

PROGETTO TOPLab – The Open Physics Laboratory

Deliverable 4a. Relazione sullo stato di avanzamento del progetto

25 Luglio 2025

- Relazione sulle sperimentazioni per i diversi contesti, a.a. 2024/25
- Relazione sulle attività delle Faculty Learning Communities, a.a. 2024/25

1. Finalità e ambiti del progetto

Il progetto ToPLab – The Open Physics Laboratory, avviato nel 2024, si propone di innovare i laboratori didattici offerti nei corsi di laurea triennale e magistrale erogati dal DFA. Gli obiettivi specifici sono:

- Innovazione tecnico-scientifica:
 - Elaborare nuove esperienze laboratoriali allineate con tematiche attuali.
- Innovazione metodologica e didattica:
 - Adottare approcci didattici che favoriscano lo sviluppo delle abilità scientifiche, l'autonomia nel prendere decisioni e le competenze trasversali.
 - Creare una Faculty Learning Community (FLC) che co-progetti e rifletta criticamente sulle innovazioni.
- Miglioramento dell'attrattività e internazionalizzazione:
 - Favorire l'internazionalizzazione comprendendo la diversità nella popolazione studentesca e implementando azioni di supporto.

2. Contesti di intervento

I tre "contesti primari" di intervento inizialmente previsti nel progetto erano: i corsi di laurea in Fisica e Astronomia; il corso di laurea magistrale in Physics; le componenti di laboratorio degli insegnamenti di Fisica 1 e Fisica 2 dei corsi di laurea in Ingegneria.

Nel corso dell'a.a. 2024/25 sono stati aggregati al progetto i seguenti altri contesti: LM Astro & Cosmo (già citata nel progetto iniziale); LM Physics of data; L+LM Scienza dei Materiali; L Ottica e optometria; Scuola Galileiana di Studi Superiori.

È stato inoltre manifestato interesse per l'inclusione nel progetto da parte dei seguenti ambiti: formazione insegnanti (sia nei corsi curricolari che per la formazione in servizio); laboratorio mobile/dimostratori (es. dimostrazioni in Aula Rostagni, kit didattici).

3. Modalità di lavoro

È stato implementato un nuovo sistema organizzativo basato su gruppi di lavoro per contesto di intervento, con l'obiettivo di aumentare la condivisione e discussione in ciascun contesto di intervento. Le azioni specifiche sono:

- I docenti si incontrano per «contesto di intervento», per identificare obiettivi comuni, migliorare il coordinamento didattico e la progressione delle competenze.
- Coordinamento anche per acquisti: bandi coordinati dove si chiede ai referenti dei gruppi di discutere nei gruppi, raccogliere e coordinare le proposte di acquisto e le richieste di manutenzione.

4. Contesto di intervento: L Fisica

GdL 2024/25: De Salvador, Doro, Longhin (facilitatore), Lunardon, Mengoni (facilitatore), Patelli, Zaltron, et al.

4.1 Faculty Learning Community di L Fisica

Il gruppo di lavoro di L Fisica ha sperimentato una modalità organizzativa vicina al modello delle "faculty learning community" (FLC). Ha svolto 10 incontri mensili da Ottobre a Luglio, preceduti da un incontro tra facilitatori per definire le modalità di lavoro a Settembre. Il gruppo si riuniva con modalità informale, mensilmente, il giovedì, in aula R condividendo il pranzo. La partecipazione è variata dalle 5 alle 11 persone, con 7 partecipanti "regolari" che

hanno saltato solo 1 o 2 incontri. Due ricercatrici del gruppo di ricerca in didattica della fisica (Carli, Gabelli, e Pantano in fase iniziale) hanno seguito tutti gli incontri prendendo nota delle conversazioni. Le minute degli incontri sono state raccolte inizialmente in uno spazio Google Drive, poi si è deciso di migrare su Indico.

Oltre alla documentazione degli incontri per finalità di rendicontazione, è stato svolto un lavoro di ricerca con i seguenti metodi e strumenti:

- Caso di studio “Faculty Learning Community – Fisica”: analisi tematica delle conversazioni e interviste finali ai docenti (oltre all’osservazione partecipante)
- Caso di studio “Sperimentazioni di Fisica 2”: oltre a ECLASS, questionari intermedio e finale agli studenti, analisi dei documenti del corso e osservazione partecipante di uno dei turni settimanali per l’intero semestre. Tale lavoro è stato svolto con la collaborazione dell’assegnista Lucia Gabelli (09/2024-08/2026), reclutata tramite bando PARD 2024 su tematiche specifiche di TOPLab.

L’interazione è stata analizzata tramite Epistemic Network Analysis (ENA), per individuare i temi chiave dei vari incontri e modellare la co-occorrenza dei temi emersi nei dialoghi (Fig. 1). Le conversazioni si sono evolute da un focus su esperienze pregresse e temi specifici (es. uso del logbook) a una riflessione condivisa sugli obiettivi di apprendimento, in cui le tematiche erano più “interconnesse”, ed è culminata nella redazione di un documento di sintesi (in fase di completamento).

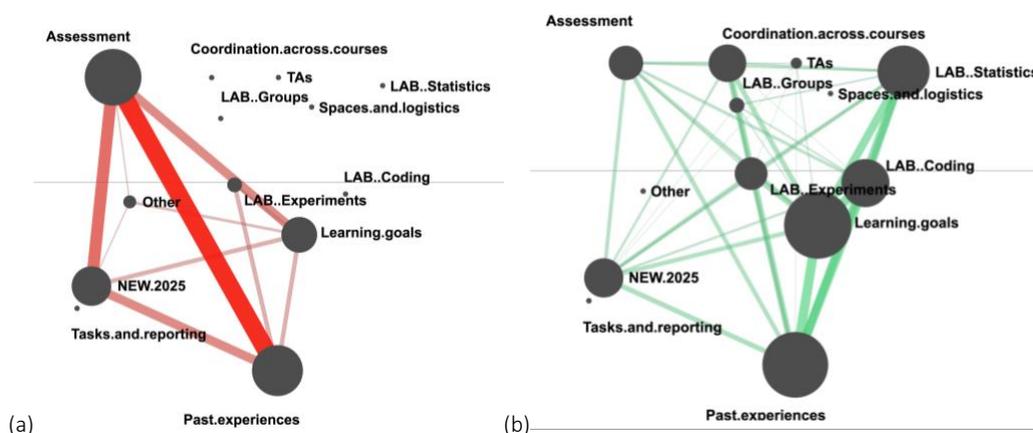


Fig. 1. Confronto tra le conversazioni di (a) novembre e (b) febbraio. Si evidenziano i nodi tematici più frequenti e le interconnessioni tra i nodi (linee). Lo spessore dei nodi e delle linee rappresenta la frequenza di ciascuno nella conversazione, considerando unità di conversazione (interventi) in prossimità temporale.

Sono inoltre state condotte interviste semi-strutturate finali ai docenti che hanno partecipato assiduamente agli incontri. Le domande erano:

Q1: (a) Quali temi che sono stati portati all’attenzione in questi incontri hai trovato interessanti? (b) Quest’anno hai modificato qualcosa nella tua pratica didattica? (c) [In relazione a b] Quale pensi sia stato l’impatto di questi incontri [della FLC]?

Q2: Quali aspetti strutturali (cadenza mensile, ora di pranzo,...) [della FLC] sono stati più efficaci/utili? Quali sono stati gli aspetti più difficili? Vi siete trovati/ne avete parlato anche fuori dagli incontri mensili?

Q3: Vorresti continuare a trovarti anche l’anno prossimo? Di cosa avresti bisogno per fare in modo che questo impegno sia sostenibile e poter continuare?

Di seguito è riportata una sintesi delle risposte raccolte. È possibile fare un’analisi tematica più rigorosa.

- Q1a [Temi]: Apprezzato lo scambio di esperienze, i docenti riportano che «spesso non sappiamo cosa avviene negli altri corsi». È piaciuto il tentativo di trovare obiettivi comuni. Per il futuro sarà necessario entrare ancor più nel dettaglio del curriculum per creare un percorso coeso.

- Q1b [Azioni]: I docenti riportano una serie di azioni, per lo più piccoli cambiamenti, nell’ottica di una modifica graduale. Di seguito un elenco dei cambiamenti riportati da almeno un(a) docente: i logbook hanno sostituito alcune relazioni; è stata introdotta una presentazione orale intermedia dei risultati, con feedback formativo; è stata introdotta o si intende introdurre dalla prossima coorte la rotazione dei ruoli nei gruppi; sono state introdotte sessioni di gruppo di analisi dati in presenza; è stata avviata una rilettura/ridefinizione degli obiettivi di apprendimento in macrocategorie di pratiche/abilità scientifiche, ed è stata introdotta una mappatura delle attività sugli obiettivi.
- Q1c [Impatto FLC]: La FLC sembra aver influenzato positivamente il senso di *agency* dei docenti; più di qualcuno ha riportato di sentirsi più sicuro/a nell’introdurre novità nel proprio insegnamento. È stata manifestata la volontà di sperimentare in maniera più strutturata e profonda nel prossimo anno accademico.
- Q2 [Struttura FLC]: È stata apprezzata la modalità informale del meeting con pranzo, che ha dato “libertà di tirar fuori le cose”, meno ansia di produrre. La cadenza mensile e regolare è buona; per il prossimo anno sarà necessario fare uno scheduling in anticipo per permettere maggiore partecipazione.
- Q3 [Sostenibilità e bisogni]: Da parte di tutti c’è desiderio di continuare, magari con più struttura e obiettivi (es. definendo dall’inizio i *deliverable* da consegnare). È necessario arrivare alla concretizzazione degli obiettivi e “tirare le fila.” Importante la comunicazione in Dipartimento per dare visibilità all’impegno e al lavoro svolto e per migliorare il collegamento con i docenti degli altri insegnamenti.

Alla luce del lavoro fatto quest’anno, ci si chiede come gestire la rotazione degli insegnamenti (introduzione dei nuovi docenti nella FLC, ruolo dei docenti che “lasciano”).

4.2 Caso di studio: Sperimentazioni di Fisica 2 – Modulo B

Di seguito è presentata una sintesi del lavoro svolto nell’insegnamento “Sperimentazioni di Fisica 2 – Modulo B” (secondo anno, secondo semestre), preso come caso di studio. Il corso, obbligatorio con la partecipazione di circa 180 studentesse e studenti, è dedicato alle misure elettriche e contiene 8 esperienze; a ciascuna è dedicata una sessione di laboratorio (4 ore).

La baseline di ECLASS 2024 (Fig. 2(a))¹ aveva messo in luce alcuni elementi problematici, in sintesi: uso della strumentazione, errori sistematici, comprensione del senso delle istruzioni, troubleshooting, ruolo degli esperimenti per la costruzione di conoscenza.

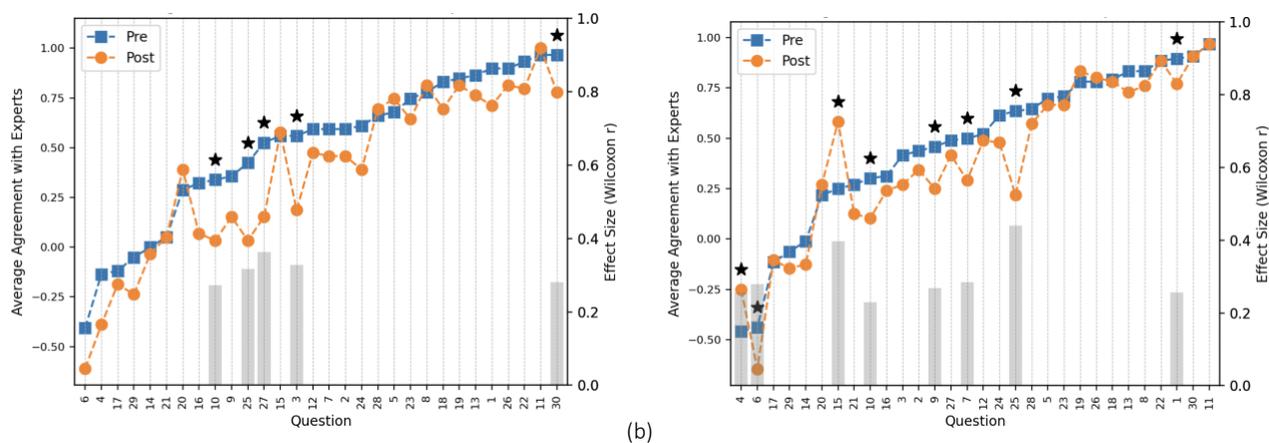


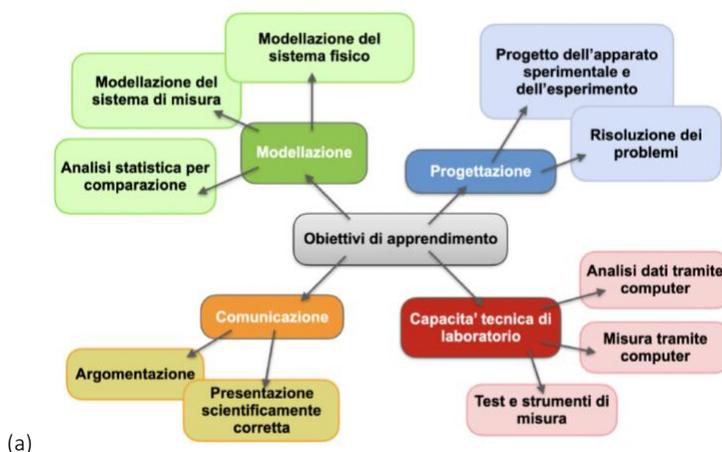
Fig. 2. Risultati di (a) ECLASS 2024 e (b) ECLASS 2025 per l’insegnamento “Sperimentazioni di Fisica 2 – Modulo B”. Le stelle identificano gli item con differenza statisticamente significativa tra pre- e post-test. Le barre indicano l’*effect size* (*r* di Wilcoxon).

¹ Il questionario contiene 30 affermazioni sulla pratica sperimentale. Il grado di accordo degli studenti con ciascuna affermazione viene valutato in termini di “accordo” con la risposta data alla stessa affermazione da un pool di fisici sperimentali. Lo score “1” indica “accordo”, “0” indica “neutralità” (da parte degli studenti), “-1” indica “disaccordo”. Nei grafici si fa poi la media su tutta la coorte di studenti e il risultato (che va da -1.00 a 1.00) si interpreta come “accordo medio” della coorte con gli esperti, per ciascun item. Per ulteriori dettagli sull’interpretazione dei risultati si rimanda ai documenti specifici (<https://jila.colorado.edu/lewandowski/research/eclass-instructors-0>).

Nel 2024/25 i docenti (Patelli, Longhin) hanno introdotto le seguenti modifiche all'insegnamento:

- Ridefinizione degli obiettivi di apprendimento e mappatura delle attività sugli obiettivi.
- Aumento dell'enfasi sugli errori sistematici e introduzione di una presentazione orale per la prima esperienza con feedback formativo.
- Rendere alcune esperienze meno «blackboxy», es. reintroduzione della saldatura.

La Fig. 3(a) mostra lo schema degli obiettivi di apprendimento (ispirato a un articolo di Zwickl et al., 2012, University of Colorado Boulder), mentre la Fig. 3(b) mostra la mappatura delle prime due esperienze sugli obiettivi.



Esperienza 1: Ponte di Wheatstone				
Concetti	Modello sperimentale	Progettazione	Capacità tecnica di lab	Comunicazione
Reti lineari Teorema di Thévenin	Errori sistematici a priori; Errori negli strumenti digitali; Dimensionamento	Misure per comparazione; Errori correlati	Errori sistematici; Confronti valori ed errori sperimentali e a priori	Presentazione; condivisione dati tramite fogli di calcolo condivisi; rappresentazione efficace dei dati
Esperienza 2: RC nel tempo				
Concetti	Modello sperimentale	Progettazione	Capacità tecnica di lab	Comunicazione
Circuito RC temporizzatore Blind analysis	Selezione componenti; Costruzione del circuito su basetta; Nodo di massa	Presenza dati (# punti e scala) e riduzione degli errori sistematici; Misura tramite rapporto di grandezze	Confronto errori sperimentali e a priori; Errore sistematico multimetro vs. Oscilloscopio	Scambio logbook; condivisione dati tramite fogli di calcolo condivisi

Fig. 3. (a) Mappatura degli obiettivi di apprendimento dell'insegnamento "Sperimentazioni di Fisica 2 – Modulo B", a.a. 2024/25. (b) Mappatura delle attività e contenuti delle prime due esperienze di laboratorio sugli obiettivi di apprendimento.

Nel 2025 gli effetti delle modifiche sono stati monitorati tramite ECLASS e un questionario realizzato dal gruppo di ricerca in didattica della fisica.

I risultati di ECLASS 2025 sono riportati in Fig. 2(b). Si notano dei miglioramenti negli item che riguardano la trattazione degli errori sistematici, la comprensione delle istruzioni di lavoro, il ruolo degli esperimenti per la costruzione di conoscenza, la comunicazione, e l'apprezzamento delle abilità pratico-manuali. Questi item avevano, nel 2024, shift pre/post negativi statisticamente significativi o quasi significativi, mentre nel 2025 hanno avuto shift non significativi o addirittura significativi in positivo (comunicazione e abilità pratico-manuali). Rimane invece ancora lavoro da fare negli ambiti relativi all'uso della strumentazione e del collegamento tra teoria e pratica.

Il questionario finale ha rivelato che gli studenti ritengono di star imparando abilità rilevanti per il lavoro di fisico/a (Fig. 4) e che i maggiori miglioramenti auto-riportati riguardano l'utilizzo di strumentazione elettronica, la costruzione e test di circuiti, e la rappresentazione efficace dei dati. La raccolta di dati sugli effettivi risultati di apprendimento (esami finali) è in corso.

5. Contesto di intervento: L Ingegneria

5.1 Gruppo di lavoro Fisica 1

GdL 2024/25: Bernardini, Grassi, Naletto (facilitatore), Sirignano (facilitatrice), et al.

Il GdL aveva iniziato un progetto di riforma dei laboratori anche prima di ToPLab, introducendo alcune novità nelle esperienze di laboratorio già negli a.a. 2022/23 e 2023/24. Le azioni principali nell'a.a. 2024/25 sono state:

A1: Sviluppo e somministrazione di un questionario ai docenti per valutare l'efficacia delle modifiche introdotte e identificare gli obiettivi formativi principali della componente di laboratorio.

- Le modifiche introdotte pre-ToPLab sono state in generale ben accolte. Persiste qualche criticità con l'esperienza del volano ed è probabilmente da rivedere la piattaforma web creata per le esperienze. Si sta valutando la possibilità di introdurre una nuova esperienza sulla dinamica del corpo rigido (rotolamento). C'è accordo sulla necessità di coinvolgere maggiormente gli studenti nell'analisi dati.
- Gli obiettivi di apprendimento che hanno riscontrato maggiore consenso tra i docenti sono stati: Applicare la teoria degli errori a un caso realistico; Prendere misure dirette e indirette; Utilizzare alcune tecniche di analisi dati; Imparare ad esercitare il pensiero critico.

A2: Studio di fattibilità e utilizzo pilota di un prototipo di air-hockey per l'analisi degli urti 2D (concorre anche all'obiettivo di innovazione tecnico-scientifica di ToPLab).

Il prototipo di air-hockey è stato realizzato da Chiara Sirignano nel proprio insegnamento di Fisica 1, come dimostratore in aula Rostagni. È stato utilizzato per la prima volta ad Aprile 2025 (Fig. 4(a)). Il software di analisi delle immagini (Fig. 4(b)) è stato elaborato grazie al contributo di due giovani docenti (Serafini, Mordini). Per il futuro si valuterà lo sviluppo dell'esperienza verso un maggiore coinvolgimento degli studenti (es. tavoli portatili).

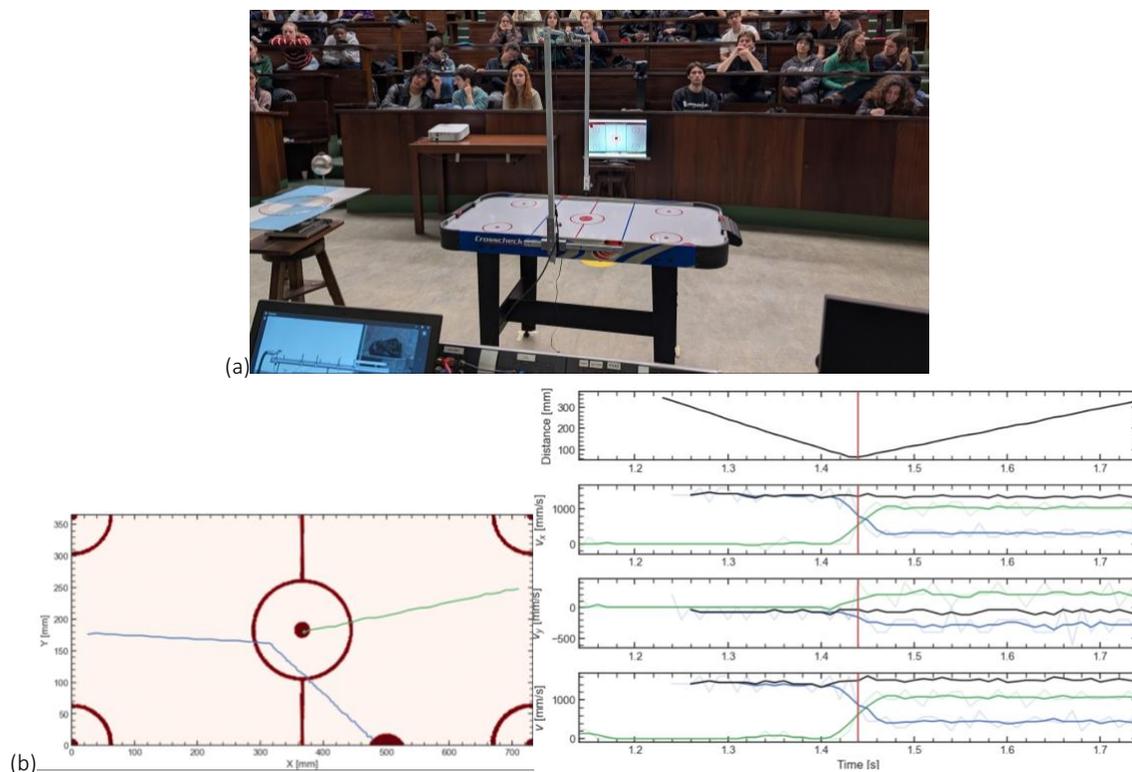


Fig. 4. Prototipo di air-hockey realizzato per lo studio degli urti 2D negli insegnamenti di Fisica 1 per Ingegneria. (a) Foto dell'apparato durante l'utilizzo in Aula Rostagni, Aprile 2025. (b) Esempi di visualizzazioni fornite dal software (autoprodotta) di analisi delle immagini.

A3: Miglioramenti della formazione dei/delle tutor

La formazione dei/delle tutor di laboratorio è stata resa obbligatoria ed è stata migliorata la qualità e condivisione del materiale didattico. Sono stati osservati miglioramenti nella qualità della preparazione e intervento dei/delle tutor durante le sessioni di laboratorio. Si discuterà l'opportunità di introdurre video didattici per alcune istruzioni frontali per meglio valorizzare l'intervento dei/delle tutor e aumentare l'omogeneità delle istruzioni fornite.

5.2 Gruppo di lavoro Fisica 2

GdL 2024/25: Margoni, Peloso, Rossin, Renzi, Simi, Taverna (facilitatore), Tosi, et al.

Nel 2024/25 è stata svolta una sperimentazione a cura di Gabriele Simi e Roberto Rossin nell'insegnamento di Fisica 2 per Ingegneria Aerospaziale. La sperimentazione ha previsto l'utilizzo di piattaforme Arduino e Raspberry in luogo della strumentazione tradizionale per un sottogruppo pilota di studenti. In questo modo, gli studenti costruiscono e customizzano un circuito in prima persona, incontrando l'obiettivo di maggiore *agency* di ToPLab. Per il 2025/26 è prevista l'estensione della sperimentazione in altri CdS, con adesione dei/delle docenti su base volontaria. Finora hanno aderito tre ulteriori insegnamenti (Fisica 2 per ingegneria chimica, energia, meccanica). Le caratteristiche della sperimentazione pilota saranno le seguenti:

- Gruppi di 3 studenti, 5-10 gruppi per corso in base alle risorse e spazi.
- Possibilità di portare a casa il controller per eseguire prove in autonomia (da verificare).

È stata sottolineata la necessità di una formazione anche tecnica per docenti e tutor. Rimane da decidere il software per l'analisi dei dati (sono stati discussi pro e contro di alcuni software). Rimane inoltre da definire se l'assegnazione al gruppo sperimentale è volontaria o gestita dal docente; infine è da verificare la conformità nella valutazione tra gruppo sperimentale e gruppo di controllo.

Altri punti di discussione (non ancora concretizzati, da riprendere il prossimo a.a.) sono stati:

- Aumento a 4h della durata di un'esperienza per permettere maggiore approfondimento (la logica è: meno esperienze ma più in profondità).
- Questione aperta sulla valutazione (sperimentata la relazione online tramite foglio google, rimangono alcuni dubbi e nodi da chiarire)
- Miglioramento delle esperienze di ottica.

6. Contesto di intervento: LM Physics

GdL 2024/25: Pierno (facilitatore), Recchia (facilitatore), Bazzan, et al.

Si conta di riprendere gli incontri nel prossimo anno accademico.

All'inizio 2024/25 si era cominciata una discussione sugli obiettivi di apprendimento, poi momentaneamente lasciata in stand-by per affrontare problematiche specifiche degli insegnamenti. Sono state rilevate alcune sfide nel coordinamento dovute alle differenze nella struttura e organizzazione didattica dei due insegnamenti (corso obbligatorio vs. opzionale; numero di docenti coinvolti; insegnamento su più semestri; etc.).

Un elemento di "cross-fertilizzazione" è la messa a punto di un esperimento micro-PET, che viene dalle competenze dei docenti di Physics Laboratory ma si utilizzerà probabilmente da usare nel laboratorio Advanced. L'esperimento è coerente con gli obiettivi di imaging di ToPLab. La strumentazione è stata acquistata e assemblata; è in fase di completamento l'assemblaggio parte elettronica e il design della meccanica.

I singoli insegnamenti hanno inoltre proceduto all'introduzione di alcune innovazioni.

Per il Physics Laboratory:

- Sono state realizzate spese per adeguare la capienza del laboratorio ai nuovi numeri della magistrale: si è arrivati a 118 studenti partendo da 70 circa.

- Il lavoro si è concentrato sulla preparazione dei nuovi banchi sperimentali. La ripresa e attuazione della parte didattica prevista nel progetto si affronterà una volta conclusa questa fase più tecnica.

Per l'Advanced Physics Laboratory:

- È stato introdotto un questionario iniziale di autovalutazione delle competenze che ha permesso di far emergere alcune difficoltà che solitamente si manifestavano tardi.
- ECLASS è stato integrato nella pagina Moodle per potenziare la partecipazione ed è stato presentato con la partecipazione del gruppo di ricerca in didattica della fisica.
- Si sta lavorando alla programmazione della giornata di presentazioni "peer2peer" in cui gli studenti presentano ai colleghi l'esperimento che hanno sviluppato. Verrà realizzata all'inizio del Modulo B (a.a. 2025/26, primo semestre).
- Si sta lavorando all'introduzione o aggiornamento di esperienze coerenti con lo sviluppo dell'imaging, anche in collaborazione con LM Physics of Data.
- Si sta valutando la possibilità di introdurre un esperimento di tipo "didattico" per gli studenti che intendono seguire un curriculum di tipo interdisciplinare o proseguire con una formazione in didattica della fisica.

7. Contesto di intervento: "Asiago"

GdL 2024/25: *Ciroi, Siviero, Crepaldi, et al.*

Sono stati acquistati tre banchi Thorlabs con kit didattici di ottica, utilizzabili per vari CdS (triennale o magistrale), formazione insegnanti, PCTO, etc.

È stato assunto personale tecnico-amministrativo come da progetto.

8. Monitoraggio del progetto

La seguente tabella riporta gli strumenti di valutazione individuati nel progetto e lo stato di ciascuna misura:

Strumento	Stato della misura
ECLASS	Fatto nel 2023/24 (baseline) e 2024/25. Report specifici inviati ai singoli docenti. Verrà fatto un deliverable sintetico per ciascun anno accademico. Miglioramento della partecipazione previsto anche in piano strategico.
Aspetti motivazionali e di benessere	Fatto nel 2024/25 (con il contributo del progetto di miglioramento della didattica 2023). Si veda il documento "Analisi sull'andamento delle lauree magistrali" presentato e approvato nel Consiglio di Dipartimento del 27/5/2025. Indagine da continuare nel 2025/26 e oltre, anche con focus specifico sul laboratorio.
Livello di soddisfazione degli studenti	Dati raccolti come da routine. Sarà necessario analizzarli e produrre un report di sintesi.

Per alcuni casi di studio, come descritto sopra, sono state attivate anche altre misure (questionari specifici autoconstruiti, interviste ai docenti, analisi degli incontri di FLC, etc.)

Per quanto riguarda ECLASS, nel 2024/25 sono state raccolte in totale 920 risposte POST (il numero di risposte PRE è più alto, ma contano solo le risposte con matching PRE/POST). La frazione di risposte sul totale di studenti è stato drasticamente maggiore dove il questionario è stato integrato nella pagina Moodle e reso «obbligatorio» per sostenere l'esame, es. Sperimentazioni di Fisica 2 (Modulo A: 173 POST, Modulo B: 152 POST), Ingegneria biomedica 131 POST, Ingegneria dell'energia 121 POST.

9. Disseminazione del progetto

ToPLab è stato presentato a due conferenze di rilevanza internazionale:

- World Conference in Physics Education 2024 (Cracovia, 26-30 agosto 2024): *A department-wide study on the development of students' attitudes toward experimental physics: setting the groundwork for innovation* (presentazione del processo attivato e risultati preliminari ECLASS)
- GIREP 2025 (Leiden, 30 giugno-4 luglio 2025): *TOPLab: sustaining innovation in physics labs through Faculty Learning Communities* (caso di studio FLC Fisica)

Al talk 2025 erano presenti alcuni dei ricercatori internazionali dal cui lavoro ha preso spunto il progetto (H. Lewandowski, B. Zwickl, M.F.J. Fox), che hanno apprezzato l'intervento. In generale la comunità ha manifestato interesse per il lavoro. M. Carli è stata coinvolta nel neocostituito gruppo di lavoro europeo sul tema dei laboratori didattici all'interno della comunità PER (*physics education research*), assieme a H. Lewandowski (coordinatrice, University of Colorado Boulder), M.F.J. Fox (Imperial College London), P. Logman (University of Leiden), M. Alemani (University of Potsdam).