

Didattica emergenziale/innovativa nei corsi di fisica.

Tra scuola e università

Paolo Gondoni, Roberto Mazzola, Matteo Bozzi, Maurizio Zani

La necessità di adeguare la didattica alle nuove esigenze subentrante con la pandemia da Covid-19 ha portato alla riprogettazione di alcuni progetti dedicati alla didattica della fisica organizzati dal Politecnico di Milano. I corsi di ripasso di fisica dedicati alle matricole dell'anno accademico 2020-2021 si sono svolti da remoto con una modalità blended tra lezioni frontali, attività di gruppo con tutor e quiz in modalità telematica, mentre il progetto dei PCTO (Percorsi Trasversali per le Competenze e l'Orientamento, ex alternanza scuola-lavoro) per i licei scientifici ha visto l'alternarsi di seminari online ed esperimenti progettati e svolti autonomamente dagli studenti in gruppi. Il grado di soddisfazione espresso dagli studenti in merito a entrambi i progetti è risultato elevato, lasciando aperta la strada alla possibilità di ripetere esperienze di questo genere in futuro.

Introduzione

Gli effetti della pandemia da Covid-19 sul mondo dell'istruzione a ogni livello sono stati - e sono tuttora - di un'entità senza precedenti^{1,2}. Le forme di insegnamento e le attività connesse hanno dovuto essere ripensate e riprogettate, coinvolgendo pesantemente le risorse tecnologiche³, per affrontare le restrizioni che hanno limitato o proibito lo svolgimento di lezioni, laboratori e stage in presenza^{4,5,6}.

Tra le varie fasce d'età colpite da questa rivoluzione, un occhio di riguardo è sicuramente da rivolgere alla delicata transizione tra scuola secondaria di secondo grado e università⁷, nella quale è necessario da un lato potenziare le competenze individuali per supportare la scelta del percorso professionale o universitario post-diploma^{8,9} e dall'altro prevenire l'abbandono iniziale degli studi universitari^{10,11,12}.

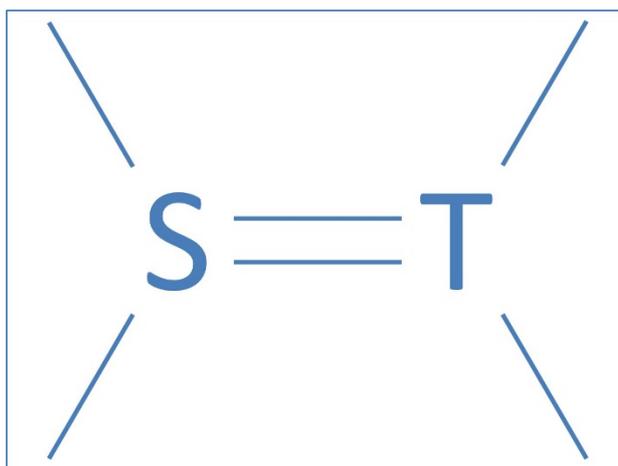


Figura 1 - Logo del laboratorio di sperimentazione didattica ST2, che gioca sulla rappresentazione grafica dello stato di ibridizzazione (sp^2) del carbonio e relativo doppio legame (=), proponendosi di studiare e sperimentare nuove metodologie e tecnologie didattiche, valorizzando la molteplicità di interazioni possibili tra lo studente (Student) e il docente (Teacher)

In questo contesto presentiamo due attività progettate e realizzate dal Laboratorio^a di sperimentazione didattica ST2 del Dipartimento di Fisica del Politecnico di Milano nel campo dell'insegnamento della fisica e all'interno del PLS (Piano Lauree Scientifiche) finanziato dal MUR (Ministero dell'Università e della Ricerca), dedicate alla fascia d'età (17-19 anni) che comprende la fine della scuola secondaria di secondo grado e l'inizio dell'università. In particolare,

- la prima esperienza¹³ consiste in un progetto nell'ambito dei PCTO¹⁴, dedicato a classi quarte e quinte di liceo scientifico, che è partito da lezioni di approfondimento a distanza e si è concretizzato nella progettazione autonoma ed esecuzione di attività sperimentali da parte degli studenti nel campo dell'interferometria acustica.
- La seconda esperienza^{15,16}, invece, è stata dedicata ai neodiplomati immatricolati nei corsi di ingegneria del Politecnico, volta al ripasso e consolidamento di argomenti di fisica di base attraverso lezioni virtuali, attività di gruppo e analisi di problemi da remoto in forma sincrona e asincrona. Tali corsi sono da intendersi come integrativi dei rispettivi MOOC (Massive Open Online Courses) di fisica¹⁷, realizzati dal medesimo laboratorio di ricerca e disponibili gratuitamente sul portale POK^b dell'Ateneo.

^a <http://www.st2.fisi.polimi.it>

^b <http://www.pok.polimi.it>



Figura 2 - Copertine dei due MOOC di fisica presenti sul portale POK del Politecnico di Milano

In entrambi i casi, uno spazio significativo è stato dedicato alla capacità degli studenti di autovalutarsi, di valutare i lavori tra pari (nel caso delle relazioni sperimentali sul PCTO) e di esprimere la propria soddisfazione sulle attività proposte.

PCTO sperimentale: interferometria acustica

L'attività di PCTO è stata svolta in collaborazione con due licei scientifici: il "Vittorio Veneto" di Milano e il "Copernico" di Brescia. Sono stati coinvolti complessivamente 50 tra studenti e studentesse di quarta e quinta con un insegnante referente per ciascuna scuola, supportati da 3 docenti e 2 tutor del Politecnico. Lo schema adottato per le attività è stato il seguente:

- lezioni e approfondimenti da remoto a cura dei docenti del Politecnico;
- attività sperimentale progettata ed eseguita in autonomia dai gruppi di studenti;
- presentazione degli esperimenti a cura dei gruppi;
- valutazioni da parte dei docenti, dei tutor, e degli studenti stessi.

Nella prima parte del percorso, gli studenti hanno partecipato a quattro webinar introduttivi tenuti da alcuni docenti del Politecnico di Milano. Le prime due lezioni hanno avuto un'impostazione più teorica, con l'obiettivo di introdurre i concetti chiave dei fenomeni ondulatori e dell'interazione tra onde, con argomenti direttamente collegati con le programmazioni scolastiche (onde acustiche ed elettromagnetiche, interferenza, diffrazione) e qualche cenno a concetti sconosciuti agli studenti (dualismo onda-particella). Il terzo e quarto incontro, invece, hanno rispettivamente presentato il

concetto di modellizzazione di un fenomeno fisico - con cenni alle differenze di approccio in diverse culture mondiali - e descritto in maniera concreta alcuni esperimenti specifici riconducibili all'interferenza da antimateria.

Successivamente gli studenti sono stati suddivisi in 10 gruppi da 5 studenti ciascuno, con l'obiettivo di ideare e realizzare un esperimento¹⁸ sul tema dell'interferometria acustica da condurre senza indicazioni, vincoli o restrizioni particolari, in completa autonomia e libertà "creativa". Il lavoro si è sviluppato nell'arco di 4 mesi, durante i quali gli studenti hanno potuto avvalersi del supporto di alcuni tutor universitari e degli insegnanti delle rispettive scuole. Al termine dell'attività gli studenti hanno dovuto redigere un report e preparare una presentazione multimediale.

La maggior parte dei gruppi (7 su 10) ha spontaneamente scelto di studiare l'interferenza tra due sorgenti sonore, rifacendosi alla descrizione dell'esperimento di Young presentata durante uno degli incontri iniziali. Altri gruppi hanno affrontato il tema della risonanza e dei battimenti. Vista la complessità degli esperimenti, aggravata dal fatto che le restrizioni dovute alla pandemia hanno costretto quasi tutti i gruppi a lavorare da casa, è risultato particolarmente difficoltoso ottenere risultati sperimentali in linea con le previsioni: gli effetti del riverbero in una stanza chiusa, la difficoltà di controllare la monocromaticità e la coerenza delle sorgenti sonore, tra gli altri, hanno posto gli studenti nelle condizioni di riflettere sulla difficoltà di analizzare esperimenti concreti rispetto a studiare i risultati previsti da modelli teorici semplificati. Questi ed altri aspetti di profondo interesse sono stati colti e discussi nei report degli studenti. Si può anche evidenziare come tutti i gruppi abbiano spontaneamente scelto di utilizzare software e app dedicate per generare, registrare e misurare le caratteristiche delle onde sonore, a riprova della sempre maggiore integrazione delle tecnologie multimediali nella didattica sperimentale^{19,20}.

Al termine degli esperimenti, i tutor hanno valutato i report sperimentali sulla base di una griglia condivisa, ed assegnando ad ogni domanda della griglia un punteggio da 1 a 4. La media delle valutazioni per le 10 relazioni è stata 2,60/4. Ciascun gruppo ha infine esposto le proprie presentazioni multimediali in un incontro virtuale al quale assistevano gli altri gruppi della stessa scuola, i tutor del Politecnico e i docenti dell'istituto che avevano seguito il percorso. Ogni presentazione è stata valutata sia dai tutor sia dagli altri gruppi, con lo scopo di confrontare le valutazioni tra pari con quelle assegnate dai docenti. La media delle valutazioni assegnate dai tutor alle presentazioni è stata 2,60/4, mentre la media delle valutazioni assegnate dagli studenti alle stesse presentazioni è stata 3,20/4.

A conclusione del percorso, agli studenti è stato somministrato un questionario di gradimento; in esso si richiedeva di esprimere il proprio grado di soddisfazione sulle singole parti che hanno costituito la proposta. A ciascuna delle attività (si veda la figura 3, mentre per dettagli si veda la referenza [13]) è stato assegnato un punteggio medio superiore a 3, in particolare 3.63/4 per i webinar iniziali, 3.07/4 per la fase di creazione e realizzazione dell'esperimento, 3.58/4 per la fase di valutazione delle presentazioni, 3.31/4 per la soddisfazione complessiva. Complessivamente su tutte le risposte, nella maggioranza dei casi (50.4%) il punteggio assegnato è stato di 4/4, nel 40.9% è stato 3/4, e meno del 9% delle voci da valutare ha ottenuto una risposta minore o uguale a 2/4.

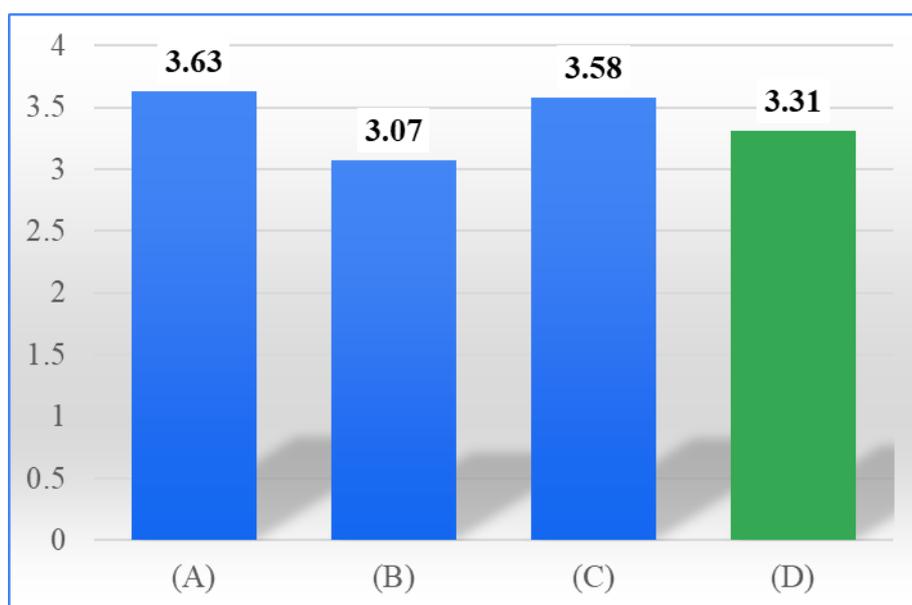


Figura 3 - Valutazioni medie di gradimento degli studenti alle parti della proposta di PCTO.

(A) webinar; (B) lavoro sperimentale; (C) valutazione delle presentazioni; (D) gradimento complessivo

Corsi di ripasso: modalità mista

I corsi di ripasso di fisica del Politecnico di Milano nell'anno accademico 2020-2021 sono stati erogati interamente a distanza su Microsoft Teams®, con una metodologia ibrida tra videolezioni sincrone, attività di gruppo, questionari online e discussioni su forum. Rispetto ai corsi tradizionalmente proposti dall'Ateneo, costituiti da 8 incontri in presenza da 4 ore ciascuno, si è cercato di ridurre la parte di lezione frontale e di spaziare quanto più possibile tra metodologie didattiche diverse per mantenere viva l'attenzione degli studenti da remoto.

Agli studenti iscritti - circa 1000 - sono stati proposti 8 incontri da 4 ore l'uno, ciascuno dedicato a un macro-argomento di meccanica, termodinamica o elettromagnetismo, così strutturati:

- 1 ora di videolezione frontale in diretta streaming per l'intero gruppo, senza possibilità di interazione tra studenti e docente o tra i singoli studenti. Ogni lezione è stata successivamente resa disponibile sul canale YouTube del laboratorio di ricerca.

- 2-3 ore di discussione di esempi, problemi ed esercizi, in sottogruppi di circa 120 studenti ciascuno, supervisionati da un tutor per ogni sottogruppo. In questa fase gli studenti potevano interagire tra loro e i tutor incoraggiavano la cooperazione tra i componenti del gruppo. L'abbinamento tra tutor e sottogruppi è stato fatto variare a rotazione tra gli 8 incontri, per far sperimentare il maggior numero di stili didattici possibili agli studenti.
- 20 minuti (inseriti all'interno della fase a gruppi) di quiz online sugli argomenti dell'incontro.
- Nel tempo tra un incontro e il successivo, gli studenti avevano anche a disposizione un forum per discussioni asincrone, anch'esso presidiato a rotazione dai tutor.

Le lezioni sincrone in streaming sono state seguite da circa il 65% degli studenti iscritti ai corsi di ripasso. Ciascuna videolezione è stata impostata in modalità puramente frontale e senza pause, con una videocamera che inquadrava il docente e la lavagna. La possibilità di intervenire, in chat o a voce, è stata disabilitata e gli studenti sono stati incoraggiati a discutere eventuali dubbi nella parte di lavoro a gruppi. Il numero di visualizzazioni delle lezioni su YouTube al termine dei corsi era sostanzialmente confrontabile con il numero degli studenti iscritti; tuttavia, essendo i video pubblici, non è possibile confrontare direttamente questi numeri con quelli degli studenti iscritti ai corsi di ripasso.

La fase di ripasso e discussione a gruppi (numero medio effettivo di 122 iscritti per gruppo) è stata invece frequentata dal circa l'80% degli studenti iscritti, con una leggera e costante diminuzione nell'arco delle due settimane. Tutti gli studenti effettivamente connessi e partecipanti hanno inviato le proprie risposte ai quiz online come richiesto dai tutor. L'utilizzo del forum, invece, è stato marginale: nel corso delle due settimane gli studenti l'hanno utilizzato solamente in due occasioni, per chiedere chiarimenti ai quali ha risposto il tutor senza che tra gli studenti si avviassero discussioni.

Al termine del corso, agli studenti è stato chiesto di compilare un questionario di gradimento, che è stato restituito da 159 dei partecipanti, il 68% dei quali ha dichiarato di aver frequentato la maggior parte degli incontri. Le domande del questionario chiedevano agli studenti di esprimere la propria soddisfazione in merito alle singole parti in cui erano articolati gli incontri. A ciascuna delle attività (si veda la figura 4) è stato assegnato un punteggio medio superiore a 3, in particolare 3.20/4 per la lezione in streaming, 3.15/4 per le attività di gruppo, 3.05/4 per i quiz, 3.02/4 per la soddisfazione complessiva. È interessante notare che, alla richiesta opzionale di evidenziare gli aspetti negativi del corso, circa un terzo delle risposte ha segnalato la rotazione dei tutor tra un incontro e l'altro.

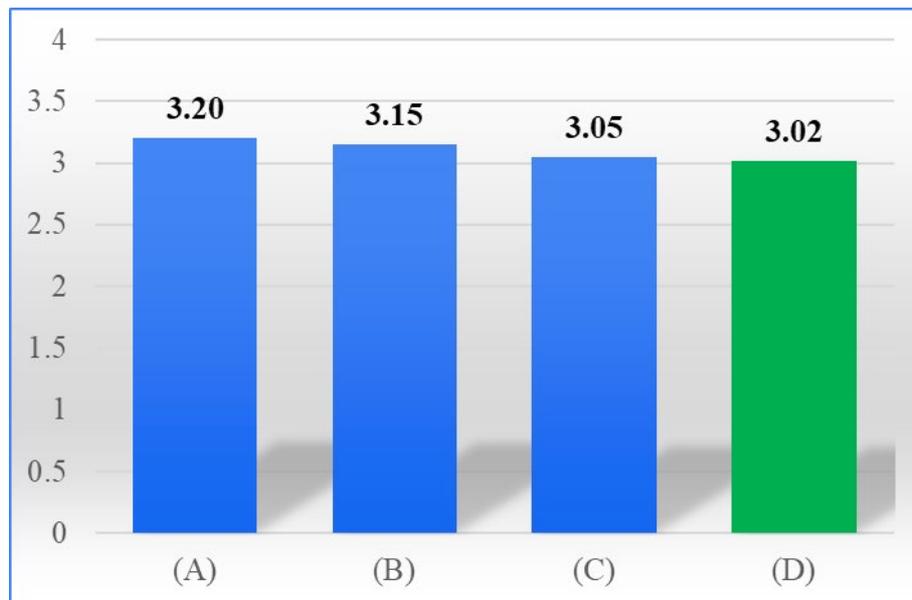


Figura 4 - Valutazioni medie di gradimento degli studenti alle attività dei corsi di ripasso.
 (A) lezioni in streaming; (B) attività di gruppo; (C) quiz online; (D) gradimento complessivo

Conclusioni

Nell'anno accademico 2020-2021 sono state proposte due attività didattiche agli studenti che stavano concludendo il percorso di scuola secondaria di secondo grado o iniziando il percorso universitario. Entrambe le attività sono state svolte in modalità a distanza a causa della pandemia da Covid-19, cercando di spaziare quanto più possibile tra forme didattiche diverse. In particolare, un percorso di PCTO per le classi quarte di due licei scientifici ha permesso agli studenti di cimentarsi con la progettazione e la realizzazione di un esperimento di interferometria acustica sulla base di alcuni webinar introduttivi, redigendo un report sperimentale e confrontandosi con la valutazione tra pari. La riprogettazione dei corsi di ripasso per i neoiscritti ai corsi di ingegneria, invece, ha portato gli studenti a confrontarsi con diversi approcci alla didattica a distanza: lezioni in streaming sincrone e asincrone, esercizi guidati, attività tra pari in gruppi virtuali, quiz online. Entrambi i percorsi proposti sono stati valutati in termini di soddisfazione espressa dagli studenti, riportando esiti ampiamente positivi.

Tuttavia, l'importanza e la delicatezza della sfida educativa posta dalla crisi pandemica alle istituzioni scolastiche e universitarie e, in prospettiva, la necessità e l'opportunità di valorizzare strategie didattiche e approcci educativi innovativi impiegati in questo tempo, richiedono di valutare più approfonditamente la didattica a distanza, sia in termini di apprendimento sia di come influenzi altre dimensioni, quali la metacognizione, l'identità e il benessere soggettivo degli allievi. A questo scopo, nell'autunno del 2021 il Laboratorio di sperimentazione didattica ST2, in collaborazione con il Centro

METID^c (Metodi e Tecnologie Innovative per la Didattica) del Politecnico di Milano e l'Università degli Studi di Napoli "Federico II", ha erogato a tutti gli studenti del Politecnico un questionario *ad hoc* costituito da 75 domande. Hanno risposto complessivamente 3920 allievi, iscritti a scuole di architettura, design e ingegneria e i risultati di questa indagine e la loro analisi saranno a breve pubblicati.

Paolo Gondoni

Insegnante di fisica, Istituto di Istruzione Superiore "A. Badoni" di Lecco

Roberto Mazzola

Insegnante di fisica, Istituto di Istruzione Superiore "J. C. Maxwell" di Milano

Dottorando di ricerca in fisica, Politecnico di Milano

Matteo Bozzi

Insegnante di matematica e fisica, Liceo Scientifico Statale "Vittorio Veneto" di Milano

Assegnista di ricerca in fisica, Politecnico di Milano

Maurizio Zani

Docente e ricercatore di fisica, Responsabile del Lab. ST2, Politecnico di Milano

¹ UNESCO, *Covid-19 Impact on Education* (2020). Available online: <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse> (accessed on 11 January 2020).

² A. Aristovnik, D. Keržič, D. Ravšelj, N. Tomaževič, L. Umek, *Impacts of the COVID-19 Pandemic on Life of Higher Education Students: A Global Perspective*, «Sustainability», 12(20) (2020), 8438.

³ R. Mazzola, R. Padula, M. Bozzi, M. Zani, *Dad, scuola e tecnologia. Un sato mortale o un'ondata di entusiasmo?*, «Nuova Secondaria», XXXVIII(2) (2020), pp. 36-39.

⁴ A. Gillis, L.M. Krull, *COVID-19 Remote Learning Transition in Spring 2020: Class Structures, Student Perceptions, and Inequality in College Courses*, «Teaching Sociology», 48(4) (2020), pp. 283-299.

⁵ O.B. Adedoyin, E. Soykan, *Covid-19 pandemic and online learning: the challenges and opportunities*, «Interactive Learning Environments» (2020).

⁶ B. Ives, *University students experience the COVID-19 induced shift to remote instruction*, «International Journal of Educational Technology in Higher Education», 18(1) (2021), pp. 59-73.

⁷ M. Zani, M. Bozzi, *La fisica tra la scuola secondaria e l'università. Riflessioni e orientamenti*, «Nuova Secondaria», XXXVI(1) (2018), pp. 84-88.

⁸ C. Gentili, *L'alternanza scuola-lavoro: paradigmi pedagogici e modelli didattici*, «Nuova Secondaria», XXXIII(10) (2016), pp. 16-38.

⁹ L. Fabbri, A. Romano, *Metodi per l'apprendimento trasformativo. Casi, modelli, teorie*, Ed. Carocci, Roma 2018.

-
- ¹⁰ M. Meyer, S. Marx, *Engineering Dropouts: A Qualitative Examination of Why Undergraduates Leave Engineering*, «Journal of Engineering Education», 103(4) (2014), pp. 525-548.
- ¹¹ L. Respondek, T. Seufert, R. Stupnisky, U.E. Nett, *Perceived academic control and academic emotions predict undergraduate university student success: Examining effects on dropout intention and achievement*, «Frontiers in Psychology», 8 (2017), 243.
- ¹² J. Oldfield, J. Rodwell, L. Curry, G. Marks, *Psychological and demographic predictors of undergraduate non-attendance at university lectures and seminars*, «Journal of Further and Higher Education», 42(4) (2018), pp. 509-523.
- ¹³ R. Mazzola, P. Gondoni, M. Bozzi, A. Scagliola, S. Pagnoni, M. Zani, *Physics experiments and peer-assessment: an High-School - University project*, Proceedings of iCERi2021 - International Conference of Education, Research and Innovation (2021), pp. 2739-2745.
- ¹⁴ MIUR, *Percorsi per le competenze trasversali e per l'orientamento. Linee guida*, art 1 comma 785 legge 30 dicembre 2018 n. 145.
- ¹⁵ M. Bozzi, B. Balossi, L. Di Sieno, L. Ganzer, P. Gondoni, I. Genco, C. Minnai, A. Pini, F. Rezoagli, M. Zanoletti, M. Zani, *Securing freshmen's learning through a Physics refresher course: a breakthrough experience at Politecnico di Milano*, Proceedings of iCERi2019 - International Conference of Education, Research and Innovation (2019), pp. 2237-2243.
- ¹⁶ P. Gondoni, M. Bozzi, B. Balossi, G. Calisesi, E. Ferocino, I. Genco, L.M. Molteni, A. Pini, F. Rezoagli, M. Zanoletti, M. Zani, *A novel approach to online Physics refresher courses at Politecnico di Milano*, Proceedings of INTED2021 - International Technology, Educational and Development Conference (2021), pp. 1471-1475.
- ¹⁷ J. Raffaghelli, P. Ghislandi, S. Sancassani, L. Canal, R. Micciolo, B. Balossi, M. Bozzi, L. Di Sieno, I. Genco, P. Gondoni, A. Pini, M. Zani, *Integrating MOOCs in physics preliminary undergraduate education: beyond large size lectures*, «Educational Media International», 55(5) (2018), pp. 301-316.
- ¹⁸ S. E. Nugroho, Waslam, *Physics experiment activities to stimulate interest in learning physics and reasoning in high school students*, «Journal of Physics: Conference Series» 1567 (2020) 022069.
- ¹⁹ P.L.C. Lam, H.K.Y. Hg, A.H.H. Tse, M. Lu, B.I. Wong, *eLearning technology and the advancement of practical constructivist pedagogies: Illustrations from classroom observations*, «Education and Information Technologies», 26(1) (2021), pp. 89-101.
- ²⁰ R. Daoud, L. Starkey, E. Eppel, T.D. Vo, A. Sylvester, *The educational value of internet use in the home for school children: A systematic review of literature*, «Journal of Research on Technology in Education», 53 (4) (2021), 353-374.