

Kansainvälisen suurestandardin uudistus

KAARLE KURKI-SUONIO, professori emeritus, Fysiikan laitos, Helsingin yliopisto, Mittayksikkökomitea (TK 102 / SFS)

Suuret, luonnon olioiden ja ilmiöiden mitattavat ominaisuudet, ovat kvantitatiivisten luonnontieteiden ja teknologian käsitteistön ydin. Niitä koskeva terminologia, suurenimet, yksiköt ja merkintätavat ovat tieteen kieltä, jonka yhdenmukaisuus on kansainvälisen tieteen ja teknologian perusedellytyksiä. Standardit esittävät yhteisesti sovitun terminologian ja kuuluvat sen tähden kaiken fysiikanopetuksen perusaineistoon.

Standardisoinnin juuret

Suureiden historia ulottuu ainakin 4000 vuoden taakse. Elinkeinot, uskonto, kehittyvä tiede, teknologia ja taide loivat tarpeen mitata aikaa, paikkaa ja suuntaa, aineen ja tavaroiden määriä ja painoja sekä esittää täsmällisemmin esimerkiksi esineiden, rakenteiden ja alueiden kokoa ja muotoa. Tieteen edistyessä on tarvittu yhä uusia suureita kvantifioimaan eri ilmiöalueiden, lämmön, äänen, valon, sähköön, magnetismin jne. havaintoja ja niiden välisiä yhteyksiä.

Suureille on eri aikoina, eri paikoissa ja erilaisissa ihmisyhteisöissä käytetty erilaisia yksiköitä (ks. esim. J. Grönroos ym.) Niiden käyttö on voinut rajoittua hyvinkin suppeille alueille ja pieniin yhteisöihin, mutta keskinäinen kanssakäyminen on luonut väistämättömän tarpeen sopia yhteisistä mitoista ja mittaustavoista.

Tässä kehityksessä ovat kansainvälisen standardisoinnin juuret. Siinä näkyvät selvästi myös ne kaksi perustekijää, jotka tekevät standardisoinnin tarpeesta jatkuvan:

- (1) Tieteen ja teknologian kehitys luo jatkuvan tarpeen laajentaa ja täsmentää suureiden ja yksiköiden järjestelmää.
- (2) Eri yhteisöjen taipumus omiin ”murteisiin” pakottaa jatkuvasti etsimään konsensusta yhteisen kielen ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi.

Yhtenäisen suurejärjestelmän luomista on yritetty 1600-luvulta alkaen. Ensimmäinen suuri edistysaskel oli kansainvälinen metrisopimus, jonka 17 maata vahvisti Pariisissa vuonna 1875. Suomi siirtyi metrijärjestelmään vuonna 1886 keisari Aleksanteri II:n antamalla asetuksella. Nykyisin tietävästi enää Yhdysvallat, Myanmar (ent. Burma) ja Liberia ovat ulkopuolella. USA:ssa tosin SI-järjestelmä julistettiin lailliseksi jo vuonna 1866.

Kaksi eri standardia

Sähkömagnetismin yksikköjärjestelmän ja sähkölaitteiden turvallisuussääntöjen kehittämiseksi perustettiin vuonna 1906 *The International Electrotechnical Commission* (IEC). Se otti käyttöön MKSA -järjestelmän, joka on nykyisen SI-järjestelmän ydin.

Vuonna 1946 perustettiin *The International Organization for Standardization* (ISO) teollisten standardien koordinoimiseksi ja yhtenäistämiseksi. Myös suurestandardit liitettiin sen toimialaan.

Vaikka IEC ja ISO ovat työskennelleet vuorovai-
kutuksessa, niillä on ollut kauan omat suurestandardsinsa. Standardi **ISO 31** *Quantities and Units* vakiintui käyttöön fysiikan tiedeyhteisössä. Fysiikanopetus on noudattanut sen terminologiaa ja merkintätapoja. Sähkötekniikassa on sen sijaan käytetty standardia **IEC 60027** *Letter symbols to be used in electrical technology*. Nämä kaksi standardia olivat pitkälti päällekkäiset mutta osittain jopa periaatteellisessa ristiriidassa keskenään. Dimensiossa M. Vesapuisto (2005) on tarkastellut ongelmia, joita on tästä syystä esiintynyt sähköalan ammattikoulutuksessa, kun sinne on tullut koulusta fysiikan yleisiin ISO:n merkintätapoihin tottuneita opiskelijoita.

Ensimmäinen yhteinen standardi

Kahden erilaisen standardin loukusta on nyt lopultakin päästy. ISO ja IEC pääsivät joitakin vuosia sitten sopimukseen yhteisten suurestandardien laatimisesta. Ensimmäiset ehdotukset standardin osiksi valmistuivat vuoden 2005 alussa. Silloin myös Suomen Standardisoimisliitto SFS:n Mittayksikkökomitea (TK102) kutsuttiin koolle antamaan niistä lausuntoja. Osat vahvistettiin yksitellen, kunnes joulukuussa 2009 koko uusi kansainvälinen suurestandardi **ISO/IEC 80000** *Quantities and units* tuli valmiiksi.

Päällisin puolin uudistus ei näytä dramaattiselta. Uusi yhteinen standardi noudattaa pääpiirteissään vanhan **ISO 31:n** rakennetta. Sen osat on nimetty

sen mukaan, kumpi järjestö kantaa laadinnan päävastuun. Standardissa on 14 osaa:

ISO 80000 -1:2009 General korvaa standardit ISO 31-0:1992 General principles ja ISO 1000:1992 SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units ja sisältää niihin vuosina 1998 ja 2005 tehdyt muutokset.

ISO 80000 -2:2009 Mathematical signs and symbols for use in the natural sciences and technology korvaa melkein samoin otsikoidun standardin ISO 31-11:1992 ja joitakin standardin IEC 60027-1 kohtia.

ISO 80000 -3:2006 Space and time korvaa standardit ISO 31-1:1992 Space and time ja ISO 31-2:1992 Periodic and related phenomena.

ISO 80000 -4:2006 Mechanics korvaa standardin ISO 31-3:1992 Mechanics ja ulottuu nyt myös analyttiseen mekaniikkaan.

ISO 80000 -5:2007 Thermodynamics korvaa standardin ISO 31-4:1992 Heat ja siihen vuonna 1998 tehdyn muutoksen. Siihen on lisätty kosteutta koskevia käsitteitä.

IEC 80000 - 6:2008 Electromagnetism korvaa standardin ISO 31-5:1992 Electricity and magnetism ja sen muutoksen vuodelta 1998.

ISO 80000 -7:2008 Light korvaa standardin ISO 31-6:1992 Light and related electromagnetic radiations.

ISO 80000 -10:2008 Atomic and nuclear physics korvaa samoin otsikoidun standardin ISO 31-9:1992 ja standardin ISO 31-10:1992 Nuclear reactions and ionizing radiations ja niihin tehdyt muutokset vuodelta 1998.

ISO 80000 -8 Acoustics, **-9:2007** Physical chemistry and molecular physics, **-11:2008** Characteristic numbers ja **-12:2009** Solid state physics korvaavat samoin otsikoidut standardit ISO 31-7:1992, -8:1992, -12:1992 ja -13:1992 ja näihin vuonna 1998 tehdyt muutokset.

IEC 80000 -13:2008 Information science and technology korvaa standardin IEC 60027-2:2005 Telecommunication and electronics kohdat 3.8 and 3.9.

IEC 80000 -14:2008 Telebiometrics related to human physiology on kokonaan uusi.

Tilanne Suomessa

Kansainvälisellä englannin- ja ranskankielisellä standardilla on myös kansallisen standardin asema. Kouluopetuksen kannalta tärkeimmät kaksi ensimmäistä osaa on suomennettu syksyllä 2010 ja julkais- tu otsikoilla

SFS-ISO 80000-1 Suureet ja yksiköt. Osa 1: Yleistä ja

SFS-ISO 80000-2 Suureet ja yksiköt Osa 2: Luonnontieteissä ja tekniikassa käytettävät matemaattiset merkit ja tunnukset

Ne korvaavat vanhat standardit

SFS-ISO 31-0 + A1:1999 Suureet ja yksiköt. Osa 0: Yleiset periaatteet,

SFS-ISO 31-11:1999 Suureet ja yksiköt. Osa 11: Matemaattiset merkinnät fysikaalisissa tieteissä ja tekniikassa.

SFS-ISO 1000 + A1:1999 SI-yksiköt sekä suositukset niiden kerrannaisten ja eräiden muiden yksiköiden käytöstä ja

SFS 4280:1979 Suureet ja yksiköt. Sanojen vakio, kerroin, suhde ja luku käyttö suurenimisissä,

Osa 8 on suomennettu jo aikaisemmin ja julkaistu otsikolla **SFS-EN ISO 80000-8:2007 Akustiikka**. Se korvaa standardin SFS 3748:1977 sekä standardin SFS 3655:1976 kohdan 7 ”Akustiikka”.

Käännetyt asiakirjat vahvistavat otsikkoalojojensa suomenkielisen terminologian ja täydentävät standardeja tarvittaessa suomalaisia käytänteitä koskevilla lisäyksillä. Niissä on mukana englanninkielinen teksti, joka pätee mahdollisen ristiriidan tapauksessa.

Suomessa on lisäksi joukko SFS-standardeja yleisotsikolla *Suureet ja yksiköt* (ks. SFS 2001). Prosessi niiden päivittämiseksi tai mahdolliseksi kumoamiseksi on tätä kirjoitettaessa kesken.

Tässä artikkelissa tarkastellaan pääasiassa osia 1 ja 2, joiden on tarkoitus muodostaa koko ISO/IEC -sarjan terminologinen ja merkinnällinen perusta.

Muutosten yleiskuva

Uudistuksen pääpaino oli yhtenäistämisessä. Tämä ei ollut helppoa, koska erityisesti sähköalan suureiden merkinnöissä ja terminologiassa oli huomattavia eroja, osittain jopa periaatteellisia ristiriitoja. Kompromissit näkyvät vielä epäyhtenäisyytenä yksityiskohdissa, kun standardilla ei ole haluttu kieltää kategorisesti kumankaan osapuolen vakiintuneita käytäntöjä. Uusi standardi kuitenkin poistaa koko joukon päällekkäisyyksiä, se on selvästi järjestelmällisempi kuin edelliset, nyt kumotut standardit ja monessa suhteessa käsitteellisesti niitä täsmällisempi.

Käytetyt metrologian peruskäsitteet esitellään heti alkuun paljon entistä kattavammin ja täsmällisemmin. Niiden määritelmät esitetään sellaisina kuin ne ovat asiakirjassa SFS (2010), joka on vastaavan kansainvälisen asiakirjan ISO/IEC (2007) suomennos.

Uuden standardin rakennetta leimaa suureiden ja yksiköiden käsitteellisen eron korostus. Kansainvälisen suurejärjestelmä ISQ erotetaan selvästi IS -yksikköjärjestelmästä. Suureita ja yksiköitä tarkastellaan erikseen omissa luvuissaan, ja taulukot on jaettu kahteen osaan, suureosa aukeaman vasemmalla, yksikköosa oikealla sivulla.

Kunkin osan johdannossa mainitaan siihen tehdyt ”suurimmat tekniset muutokset”.

Osa 1: – Tekstin rakennetta on muutettu, millä on haluttu korostaa sitä, että suureet on määriteltävä ennen kuin niille voidaan ottaa käyttöön yksiköitä.

– Standardiin on lisätty ISON ja IEC:n oppaan 99:2007 (VIM) mukaiset määritelmät.

– Liitteet A (suureiden nimissä käytettävät lisämääreet) ja B (lukujen pyöristäminen) on muutettu velvoittaviksi.

Osa 2: – Tekstiin on lisätty neljä kohtaa: Yleiset lukujoukot ja välit, Geometrian perusteet, Kombinatoriikka ja Transformaatiot.

– Standardiin on lisätty uusi velvoittava liite C (logaritmiset suureet).

Suureet

Käsitteen *suure* määritelmää on standardeissa muokattu jatkuvasti. Kattava määritelmä olisikin ilmeisen utopistinen tavoite. Nyt suure on ”*ilmiön, kappaleen tai aineen ominaisuus, jonka suuruus voidaan ilmaista lukuarvona ja referenssinä.*” Tässä ”referenssi voi olla mittayksikkö, mittaumenettely tai vertailuaine tai jokin niiden yhdistelmä.”

Aikaisemmista määritelmistä olen pitänyt opetuksellisesti hyvänä muotoilua ”*ominaisuus, joka voidaan laadultaan tunnistaa ja määrittään mitata*” (SFS 1998), koska siinä näkyvät selvästi käsitteenmuodotuksen perusvaiheet, ominaisuuden hahmottaminen ja sen kvantifiointi. Uuden määritelmän etuna taas on huomion kiinnittäminen siihen, myös opetuksellisesti tärkeään seikkaan, että ominaisuudet eivät ”leiju ilmassa” vaan niillä on ”kantaja”, jokin olio tai ilmiö. Määritelmä kuitenkin sivuuttaa olioiden toisen klasisen perustyyppin, kentät.

Yksittäisten suureiden ja käsitteiden määritelmät eivät pyri kattavuuteen vaan tunnistettavuuteen. Ne varmistavat käyttäjälle sen, mistä käsitteestä kulloinkin on kysymys. Ne eivät myöskään ole opetusohjeita. Sen, miten suureita käyttöön otettaessa tukeudutaan empiirisiin ja teoreettisiin, tulee riippua opetuksen lähestymistavasta. Standardien määritelmät ovat olleet perinteisesti varsin teorialähtöisiä ja perustuneet suureiden välisiin algebrallisiin yhteyksiin. Ne ovat siten olleet etäällä suureen yleisestä määritelmästä, joka korostaa empiiristä merkitystä. Nyt tätä etäisyyttä on selvästi kavennettu. Määritelmät korostavat nyt enemmän empiirisiä merkityksiä, ominaisuutta, jota suure esittää, sekä sen kantajaa ja mitattavuutta. Muutos näkyy selvemmin sarjan myöhemmissä osissa.

Suhtautuminen SI-järjestelmän ulkopuolisiin yksiköihin on selvästi muuttunut. Niitä myös esitellään huomattavasti laajemmin kuin aikaisemmassa standardissa. Niiden tuntemista ja suhteuttamista SI-yksiköihin pidetään selvästi tärkeämpänä kuin niiden käytön lopettamiseen tähtäävää ”Don Quijoten tuulimyllytaistelua”, jonka SI-järjestelmän käyttöönotto herätti ainakin suomalaisessa fysiikan opetuksessa. Tämä on ilmeisesti IEC:n tuoma terve korostus, sillä muiden yksiköiden tieteellinen käyttö on yhä laajaa nimenomaan sähkömagnetismin alueella.

Mainittavia yksityiskohtia

Tietotekniikan käytänteitä ja mahdollisuuksia on nyt otettu huomioon toisin kuin ennen. Ensimmäisessä osassa (kohta 3.17) on esitetty *binaariset kerrannaisliitteet*, joihin liittyy ”slangivaroitus”: ”SI-etuliitteet viittaavat yksinomaan luvun 10 potensseihin, eikä niitä pidä käyttää luvun 2 potensseille. Esimerkiksi nimitystä ”1 kilobitti” ei pidä käyttää 1024 bitistä (2^{10} bittiä), joka on 1 kibibitti.”. Vastaavasti 2^{20} bit = 1 Mibit = 1 mebibitti ja 2^{30} bit = 1 Gibit = 1 gibibitti”. Oikeita binaarisia kerrannaisliitteitä ovat siis ”kibi”, ”mebi” ja ”gibi”, joiden tunnuksat ovat ”Ki”, ”Mi” ja ”Gi”.

Toisen osan lopussa on taulukoituna standardin matemaattisten merkkien *Unicode-merkit*, jotka kiinnittävät merkkien kirjoitusasun yksiselitteisesti, ja niiden 16-bittiset heksadesimaalitunnukset (ISO/IEC 2004, The Unicode Consortium 2007). Valittavasti liitteen taulukossa merkeille esitetyt nimitykset eivät ole aukottomasti yhtäpitävät niiden merkitysten kanssa, jotka merkeille määritellään itse standardissa.

Desimaalimerkin valinta on vapautettu: ”Desimaalimerkki on rivillä oleva pilkku tai piste. Samaa desimaalimerkkiä olisi käytettävä johdonmukaisesti koko asiakirjassa.” (Yleisen paino- ja mittakonferenssin yksimielinen päätös vuonna 2003.)

Virherajojen merkintätavaksi on vahvistettu tieteilisessä kirjallisuudessa käytetty muoto $L = 23,4782(32)$ m, missä (32) tarkoittaa standardiepävarmuutta 0,0032. Opetuksessa vallitseva merkintätapa $(23,478\ 2 \pm 0,0032)$ m on selitetty matemaattisesti virheelliseksi.

Negatiivisia kymmenen potensseja vastaavat kerannaiset on nimetty alikerrannaisiksi.

Atomimassayksikön nimi dalton (1 Da) on vahvistettu (CODATA 2006).

Fysiikan opettajien toivon kiinnittävän huomiota myös siihen, mitä standardit sanovat suureyhtälöistä, lukuarvoyhtälöistä ja yksikköyhtälöistä, joille on, ainakin minun kokemuspöyrissäni, käytetty yleisesti harhaanjohtavaa nimitystä ”dimensioyhtälöt”.

Standardi käyttää määritelmän mukaiselle yhtäsuuruudelle johdonmukaisesti omaa merkkiä $:=$, joka esitellään osan 2 kohdassa 2-7.3. Myös verrannollisuusmerkin \sim käytön toivon paremmin vakiintuvan fysiikan opetukseen verrannollisuuskäsitteen tärkeän merkityksen vuoksi.

Fysiikan opetuksen kannalta standardeihin on jäänyt kaksi hankalaa ongelmaa, ensimmäinen liittyy kaavojen kirjoitustapaohjeisiin, toinen sähkömagnetismin terminologiaan ja merkintätapoihin. Jälkimmäiseen toivon voivani palata erikseen myöhemmin.

Yhtälöiden kirjoitustapaohjeet

Lausekkeiden ja yhtälöiden kirjoitustavan pitää tukea niiden merkitysten oikeaa hahmottamista. Tämä on, erityisesti matemaattisten aineiden opetuksessa ehdoton vaatimus. Sen tulisi olla velvoittava ohje, jonka valossa kaikkia detaljihohjeita pitäisi tarkastella. Tietoisuus tästä periaatteesta on luettavissa standardin rivien välistä, mutta missään kohdassa sitä ei lausuta julki. Monet ohjeet, kuten suureen tunnusten kursivointi, vektoreiden lihavointi, yksikön tunnusten kirjoittaminen pystykirjaimin ja välilyönnin tarpeellisuus suureen lukuarvon ja yksikön välissä, palvelevat hyvin tätä tarkoitusta.

Ohjeet, jotka koskevat välilyöntien käyttöä kaavoissa, sovitvat kuitenkin tätä periaatetta vastaan. Ne eivät sovellu matemaattisten aineiden oppikirjoihin, opetukseen, harjoitustehtävien aseteluun ja ratkaisuihin jne. Ne jopa vaikeuttavat opetusta ja haittaavat oppimista.

Näyttää siltä, että opetuksen näkökulma on unohdettu ja että pääpaino on ollut asiakirjateksteissä, joissa tarvitaan vain hyvin yksinkertaisia kaavoja ja niitäkin niukasti. Tähän viittaa esimerkiksi ohje: ”Negatiivisia eksponentteja olisi vältettävä, kun luvut ilmaistaan numeroina, paitsi, jos kantaluku on 10. Esimerkki: 2^{-3} on hyväksyttävä, merkintää 3^{-3} olisi vältettävä.” Miten potenssioppia opettaisiin tätä ohjetta noudattaen?

Standardin mukaan sekä kertopisteen että vinon jakoviivan molemmiin puolin tulisi olla välilyönti. Edes poikkeuksena ei mainita välilyöntien pois jättämistä, minkä tulisi olla pääsääntö. Tulon kirjoittaminen ilman kertomerkkiä ja ilman välilyöntiä toki annetaan jopa ensimmäisenä vaihtoehtona. Ohje on myös ristiriidassa merkkistandardin SFS 4175 kanssa, joka sallii kertopisteen osalta välilyönnittömän vaihtoehdon mutta ei tunne sitä jakoviivan osalta. Siis yhtälö, jonka vakiintuneen tavan mukaan kirjoittaisimme

$$3ax^2 + (1/2)bx + (4/3)c = 5bx^2 + 6c,$$

olisi kirjoitettava muotoon

$$3 \cdot a \cdot x^2 + (1/2) \cdot b \cdot x + (4/3) \cdot c = 5 \cdot b \cdot x^2 + 6 \cdot c!$$

Ohjeiden mukaisten lausekkeiden vaikea hahmotuminen näkyy hyvin myös standardin omissa esimerkeissä.

Standardi ei itsekään noudata tätä ohjetta:

- Sen tekstissä välilyönnitön jakoviiva on jopa vallitseva käytäntö.
- Ohjeen mukaan myös murtoluvut, jotka ovat merkittävät jakolaskuja, pitäisi kirjoittaa muotoon $1/2$, $3/4$ jne., mihin ei standardi itsekään sorru.
- Yksikköjen tunnuksia koskeva kohta 7.2.2 on tämän ohjeen vastainen. Sen mukaan jakoviiva tulee kirjoittaa ilman välilyöntejä, eikä välilyöntejä anneta edes poikkeuksena. Kertopisteen osalta tämäkään ohje ei salli välilyöntien pois jättämistä, mikä jälleen, kuten standardin monista kohdista näkyy, hajottaa johdannaisyksikköjen tunnuksia epämääräisiksi rykelmiksi.

eDimensio NYT!

Kankaanpään yhteislyseon fysiikan emerituslehtori Raimo Karinsalo pyysi saattamaan julkisuuteen kaksi tutkielmaansa sähkömagnetismista. Tämä tapahtui Karinsalon sairausvuoteen vieressä. Raimon fyysinen kunto ei enää sallinut kirjoittamista itse.



- Sähkömagneettisen aallon magneettinen komponentti suhteellisuusteorian valossa
- Magneettinen voima ja Lorentz-muunnos

<http://www.maol.fi/julkaisut/edimensio/vuosikerta-2011/artikkelit/>

Vaikuttaa siis siltä, että suositus on erehdys. Standardin seuraavaan versioon ehdotan sen oikaisu siten, että todetaan alussa mainittu pääperiaate ja annetaan, ainakin opetuskäyttöä varten, ohje, joka vahvistaa vakiintuneen käytännön: Kertopiste ja vino jakoviiva kirjoitetaan pääsääntöisesti ilman välilyöntejä, ja kertopiste jätetään yleensä pois ilman välilyöntiä, ellei sitä tarvita väärinkäsitysten välttämiseksi. Yhtälön rakenteen selventämiseksi voidaan yhtäläisyysmerkin molemmin puolin käyttää kahtakin välilyöntiä.

Standardien velvoittavuus

Suurestandardien ”velvoittavuus” merkitsee, että standardisointijärjestön jäsenet ovat sitoutuneet noudattamaan näiden yhteisesti laadittujen asiakirjojen mukaista terminologiaa ja merkintätapoja. Standardit eivät ole lakitekstiä, jonka noudattamattomuudesta voisi olla jokin sanktio. Jäsenmaissa voi olla ja onkin, erikseen säädettyjä asetuksia, jotka sitovat noudattamaan julkisissa asiakirjoissa standardin joitakin osia. Yksittäisten henkilöiden kannalta standardit ovat suosituksia, joita kukin noudattaa harkintansa mukaan omassa kirjallisuudessa ja suullisessa kielenkäytössään. Harkintaan vaikuttaa tietenkin se, että yhteisesti sovittujen termien ja merkintöjen käyttö on esityksen yhteisen ymmärrettävyyden edellytys. Siksi velvoittavuus koskee erityisesti opetusta ja tutkimusta, joita harjoittavien laitosten pitäisi velvoittaa standardisten termien ja merkintöjen noudattamiseen. Standardien velvoittavuuden luonnetta selittää yleisemminkin osan 1 liitteen A toteamus: ”... tarkoituksena ei ole antaa tiukkoja sääntöjä tai poistaa eri tieteenalojen kielenkäyttöön vakiintuneita

poikkeuksia.” Samalla kehoitetaan kuitenkin arvioimaan poikkeuksia kriittisesti, varsinkin uutta terminologiaa ja uusia merkintätapoja luotaessa.

Standardeja kehitetään jatkuvasti. Uusi kehittämiskierros alkaa edellisen päättyessä, jopa aikaisemmin. Kuten osan 1 johdannossa sanotaan, ”... kansainvälinen suurejärjestelmä on ainoastaan käytännöllinen esitystapa, joka edustaa käytännössä katsoen ääretöntä, jatkuvasti kehittyvää ja laajenevaa suureiden ja yhtälöiden järjestelmää, ...”. Samalla tämä merkitsee, että vahvistettuihinkin standardeihin sopii suhtautua kriittisesti, arvioida niiden toimivuutta ja antaa palautetta uusien kierroksien varten.

Lähteet

- ISO/IEC (2003): ISO/IEC 10646:2003, Information technology – Universal Multiple-Octet Coded Character Set (UCS)
- ISO/IEC (2007): ISO/IEC Guide 99:2007, International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms.
- J. Grönros, A. Hyvönen, P. Järvi, J. Kostet & S. Väärä: *Tiima, tiu, tynnyri. Miten ennen mitattiin*. Turun maakuntamuseo.
- K. Kurki-Suonio (2007): *Suurestandardit yhtenäistyvät*. SFS-tiedotus 39, 2/2007, 38–39. Suomen Standardisoimisliitto SFS
- K. Kurki-Suonio (2010): *Suurestandardin perusosat 1 ja 2 suomeksi*. SFS-tiedotus 42, 5/2010, 28–29. Suomen Standardisoimisliitto SFS
- M. Vesapuisto (2005): Virheellisiä merkintöjä fysiikan oppikirjoissa. *Dimensio* 2/05, 14–16
- SFS (1998): SFS 3700 *Metrologia. Perus- ja yleistermien sanasto*. 3. painos. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS (2001): *SFS Käsikirja 19. Suuret ja yksiköt. SI-mittayksikköjärjestelmä*. 3. uudistettu painos. Suomen Standardisoimisliitto SFS
- SFS (2010): SFS-opas 99. Kansainvälinen metrologian sanasto (VIM). Perus- ja yleiskäsitteet sekä niihin liittyvät termit. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- The Unicode Consortium (2007): *The Unicode Standard, Version 5.0:2007*. The Unicode Consortium. (Reading, MA, Addison-Wesley) ■