

## **Ambito C - Un percorso di formazione insegnanti: il moto curvilineo**

**Antonella PARISINI<sup>1</sup>, Francesco DI RENZO<sup>1</sup>, Daniele PONTIROLI<sup>1</sup> e Maura PAVESI<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Dipartimento di Scienze Matematiche, Fisiche e Informatiche, Università di Parma, Parco Area delle Scienze 7/A, 43124 Parma*

e-mail di riferimento: antonella.parisini@unipr.it

**Abstract** La trattazione del moto circolare è uno dei nodi concettuali nello studio della dinamica del punto materiale. Questo è in buona parte legato alla necessità sia dell'uso consapevole e congruo della notazione vettoriale, sia dell'introduzione di un sistema di riferimento inerziale non-fisso (mobile-locale) appropriato. Partendo dalle criticità nelle conoscenze di base riscontrate negli studenti al I anno di corsi universitari di ambito scientifico si è progettato un percorso di formazione per insegnanti di licei scientifici. Il messaggio per gli insegnanti: (1) facilitare agli studenti la comprensione dell'argomento attraverso la proposta di semplici esperimenti e domande mirate; (2) mantenere il rigore del linguaggio e della impostazione vettoriale del problema nella presentazione dell'argomento e nelle semplificazioni dei concetti, insistendo sul carattere vettoriale dell'accelerazione e la sua relazione con la variazione di velocità nello studio della cinematica; (3) valorizzare nella spiegazione l'importanza della scelta del sistema di riferimento, chiarendo dubbi attraverso discussioni, quesiti; (4) ritornare sugli argomenti a posteriori con quesiti mirati. Il metodo applicato: si è proposto un approccio al percorso di formazione che parte dall'esperimento e dall'osservazione del fenomeno con discussioni critiche: (a) Nel percorso si coinvolgono gli insegnanti nello svolgimento di alcuni semplici esperimenti, corredati da schede riassuntive, utili per stimolare la ristrutturazione degli stessi esperimenti come attività laboratoriale per i propri studenti, adeguandoli al gruppo classe e al materiale disponibile. Si offre la possibilità di supporto al docente di tutor universitari nella successiva fase attuativa degli esperimenti, sia per la progettazione delle esperienze per i ragazzi che la realizzazione in classe delle stesse (formazione situata). (b) Come stimolo verso una impostazione vettoriale dello studio della dinamica e una adeguata scelta del sistema di riferimento, essenziale nel caso del moto curvilineo, si sceglie di mostrare con quali dubbi non risolti gli studenti affrontano lo studio universitario, soprattutto con riferimento al vettore accelerazione, e quali le soluzioni sperimentate in questo ciclo di studi, aprendo una discussione critica. Il grado di approfondimento proposto del calcolo vettoriale va certamente calibrato sulle capacità di studio degli studenti, ma è importante non scendere a fuorvianti semplificazioni o confusione fra accelerazione centripeta e centrifuga. Si propone di applicare la stessa logica "di osservazione all'indietro" nel contesto classe, facendo ricerca sui propri studenti per fare emergere i limiti dell'acquisizione dell'argomento e possibili soluzioni: possibile la collaborazione fra docenti universitari e scolastici, se richiesta, per impostare l'indagine. (c) Si propongono approfondimenti di livello universitario agli insegnanti, nella convinzione che sia importante dominare gli argomenti per poterli spiegare con rigore e scegliere la semplificazione ottimale. Occasione anche per suggerire contesti di ricerca in cui la conoscenza dell'argomento è critica.

## **Section C - A teacher training course: curvilinear motion**

**Antonella PARISINI<sup>1</sup>, Francesco DI RENZO<sup>1</sup>, Daniele PONTIROLI<sup>1</sup> e Maura PAVESI<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Mathematical, Physical and Computer Sciences, University of Parma, Parco Area delle Scienze 7/A, 43124 Parma*

e-mail: antonella.parisini@unipr.it

**Abstract** The circular motion is one of the conceptual nodes in the study of the dynamics of the material point, because of the need for both the conscious and congruous use of vector notation and the introduction of an appropriate non-fixed (mobile-local) inertial reference system. Starting from the main knowledge gaps found in first-year university students on scientific topics, a training course was designed for teachers of scientific high-schools. Main messages for teachers: (1) facilitate students' understanding of the topic by proposing simple experiments and targeted questions; (2) maintain the rigor of the language and the vector notation in the presentation of the topic and in the simplifications of concepts, insisting on the vector property

of acceleration and its relationship with the variation of the velocity vector in the study of kinematics; (3) enhance the importance of the optimal choice of the reference system, clarifying doubts through discussions and questions; (4) review this topics repeatedly even in subsequent years, with targeted questions a posteriori. Applied method: the proposed approach to the training course starts from the experiment and the observation of the phenomenon, followed by a critical discussion: (a) The course involves teachers by carrying out, during the course, some simple experiments accompanied by summary sheets. These are useful to stimulate the repeating of the same experiments as a laboratory activity for their students, once properly adapted to the class group and to the material available. Teachers were offered a support from a university tutor in the subsequent implementation phase of the experiments both in designing the experiences for students and in presenting the latter to the class (*located training*). (b) The vector approach to the study of dynamics and an adequate choice of the reference system is essential in the case of curvilinear motion. We choose to point out solutions tested in the university courses regarding some unresolved doubts of students at the beginning of the course (due to previous education), especially in reference to the vector acceleration. A critical discussion was to follow. Even if the degree of in-depth study of the vector calculus which should be proposed must certainly be calibrated on the study skills of students, it is important to avoid misleading simplifications and confusion between centripetal and centrifugal acceleration. It was proposed to the teachers to apply the same logic of "*backward observation*" to the class, carrying out a research on their students to bring out the limits in the acquisition of a previous topic and look for possible solutions to fill the gap: the collaboration between university- and school-teachers is possible, if required, to set up the survey. (c) University-level insights are proposed to teachers, in the belief that it is important a high knowledge of arguments to be able to explain them rigorously and to choose the optimal simplifications. This can be also an opportunity to suggest to teachers some research areas where knowledge of the subject is critical.

## 1. Introduzione

In una società sempre più tecnologica ed evoluta, una solida formazione scientifica degli individui, indipendentemente dal loro ruolo nel mondo del lavoro, diventa fondamentale per sviluppare il senso critico del singolo e l'autonomia di scelta. La diffusione della cultura scientifica nella società passa certamente attraverso la scuola. La capacità di trasmettere conoscenze deve evolvere con l'obiettivo di coinvolgere e interessare larga parte degli studenti indipendentemente dalla predisposizione naturale verso le materie scientifiche e dall'interesse individuale prevalente. È quindi di importanza cruciale trovare strategie adeguate per motivare il numero più elevato possibile degli studenti elevandone la capacità di giudizio. È importante notare che in parallelo allo sviluppo scientifico, la globalizzazione e il mondo del web hanno portato ad una diffusione e condivisione molto rapida non solo delle conoscenze scientifiche ed umanistiche ma anche della mistificazione della cultura: sapere discriminare informazioni oggettive e fondate da messaggi contraffatti e opinioni senza un solido fondamento diventa condizione essenziale per sviluppare autonomia di valutazione e scelta ed una visione salda della realtà, evitando manipolazioni e plagi.

Fra le materie scientifiche, la fisica occupa una posizione di primo piano per rilievo culturale, in virtù degli strumenti che offre per la conoscenza e la corretta interpretazione non solo dei fenomeni naturali, ma anche dei processi che sono alla base di sviluppo e innovazione tecnologia del nostro tempo. D'altra parte è diffuso - più forte che per altri insegnamenti scientifici - un pregiudizio di natura spesso irrazionale ed emotiva per questa disciplina, che allontana gli studenti dallo studio della materia per scarsa autostima verso le proprie potenzialità, o per insicurezza a fronte del rigore formale richiesto dello studio.

È per questo molto importante riuscire a ricucire un legame attrattivo reciproco fra studenti e tematiche fisiche. Un approccio prima di tutto fenomenologico alla materia piuttosto che formale, che solleciti e valorizzi la buona intuizione nella interpretazione dei fenomeni che ci circondano, può essere un metodo vincente, riservando la parte più impegnativa di formalizzazione dei fenomeni agli studenti più appassionati e predisposti.

Quindi primo aspetto: privilegiare un approccio laboratoriale alla disciplina. Insegnanti di formazione non fisica possono essere a disagio in una simile impostazione della didattica curricolare: i corsi di formazione per insegnanti hanno il compito di offrire soluzioni in aiuto a questa difficoltà.

Secondo aspetto: individuare i nodi concettuali, cioè gli argomenti su cui più facilmente si incontrano difficoltà di comprensione. Anni di insegnamento della fisica suggeriscono che determinati argomenti sono più difficili per tutti gli studenti. Forse sono anche gli argomenti che gli stessi insegnanti, per la difficoltà intrinseca dei concetti, fanno più fatica a rendere chiari. È su questi nodi che si deve insistere maggiormente con un approccio didattico alternativo.

Terzo aspetto: individuare strategie di controllo della comprensione di questi argomenti, ritornando a discuterli in fasi successive del programma di studio, attraverso test, simulazioni, applets, collegamenti con argomenti e contesti diversi.

In questo articolo sarà descritto un percorso di formazione insegnanti effettivamente proposto ad un gruppo di lavoro, ma interrotto dal problema della pandemia da SARS-COV 2, esploso nella primavera del 2020 e prolungatosi per gran parte dell'anno scolastico successivo. Non sarà quindi possibile per ora descriverne l'efficacia e il grado di attuazione della pratica nelle classi.

## 2. Descrizione del percorso

Sarà di seguito illustrato il percorso di formazione, partendo dall'esperienza ispiratrice e concludendo con i dettagli dell'attuazione pratica.

### 2.1. Esperienza ispiratrice

L'osservazione di generazioni di studenti frequentanti corsi di laurea (ora laurea triennale) ad elevata numerosità di iscritti ha permesso di acquisire informazioni statisticamente significative sull'approccio allo studio della fisica, con particolare riferimento alle matricole, sulle quali più facilmente si coglie la qualità della formazione acquisita nel ciclo di studi pre-universitari.

È stato possibile in particolare individuare e isolare sia (i) veri e propri *nodi concettuali*, che sono indipendenti dalle proposte didattiche dell'Istituto Scolastico Superiore di provenienza, sia (ii) *difficoltà di acquisizione* in specifiche e ricorrenti categorie di argomenti, riconducibili a inadeguatezze nella formazione pregressa, o per lacunosità nello studio da parte dello studente, o per carenze nella presentazione dell'argomento da parte dell'insegnante.

L'analisi delle problematiche è stata possibile attraverso un approccio il più possibile interattivo con gli studenti frequentanti durante le lezioni teoriche, compatibilmente con l'elevata numerosità, e attraverso la proposta di cicli regolari di esercitazioni comprensivi di test di autovalutazione. Sia i momenti di esemplificazione della teoria, sia di esercitazione, sono state attuate con compresenza del docente accademico e uno o più docenti delle scuole superiori. La collaborazione con insegnanti della scuola superiore è stata resa possibile da un progetto attuato dall'Ateneo di Parma in collaborazione con il Provveditorato agli Studi di Parma, il progetto I.D.E.A. (Integrazione Didattica per Esercitazioni Assistite) [1]. Il progetto viene rinnovato annualmente da oltre un decennio.

L'esperienza maturata ha portato ad individuare **il moto circolare** come un argomento critico in cui possono essere riconosciute entrambe le problematiche sopra citate, (i) e (ii), identificandolo, quindi, sia come nodo concettuale che come punto di debolezza nella formazione scolastica superiore. Si può pensare che alla radice di queste difficoltà ci siano tre componenti: (1) il grado di chiarezza con cui è presentata la grandezza accelerazione come vettore e (2) la modalità di scelta del sistema di riferimento che viene proposta. La terza componente (3) è la frequente mancanza della sperimentazione laboratoriale e successiva rielaborazione.

Da queste considerazioni è scaturita la proposta di un percorso per formazione insegnanti sulla tematica del moto circolare, con l'obiettivo di trovare insieme agli insegnanti di scuola superiore una modalità di approccio che anticipi, evitandole, le difficoltà di comprensione suddette. Si può definire questo metodo di *osservazione all'indietro* (o *backward analysis*), quale modalità didattica di indagine sul grado di assimilazione di specifici nodi concettuali che può prevedere una attività di collaborazione fra docenti di cicli di studio diversi ma anche, come sarà sottolineato più avanti, di un stesso docente in momenti/anni diversi di un determinato ciclo di studi.

Da questo punto di vista, il momento del corso di formazione per gli insegnanti è solo l'inizio della collaborazione. Le strategie vanno individuate in relazione al contesto classe specifico, con attuazioni pratiche evidentemente diverse da un Istituto Scolastico all'altro, essendo con elevata probabilità diverse le categorie di studenti, ma con la stessa comune intenzione di evitare quelle semplificazioni didattiche che evolvono poi in fraintendimenti dell'argomento, insufficiente comprensione e distorsione o addirittura rigetto.

### 2.2. *Messaggi per gli insegnanti nel percorso di formazione*

In questo percorso di formazione l'esperienza pratica è considerata un **punto cardine** del processo di insegnamento, quindi nello studio va data centralità all'osservazione del fenomeno, lasciando spazio, naturalmente nei limiti dell'applicabilità negli specifici contesti classe, alle interpretazioni intuitive dei fenomeni, seguite da discussioni critiche guida, verso la descrizione formale. Questo è in linea con un approccio all'insegnamento della fisica nelle scuole superiori proposto in varie versioni nella letteratura e considerato strategico per un più efficace insegnamento e più completo apprendimento della fisica [2,3]. Importanti anche le simulazioni del fenomeno e l'uso critico di applet. Utile riconoscere il fenomeno nella vita di tutti i giorni, suggerendo contesti applicativi. Chiaramente una impostazione del genere richiede tempo, che viene tolto ad altra attività curricolare. Vanno per questo fatte scelte ponderate: deve essere prevista una attività di laboratorio curricolare.

Il **secondo messaggio** riguarda la ricerca delle semplificazioni nella presentazione degli argomenti: il rigore nel linguaggio e il carattere vettoriale delle grandezze deve essere fatto salvo anche in una descrizione elementare. Appare sorprendente, ma risulta insinuarsi facilmente fra gli studenti una erronea sovrapposizione dei concetti cinematici di velocità e di accelerazione o talvolta non è chiara la relazione fra decelerazione, verso di percorrenza del moto e variazione del modulo della velocità. Dubbi di questo tipo rimangono talvolta (troppo spesso) irrisolti e percepibili all'impatto con lo studio di livello universitario.

Insistere per tempo (nella scuola superiore) su questi concetti, mostrando ad esempio come l'accelerazione possa implicare sia variazione del solo modulo della velocità o della sola direzione, o in casi più complessi, di entrambe, ma anche il richiamarli frequentemente per consolidarli, diventano azioni essenziali per alzare il livello culturale degli studenti che lasciano la scuola superiore. Utile anche ricorrere a schemi grafici, immagini semplici ma rigorose. Questo obiettivo è ancora più importante per gli studenti che non optano, nel ciclo di studi universitario, per corsi di laurea di tipo scientifico e che quindi non avranno successive occasioni per sanare tali lacune. Parola chiave per questo messaggio: *rigore nella semplicità*.

Da qui parte il **terzo messaggio**: la scelta ottimale del sistema di riferimento per impostare la legge del moto. È certamente il passo più complesso. Possibile se il secondo messaggio è stato ben veicolato. Non corretto rinunciare a priori alla proposta, come invece alle volte accade, anche in Istituti Scolastici di livello formativo scientifico nominalmente elevato.

Infine, **applicazione del metodo** di osservazione all'indietro ai propri studenti può consentire di sanare lacune durante lo stesso ciclo di studi superiore. Si tratta di non considerare mai chiuso un argomento cardine, che può essere ripreso in anni scolastici successivi e integrato, traendo vantaggio da conoscenze matematiche divenute più complete.

Fra questi argomenti può essere inserito il moto circolare, che può essere richiamato nella discussione del moto di corpi carichi trattando l'elettromagnetismo. Si possono proporre test di autovalutazione, non necessariamente considerati con fini valutativi, sugli argomenti che con più difficoltà sono compresi ed assimilati.

### 2.3. *Struttura del percorso*

Per dare rilievo e centralità all'aspetto laboratoriale della didattica, nel percorso di formazione sono state previste circa 4 ore di attività in laboratorio per gli insegnanti, nelle quali sono stati presentati semplici banchi di misura sperimentali, corredati di schede guida. Oltre a essere descritte possibili esperienze poi riproponibili in classe, sono state fornite anche informazioni sulla reperibilità del materiale o alternative a quanto mostrato. Importante sottolineare che agli insegnanti è stato chiesto di svolgere qualcuno a scelta degli esperimenti mostrati, come loro attività durante il corso di formazione. Altra nota di rilievo:

è stata offerta agli insegnanti la disponibilità di tutor universitari ad affiancarli nella fase attuativa degli esperimenti in classe con i propri studenti, secondo il metodo, già valorizzato in altri studi di didattica della fisica, della *formazione situata* [4].

Esempi delle esperienze sono mostrate in Figura 1. Possono essere utilizzati semplici oggetti facilmente reperibili, come un giradischi (Figura 1(a)), che consente di visualizzare il moto circolare uniforme, discutere la forza centripeta, ma anche proporre richiami alla forza attrito. Oppure, con utilizzo di un disco di Newton (Figura 1(b)), è possibile proporre discussioni correlate con le caratteristiche della visione umana, durante lo studio dell'ottica, creando l'occasione per rinforzare le conoscenze sul moto circolare. Possono essere realizzati sistemi di misura più complessi, come la bilancia centrifuga (Figura 1(c,d)), cui una massa (una sferetta) è mantenuta in posizione stazionaria ad una determinata altezza lungo un braccio meccanico inclinato rotante, in relazione alla velocità angolare del braccio stesso. Versioni più semplici di questo esperimento possono essere pensate per il trasferimento in classe dell'esperimento.

L'attività di laboratorio è stata preceduta da circa 2 ore di formazione frontale teorica in cui si è presentata l'esperienza di didattica universitaria per una *azione specchio*: mostrare con quali dubbi non risolti gli studenti affrontano lo studio universitario e quali sono state le soluzioni trovate con focus su linguaggio vettoriale e scelta del sistema di riferimento, discutendo le strategie che con successo hanno elevato la qualità delle prestazioni degli studenti in sede di esame sull'argomento. La presentazione aveva come obiettivo la discussione dell'esperienza descritta e il grado di trasferibilità nella scuola superiore (scalando opportunamente il livello di difficoltà), ma anche fare emergere problematiche segnalate dai docenti e possibili soluzioni alternative. La discussione voleva inoltre suggerire che lo stesso metodo di osservazione per individuare le lacune pregresse (*osservazione all'indietro*) è attuabile già durante il ciclo di studi pre-universitario da parte del singolo docente, cercando le criticità del proprio gruppo di studenti accumulate nei mesi/anni precedenti di studio. Nella ricerca, la collaborazione con docenti universitari può essere di supporto. Questa indagine può essere considerata un esempio di "ricerca sulle modalità di apprendimento della fisica" [4]. Esiste una analogia fra il metodo proposto per verificare la qualità dell'apprendimento e ciò che nella *Logica dell'Indagine* si definisce un *approccio regressivo* alla ricostruzione di eventi che portano ad una situazione finale, partendo cioè dagli aspetti noti e ricercando all'indietro i fatti scatenanti, in contrapposizione ad un *approccio progressivo*, in cui dalla conoscenza dei fatti si deducono, in avanti, le conseguenze. Su questi due diversi approcci si basano fra l'altro metodi di *Problem Solving* applicati a problemi matematici [5 e citazioni ivi riportate]. Nella convinzione che sia importante dominare gli argomenti per poterli spiegare con rigore e scegliere la semplificazione ottimale, è stato infine proposto, per altre 2 ore di attività teorica frontale, un approfondimento di livello universitario dell'argomento del corso, consistente in una semplice trattazione delle rotazioni con linguaggio matriciale. Questa scelta è in linea con una visione della formazione insegnanti che punta sulla competenza professionale, per potenziare la "abilità ad indirizzare, padroneggiare e gestire specifiche conoscenze e metodi relativi all'area di interesse" [4].

In un corso di questo tipo, un incontro conclusivo, successivo alla esperienza di laboratorio, diventa necessario per una rielaborazione delle proposte e definizione delle strategie d'azione nei diversi contesti scolastici. Sarebbe auspicabile anche una discussione collegiale delle problematiche: sono i docenti della Scuola i migliori portavoce ed esperti delle problematiche reali, a cui è utile che la docenza universitaria contribuisca a dare una risposta, agendo in collaborazione. Va purtroppo osservato che una simile proposta può incontrare difficoltà a essere attuata da parte dei docenti-utenti del corso, forse per la prevalenza di pregiudizi corporativi fra docenti di Istituti Scolastici diversi.

#### 2.4. Osservazioni sulla partecipazione al percorso

Hanno partecipato al percorso una quindicina di insegnanti provenienti da vari Istituti scolastici di Parma, della provincia o di altre province nella regione Emilia Romagna. Il percorso è stato inserito sulla piattaforma ministeriale SOFIA [6].

Pur non essendo stato possibile concludere il percorso completando la fase di discussione metodologica, e neppure attuare l'attività nel contesto classe con l'intervento dei tutor nelle classi, a causa del sopraggiunto obbligo di svolgimento a distanza delle lezioni in seguito alla diffusione pandemica del virus SARS-COV 2, la proposta della attività di laboratorio ha riscosso certamente interesse, sebbene il

coinvolgimento diretto nell'esecuzione degli esperimenti abbia suscitato qualche difficoltà in alcuni insegnanti. È certamente di interesse inoltre la proposta di individuazione delle criticità nella comprensione di specifici argomenti, e successiva discussione con uno sforzo collettivo per proporre soluzioni. In questo contesto il metodo di osservazione all'indietro può essere utilmente applicato.



Figura 1. Allestimento di semplici esperimenti sul moto circolare: (a) giradischi dotato di fotocellula per l'acquisizione del periodo di rotazione; (b) disco di Newton, dotato di un proprio motorino per il controllo del moto di rotazione, (c) braccio inclinato rotante, che permette di mettere in relazione la velocità angolare del braccio e la posizione, stazionaria, di una sferetta che può spostarsi lungo il braccio stesso. La sferetta è mantenuta in guida da una scanalatura ricavata lungo il braccio rotante: in figura, la freccia indica un fermo che impedisce la discesa della sferetta a velocità angolare nulla, che può essere rimosso quando il braccio è in rotazione, per consentire l'esperimento. (d) Dettaglio del sistema, visto dall'alto. Il braccio rotante è collocato in una teca che isola dall'ambiente il braccio rotante, creando uno schermo protettivo. In (c) il sistema di misura è posizionato in un laboratorio: si specifica che si vedono sullo sfondo tavoli di lavoro e sgabelli per una più corretta interpretazione dell'immagine.

### 3. Considerazioni finali

Si ritiene questo schema un approccio originale ed utile alla formazione insegnanti che li coinvolge in modo attivo e propositivo. Tre i passi fondamentali: (i) attività di laboratorio proposta ai docenti durante

il corso; (ii) ricerca di criticità nella formazione (acquisita nel ciclo di studi precedente) degli studenti che affrontano gli studi universitari; (iii) potenziamento delle conoscenze dei docenti sull'argomento. L'attività sul moto circolare potrà essere perfezionata e riproposta, ma, nella stessa logica, nuovi percorsi di formazione insegnanti potranno essere organizzati in modo analogo, focalizzati su altri argomenti identificabili come nodi concettuali.

È certamente fondamentale valutare gli effetti del metodo quando calato nella didattica reale. Si sottolinea a questo proposito la proposta di supporto ai docenti nella fase attuativa dell'attività di laboratorio con l'intervento di tutor, implicita nel percorso di formazione e attuabile come azione del Piano Lauree Scientifiche (PLS [7]) di ambito fisico [8,9].

Va considerato che la parte laboratoriale, se non compatibile con la tempistica della normale attività curricolare, può costituire una occasione di approfondimento come attività di orientamento al di fuori del tempo scuola. Se inserita nel tempo scuola, l'impostazione richiede una parziale ridefinizione delle priorità nello svolgimento degli argomenti e loro approfondimento. Importante capire, eventualmente attraverso test preliminari su gruppi di studenti selezionati, se il diverso approccio consente di migliorare il metodo di studio, risultando quindi, sinergicamente, in un vantaggio in termini di rapporto tempo investito/qualità della preparazione globale.

#### 4. Ringraziamenti

La coautrice Prof.ssa Antonella Parisini desidera ringraziare la Prof.ssa Alessandra Chiari, docente del Liceo Scientifico G. Ulivi di Parma, per la lettura del manoscritto, e soprattutto per le innumerevoli occasioni di riflessione appassionata sull'insegnamento della fisica e le possibili problematiche ad esso correlate, per la felice esperienza condivisa di sperimentazione didattica, attuata per anni nel biennio di corsi di laurea in ingegneria dell'Ateneo di Parma, nell'ambito del Progetto I.D.E.A. [1]. A questo proposito, un ringraziamento è riservato anche alla Prof.ssa Rosaria Evangelista, docente del Liceo Scientifico G. Ulivi di Parma, entusiasticamente intervenuta per molti anni durante le attività di esercitazione in compresenza a tre docenti, per una più capillare ed efficace assistenza agli studenti durante queste lezioni.

#### 5. Riferimenti

- [1] Sito Progetto I.D.E.A. UNIPR: <https://smfi.unipr.it/it/progetto-idea>
- [2] D. Sokolowska, M. Micheli, 2018 *The Role of Laboratory Work in Improving Physics Teaching and Learning*. Cap. 2 p. 15, Springer Nature Switzerland AG [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96184-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96184-2_2)
- [3] Eugenia Etkina 2015 *Am. J. Phys.* **83**, 669 *Millikan award lecture: Students of physics – Listeners, observers or collaborative participants in physics scientific practices*. <https://dx.doi.org/10.1119/1.4923432>
- [4] Marisa Michelini, Lorenzo Santi, Alberto Stefanel, 2015 *La formazione degli insegnanti in fisica come sfida di ricerca: problematiche, modelli, pratiche*. Giornale Italiano della Ricerca educativa. Ricerche anno VIII n.14 Pensa MultiMedia editore s.r.l. ISSN 2038-9736 (on-line: ISSN 2038-9744)
- [5] C. Soldano, G. Di Caprio, 2019 *Un gioco-indagine per scoprire teoremi di geometria*. Didattica della matematica. Dalla ricerca alle pratiche d'aula, (6), 65 - 80, <https://doi.org/10.33683/ddm.19.6.3>
- [6] Sito MIUR SOFIA: <https://sofia.istruzione.it/>
- [7] Sito nazionale PLS: <https://www.pianolaureescientifiche.it/>
- [8] Sito nazionale PLS-Fisica: <http://www.laureescientifichefisica.unict.it/>
- [9] Sito PLS-Fisica UNIPR: <https://smfi.unipr.it/it/orientamento/pls-piano-lauree-scientifiche-fisica>