

Yeni Beynəlxalq Vahidlər Sistemi haqqında

Gülməmməd MƏMMƏDOV,
ADA Universitetinin dosenti

Hansısa bir kəmiyyəti ölçmək istəyiriksə onu bu kəmiyyət üçün qəbul edilmiş vahidlə müqayisə etməliyik. Misal üçün, nəyinsə uzunluğunu ölçmək üçün onu “bir metr” qəbul edilmiş uzunluqla müqayisə etmək lazımdır. Eyni qaydada zamanı “bir saniyə”, kütləni “bir kiloqram” və s. ilə müqayisə etməklə ölçürük. Aydındır ki, ölçü vahidlərinin hamı üçün və hər yerdə, hər zaman eyni olması arzu olunandır. Əks halda, hər kəs ölçünü öz “arşın”ı ilə aparsa, bu ölçmələrdə kaos yaradar. Bir anlıq təsəvvür edin, valyuta kimi uzunluğu, kütləni, zamanı və s. da getdiyiniz ölkələrin vahidlərinə çevirməli olursuz. Bu kimi problemlərin yaşanmaması üçün əksər dünya ölkələri, o cümlədən Azərbaycan, yeddi əsas vahid üzərində qurulmuş *Beynəlxalq Vahidlər Sistemindən* (BVS) istifadə edirlər. Yarandığı ilk vaxtlarda BVS-nin əsas vahidləri işləndikcə aşınmaya və dəyişməyə məruz qalan fiziki obyektlərlə təyin olunduğundan, ölçmələrdə qeyri-müəyyənliklər yaranırdı. Bu səbəbdən əsas vahidlərin fiziki obyektlərdən asılı olmayan alternativ təyininə keçmək zəruri idi.

Bu məqsədlə keçən əsrdə BVS-nin əsas vahidlərindən üçünün fundamental sabitlərlə təyin edilməsinə keçilsə də, qalan dördü üçün bu mümkün olmamışdır. Səbəb buna imkan verəcək Plank sabitinin qiymətinin kifayət qədər dəqiqliklə ölçülə bilməməsi idi. Lakin on illərlə davam etmiş yüksək dəqiqlikli laboratoriya ölçmələri artıq buna nail olub. 16.11.2018-ci il tarixdə ölkəmizin də qatıldığı 26-cı Kəmiyyət Ölçüləri və Çəkilər üzrə Baş Konfrans sessiyasında BVS-nin yeddi əsas vahidindən dördünün fundamental sabitlər vasitəsilə təyin edilməsi qərara alınıb. Bunlar kütlə, cərəyan şiddəti, temperatur və maddə miqdarı vahidləridir. Razılışmaya əsasən, fundamental sabitlər olan Plank sabiti, Boltsman sabiti, Avoqadro sabiti, işığın vakuumdakı sürəti və Elementar yük üçün ölçülmüş qiymətlər dəqiq qəbul edilərək onlar vasitəsilə əsas vahidlər yenidən təyin olunub. Beləliklə, buna qədər ölçü vahidləri dəqiq qəbul edilərək fundamental sabitlər ölçülürdüsə, bundan sonra fundamental sabitlərin ölçülmüş qiymətləri dəqiq qəbul olunaraq BVS-nin əsas vahidləri onlarla ifadə edilmiş formada ölçüləcəkdir. Bu keçidin indi baş verməsinin səbəbi, yuxarıda qeyd edildiyi kimi, BVS-ni fiziki obyekt olan kütlə etalonundan azad edə biləcək Plank sabitinin qiymətinin kifayət qədər dəqiq ölçülməsinin yalnız son illərdə mümkün olmasıdır. Əks halda vahidlərin fundamental sabitlərlə ölçülməsi ilə onların kütlə etalonuna əsaslanan təyini arasında arzu olunmaz fərqlər yaranırdı. Aşağıdakı konkret nümunədə mümkün fərq daha aydın görünür.

Məlumdur ki, materiya zərəcik və dalğa təbiətinə malikdir və enerji porsiyalarla (kvantlarla) mövcuddur. O cümlədən Albert Eynşteynin kütlə (M) və enerji $E=Mc^2$, Maks Plankın işıq tezliyi (ν) və enerji $E=h\nu$ arasındakı münasibətlərini bilir. Burada c işığın vakuumdakı sürəti, h isə Plank sabitidir. Onu da bilir ki, işıq eyni zamanda sükunət kütləsi olmayan zərrəcik (foton) və ya müəyyən tezliyi olan dalğa kimi təsəvvür edilə bilər. Digər bir fakt da odur ki, elektron və pozitronun görüşməsi iki eyni tezlikli fotonun yaranması ilə nəticələnir. Bu fotonlardan birinin və elektronun enerjiləri arasında $Mc^2=h\nu$ bərabərliyini yazıb Plank sabiti üçün $h=$

Mc^2/ν ala bilərik. Buradan, prinsipcə, kütlə etalonu ilə elektronun kütləsini, atom saati ilə (zamanın necə ölçüldüyü haqda daha sonra) fotonun tezliyini ölçməklə və işığın vakuumdakı sürətindən istifadə etməklə, Plank sabitinin təcrübi qiymətini ala bilərik. Qeyd edim ki, hazırda Plank sabitinin qiyməti daha dəqiq Kibbl tərəzisi (ing. *Kibble Balance*) ilə realizə olunur.

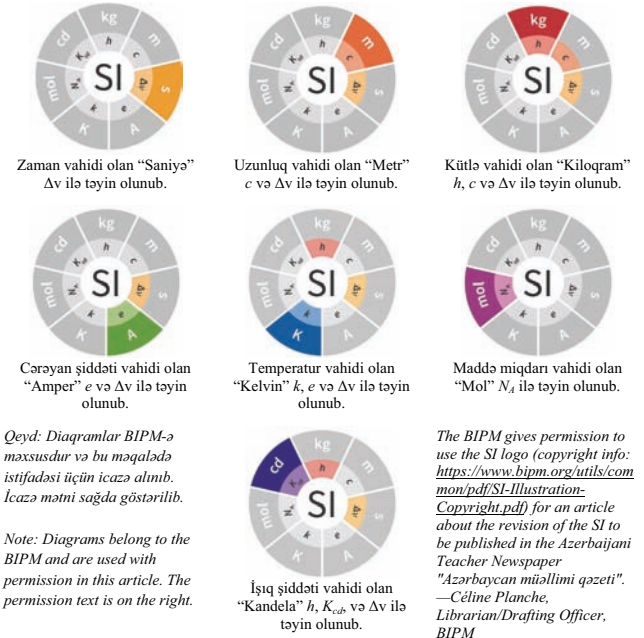
Sadəlik üçün fərz edək ki, $h=Mc^2/\nu=521M/3$ (m^2/san). Kütlə etalonunu istifadə edərək kütləsi 1 kq olan “elektron” üçün (elektronun kütləsi reallıqda 1 kq deyil!) ölçmədə $h = 173$ alsaq və bunu sabit saxlayaraq elektronun kütləsi üçün $M=3h/521$ istifadə etsək, o zaman $3 \times 173/521 = 0.9996161$ alarıq. Amma $h = 173.66$ ölçə bilsək, $3 \times 173.66/521 = 0.999962$ alarıq. Yəni h vasitəsilə təyin edilmiş kütlə və etalon kütlə ilə təyin edilmiş kütlə arasında əvvəlkindən 100 dəfə az fərq yaranacaq. Göründüyü kimi, h -in qiymətini təcrübədə nə qədər dəqiq ölçsək, “elektronun” kütləsinin etalon kütlə ilə ölçülmüş qiyməti və onun h vasitəsilə ölçülmüş qiyməti arasında fərq də o qədər az olar. Bu səbəbdən, Plank sabitinin təcrübi qiymətini kifayət qədər dəqiq bilmədən, BVS-nin əsas vahidlərinin yeni təyin üsuluna keçmək global texnologiyalarda, mübadilələrdə, eləcə də həssas elmi ölçmələrdə ciddi uyğunsuzluqlar yaranırdı. Bunlara rəğmən, yarana biləcək fərqləri qəbul etmək üçün beynəlxalq razılışma zəruri idi.

Bu razılışmaya qədər kütlə vahidi 130 il əvvəl, 1889-cu ildə istehsal edilmiş və Parisdə saxlanan kütləsi bir kiloqram qəbul edilmiş xüsusi tərkib və formalı kütlə etalonu idi. Təyinə görə etalonun kütləsi dəyişməz qalmalı və xəta sıfır olmalı idi. Lakin, sonuncusu 1989-cu ildə olmaqla, aparılmış üç yoxlama onun kütləsinin artıdığını göstərirdi. Buna görə hələ keçən əsrin ortalarından başlayaraq, əsas vahidlərin zaman və məkandan asılı olmayan universal təyin üsuluna keçmək zərurəti yaranmışdı. Bu məqsədlə keçən əsrdə “Saniyə” sezium-133 atomunun iki spesifik enerji səviyyəsi arasında keçid tezliyi ilə (1967), işıq şiddətini ölçmək üçün istifadə edilən “Kandela” spesifik tezlikli lazerin vahid cism bucağı daxilində şüalanma gücü ilə (1979), “Metr” işıq şiddətində sürəti ilə (1983) təyin edilməsinə keçilmişdir. Son razılışmaya (2019) görə isə kütlə vahidi seziumun keçid tezliyi, işıq sürəti və Plank sabiti üçün dəqiq qəbul edilmiş qiymətlər vasitəsilə təyin edilməyə başlayıb. Artıq bir kiloqramın nə qədər olduğunu hər kəs lazımı avadanlıqla (Kibbl tərəzisi ilə) təcrübi yolla yuxarıda qeyd edilən fundamental sabitlərlə kifayət qədər dəqiqliklə müəyyən edə bilər. Bunun üçün hansısa ölkədə və ya beynəlxalq təşkilatda saxlanan kütlə etalonuna ehtiyac yoxdur. Beləliklə, 130 il dünyaya xidmət etmiş kütlə etalonu 20.05.2019-cu il tarixdə effektiv olaraq tarixə qovuşdu.

Maraq üçün qeyd edim ki, Saniyənin 1967-ci ildəki yeni təyin üsulu xətası bir neçə milyon ildə bir saniyə olan atom saatlarının yaranmasına gətirib. Belə yüksək dəqiqlikli atom saatlarının təbii sahələrdən biri istifadə etdiyimiz qlobal naviqasiya (GPS) sistemləridir.

Aşağıdakı diaqramlarda BVS-nin yeddi əsas vahidinin hər birinin hansı fundamental sabitlər vasitəsilə təyin olunduğu göstərilmişdir. Mərkəzdəki “SI” simvolu BVS-nin fransızca abreviaturasıdır. Ortada Plank sabiti h , işıq sürəti c , elementar yük e , Boltsman sabiti k , Avoqadro sabiti N_A , Seziumun keçid tezliyi $\Delta \nu$ və işıq verimi (ing. Luminous efficacy) K_{cd} göstərilib. Kənarada isə BVS-nin əsas ölçü vahidləri olan uzunluq (m), zaman (san), kütlə (kq), maddə miqdarı (mol), temperatur (K), cərəyan şiddəti (A) və işıq şiddəti (kd; ing. cd) göstərilib. Rənglər vasitəsilə hər bir

əsas vahidin hansı fundamental sabitlərlə ifadə olunduğu göstərilmişdir. Daha ətraflı məlumatı Kəmiyyət Ölçüləri və Çəkilər üzrə Beynəlxalq Büronun rəsmi veb sahifəsindən əldə etmək olar: <https://www.bipm.org>.



Zaman vahidi olan “Saniyə” $\Delta \nu$ ilə təyin olunub.

Uzunluq vahidi olan “Metr” c və $\Delta \nu$ ilə təyin olunub.

Kütlə vahidi olan “Kiloqram” h , c və $\Delta \nu$ ilə təyin olunub.

Cərəyan şiddəti vahidi olan “Amper” e və $\Delta \nu$ ilə təyin olunub.

Temperatur vahidi olan “Kelvin” k , e və $\Delta \nu$ ilə təyin olunub.

Maddə miqdarı vahidi olan “Mol” N_A ilə təyin olunub.

Qeyd: Diaqramlar BIPM-ə məxsusdur və bu məqalədə istifadəsi üçün icazə alınıb. İcazə mətni sağda göstərilib.

Note: Diagrams belong to the BIPM and are used with permission in this article. The permission text is on the right.

The BIPM gives permission to use the SI logo (copyright info: <https://www.bipm.org/utis/com-mon/pdf/SI-Illustration-Copyright.pdf>) for an article about the revision of the SI to be published in the Azerbaijani Teacher Newspaper “Azərbaycan müəllimi qəzeti”. —Céline Planche, Librarian/Drafting Officer, BIPM

BVS-nin tarixinə nəzər salsaq, 1789-cu ilin Fransız İnkilabına qədər təkəv Fransanın özündə bəzi təxminlərə görə 250,000-dən çox ölçü vahidi mövcud olub. O zaman bu, ticarətdə, vergi yığımlarında və elmi ölçmələrdə uyğunsuzluqlar yaranırdı. Ona görə də fransız maarifçiləri Fransanın hüduqları daxilində vahidləri standartlaşdırmağa başlamışdır. Sonrakı bir əsrə yaxın dövr ərzində bu təşəbbüs Fransanı əhatə etməklə yanaşı, digər ölkələrə də yayılmış və 20.05.1875-ci il tarixdə 17 ölkənin iştirakı ilə Parisdə BVS-nin əsasını qoymuş *Metr Konvensiyasının* qəbul olunması ilə nəticələnmişdir. Konvensiyanın qəbul olunduğu gün hər il *Ümumdünya Metrologiya Günü* kimi qeyd olunur. Bu il 20 may həm də BVS-nin əsas vahidlərinin yeni təyin olunma üsulunun dünya boyu qüvvəyə minməsi kimi tarixdə qaldı.

BVS-nin əsas vahidlərinin hamısının məkən və zaman invariantları olan fundamental sabitlərlə ifadə edilməsi elmi ölçmələri daha dəqiq etməklə yanaşı, müasir texnologiyalar üçün kvant metroloji infrastrukturun yaranmasına imkan yaradacaq. BVS-nin əsas vahidlərinin yenidən təyin edilməsi gündəlik həyatda nəzərəcarpaq dərəcədə hiss olunmasa da, müasir istehsalda, xüsusilə kiçik kütlələrin dəqiq ölçülməsinin vacib olduğu yarımkəçiricilər və əcazılıq sənayeləri üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir. Ona görə də BVS-də edilmiş son yeniliklərin həm ölkə dərslərlərinə, həm də “Ölçmələrin vəhdətinin təmin edilməsi haqqında” Azərbaycan Respublikası Qanununda nəzərə alınması vacibdir.

Müəllif haqqında: Gülməmməd Məmmədov, Ph.D., 2016-cı ildən “ADA” Universitetində çalışır. *Maye kristallar fizikası üzrə magistr dərəcəsi* (2010), *təcrübi və nəzəri biofizika üzrə isə fəlsəfə doktoru* (2015) dərəcəsi prof. Kenneth W. Fosterin rəhbərliyi altında ABŞ-in Nyu-York ştatında yerləşən Sirakuz Universitetində alıb. O, həmçinin İtaliyanın Triest şəhərində yerləşən Abdus Salam adına Beynəlxalq Nəzəri Fizika Mərkəzində Yüksək Enerjilər Fizikası üzrə birillik diplom programını prof. Goran Senjanovic-in rəhbərliyi altında tamamlayıb (2007). Bundan öncə isə Bakı Dövlət Universitetinin Fizika fakültəsini fərqlənmə diplomu ilə bitirərək (2005), bir il (2005–2006) eyni fakültənin bərk cismlər fizikası kafedrasında mərhum akademik Bəhram Əsgərovun rəhbərliyi altında magistr pilləsində təhsil alıb.