

# Metodi di ricerca in didattica dell'astronomia

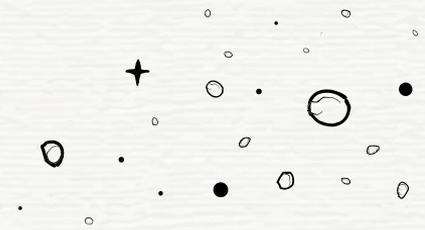
Italo Testa

Dipartimento di Fisica "E.Pancini"  
Università degli studi di Napoli Federico II

24 Ottobre 2023  
14 Novembre 2023



# Introduzione



JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING

VOL. 35, NO. 3, PP. 265–296 (1998)

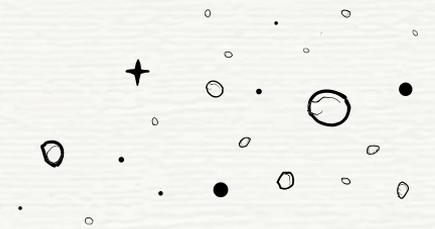
## **Psychometric Models of Student Conceptions in Science: Reconciling Qualitative Studies and Distractor-Driven Assessment Instruments**

Philip M. Sadler

*Harvard University Graduate School of Education and Harvard Smithsonian Center for Astrophysics, Longfellow 315, Cambridge, Massachusetts 02138*

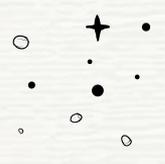


# Introduzione

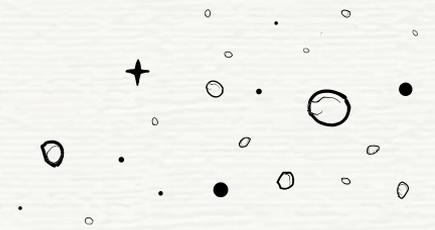


## Psychometric Models of Student Conceptions in Science: Reconciling Qualitative Studies and Distractor-Driven Assessment Instruments

We stand poised to marry the fruits of qualitative research on children's conceptions with the machinery of psychometrics. This merger allows us to build upon studies of limited groups of subjects to **generalize** to the larger population of learners. This is accomplished by **reformulating** multiple choice tests to reflect gains in understanding cognitive development. This study uses psychometric modeling to rank the appeal of a variety of children's astronomical ideas on a single uniform scale. **Alternative conceptions are captured in test items with highly attractive multiple choice distractors** administered twice to 1250 8th through 12th-grade students at the start and end of their introductory astronomy courses.



# Introduzione

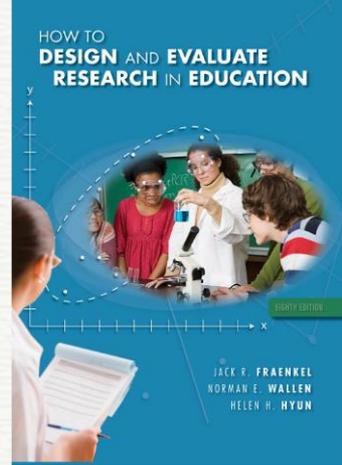
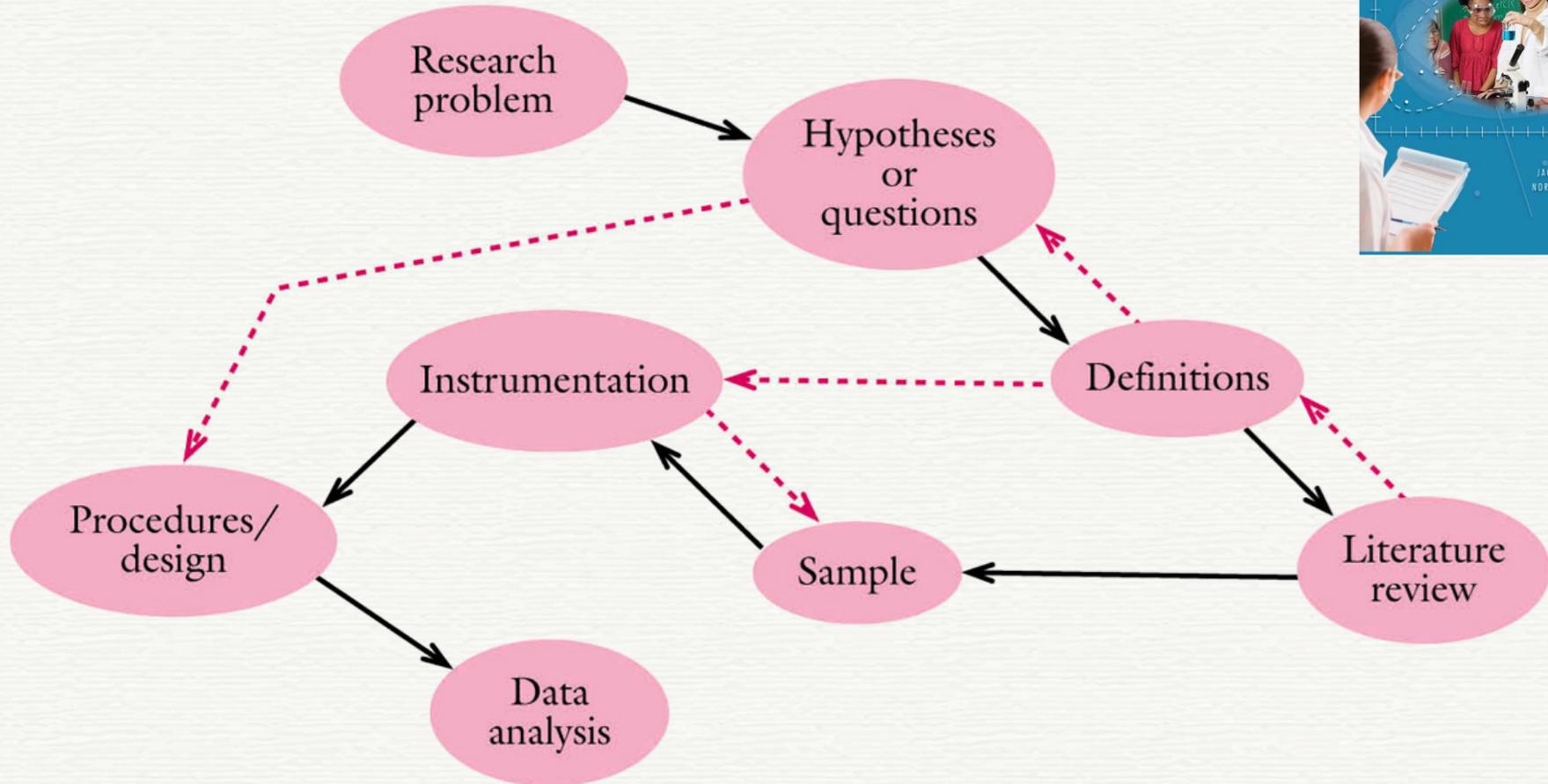


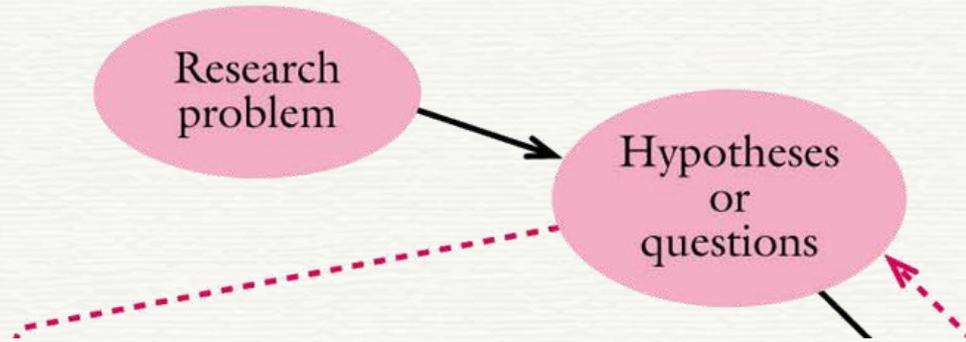
## Psychometric Models of Student Conceptions in Science: Reconciling Qualitative Studies and Distractor-Driven Assessment Instruments

This kind of instrument, in **which distractors match common student ideas**, has a profoundly different psychometric profile from conventional tests and exposes the weakness evident in conventional standardized tests. **Distractor-driven multiple choice tests** combine the richness of qualitative research with the power of quantitative assessment, measuring **conceptual change** along a single uniform dimension.

# Basics

## The Research Process





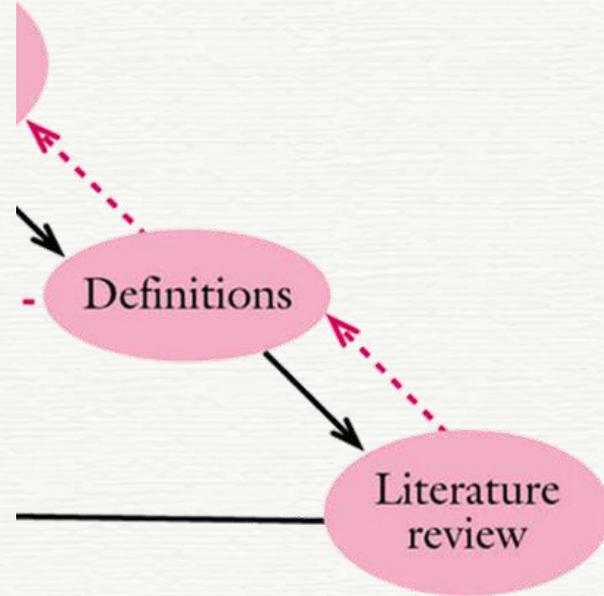
Come e perché avere una o più domande di ricerca?

- ✓ Aiuta a focalizzare lo studio
- ✓ Aiuta a progettare i materiali
- ✓ Aiuta a comunicare
- ✓ Aiuta a valutare

1. *In che modo i cambiamenti nell'autoefficacia durante un corso di astronomia sono legati al genere?*
2. *Quali sono le concezioni sulle stagioni alla base dei disegni degli studenti?*
3. *In che modo i disegni generati dagli studenti sono influenzati dalla pratica e dai materiali didattici?*
4. *Un'esperienza di ricerca all'osservatorio predice l'interesse per la carriera in ambito astrofisico degli studenti di scuola superiore?*

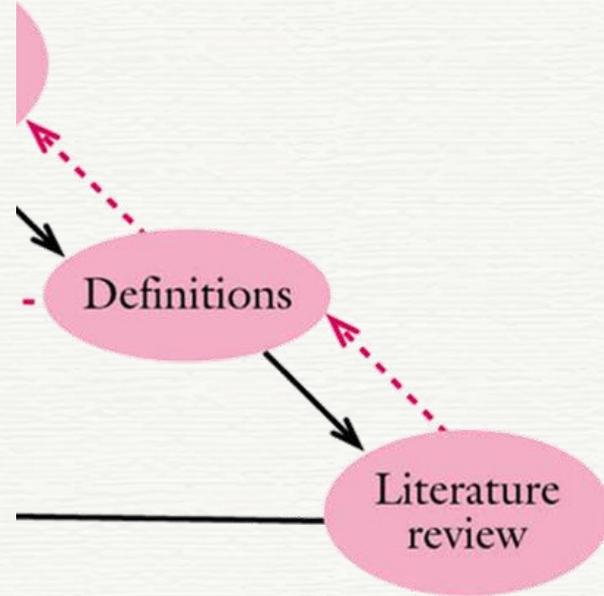
## Come e perché utilizzare la letteratura esistente?

- Giustificare la necessità dello studio e dei risultati.
- Sviluppare un quadro teorico da utilizzare per interpretare e spiegare il costrutto da indagare e progettare i metodi.
- *Esempio:* la teoria dell'apprendimento socioculturale (Vygotsky, 1978) può essere utilizzata per scegliere i metodi e interpretare il modo in cui gli studenti apprendono in uno studio sull'apprendimento dell'astronomia in un ambiente scolastico.
- Sviluppare un quadro teorico da utilizzare per definire i costrutti dello studio
- *Esempio:* Uno studio sull'attitudine degli studenti verso l'astronomia dovrebbe utilizzare la letteratura per definire le dimensioni del costrutto (es., cognitive, affettive, comportamentali)

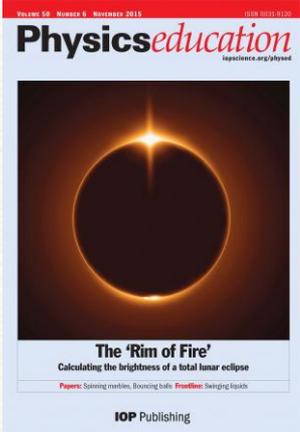
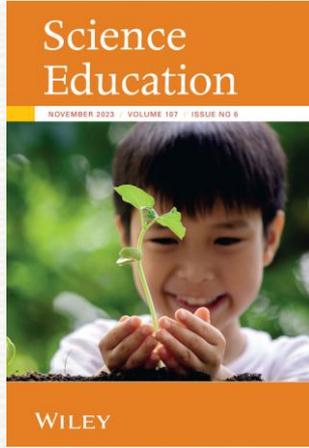


## Come e perché utilizzare la letteratura esistente?

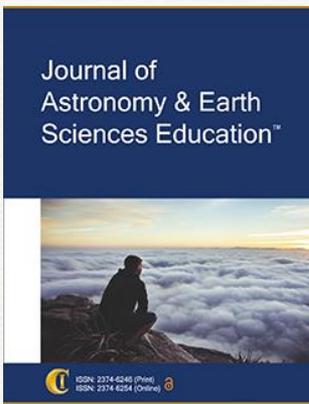
- Descrivere e giustificare la scelta di metodologia e metodi
- *Esempio:* se si sceglie di utilizzare l'analisi dei cluster, è necessario citare altri studi che hanno utilizzato questo metodo o che lo hanno utilizzato in situazioni simili.
- Interpretare i risultati
- *Esempio:* se i risultati mostrano che le immagini dei libri di testo non aiutano a capire le fasi lunari, si utilizza la letteratura per spiegare questo risultato.
- Mostrare come i vostri risultati fanno progredire il campo



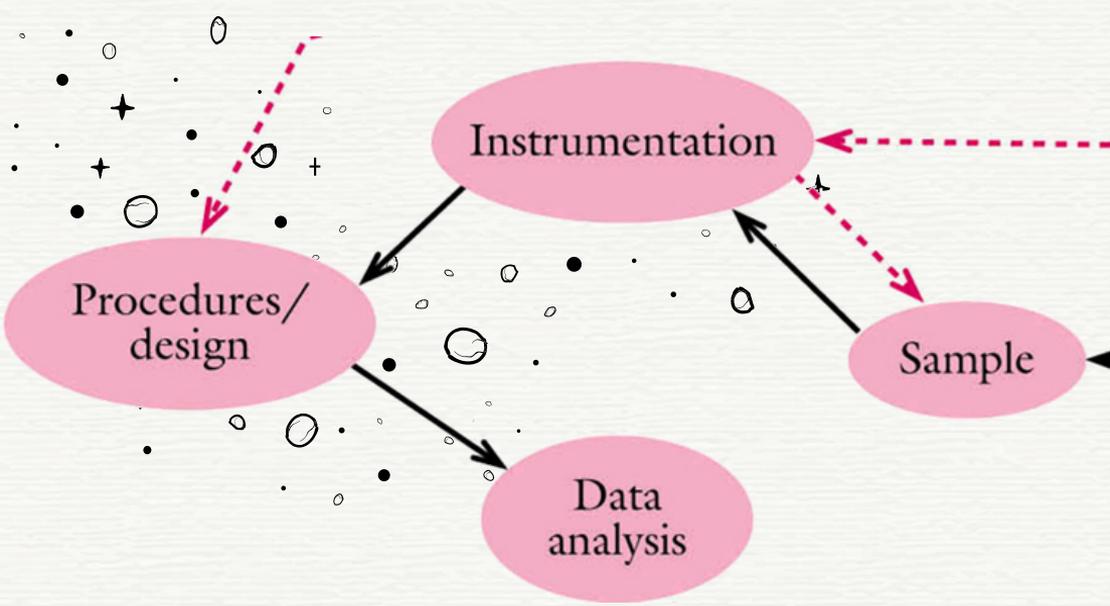
# Principali riviste



PHYSICAL REVIEW  
PHYSICS EDUCATION RESEARCH



# Metodi quantitativi



Migliorare la validità degli studi

Favorire la replicabilità degli studi

Contribuire a colmare il gap di credibilità della ricerca educativa.

Fare previsioni attraverso relazioni «causali» tra le variabili.

# Tipi di Studi Quantitativi

Studio controllato randomizzato

Trattamento – Controllo

Sperimentale ad un soggetto

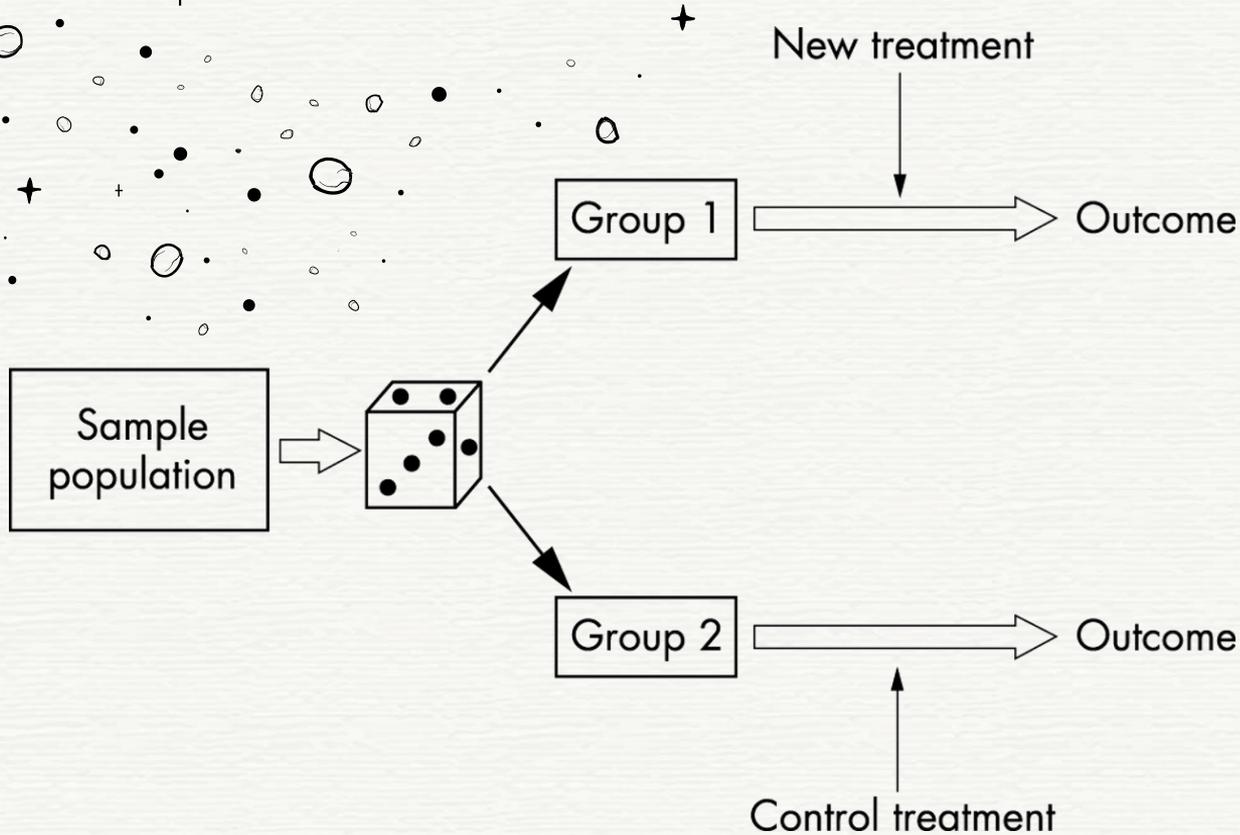
Correlazione

Longitudinale

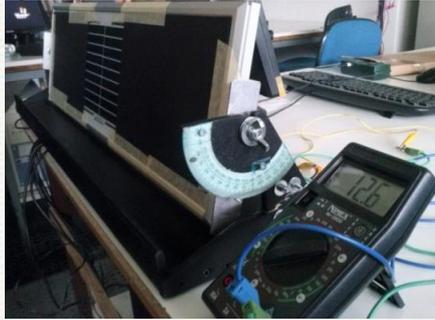
Cross-Sectional

Validazione

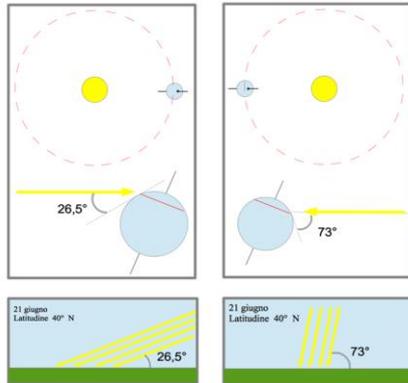
# Tipi di Studi Quantitativi



# Tipi di Studi Quantitativi



«Laboratory»  
condition  
N = 170



«No Laboratory»  
condition  
N = 167

textbook images (N = 56)

pecially designed images (N = 55)

no images (N = 59)

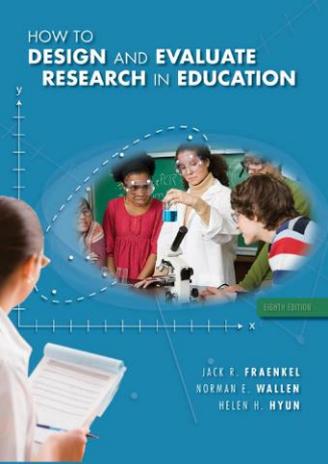
textbook images (N = 60)

pecially designed images (N = 54)

no images (N = 53).

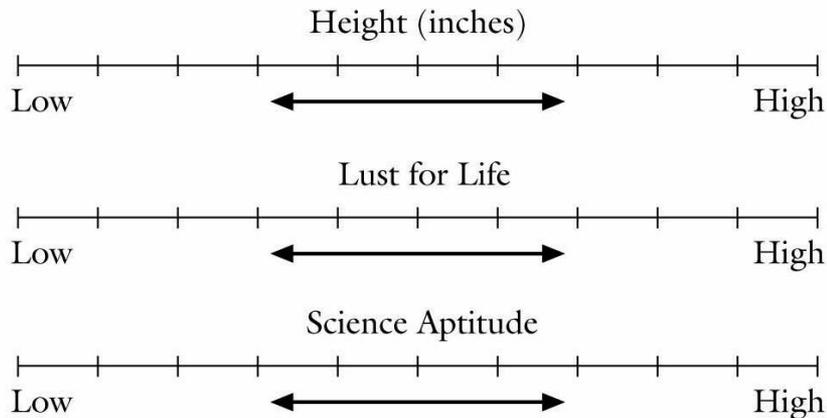
# Altri vantaggi degli studi quantitativi

1. ... è possibile controllare per particolari variabili - tipicamente le variabili demografiche sono quelle di base, ma può essere qualsiasi cosa! (ad esempio, se controlliamo l'attitudine, la scelta di carriera cambia in base all'autoefficacia?)
2. ... è molto più facile eliminare i pregiudizi indesiderati dei valutatori: in genere i sondaggi hanno lo stesso aspetto e si comportano allo stesso modo in tutti i siti. I pregiudizi introdotti dalla necessità di far passare i dati attraverso un cervello umano sono minimi
3. ... è possibile stimare approssimativamente l'impatto di un determinato effetto
4. ... è possibile capire se un effetto si verifica in più contesti utilizzando una combinazione degli attributi precedenti. In sostanza, un effetto dipende dal contesto? Oppure si verifica in generale nella maggior parte delle situazioni?
5. ... è possibile stimare se l'effetto o la correlazione si verifica su una scala più ampia, in un modo che non è possibile fare nella ricerca qualitativa.



# Esempi di variabili

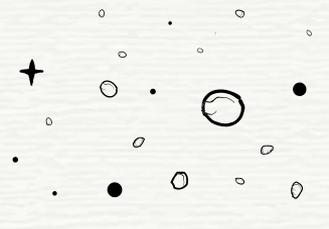
## QUANTITATIVE VARIABLES



## CATEGORICAL VARIABLES



# Differenza tra variabili quantitative



1. Altezza → misurabile direttamente
2. Attitudine verso l'astronomia → non misurabile direttamente



## Variabile nominale

### 2.1 Tipo di diploma conseguito

- Liceo Classico
- Liceo Scientifico
- Liceo Scientifico/Scienze Applicate
- Altri tipi di Liceo
- Istituto tecnico
- Istituto Professionale

# Tipi di strumenti

# Questionari

Questionari a  
risposta  
aperte

Questionari a  
risposta  
multipla

Questionari a  
Scale Likert

# Questionari a risposta aperta

INT. J. SCI. EDUC., 1989, VOL. 11, SPECIAL ISSUE, 502-513

---

## Children's understanding of familiar astronomical events

---

*John Baxter, Court Fields School, Wellington, Somerset, England*

INT. J. SCI. EDUC., 1989, VOL. 11, SPECIAL ISSUE, 481-490

---

## Students' conceptions and the learning of science

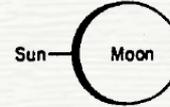
---

*Rosalind Driver, University of Leeds, Leeds*

### Spoken statement

'It gets dark at night because the Moon covers the Sun.'

### Supporting diagram



### Pupils' answer sheet

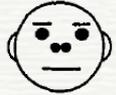
				
I know it is true	I think it is true	I am not sure	I think it is wrong	I know it is wrong

Figure 1. Example of question in the survey instrument.

# Questionari a risposta aperta

INT. J. SCI. EDUC., 1996, VOL. 18, NO. 6, 685-712

## Children's astronomical beliefs: a preliminary study of Year 6 children in south-west England

John G. Sharp, Rolle School of Education, University of Plymouth,  
Exmouth, UK

What shape is the Earth?		Choice of shape sphere	
round	13		
sphere	11		
round like a ball (ball shaped)	7		
round like a circle	4		
circular (circle)	4		
round like 3D	1		
round with lines on	1		
not completely round (egg shaped)	1		

### Sketches of the Earth



What colour is the Earth?			
blue (dark)	38	:	sea, water, sky, rivers and lakes, land
green (little bit)	29	:	land, grass/hilly, trees, countries, fields, crops, islands/cities, earth
white (whispy)	22	:	clouds, mist, waves of water, iceland
grey	11	:	clouds, roads, fog, mist, buildings
brown (little, light)	10	:	land, cliffs, mountains, where no grass grows, nature/stuff like that, desert
yellow (lightish)	5	:	desert, land, fields, mountains
brown (greeny)	2	:	earth, land
purple (dark, light)	2	:	mountains and cliffs
other (mixture)	3	:	land, things that are far away, dark patches

Life on Earth  
yes 42

Recognition from picture  
Earth 42

What is the Earth?  
planet 42

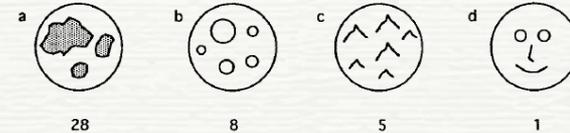
What shape is the Moon?		Choice of shape sphere	
round (not completely)	24		
sphere	10		
like a ball	4		
unsure	4		

Awareness of Moon phases	
more than one	42
all (except new)	25
accurate cycle	16
cycle period	7



### Sketches of the Moon



What colour is the Moon?		Awareness of Moon position/movement	
white/grey (-ish, bits of blue in)	34		
grey/white/black (blue)	5	yes	15
pale yellow (like the Sun)	2	no	26
greenish yellow	1	unsure	1

What is the Moon?  
the Moon is the Moon  
it's like the Earth and other planets  
it's a star  
it's the sight at night when people go to sleep  
it's something up in space  
it's got no atmosphere, it's a dusty ball

Life on the Moon  
no 40  
unsure 2

Figure 1. Children's ideas about the Earth (n = 42).

Figure 5. Children's ideas about the Moon (n = 42).



## Questionari a risposta multipla

---

### **A cross-age study of junior high school students' conceptions of basic astronomy concepts**

---

*Ricardo Trumper, Faculty of Science and Science Education, Haifa University, Israel*

6. The main reason that it is hotter in the summer than the winter is that
- A. The Earth is closer to the Sun in summer.
  - B. The Earth is farther from the Sun in summer.
  - C. The Earth's rotational axis flips back and forth as the Earth moves around the Sun.
  - D. The Earth's axis points to the same direction relative to the stars, which is tilted relative to the plane of its orbit. ✓
  - E. The Sun gives off more energy in the summer than in the winter.
- 
14. The different seasons that we experience every year are due to:
- A. The varying distance between the Sun and the Earth.
  - B. The varying distances between the Earth, Moon and Sun.
  - C. The tilt of the Earth's axis as it revolves around the Sun. ✓
  - D. Varying degrees of atmospheric pollution which dilute the Sun's rays.

# Scala Likert

*Indica il tuo grado di accordo con le seguenti affermazioni usando la seguente scala: 1 = Per niente d'accordo; 2 = Poco d'accordo; 3 = Abbastanza d'accordo; 4 = Molto d'accordo; 5 = Del tutto d'accordo*

1. Riesco sempre a risolvere problemi difficili se ci provo abbastanza seriamente
2. Se qualcuno mi contrasta, posso trovare il modo o il sistema di ottenere ciò che voglio
3. Per me è facile attenermi alle mie intenzioni e raggiungere i miei obiettivi
4. Ho fiducia di poter affrontare efficacemente eventi inattesi
5. Grazie alle mie risorse, so come gestire situazioni impreviste
6. Posso risolvere la maggior parte dei problemi se ci metto il necessario impegno
7. Rimango calmo nell'affrontare le difficoltà perchè posso confidare nelle mie capacità di fronteggiarle
8. Quando mi trovo di fronte ad un problema, di solito trovo parecchie soluzioni
9. Se sono in "panne", posso sempre pensare a qualcosa da mettere in atto
10. Non importa quello che mi può capitare, di solito sono in grado di gestirlo



# Scala Likert

*Indica il tuo grado di accordo con le seguenti affermazioni usando la seguente scala: 1 = Per niente d'accordo; 2 = Poco d'accordo; 3 = Abbastanza d'accordo; 4 = Molto d'accordo; 5 = Del tutto d'accordo*

---

## Astronomy personal self-efficacy.

- 1 I can do astronomy
- 2 I can explain how the length of the day changes with latitude
- 3 Most astronomy concepts are easy to learn
- 4 I can explain how spectroscopy works
- 5 I can explain why stars are different colors and brightness
- 6 I have a good grasp of what objects exist within and around our galaxy
- 7 The current scientific model of the origin and evolution of the universe is clear to me
- 8 Given appropriate information about standard candles (RR Lyrae, Cepheids or Type 1a Supernovae), I can calculate their distance

## Instrumental Self-Efficacy

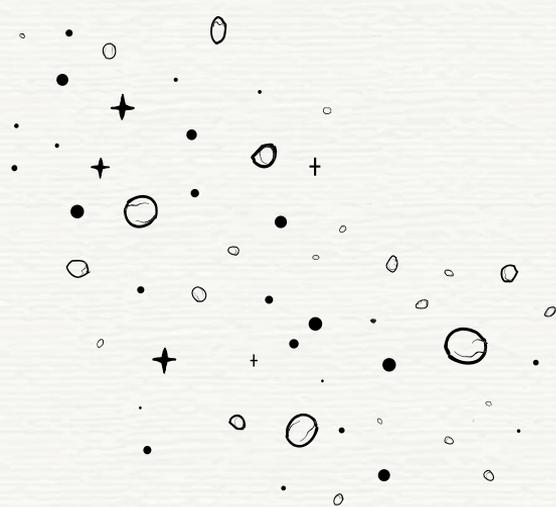
- 9 Adjusting the brightness and contrast levels in astronomical images is straightforward
- 10 I am able to request telescope images through a web-based portal
- 11 Selecting different filters for a remote telescope observation is easy
- 12 I can show someone how to request an image from a remote telescope using an online portal
- 13 I can learn how to use a remote telescope



# Scala Likert

*Indica il tuo grado di accordo con le seguenti affermazioni usando la seguente scala: 1 = Per niente d'accordo; 2 = Poco d'accordo; 3 = Abbastanza d'accordo; 4 = Molto d'accordo; 5 = Del tutto d'accordo*

1. Astronomy is easier for me than any other subject
2. Astronomy is more difficult for me than for many of my classmates (rev)
3. Astronomy is not one of my strengths (rev)
4. Even if the work in Astronomy is hard, I can learn it
5. I am good at working out difficult Astronomy problems
6. I can do Astronomy
7. I can do even the hardest work in Astronomy if I try.
8. I learn things quickly in Astronomy
9. I usually do well in Astronomy
10. Most Astronomy concepts are easy for me to learn



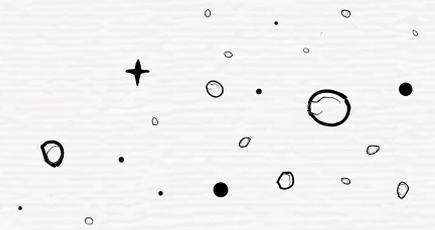
# Attitudine verso l'astronomia

Galano et al. 2023

A3. Trovo l'astronomia interessante (Bartlett et al., 2018)
A7. Mi interessa molto imparare cose sull'Universo (Bartlett et al., 2018)
A1. Mi piacerebbe avere come hobby l'astronomia (Bartlett et al., 2018)
A9. Mi piacerebbe usare un telescopio (Bartlett et al., 2018)
A18. Mi interessano i risultati delle ricerche in Astronomia AGGIUNTO
A2. Mi piace osservare il cielo notturno (Bartlett et al., 2018)
A25. Trovo affascinante lo studio dell'Astronomia (Liou, 2017)
A6. L'astronomia è il mio argomento preferito (Oon & Subramanian, 2013)
A4. Vorrei un telescopio come regalo di compleanno AGGIUNTO
A26. Sono interessato ad intraprendere una carriera legata all'Astronomia (Bartlett et al., 2018)
A14. Investirei il mio futuro nella professione di Astronomo (Oon & Subramanian, 2013)
A16. Conoscere l'astronomia mi sarà utile nella mia professione (Liou, 2017)
A5. Mi piacerebbe fare l'astronomo AGGIUNTO
A12. E' utile per il mio futuro studiare argomenti di astronomia AGGIUNTO
A8. È utile imparare l'astronomia per il mio futuro AGGIUNTO
A21. Nella società attuale hanno la possibilità di guadagnare molto dal punto di vista economico (Oon & Subramanian, 2013)
A22. Nella società odierna gli Astronomi sono molto stimati (Oon & Subramanian, 2013)
A20. La carriera di ricercatore in Astronomia è remunerativa e di alto livello (Oon & Subramanian, 2013)
A19. Ci sono molti lavori che possono svolgere i laureati in Astronomia o Astrofisica (Oon & Subramanian, 2013)
A17. Essere astronomo mi farebbe diventare una persona stimata nella nostra società (Oon & Subramanian, 2013)
A23. L'Astronomia è importante per il progresso tecnologico (Oon & Subramanian, 2013)
A10. Credo che l'astronomo svolga un lavoro importante AGGIUNTO
A15. Credo sia importante investire risorse nella ricerca in astronomia AGGIUNTO
A11. L'astronomia ha molte ricadute tecnologiche AGGIUNTO
A13. Le tecnologie sviluppate per le osservazioni astronomiche hanno molte applicazioni nella vita quotidiana AGGIUNTO

# Criteri di affidabilità

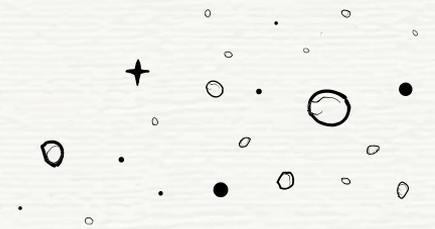
# Come fare a stabilire affidabilità



1. Scale Likert → Alfa di Cronbach
2. Risposte Aperte → Inter-rater Reliability (Cohen's kappa)



# Alfa di Cronbach



1. Scale Likert → Alfa di Cronbach

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left( 1 - \frac{\sum s_{item}^2}{s_{test}^2} \right)$$

Indicazione di utilizzabilità del coefficiente alfa

Inferiore a .65	Inaccettabile
oltre .65	sufficiente
Oltre .70	discreto
Oltre .80	buono
Oltre .90	ottimo

- $n$  è il numero di item di un test
- $s_i^2$  è la varianza dell'item  $i$
- $\sum s_i^2$  è la somma delle varianze
- $s_t^2$  è la varianza del test intero

# Cohen's Kappa

1. Risposte Aperte → Inter-rater Reliability

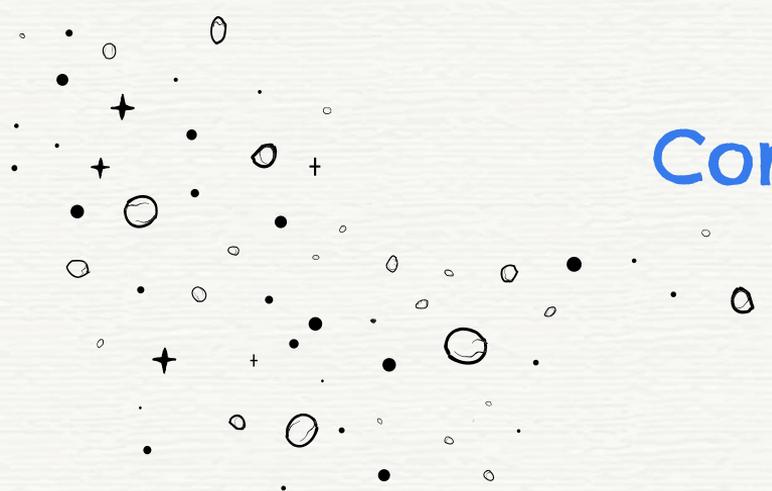
$$k = (p_o - p_e) / (1 - p_e)$$

$p_o$  = numero di casi su cui si è d'accordo / casi totali

$p_e$  = probabilità di essere d'accordo per caso

Cohen's Kappa	Interpretation
0	No agreement
0.10 - 0.20	Slight agreement
0.21 - 0.40	Fair agreement
0.41 - 0.60	Moderate agreement
0.61 - 0.80	Substantial agreement
0.81 - 0.99	Near perfect agreement
1	Perfect agreement

# Tipi di analisi basic



# Confronti tra variabili nominali

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

The basic idea of any chi-square test is that you compare how well an observed breakdown of people over various categories fits some expected breakdown.

**chi-square test for goodness of fit** hypothesis-testing procedure that examines how well an observed frequency distribution of a nominal variable fits some expected pattern of frequencies.

**chi-square test for independence** hypothesis-testing procedure that examines whether the distribution of frequencies over the categories of one nominal variable is unrelated to the distribution of frequencies over the categories of a second nominal variable.

# Esempio

			Genere		Totale
			F	M	
Codice_uni	Unina	Conteggio	289	755	1044
		Conteggio previsto	317,5	726,5	1044,0
		% in Codice_uni	27,7%	72,3%	100,0%
		% in Genere	30,5%	34,8%	33,5%
	Polimi	Conteggio	658	1412	2070
		Conteggio previsto	629,5	1440,5	2070,0
		% in Codice_uni	31,8%	68,2%	100,0%
		% in Genere	69,5%	65,2%	66,5%
Totale	Conteggio	947	2167	3114	
	Conteggio previsto	947,0	2167,0	3114,0	
	% in Codice_uni	30,4%	69,6%	100,0%	
	% in Genere	100,0%	100,0%	100,0%	

# Confronti tra medie su test

Independent-samples  $t$ -test: This test is used when there are two experimental conditions and different participants were assigned to each condition (this is sometimes called the *independent-measures* or *independent-means*  $t$ -test).

Paired-samples  $t$ -test: This test is used when there are two experimental conditions and the same participants took part in both conditions of the experiment (Figure 2.5).

$$t = \frac{\text{observed difference between sample means} - \text{expected difference between population means (if null hypothesis is true)}}{\text{estimate of the standard error of the difference between two sample means}}$$

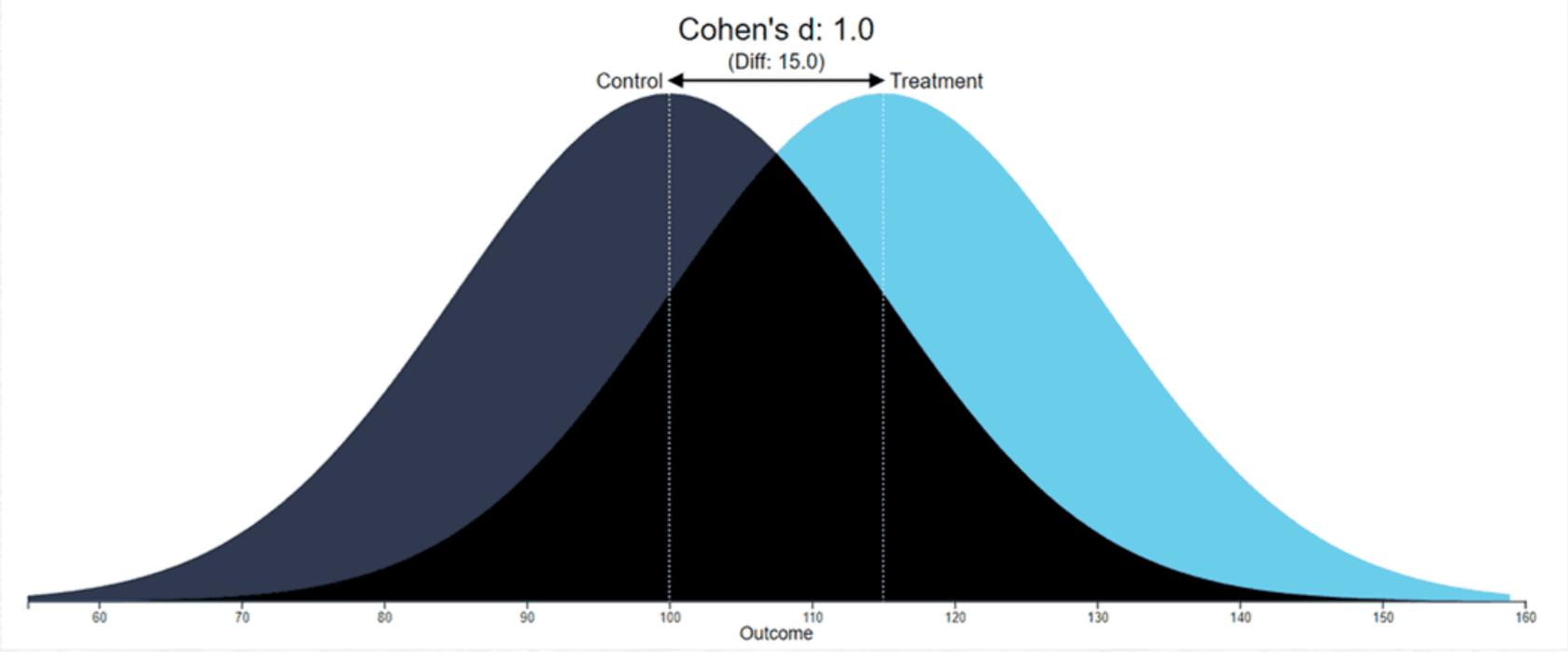
# Confronti tra medie su test

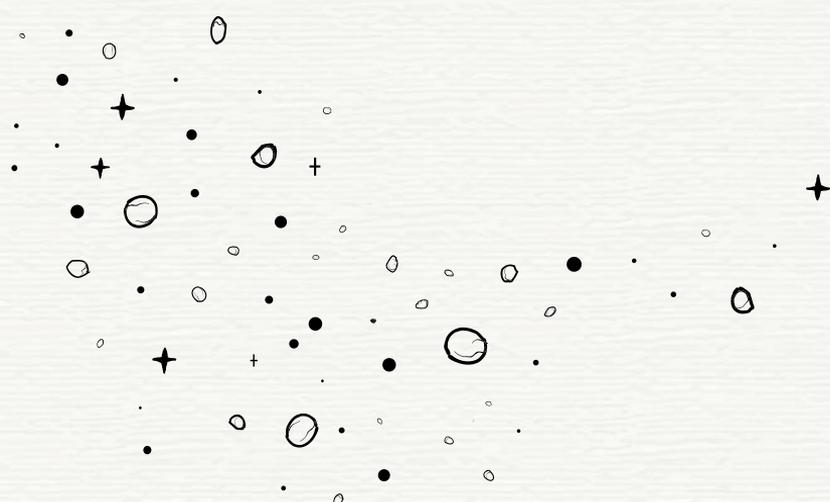
$$t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{S_{\text{differenze}}} = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{S_{M1}^2 + S_{M2}^2}}$$

Deviazione standard della  
distribuzione «differenza»

Ipotizziamo che possiamo  
«propagare» l'errore e  
sommiamo in quadratura gli  
errori standard delle medie

# Effect Size





# Esempio

## Questionario a due entrate (tier) su fenomeni astronomici di base

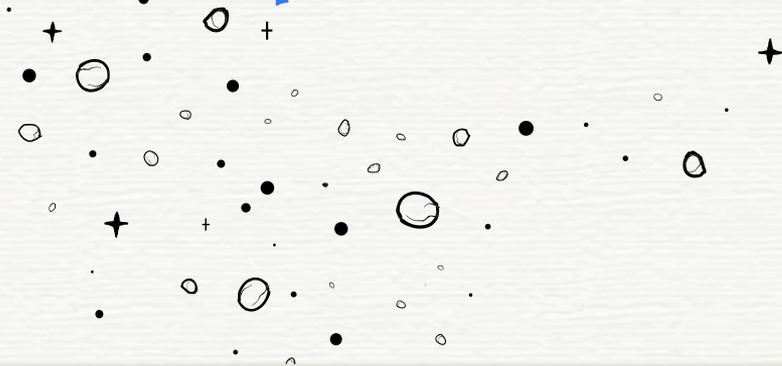
**1a.** La principale ragione per cui l'estate si alterna all'inverno è:

- a. L'energia che arriva dal Sole varia nel corso dell'anno
- b. L'incidenza dei raggi solari sulla superficie terrestre varia nel corso dell'anno**
- c. La durata del giorno varia nel corso dell'anno
- d. La temperatura media sulla superficie terrestre varia nel corso dell'anno

**1b.** La ragione per la tua risposta è:

- I. è variata la posizione della Terra sull'orbita nel corso dell'anno**
- II. è variata la direzione dell'asse terrestre nello spazio nel corso dell'anno
- III. è variata l'inclinazione dell'asse terrestre rispetto al piano dell'orbita nel corso dell'anno
- IV. è variata la distanza della Terra dal Sole nel corso dell'anno

# Esempio



3. Quattro amici stanno discutendo di un'eclissi lunare che si verificherà tra pochi giorni e si stanno chiedendo quale fase lunare ci sarà durante l'eclissi. Sapresti indicare chi tra loro quattro ha ragione?

- i. Amelia: non sarà visibile nessuna fase, ovviamente!
- ii. Stefano: io credo che ci sarà la luna nuova.
- iii. Chiara: secondo me sbagliate, ci sarà la Luna piena.**
- iv. Ugo: luna in primo o ultimo quarto.

24. La ragione per la tua risposta è:

La Luna è allineata tra Sole e Terra e pertanto non risulta visibile proprio come avviene durante la fase della Luna nuova.

La Luna è allineata tra Sole e Terra ma solo una parte della sua superficie è visibile

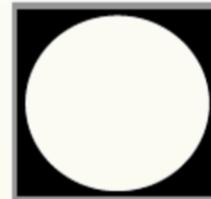
**La Terra è allineata tra Sole e Luna che risulta visibile proprio come avviene durante la fase della Luna piena.**

Durante un'eclissi di Luna questa viene oscurata e pertanto non risulta visibile nessuna fase.

15. Una sera hai osservato la Luna che aveva il seguente aspetto.



Quanto tempo trascorrerà prima di vederla con l'aspetto riportato in figura?



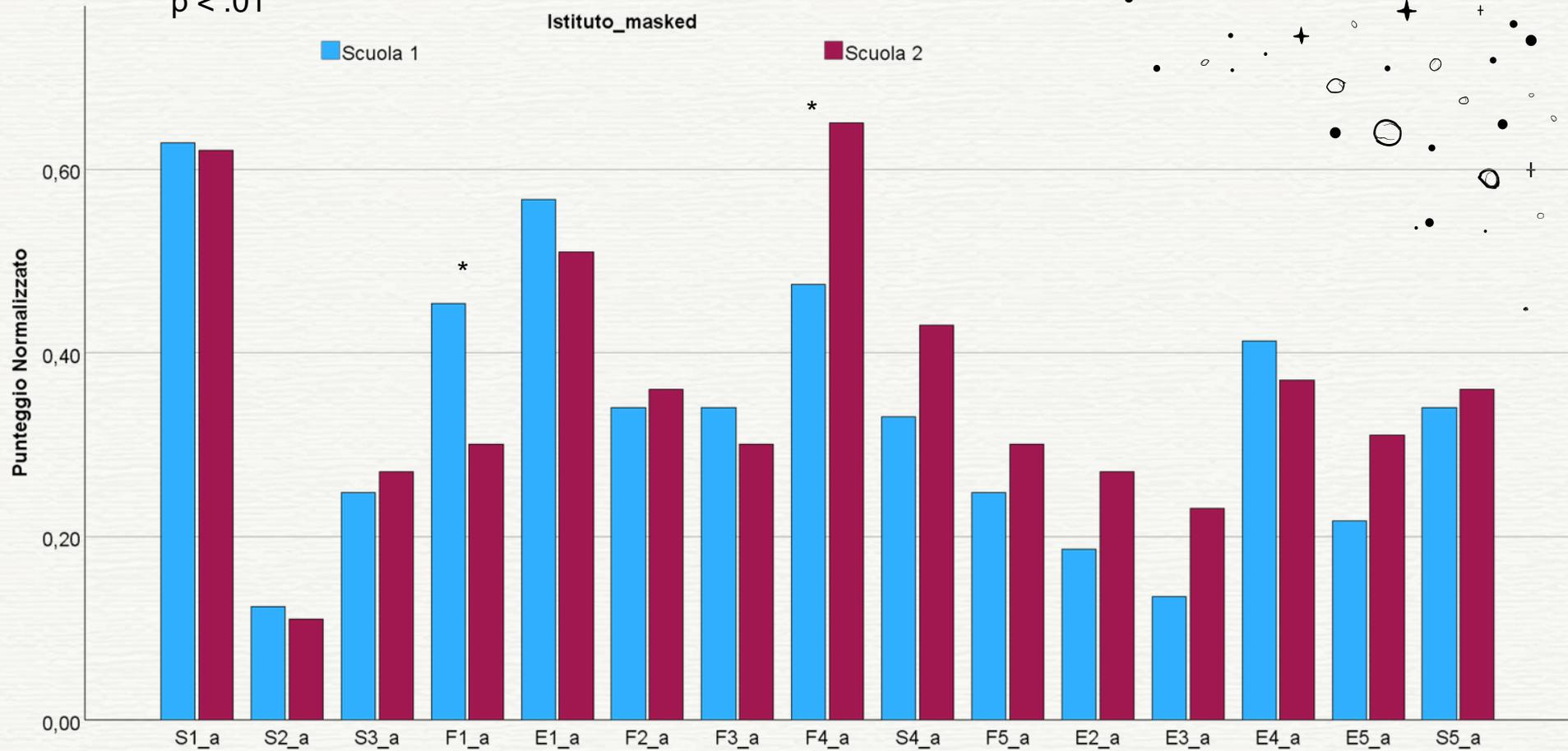
- i. Mezza giornata
- ii. Una settimana
- iii. Due settimane**
- iv. Un mese

16. La ragione per la tua risposta è:

- I. La Luna ruota intorno alla Terra in un giorno, occorre quindi mezza giornata per poter osservare la Luna nella fase indicata nella seconda immagine.
- II. La Luna ruota intorno alla Terra in un mese, occorrono quindi due settimane per poter osservare la Luna nella fase indicata nella seconda immagine.**
- III. La Luna ruota intorno alla Terra in un mese e quindi occorre un mese per poter osservare la Luna nella fase indicata nella seconda immagine
- IV. Poiché la Luna ruota su se stessa in due settimane, è necessario attendere almeno una settimana per vedeme cambiare l'aspetto come indicato nella seconda immagine

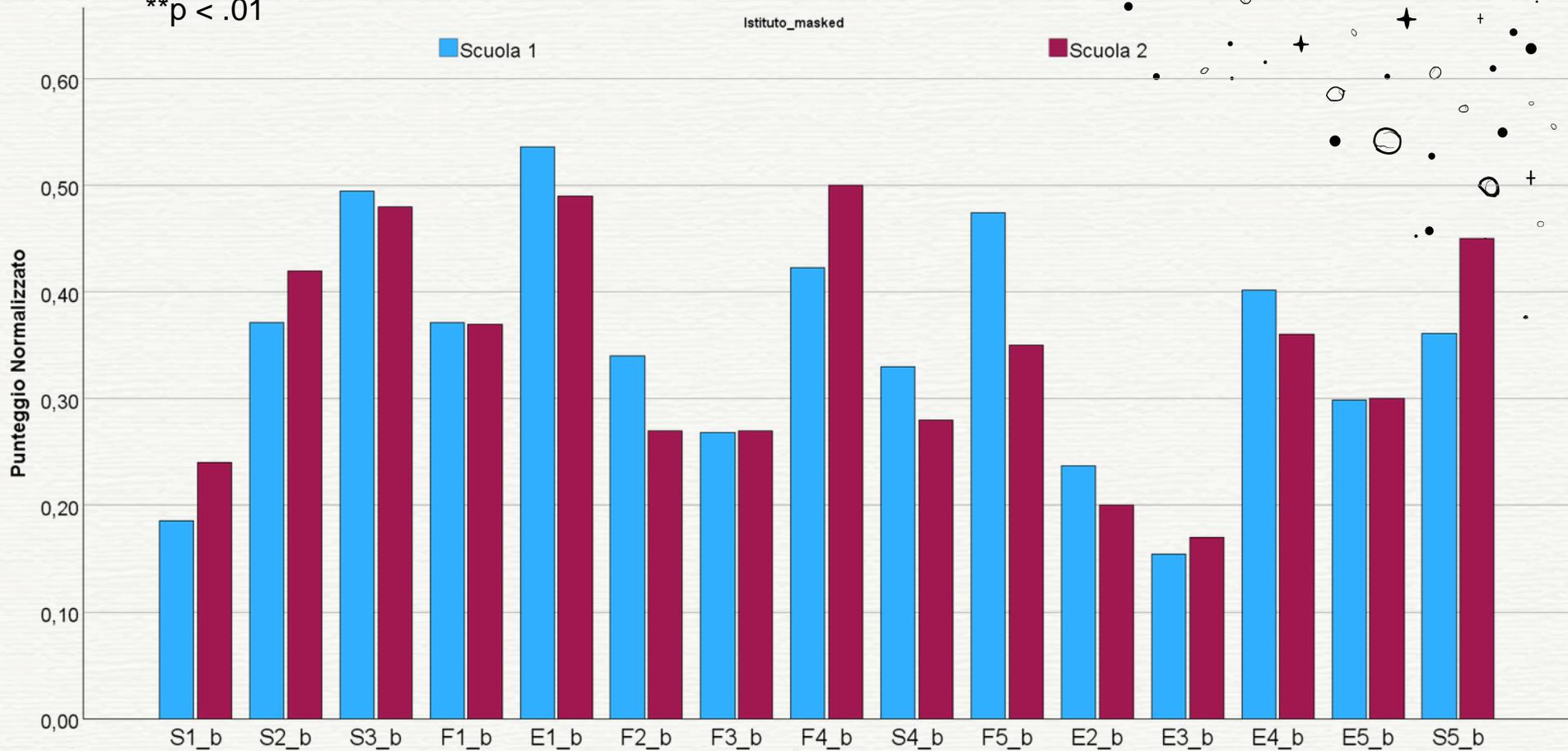
\*  $p < .05$

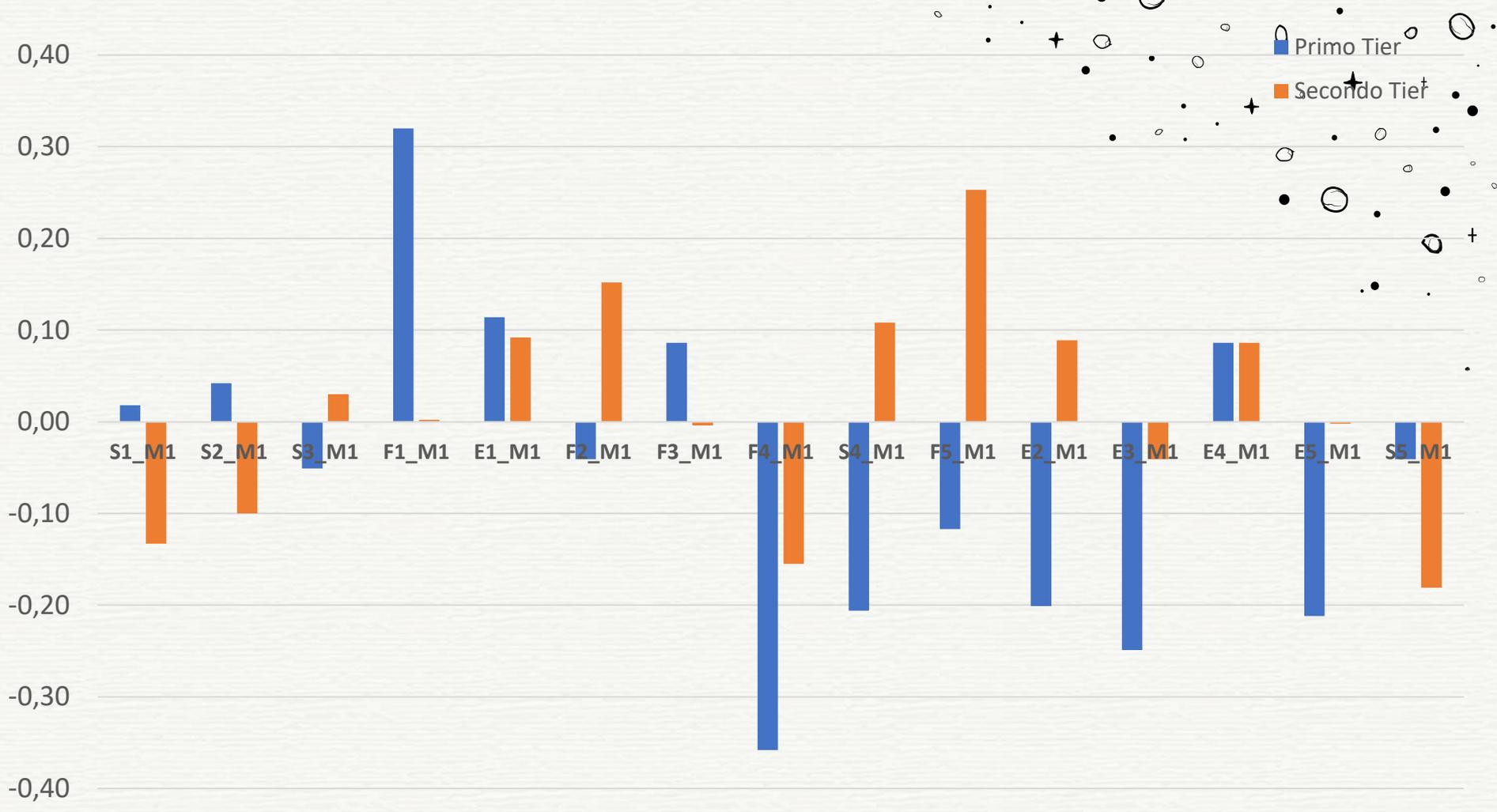
\*\*  $p < .01$



\*  $p < .05$

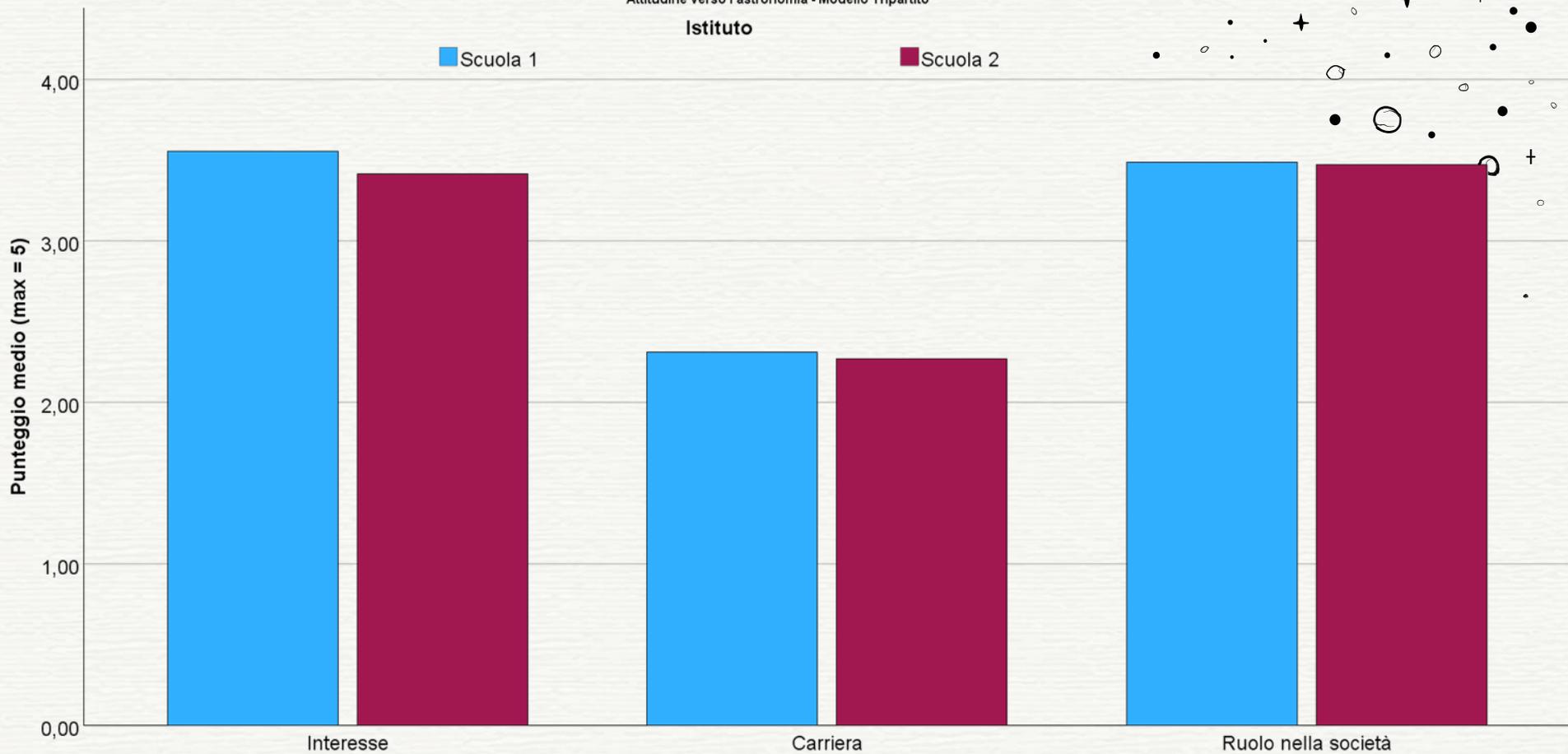
\*\*  $p < .01$

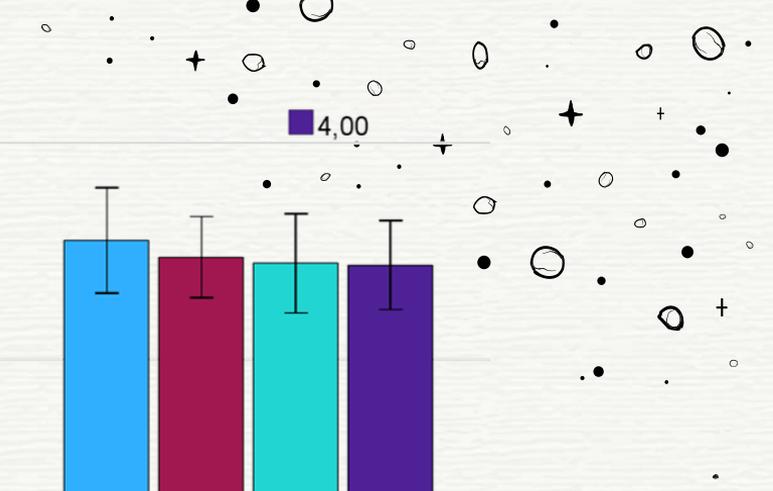
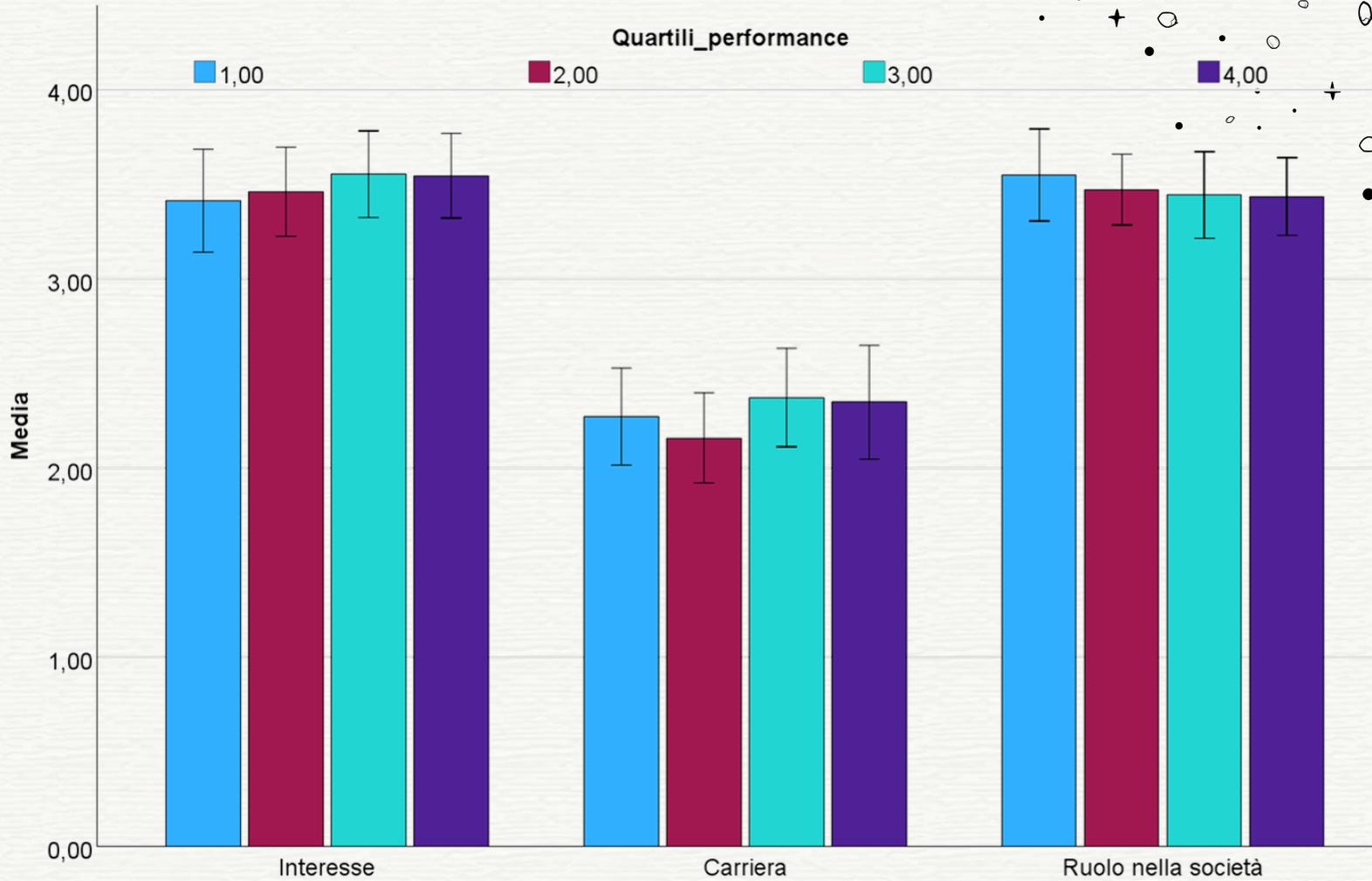




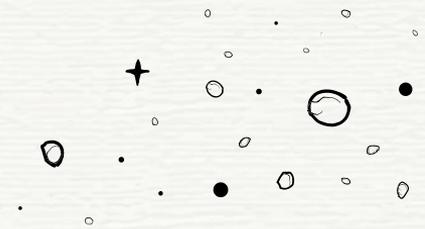
Attitudine verso l'astronomia - Modello Tripartito

Istituto





# Discussione



1. Quali domande possono essere indagate nelle varie sedi?
2. Quali variabili possono essere considerate per valutare impatto azioni divulgative?
3. Quali misure usereste?



# Domande?

---

[italo.testa@unina.it](mailto:italo.testa@unina.it)

