

* NOVA *

N. 348 - 25 SETTEMBRE 2012

ASSOCIAZIONE ASTROFILI SEGUSINI

NUOVA DEFINIZIONE DELL'UNITÀ ASTRONOMICA

La recente XXVIII Assemblea Generale dell'Unione Astronomica Internazionale (IAU), svoltasi a fine agosto a Pechino, ha tra l'altro adottato all'unanimità una nuova definizione, semplificata, dell'Unità Astronomica.

Il nuovo valore, non più influenzato dalla massa solare, è di 149.597.870.700 metri.

Sull'argomento riportiamo parte di due articoli di Eleonora Ferroni e di Piero Bianucci.

Eleonora Ferroni, su **MEDIA INAF** (<http://www.media.inaf.it/2012/09/17/nuova-vita-per-lunita-astronomica/>) del 17 settembre, scrive:

[...] Con la precisazione di questa distanza, si è conclusa una diatriba scientifica che durava ormai da secoli, sin dal lontano 1672, quando l'astronomo italiano Giovanni Cassini misurò la distanza Terra-Sole, grazie alla collaborazione del suo collega Jean Richer. I due osservarono Marte da due posizioni diverse, e misurando la parallasse, o differenza angolare, tra le due osservazioni calcolarono indirettamente la distanza della Terra dal Sole.

Nel corso dei secoli, grazie all'evolversi delle strumentazioni, le osservazioni e le misurazioni si fecero più accurate, ma fino alla metà del secolo scorso il metodo della parallasse era l'unico possibile per le misurazioni all'interno del Sistema solare. Con il passare del tempo la misura divenne più precisa (coinvolgendo anche il calcolo della massa della nostra stella madre), ma l'avvento delle teorie di Einstein, che implicano che il tempo-spazio è relativo e dipende dalla posizione dell'osservatore e che inoltre il Sole, irraggiando energia, perde massa, complicarono i calcoli. L'ultima definizione ufficiale della UA era "il raggio di una orbita newtoniana circolare, non perturbata descritta attorno al Sole da una particella di massa infinitesima, che si muova mediamente di 0,01720209895 radianti al giorno (o costante di Gauss)".

La nuova definizione è finalmente assoluta, espressa nel sistema metrico decimale e non dipendente dalla massa del Sole. Il metro è infatti a sua volta definito come la distanza percorsa dalla luce nel vuoto in un 299.792,458mo di secondo.

Piero Bianucci parla della nuova definizione dell'Unità Astronomica in un lungo articolo – in cui si sofferma anche sull'unità di massa e sull'effetto Hall quantistico scoperto da Klaus von Klitzing, premio Nobel per la Fisica – sul sito internet de **La Stampa** di ieri (<http://www3.lastampa.it/scienza/sezioni/il-cielo/articolo/lstp/469722/>).

Ne riportiamo la prima parte.

Pochi se ne sono accorti, ma da qualche settimana è entrata in vigore una nuova e più semplice definizione dell'unità astronomica (UA), il "metro" del cielo. Invece è una cosa importante e interessante per due motivi: 1) l'unità astronomica sta alla base di tutte le misure delle distanze cosmiche; 2) la nuova definizione è riferita alla velocità della luce.

In prima approssimazione, l'unità astronomica equivale alla distanza che separa la Terra dal Sole, cioè all'incirca 150 milioni di chilometri (8 minuti e 20 secondi luce: un anno luce, l'unità di misura più comune in astronomia, è pari a 65 mila unità astronomiche, o se volete a poco meno di 10mila miliardi di chilometri). Dopo secoli di sforzi da parte degli

astronomi per stabilire l'unità astronomica con la massima precisione possibile, ora il suo valore è stato definitivamente fissato in 149.597.870.700 metri.

Figlio della Rivoluzione francese, che lo volle pari a un decimilionesimo dell'arco di meridiano che va dal polo nord all'equatore, oggi il metro è l'unità di lunghezza nel Sistema Internazionale (SI) e dal 1983 viene definito in modo assoluto come la distanza che la luce percorre nel vuoto in un 299.792,458° di secondo. D'accordo, non sarà una definizione tanto pratica, ma il suo pregio sta nel fatto che così il metro fa riferimento a una costante universale della natura (appunto la velocità della luce nel vuoto), e questa è la massima aspirazione dei metrologi.

L'unità astronomica rappresenta la base geometrica della triangolazione per le parallassi stellari. Dalle distanze di stelle ottenute con la misura della loro parallasse gli astronomi hanno potuto tarare altre scale per valutare distanze maggiori: per esempio la scala fondata sulla magnitudine assoluta, a sua volta derivata dalla periodicità delle variabili cefeidi.

Su scala cosmologica, la distanza ricavata dallo spostamento spettrale verso il rosso della luce delle galassie è a sua volta connessa alle magnitudini assolute e alle distanze stimate dalla magnitudine assoluta delle supernove. Ma sotto traccia ritroviamo sempre le cefeidi e le misure di parallasse legate all'unità astronomica.

La nuova definizione è stata approvata alla XXVIII assemblea generale della International Astronomical Union svoltasi in agosto a Pechino. La precedente definizione ufficiale dell'unità astronomica era "il raggio di una orbita newtoniana circolare, non perturbata descritta attorno al Sole da una particella di massa infinitesima, che si muova mediamente di 0,01720209895 radianti al giorno (o costante di Gauss)."

Questa definizione, oltre ad essere complicata, risultava anche variabile sul lungo periodo in quanto dipende dalla massa del Sole, che ogni secondo diminuisce di 4,6 milioni di tonnellate, la quantità di materia che viene trasformata in energia secondo la formula di Einstein $E=mc^2$ per sostenere il suo irraggiamento. Dunque ben venga la nuova definizione. [...]

Ed ecco il testo originale, in inglese, della nuova definizione di Unità Astronomica dell'IAU da: http://www.iau.org/static/resolutions/IAU2012_English.pdf.

RESOLUTION B2

on the re-definition of the astronomical unit of length.

*Proposed by the IAU Division I Working Group Numerical Standards
and supported by Division I*

The XXVIII General Assembly of International Astronomical Union,

Noting

1. that the International Astronomical Union (IAU) 1976 System of Astronomical Constants specifies the units for the dynamics of the solar system, including the day ($D=86400$ s), the mass of the Sun, M_s , and the *astronomical unit of length* or simply *the astronomical unit* whose definition is based on the value of the Gaussian gravitational constant,
2. that the intention of the above definition of the astronomical unit was to provide accurate distance ratios in the solar system when distances could not be estimated with high accuracy,
3. that, to calculate the solar mass parameter, GM_s , previously known as the heliocentric gravitation constant, in Système International (SI) units, the Gaussian gravitational constant k , is used, along with an astronomical unit determined observationally,
4. that the IAU 2009 System of astronomical constants (IAU 2009 Resolution B2) retains the IAU 1976 definition of the astronomical unit, by specifying k as an "auxiliary defining constant" with the numerical value given in the IAU 1976 System of Astronomical Constants,
5. that the value of the astronomical unit compatible with Barycentric Dynamical Time (TDB) in Table 1 of the IAU 2009 System (149 597 870 700 m 3 m), is an average (Pitjeva and Standish 2009) of recent estimates for the astronomical unit defined by k ,
6. that the TDB-compatible value for GM_s listed in Table 1 of the IAU 2009 System, derived by using the astronomical unit fit to the DE421 ephemerides (Folkner *et al.* 2008), is consistent



with the value of the astronomical unit of Table 1 to within the errors of the estimate; and
considering

1. the need for a self-consistent set of units and numerical standards for use in modern dynamical astronomy in the framework of General Relativity, *iii*
2. that the accuracy of modern range measurements makes the use of distance ratios unnecessary,
3. that modern planetary ephemerides can provide *GMs* directly in SI units and that this quantity may vary with time,
4. the need for a unit of length approximating the Sun-Earth distance, and
5. that various symbols are presently in use for the astronomical unit,

recommends

1. that the astronomical unit be re-defined to be a conventional unit of length equal to 149 597 870 700 m exactly, in agreement with the value adopted in IAU 2009 Resolution B2,
2. that this definition of the astronomical unit be used with all time scales such as TCB, TDB, TCG, TT, *etc.*,
3. that the Gaussian gravitational constant *k* be deleted from the system of astronomical constants,
4. that the value of the solar mass parameter *GMs*, be determined observationally in SI units, and
5. that the unique symbol “au” be used for the astronomical unit.

References

- Capitaine, N., Guinot, B., Klioner, S., 2011, Proposal for the re-definition of the astronomical unit of length through a fixed relation to the SI metre, Proceedings of the Journées 2010 Systèmes de référence spatiotemporels, N. Capitaine (ed.), Observatoire de Paris, pp 20-23
- Fienga, A., Laskar, J., Morley, T., Manche, H. et al., 2009, INPOP08: a 4D-planetary ephemeris, A&A 507, 3, 1675
- Fienga, A., Laskar, J., Kuchynka, P., Manche, H., Desvignes, G., Gastineau, M., Cognard, I., Theureau, G., 2011, INPOP10a and its applications in fundamental physics, Celest. Mech. Dyn. Astr., Volume 111, on line edition (<http://www.springerlink.com/content/0923-2958>).
- Folkner, W.M., Williams, J.G., Boggs, D.H., 2008, Memorandum IOM 343R-08-003, Jet Propulsion Laboratory International Astronomical Union (IAU), Proceedings of the Sixteenth General Assembly," Transactions of the IAU, XVIB, p. 31, pp. 52-66, (1976)
- International Astronomical Union (IAU), Proceedings of the Twenty Seventh General Assembly," Transactions of the IAU, VXVIIIB, p. 57, pp. 6: 55-70 (2010)
- Klioner, S., 2008, Relativistic scaling of astronomical quantities and the system of astronomical units, A&A 478, 951
- Klioner, S., Capitaine, N., Folkner, W., Guinot, B., Huang, T.-Y., Kopeikin, S. M., Pitjeva, E., Seidelmann P.K., Soffel, M., 2009, Units of relativistic time scales and associated quantities, in Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Volume 261, p. 79-84
- Luzum, B., Capitaine, N., Fienga, A., Folkner, W., Fukushima, T., Hilton, J., Hohenkerk, C., Krasinsky, G., Petit, G., Pitjeva, E., Soffel, M., Wallace, P., 2011, The IAU 2009 system of astronomical constants: the report of the IAU working group on numerical standards for Fundamental Astronomy, Celest. Mech. Dyn. Astr., doi: 10.1007/s10569-011-9352-4
- Pitjeva, E.V. and Standish, E.M., 2009, Proposals for the masses of the three largest asteroids, the Moon-Earth mass ratio and the astronomical unit, Celest. Mech. Dyn. Astr., 103, 365, doi: 10.1007/s10569-009-9203-8
- Standish, E.M., 2004, The Astronomical Unit now, in Transits of Venus, New views of the Solar System and Galaxy, Proceedings of the IAU Colloquium 196, D. W. Kurtz ed., 163

i The IAU 1976 definition is: “The astronomical unit of length is that length (*A*) for which the Gaussian gravitational constant (*k*) takes the value of 0.017 202 098 95 when the units of measurements are the astronomical unit of length, mass and time. The dimensions of k^2 are those of the constant of gravitation (*G*), i.e., $L^3M^{-1}T^{-2}$. The term “unit distance” is also for the length *A*.” Although this was the first descriptive definition of the astronomical unit, the practice of using the value of *k* as a fixed constant which served to define the astronomical unit was in use unofficially since the 19th century and officially since 1938.

ii Using the equation $A^3k^2/D^2=GM_s$ where *A* is the astronomical unit and *D* the time interval of one day, and *k* the Gaussian gravitational constant.

iii Relativistically a solar system ephemeris, for which the astronomical unit is a useful unit, is a coordinate picture of solar system dynamics. SI units are induced into such a coordinate picture by using the relativistic equations for photons and massive bodies and by relating the coordinates of certain events with observables expressed in SI units.