



USO DI DATABASE ASTRONOMICI PER ESPERIENZE DI LABORATORIO

CORSO DI FORMAZIONE DI ASTRONOMIA E ASTROFISICA

PER DOCENTI DI SCUOLA SECONDARIA

ANNO 2020-2021

SIMBAD

The screenshot shows the SIMBAD Astronomical Database website. At the top, there is a navigation bar with the CDS logo and links for Portal, Simbad, VizieR, Aladin, X-Match, Other, and Help. The main heading is "SIMBAD Astronomical Database - CDS (Strasbourg)". Below this, there is a section titled "What is SIMBAD ?" which contains three columns of links:

- Queries**: basic search, **by identifier**, **by coordinates**, by criteria, reference query, **scripts**, **TAP queries**, options, Display all user annotations.
- Documentation**: **User's guide**, Query by urls, Nomenclature Dictionary, Object types, List of journals, Measurement description, Spectral type coding, User annotations documentation, Acknowledgment.
- Information**: Presentation, Image thumbnails, **BETA - Mobile version**, SimWatch, Release: SIMBAD4 1.7 - May-2018, Release history.

Below these columns, there are two more sections:

- Content**: The SIMBAD astronomical database provides basic data, cross-identifications, bibliography and measurements for astronomical objects outside the solar system. SIMBAD can be queried by object name, coordinates and various criteria. Lists of objects and scripts can be submitted. Links to some other on-line services are also provided.
- Basic search**: A search interface with a text input field, a "SIMBAD search" button, a "clear" button, and a "help" link. Below the search area, it says "Install the Simbad basic search in your tool bar".

SIMBAD - <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>

SIMBAD - OPTIONS

Dati forniti sempre da SIMBAD:

- Nome dell'oggetto (Identificatore)
- Tipo di oggetto (stella, variabile, doppia, galassia, ammasso, etc.)
- Coordinate dell'oggetto nel sistema ICRS all'epoca 2000.0

Dati selezionabili:

- Le coordinate in altri sistemi o epoche
- Dati astrometrici (moto proprio, parallasse)
- Dati spettroscopici (tipo spettrale, velocità radiale).
- Dati fotometrici (magnitudini nei vari filtri)
- Bibliografia

File di output (selezionabile in diversi formati)

SAVE: per memorizzare i parametri e i formati selezionati

Options and output parameters

other query modes : Identifier query Coordinate query Criteria query Reference query Basic query Script submission TAP Output options Help

SAVE RESET DEFAULTS http method : POST GET
You need to click the save button in order to have the options available on the other pages.

Data	object display	list display	Options
Output format			HTML <input type="checkbox"/> file output <input type="checkbox"/> compressed
Max. # of objects			maximum 10000
Identifier	all	<input checked="" type="checkbox"/>	main identifier <input type="checkbox"/> cut list: <input type="text"/>
Object type	always	<input checked="" type="checkbox"/>	format: short abbreviation <input type="checkbox"/> display all types (short abbrev.)
Coordinates 1	always	<input checked="" type="checkbox"/>	ICRS epoch: J2000 equinox: 2000 format: sexagesimal
Coordinates 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FK5 epoch: J2000 equinox: 2000 format: sexagesimal
Coordinates 3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FK4 epoch: B1950 equinox: 1950 format: sexagesimal
Coordinates 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Galactic epoch: J2000 equinox: 2000 format: decimal
Proper motions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Parallax	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Radial velocity	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	display as in database <input type="checkbox"/> redshift <input type="checkbox"/> radial velocity <input type="checkbox"/> cz velocity <input type="checkbox"/>
Fluxes/Magnitudes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	display in lists : <input checked="" type="checkbox"/> U <input checked="" type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> V <input checked="" type="checkbox"/> R (in a full object display, all fluxes are displayed) <input checked="" type="checkbox"/> G <input checked="" type="checkbox"/> I <input checked="" type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> u <input type="checkbox"/> g <input type="checkbox"/> r <input type="checkbox"/> i <input type="checkbox"/> z
Spectral type	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Morphological type	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Angular size	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Hierarchy links	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Bibliography	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	from: 1850 to: \$currentYear from journals : <input type="text"/> in objects, display number of references <input type="checkbox"/> display ref. comments <input checked="" type="checkbox"/> tabular display <input type="checkbox"/> Simbad bibliographic survey began in 1850 for stars (at least bright stars) and in 1983 for all other objects (outside the solar system). \$currentYear can be used to specify dynamically the current year.
Notes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	in objects, display only essential notes <input type="checkbox"/>
Measurements	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	catalog list: <input type="text"/> display # of measurements <input type="text"/>
External archive links	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

SAVE RESET DEFAULTS You need to click the save button in order to have the options available on the other pages.

RICERCA PER NOME (BY IDENTIFIER QUERY)

The screenshot displays the SIMBAD web interface for a search by identifier. The top navigation bar includes 'Portal', 'Simbad', 'VizieR', 'Aladin', 'X-Match', 'Other', and 'Help'. The main heading is 'SIMBAD: Query by identifiers'. Below this, there are several buttons for different query modes: 'Identifier query', 'Coordinate query', 'Criteria query', 'Reference query', 'Basic query', 'Script submission', 'TAP', 'Output options', and 'Help'. A text box on the left indicates 'other query modes :'. To the right, a note states: 'La ricerca può essere eseguita su un singolo oggetto o su un gruppo di oggetti.' The interface is divided into two main sections: 'Query an identifier' and 'Query a list of identifiers'. In the 'Query an identifier' section, there is an 'Identifier' input field, a dropdown menu for 'you can choose to query' (set to 'around this object'), and a 'radius' input field (set to '2 arc min'). Below these are 'submit id' and 'clear' buttons. In the 'Query a list of identifiers' section, there is a text input for an ASCII file name, a file selection button, radio buttons for 'list display' (selected) and 'full display', and a 'radius' input field (set to '2 arc min'). Below these are 'submit file' and 'clear' buttons. Annotations include red circles around the 'Identifier' field, the 'submit id' and 'clear' buttons, and the radius field in the first section. A red arrow points from the text 'Si può delimitare il raggio di ricerca' to the radius field. Green circles highlight the file selection area and the radius field in the second section. A green arrow points from the text 'Only the list display applies here' to the radius field.

Portal Simbad VizieR Aladin X-Match Other Help

SIMBAD: Query by identifiers

other query modes : Identifier query Coordinate query Criteria query Reference query Basic query Script submission TAP Output options Help

La ricerca può essere eseguita su un singolo oggetto o su un gruppo di oggetti.

Query an identifier

Identifier :

Examples
sirius, M31, MCG+02-60-010
How to write an identifier can be found in the [dictionary of nomenclature](#)
IAU format can also be used, with the following format:
J2000 [J]B1230+08 [* enlarging-factor] [- Object-type]

you can choose to query :

around the object, define a radius :

Si può delimitare il raggio di ricerca

Query a list of identifiers

Enter the name of an ASCII file produced by a text editor containing one identifier per line:

Nessun file selezionato

list display full display

query around the objects with radius :

Only the list display applies here

RICERCA PER COORDINATE (BY COORDINATES QUERY)

other query modes : Identifier query | Coordinate query | Criteria query | Reference query | Basic query | Script submission | TAP | Output options | Help

Enter coordinates:

Coordinates:

The following writings are allowed:
20 54 05.689 +37 01 17.38
10:12:45.3-45:17:50
15h17m-11d10m
15h17+89d15
275d11m15.6954s+17d59m59.876s
12.34567h-17.87654d
350.123456d-17.33333d <=> 350.123456 -17.33333

define the input : system : epoch : equinox :

or choose :

define a radius :

Query a list of coordinates

Enter the name of an ASCII file produced by a text editor containing one coordinate per line: Nessun file selezionato

If you have a high number of coordinates to submit, please use the dedicated and faster service offered by CDS where you can select your file and SIMBAD: [CDS-Xmatch](#)

INFORMAZIONI DI BASE

Portal Simbad VizieR Aladin X-Match Other Help

ALFA LEO

other query modes : Identifier query Coordinate query Criteria query Reference query Basic query Script submission TAP Output options Help

Query : ALFA LEO

C.D.S. - SIMBAD4 rel 1.7 - 2020.12.08CET19:05:25

Available data : Basic data • Identifiers • Plot & images • Bibliography • Measurements • External archives • Notes • Annotations

Basic data :

*** alf Leo -- High proper-motion Star**

Other object types: * (*,AG,...), ** (**,ADS,...), IR (IRAS,IRC,...), PM* (LTT,LSPM,...), V* (CSV,NSV), UV (TD1), X (2E)

ICRS coord. (ep=J2000): 10 08 22.31099 +11 58 01.9516 (Optical) [3.08 1.85 90] A 2007A&A...474..653V

FK4 coord. (ep=B1950 eq=1950): 10 05 42.64273 +12 12 44.5542 [3.08 1.85 90]

Gal coord. (ep=J2000): 226.42735281 +48.93420887 [3.08 1.85 90]

Proper motions mas/yr: -248.73 5.59 [0.35 0.21 0] A 2007A&A...474..653V

Radial velocity / Redshift / cz: V(km/s) 5.9 [2] / z(~) 0.000020 [0.000007] / cz 5.90 [2.00]
B 1979IAUS...30...57E

Parallax (mas): 41.13 [0.35] A 2007A&A...474..653V

Spectral type: B8IVn C 2009ApJ...694.1085V

Fluxes (8):
U 0.88 [-] C 2002yCat.2237...0D
B 1.24 [-] C 2002yCat.2237...0D
V 1.40 [0.05] C 2009ApJ...694.1085V
R 1.37 [-] C 2002yCat.2237...0D
I 1.47 [-] C 2002yCat.2237...0D
J 1.54 [-] C 2002yCat.2237...0D
H 1.57 [-] C 2002yCat.2237...0D
K 1.62 [0.06] C 2009ApJ...694.1085V

Dati astrometrici
Dati spettroscopici
Dati fotometrici

query around with radius 2 arcmin

Interactive AladinLite view
10 08 22.311 +11 58 1.95
FoV: 39.22'
zMASS DSS SDSS

VizieR photometry viewer
Search within radius Max 30 arcsec

IDENTIFIERS E REFERENCES

Identifiers (53) :

An access of full data is available using the icon Vizier near the identifier of the catalogue


LTT 12716

* alf Leo


* 32 Leo


** STF 5006A

ADS 7654 A

AG+12 1199 


ASCC 949713

BD+12 2149 


CCDM J10083+1159A 

CSI+12 2149 1

CSV 101099

2E 2231 


2E 1005.5+1213


FK5 380 

GC 13926

GCRV 6417


GEN# +1.00087901A


GJ 9316 A 


HD 87901 


HGAM 596

HIC 49669 


HIP 49669 

HR 3982 

IRAS 10056+1212 

IRC +10226 


JP11 1896


LSPM J1008+1158 


2MASS J10082229+1:

N30 2414

NAME Regulus


NLTT 23490 


NSV 4750 

PLX 2384 

PMC 90-93 274


PMSC 10030+1227A

PPM 127140 


RAFGL 4771S 

ROT 1536

SAO 00007 


TD1 14585 


TIC 357348164


TYC 833-1381-1 

UBV 9452

UBV M 15960

USNO-B1.0 1019-00203254 

uvby98 100087901 A 

WDS J10084+1158A 


WEB 9160

YPAC 43

[HFE83] 708

References (815 between 1850 and 2021) (Total 815)

Simbad bibliographic survey began in 1850 for stars (at least bright stars) and in 1983 for all other objects (outside the solar system).

 [Follow](#) new references on this object

Reference summaries :

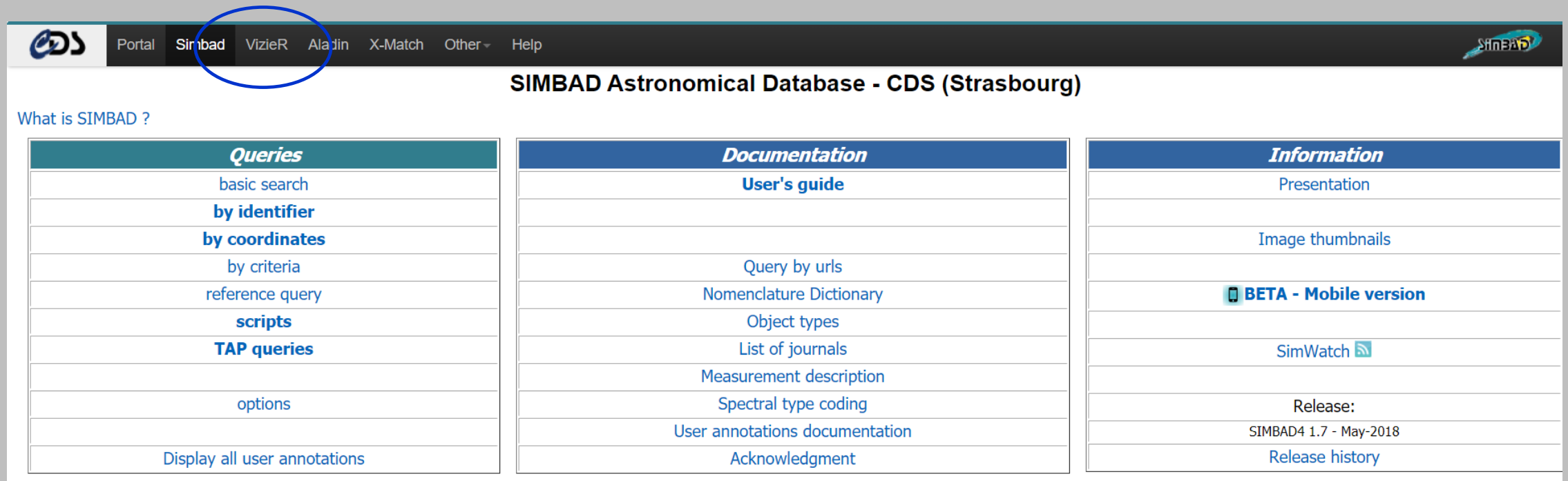
from: to:

or select by : (not exhaustive, [explanation here](#))

Identifiers e References di Alfa Leo

VIZIER

VizieR permette di accedere ad un vasto insieme di cataloghi astronomici: 20709 cataloghi disponibili, al 31 marzo 2021.



What is SIMBAD ?

<i>Queries</i>	<i>Documentation</i>	<i>Information</i>
basic search	User's guide	Presentation
by identifier		
by coordinates		Image thumbnails
by criteria	Query by urls	
reference query	Nomenclature Dictionary	BETA - Mobile version
scripts	Object types	
TAP queries	List of journals	SimWatch
	Measurement description	
options	Spectral type coding	Release:
	User annotations documentation	SIMBAD4 1.7 - May-2018
Display all user annotations	Acknowledgment	Release history

RICERCA DI CATALOGHI O OGGETTI TRAMITE VIZIER

The screenshot shows the VizieR web interface. The browser address bar displays 'vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR'. The navigation menu includes 'Portal', 'Simbad', 'VizieR', 'Aladin', 'X-Match', 'Other', and 'Help'. The main content area features a search section titled 'Find catalogs among 20362 available'. A search input field contains 'Gaia' and a 'Find...' button. Below this, there are instructions for searching by catalog name and a section for 'Search by Position across 22265 tables'. This section includes a 'Target Name' field with 'J2000' selected, a 'Target dimension' field with '2' and 'arcsec' selected, and radio buttons for 'Radius' (selected) and 'Box size'. A 'Go!' button is also present. The left sidebar contains 'Search Criteria', 'Preferences' (with 'max' set to 50 and 'HTML Table' selected), and 'Mirrors' (set to 'CDS, France').

E' possibile selezionare:

- un catalogo o una lista di cataloghi
- un oggetto per nome o tramite le coordinate
- Con entrambe le selezioni, il database restituisce i dati dell'oggetto disponibili nei cataloghi selezionati

ESEMPIO: RICERCA CATALOGHI GAIA CON VIZIER

Portal Simbad **VizieR** Aladin X-Match Other Help

Catalog

Gaia EDR3 is available in CDS

10 catalogs found

<input type="checkbox"/>	I/324	(c) The Initial Gaia Source List (IGSL) (Smart, 2013)	1222	2013yCat.1324...0S	ReadMe+ftp	
<input type="checkbox"/>	I/337	(c) Gaia DR1 (Gaia Collaboration, 2016) acknowledge and cite Gaia DR1	1147	timeSerie 2016A&A...595A...1G	ReadMe+ftp	
<input type="checkbox"/>	I/345	(c) Gaia DR2 (Gaia Collaboration, 2018) acknowledge and cite Gaia DR2	1718	timeSerie 2018A&A...616A...1G	ReadMe+ftp	
<input type="checkbox"/>	I/347	(c) Distances to 1.33 billion stars in Gaia DR2 (Bailer-Jones+, 2018)	1331	2018AJ...156...58B	ReadMe+ftp	
<input type="checkbox"/>	I/350	(c) Gaia EDR3 (Gaia Collaboration, 2020) acknowledge and cite Gaia EDR3	1825	2020yCat.1350...0G	ReadMe+ftp	
<input type="checkbox"/>	I/352	(c) Distances to 1.47 billion stars in Gaia EDR3 (Bailer-Jones+, 2021)	1467	2021yCat.1352...0B	ReadMe+ftp	
<input type="checkbox"/>	I/36	(c) Gaia-IPHAS/KIS Value-Added Catalogues (Scaringi+, 2018)	8	2018MNRAS.481.3357S	ReadMe+ftp	
<input type="checkbox"/>	VI/137	(c) GaiaSimu Universe Model Snapshot (Robin+, 2012)	8610	2012A&A...543A.100R	ReadMe+ftp	
<input type="checkbox"/>	VI/145	(c) ASC Gaia Attitude Star Catalog (Smart, 2015)	8		ReadMe+ftp	
<input type="checkbox"/>	I/A+A/523/A48	20k Gaia photometry (Jordi+, 2010)		model 2010A&A...523A..48J	ReadMe+ftp	

ALL or

ESEMPIO: RICERCA PARAMETRI

Search Criteria
Save in CDSportal
Keywords: I/345/gaia2
Tables: I/345, ..gaia2, ..rvstdcat, ..rvstdmes, ..allwise
Preferences: max: 9999, HTML Table, All columns, Compute, Distance p, Position angle θ, Distance (x,y), Galactic, J2000, B1950, Ecl. J2000, default, Sort by Distance (+ order -), No sort, Position in: Sexagesimal, Decimal °, Truncated prec.
Mirrors: CDS, France

Simple Target | List Of Targets
Target Name (resolved by Sesame) or Position: Clear 274.621 -17.427 J2000 2 arcmin
NB: The epoch used for the query is the original epoch of the table(s) Radius Box size

Fast Xmatch with large catalogs or Simbad

Radmm RV B-T I V X Y Gaia DR2 (Gaia Collaboration, 2018) acknowledge and cite Gaia DR2 timeSerie Similar Catalogs 2018A&A...616A...1G ReadMe+ftp
I/345
I.I/345/gaia2 Gaia data release 2 (Gaia DR2). (Download all Gaia Sources as VOTable, FITS or CSV here. Query from the command line using find_gaia_dr2 available in cdsclient here)
(original column names in green) (1692919135 rows)

Simple Constraint | List Of Constraints
Query by Constraints applied on Columns (Output Order: + -)
Standard Original

Show	Sort	Column	Clear	Constraint	Explain (UCD)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DR2Name	<input type="text"/>	(char)	Unique source designation (unique across all Data Releases) (Gaia DR2 NNNNNNNNNNNNNNNNNNNNN) (designation) (Note 1). (meta.id)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RA_ICRS	<input type="text"/>	deg	⁽ⁱ⁾ Barycentric right ascension (ICRS) at Ep=2015.5 (ra) (pos.eq.ra;meta.main)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	e_RA_ICRS	<input type="text"/>	mas	Standard error of right ascension (e_RA*cosDE) (ra_error) (stat.error;pos.eq.ra)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DE_ICRS	<input type="text"/>	deg	⁽ⁱ⁾ Barycentric declination (ICRS) at Ep=2015.5 (dec) (pos.eq.dec;meta.main)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	e_DE_ICRS	<input type="text"/>	mas	Standard error of declination (dec_error) (stat.error;pos.eq.dec)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SolID	<input type="text"/>		Solution Identifier (solution_id) (Note G1). (meta.id;meta.version)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Source	<input type="text"/>		⁽ⁱ⁾ Unique source identifier (unique within a particular Data Release) (source_id) (Note G2). (meta.id;meta.main)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RandomI	<input type="text"/>		⁽ⁱ⁾ Random index used to select subsets (random_index) (Note 2). (meta.code)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Epoch	<input type="text"/>	yr	⁽ⁱ⁾ [2015.5] Reference epoch (ref_epoch) (meta.ref;time.epoch)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Plx	<input type="text"/>	mas	⁽ⁿ⁾⁽ⁱ⁾ Absolute stellar parallax (parallax) (pos.parallax)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	e_Plx	<input type="text"/>	mas	⁽ⁿ⁾⁽ⁱ⁾ Standard error of parallax (parallax_error) (stat.error;pos.parallax)

ALL cols Reset All Clear Submit ⁽ⁱ⁾ indexed column

ESEMPIO: RICERCA PER NOME OGGETTO CON VIZIER

15	0.2	10 08 22.300	+11 58 02.00	10 08 22.3	+11 58 02	87901	WOOLLE	9316A	1.36	B7V		3.4e+00	6G	J3	D	R
16	0.2	10 08 22.300	+11 58 02.00	10 08 22.3	+11 58 02	87901	ALF LEO		1.36	B7V	1.3e-03		1	H6	ELD	R

II/246/out [2MASS All-Sky Catalog of Point Sources \(Cutri+ 2003\)](#) [2003yCat.2246...0C](#) [ReadMe+ftp](#)
 The Point Source catalogue of 470,992,970 sources. Please [acknowledge the usage of the 2MASS All-Sky Survey](#); see also the [2MASS Pages](#). Note that the magnitudes in red correspond to low quality results (upper limits or very poor photometry) (470992970 rows)

[start AladinLite](#) [plot the output](#) [query using TAP/SQL](#)

Full	r	RAJ2000	DEJ2000	RAJ2000	DEJ2000	2MASS	Jmag	e_Jmag	Hmag	e_Hmag	Kmag	e_Kmag	Qflg	Rflg	Bflg	Cflg	Xflg	Aflg
	arcsec	"h:m:s"	"d:m:s"	deg	deg		mag	mag	mag	mag	mag	mag						
1	0.201	10 08 22.29792	+11 58 01.8912	152.092908	+11.967192	10082229+1158018	1.665	0.314	1.658	0.186	1.640	0.212	DCC	333	111	000	0	0

II/297/irc [AKARI/IRC mid-IR all-sky Survey \(ISAS/JAXA, 2010\)](#) [2010A&A...514A...1I](#) [ReadMe+ftp](#)
 AKARI/IRC All-Sky Survey Point Source Catalogue (Version 1.0) ([full documentation](#)) (870973 rows)

[start AladinLite](#) [plot the output](#) [query using TAP/SQL](#)

Full	r	RAJ2000	DEJ2000	objName	S09	e_	q_	S18	e_	q_	Nd09	Nd18	X09	X18	RAJ2000	DEJ2000
	arcsec	"h:m:s"	"d:m:s"		Jy	Jy		Jy	Jy						deg	deg
1	1.74	10 08 22.1952	+11 58 01.596	1008221+115801	1.251e+01	4.23e-02	3	2.650e+00	7.49e-02	3	0	0	0	0	152.09248	+11.96711

Note:

II/311/wise [WISE All-Sky Data Release \(Cutri+ 2012\)](#) [2012yCat.2311...0C](#) [ReadMe+ftp](#)
 The WISE All-Sky data Release; please [acknowledge](#) the usage of the WISE data products (563921584 rows)

[start AladinLite](#) [plot the output](#) [query using TAP/SQL](#)

Full	r	RAJ2000	DEJ2000	WISE	RAJ2000	DEJ2000	eeMaj	eeMin	Im	W1mag	e_	W2mag	e_	W3mag	e_	W4mag	e_	Jmag	Hmag	Kmag	ccf	ex	var
	arcsec	"h:m:s"	"d:m:s"		deg	deg	arcsec	arcsec		mag	mag	mag	mag	mag	mag	mag	mag	mag	mag	mag			
1	1.066	10 08 22.25712	+11 58 01.2360	J100822.25+115801.2	152.092738	+11.967010	0.054	0.038	Im	1.317		1.313	0.294	1.675	0.013	1.704	0.018	1.665	1.658	1.640	0000	1	nm97

Note: please credit the usage of the UKIDSS data (details at <http://www.ukidss.org/archive/archive.html>)

II/314/las8 [UKIDSS-DR8 LAS, GCS and DXS Surveys \(Lawrence+ 2012\)](#) [2007MNRAS.379.1599L](#) [ReadMe+ftp](#)
 UKIDSS-DR8 Large Area Survey (total of 69,656,413 sources) (69656413 rows)

GAIA

gaia archive

HOME SEARCH VISUALISATION DOCUMENTATION



Welcome to the Gaia Archive at ESA

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.



Top Features



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.



Gaia Mission

News, information, and resources on the Gaia mission for the scientific community.



Partners

Partner data centres also serving Gaia data.

Gaia - <https://gea.esac.esa.int/archive/>

GAIA - RICERCA DATI

The screenshot shows the Gaia Archive search interface. The header includes the 'gaia archive' logo and the ESA logo. Navigation tabs for 'HOME', 'SEARCH', 'VISUALISATION', and 'DOCUMENTATION' are present. Below these are sub-tabs for 'Basic', 'Advanced (ADQL)', and 'Query Results'. The main search area contains several fields and buttons:

- Position** and **File** tabs are at the top left.
- Under **Position**, there are radio buttons for **Name** (selected) and **Equatorial**.
- A **Target in** section has radio buttons for **Circle** (selected) and **Box**.
- A **Name** input field is followed by a dropdown menu set to **All**.
- A **Radius** input field contains the value **5**, followed by a dropdown menu set to **arc sec**.
- A **Search in:** dropdown menu is set to **gaiaedr3.gaia_source**.
- There are expandable sections for **Extra conditions** and **Display columns**.
- At the bottom, there is a **Max. number of results:** dropdown set to **500**.
- Three buttons are at the bottom: **Reset Form**, **Show Query**, and **Submit Query**.


Several elements are circled in blue in the original image: the **Position** tab, the **Name** radio button, the **Circle** radio button, the **Radius** input field, the **Search in:** dropdown menu, the **Display columns** section, and the **Submit Query** button.

GAIA - ESEMPIO SELEZIONE DEI PARAMETRI

<input type="checkbox"/> solution_id	<input type="checkbox"/> designation	<input checked="" type="checkbox"/> source_id	<input type="checkbox"/> random_index	<input type="checkbox"/> ref_epoch
<input checked="" type="checkbox"/> ra	<input type="checkbox"/> ra_error	<input checked="" type="checkbox"/> dec	<input type="checkbox"/> dec_error	<input checked="" type="checkbox"/> parallax
<input checked="" type="checkbox"/> parallax_error	<input type="checkbox"/> parallax_over_error	<input type="checkbox"/> pm	<input type="checkbox"/> pmra	<input type="checkbox"/> pmra_error
<input type="checkbox"/> pmdec	<input type="checkbox"/> pmdec_error	<input type="checkbox"/> ra_dec_corr	<input type="checkbox"/> ra_parallax_corr	<input type="checkbox"/> ra_pmra_corr
<input type="checkbox"/> ra_pmdec_corr	<input type="checkbox"/> dec_parallax_corr	<input type="checkbox"/> dec_pmra_corr	<input type="checkbox"/> dec_pmdec_corr	<input type="checkbox"/> parallax_pmra_corr
<input type="checkbox"/> parallax_pmdec_corr	<input type="checkbox"/> pmra_pmdec_corr	<input type="checkbox"/> astrometric_n_obs_al	<input type="checkbox"/> astrometric_n_obs_ac	<input type="checkbox"/> astrometric_n_good_obs_al
<input type="checkbox"/> astrometric_n_bad_obs_al	<input type="checkbox"/> astrometric_gof_al	<input type="checkbox"/> astrometric_chi2_al	<input type="checkbox"/> astrometric_excess_noise	<input type="checkbox"/> astrometric_excess_noise_sig
<input type="checkbox"/> astrometric_params_solved	<input type="checkbox"/> astrometric_primary_flag	<input type="checkbox"/> nu_eff_used_in_astrometry	<input type="checkbox"/> pseudocolour	<input type="checkbox"/> pseudocolour_error
<input type="checkbox"/> ra_pseudocolour_corr	<input type="checkbox"/> dec_pseudocolour_corr	<input type="checkbox"/> parallax_pseudocolour_corr	<input type="checkbox"/> pmra_pseudocolour_corr	<input type="checkbox"/> pmdec_pseudocolour_corr
<input type="checkbox"/> astrometric_matched_transits	<input type="checkbox"/> visibility_periods_used	<input type="checkbox"/> astrometric_sigma5d_max	<input type="checkbox"/> matched_transits	<input type="checkbox"/> new_matched_transits
<input type="checkbox"/> matched_transits_removed	<input type="checkbox"/> ipd_gof_harmonic_amplitude	<input type="checkbox"/> ipd_gof_harmonic_phase	<input type="checkbox"/> ipd_frac_multi_peak	<input type="checkbox"/> ipd_frac_odd_win
<input type="checkbox"/> ruwe	<input type="checkbox"/> scan_direction_strength_k1	<input type="checkbox"/> scan_direction_strength_k2	<input type="checkbox"/> scan_direction_strength_k3	<input type="checkbox"/> scan_direction_strength_k4
<input type="checkbox"/> scan_direction_mean_k1	<input type="checkbox"/> scan_direction_mean_k2	<input type="checkbox"/> scan_direction_mean_k3	<input type="checkbox"/> scan_direction_mean_k4	<input type="checkbox"/> duplicated_source
<input type="checkbox"/> phot_g_n_obs	<input type="checkbox"/> phot_g_mean_flux	<input type="checkbox"/> phot_g_mean_flux_error	<input type="checkbox"/> phot_g_mean_flux_over_error	<input checked="" type="checkbox"/> phot_g_mean_mag
<input type="checkbox"/> phot_bp_n_obs	<input type="checkbox"/> phot_bp_mean_flux	<input type="checkbox"/> phot_bp_mean_flux_error	<input type="checkbox"/> phot_bp_mean_flux_over_error	<input checked="" type="checkbox"/> phot_bp_mean_mag
<input type="checkbox"/> phot_rp_n_obs	<input type="checkbox"/> phot_rp_mean_flux	<input type="checkbox"/> phot_rp_mean_flux_error	<input type="checkbox"/> phot_rp_mean_flux_over_error	<input checked="" type="checkbox"/> phot_rp_mean_mag
<input type="checkbox"/> phot_bp_n_contaminated_transits	<input type="checkbox"/> phot_bp_n_blended_transits	<input type="checkbox"/> phot_rp_n_contaminated_transits	<input type="checkbox"/> phot_rp_n_blended_transits	<input type="checkbox"/> phot_proc_mode
<input type="checkbox"/> phot_bp_rp_excess_factor	<input type="checkbox"/> bp_rp	<input type="checkbox"/> bp_g	<input type="checkbox"/> g_rp	<input type="checkbox"/> dr2_radial_velocity
<input type="checkbox"/> dr2_radial_velocity_error	<input type="checkbox"/> dr2_rv_nb_transits	<input type="checkbox"/> dr2_rv_template_teff	<input type="checkbox"/> dr2_rv_template_logg	<input type="checkbox"/> dr2_rv_template_fe_h
<input type="checkbox"/> l	<input type="checkbox"/> b	<input type="checkbox"/> ecl_lon	<input type="checkbox"/> ecl_lat	

Select All / None

ESEMPIO RISULTATO DI RICERCA SU GAIA

gaia archive 

HOME SEARCH VISUALISATION DOCUMENTATION

Basic Advanced (ADQL) **Query Results**

◀ No job id No job id No job id ✕

source_id	ra deg	dec deg	parallax mas	parallax_error mas	phot_g_mean_mag mag	phot_bp_mean_mag mag	phot_rp_mean_mag mag
4096561659747632000	275.7762296892642	-17.352720141550126	0.1517554683058206	0.1410047	15.544982		
4096561664077569792	275.77673187158786	-17.35175868966761	-0.47027291446871383	0.61318	19.932745	21.463488	18.39827
4096561664077574144	275.774991025878	-17.35237804838716	0.30242739744919567	0.2619346	18.80341	19.976488	17.617212
4096561664080864384	275.7758447125911	-17.35190658559191			20.8046		
4096561664098938368	275.7763808085946	-17.35335337393942	0.3756688454077864	0.027120475	14.467686	15.857022	13.284784

◀ 1-5 of 5 ▶

Gaia EDR3 Data Model Show query in ADQL form Download results

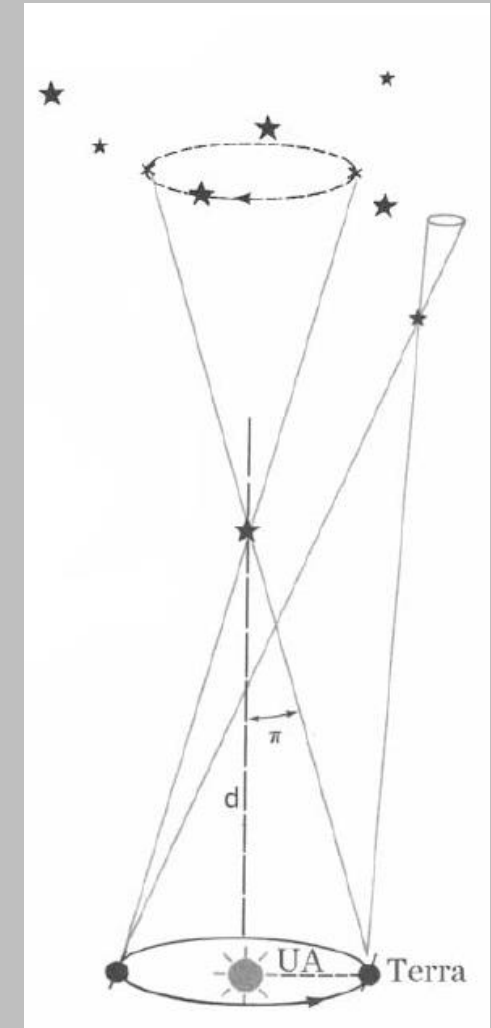


LABORATORIO 1

RELAZIONE PERIODO LUMINOSITÀ PER VARIABILI CEFEIDI

IL METODO DELLA PARALLASSE TRIGONOMETRICA

- Il metodo diretto, principale, per misurare la distanza di un oggetto celeste è la misura della parallasse trigonometrica.
- Si misura lo spostamento angolare di un oggetto rispetto ad un riferimento che si può assumere immobile (perché molto più lontano).
- La validità di questo metodo dipende dalla precisione con cui misuro lo spostamento angolare dell'oggetto.
- Gaia, che è lo strumento più preciso che abbiamo attualmente per misure di posizione, al termine della missione potrà raggiungere una dell'ordine di $10 \mu\text{arcsec}$.
- $10 \mu\text{arcsec}$ equivale ad avere una precisione del 10% ad una distanza di 10000 parsec (32600 anni luce).

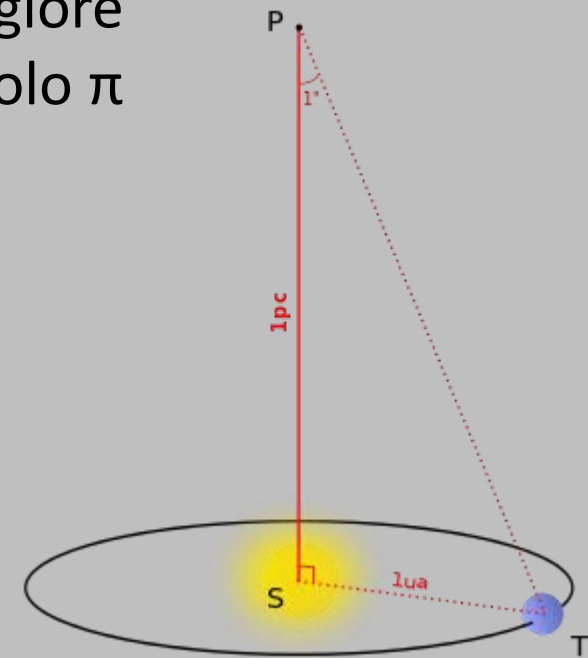


DEFINIZIONE DI PARSEC

1 parsec (pc) è la distanza alla quale il semiasse maggiore dell'orbita della Terra intorno al Sole appare con un angolo $\pi = 1$ secondo d'arco.

1 pc = 3.26 anni luce

$$\pi \cong \frac{1}{d} \quad (\pi \text{ in secondi d'arco, } d \text{ in parsec})$$



METODI INDIRECTI

- Quando non è possibile misurare direttamente la **distanza** di un oggetto, tramite la parallasse trigonometrica, occorre ricorrere a **metodi indiretti**.
- I metodi indiretti si basano sulla relazione che lega la magnitudine apparente m , la magnitudine assoluta M e la distanza d .

$$M_V = m_V + 5 - 5 \cdot \log_{10} d - A_V \quad \text{se } d \text{ in parsec}$$

$$M_V = m_V + 5 + 5 \cdot \log_{10} \pi - A_V \quad \text{se } d \text{ in arcsec}$$

A_V = coefficiente di estinzione interstellare

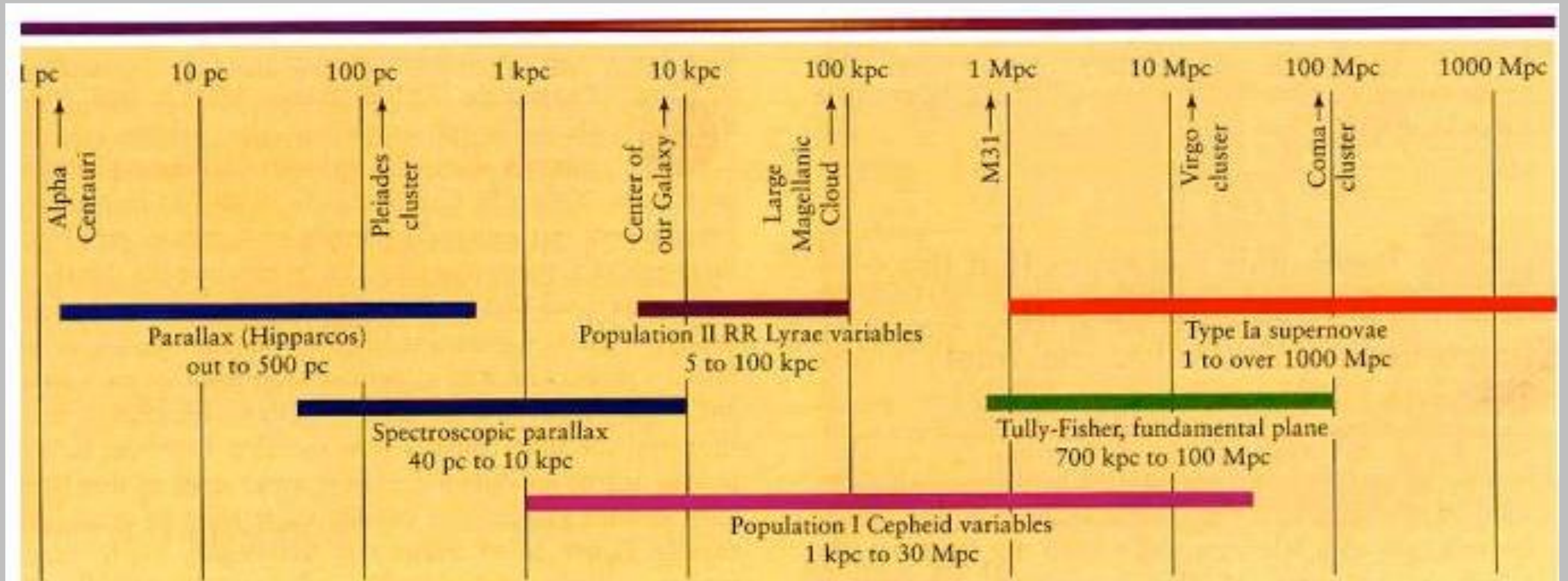
- Se sono in grado di determinare la magnitudine assoluta M di un astro, misurata la sua magnitudine apparente m , posso determinarne sempre la distanza con l'equazione:

$$d = 10^{[-(M-m-5)/5]} \quad (d \text{ in parsec})$$

METODI INDIRETTI - CANDELE STANDARD

- **Parallasse spettroscopica:** determina la magnitudine assoluta tipica sulla base del tipo spettrale e della classe di luminosità.
- **Metodo del Wilson-Bappu:** la larghezza delle righe di emissione H e K del CaII è correlata alla magnitudine assoluta.
- **Stelle variabili RR Lyrae:** stelle pulsanti che per periodi minori di 1 giorno, hanno magnitudine assoluta costante $M_V = 0.6$.
- **Stelle variabili Cefeidi:** di Tipo I e di Tipo II: stelle pulsanti che hanno periodo correlato linearmente alla magnitudine assoluta.
- **Supernovae di Tipo Ia:** la magnitudine assoluta al massimo è costante, $M_V = -19.3 \pm 0.03$.
- **Altre candele standard:** giganti rosse brillanti, regioni HII, nebulose planetarie, ammassi globulari.
- **Metodo di Tully-Fisher:** mette in relazione la velocità di rotazione della galassia con la luminosità assoluta delle galassie a spirale.
- **Metodo di Faber-Jackson:** mette in relazione la dispersione di velocità delle stelle con la luminosità assoluta delle galassie ellittiche.
- **Legge di Hubble-Lemaitre:** esiste una dipendenza lineare tra velocità radiale osservata e distanza della galassia.

SCALA DELLE DISTANZE



MAGNITUDINE APPARENTE

- La **magnitudine apparente m** misura l'intensità luminosa di una astro misurata dall'osservatore.
- Quando si esprime una magnitudine si specifica anche in che filtro o banda dello spettro elettromagnetico è misurata:
 - Filtri U, B, V, R, I del sistema standard Johnson-Cousins.
 - Filtri J, H, K (infrarosso)
 - Filtri g, r, i, z del sistema Gunn
 - Filtri Gaia: G, Bp, Rp
- I valori più piccoli indicano le luminosità maggiori.

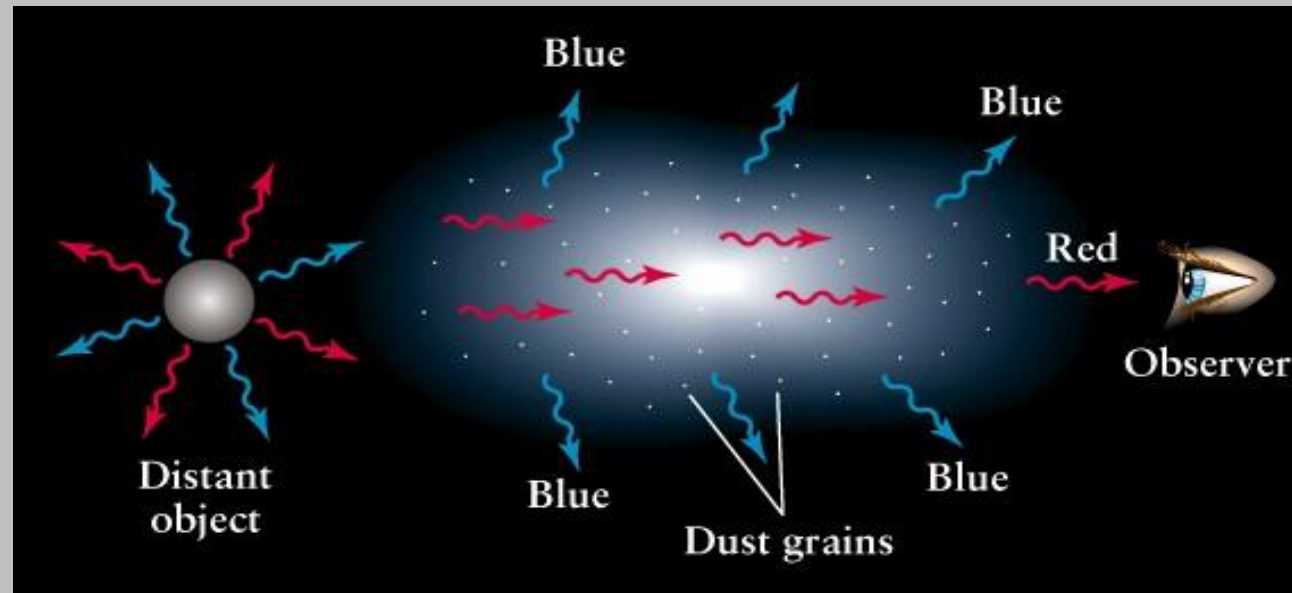
Astro	V
Sirio	-1.5
Polare	+2
Stelle più deboli ad occhio nudo	+6
HST	+31.5

MAGNITUDINE ASSOLUTA

- La magnitudine apparente dipende dalla distanza d dell'astro e della sua luminosità intrinseca L (l'energia per unità di tempo emessa dalla stella).
- Per poter confrontare le intensità luminose intrinseche si definisce come **Magnitudine assoluta M** , la magnitudine apparente che l'astro avrebbe se si trovasse alla distanza di 10 pc ($\pi = 0.1''$).

Astro	m_v	M_v
Oggetti più luminosi	---	-12.7
Rigel	+0.1	-8.0
Polare	+2	-3.6
Sirio	-1.5	+1.4
Sole	-26.8	+4.75

COEFFICIENTE DI ESTINZIONE INTERSTELLARE



$$A_{\lambda} = f(\lambda^{-1})$$

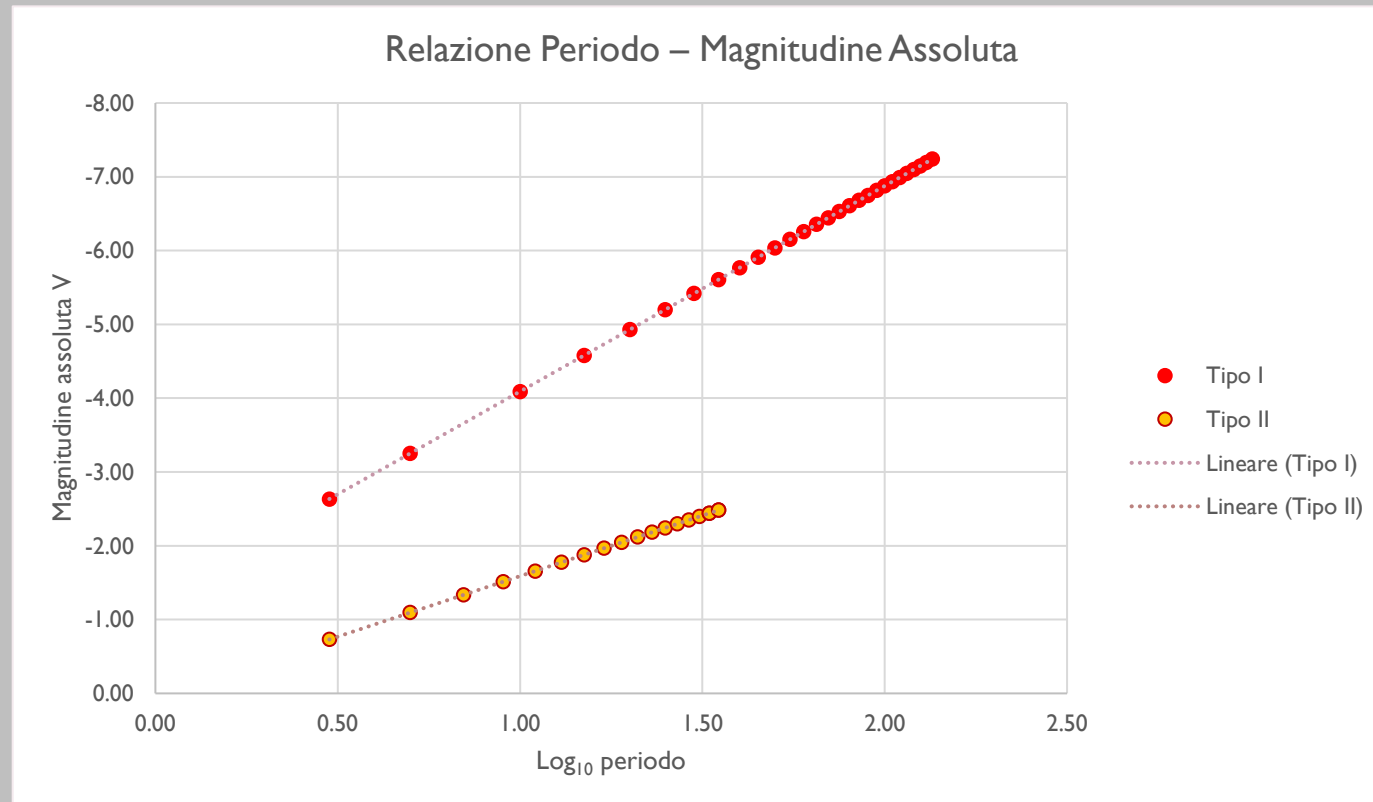
$$m_{\text{intrinseca}} = m_{\text{osservata}} - A_{\lambda} * (d/1000)$$

se A_{λ} = coefficiente di estinzione interstellare è misurato in mag·kpc⁻¹ o in mag

d = distanza in parsec

LA RELAZIONE PERIODO-LUMINOSITÀ DELLE CEFEIDI

Nelle Cefeidi esiste una correlazione tra periodo e magnitudine assoluta media:



RELAZIONE P-L NEL FILTRO G DI GAIA - RICERCA PERIODO E MAGNITUDINE

Occorre predisporre una lista di Cefeidi con periodo, magnitudine apparente media e distanza noti.

1. Ricerca dei dati di periodo e magnitudine

- Con [VizieR https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR](https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR), ricercare il catalogo di variabili Cefeidi individuate dalla missione Gaia
 - Find catalogs: 'Gaia' -> Find
 - Selezionare [I/345](#) Gaia DR2 (Gaia Collaboration, 2018)
 - Selezionare [I/345/cepheid](#) Cepheid stars
 - Reset di tutti i parametri: doppio click nella casella 'All cols'
 - Selezione parametri:
 - Tbest: tipo di cefeide ('DCEP' = Tipo I, 'T2CEP = Tipo II, 'ACEP' = Cefeidi Anomale')
 - Source: identificativo Gaia della Cefeide
 - Pf - e_Pf : periodo della Cefeide, con l'errore sul periodo
 - G_mag - e_Gmag : magnitudine media della Cefeide nel filtro G, con l'errore sulla magnitudine
- Nota: le coordinate della Cefeide sono inserite automaticamente → (continua)

RELAZIONE P-L NEL FILTRO G DI GAIA - RICERCA DISTANZA

- Preferenze. Max = 'Unlimited' – Formato dell'output: 'Tab-Separated-Values'
- Selezionare come 'Target dimension': 0.1 arcsec
- Salvare il file di output in formato txt e trasformarlo in un file excel in cui eseguire i calcoli.
- Eliminare le Cefeidi di cui non viene riportato il periodo o la magnitudine.
- Ordinare le variabili per tipo ('DCEP', 'T2CEP', 'ACEP')

2. Ricerca dei dati di distanza

- Creare un file di testo con gli identificativi delle Cefeidi, da utilizzare come 'List of targets'
- Selezionare [1/345](#) Gaia DR2 (Gaia Collaboration, 2018)
- Selezionare i parametri 'DR2 Name', 'Plx', 'e_Plx' (parallasse ed errore della parallasse)
- Selezionare come 'Target dimension': 0.1 arcsec
- Output: Single Table
- Preferenze. Max = 'Unlimited' – Formato dell'output: 'Tab-Separated-Values'
- Salvare i dati di parallasse π ed errore della parallasse $\Delta\pi$ e inserirli nel file excel di calcolo.

RELAZIONE P-L NEL FILTRO G DI GAIA - CALCOLO

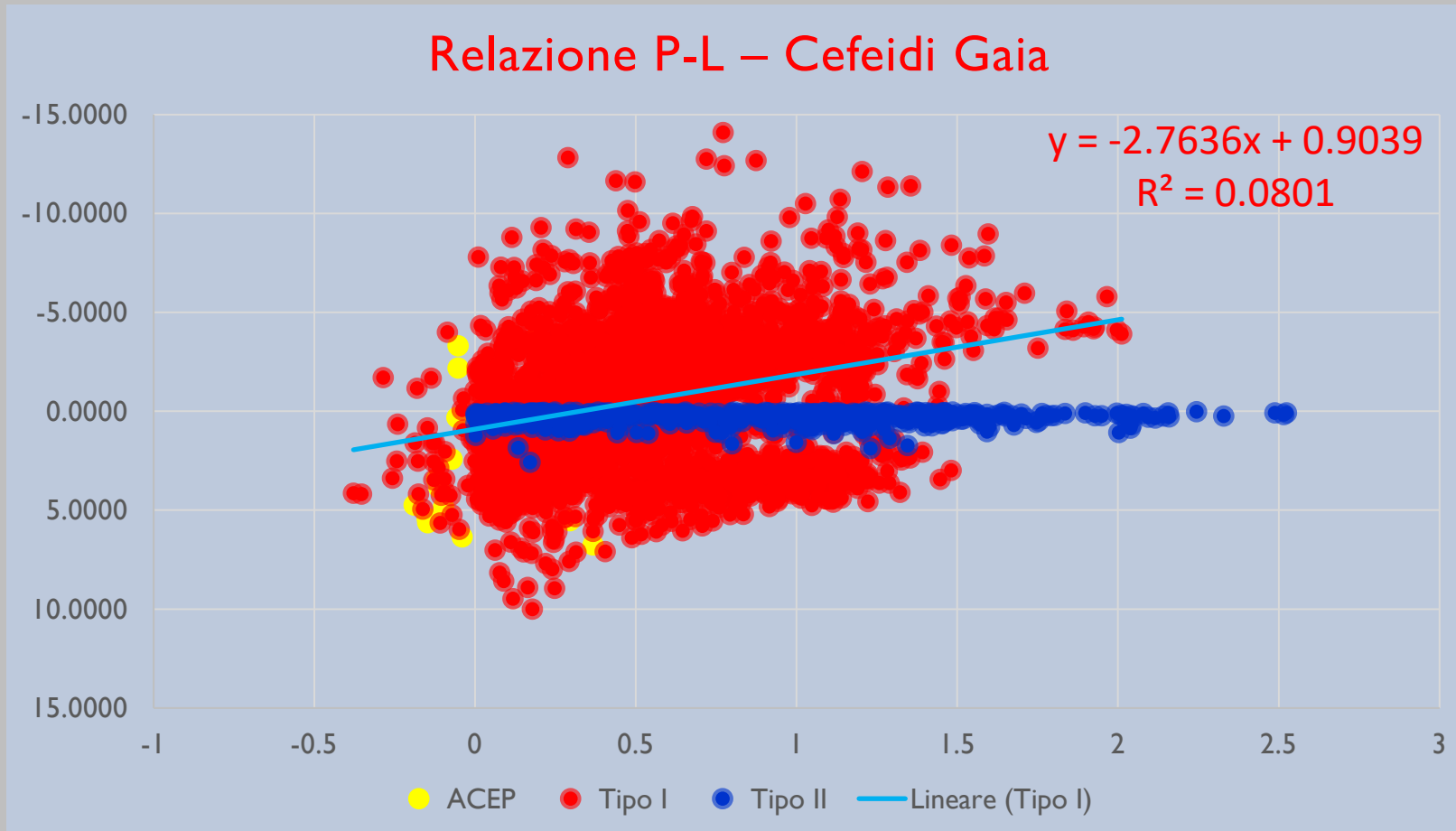
3. Calcolo

- Eliminare le Cefeidi con parallasse negativa (che per definizione non possono esistere) o per cui la parallasse non è riportata.
- Calcolare per ogni Cefeide la magnitudine assoluta nel filtro G: $M_G = m_G + 5 + 5 \cdot \log_{10} \pi$
- Calcolare l'errore di ΔM_G applicando la propagazione degli errori:

$$\Delta M = \sqrt{\left(\frac{\partial M}{\partial m}\right)^2 \cdot \Delta m^2 + \left(\frac{\partial M}{\partial \pi}\right)^2 \cdot \Delta \pi^2} = \sqrt{\Delta m^2 + \left(5 \cdot \frac{\log_{10} e}{\pi}\right)^2 \cdot \Delta \pi^2} \simeq \sqrt{\Delta m^2 + 4.7153 \cdot \frac{\Delta \pi^2}{\pi^2}}$$

- Calcolare per ogni Cefeide \log_{10} del Periodo
- Costruire il grafico $\log_{10}(P) - M_G$ per le tre tipologie di Cefeidi.
- Ricavare i coefficienti dell'equazione lineare $M = A + B \cdot \log_{10}(P)$ applicando i minimi quadrati.

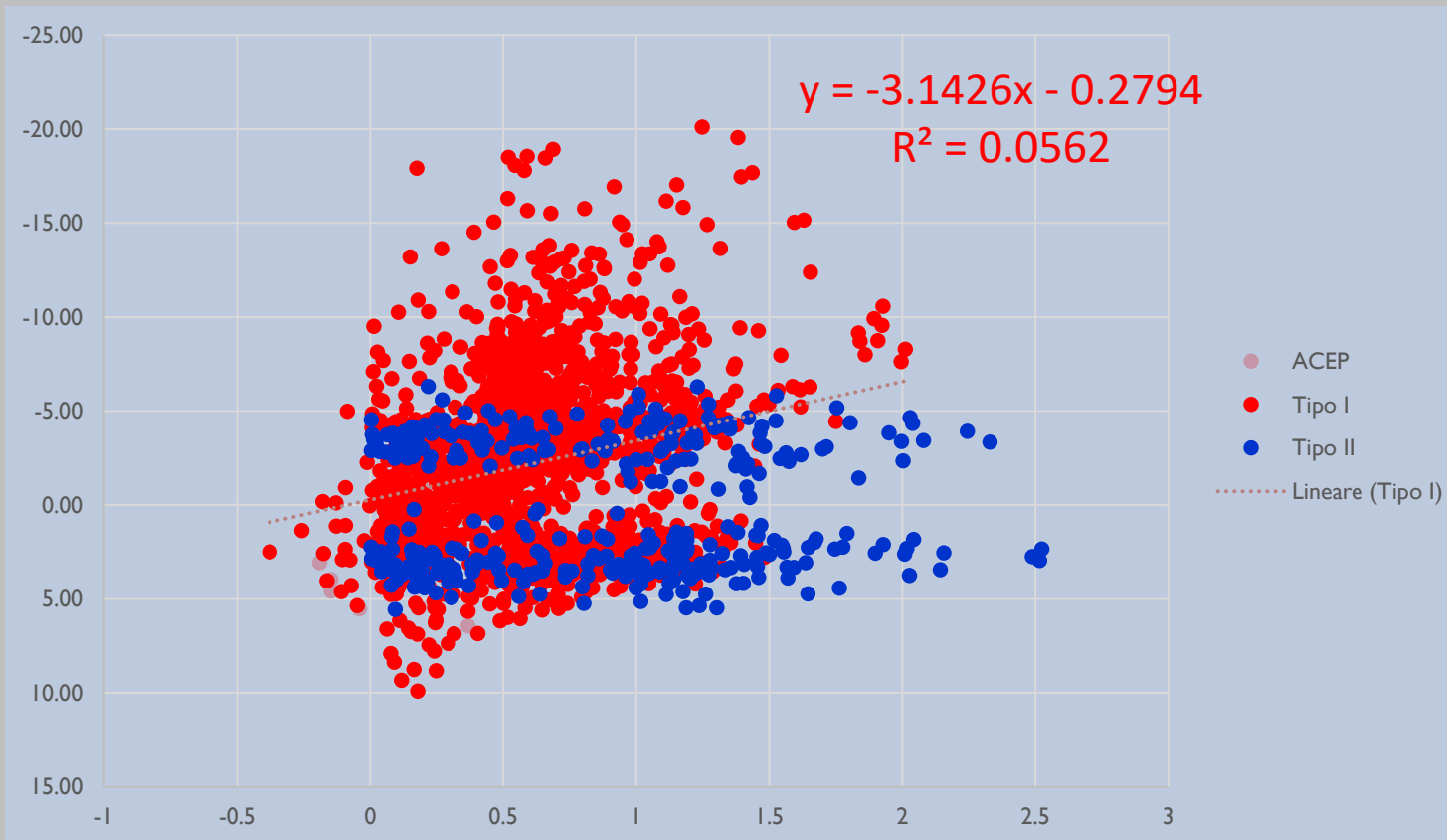
RELAZIONE P-L NEL FILTRO G DI GAIA - RISULTATO PRELIMINARE



Osservazioni:

- Correlazione lineare pessima, con una dispersione alta dovuta all'errore sulla parallasse.
- Limite in termini di magnitudine assoluta, che è stato posto nella definizione di Cefeide di Tipo II in questo catalogo.

RELAZIONE P-L NEL FILTRO G DI GAIA - ESTINZIONE E PRIMA SELEZIONE



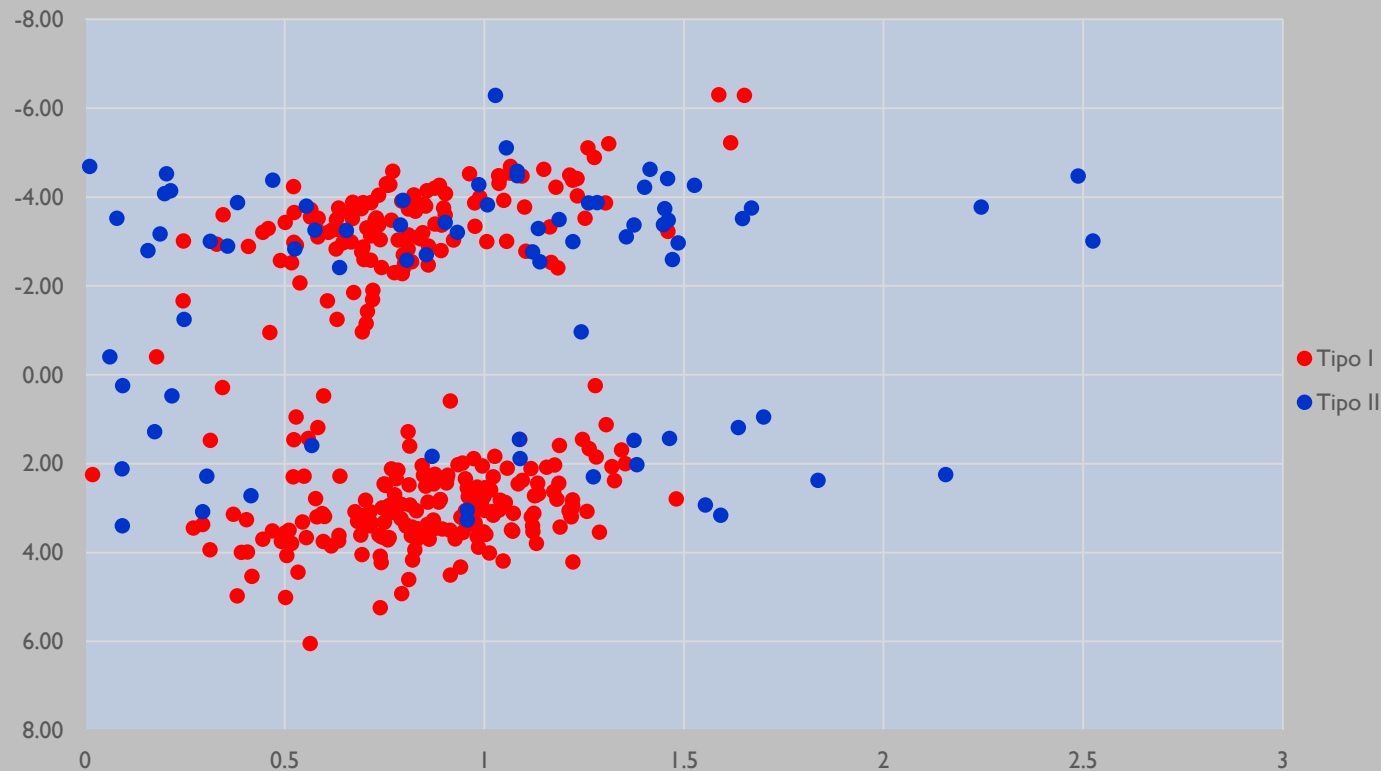
Campione di Cefeidi ridotto, escludendo gli oggetti per cui l'errore sulla parallasse è maggiore della misura della parallasse stessa

Assume un'estinzione $A_G = 0.3 \text{ mag / kpc}$ per ogni Cefeide

Osservazioni:

- La dispersione è sempre molto alta
- Nel tipo II, iniziano a delinearci due gruppi ben precisi con livelli di magnitudine assoluta diversi

RELAZIONE P-L NEL FILTRO G DI GAIA - GRAFICO FINALE



I tipi di Cefeide del nostro campione possono essere ridefiniti sulla base del grafico ottenuto

Campione di Cefeidi ulteriormente ridotto, selezionando solo gli oggetti per cui l'errore sulla parallasse è minore di 0.1 della misura della parallasse stessa

Assume un'estinzione $A_G = 0.3 \text{ mag / kpc}$ per ogni Cefeide

Osservazioni:

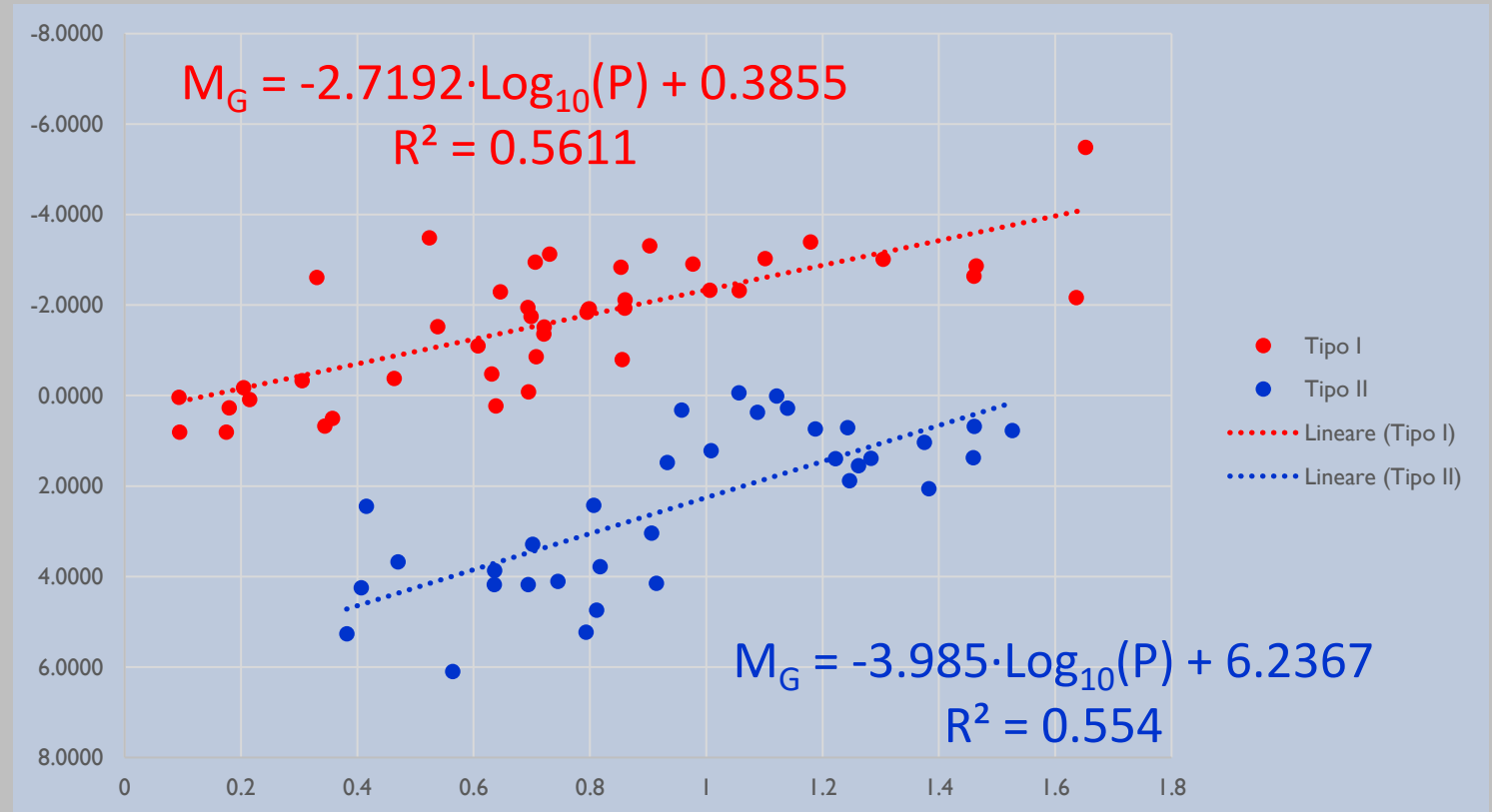
- La dispersione nei due gruppi diminuisce
- E' ragionevole a questo punto pensare che la classificazione originale del database sia da rivedere.

RELAZIONE P-L NEL FILTRO G DI GAIA - RISULTATO FINALE

Osservazioni:

Si possono eliminare le Cefeidi anomale:

- Tipo 1 hanno tipicamente un periodo massimo di 135 d ($\text{Log}_{10}(P) < 2.13$)
- Tipo 2 hanno tipicamente un periodo massimo di 35 d ($\text{LOG}_{10}(P) < 1.54$)
- Si possono per un sottoinsieme del campione di Cefeidi considerare i valori misurati da Gaia per il coefficiente di estinzione (parametro 'AG' in [I/345/gaia2](https://www.cosmos.esa.int/documents/1365002/1365002/1365002_I345_gaia2))





LABORATORIO 2

CALCOLO DELLA DISTANZA DI UNA GALASSIA

RELAZIONI PERIODO-LUMINOSITÀ PER LE CEFEIDI NEL VISIBILE

- Nel visibile valgono le relazioni:

- **Cefeidi di Tipo I:**

$$M_V = (-1.304 \pm 0.065) - (2.786 \pm 0.075) \cdot \log_{10} P \text{ [1]}$$

- **Cefeidi di Tipo II:**

$$M_V = (0.05 \pm 0.05) - (1.64 \pm 0.05) \cdot \log_{10} P \text{ [1]}$$

[1] relazione periodo-luminosità tratta da S. Gossan, C. Ott, Methods of Measuring Astronomical Distances, LIGO Scientific Collaboration, 2012.

- Per calcolare la distanza di una galassia, occorre avere i dati di **magnitudine apparente** (in questo caso nel visibile) e del **periodo** di cefeidi appartenenti alla galassia.
- Dal periodo si ricava la **magnitudine assoluta** nel visibile per ogni singola Cefeide.
- Dalla **magnitudine apparente** e **assoluta** si ricava la **distanza** di ogni singola Cefeide.
- La **distanza della galassia** si può stimare come **media delle singole misure**.

ESEMPI DI CATALOGHI DI CEFEIDI IN ALTRE GALASSIE

<https://vizier.inasan.ru/viz-bin/VizieR>

- Find catalog: 'Cepheid'
 - [J/ApJ/777/79](#) - HST photometry of Cepheid candidates in M101 (Mager+, 2013)
 - [J/ApJ/733/124/cepheids](#) - Cepheids in M101 observed with HST (Shappee+, 2011)
 - [J/A+AS/126/401](#) - New M31 Cepheid Candidate Identifications
 - [J/ApJ/508/491](#) - M101 Cepheids (Stetson+, 1998)
 - [J/AJ/156/130](#) - Cepheids in M31 - PAndromeda Cepheid sample (Kodric+, 2018)
- Selezionare cataloghi che contengano almeno il periodo e la magnitudine nella banda V di un campione di Cefeidi.

CEFEIDI NELLA GALASSIA M101

- Dal catalogo [J/ApJ/777/79](http://www.japj.org/777/79) ricavo magnitudine apparente media nel visibile e il periodo di 619 candidate Cefeidi nella galassia M101 (Tipo non definito).
- Calcolo la magnitudine assoluta per entrambi i tipi, utilizzando le relazioni P-L nel visibile.
- Calcolo la distanza per ogni cefeide, supponendo entrambi i tipi: $d = 10^{[-(M-m-5)/5]}$ (d in parsec)
- Calcolo la distanza della galassia M101 come valore medio delle singole misure.

ID	Vmag mag	Per d	Tipo I A	Tipo II A	M _V (Tipo I)	Distanza (Tipo I) Mpc	M _V (Tipo II)	Distanza (Tipo II) Mpc	Media Mpc	Dev.St. Mpc	
chl_l_s0001	24.341	18.75	-1.304	0.050	-4.874	6.965	-2.061	1.907	7.4	1.3	Tipo I
chl_l_s0002	24.25	21.83	Tipo I	Tipo II	-5.058	7.270	-2.169	1.922	2.3	0.3	Tipo II
chl_l_s0003	24.141	17.54	B	B	-4.793	6.120	-2.013	1.702			
chl_l_s0004	24.407	23.93	2.79	1.64	-5.169	8.225	-2.234	2.130			
chl_l_s0006	24.954	17.3	AV		-4.776	8.832	-2.003	2.463			
chl_l_s0007	25.033	12.91	0.02		-4.422	7.781	-1.795	2.321			
chl_l_s0008	24.554	13.55			-4.481	6.411	-1.829	1.891			
chl_l_s0009	24.571	14.83			-4.590	6.795	-1.894	1.963			
chl_l_s0012	24.987	11.4			-4.272	7.107	-1.706	2.181			
chl_l_s0013	24.981	18.75			-4.874	9.352	-2.061	2.561			
chl_l_s0014	25.073	15.63			-4.653	8.816	-1.931	2.517			

$d = 7.4 \pm 1.3$ Mpc (Tipo I)

$d = 2.3 \pm 0.3$ Mpc (Tipo II)

Valore medio calcolato sulla base dei risultati disponibili in letteratura scientifica per M101:

$= 7.5 \pm 1.6$ Mpc



LABORATORIO 3

CALCOLO DELL'ETÀ DELL'UNIVERSO

LA COSTANTE DI HUBBLE-LEMAÎTRE

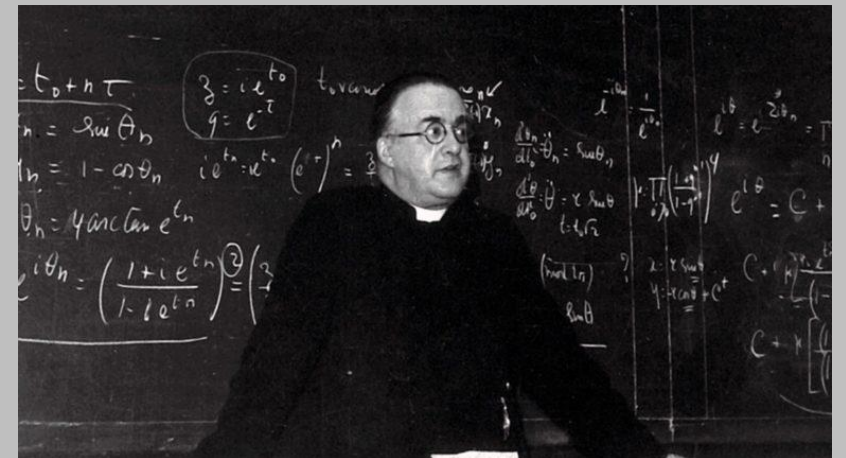
Storicamente, si fa risalire allo studio dell'astronomo statunitense E. Hubble (1929) la scoperta che le galassie si allontanano con una velocità proporzionale alla loro distanza dal Sole.

$$v = H_0 \cdot d \quad (\text{legge di Hubble-Lemaître})$$

- v = velocità della galassia in km/s
- d = distanza della galassia in Megaparsec (Mpc)
 - 1 Mpc = $3.26 \cdot 10^6$ anni luce
 - 1 anno luce = $9.461 \cdot 10^{12}$ km
- H_0 = costante di (proporzionalità) Hubble-Lemaître



Edwin P. Hubble



Georges E. Lemaître

PRECEDENTI LAVORI E IL CONTRIBUTO DI LEMAÎTRE

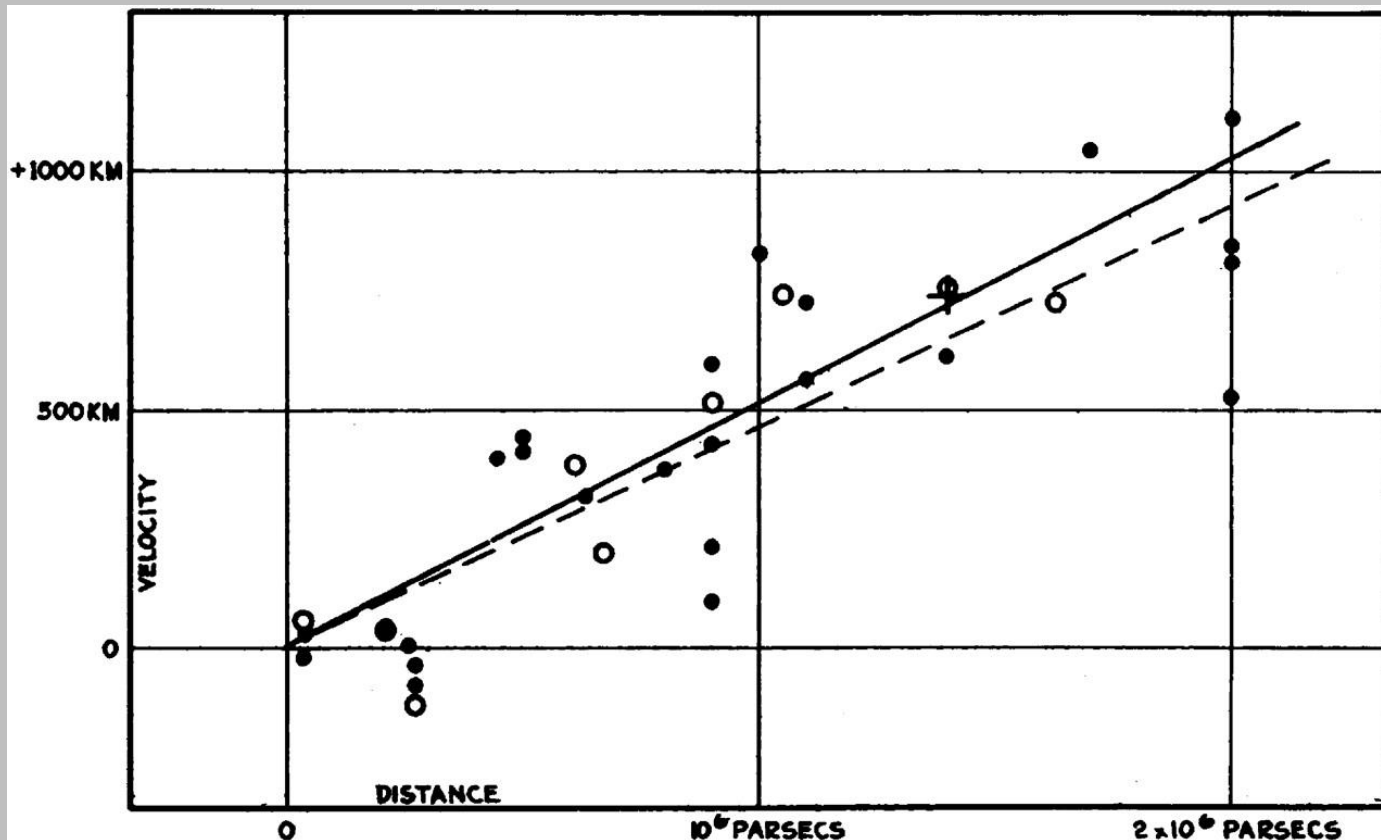
1922 - Dalla velocità radiale di 29 galassie a spirale, Wirz conclude che: o le galassie più vicine o quelle più massicce hanno redshift, quindi velocità radiali, minori.

1924 - Utilizzando osservazioni di 42 galassie, Wirz conclude che **le velocità radiali crescono in maniera significativa con la distanza.**

1925 - Lundmark nota che i redshift delle galassie a spirale più piccole (presumibilmente più distanti) sono più grandi di quelli delle galassie più vicine

1927 - Lemaître, partendo da una soluzione delle equazioni di Einstein corrispondente ad un universo in espansione, **deduce per la prima volta che la velocità delle galassie è direttamente proporzionale alla loro distanza.** Utilizzando le velocità di 42 galassie, misurate da Slipher, e le loro luminosità, derivate nel 1926 da Hubble, determina due valori: 575 e 670 $\text{km}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Mpc}^{-1}$ e assume un valore medio di **625** $\text{km}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Mpc}^{-1}$.

IL LAVORO DI HUBBLE



Valore originale
 $H_0 \sim 500 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$

H_0 ($\text{km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$)	
24 galassie	9 gruppi
465 ± 50	513 ± 60

Hubble 1929

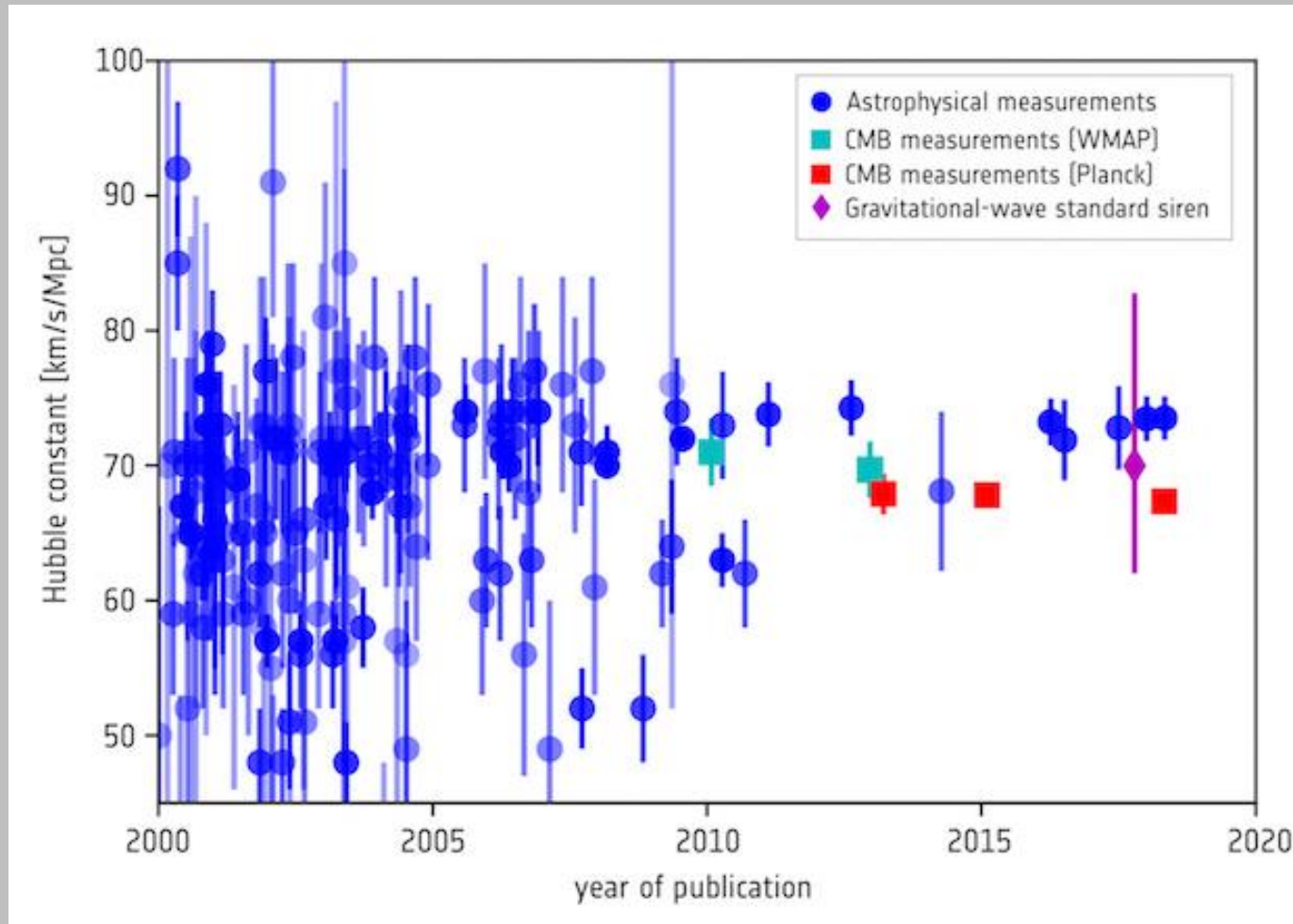
<https://www.pnas.org/content/15/3/168>

'A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae'

LA COSTANTE DI HUBBLE-LEMAÎTRE OGGI - 1

- Esiste un'incompatibilità tra le stime di H_0 ottenute con metodi astrofisici (relative all'universo più recente) rispetto a quelle derivate da parametri cosmologici (relative all'universo primordiale), ad esempio:
 - $H_0 = 74.03 \pm 1.42 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Mpc}^{-1}$ (Cefeidi Nubi di Magellano - HST).
 - $H_0 = 70.50 \pm 2.37 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Mpc}^{-1}$ (Supernovae Tipo Ia - HST).
 - $H_0 = 67.4 \pm 0.5 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Mpc}^{-1}$ (telescopio spaziale Planck - anisotropie del fondo cosmico a microonde).
- Esiste quindi una discrepanza tra le misure del tasso odierno di espansione dell'universo e il valore atteso sulla base dell'espansione dell'universo primordiale.
- La probabilità che questa discrepanza rientri negli errori di misura è minore di 10^{-5} .

LA COSTANTE DI HUBBLE-LEMAÎTRE OGGI - 2



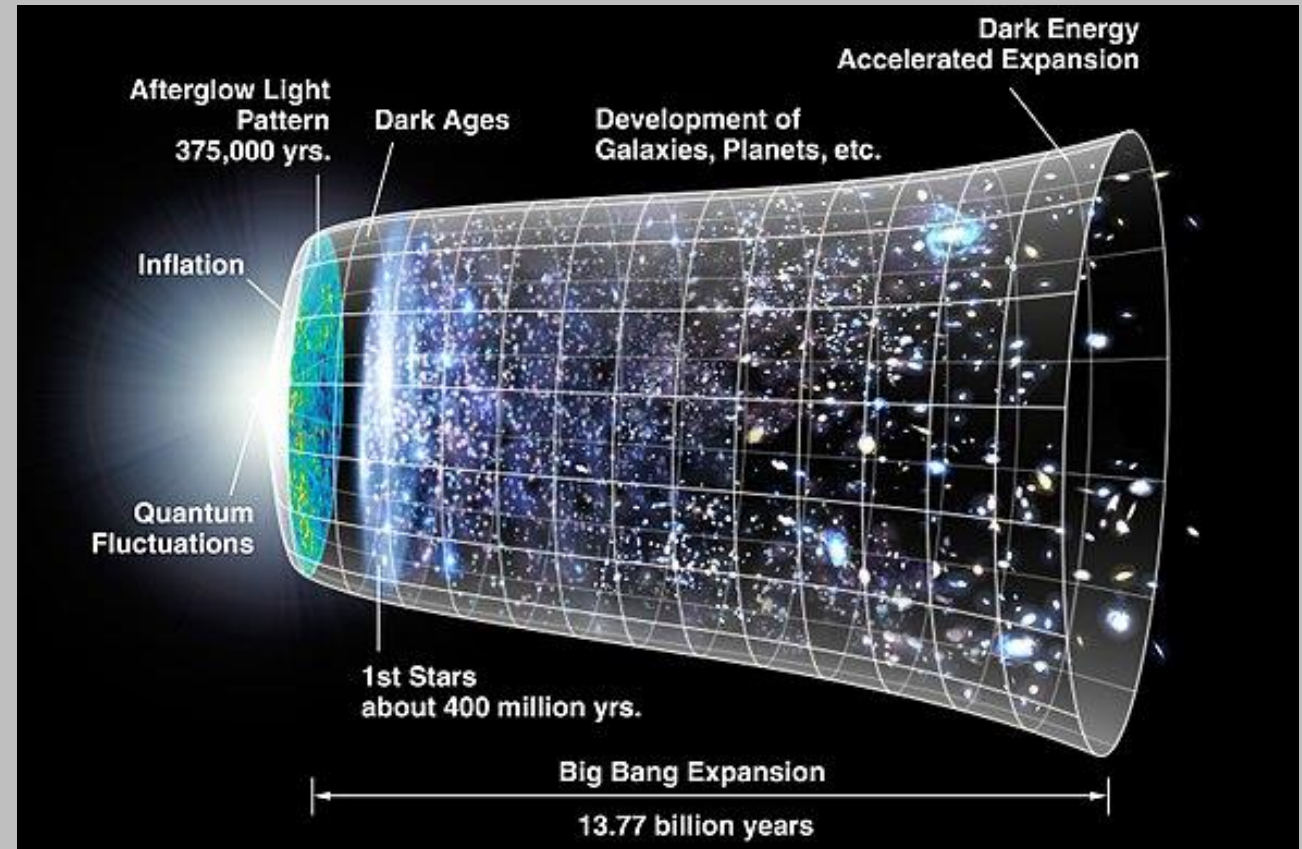
<https://sci.esa.int/web/planck/-/60504-measurements-of-the-hubble-constant>

L'ETÀ DELL'UNIVERSO

Età dell'Universo $\approx 1 / H_0$

(ordine di grandezza valido per tutti i modelli cosmologici che assumono un 'Big Bang')

Una valutazione più precisa richiede la conoscenza di altri parametri cosmologici, ad esempio il tipo di **espansione inflazionaria**.



CALCOLO DELLA COSTANTE HUBBLE-LEMAÎTRE

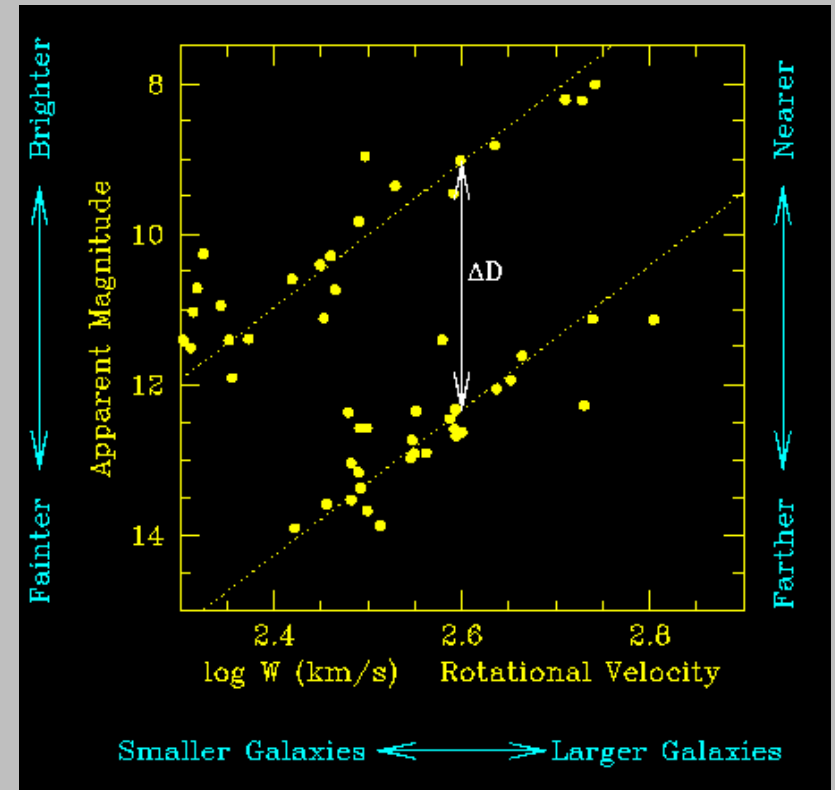
Per un gruppo di galassie (che non appartengono al Gruppo Locale), occorre misurare:

- la velocità radiale;
- la distanza.

La **velocità radiale** si misura tramite lo spostamento verso il rosso (**redshift**), dovuto ad **effetto Doppler** delle righe spettrali, osservabili sul continuo della galassia.

La **distanza** si può misurare con vari metodi: Cefeidi, Supernovae, Tully-Fisher. Tutti si basano sulla capacità di determinare la magnitudine assoluta.

$$M = m + 5 - 5 \cdot \log_{10} (d)$$



Metodo di Tully-Fisher

DUE ESEMPI DI COME RICAVARE VELOCITÀ RADIALE E DISTANZA

1. Misura delle velocità per effetto Doppler su spettri di galassie

- Misura diretta delle lunghezze d'onda osservate su spettri di galassie e calcolo delle velocità radiali per effetto Doppler
- Ricerca dei valori delle distanze tramite database presenti su SIMBAD

2. Ricerca delle velocità radiali e distanze su database esterni a SIMBAD

- Con estensione della ricerca a distanze maggiori (sino a circa 400 Mpc)

ESEMPIO 1 - EFFETTO DOPPLER

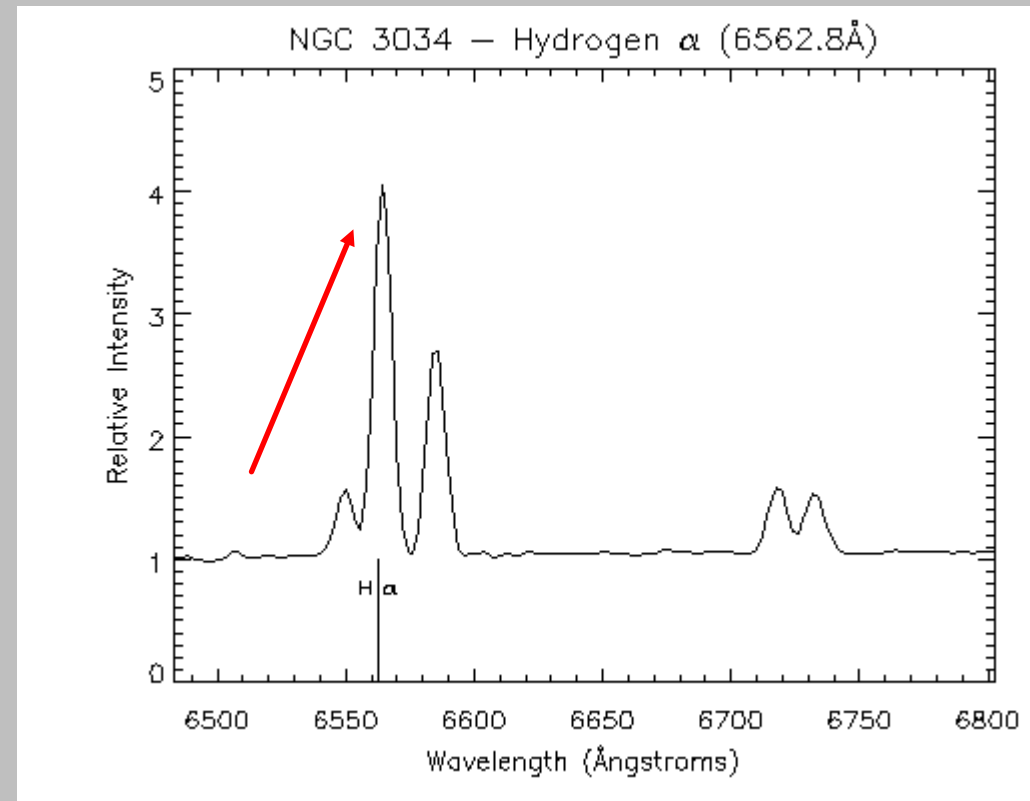
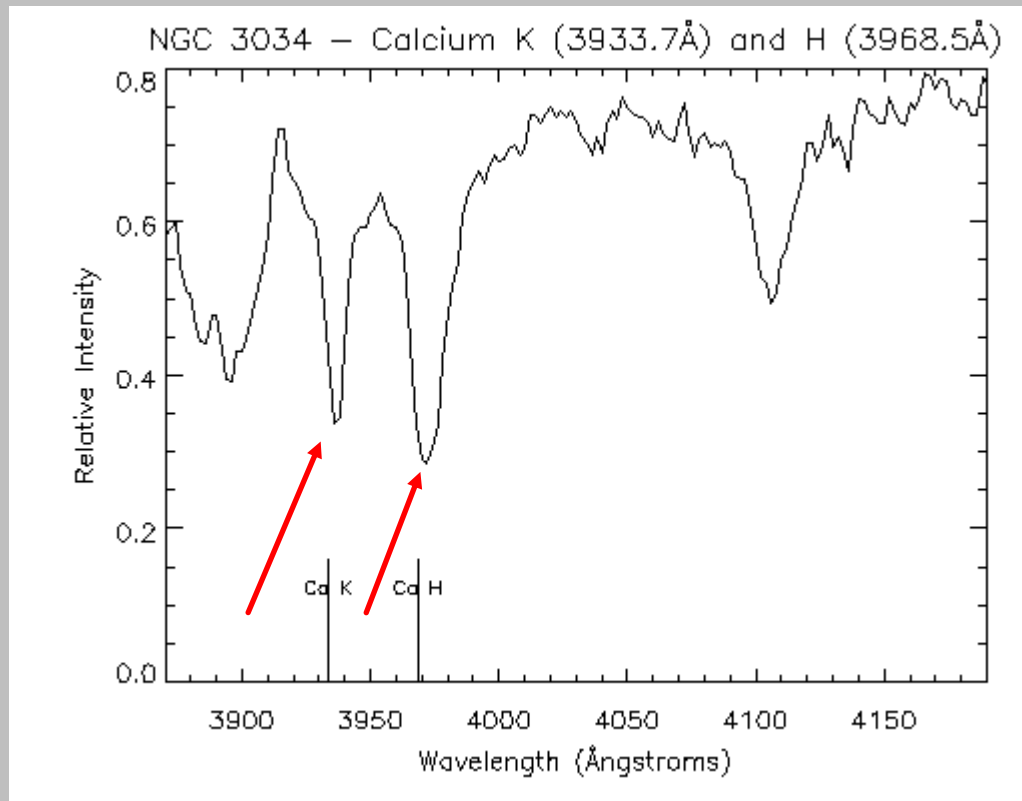
- λ = la lunghezza d'onda, osservata, di una riga spettrale della galassia in movimento con velocità v .
- λ_0 = la lunghezza d'onda della stessa riga spettrale se la velocità relativa fosse nulla (lunghezza d'onda emessa a riposo, misurata in laboratorio).
- c = velocità della luce nel vuoto = $2.99792458 \cdot 10^5 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$

$$z \text{ (redshift)} \equiv \frac{\lambda_{\text{osservata}} - \lambda_{\text{emessa}}}{\lambda_{\text{emessa}}} = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{v}{c} \quad \text{Equazione non relativistica}$$



Occorre avere a disposizione degli spettri di galassie su cui misurare la lunghezza d'onda di righe spettrali note.

ESEMPIO 1 - MISURA DI RIGHE SPETTRALI E VELOCITÀ DELLA GALASSIA

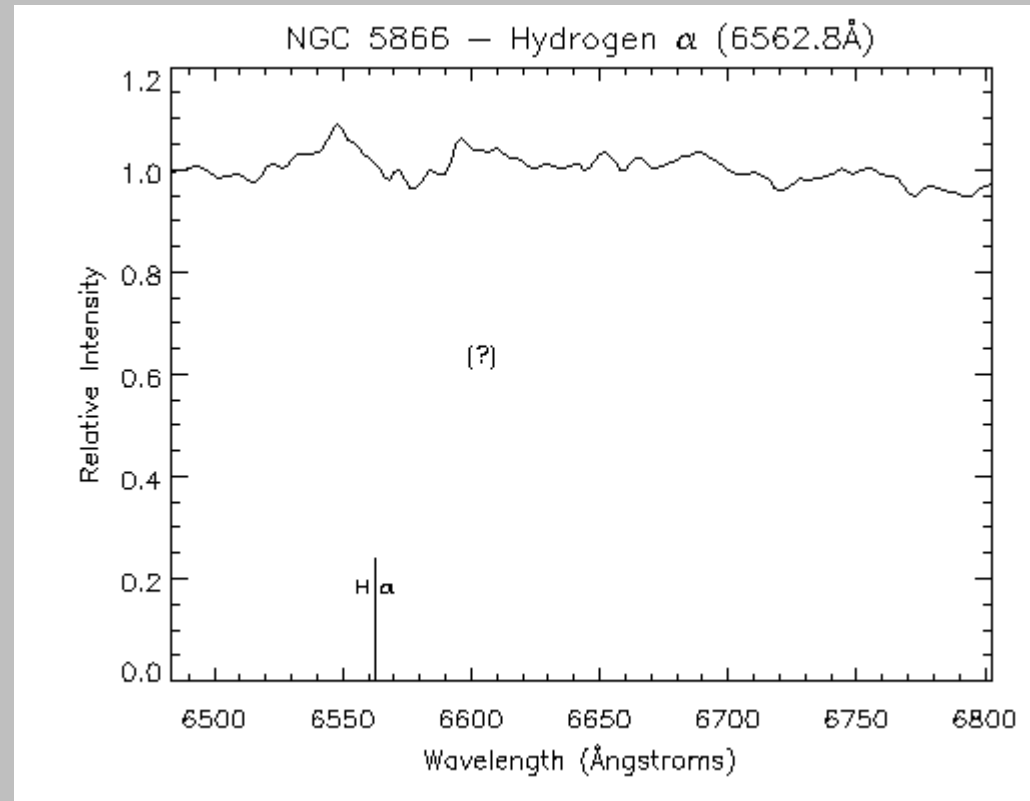
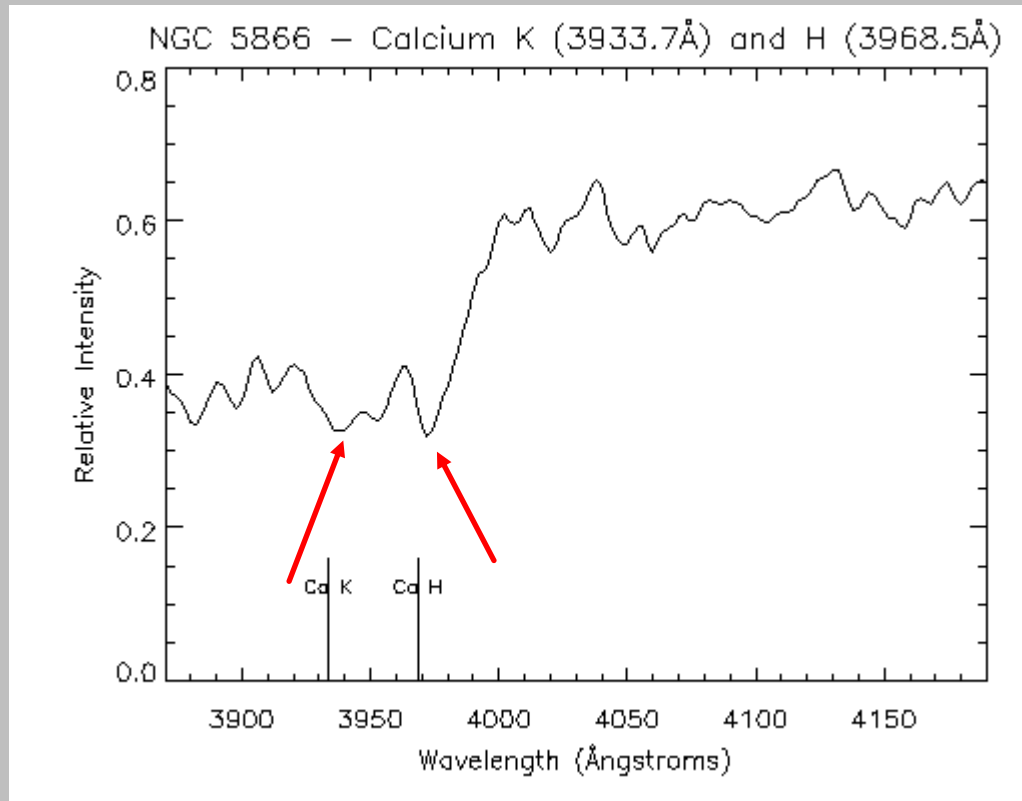


$$v = c \cdot \frac{\lambda_{osservata} - \lambda_{emessa}}{\lambda_{emessa}}$$



Spettri galassie

ESEMPIO 1 - UN ESEMPIO DI MISURA DIFFICILE



ESEMPIO 1 - LA VELOCITÀ RADIALE FINALE COME MEDIA PESATA

Galassia	Misure						Media_pesata_vel e_Media_velocità	
	Ca II (K)	err_Ca II (K)	Ca II (H)	err_Ca II (H)	H_alfa	err_H_alfa	x*	σ*
NGC 1357	3962	3	3998	3	6607	3	2092	104
NGC 1832	3960	5	3995	5	6605	3	1943	122
NGC 2276	---	---	---	---	6615	3	2385	137
NGC 2775	3955	3	3988	3	6592	5	1477	132
NGC 2903	3937	5	3972	5	6572	3	387	122
NGC 3034	3936	3	3972	3	6567	3	204	104
NGC 3147	3968	3	4005	10	6620	3	2617	116
NGC 3227	3950	10	3985	3	6590	3	1244	116
NGC 3245	3949	5	3985	3	---	---	1225	195
NGC 3368	3945	5	3978	3	6582	5	806	148
NGC 3471	---	---	---	---	6610	5	2156	228
NGC 3516	---	---	---	---	6615	5	2385	228
NGC 3623	3940	5	3975	3	---	---	488	195
NGC 3627	3942	3	3977	3	6578	3	670	104
NGC 3941	3945	3	3981	3	---	---	903	161
NGC 4472	3950	10	---	---	---	---	1242	762
NGC 4631	---	---	---	---	6578	3	694	137
NGC 4775	---	---	---	---	6595	3	1471	137
NGC 5248	3947	3	3980	3	6585	3	983	104
NGC 5866	3945	10	3972	3	---	---	313	217
NGC 6181	---	---	---	---	6610	3	2156	137
NGC 6217	---	---	---	---	6590	3	1243	137
NGC 6643	---	---	---	---	6592	3	1334	137
NGC 6764	---	---	---	---	6611	5	2202	228

- Lunghezze d'onda in Angstrom
- Velocità in km·s⁻¹
- Velocità calcolata come Media pesata delle misure $x_i \pm \sigma_i$:

$$\bar{x}^* = \frac{\sum_1^N w_i x_i}{\sum_1^N w_i}$$

$$w_i = \frac{1}{\sigma_i^2}$$

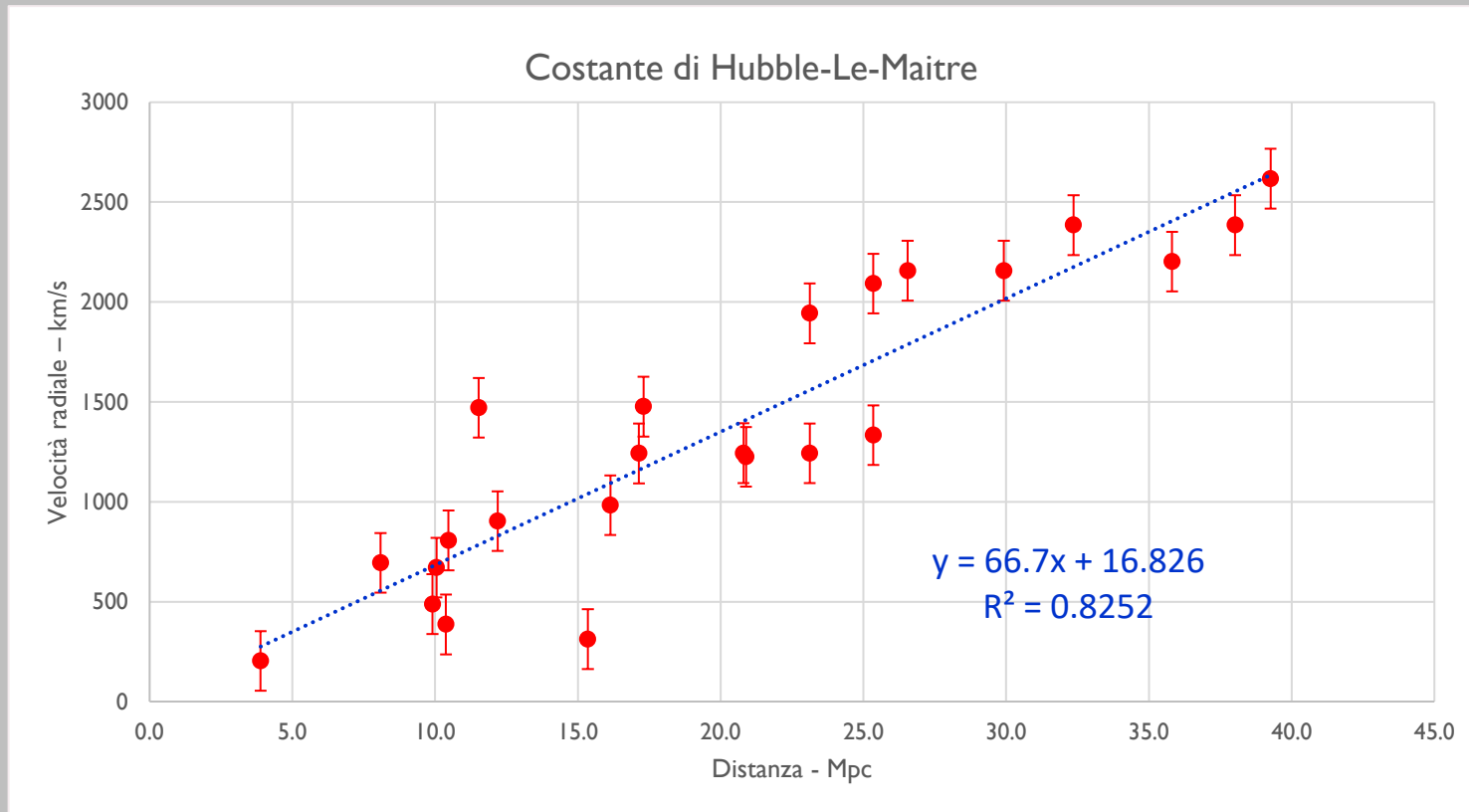
$$\sigma^* = \sqrt{\frac{1}{\sum_1^N \frac{1}{\sigma_i^2}}}$$

DISTANZA DELLA GALASSIA

- Si utilizzano database presenti in SIMBAD tramite la funzione VizieR - <https://vizier.inasan.ru/viz-bin/VizieR>:
 - <https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR?-source=J/ApJ/702/955>
- Selezionare i parametri: 'Name' e 'Distance'
- List of targets: caricare un file di testo con i nomi delle galassie

Galassia	Distanza (Mpc)
NGC 1357	25.4
NGC 1832	23.1
NGC 2276	32.4
NGC 2775	17.3
NGC 2903	10.4
NGC 3034	3.9
NGC 3147	39.3
NGC 3227	20.8
NGC 3245	20.9
NGC 3368	10.5
NGC 3471	26.6
NGC 3516	38.0
NGC 3623	9.9
NGC 3627	10.1
NGC 3941	12.2
NGC 4472	17.1
NGC 4631	8.1
NGC 4775	11.5
NGC 5248	16.1
NGC 5866	15.4
NGC 6181	29.9
NGC 6217	23.1
NGC 6643	25.4
NGC 6764	35.8

ESEMPIO 1 - CALCOLO DELLA COSTANTE H_0



- H_0 = coefficiente angolare della retta di regressione lineare.
- Assumiamo di avere come errore per H_0 un limite superiore ai valori riportati in precedenza = $3 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$.

$$H_0 = 66.7 \pm 3 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$$

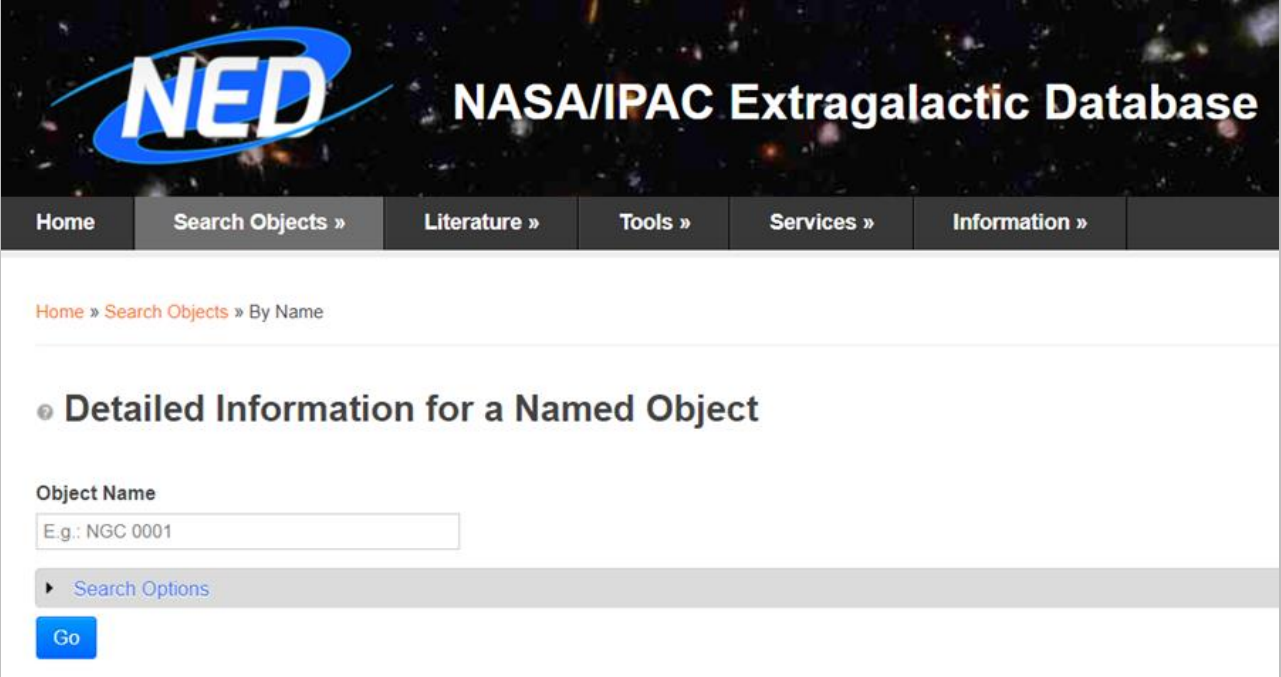
$$\text{Età dell'universo} = 14.7 \pm 0.7 \cdot 10^9 \text{ anni}$$

ESEMPIO 2 - NASA/IPAC EXTRAGALACTIC DATABASE

<http://ned.ipac.caltech.edu/>

User Interface

- A new [References by Author Name](#) form under **Literature** on the top menu bar enables author name searches in ADS constrained to articles containing objects in NED.
- [By Name](#) object search results now include a tab for each data type, even when some are empty, so tab locations no longer change for different objects.
- Under the **Overview** tab in [By Name](#) search results, a "View in IRSA Finderchart" link is provided to explore available images for the given object using the IRSA Finderchart service.
- SED plots in the **Photometry & SED** tab are improved by adding upward pointing arrows to represent lower limit values. An example is shown on the right.



The screenshot displays the NASA/IPAC Extragalactic Database (NED) website. At the top, there is a navigation bar with the NED logo and the text "NASA/IPAC Extragalactic Database". Below the navigation bar, there is a breadcrumb trail: "Home » Search Objects » By Name". The main content area features a heading "Detailed Information for a Named Object". Underneath, there is a form with the label "Object Name" and a text input field containing "E.g.: NGC 0001". Below the input field, there is a "Search Options" section with a dropdown arrow and a "Go" button.

ESEMPIO 2 - NASA/IPAC EXTRAGALACTIC DATABASE - DATI DI VELOCITÀ RADIALE

Selected data and derived quantities for MESSIER 100+. More information in the tabs above.					
Cross-identifications					Essential note
MESSIER 100; NGC 4321; UGC 07450; KUG 1220+160; VCC 0596					
Coordinates for Preferred Position					
Equatorial (J2000)					Galactic
RA, Dec	RA, Dec [Deg]	Unc Semi-major,minor ["]	Unc PA [deg]	Reference	Lon, Lat [deg]
12h22m54.831s, +15d49m18.54s	185.728463, 15.821818	4.70E-01, 4.70E-01	0	2010ApJS..189...37E	271.136430, 76.898288
Preferred Redshift & Derived Quantities ($H_0 = 67.8$ km/sec/Mpc, $\Omega_{\text{matter}} = 0.308$, $\Omega_{\text{vacuum}} = 0.692$)					Redshift-independent Distances
z (Helio)	V (Helio) [km/s]	Reference	V (CMB) [km/s]	Hubble Distance (CMB) [Mpc]	# Measurements
0.00524 +/- 0.00000	1570.912700 +/- 0.899378	1995AJ....109.2444R	1896 +/- 23	27.97 +/- 1.99	70
Classifications					
Object Type	Morphology	Reference	Activity Type	Reference	Other
G	SAB(s)bc	1991RC3.9.C...0000d			SAB(s)bc;LINER HII
Quick-look Angular & Physical Diameters				Foreground Galactic Extinction (2011ApJ...737..103S)	
Passband	Diameter ["]	Reference	Diameter [kpc]	A_{λ} [mag] V	A_{λ} [mag] K
POSS1 103a-O	528.00	1964MCG2..C...0000V	41.53	0.072	0.008
Quick-look Photometry & Luminosities (brightest flux in each spectral region)					
Spectral region	Band	Apparent mag or flux	Reference	Absolute Mag or vL_{ν} [W]	vL_{ν} [L_{\odot} (bol)]
X-Ray	0.2-4 keV (EINSTEIN)	8.43E-13 ergs sec ⁻¹ cm ⁻²	1992ApJS...80..531F	2.66E+33 [W]	6.92E+06
UV	UV_3150 (m_T)	8.57 +/- 0.50 mag	1995A&AS..114..527R	-22.44 +/- 0.51 [mag]	3.50E+10 +/- 2.05E+10
Visible	I	8.17 mag	2007ApJS..172..599S	-2.28E+01 [mag]	4.28E+10
Near-IR	H_tot (2MASS LGA)	6.817 +/- 0.035 mag	2003AJ....125..525J	-24.19 +/- 0.12 [mag]	2.86E+10 +/- 1.62E+09
Far-IR	160 microns (MIPS)	143 Jy	2009ApJ...694.1435M	8.65E+36 [W]	2.25E+10
Radio	57.5 MHz	2.3 +/- 0.6 Jy	1990ApJ...352...30I	4.16E+30 +/- 1.10E+30 [W]	1.08E+04 +/- 2.87E+03

ESEMPIO 2 - NASA/IPAC EXTRAGALACTIC DATABASE - DATI DI DISTANZA

- Per ogni galassia, cerchiamo i valori di distanza calcolati da studi diversi.
- Mediamo i valori riportati.
- Deriviamo le distanze, utilizzando i dati del NASA/IPAC Extragalactic Database, come valori medi delle misure riportate nel catalogo NED 1D:

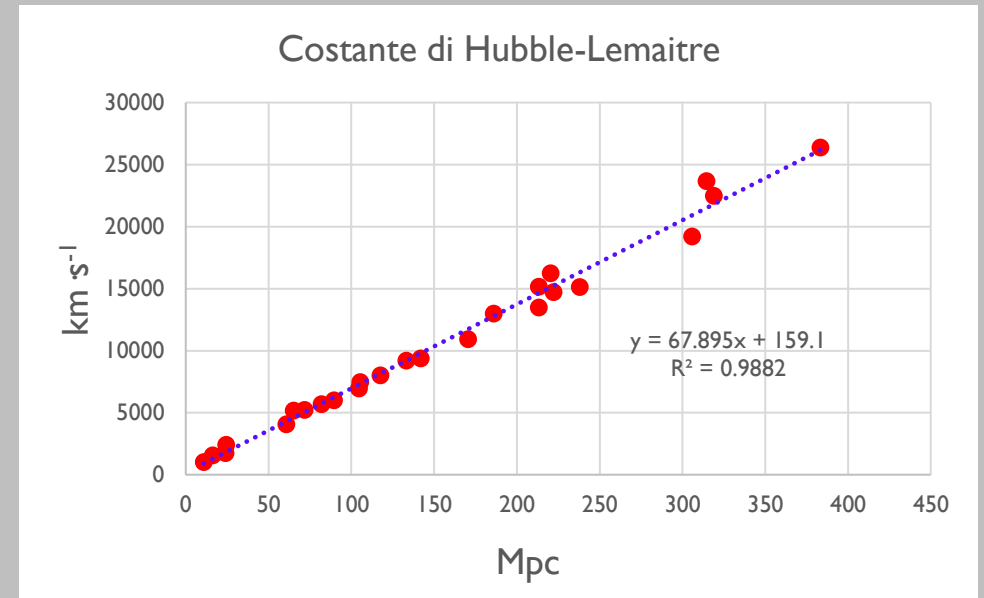
<https://ned.ipac.caltech.edu/level5/NED1D/intro.html>

<https://ned.ipac.caltech.edu/level5/NED1D/ned1d.html>

M100, NGC 4321	30.76	0.07	14.2	Cepheids	2003A&A...411...361K	cte LMC K03
M100, NGC 4321	30.77	0.07	14.3	Cepheids	2003A&A...411...361K	cte U99
M100, NGC 4321	30.78	0.07	14.3	Cepheids	2001ApJ...553...47F	KP, 42, VI
M100, NGC 4321	30.8	0.07	14.4	Cepheids	2003A&A...411...361K	cte LMC STS02
M100, NGC 4321	30.8	0.06	14.5	Cepheids	2001ApJ...548...564W	LMC W01
M100, NGC 4321	30.82	0.09	14.6	Cepheids	1997ApJ...491...13K	51, VI
M100, NGC 4321	30.87	0.07	14.9	Cepheids	2003A&A...411...361K	cte MW FSG03
M100, NGC 4321	30.9	0.07	15.1	Cepheids	2003A&A...411...361K	cte MF91
M100, NGC 4321	30.91	0.07	15.2	Cepheids	2001ApJ...553...47F	KP +Z, 42, VI
M100, NGC 4321	30.93	0.07	15.3	Cepheids	2003A&A...411...361K	cte MW GFG98
M100, NGC 4321	30.96	0.07	15.6	Cepheids	2000ApJ...530L...5G	35, VI (WF)
M100, NGC 4321	30.98	0.08	15.7	Cepheids	2002A&A...389...19P	MW HIPP
M100, NGC 4321	31.01	0.07	15.9	Cepheids	2003A&A...411...361K	cte MW STS03
M100, NGC 4321	31.03	0.06	16.1	Cepheids	1997ApJ...486...60D	VK(BW)
M100, NGC 4321	31.03	0.06	16.1	Cepheids	1997ApJ...486...60D	VI(BW)
M100, NGC 4321	31.04	0.09	16.1	Cepheids	1996ApJ...464...568F	42, VI
M100, NGC 4321	31.1	0.15	16.6	Cepheids	1997ApJ...491...13K	51, VI +Z
M100, NGC 4321	31.15	0.18	17	Cepheids	2000ApJ...530L...5G	6, VI (PC)
M100, NGC 4321	31.18	0.05	17.2	Cepheids	2006ApJS...165...108S	
M100, NGC 4321	31.19	0.1	17.3	Cepheids	2000ApJ...529...768K	KP+Z
M100, NGC 4321	31.22	0.24	17.5	Cepheids	2002A&A...389...19P	MW P02
M100, NGC 4321	31.35	0.06	18.6	Cepheids	2002A&A...389...19P	MW GFG
M100, NGC 4321	31.44	0.03	19.4	Cepheids	1997hipp.conf..629P	BVRI
M100, NGC 4321	31.49	0.4	19.9	Cepheids	2000ASPC..203..229M	KP+
M100, NGC 4321	31.6	0.03	20.9	Cepheids	1997hipp.conf..629P	BVRI+
M100, NGC 4321	30.78	...	14.3	Tully-Fisher	LEDA [April 2006]	
M100, NGC 4321	30.91	...	15.2	Tully-Fisher	2003astro.ph.10284R	B
M100, NGC 4321	30.94	...	15.4	Tully-Fisher	2003astro.ph.10284R	I
M100, NGC 4321	31.43	...	19.3	HII	2005JKAS...38...71	
M100, NGC 4321	30.88	...	15	SNII opt	1996ApJ...466...911E	SN 1979C
M100, NGC 4321	31.09	...	16.5	SNII opt	2003ApJ...591...301B	SN 1979C
M100, NGC 4321	31.48	...	19.8	SNII opt	2003ApJ...591...301B	SN 1979C
M100, NGC 4321	31.52	...	20.1	SNII rad	1998ApJ...500...51W	SN 1979C
M100, NGC 4321	31	0.3	15.8	Novae	1996ApJ...468L...95F	novae, VI

ESEMPIO 2 - CALCOLO DELLA COSTANTE H_0

	Galassia	Velocità radiale eliocentrica (km/s)	Velocità radiale eliocentrica errore (km/s)	Media dei valori di Distanza (Mpc)	Deviazione standard media dei valori di distanza (Mpc)
1	[HM93] 132819-3257.6	15143	69	238	30
2	[HM93a] 100125-3513.1	14718	45	222	32
3	[M92n] 033422.3-183104	23684	600	315	33
4	[MH93] 014355.4-562057	26382	600	383	54
5	[TB93] 2131.14-6257.7	15162	45	213	23
6	[WM92] 212426.8-614612	22484	600	319	22
7	ESO 291- G 011	12981	55	186	21
8	ESO 300- G 009	5996	600	90	10
9	ESO 352- G 057	5691	45	82	10
10	ESO 508- G 067	7464	45	105	6
11	FCCB 0602	19202	45	306	39
12	LSBG F119-024	13491	600	213	28
13	MCG +03-44-003	9193	29	133	16
14	MCG +11-19-025	10920	20	171	17
15	NGC 0382	5229	20	72	10
16	NGC 0524	2403	5	24	2
17	NGC 0673	5182	5	65	8
18	NGC 0720	1745	7	24	3
19	NGC 2258	4059	36	61	9
20	NGC 4493	6943	28	105	10
21	NGC 6038	9392	23	142	14
22	NGC 4321	1571	1	16	2
23	NGC 4594	1024	5	11	4
24	UGC 01993	8018	11	118	11
25	UGC 11149	16256	13	220	19



$$H_0 = 67.9 \pm 3 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$$

$$\text{Età dell'universo} = 14.4 \pm 0.6 \cdot 10^9 \text{ anni}$$



GRAZIE PER L'ATTENZIONE