

## **Un master di formazione con al centro il metodo scientifico** **A Training for Trainer with the scientific method at the center**

V. Penza

*I.C. Viale dei Consoli, 16 - Roma*

G. Amicucci

*Dipartimento di Fisica, Università di Roma Tor Vergata*

F. Berrilli

*Dipartimento di Fisica, Università di Roma Tor Vergata*

A. Bigazzi

*Liceo Scientifico Plinio - Roma*

L. Catena

*Dipartimento di Fisica, Università di Roma Tor Vergata*

M. Coppola

*Dipartimento di Matematica, Università di Roma Tor Vergata*

A. Florio

*Liceo Scientifico I. Newton - Roma*

A. Grandieri

*Liceo Scientifico Stefanini - Mestre*

P. Proposito

*Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Roma Tor Vergata*

N. Vittorio

*Dipartimento di Fisica, Università di Roma Tor Vergata*

**Riassunto.** In questo contributo descriviamo l'iniziativa formativa del Master di Secondo Livello "Professione Formatore in Didattica delle Scienze", promossa dall'Università di Roma "Tor Vergata". Esso ha posto il suo fulcro centrale nel metodo scientifico, in ottica fortemente laboratoriale, sviluppando un contesto di "apprendimento tra pari" ed ha creato le fondamenta per un ponte tra didattica scolastica e ricerca scientifica, che risulta elemento imprescindibile. A titolo esplicativo, presenteremo uno dei percorsi realizzati al termine del Master.

**Abstract.** We describe the Second Level Master "Training for Trainer in Science Teaching" initiative, promoted by University of Rome "Tor Vergata". By using the scientific method as central fulcrum in a highly laboratory-based perspective, it has developed a context of "peer learning" and has created the foundations for a bridge between school teaching and scientific research, that is an essential element. We will present one didactic program achieved at the end of the Master.

## **1. Introduzione: perchè un Master?**

Tutti i docenti, all'inizio di ogni anno scolastico, sono sottoposti ad una forte pressione, da parte di istituzioni non sempre di alto profilo od accreditate, per partecipare a corsi di aggiornamento e formazione. Distrarci tra tutte queste offerte e cercare di creare un percorso organico che aiuti realmente un insegnante nella sua quotidianità professionale non è compito facile. Inoltre, la maggior parte dei corsi, presi nel loro insieme, risultano inevitabilmente slegati l'uno dall'altro e difficilmente incasellabili in un unico quadro epistemologico. Un Master di Secondo Livello di durata biennale fornisce in modo naturale un quadro d'insieme ed un filo conduttore da seguire nel percorso di formazione dei docenti, con lo scopo di arricchirne il profilo professionale con competenze specifiche nella didattica laboratoriale, nell'uso di nuove tecnologie e nell'innovazione didattica delle scienze sperimentali.

Altro aspetto rilevante è legato alla scansione interna del Master specifico, descritta nel prossimo paragrafo, che tra i risultati finali aveva la realizzazione da parte del docente di un corso di formazione ai propri colleghi. Questo ha permesso che ogni partecipante potesse rivestire contemporaneamente tre ruoli: quello del discente, in una sorta di ritorno al passato, quello del docente in formazione, radicato nel tempo presente, e quello, in prospettiva futura, di formatore di docenti. In particolare, il progetto è riuscito nel suo intento di realizzare una rete di formatori che si estendesse oltre i partecipanti al Master stesso.

L'ulteriore valore aggiunto di un Master universitario è la possibilità fornita ai docenti di un contatto prolungato con il mondo universitario e della ricerca, probabilmente interrotto al momento della laurea o del dottorato, che dovrebbe rappresentare una linfa vitale che sostiene l'operato didattico-educativo nelle scuole. Questo contatto diventa una necessità improrogabile soprattutto per le materie tecnico-scientifiche in cui è fondamentale non perdere di vista il progredire delle scoperte e mantenere vivo lo spirito di ricerca. La rete creata dal Master ottempera in pieno a questa esigenza, in quanto risulta automaticamente in relazione diretta con il Ministero e con i centri di ricerca e realizza un percorso a spirale che, partendo dalla scuola, ritorna ad essa arricchita dal costante e produttivo rapporto con le strutture scientifiche del paese.

Il supporto dell'Università ed il conferimento di un Master arricchisce l'architettura della formazione dei docenti in servizio di uno spessore scientifico che fornisce ad essa lustro, prestigio e affidabilità scientifica agli obiettivi che essa intende perseguire.

## **2. Struttura del Master "Professione Formatore in Didattica delle Scienze"**

Il master "Professione Formatore in Didattica delle Scienze" poggia le proprie basi sulla più aggiornata ricerca didattica, sfruttando in particolare le indicazioni fornite dal modello MEPS, come illustrato nel lavoro di Marisa Michelini [1], consistente in un'integrazione dei modelli Metaculturale, Esperienziale e Situato [2], che agevola il processo di ricerca-azione dell'insegnante che sperimenta le proposte didattiche oggetto della formazione e riflette su di esse con criteri e strumenti tipici della ricerca scientifica.

Il Master è stato articolato in cinque moduli didattici (moto, tempo, ambiente locale e globale, energia e struttura della materia), sviluppati attraverso cinque diverse discipline scientifiche (Astronomia, Biologia, Geologia, Fisica e Chimica). Il richiamo disciplinare connesso a ciascuna tematica era duplice ed aveva un diverso peso, in un approccio tipico del modello a shell [3]: un «core disciplinare» che individuava i nuclei fondanti, gli aspetti epistemologici, la contestualizzazione storica, i nodi concettuali e l'attività esperienziale, ed una «cintura interdisciplinare», ideata per trattare ogni argomento nelle diverse discipline, creando un laboratorio multidisciplinare in cui i linguaggi delle singole materie sono collegati tra di loro e riaccostati al mondo e all'esperienza degli studenti.

I moduli sono stati sviluppati durante lezioni, attività di laboratorio e tirocini tenuti da docenti universitari e docenti "esperti". Il piano didattico prevedeva 34 incontri in presenza per il primo anno di Master e 22 per il secondo. Parallelamente erano previsti anche interventi a distanza, erogati tramite piattaforma, intesi come integrazione di quanto compiuto in presenza. Al termine di ogni modulo/tematica, ciascun corsista ha presentato un elaborato (per tematica e per anno) con le caratteristiche di un progetto didattico proponibile in tempo reale e che includesse il resoconto dell'esperienza svolta all'interno della propria realtà scolastica. Molti di questi percorsi sono stati il frutto della cooperazione e della collaborazione tra i vari docenti, provenienti da percorsi di formazione universitaria differenti ed appartenenti a classi di insegnamento affini e complementari, ma pur sempre separate. La possibilità di scambiarsi opinioni ed esperienze ha rappresentato una fonte di arricchimento ulteriore, aggiuntiva a quella rappresentata dalle lezioni stesse. Al termine del secondo anno, infine, ogni corsista ha elaborato una tesi finale, la cui stesura ha rappresentato il resoconto dei corsi di formazione, tenuti dai corsisti e rivolti ad altri docenti del proprio territorio. In questo modo molti più docenti sono stati coinvolti in quel circolo virtuoso, ove la laboratorialità riprende il ruolo centrale nell'ambito della didattica scientifica. Possiamo affermare che il Master stato indubbiamente pensato e portato avanti *per la scuola e con la scuola*.

Il Master ha visto coinvolti circa sessanta docenti delle Scuole Secondarie di Primo e Secondo Grado, provenienti da diverse regioni d'Italia ed ha visto molti dei percorsi sviluppati durante il suo svolgimento pubblicati nel libro [4], a testimonianza del grande lavoro svolto. Tale condivisione a più ampio respiro, ha fornito ad altri

docenti, pur indirettamente, strumenti pratici e suggerimenti utili al proprio lavoro. Nel paragrafo successivo è riportata una sintesi di uno dei lavori di tesi.

### **3. Un esempio di percorso didattico: il pendolo come strumento multidisciplinare**

#### **3.1. Il pendolo nello studio psico-pedagogico dello sviluppo cognitivo dell'adolescenza**

Lo studio del pendolo ha avuto un grande impatto sia in ambito scientifico che in quelli filosofici ed educativi. Michael Matthews fondò l'IPP (International Pendulum Project), con lo scopo di studiare tale impatto [5]. Il pendolo è diventato ufficialmente strumento convenzionale della ricerca didattica e della psicologia cognitiva nel 1958 con la pubblicazione del lavoro di Inhelder e Piaget "The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence", nel cui quarto capitolo si descrive il compito dato ai bambini: accertare quali delle variabili di un pendolo (lunghezza, ampiezza, massa) avessero influenza sul suo periodo: saper isolare e disaccoppiare le variabili è considerato un indicatore delle sequenze di sviluppo delle capacità cognitive ed è indicativo del passaggio dal pensiero concreto a quello operativo formale.

L'IPP ha mostrato come le indagini "pendolari" potrebbero ancora essere utilizzate per valutare le capacità dei ragazzi di ragionare proporzionalmente, di controllare le variabili, di realizzare inferenze e di trarre conclusioni sulla veridicità delle ipotesi; in breve di pensare scientificamente.

#### **3.2. Unità didattica 1: Il pendolo nella didattica e nella storia della fisica "classica"**

**Classe di riferimento e durata:** qualsiasi classe di Scuola Secondaria di Primo o Secondo Grado in 4-6 settimane.

**Obiettivi:** Osservare fenomeni, eseguire misure, descrivere aspetti caratterizzanti, saperli rappresentare e modellizzare matematicamente. Conoscere e comprendere le leggi fisiche del pendolo. Acquisire i concetti di conservazione di energia e di quantità di moto. Acquisire il concetto di "errore sperimentale" e della sua ineluttabilità. Raccogliere e selezionare informazioni e dati utili alla formulazione di un'ipotesi. Comprendere ed utilizzare un linguaggio scientifico adeguato per produrre testi orali e/o scritti. Conoscere la storia "nascosta" dietro formule ed esperimenti.

La storia del pendolo ha rivestito un ruolo da protagonista nella scienza moderna. Come riportato da Matthews [6], Galileo stesso dimostrò quasi gratitudine allo strumento del pendolo, di cui enunciò le leggi che ne descrivono il periodo: esso varia

con la radice quadrata della lunghezza; per piccole oscillazione è indipendente dall'ampiezza (legge dell'isocronismo); è indipendente dalla massa. E' utile raccontare il quadro storico in cui Galileo le formulò. Egli aveva effettuato prolungate osservazioni del movimento oscillatorio di una lampada della Cattedrale di Pisa e ne aveva misurato il periodo, utilizzando - si racconta - il suo battito cardiaco. Galileo constatò che le oscillazioni della lampada avevano la stessa durata, indipendentemente dall'ampiezza delle stesse <sup>(1)</sup>. E' necessario evidenziare l'importanza dell'idealizzazione nei risultati di Galileo e l'utilizzo della matematica nella loro interpretazione. Il mondo non si comporta come le equazioni dettano: la caduta di una foglia segue la legge di attrazione gravitazionale, ma il suo percorso non è descritto dall'equazione  $s = 1/2gt^2$ , che nasconde un'idealizzazione. Le leggi del pendolo celano (come minimo) le seguenti assunzioni: il filo è privo di massa; non vi è resistenza dell'aria nè attrito al fulcro; tutta la massa è concentrata in un punto; il pendolo non sperimenta movimenti ellittici; la gravità e la tensione sono le uniche forze operanti. Sembra tutto apparentemente non realistico, eppure idealmente è tutto corretto. E' la vittoria della "rivoluzione scientifica" sul senso comune e sulla "fisica" ingenua. Gli studenti verificheranno con facilità che il periodo aumenta all'aumentare della lunghezza, ma faticeranno a riconoscere l'isocronia perchè, ad esempio, un pendolo in sughero si fermerà molto prima di uno in ferro. Come mirabilmente espresso dallo storico delle scienze Dijksterhuis: *"Ogni giorno, ogni studente di fisica elementare deve lottare contro gli stessi errori e le idee sbagliate che andarono superate nel XVII secolo [...] Nell'insegnamento di questo ramo di conoscenza nelle scuole, la storia si ripete ogni anno."*

Gli alunni costruiranno il loro pendolo, usando anche materiali di recupero (palline o pesi da pesca) o useranno quelli didattici presenti in laboratorio. La prima consegna sarà analoga a quella data da Piaget e descritta in 3.1; misurare il periodo del pendolo, agendo sulle variabili di massa, lunghezza del filo, ampiezza dell'oscillazione.

Il pendolo è lo strumento ideale per introdurre o rinforzare il concetto di errore di misura, in quanto i ragazzi si accorgeranno della difficoltà di misurare con precisione il periodo. Soprattutto per i ragazzi più piccoli, parlare di "errori" è didatticamente molto utile ed educativo, perché spoglia la parola "errore" dal significato negativo di sbaglio, inquadrandola in un'ottica di ineluttabile realtà fisica. Avendo assimilato l'accortezza di misurare il periodo di N oscillazioni e dividere il risultato per N, i ragazzi riscopriranno le note proprietà: il periodo (T), fissata la lunghezza del filo (l), è costante al variare della massa ed, in buona approssimazione, dell'altezza di partenza; la relazione che lega T ad l è  $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ , dove g è l'accelerazione di gravità, che è così ricavabile; in una classe di Scuola Superiore si può verificare la perdita

<sup>(1)</sup> In realtà le oscillazioni del pendolo non sono esattamente isocrone ed oltre i 25° iniziano ad aumentare all'aumentare dell'ampiezza.

dell'isocronia per grandi angoli e comprovare, ad esempio, la formula di Bernoulli:  $T = T_0(1 + \theta^2/16)$ ,  $T_0$  essendo il periodo delle piccole oscillazioni; l'altezza del punto in cui la massa inverte il proprio moto non è mai superiore a quella di partenza.

La fase sperimentale sarà accompagnata dal proseguimento dell'approccio storico. Ad esempio, si può riprodurre la dimostrazione presentata nel 1666 alla London Royal Academy, che sfruttava due pendoli, costituiti da due pesanti sfere di legno: lasciandone cadere una, essa urta l'altra, inizialmente immobile. Dopo l'urto, la prima sfera si ferma, mentre la seconda raggiunge quasi la stessa altezza da cui era partita la prima (<http://www.les.unina.it>). Si può ripetere l'esperimento con materiali elastici (palline da tennis o plastilina): il pendolo diventa così uno strumento per parlare di urti elastici ed anelastici. La storia continua con il fisico tedesco Huygens che spiegò il comportamento dei due pendoli in virtù della conservazione della quantità di moto totale e della somma aritmetica di  $mv^2$  <sup>(2)</sup>. Tale quantità fu chiamata col termine latino *vis viva* (forza viva) <sup>(3)</sup>. Huygens notò che la quantità  $mv^2$  si conserva solo in urti perfettamente elastici, mentre nella maggior parte dei casi essa è sempre minore dopo l'urto. Egli fu il primo a determinare l'accelerazione gravitazionale usando il pendolo ed a costruire un pendolo isocrono per ampie oscillazioni, obbligando il percorso su una cicloide. Nella presentazione storica, sarà inclusa anche la figura di Robert Hooke, chiamato il "Leonardo britannico" e la cui rivalità con Newton era leggendaria. Ciò aiuta a mostrare l'aspetto più umano della scienza e come gli scienziati incarnino pienamente tutta la gamma non solo di intelligenze, ma anche di debolezze umane. Il percorso storico prosegue con Leibniz che – in riferimento agli urti dei pendoli - ipotizzò la conservazione della *vis viva*, adducendo un'ingegnosa spiegazione per la sua apparente perdita: essa veniva "dissipata tra le piccole parti" costituenti i corpi, una sorprendente anticipazione del legame tra energia e moto delle molecole. L'idea che  $(1/2)mv^2$  fosse una parte di una quantità più generale che si conserva condurrà alla legge di conservazione dell'energia.

Raccontare il quadro storico entro cui si svilupparono le idee della fisica aiuta ad "umanizzare" formule e spiegazioni ed a costruire, come avviene più spontaneamente per l'arte e per la letteratura, una "storia della fisica".

### 3.3. Unità didattica 2: il pendolo di Foucault, dall'astronomia alla letteratura

**Classe di riferimento e durata:** Terza classe di Scuola Secondaria di Primo Grado o qualsiasi di Secondo Grado in 2 settimane.

<sup>(2)</sup> né lui né altri dopo di lui, per circa un secolo, usarono il fattore 1/2

<sup>(3)</sup> Gli scienziati del '600 e '700 facevano distinzioni sottili, e fisicamente non corrette, fra vari tipi di forze dando loro un nome diverso.

**Obiettivi:** Conoscere la storia del pendolo di Foucault, comprendere il suo funzionamento e il concetto di forze apparenti. Raccogliere e selezionare informazioni e dati utili alla formulazione di un'ipotesi. Comprendere ed utilizzare un linguaggio scientifico adeguato per produrre testi orali e/o scritti.

Il pendolo di Foucault è probabilmente il pendolo più famoso della storia, reso ancora più celebre dalla penna di Umberto Eco [7]. Nella prima pagina del suo romanzo, sono riconoscibili le leggi del pendolo ed evidenziato il suo uso "astronomico". L'ipotesi della Terra ruotante su se stessa fu dimostrata rigorosamente solo nel 1851. A quel tempo si conosceva già il valore della massa terrestre, Dalton aveva elaborato la Teoria Atomica, l'acqua era stata scomposta nei suoi costituenti, la fotografia stava per diventare di moda. Eppure non si era ancora trovato il modo di dimostrare che la Terra ruota su se stessa. Fu il fisico francese Foucault ad avere l'intuizione geniale: osservare la rotazione terrestre studiando il moto di un grande pendolo che, se l'ipotesi della rotazione terrestre era corretta, avrebbe progressivamente modificato il proprio piano di oscillazione. Nel 1851, Foucault ottenne il permesso di appendere una fune di 67 m con una massa di 28 Kg alla cupola del Pantheon di Parigi, fece partire il pendolo e in pochi minuti si vide il piano di oscillazione ruotare effettivamente come previsto: dopo 32 ore e 42 minuti (perché non 24 ore sarà spiegato dopo) il pendolo aveva descritto un giro completo. Per spiegare l'esperimento di Foucault, si può visualizzare il caso di un disco in rotazione attorno all'asse centrale ed un pendolo sospeso sopra esso. Un osservatore esterno percepirà il moto del disco che ruota sotto al pendolo, che non varierà piano di oscillazione. Un osservatore solidale con il disco, invece, vedrà il piano di oscillazione del pendolo ruotare nel tempo. Si intuisce così perché un pendolo può dimostrare il moto del pianeta; ma la Terra non è un disco! Immaginiamo allora di guardare la Terra da sopra il Polo Nord: vedremo il pianeta ruotare sotto di noi. A Parigi la situazione sarà diversa. Questo è il motivo per cui il periodo di rotazione a Parigi non è di 24 ore: tanto più il pendolo è inclinato rispetto all'asse, tanto meno risente della rotazione del pianeta, seguendo la legge  $T = 24h/\sin(\alpha)$ ,  $\alpha$  essendo la latitudine del posto. L'esempio del disco porta all'analogia con una giostra che gira e conduce al concetto di forze apparenti nei sistemi di riferimento non inerziali: sopra di essa un oggetto che cade non avrà una traiettoria rettilinea e se vi appoggiamo una palla essa rotolerà via. Ripetendo le medesime azioni sul pavimento di una stanza, invece, ci aspettiamo una caduta rettilinea e una palla immobile. Che differenza c'è tra la giostra e la stanza, se è vero che essa gira con la Terra? Il motivo è legato alla presenza di forze, come gravità e attrito, che hanno effetti superiori a quelli dovuti ai moti terrestri. Ecco perché c'è voluto così tanto tempo per trovare un esperimento adatto!

### 3.4. Unità didattica 3: dal determinismo al caos attraverso il pendolo

**Classe di riferimento e durata:** Triennio della Scuola Secondaria di Secondo Grado in 4 settimane.

**Obiettivi:** comprendere il concetto di caos deterministico e sciogliere l'apparente dicotomia della terminologia. Ritrovare i semi di un concetto fisico-matematico nella letteratura e nella cinematografia. Apprendere gli aspetti qualitativi della geometria frattale. Raccogliere e selezionare informazioni e dati utili alla formulazione di un'ipotesi. Comprendere ed utilizzare un linguaggio scientifico adeguato per produrre testi orali e/o scritti.

Spesso si presentano i fenomeni scientifici lasciando intendere che attraverso la scienza tutto sia comprensibile e prevedibile. E' una visione ereditata dal periodo dell'Illuminismo. Questa visione si incrinò all'inizio del XX secolo: *“Se pure accadesse che le leggi naturali non avessero più alcun segreto per noi, anche in tal caso potremmo conoscere la situazione iniziale solo approssimativamente [...]. Può accadere che piccole differenze nelle condizioni iniziali ne producano di grandissime nei fenomeni finali.”* (Poincaré, 1903). Anche nella letteratura non scientifica è possibile ritrovare questo convincimento: *“Si dovrà considerare che la più insignificante differenza nei fatti delle due vicende potrebbe dar luogo ai più importanti errori di calcolo, facendo divergere radicalmente le due sequenze dei fatti.”* (“Il mistero di Marie Rogêt”, E. A. Poe, 1842). *“ecco, qui c'è un errore di quattrocentodieci lire. [...] adesso sai che tutto è sbagliato. In tanti anni, quell'errore di quattrocentosedici lire sai quant'è diventato? Miliardi! Miliardi! Hanno un bel girare le macchine calcolatrici, i cervelli elettronici e tutto il resto! L'errore è al fondo, al fondo di tutti i numeri, e cresce, cresce, cresce!”* (“La notte dei numeri”, Calvino). Nel romanzo di Crichton “Jurassic Park”, il professor Malcom spiega ai realizzatori del parco che *“il punto è che ciò che definiamo natura è di fatto un sistema complesso, non lineare. Ci costruiamo una immagine lineare della natura e poi combiniamo pasticci”*. Anche il cinema ha attinto ad ampie mani al concetto di caos (uno su tutti, il film “Butterfly effect”, che ruba sin dal titolo un'idea matematica).

Diamo una definizione più rigorosa di “caos deterministico”, una terminologia che sembrerebbe un ossimoro, accostando l'aggettivo “deterministico” (sinonimo di regolare e prevedibile) al termine “caos” (assenza di regole ed imprevedibilità). La dicotomia si supera mostrando che modelli matematici deterministici, ma non lineari, possono generare andamenti quasi indistinguibili da processi aleatori. Caos non è sinonimo di caso, così come caotico non lo è di casuale. Il caos deterministico è generato in sistemi dinamici che di per sé non avrebbero elementi casuali, ma presentano le seguenti caratteristiche: sensibilità alle condizioni iniziali, imprevedibilità ed evoluzione

descritta da molte orbite diverse tra loro. Se prendiamo un pendolo ed un magnete, tutti sapranno dire che succede se si lascia il pendolo o si avvicina un chiodo di ferro al magnete. Il “sistema-pendolo” e il “sistema-magnete” sono fenomeni prevedibili, ma se li “uniamo” nel pendolo magnetico la capacità predittiva viene a mancare: il sistema diventa caotico! Ma il movimento del pendolo non è casuale; il fattore di casualità è nell’errore della determinazione delle condizioni iniziali. Un esperimento realizzabile, o simulabile al computer <sup>(4)</sup>, è quello di un pendolo magnetico costituito da un’asta rigida e una sferetta di acciaio e tre calamite identiche (associate a tre colori) disposte sul piano sottostante ai vertici di un triangolo equilatero. Si rilascia più volte la sferetta da differenti punti (pixel) delle coordinate (x,y), corrispondenti alla proiezione della sferetta sul piano delle calamite: ogni volta la traiettoria del pendolo terminerà su una delle tre calamite e si colorerà il pixel di quel colore. Il risultato finale sarà una mappa la cui proprietà è che, ingrandendo le zone di bordo, la distribuzione dei colori non si semplifica, ma permane la medesima frammentazione ad ogni scala: abbiamo creato una struttura frattale. La descrizione dei frattali si allontana dal filo conduttore del pendolo, ma ne vogliamo evidenziare i vantaggi didattici: essi aprono molti percorsi interdisciplinari, presentano aspetti estetici che coinvolgono anche l’intelligenza emotiva; sono affrontabili sia con un approccio carta-e-penna (il “fiocco di Koch”) sia con l’aiuto di semplici software.

### 3.5. Il pendolo al di fuori della fisica

Il pendolo ha trovato molte applicazioni al di fuori della fisica e della matematica. Qui si riporta solo uno spunto interdisciplinare suggerito dal biologo Vandermeer [8], convinto che la comprensione delle complesse interazioni in natura passi per lo studio di sistemi di oscillatori accoppiati. L’idea di popolazioni come sistemi oscillanti non è nuova: qualsiasi sistema preda-predatore (ad esempio leoni e gazzelle) mostra oscillazioni. Se ci sono molti leoni che predano gazzelle, il numero di queste ultime diminuirà, ma poi al loro scarseggiare anche i leoni inizieranno a calare, consentendo alla popolazione di gazzelle di ricostituirsi. La situazione diventa più interessante quando si collegano due sistemi oscillanti prima indipendenti, ad esempio leoni che predano gazzelle e ghepardi che predano zebre, attraverso l’invasione di un terzo predatore, ad esempio il leopardo. Vandermeer paragona questa situazione a quella di due molle collegate tra loro. L’introduzione dei leopardi ha come conseguenza che le popolazioni di leoni e ghepardi iniziano ad oscillare in fase l’una con l’altra, avvantaggiando i leopardi quando le due popolazioni sono in calo, fino a quando leoni e ghepardi ricominciano ad aumentare facendo diminuire nuovamente i leopardi.

(4) <http://www.science.unitn.it/dalfovo/lezioni/paf-oscillatori.pdf>

Due sistemi preda-predatori – inizialmente non connessi - possono accoppiarsi anche nell'eventualità di un'invasione di una nuova specie di preda, che entri in competizione con le altre per il cibo. Simulazioni come quelle di Vandermeer, basate su oscillatori simili al pendolo, aiutano a fare luce su scenari ecologici e spiegare perché, ad esempio, è possibile la coesistenza di alcune specie che sfruttano le stesse risorse e perché alcuni sistemi preda-predatore sono resistenti agli "invasori". In un certo senso, anche gli ecologi stanno abbandonando la visione tradizionale "newtoniana" del mondo, in cui si raggiunge sempre un equilibrio. Afferma Vandermeer: *"Noi ecologisti dobbiamo riconoscere l'oscillazione intrinseca presente nei sistemi risorse-consumatori, quali predatore-preda, erbivori-piante e parassiti-ospite, ed iniziare ad approcciare questi vecchi problemi ecologici in termini di oscillatori accoppiati"*.

#### 4. Conclusioni

In questo contributo abbiamo descritto l'esperienza formativa rappresentata dal Master "Professione Formatore in Didattica delle Scienze", organizzato dall'Università "Tor Vergata" di Roma. Sono stati evidenziati gli aspetti caratterizzanti di tale Master e la sua rilevanza all'interno dell'architettura della formazione dei docenti in servizio. In particolare si è sottolineato come esso possa aver rappresentato il ponte di collegamento, di cui si percepisce l'impellente necessità, tra le realtà scolastiche ed il mondo accademico e della ricerca. Tra i risultati a lungo termine, inoltre, vi è stata la costruzione di una rete di formazione, che partendo dai corsisti ha potuto coinvolgere molti altri docenti dislocati in diverse parti d'Italia. E' stato infine descritto un percorso didattico, tra quelli presentati all'interno delle tesi finali del Master, declinato in tre unità didattiche (ed uno spunto di riflessione), aventi come filo conduttore lo studio del pendolo e delle sue caratteristiche.

#### Bibliografia

- [1] M. MICHELINI, *Formazione degli insegnanti all'innovazione didattica in fisica*, <https://core.ac.uk/download/pdf/328034349.pdf> (2012) .
- [2] M. MICHELINI, A. STEFANEL, A. LONGO, *Blended Activity using Learning Objects in Web OpenEnvironments for Primary School Teachers Formation in Physics Education, in Physics Teaching and Learning*, **Girep Book dedicated to memory of professor Arturo Loria Forum Udine** (2005) 103-112.
- [3] A.M. ALLEGA, *Il Modello a Shell e la transizione dal vecchio al nuovo*, <http://www.educationduepuntozero.it> (2013) .
- [4] BERRILLI F., CATENA L.M., RICKARDS O., ROCCA F., VITTORIO N, *Professione formatore in didattica delle scienze (Ed. Mondadori Università, 2017)*
- [5] M.R. MATTHEWS, C.F. GAULD, A. STINNER, *Science and Education, July 2004*,
- [6] M.R. MATTHEWS, *Idealisation and Galileo's Pendulum Discoveries*, **Science and Education**, **13** (2004) 689-715.
- [7] U.ECO, *Il pendolo di Foucault*, Ed. Bompiani, 1988
- [8] J.VANDERMEER, *Oscillating Populations and Biodiversity Maintenance*, **Bioscience**, **Vol.56**, **N. 12** (967-975) ,.2006