

Dipartimento di Fisica  
Università degli Studi di Napoli Federico II

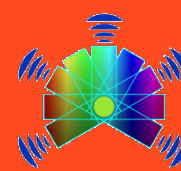
# CONOSCENZE DI MECCANICA QUANTISTICA DEGLI STUDENTI DEL PRIMO ANNO DELLA LAUREA TRIENNALE IN FISICA

I. Testa\*, G. Capasso\*, G. Piscitelli\*\*\*, S. Galano\*\*, A. Zappia\*\*

\* *Dipartimento di Fisica, Università Federico II, Napoli*

\*\* *Dipartimento di Fisica, Università Federico II, Napoli e Scuola di dottorato, Camerino*

\*\*\* *Dipartimento di Matematica e Applicazioni R. Caccioppoli, Università Federico II, Napoli*



# Motivazione della ricerca

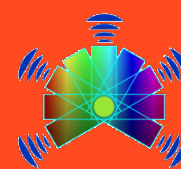
**Indicazioni ministeriali (Nuovi Licei, Indire, 2011)**

**Libri di testo spesso inadeguati (Shieland, 1997)**

**Formazione  
insegnanti in servizio**

**Elevato Formalismo  
(Johnston, Crawford and Fletcher, 1998; Ke, Monk & Duschl, 2005)**

**Difficoltà studenti (Bethe & Niedderer, 1995; Styer, 1996; Crawford et al., 1998; Singh, 2001; Stefani & Tsaparis, 2009)**



# Soluzioni?

Molte le proposte raccolte nei volumi di IDIFO (2011-12) e molte attualmente in sperimentazione (Pv, Bo, Ud).

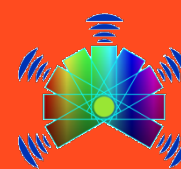
## Bene! Ma....

... quale legame con  
le indicazioni  
nazionali?

... come valutare gli  
studenti?

.. quale framework teorico guida scelta  
strategie didattiche?

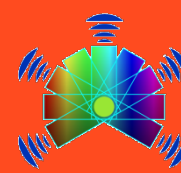
... come indagare la validità e l'affidabilità  
di questi studi?



# Soluzioni?

Approccio delle Learning Progressions (Duncan & Rivet, 2013) risponde esattamente a queste domande. Lo studio qui presentato è il primo passo verso lo sviluppo di una Learning Progression in meccanica quantistica da V anno liceo a III anno università

The screenshot shows the Science journal website interface. At the top, there is a navigation bar with links for AAAS.ORG, FEEDBACK, HELP, and LIBRARIANS. Below this, there are tabs for NEWS, SCIENCE JOURNALS, and CAREERS. The main header features the Science logo and the tagline 'The World's Leading Journal of Original Scientific Research'. A secondary navigation bar includes links for Science Home, Current Issue, Previous Issues, Science Express, and Science. The breadcrumb trail reads: Home > Science Magazine > 25 January 2013 > Duncan and Rivet, 339 (6118): 396-397. The article information section displays: Science 25 January 2013; Vol. 339 no. 6118 pp. 396-397; DOI: 10.1126/science.1228692. The article is categorized under EDUCATION FORUM and SCIENCE EDUCATION. The title of the article is 'Science Learning Progressions', and the authors are listed as Ravit Golan Duncan<sup>1,2</sup> and Ann E. Rivet<sup>2</sup>.

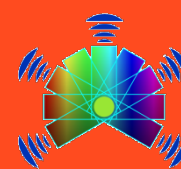


# Learning Progressions

**Descrivono, interpretano e predicano come gli studenti apprendono un dato contenuto a partire da un livello di partenza ad uno finale attraverso livelli successivi sempre più sofisticati (Duncan & Hmelo-Silver, 2009; Stevens, Delgado & Krajcik, 2010)**

**Sono organizzate intorno a Big Ideas, cioè concetti trasversali che possono aiutare gli studenti a connettere diverse fenomenologie, leggi empiriche e modelli (Corcoran, Mosher, & Rogat, 2009; Duschl, Maeng, & Sezen, 2011)**

**In fisica classica, esempi sono moto e forza o l'energia**



# Learning Progressions vs. Percorso didattico

Confronto con curriculum

Copre diversi tipi e livelli di istruzione

Chiavi di interpretazione delle idee degli studenti mediante aspetti cognitivi

Perché studenti progrediscono (o regrediscono)



Valutazione su grandi numeri

Ricostruzione didattica

Implementazione in contesto classe, no «intuizioni»

Diverse iterazioni e modifiche



Valutazione su piccoli numeri



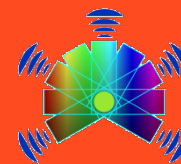
Dettagli critici

Argomento specifico

Limitato nel tempo (10-12 h)

Livello singolo di istruzione

Efficace/non efficace



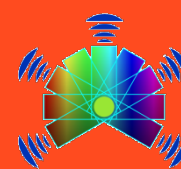
Architettura del  
programma di ricerca

1. Individuare concetti trasversali in MQ (big ideas)

2. Ipotizzare delle Learning Progressions per i concetti individuati

3. Validazione mediante questionario delle Learning Progression

4. Ri-progettazione ed adattamento delle Learning Progressions



## Domande di ricerca

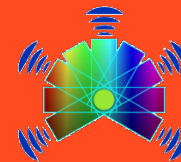
*Fino a che punto le learning progressions ipotizzate descrivono la comprensione degli studenti della meccanica quantistica ?*

*È possibile costruire una singola learning progression su tutta la meccanica quantistica?*

*Come progrediscono gli studenti nella loro comprensione della meccanica quantistica dalla fine della scuola superiore al terzo anno di università?*

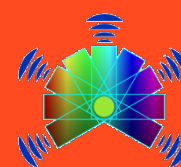
*Fino a che punto lo strumento sviluppato realmente misura la comprensione degli studenti dei concetti della meccanica quantistica?*





Il presente studio

*Quali sono le idee degli studenti del primo anno della triennale in fisica?*

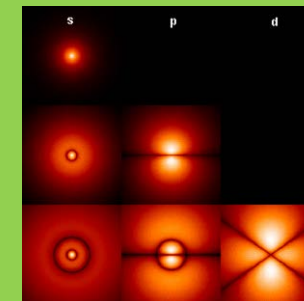
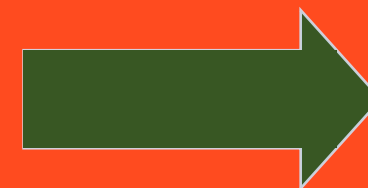
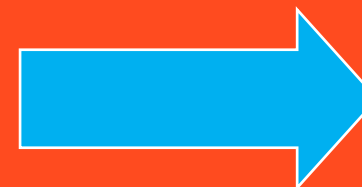


# Sviluppo del questionario

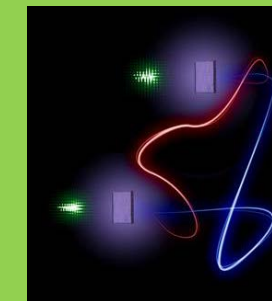
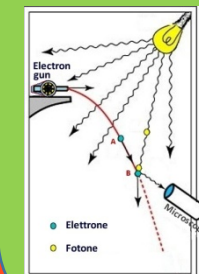
Letteratura didattica della fisica

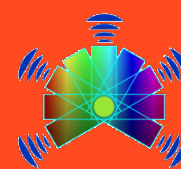
Libri di testo scolastici e universitari

Insegnanti esperti

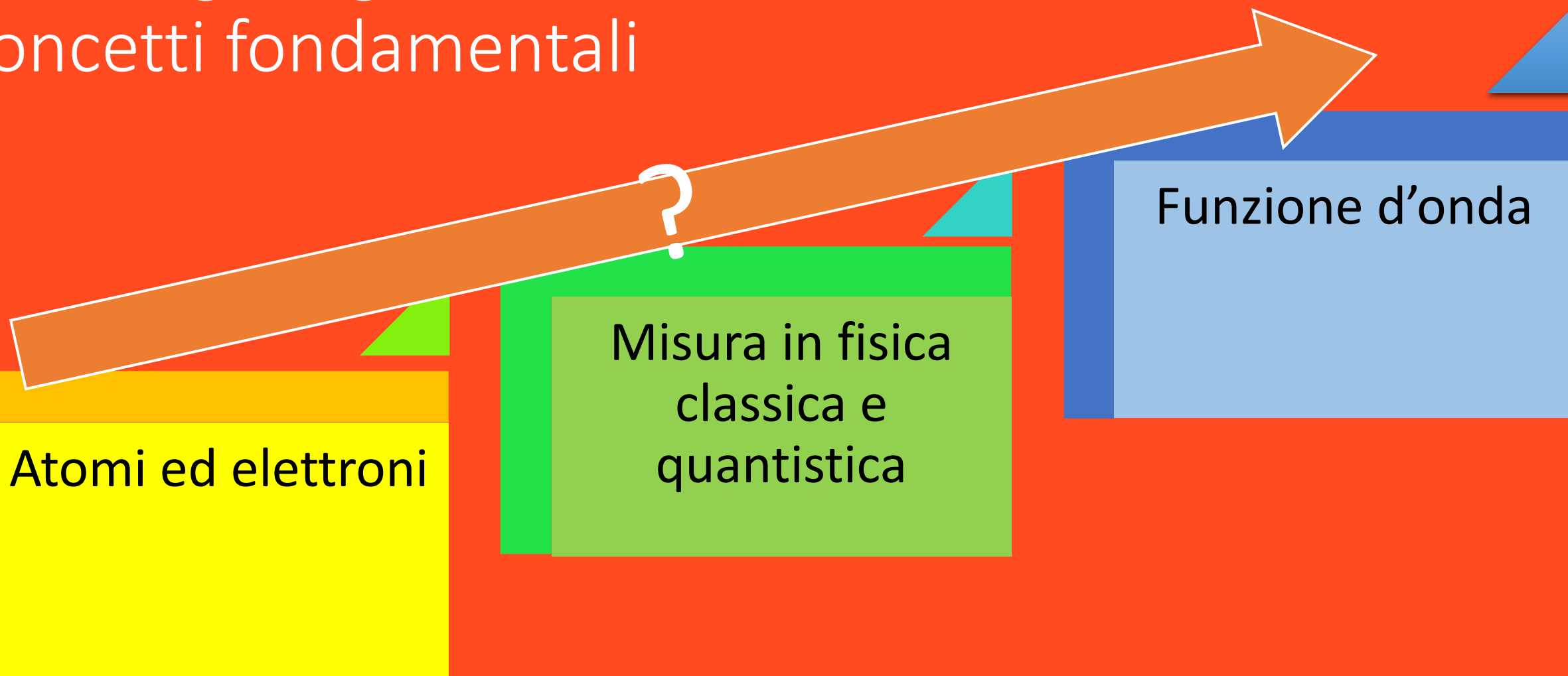


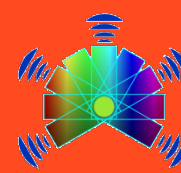
Concetti fondamentali





# Learning Progressions dei concetti fondamentali



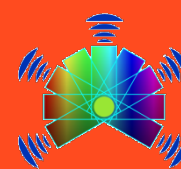


# Sviluppo del questionario

**10 domande concettuali (no applicazione tecniche risolutive di problemi): 3 su atomi ed elettroni; 3 sulla misura; 4 sulla funzione d'onda**

**Prima aperto → analisi delle risposte → costruzione delle alternative**

**4 alternative: incorrette (2); transizione (1); corretta (1)**



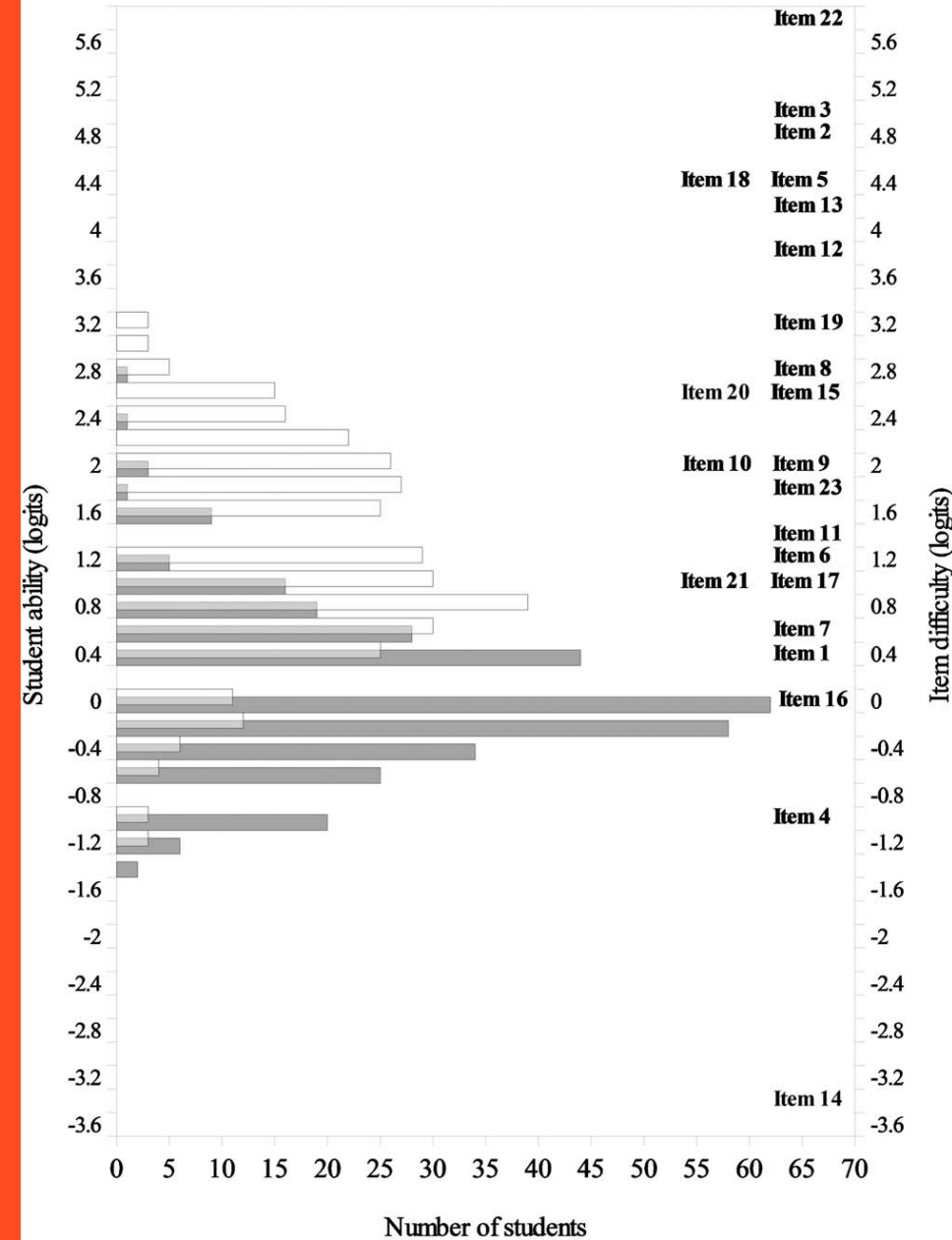
# Analisi dei dati – Mappa di Wright

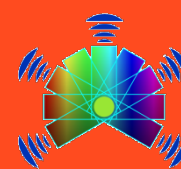
Modello di Rasch con credito parziale  
(Boone, Staver & Yale, 2014)

$$P(X_{pi} = 1 | \theta_p, b_i) = \frac{\exp[\theta_p - b_i]}{1 + \exp[\theta_p - b_i]}$$

Abilità studenti e Difficoltà domande nello stesso grafico

Studente con abilità = difficoltà della domanda ha il 50% di probabilità di rispondere correttamente a quella domanda





# Campione

76 studenti primo anno fisica

43 studenti primo anno matematica



Ipotesi partenza: essenzialmente solo corso di chimica per ora, in qualche caso anche fisica

130 studenti Masterclass particelle e attività PLS su MQ

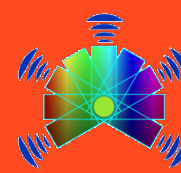


43 studenti terzo anno matematica (con corso di Fisica Moderna)

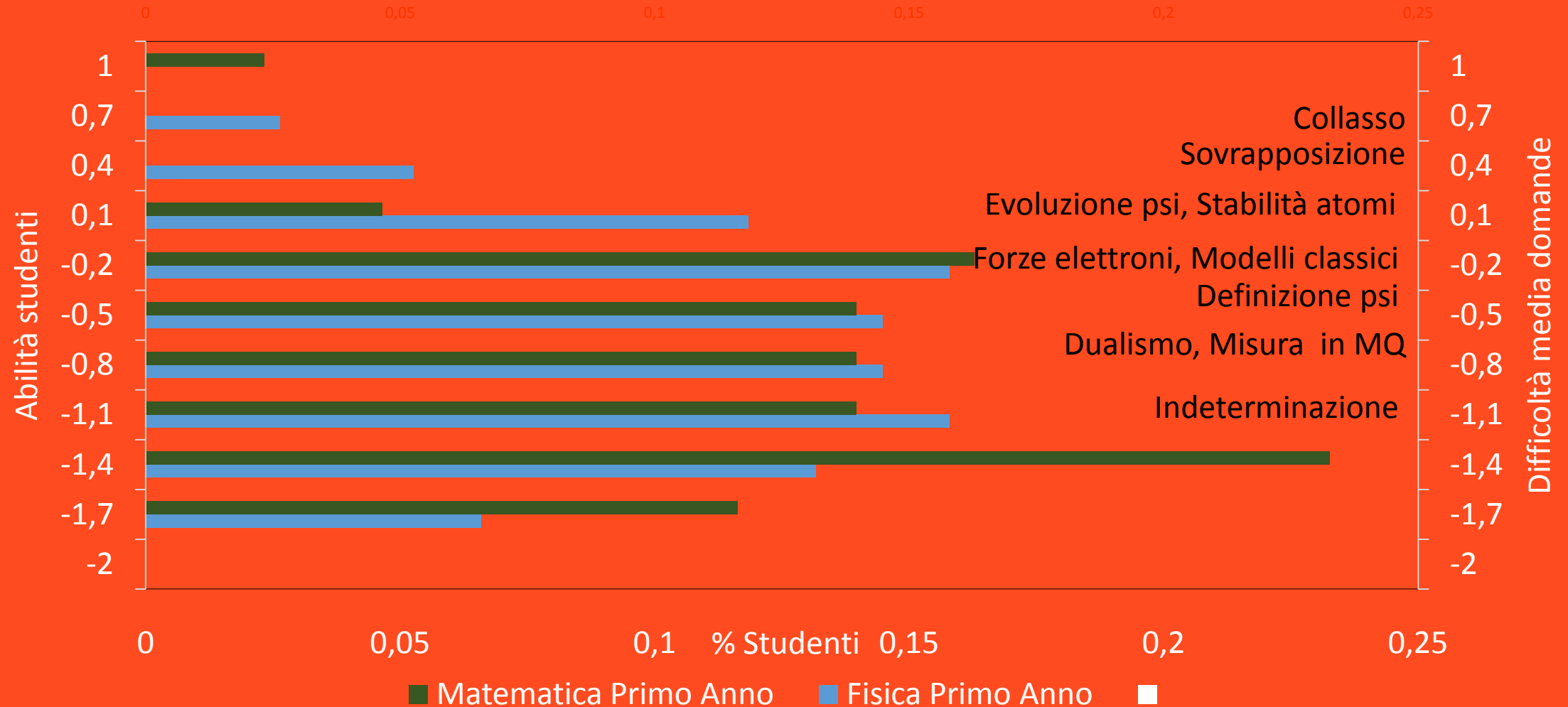
24 studenti terzo anno fisica (con corso di Metodi e Istituzioni)

**Totale N = 316**

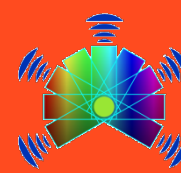




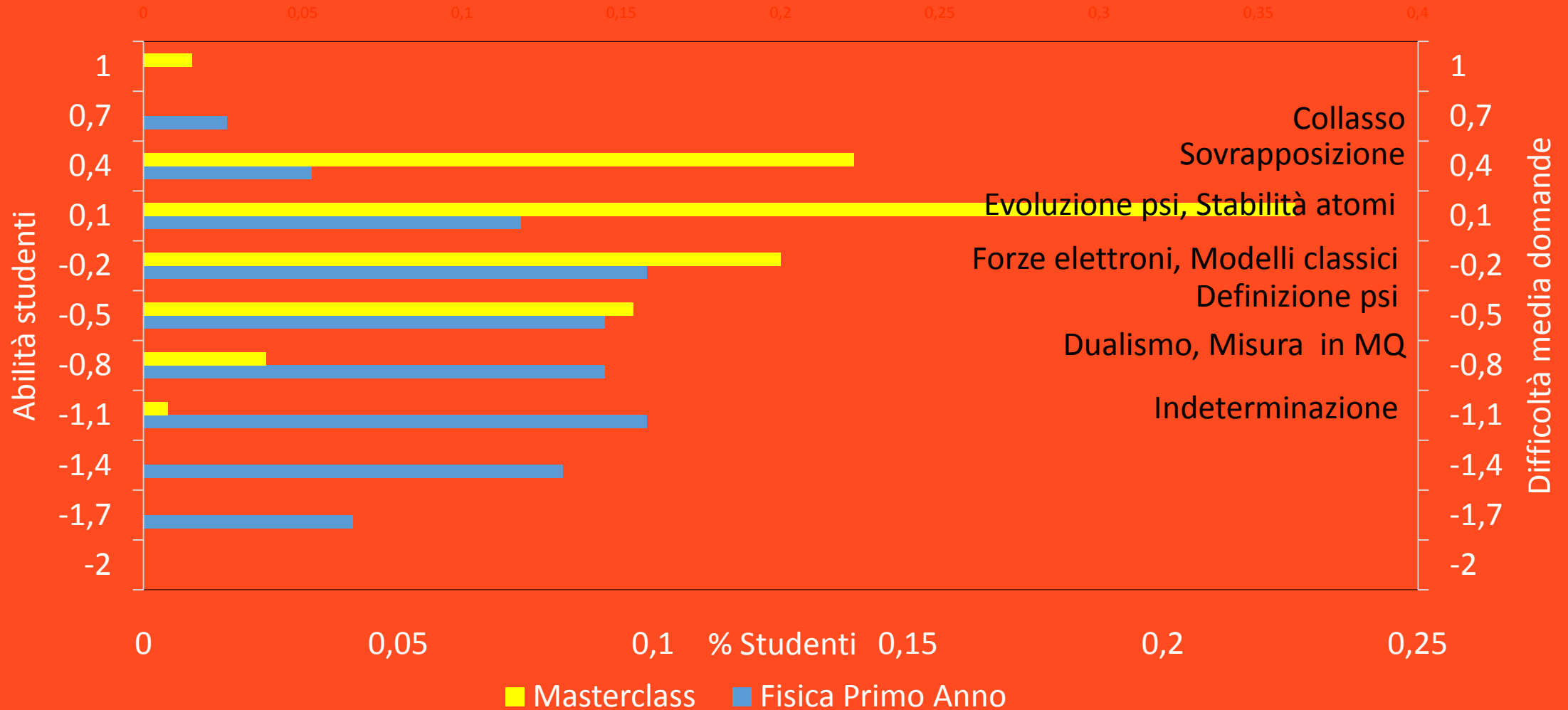
# Risultati – Difficoltà media delle domande

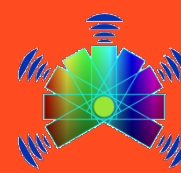




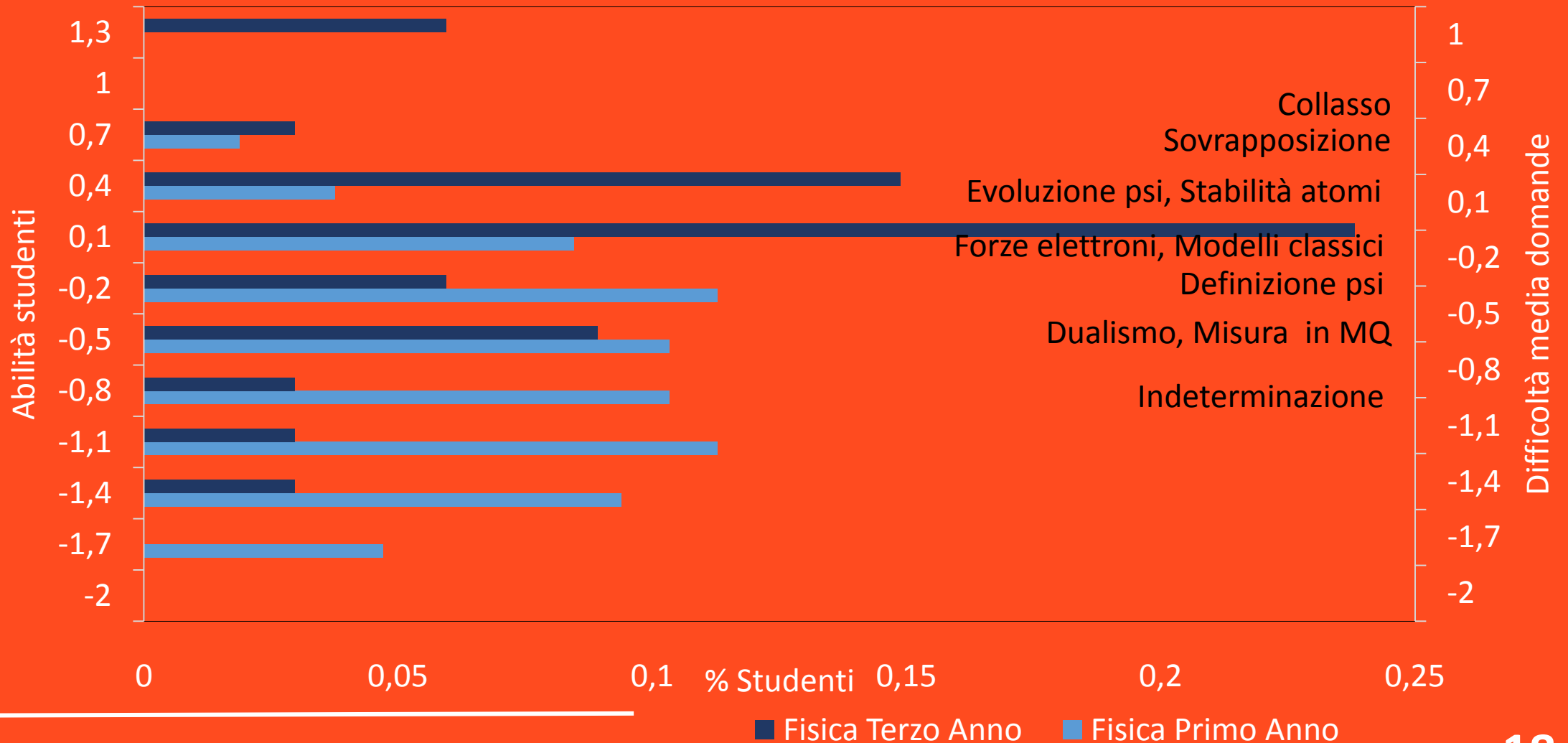


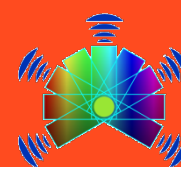
# Risultati – Difficoltà media delle domande





# Risultati - Difficoltà media delle domande



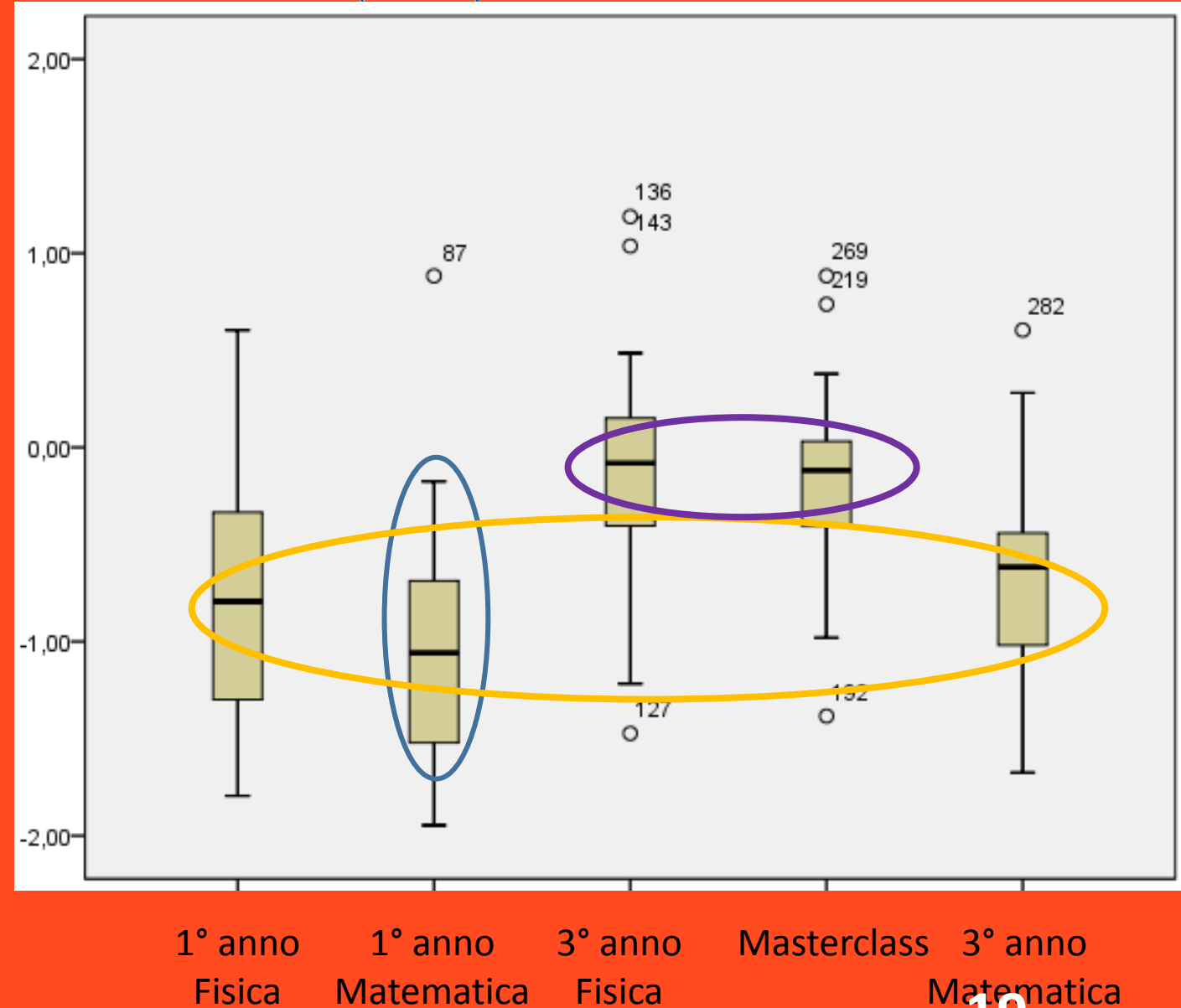


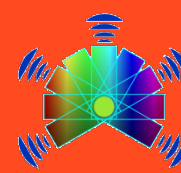
# Distribuzione studenti

Abilità media:  
-.51 ± .28 (dev.st.)

ANOVA	Logit (alfa = 0.05)		
<b>F = 35.849; p &lt; 10<sup>-4</sup></b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1° anno Matematica	-1.03		
1° anno Fisica		-.79	
3° Anno Matematica		-.70	
Masterclass			-.18
3° anno Fisica			-.14

Logit



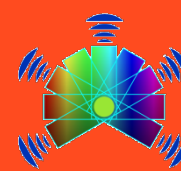


# Conoscenze sulla MQ matricole

Conoscenze su MQ dovute alla scuola secondaria (Chimica, Fisica) sembrano mediamente inadeguate

Matricole fisica sembrano aver approfondito maggiormente argomenti MQ rispetto a colleghi di matematica

Possibili fattori: motivazione personale, approfondimenti tematici su MQ, letture personali, raramente insegnanti

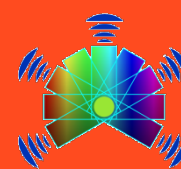


# Masterclass, PLS e corsi universitari

Masterclass e attività PLS sembrano importanti per migliorare la conoscenza qualitativa su QM anche se...

...anche se queste attività non motivano particolarmente i partecipanti a scegliere fisica come corso di studio (almeno a Napoli)

Corsi universitari possono fare di più per la conoscenza concettuale

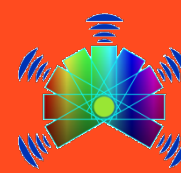


# Revisione delle learning progressions

Misura in fisica  
classica e  
quantistica

Atomi e elettroni

Funzione d'onda

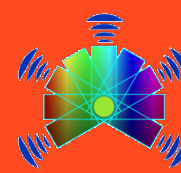


# Implicazioni per percorsi didattici

Concetto di misura sembra chiave introduttiva per MQ →  
polarizzazione luce, qubit

Sembra confermata la difficoltà di iniziare la MQ dagli esperimenti che misero in crisi la fisica classica (es. spettro atomo, corpo nero, effetto fotoelettrico)

Ruolo probabilità in MQ sembra essere facilmente assimilato →  
legge di Malus, crittografia quantistica



# Prossimi sviluppi

**Validazione di una learning progression che unisca le tre proposte**

**Sperimentazione basata sull'uso di polaroid, calciti (UD) e qubit (AU)**

**Revisione del questionario**

**Indagine con insegnanti**





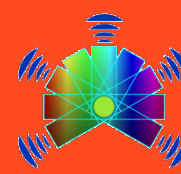
Dipartimento di Fisica

Università degli Studi di Napoli Federico II

International School of Advanced Studies

University of Camerino

Dipartimento di Matematica e Applicazioni



# Grazie dell'attenzione

[italo@na.infn.it](mailto:italo@na.infn.it)

@italo\_testa

