahidə edilməmişdir, lakin bəzi təcrübələrdə kvarkların və fraksiya elektrik yüklərinin müşahidə edildiyi görünür. Kvarklar arasında qarşılıqlı əlaqə xüsusi hissəciklərin - qluonların mübadiləsi yolu ilə həyata keçirilir. Rəngi bir kvarkdan digərinə keçirərək kvarkların bir yerdə saxlanmasına səbəb olurlar. Həm kvarklar nəzəriyyəsinin özü, həm də elementar hissəciklərin daha ümumi nəzəriyyəsi tədqiqat və inkişaf mərhələsindədir.

### Ədəbiyyat

1. Trofimova, T.İ. (1998). Fizika kursu. M.: Ali məktəb, 478 s.
2. Trofimova, T.İ. (1996). Fizika kursu üçün problemlər toplusu. M.: Ali məktəb, 304 s.
3. Volkenshtein, V.S. (1999). Fizikanın ümumi kursu üçün problemlər toplusu. Sankt-Peterburq: "Xüsusi ədəbiyyat", 328 s.
4. Trofimova, T.İ., Pavlova, Z.G. (1999). Həlli ilə fizika kursu üçün problemlər toplusu. M.: Ali məktəb, 592 s.
5. Volkenstein, V.S. (1999). "Ümumi fizika kursu üçün məsələlər toplusu"nın bütün həlləri. M.: Ast, 588 s.
6. Krasilnikov, O.M. (2002). Fizika. Müşahidə nəticələrinin işlənməsi üçün metodiki göstərişlər. M.: MISIS, 29 s.
7. Suprun, İ.T., Abramova, S.S. (2004). Fizika. Laboratoriya işlərinin yerinə yetirilməsi üçün təlimatlar, Elektrostal: EPI MISiS, 54 s.
8. [https://elementy.ru/trefil/46/Elementarnye\\_chastitsy](https://elementy.ru/trefil/46/Elementarnye_chastitsy)
9. Platonova, M.N., Kukulin, V.I. (2010). Spin observables in proton-induced deuteron breakup within the refined Glauber model. Book of Abstracts of LX International Conference "NUCLEUS 2010". St. Petersburg: SPbGU, 281 p.
10. Platonova, M.N., Kukulin, V.I. (2010). Reconstruction of nn and np helicity amplitudes from Nd experimental data at intermediate energies. Book of Abstracts of LX International Conference "NUCLEUS 2010". St.Petersburg: SPbGU, 282 p.
11. Platonova, M.N. (2011). Quark degrees of freedom in the deuteron and their testing in nucleon-deuteron scattering. Book of abstracts of the Rutherford Centennial Conference on Nuclear Physics, Manchester, UK, Bristol: IOP Publishing, 55 p.
12. Kukulin, V.I., Platonova, M.N. (2012). Short-range components of nuclear forces: experiment versus mythology. Book of Abstracts of LXII International Conference "NUCLEUS 2012", Voronezh, St. Petersburg: SPbGU, p. 31.

Göndərilib: 11.08.2023

Qəbul edilib: 03.11.2023