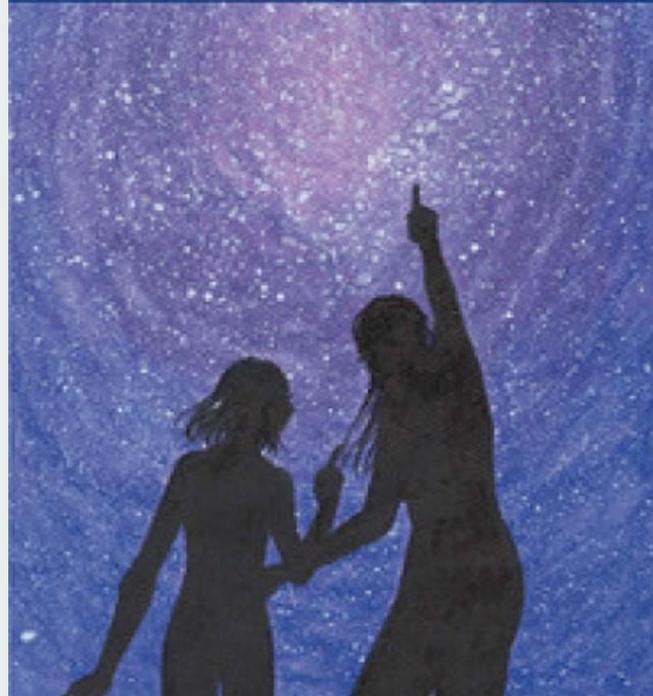


Un miliardo di stelle per un mondo nuovo

Marco Castellani
INAF Osservatorio Astronomico di Roma
www.marcocastellani.me
marco.castellani@inaf.it



Disegno di Agnese Sampaolo

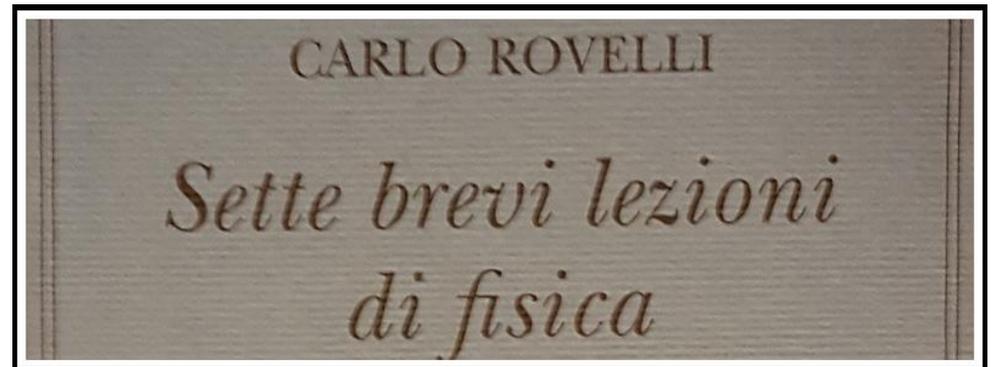
Il contesto

- «**Non viviamo in un'epoca di cambiamento, viviamo in un cambiamento d'epoca**» (Papa Francesco, 2015)
- Come lo vedo questo cambiamento nella **percezione scientifica del mondo**?
- Come lo vedo, nel **modo di fare scienza**?
- In che direzione va questo cambiamento?



Dalla “materia” alla “relazione”

- Il tessuto del reale (spaziotempo) che studiamo oggi è completamente “nuovo”
- “Il mondo sembra essere **relazione**, prima che **oggetti**”
- “Lo scorrere del tempo è **interno** al mondo, nasce nel mondo stesso, dalle relazioni fra **eventi quantistici** che sono il mondo e **sono essi stessi la sorgente del tempo**”



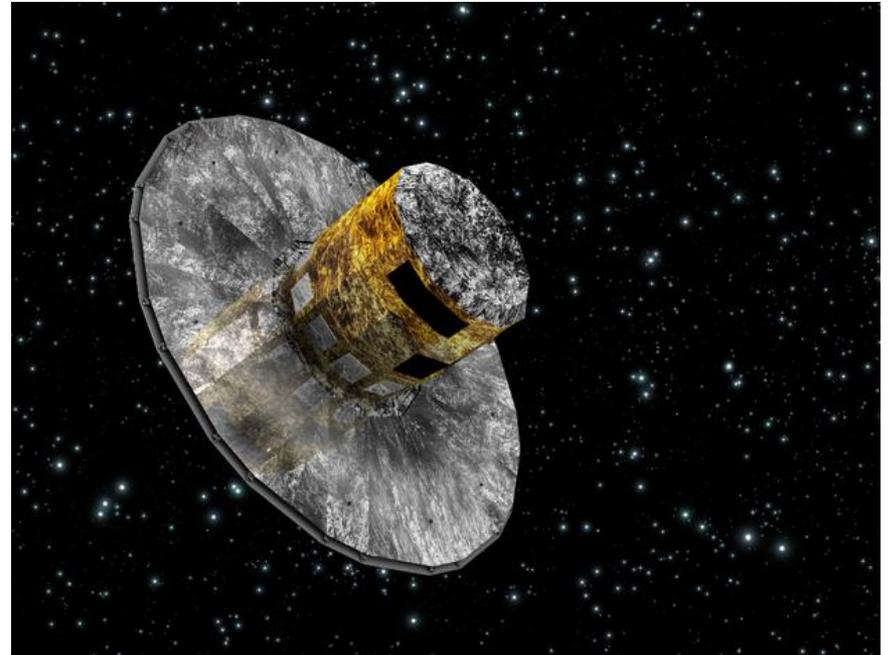
L'impresa scientifica è “relazione”

- La relatività generale di Einstein (1916) è l'ultima grande opera di un uomo solo
- Ogni grande impresa scientifica oggi è opera di un *team*, ovvero è frutto della *relazione*



La storia di Gaia

- Il satellite Gaia è stato lanciato nel 2013 dall'ESA (Agenzia Spaziale Europea)
- Sta inviando a Terra dati (posizione, velocità, colore) per miliardi di stelle
- Ci aspettiamo un significativo balzo in avanti nella conoscenza della Via Lattea (e delle grandi galassie)



L'oggetto di indagine di Gaia

- La “Via Lattea” è una grande galassia a spirale barrata
- Duecento miliardi di stelle
- Centomila anni luce di diametro
- Diverse popolazioni stellari



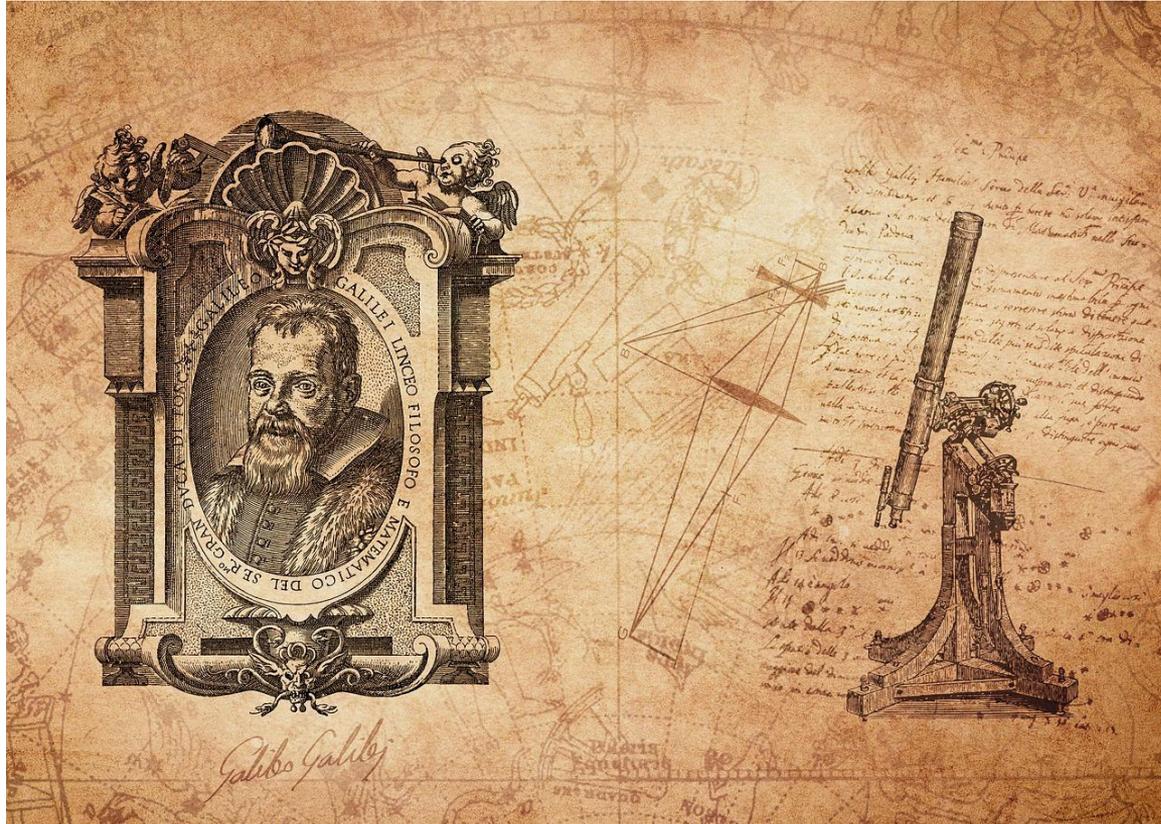
La scienza della Via Lattea

- [Aristotele](#) descrisse la Via Lattea in una sua opera sulle [Scienze della Terra](#), i *Meteorologica*
- Prima di lui i [filosofi Anassagora](#) (circa 500–428 a.C.) e [Democrito](#) (450–370 a.C.) avanzarono l'idea che la Via Lattea fosse una lunga scia di stelle molto distanti.
- L'astronomo persiano [Abū Rayhān al-Bīrūnī](#) (973-1048 d.C.) fu il primo a notare che la Via Lattea è formata da un insieme di innumerevoli stelle nebulose.
- la conferma giunse nel 1610, quando Galilei usò un [cannocchiale](#) per studiare la Via Lattea: vide in effetti che era composta da un elevatissimo numero di deboli stelline.



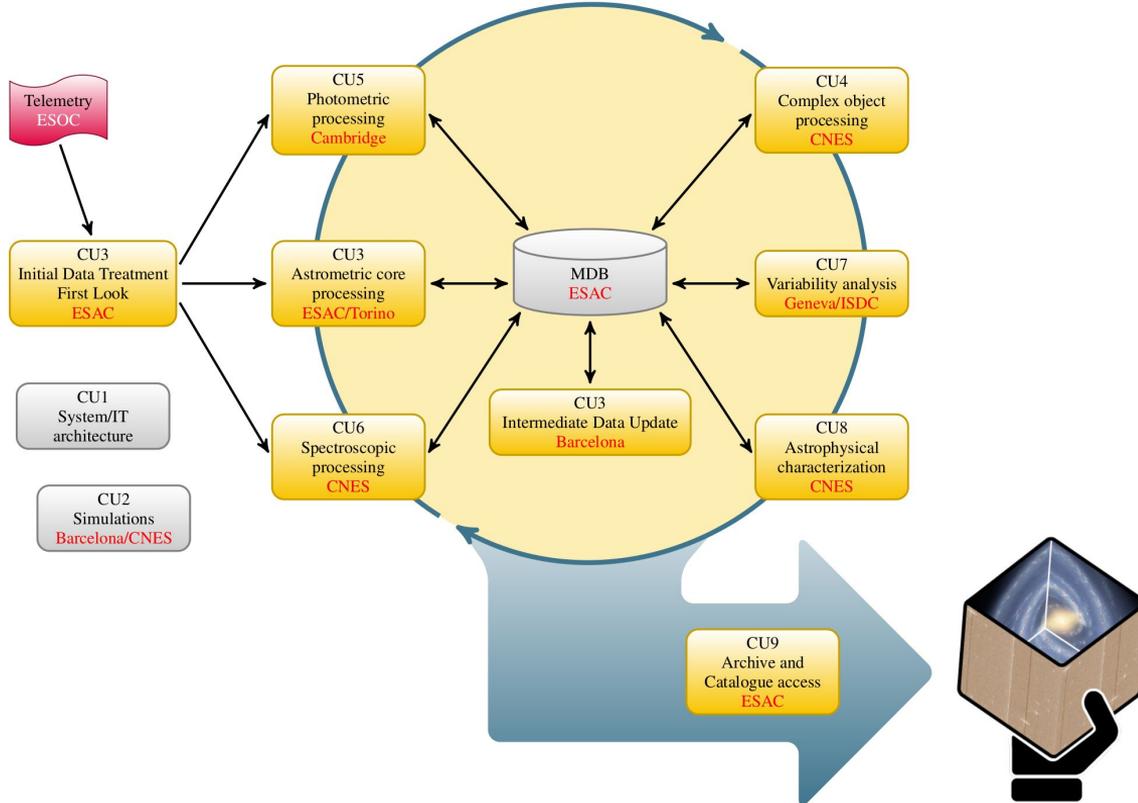
Testo e immagini, Wikipedia

Il Data Processing per Galileo



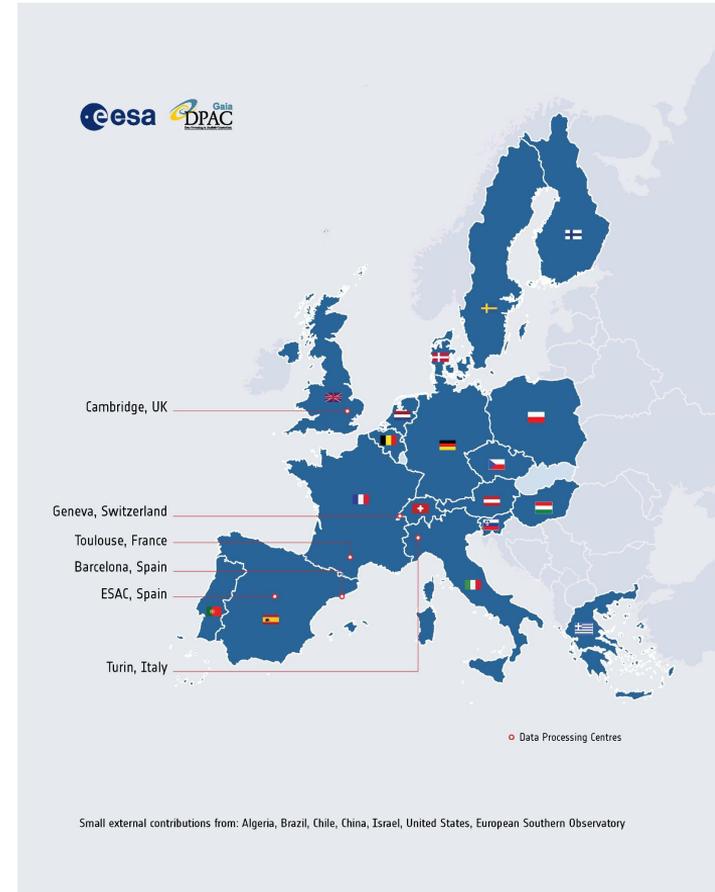
Il Data Processing per Gaia

Upstream -----> Downstream



Europa di scienza

- Insieme per necessità: nessuno può farcela da solo
- Nessuno progetto come Gaia è sostenibile da un solo stato
- Collaborare è incontrarsi con un fine preciso
- La gestione pacifica di ogni tensione, appare l'unico strumento possibile



Europa di guerra

- L'Europa nel 1914 è una polveriera pronta a deflagrare
- Non c'è un progetto comune
- La relazione è uno schema di dominio
- La gestione pacifica della tensione, appare un'utopia impossibile



DPAC Data Processing and Analysis Consortium

- Trasformare il dato “grezzo” in dato “scientifico” è molto complesso
- Quasi 500 persone di diverse nazioni, lavorano *insieme* nel DPAC

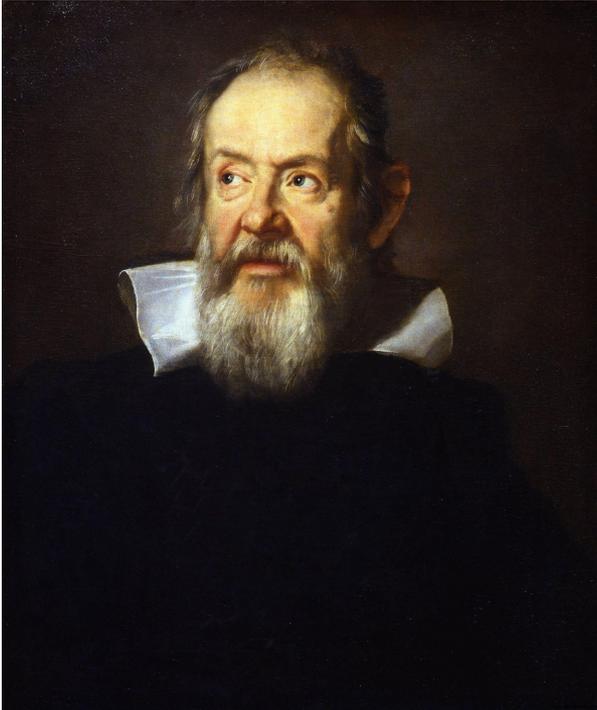


Cu5, Trattamento fotometrico dei dati



- DU01** Planning, management, and coordination of CU5 activities (D.W. Evans)
- DU02** Architecture and technical coordination of CU5 (P.Burgess)
- DU03** Quality assurance and configuration management for CU5 (P. J. Richards)
- DU04** Integration, validation and operation of CU5 (M. Riello)
- DU05** Technical support (F. De Angeli)
- DU10** PSF and LSF calibration (M. Davidson from April 2014; formerly D. J. Fyfe)
- DU11** BP/RP flux extraction and initial data treatment (G. Busso)
- DU12** Photometric calibration models for G and BP/RP (C. Jordi)
- DU13** Instrument absolute response characterization: ground-based preparation (E. Pancino)
- DU14** Instrument absolute response characterization: definition and application (C. Cacciari)
- DU15** Internal photometric calibration and its application (D. W. Evans)
- DU17** Flux and classification-based science alerts (S. T. Hodgkin)
- DU18** Source-environment Analysis (D. L. Harrison)

Da Galileo...



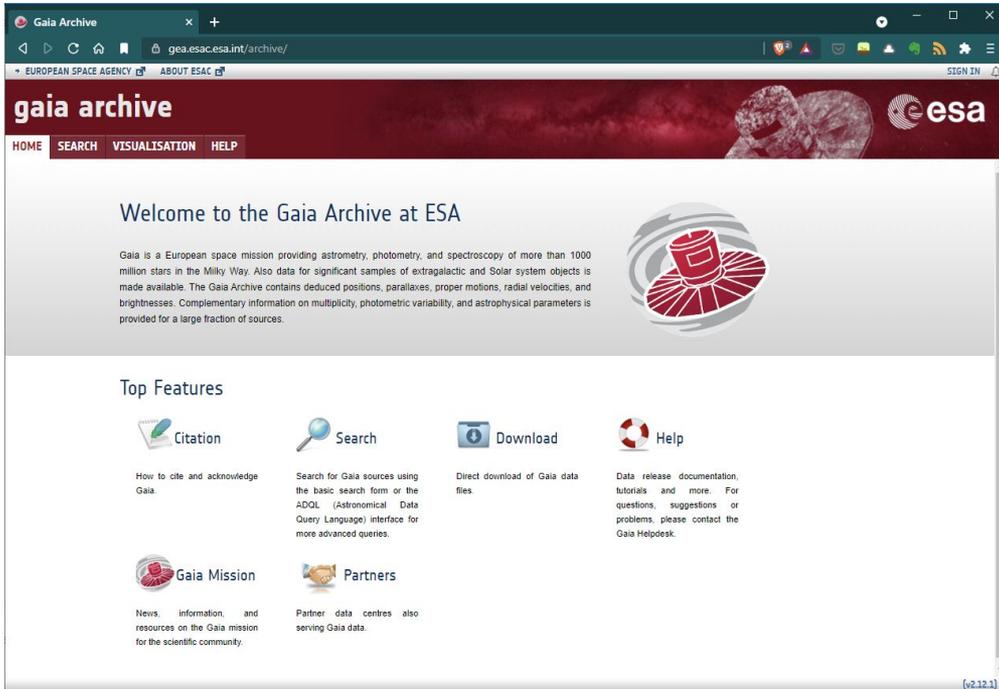
- Fondazione del metodo scientifico!
- Scienza come avventura individuale
- Risultati distribuiti in ambito ristretto

... a Gaia!



- Appoggiata al lavoro di Galileo ma...
- Scienza come “bene comune”
- Risultati distribuiti in ambito allargato (archivi aperti *subito* e a *tutti*)
- Paradigma più relazionale (femminile?)

Gaia archive: scienza di tutti?



The screenshot shows the Gaia Archive website homepage. The browser address bar displays 'gea.esac.esa.int/archive/'. The page features a dark red header with the 'gaia archive' logo and the ESA logo. Below the header is a navigation menu with 'HOME', 'SEARCH', 'VISUALISATION', and 'HELP'. The main content area includes a welcome message: 'Welcome to the Gaia Archive at ESA'. A paragraph of text describes the mission: 'Gaia is a European space mission providing astrometry, photometry, and spectroscopy of more than 1000 million stars in the Milky Way. Also data for significant samples of extragalactic and Solar system objects is made available. The Gaia Archive contains deduced positions, parallaxes, proper motions, radial velocities, and brightnesses. Complementary information on multiplicity, photometric variability, and astrophysical parameters is provided for a large fraction of sources.' To the right of this text is a circular graphic of the Gaia satellite. Below the text is a 'Top Features' section with five icons and links: 'Citation' (How to cite and acknowledge Gaia), 'Search' (Search for Gaia sources using the basic search form or the ADQL (Astronomical Data Query Language) interface for more advanced queries), 'Download' (Direct download of Gaia data files), 'Help' (Data release documentation, tutorials and more. For questions, suggestions or problems, please contact the Gaia Helpdesk), and 'Gaia Mission' (News, information, and resources on the Gaia mission for the scientific community). There is also a 'Partners' link (Partner data centres also serving Gaia data). The version number '[v2.12.1]' is visible in the bottom right corner.

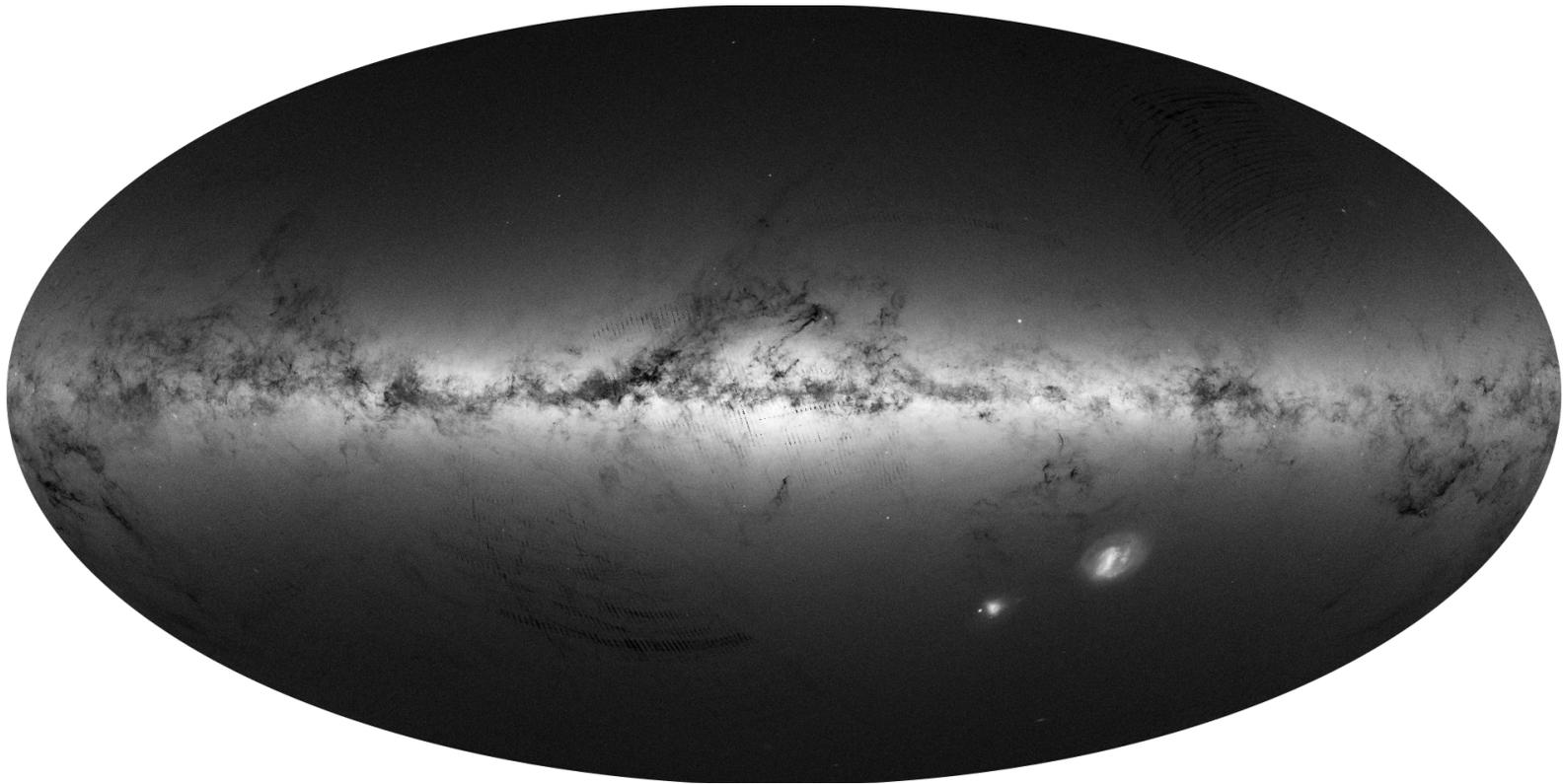
- Idealmente, nessuna barriera tra “scienziato” e “appassionato”
- I dati “puliti” sono a disposizione di tutti
- I dati sono “troppi”, cioè ognuno può scoprire qualcosa...
- Un nuovo inizio per la scienza?

Le release di Gaia

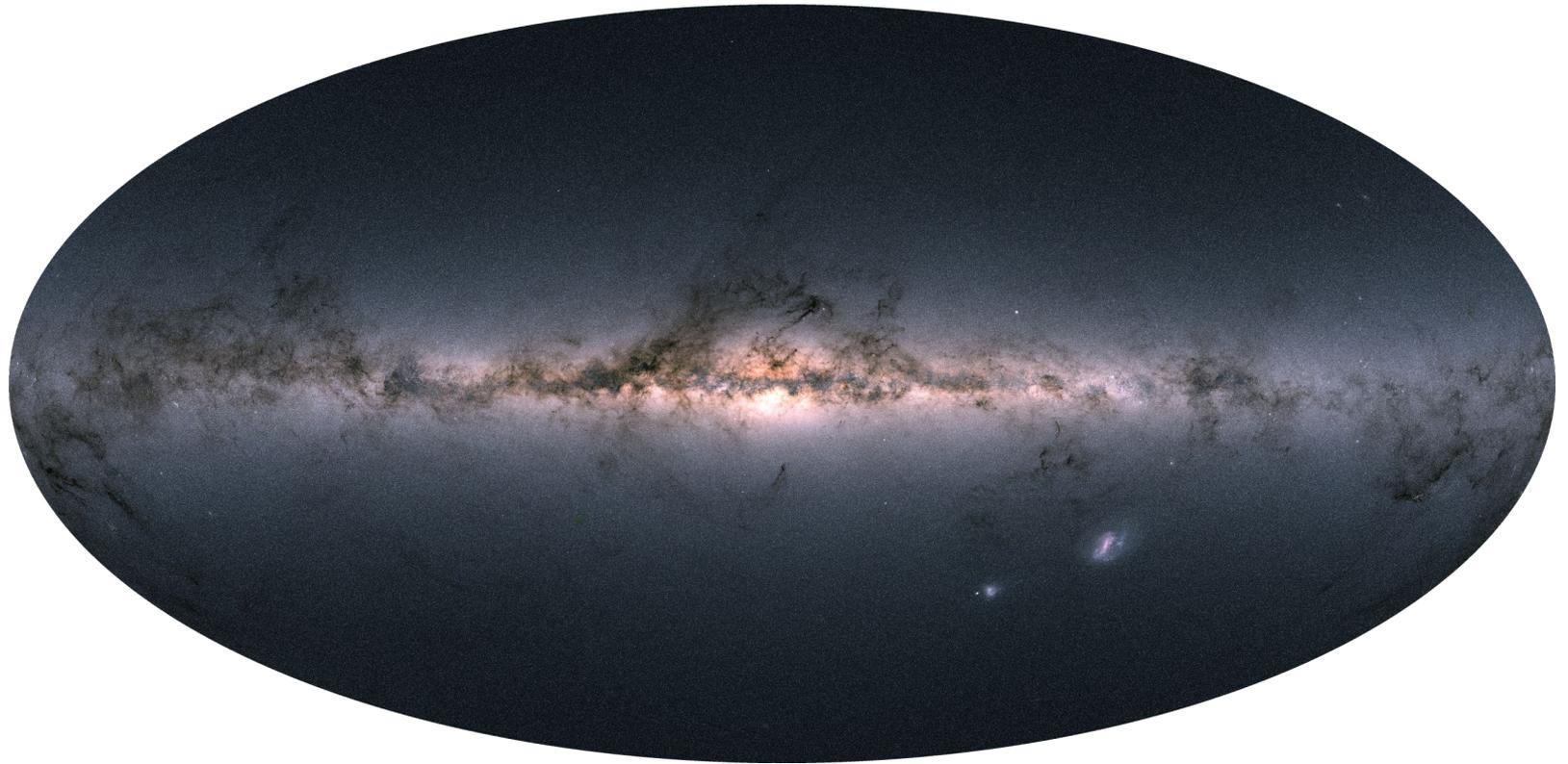
Prima data release (DR1)	14 settembre 2016
Seconda data release (DR2)	25 aprile 2018
Anteprima terza data release (EDR3)	3 dicembre 2020
Terza data release (DR3)	prima metà del 2022

*L'idea di ESA: mettere a disposizione di **tutti**, in ogni momento, i **dati migliori** che abbiamo*

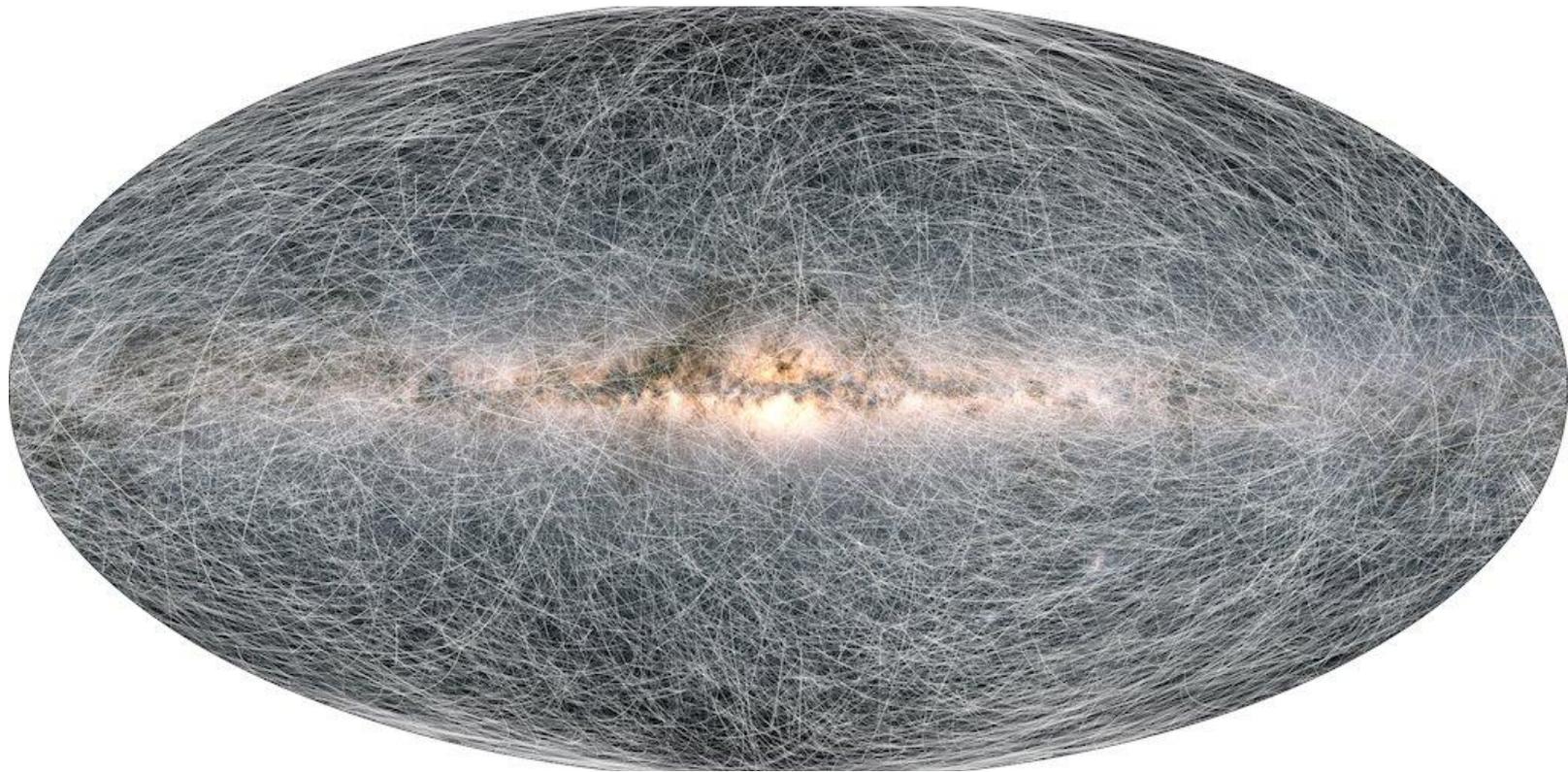




Il cielo pieno di stelle della Data Release 1



Il cielo “colorato” della Data Release 2



Il cielo "in movimento" della Early Data Release 3

Una storia di progressi. Condivisi.

	# sources in Gaia EDR3	# sources in Gaia DR2	# sources in Gaia DR1
Total number of sources	1,811,709,771	1,692,919,135	1,142,679,769
Number of 5-parameter sources	585,416,709		
Number of 6-parameter sources	882,328,109	1,331,909,727	2,057,050
Number of 2-parameter sources	343,964,953		
Sources with mean G magnitude	1,806,254,432	361,009,408	1,140,622,719
Sources with mean G_{BP} -band photometry	1,542,033,472	1,692,919,135	1,142,679,769
Sources with mean G_{RP} -band photometry	1,554,997,939	1,383,551,713	-
Gaia-CRF sources	1,614,173	556,869	2,191
Sources with radial velocities	7,209,831 (Gaia DR2)	7,224,631	-
Variable sources	expected with Gaia DR3 / see Gaia DR2	550,737	3,194
Known asteroids with epoch data	expected with Gaia DR3 / see Gaia DR2	14,099	-
Effective temperatures (T_{eff})	expected with Gaia DR3 / see Gaia DR2	161,497,595	-
Extinction (A_G) and reddening ($E(G_{BP}-G_{RP})$)	expected with Gaia DR3 / see Gaia DR2	87,733,672	-
Sources with radius and luminosity	expected with Gaia DR3 / see Gaia DR2	76,956,778	-
and more...	expected with Gaia DR3	-	-

Le stelle di M15...

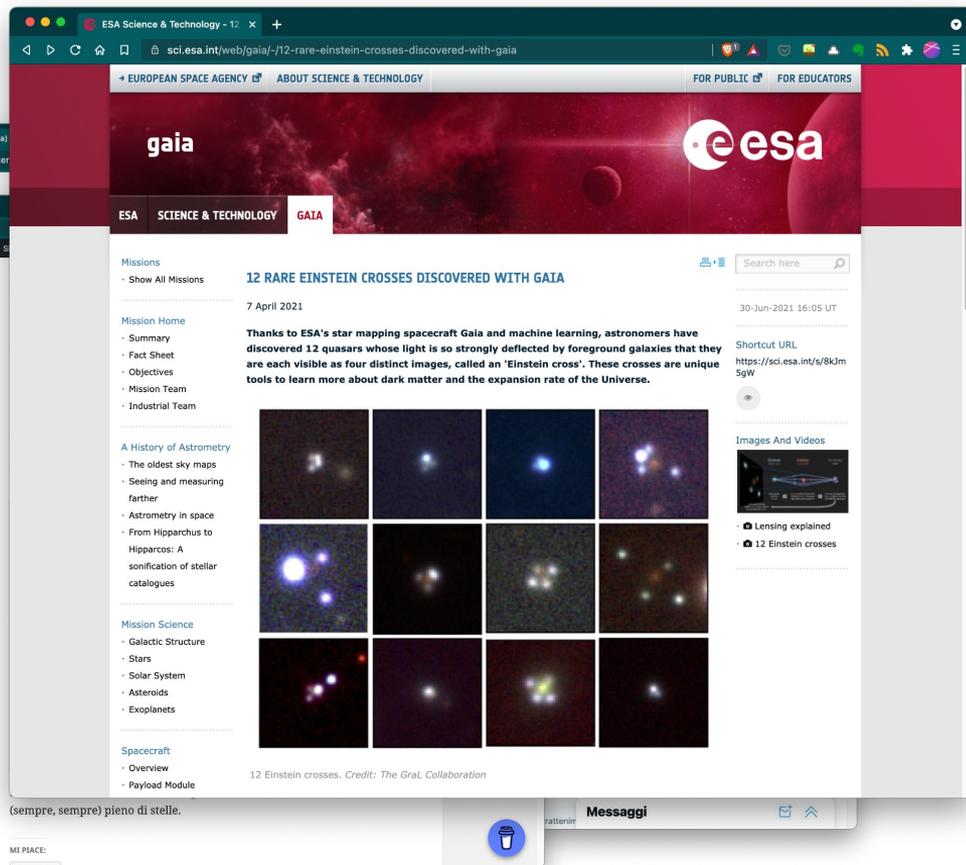
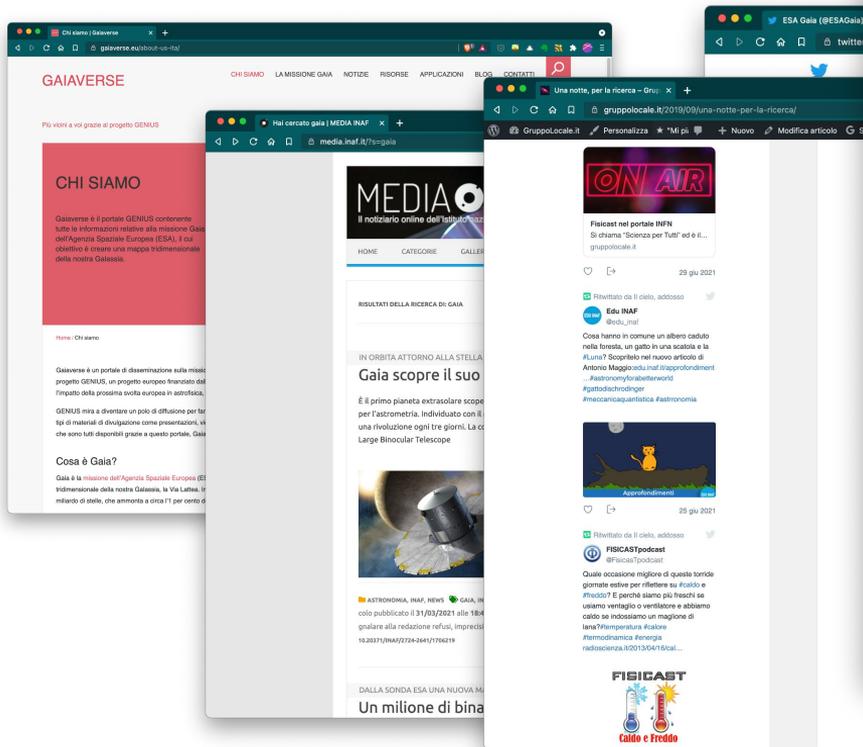
Sembra una foto ma in realtà...

<https://apod.nasa.gov/apod/ap190328.html>

M15 - Globular Cluster with RR-Lyrae Stars



Una storia "sociale"



La scienza di Gaia

The screenshot shows the ADS Public Library interface for the Gaia dataset. The page title is "Gaia" and it indicates "Refereed Gaia papers since launch". A summary table shows 5172 papers, created on April 2, 2019, and last modified on June 21, 2021. Below the summary are navigation options: View Library, Export, Metrics, Explore, and Citation Helper. The main content area displays a list of five papers with their IDs, dates, citation counts, and titles.

Number of Papers:	Date Created:	Date Last Modified:
5172	Apr 2 2019, 2:18pm	Jun 21 2021, 12:54pm

View Library	Export	Metrics	Explore	Citation Helper
--------------	--------	---------	---------	-----------------

ID	Date
2021JApA...42...6T	2021/12
2021A&ARv..29....1K	2021/12
2021NewA...8601571P	2021/07
2021MNRAS.504.4841D	2021/07
2021MNRAS.504.3168B	2021/07

- Characteristics of the open star cluster Kronberger 60 using Gaia DR2**
Tadross, A. L.; Hendy, Y. H. cited: 1
- Magnetic fields of M dwarfs**
Kochukhov, Oleg cited: 7
- BO Ari Light Curve Analysis using Ground-Based and TESS Data**
Poru, Atiia; Zamanpour, Shiva; Hashemi, Maryam and 4 more
- MOBSTER - IV. Detection of a new magnetic B-type star from follow-up spectropolarimetric observations of photometrically selected candidates★**
David-Uraz, A.; Shultz, M. E.; Petit, V. and 8 more cited: 3
- Galactic seismology: the evolving 'phase spiral' after the Sagittarius dwarf impact**
Bland-Hawthorn, Joss; Tepper-García, Thor cited: 12

La gente di Gaia



Gaia in due minuti



Grazie!

marco.castellani@inaf.it

