Verso una nuova didattica

Maria Margherita Carcò[1]

[1]*AIF, Coordinatrice gruppo storia (GSdF)*

Abstract

I present here 2 didactical proposals, that, in my experience, have been very much appreciated by the students. **First.** Through an historical path, we propose again the diagram where Hubble, in 1929, displayed the results from the observations of a sample of 24 "extragalactic nebulae", that were until 2 Megaparsec (1pc=3.26 ly) far away from Earth. Results established a linear relation between galaxies velocities and distances, relation that was later confirmed in 1931, including objects that were until over 30 Mpc far away. From the line slope, we get the H_0 value, that will acquire the meaning of a measure of the expansion rate of the Universe. The ralation can nowadays be extended to farther objects, choosing conveniently a galaxies sample from professional cathalogues, available on line, getting satisfactory values for H_0. This didactical proposal requires from the students the knoledge of direct proportionality and eventually a statistical data elaboration. **Second.** The educational project "il Cielo come Laboratorio", a good model, from which to draw inspiration. The project is a formative path, deeply interdisciplinary, that trains students to the experimental and inductive-deductive method to understand the physical world. The goal is to offer theoretical and practical instruments to understand what is research in general and specifically in the astrophysical field, using an accessible but rigorous language. Through the direct contact with the research world, the project allows students to have advanced physics experiences, using professional intruments (http://www.ilcielocomelaboratorio.it/). The project consists of a cycle of lectures, a selection test, a regional ranking from which the students are selected to partecipate to a 3 days stage at the Asiago Observatory.

1 Legge di Hubble - Lemaître e costante di espansione dell'Universo.

Introduzione storica

Nel 1929 E. Hubble (1889-1953) pubblicava i risultati delle osservazioni di un campione di 24 "nebulose extragalattiche" distanti fino a 2 Megaparsec dalla Terra, *red-shifted* rispetto a quelli presi per galassie vicine. I risultati stabilivano una tendenza: una relazione lineare tra le velocità di recessione e le distanze delle galassie

$$v = H_0 D \qquad (1)$$

Nelle parole di Hubble: "*The results establish a roughly linear relation between velocities and distances among nebulae for which velocities have been previously published, and the relation appears to dominate the distribution of velocities*" [1] (I risultati stabiliscono un'approssimativa relazione lineare tra le velocità e le distanze delle nebulose per le quali le velocità sono già state precedentemente pubblicate; e la relazione appare dominare la distribuzione delle velocità). Successivamente nel 1931, grazie ai nuovi dati spettroscopici ricavati da M.L. Humason, Hubble poté estendere i suoi studi a nuove galassie, includendo oggetti fino ad una distanza di oltre 30

Megaparsec, cioè intorno a 15 volte più lontani di quelli riportati nell'articolo del 1929. La relazione era confermata [2].

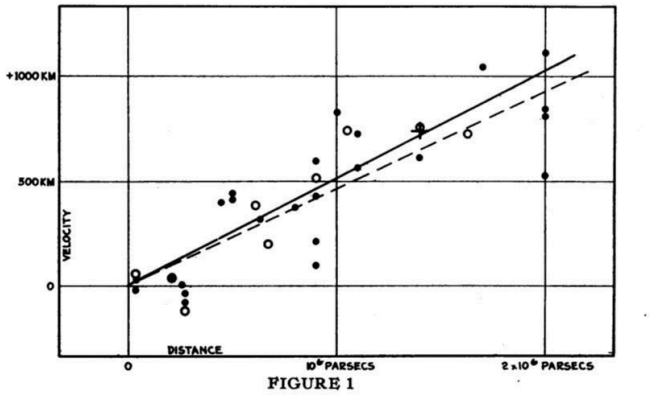

FIGURE 1

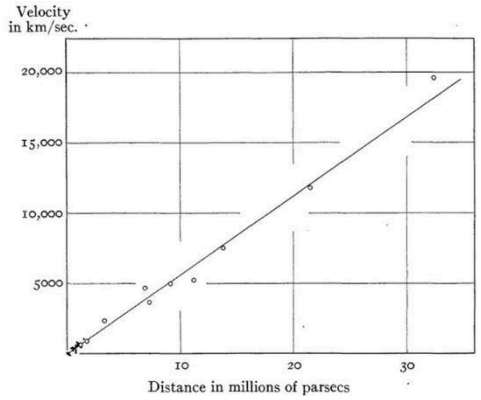

Figura 1 Figura 2

Figura 1 La prima presentazione della legge di Hubble (1929), verificata fino a circa 2 milioni di parsec. I 4 punti estremi a destra corrispondono a galassie dell'ammasso della Vergine. I punti pieni e la linea continua rappresentano le singole "nebulose"; i cerchietti e la tratteggiata, la soluzione ottenuta combinando le "nebulose" in gruppi. La crocetta seminascosta rappresenta la velocità media di 22 "nebulose" la cui distanza non era stato possibile valutare individualmente [1].

Figura 2 Relazione velocità-distanza, tratta dall'articolo del 1931. I cerchietti rappresentano i valori medi per i *cluster* di "nebulose". I punti neri vicino all'origine rappresentano "nebulose" individuali che, assieme ai gruppi indicati dai 2 cerchietti più bassi, erano state usate nella prima formulazione della relazione velocità-distanza [2].

Nel 1927 l'abate e cosmologo belga George Lemaître (1894-1966) aveva già ricavato teoricamente una relazione di proporzionalità diretta tra v e D, elaborando una soluzione dall'equazione di relatività generale di Einstein, per un Universo isotropo, omogeneo ed in espansione. Attribuirà alla costante il significato di misura del tasso di espansione dell'Universo. Pubblicò l'articolo solo in francese a Bruxelles [3] "*Un Univers Homogène de masse costante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques*" (Un Universo omogeneo di massa costante e raggio crescente rendono conto della velocità radiale delle nebulose extra-galattiche).

Fece una stima con un campione di 45 “nebulose” e, considerando i valori medi delle velocità e distanze, trovò per la costante un valore compreso tra 575 e 625 (Km s^{-1} Mpc^{-1}).

Emergeva una nuova cosmologia: **l’Universo evolveva! Era dinamico!**

Questa relazione oggi si può estendere a oggetti più lontani, utilizzando opportune candele standard come le cefeidi, stelle a luminosità variabile che godono di una particolare relazione di diretta proporzionalità tra periodo di pulsazione e luminosità (relazione scoperta da Henrietta Leavitt nel 1912), o SNIa, una classe di oggetti ben riconoscibili dai dati sperimentali, che, esplodendo in tutti i tipi di galassie, raggiungono picchi di luminosità proporzionali a quello di tutta la galassia che la ospita. Anche per questa classe di oggetti si rileva sperimentalmente una curva di luce omogenea e con un picco di luminosità pressoché costante.

Dunque, scegliendo opportunamente un campione di galassie da cataloghi professionali, che sono sul web, si ricavano per H_0 valori soddisfacenti, vicini a quelli in letteratura, ricavati con lo stesso metodo, con dati presi da Terra o presi da satelliti posti in orbita. Ad oggi i valori stimati per H_0 più accreditati sono:

$$H_0 = (67.66 \pm 0.42) Km\, s^{-1} Mpc^{-1} \qquad \text{(Planck)} \qquad (2)$$

$$H_0 = (73.2 \pm 1.3) Km\, s^{-1} Mpc^{-1} \qquad \text{(HST e GAIA)}$$

e si considera un buon valore di riferimento 72 Km s^{-1} Mpc^{-1}.

Esercitazione: calcolo di H_0

La proposta didattica necessita da parte degli alunni la conoscenza della diretta proporzionalità ed eventualmente un’elaborazione statistica dei dati.

Si utilizzerà NED (*Nasa/IPAC Extragalactic Database*): https://ned.ipac.caltech.edu ; da qui si estrarranno e si ricaveranno distanze, *redshift* (z<1) e le velocità di recessione delle galassie G (regolari). Si costruiscono così tabelle dati e si riportano in figura due esempi (figura 3 e figura 4)

ESEMPIO

solo cefeidi

n.NED	Catalogazione galassia		R-shift (z)	D (Mpc)	V(km/s) = (cz) c= 299790
66	NGC 925		0,001845	8.910	553.11
67	NGC 1309		0.007125	31,200	2136,0
201	NGC 2841		0,002128	14,600 (?)	637,95
204	NGC 3021		0,005140	27,600	1540.9
207	NGC 3109	SB	0,001344	1.240	402.92
209	NGC 3198	SB	0.002202	13,400	660.14
210	NGC	SB	0,002465	13.00	738,987
211	MESSIER 095	SAB	0,002595	10,500	777.96
212	MESSIER 096	SA	0,002992	9,700	896,97

Costruisco così una tabella dati

C= 299793 Km/s

213	NGC 3370	SA	0.004266	26,200	2278,9
214	NGC 3621		0,002435	6,73	729,99
215	MESSIER 066	SAb	0,002425	6,73	726.99
216	NGC 3982	SA	0,003699	11,00	1108.9
217	Ngc 4038	SB	0,005477	20,600	1641,9
219	Messier100	SA	0,005240	18,600	1570.9
222	NGC 4496A	SB	0,005771	17,200	1730,1
223	NGC4527	SA	0,005791	14,200	1736.1
224	NGC 4335		0,006551	16,100	1863.9
225	NGC4536		0,006031	14,700	1808.0
227	NGC4603		0,008647	37,300	2592.3

Figura 3 Esempio di tabella dati, solo cefeidi

ESEMPIO
CON 17 SNIa

n.NED	Catalogazione galassia		R-shift (z)	D (Mpc)	V (km/s) = (cz)
20	UGC00052		0,017535	70,050	5256,8
116	UGC00272		0,012982	61,615	3891,9
1653	NGC3147		0,009346	39,6	2801,8
1964	UGC08255		0,011224	46,820	3364,8
1417	NGC2441		0,011562	54,012	3466,2
2046	NGC5440		0,012305	58,33	3688,9
2302	NGC6411		0,012695	49,473	3805,8
3059	NGC7619		0,012549	53,755	3762,1
1926	NGC4708		0,013896	62,780	4165,9
3003	NGC7495		0.016280	57,260	4880,6
3066	NGC12538		0,016358	60,9	4904,0
1679	NGC3332		0,019458	80,805	5833,3
1390	NGC2320		0,019827	85,293	5944,0
4473	NGC2623		0,018509	81,733	5539,2
2573	NGC7173		0,018072	75,708	5417,8
1372	UGC03432		0,016665	68,965	4999,0
17,42	NGC3633		0,016725	71,810	5014,0

Figura 4 Esempio di tabella dati con 17 SNIa

Infine, si possono riportare i dati in un grafico e stimare le costanti della retta di *best fit*. Grafico e calcoli possono essere fatti a mano e con calcolatrice, oppure si può usare *Excel*, oppure si può scrivere un piccolo programma in un linguaggio a scelta. In figura 5 si riportano in esempio due grafici ottenuti con *Excel*.

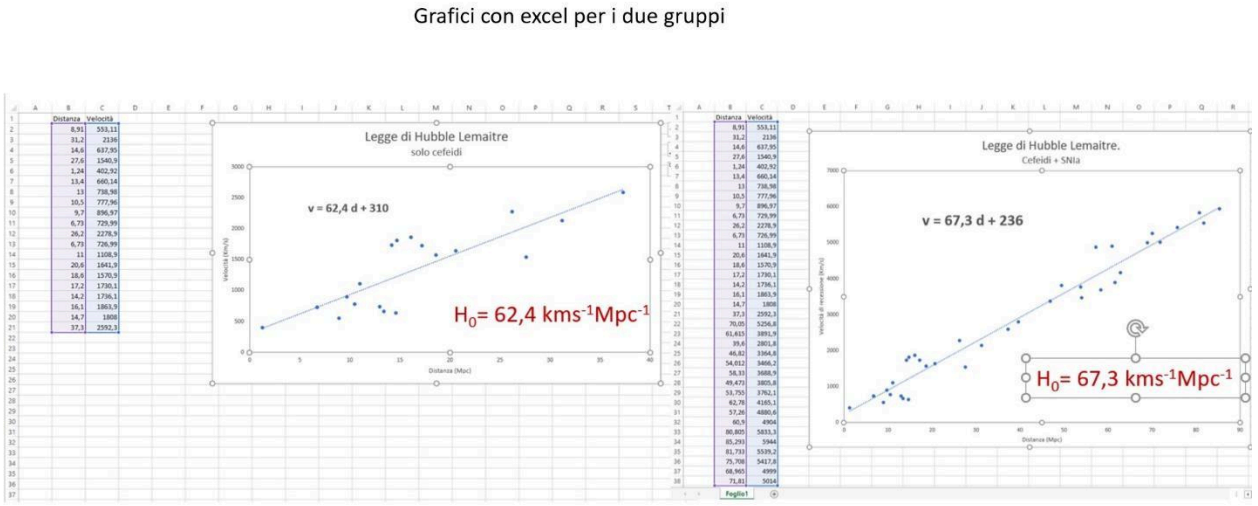

Figura 5 esempi di rette di *best fit* con E*xcel*

Età dell'Universo

Dall'inverso di H_0 si può ricavare una stima dell'età dell'Universo:

$$\left[H_0\right] = \left[\frac{V}{L}\right] = \left[\frac{L}{TL}\right] = \left[\frac{1}{T}\right] \qquad (3)$$

Dalle stime per H_0 ricavate negli esempi si ottengono i valori accettabili:

$$T_{62.4} = 15.7\ 10^{9} anni \qquad (4)$$

$$T_{67.3} = 14.6\ 10^{9} anni$$

(Valore di riferimento attuale per l'Età dell'Universo: T=13.7 10^9 anni).

2 Didattica laboratoriale. Un esempio didattico di orientamento formativo.

Un secondo progetto, che ho il piacere di portare avanti tuttora con il liceo scientifico di Belluno dal 2001 e che coinvolge molto alunni e docenti, è il progetto educativo Il Cielo come Laboratorio (CcL).

La scuola, per far fronte ai rapidi ed imprevedibili cambiamenti della società nella cultura, nella scienza e nella tecnologia, deve far in modo che le giovani generazioni sviluppino competenze. Si parla di una dimensione della persona che, di fronte a situazioni e problemi, mette in gioco ciò che sa e ciò che sa fare, quello che lo appassiona e che vuole realizzare. I ragazzi oggi sembrano abitare un mondo diverso da quello strutturato a scuola. Fra loro la comunicazione avviene preferibilmente, e sempre più, attraverso mezzi come internet e cellulari e spesso con linguaggi quasi criptici o essenziali.

Quindi il problema numero uno della scuola, il primo problema "vero", **è il cambiamento!**

Un nuovo stile di insegnamento

La didattica trasmissiva ed esercitativa consistente in un processo di insegnamento e apprendimento tradizionale, fatto di spiegazione, esercitazione, studio individuale, ripetizione dei contenuti, **non basta**.

La scuola deve saper attivare strategie di insegnamento che incoraggino l'autonomia e la responsabilità: servono "ambienti di apprendimento" dove sviluppare una didattica laboratoriale e far crescere l'abitudine nei giovani a lavorare insieme; individuare e risolvere problemi, fare ricerca e indagine, riflettere sul proprio operato e valutare le proprie azioni.

Il Cielo come Laboratorio, nei suoi obiettivi, promuove questo tipo di didattica.

Struttura del progetto in sintesi

Il progetto prevede un ciclo di lezioni di astrofisica, che non possono essere inferiori a 5. Terminato il ciclo gli studenti partecipano ad un test di selezione proposto dal Prof. S. Ciroi, coordinatore del progetto. In seguito, viene stilata una graduatoria regionale, dalla quale vengono selezionati gli studenti con punteggio maggiore o uguale a 60, in numero massimo di 24. Gli studenti selezionati effettueranno in febbraio uno stage di 3 giorni presso l'Osservatorio Astrofisico di Asiago (figura 6)

Figura 6 *Control room* e telescopio di Asiago

Stage ad Asiago

Qui gli studenti, a gruppi, con l'aiuto di personale dell'Università e assistiti dai docenti accompagnatori, per lo più laureati astronomia, si dedicheranno a lavori di ricerca assegnati. Durante la notte, se le condizioni meteorologiche sono accettabili, gli studenti possono osservare direttamente, puntando il telescopio e acquisendo i dati necessari per il loro lavoro (figura 7).

In seguito, durante il giorno, elaboreranno i dati e prepareranno un lavoro di presentazione in *PowerPoint* a fine *stage* (figura 8).

Figura 7 Telescopio dell'Osservatorio di Asiago

Figura 8 Control room, studenti stage

Conclusioni e considerazioni finali

Con un'esperienza di questo tipo gli studenti si fanno un'idea adeguata del lavoro di un ricercatore e capiscono, di persona, il percorso che dovranno eventualmente affrontare, evitando il disorientamento che arriva dalla sovrabbondanza di offerte e dal bombardamento che ormai subiscono da parte di psicologi educatori, manager della comunicazione…

Ancora un punto di forza di un progetto di questo tipo, è che si stabilisce un contatto permanente con l'Università. L'Università diventa la sede adeguata per promuovere ed elaborare nuovi percorsi educativi in una progettazione integrata tra scuola e territorio. Questo contatto, volto ad istituire una sinergia ed un lavoro collaborativo, permette ai docenti di tenere vivi i propri campi di interesse e lavoro, e aggiornata la propria professionalità.

Infine, se il progetto è di grande fascino per gli studenti, è di grande interesse, sotto l'aspetto professionale, anche per i docenti coinvolti. Noi insegnanti ci siamo sempre sentiti parte viva ed interagente nel progetto. Insomma, una bella avventura per tutti, e non c'è niente di meglio per restare aggiornati e pieni di entusiasmo!

Ancora una considerazione: la scuola sta cercando di riformarsi: è una sfida da portare avanti che si scontra contro il conservatorismo dei vecchi schemi difficili da abbandonare… E chi ha provato a fare ricerca didattica nella scuola, sa le difficoltà cui si è trovato davanti!

Bibliografia:

[1] E. Hubble, PNAS, **15**, 168 (1929)

[2] E. Hubble, M.L. Humason, *The Astrophysical Journal*, **74**, 43 (1931)

[3] G. Lemaître, *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles*, **A47**, 49 (1927)

[4] Presentazione *PowerPoint* più dettagliata del primo progetto, a breve disponibile sul sito AIF, sezione GSdF.