



Il Colle di
Galileo

La fisica per la formazione dei docenti della scuola primaria e secondaria

Physics for the training of primary and secondary school teachers

Samuele Straulino

Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Firenze, Italy

samuele.straulino@unifi.it

Introduzione

La formazione dei docenti in Italia è affidata, da oltre due decenni, a percorsi universitari specifici e riguarda, con modalità diverse, gli insegnanti che si rivolgono alla fascia di età 3-19, (scuola dell'infanzia, scuola primaria e scuola secondaria di primo e di secondo grado). Infatti, allo stato attuale, tutte le tipologie di istruzione prevedono un percorso formativo per l'insegnamento, che include vari aspetti fondamentali per il futuro docente: la didattica disciplinare, il tirocinio, la didattica trasversale (aperta a molteplici contributi provenienti dalle discipline pedagogiche, psicologiche, antropologiche, dalla normativa, dall'area linguistica e digitale). Una scrupolosa formazione dei docenti, sia dal punto di vista disciplinare che didattico, è ritenuta fondamentale per migliorare la qualità dell'istruzione, su cui le indagini a larga scala evidenziano aspetti di difficoltà per l'ambito scientifico [1].

Introduction

For over two decades, teacher training in Italy has been entrusted to specific university courses and, in different ways, it is aimed at teachers who work with children and teenagers between the ages of 3 and 19 (pre-school, primary school and lower and upper secondary school). As things stand, all types of education require a teacher training course, which covers various fundamental aspects for future teachers: teaching of the specific subject, internships, cross-curricular teaching (open to multiple contributions from the fields of pedagogy, psychology, anthropology, legislation, linguistics and digital technology). Thorough training of teachers, both from a subject-based and teaching point of view, is considered essential for improving the quality of education, which large-scale surveys highlight as an area of difficulty in the scientific field [1].

The first two levels of education follow a standard curriculum and are covered by the five-year single-cycle degree course in Primary Education Sciences (SFP), which includes the sub-

Per i primi due livelli di istruzione, il percorso formativo è comune e si realizza all'interno del corso di laurea quinquennale a ciclo unico di *Scienze della formazione primaria* (SFP), che comprende le discipline e le modalità formative appena descritte, abilitando direttamente alla docenza. In Italia tale corso di laurea è stato attivato per la prima volta nell'anno accademico 1998/99, a pochi mesi dal decreto istitutivo (decreto MURST 26 maggio 1998).

Per i due livelli scolastici successivi, è necessario conseguire una laurea magistrale di indirizzo e proseguire la formazione con specifici corsi abilitanti. Questa tipologia di percorsi formativi è stata avviata nel 1999 con la SSIS (Scuola di Specializzazione all'Insegnamento Secondario) e, dopo un iter faticoso, caratterizzato dalla sospensione della SSIS, sostituita da altre proposte poi rapidamente abbandonate, è ripartita nel 2024 con il Percorso Formativo da 60 CFU (PF60), che è ormai giunto al III ciclo.

L'esperienza didattica svolta in ambito SFP, SSIS e PF60 in tanti atenei italiani negli ultimi 25 anni si interseca con la ricerca didattica in fisica e la arricchisce con nuovi spunti di riflessione [2-7]. I percorsi formativi per i docenti sono ormai una realtà consolidata e strutturata, con molti aspetti che è importante valorizzare e condividere.

La formazione dei docenti della Scuola dell'infanzia e primaria

Molte ricerche pedagogiche [8] hanno messo in evidenza che lo studio delle scienze fornisce al bambino strumenti che contribuiscono a sviluppare le sue ca-

jects and teaching methods described above and leads directly to a teaching qualification. This degree course was first launched in Italy in the 1998/99 academic year, a few months after the decree establishing it (MURST decree of 26 May 1998).

In order to teach the next two school levels, it is necessary to obtain a master's degree in the specific subject and continue training with specific qualifying courses. This type of training programme was launched in 1999 with the SSIS (School of Specialisation in Secondary Education) and, after a difficult evolution, characterised by the suspension of the SSIS, replaced by other proposals that were quickly abandoned, it resumed in 2024 with the 60-credit Training Programme (PF60), which is now in its third cycle.

The teaching experience gained in the SFP, SSIS and PF60 programmes in numerous Italian universities over the last 25 years intersects with educational research in physics and enriches it with new stimuli [2-7]. Teacher training courses are now a well-established and structured practice, with many aspects that it is important to promote and share.

Training for pre-school and primary school teachers

Many pedagogical studies [8] have shown that the study of science equips children with tools that help them develop their ability to critically interpret the world around them. At both pre-school and primary school level, children's exploration and curiosity are the driving forces behind any scientific activity. Italian schools today are keen to promote an experience-

pacità di interpretare criticamente il mondo circostante. Sia alla scuola dell'infanzia che alla primaria, l'esplorazione e la curiosità del bambino rappresentano le spinte propulsive per qualunque attività in ambito scientifico. Oggi la scuola italiana è attenta a valorizzare un atteggiamento didattico in ambito scientifico basato sull'esperienza, che si può individuare in forma embrionale anche in alcuni programmi di impostazione positivista di fine Ottocento [9].

Nell'ambito delle scienze, in particolare per la parte collegata alla Fisica, anche gli esperimenti più semplici possono rappresentare importanti conquiste conoscitive per i bambini. Gli insegnanti devono saper progettare percorsi curricolari interdisciplinari, definendo gli obiettivi e organizzando le risorse per conseguire il risultato. La progettazione deve anche prevedere una rimodulazione del percorso, secondo le esigenze che si presentano in corso d'opera e tenendo conto delle difficoltà degli alunni.

Dall'istituzione del corso di laurea di SFP, in Italia si è assistito alla rinascita di un interesse per la didattica delle scienze nell'ambito della scuola dell'infanzia e primaria, cioè per la fascia di età 3-11 [3,6,7]. Il Decreto Ministeriale n. 249 (2010), successivo all'istituzione del corso di laurea, ha definito le modalità del percorso formativo con un apposito regolamento [10]. Vi si legge:

I laureati nel corso di laurea magistrale [Scienze della formazione primaria] devono aver acquisito solide conoscenze nei diversi ambiti disciplinari oggetto di insegnamento e la capacità di proporle nel modo più adeguato al livello scolastico, all'età e alla cultura di appartenenza degli allievi con cui entreranno in contatto.

based approach to teaching science, which can also be found in embryonic form in some late 19th-century positivist programmes [9].

In the field of science, particularly the part linked to physics, even the simplest experiments can represent important cognitive achievements for children. Teachers must be able to plan cross-subject curricula, setting goals and organising resources to achieve results. The plan must also allow the remodelling of the course, based on the needs that arise during the course and taking into account the difficulties of the pupils.

Since the SFP degree course was established, Italy has seen a resurgence of interest in the teaching of science in pre-school and primary schools, for the 3-11 age group [3,6,7]. Ministerial Decree no. 249 (2010), following the establishment of the degree course, defined the training programme with specific regulations [10]. It states:

Graduates of the Master's degree programme [Primary Education Sciences] must have acquired solid knowledge in the various subject matters taught and the ability to present them in the most appropriate way for the school level, age and culture of the pupils they come into contact with. To this end, the knowledge acquired by future teachers in the various subject matters must be closely linked, right from the start of their training, to their ability to manage the class and plan the educational and teaching programme. They must also possess knowledge and skills that enable them to assist in the educational integration of children with special needs.

Certain basic elements of knowledge that graduates in Primary Education Sciences must possess are also specified. For Physics, these include:

A questo scopo è necessario che le conoscenze acquisite dai futuri docenti nei diversi campi disciplinari siano fin dall'inizio del percorso strettamente connesse con le capacità di gestire la classe e di progettare il percorso educativo e didattico. Inoltre essi dovranno possedere conoscenze e capacità che li mettano in grado di aiutare l'integrazione scolastica di bambini con bisogni speciali.

Vengono precisate anche alcune conoscenze disciplinari di base che il laureato in Scienze della Formazione Primaria deve possedere. Per la Fisica vengono riportati:

misure e unità di misura; densità e principio di Archimede; la composizione atomica dei materiali; elementi di meccanica e meccanica celeste e astronomia; elementi di elettrostatica e circuiti elettrici; il calore e la temperatura; fenomenologie di termodinamica; il suono.

Viene inoltre precisato che nei CFU degli insegnamenti disciplinari deve essere compresa una parte di didattica della disciplina e si richiede che i docenti tengano conto di entrambi gli ordini di scuola per i quali la laurea è abilitante.

Il percorso formativo per gli insegnanti della scuola primaria è stato messo in atto nelle università italiane negli ultimi 25 anni e adesso è possibile un primo bilancio del livello raggiunto e delle difficoltà incontrate. La sensazione è che, nonostante alcune criticità, si sia raggiunto un buon livello di riferimento. Le Indicazioni Nazionali del 2007 [11], 2012 [12] e 2018 [13] hanno contribuito indirettamente a definire il profilo professionale atteso per il docente della scuola dell'infanzia e della scuola primaria.

measurements and units of measurement; density and Archimedes' principle; the atomic composition of materials; elements of mechanics, celestial mechanics and astronomy; elements of electrostatics and electrical circuits; heat and temperature; thermodynamic phenomena; sound.

It is also specified that the University credits for teaching subjects must include teaching methodology, and teachers are required to take into account both school levels for which the degree qualifies them to teach.

The training programme for primary school teachers has been implemented in Italian universities over the last 25 years and it is now possible to take stock of the level reached and the difficulties encountered. The feeling is that, despite some critical issues, a good reference level has been reached. The National Guidelines issued in 2007 [11], 2012 [12] and 2018 [13] contributed indirectly to defining the professional profile expected of nursery and primary school teachers.

Teaching Physics in this context presents significant challenges for university lecturers. It involves introducing physics to students who tend, on average, to show little interest in the subject. Furthermore, some students feel uncomfortable with mathematics and physics and mention the fact that had difficulty in these subjects at school. As a result, they struggle to understand what they are studying and are unable to objectively assess their own skills.

However, teaching practice shows that students who attend classes regularly (sadly, less than half of those enrolled) end up becoming passionate about the subject. They understand

L'insegnamento della Fisica in questo contesto presenta sfide significative per i docenti universitari. Si tratta infatti di introdurre la fisica a studenti che, in media, non manifestano un interesse particolare per la disciplina. Inoltre, alcuni studenti provano un senso di disagio nei confronti della matematica e della fisica e descrivono un percorso scolastico difficile in queste materie. Ne consegue che faticano a comprendere ciò che stanno studiando e non riescono a valutare in modo obiettivo le proprie competenze.

La pratica didattica dimostra, tuttavia, che gli studenti che seguono regolarmente le lezioni – purtroppo meno della metà degli iscritti – finiscono per appassionarsi alla materia. Comprendono che la fisica è una disciplina profondamente connessa alla vita quotidiana, in quanto fornisce una descrizione della realtà che ci circonda.

Anche a causa dell'elevato numero di iscritti (370 al primo anno all'Università di Firenze), le lezioni frontali rappresentano la metodologia prevalente, pur con numerosi accorgimenti volti a favorire la partecipazione attiva degli studenti.

A partire dall'Anno Accademico 2025/26, l'insegnamento è stato sdoppiato, con l'assegnazione di due docenti titolari. In ogni lezione, i docenti presentano in aula un esperimento dimostrativo e lo discutono insieme alla classe. Inoltre, gli studenti sono coinvolti nella risoluzione di esercizi e nell'esecuzione degli esperimenti. I docenti esaminano inoltre con gli studenti possibili percorsi didattici sugli argomenti trattati, sia in riferimento alla scuola dell'infanzia che alla scuola primaria.

Le difficoltà incontrate dagli studenti riguardano diversi aspetti, tra cui, principalmente, la formalizzazione matematica (*translating words into written symbols*

that physics is a discipline that is closely linked to everyday life, as it provides a description of the reality that surrounds us.

Due partly to the high number of students enrolled (370 in the first year at the University of Florence), lectures are the predominant teaching method, with numerous measures in place to encourage active student participation.

As of the 2025/26 academic year, the course has been split into two, with two full professors assigned to teach it. Each lesson consists in the demonstration of an experiment by the lecturers, which is then discussed with the class. Students are also involved in solving exercises and carrying out experiments. The lecturers and students examine possible teaching paths on the topics covered, both in relation to pre-school and primary school.

The difficulties encountered by students concern various aspects, including, primarily, mathematical formalisation (translating words into written symbols and written symbols into words [14]), the correct use of language in the description – however elementary – of a physical phenomenon, the ability to grasp the link between the phenomena studied and physical reality and, consequently, the ability to recognise the high educational value of studying physics.

Attendance of the physics laboratory associated with the course is compulsory. It involves two experiments, which future teachers will be able to repeat in a variety of ways and with different levels of complexity, starting with the most basic. These experiments involve measuring the density of evenly and unevenly shaped solid bodies and testing the properties of the pendulum as a means of measuring time. In the first experiment, students are intro-

and written symbols into words [14]), l'uso corretto del linguaggio nella descrizione – anche elementare – di un fenomeno fisico, la capacità di cogliere il legame tra i fenomeni studiati e la realtà fisica e, conseguentemente, l'abilità di riconoscere l'elevato valore didattico dello studio della fisica.

Il laboratorio di fisica associato all'insegnamento ha la frequenza obbligatoria; prevede due esperimenti, che potranno essere riproposti dai futuri insegnanti in molteplici modalità e con diversi livelli di complessità, a partire dai più elementari. Si tratta della misura di densità di corpi solidi di forma regolare e irregolare e della verifica delle proprietà del pendolo come strumento di misura del tempo. Nel primo esperimento, gli studenti incontrano il concetto di densità media di un corpo e determinano la densità come misura indiretta, partendo da misure di massa e di volume. A sua volta, il metodo di determinazione del volume è diverso per oggetti di forma regolare (solidi il cui volume può essere ottenuto utilizzando le formule della geometria elementare) o per oggetti di forma irregolare, il cui volume viene misurato determinando il volume di acqua spostato dal corpo immerso. Nel secondo esperimento, si impara a misurare con una certa precisione il periodo di oscillazione di un pendolo, comprendendo che si tratta di una grandezza che non dipende né dalla massa della sfera, né dall'ampiezza delle (piccole) oscillazioni, ma è collegata alla lunghezza del filo; variando tale lunghezza, gli studenti costruiscono un pendolo che scandisce il tempo, battendo i secondi con precisione.

Alla fine del percorso di studio, alcuni studenti scelgono di preparare una tesi in fisica, che consiste spesso nella realizzazione di un progetto didattico in una

duced to the concept of the average density of a body and determine density as an indirect measurement, starting from measurements of mass and volume. The method of determining volume is different for evenly shaped objects (solids whose volume can be obtained using elementary geometry formulas) and unevenly shaped objects, whose volume is measured by determining the volume of water displaced by the immersed body. In the second experiment, students learn to measure the period of oscillation of a pendulum with a certain degree of precision, understanding that this is a quantity that does not depend on either the mass of the sphere or the amplitude of the (slight) oscillations, but is related to the length of the string. Changing the length of the string, the students make a pendulum that marks time, striking the seconds with precision.

At the end of the course, some students choose to write a thesis on physics, which often consists of conducting an educational project in a pre-school or primary school class on a topic agreed upon with the teacher. The numerous projects (over 50) that have been conducted since 2004 represent good teaching practices and are excellent examples of the application of physics in primary education.

Student evaluations of the course are mixed. Some, especially those who do not attend, feel that physics is too far removed from their everyday experience of life and teaching; others appreciate the "rediscovery" of physics, after the difficulties encountered at secondary school, and realise that physics is actually very much a part of their everyday lives.

classe della scuola dell'infanzia o primaria, su un argomento concordato con il docente. Le decine di elaborati (oltre 50) realizzati dal 2004 a oggi rappresentano buone pratiche didattiche e sono esempi virtuosi di applicazione della fisica in contesti di istruzione primaria.

La valutazione del corso da parte degli studenti non è uniforme. Alcuni, soprattutto i non frequentanti, ritengono che la fisica sia troppo distante dalla loro esperienza quotidiana di vita e di insegnamento; altri apprezzano la “riscoperta” della fisica, dopo le difficoltà incontrate alla scuola secondaria, e si rendono conto che in realtà la fisica è molto presente nella loro vita di ogni giorno.

La formazione dei docenti della Scuola secondaria

All'inizio degli anni Duemila iniziarono i corsi di formazione abilitanti per i docenti della scuola secondaria nell'ambito della SSIS. Si trattava di corsi biennali, con insegnamenti disciplinari e trasversali e con solide esperienze di tirocinio, che si concludevano con un esame finale di abilitazione. A Firenze, per l'ambito fisico, Roberto Falciani fu il referente e l'organizzatore, con l'aiuto di Annamaria Cartacci, Cecilia Gambi e altri colleghi. Fu creato un percorso formativo che prevedeva corsi di fisica di base e di didattica della disciplina, con un'attenzione particolare al laboratorio. Nel piano di studi erano previsti complementi di fisica classica e moderna (soprattutto per non fisici) e laboratori didattici. Il laboratorio del secondo anno, caratterizzato da un taglio prevalentemente didattico, prevedeva

Secondary school teacher training

Training courses for secondary school teachers began in the early 2000s as part of the SSIS (Special School Training Institute). These were two-year courses, with subject-specific and cross-subject teaching and solid work experience, culminating in a final qualifying examination. Roberto Falciani was the contact person and organiser for the physics section in Florence, with the help of Annamaria Cartacci, Cecilia Gambi and other colleagues. A training programme that included courses in basic physics and the teaching of the subject was created, with a particular focus on the laboratory. The study plan included complementary courses in classical and modern physics (especially for non-physicists) and educational laboratories. The second-year laboratory, which was mainly educational, included the following measurements: density, mechanical equivalent of the calorie, acoustic beats, electrical circuits, speed of light, diffraction and light interference. Some spaces in the new building on the Sesto Fiorentino Campus were identified and specifically reserved for activities with future teachers, which were (and still are) also dedicated to activities with schools, as part of OpenLab [15].

In the years that followed, legislation provided for various types of training courses, none of which were permanently adopted, until 2024, when the 60-credit training course, which is still ongoing, was introduced. The first cycle of PF60 was held in academic year 2023/24; from this date onwards, the University of Florence, under the guidance of Prof. Francesco Ademollo, made a major organisational effort, obtaining accreditation from the Ministry to allow

queste misure: densità, equivalente meccanico della caloria, battimenti acustici, circuiti elettrici, velocità della luce, diffrazione e interferenza della luce. Furono individuati alcuni spazi nel nuovo edificio del Campus di Sesto Fiorentino, appositamente riservati alle attività con i futuri docenti, che venivano (e vengono tuttora) dedicati anche alle attività con le scuole, nell'ambito di OpenLab [15].

Negli anni seguenti, la legislazione ha previsto diverse tipologie di percorsi di formazione, nessuna adottata in via definitiva, fino ad approdare nel 2024 al Percorso Formativo da 60 CFU, che è tuttora in corso. Il primo ciclo del PF60 si è tenuto nell'A.A. 2023/24; a partire da questa data l'Università di Firenze, sotto la guida del prof. Francesco Ademollo, ha garantito uno sforzo organizzativo importante, accreditandosi presso il Ministero per permettere il conseguimento dell'abilitazione in una ventina di classi di concorso diverse. Sono stati ammessi complessivamente circa 1000 corsisti per ciclo.

La normativa prevede che i corsi del PF60 non abbiano un contenuto disciplinare, ma didattico; alla didattica disciplinare sono riservati 16 CFU su 60 complessivi (1 CFU corrisponde a 6 ore di lezione). I corsisti sono tenuti a frequentare gli insegnamenti dell'area trasversale (a distanza) e quelli dell'area disciplinare (in presenza), con una frequenza minima del 70% per ogni attività. Inoltre, coadiuvati dai loro tutor (che sono insegnanti della scuola), individuano un Istituto scolastico nel quale affiancare un docente per l'attività di tirocinio diretto. Il percorso completo si articola su 60 CFU, ma alcuni corsisti hanno diritto a percorsi abbreviati (30 CFU oppure 36 CFU) in base alla loro precedente carriera nel mondo della scuola. Le classi di concorso nelle quali il Dipartimento di Fisica e

students to qualify in around twenty different competition classes. A total of approximately 1,000 students were admitted per cycle.

The regulations state that the PF60 courses do not have a disciplinary content, but rather an educational one; 16 credits out of a total of 60 are reserved for subject-related teaching (1 credit corresponds to 6 hours of lessons). Students are required to attend cross-curricular courses (remote learning) and subject-specific courses (in the classroom), with a minimum attendance of 70% for each activity. In addition, with the assistance of their tutors (who are schoolteachers), they identify a school in which to work alongside a teacher for their direct teaching internship. The complete course is worth 60 credits, but some students are entitled to shortened courses (30 or 36 credits) based on their previous career in education.

The competition classes in which the Department of Physics and Astronomy is involved are A020 (*physics for upper secondary school*), A027 (*mathematics and physics for upper secondary school*), and A028 (*mathematics and science for lower secondary school*). The list of physics courses offered in each class and the number of students enrolled in the first two cycles of the programme are shown in Table 1.

The students enrolled in courses A020 and A027 have a master's degree in mathematics, physics or engineering; they usually consider the training programme to be extremely useful for learning about the world of education and the characteristics of the teaching profession. Their requests for subject-specific teaching mainly concern basic physics courses and laboratory work, areas in which they often feel uncertain.

Astronomia è coinvolto sono A020 (*fisica per la scuola secondaria di secondo grado*), A027 (*matematica e fisica per la scuola secondaria di secondo grado*), A028 (*matematica e scienze per la scuola secondaria di primo grado*). L'elenco degli insegnamenti di fisica presenti in ciascuna classe e il numero di corsisti iscritti nei primi due cicli del percorso sono riportati nella Tabella 1.

I corsisti della A020 e della A027 hanno una laurea magistrale in matematica, oppure in fisica o in ingegneria; in genere ritengono che il percorso di formazione sia estremamente utile per conoscere il mondo della scuola e le caratteristiche della professione docente. Le loro richieste di didattica disciplinare riguardano soprattutto i corsi di fisica di base e il laboratorio, su cui spesso non si sentono sicuri.

Il percorso si conclude con un esame finale abilitante, con una commissione formata da due docenti universitari, un tutor e un rappresentante dell'Ufficio scolastico regionale. L'esame è formato da una prova scritta, che i corsisti consegnano alcuni giorni prima dell'orale e che può consistere in una progettazione didattica oppure nella descrizione del proprio percorso formativo, e in una parte orale, nella quale il candidato descrive la struttura e lo svolgimento di una lezione sul tema disciplinare assegnato, scegliendo indirizzo e classe a cui la lezione sarebbe rivolta e indicando prerequisiti e scelte contenutistiche, didattiche e metodologiche compiute.

The course culminates in a final qualifying examination, before a board consisting of two university lecturers, a tutor and a representative from the regional education authority. The examination consists of a written test, which students submit a few days before the oral exam and which may consist of a teaching plan or a description of their training programme, and an oral part, in which the candidate describes the structure and progression of a lesson on the subject assigned, choosing the subject area and class for which the lesson would be intended and indicating the prerequisites and content, teaching and methodological choices made.

Conclusions

Looking ahead, teacher training will continue to be a crucial responsibility for Italian universities. In the field of physics in particular, in-depth discussions are underway on the content and methods of teaching specific subjects. It is also essential that universities enhance the teaching of subjects via the commitment of researchers dedicated to these activities. Only in this way can training courses go beyond simply repeating subject content and become an effective means of guiding future teachers in the teaching-learning process.

The ultimate goal is to ensure that high-quality science education is fully accessible to all primary and secondary school students.

Tabella 1. elenco degli insegnamenti di didattica della fisica tenuti nell'ambito del PF60 (a sinistra) e numero di corsisti iscritti ai primi due cicli nelle classi di concorso A020, A027, A028 (a destra).

Table 1. list of physics teaching courses held within the framework of PF60 (left) and number of students enrolled in the first two cycles in A020, A027 and A028 competition classes (right).

Teaching	Credits	Class
Teaching of classical physics	2	A020
Radioactivity and cosmic rays for teaching	1	A020
Structure of matter and complex systems for teaching	3	A020
Teaching of astronomy and astrophysics	2	A020
Astrophysics teaching laboratory	1	A020, A027
Physics teaching laboratory	3	A020, A027
Teaching of relativity	2	A020, A027
Teaching of quantum mechanics	2	A020, A027
Teaching of physics for lower secondary school	2	A028

Classe	23/24	24/25
A020	7	9
A027	41	43
A028	51	32

Conclusioni

In prospettiva futura, la formazione degli insegnanti continuerà a rappresentare una responsabilità cruciale per gli atenei italiani. In particolare, nell'ambito

Bibliography

- [1] PISA, Programme for International Student Assessment, <http://www.oecd.org/pisa/>
- [2] Park S and Oliver J S (2008) Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Res. Sci. Educ.* 38, 261-284 - <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>
- [3] Michelini M (ed.) (2004) *Quality Development in Teacher Education and Training* (book of selected contributions)
- [4] Duschl R (2008) Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic and social learning goals. *Rev. Res. Educ.* 32(1): 268–291
- [5] Immè J, Michelini M (eds) (2022) *Quale didattica della fisica per formare gli insegnanti di scuola primaria*, GdF, LXIII, Supplemento PLS-Fisica-FIP. - <https://www.sif.it/riviste/sif/gdf/econtents/2022/O63/s02>
- [6] Michelini M, Santi L, Stefanel A (2015) La formazione degli insegnanti in fisica come sfida di ricerca: problematiche, modelli, pratiche. *It. J. Educ. Res.* 14: 191–207
- [7] Chiofalo M et al. (2023) *Physics for Primary School Teachers in Italy: Comparative Analysis in a Dedicated Survey*. *Physics Teacher Education*, Springer
- [8] Lloyd J et al. (2021) "Early Childhood Science Education from 0 to 6: A Literature Review". *Educ. Sci.* 11(4): 178
- [9] Royal Decree no. 5724 of 25 September 1888

della fisica, sono in corso approfondite riflessioni sui contenuti e sulle metodologie degli insegnamenti di didattica disciplinare. È fondamentale, inoltre, che l'Università valorizzi la didattica delle discipline attraverso l'impegno di ricercatori dedicati a queste attività. Solo in questo modo i corsi di formazione potranno superare la semplice ripetizione dei contenuti disciplinari, diventando un mezzo efficace per guidare i futuri docenti nel processo di insegnamento-apprendimento. L'obiettivo ultimo è garantire che un'educazione scientifica di qualità sia pienamente accessibile a tutti gli studenti della scuola primaria e secondaria.

Bibliografia

- [1] PISA, Programme for International Student Assessment, <http://www.oecd.org/pisa/>
 - [2] Park S and Oliver J S (2008) Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Res. Sci. Educ.* 38, 261-284 - <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>
 - [3] Michellini M (ed.) (2004) *Quality Development in Teacher Education and Training* (book of selected contributions)
 - [4] Duschl R (2008) Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic and social learning goals. *Rev. Res. Educ.* 32(1): 268–291
-
- [10] Ministry of Education, University and Research, Decree no. 249 of 10 September 2010
 - [11] Ministry of Education (2007), *Guidelines for the curriculum of pre-schools and the first school cycle*
 - [12] Ministry of Education, University and Research (2012), *National guidelines for the curriculum of pre-schools and the first school cycle*
 - [13] Ministry of Education, University and Research (2018), *National guidelines and new scenarios*
 - [14] Arons A B (1979) *Some Thoughts on Reasoning Capacities Implicitly Expected of College Students*, in Lochhead J, Clement J. *Cognitive process instruction*. Philadelphia: Franklin I. Press
 - [15] Cartacci A, Gambi C M C, Falciani R, Romoli M (2004) *Laboratori di Fisica per l'indirizzo FIM della SSIS ed oltre - Didatticamente* (ed. ETS), 1-2

- [5] Immè J, Michelini M (eds) (2022) Quale didattica della fisica per formare gli insegnanti di scuola primaria, GdF, LXIII, Supplemento PLS-Fisica-FIP. - <https://www.sif.it/riviste/sif/gdf/econtents/2022/063/s02>
- [6] Michelini M, Santi L, Stefanel A (2015) La formazione degli insegnanti in fisica come sfida di ricerca: problematiche, modelli, pratiche. *It. J. Educ. Res.* 14: 191–207
- [7] Chiofalo M et al. (2023) Physics for Primary School Teachers in Italy: Comparative Analysis in a Dedicated Survey. *Physics Teacher Education*, Springer
- [8] Lloyd J et al. (2021) “Early Childhood Science Education from 0 to 6: A Literature Review”. *Educ. Sci.* 11(4): 178
- [9] Regio decreto 25 settembre 1888, n. 5724
- [10] Ministero dell’Istruzione, dell’Università e della Ricerca, Decreto 10 settembre 2010, n. 249
- [11] Ministero della Pubblica Istruzione (2007), Indicazioni per il curriculum per la scuola dell’infanzia e per il primo ciclo d’istruzione
- [12] Ministero dell’Istruzione, dell’Università e della Ricerca (2012), Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell’infanzia e del primo ciclo d’istruzione
- [13] Ministero dell’Istruzione, dell’Università e della Ricerca (2018), Indicazioni nazionali e nuovi scenari
- [14] Arons A B (1979) Some Thoughts on Reasoning Capacities Implicitly Expected of College Students, in Lochhead J, Clement J. *Cognitive process instruction*. Philadelphia: Franklin I. Press
- [15] Cartacci A, Gambi C M C, Falciani R, Romoli M (2004) *Laboratori di Fisica per l’indirizzo FIM della SSIS ed oltre - Didatticamente* (ed. ETS), 1-2