

MoCRiS: a stratospheric project for an innovative approach to science education

Domenico Liguori^{1*}

¹Liceo Scientifico “Stefano Patrizi”, Cariati (CS), Italy; INFN (Laboratori Nazionali di Frascati) Gruppo Collegato di Cosenza, Cosenza, Italy

*Corresponding author: mim_lig@alice.it

ABSTRACT

This work presents the MoCRiS (Measurement of Cosmic Ray in Stratosphere) project in its pedagogical-training aspect and analyzes the data of its didactic impact and the effectiveness of the methodologies applied as an example of schoolwork and interaction between the world of research and the school.

Keywords: MoCRiS; cosmic rays; stratosphere; education; ArduSiPM; PCTO.

Received: January 2023; Accepted: March 2023.

INTRODUZIONE

Dagli ultimi risultati dei test OCSE-PISA [1] si apprende che le performance, degli studenti italiani, in scienze sono calate e quelle in matematica sono leggermente migliorate pur rimanendo al di sotto della media Ocse. Rispetto tale media, in Italia resta più marcata anche la differenza di genere a svantaggio delle ragazze e per gli studenti immigrati i risultati scolastici nelle materie scientifiche restano più deludenti che in altri paesi. Come in molte altre realtà, infine, gli studenti con condizioni socio-economiche più svantaggiate hanno meno probabilità di riuscita a scuola. In Italia, inoltre, si registra una differenza di rendimento, sia in matematica che in scienze, anche in funzione della tipologia di scuola (a svantaggio degli istituti professionali) ed alla collocazione geografica a svantaggio del Sud. Si potrebbe pensare che la causa di questo svantaggio sia dovuta alle poche ore dedicate allo studio di queste discipline, ma si viene smentiti dai dati dell'indagine secondo i quali gli studenti italiani passano più tempo a scuola e sui libri.

Molti paesi riescono a ottenere performance superiori con un impegno inferiore. Interessanti risultano, infine, i dati sulla spesa pubblica per studente e gli investimenti nell'istruzione che per l'Italia ammontano a circa il 15% in meno rispetto alla media delle grandi economie europee. Riassumendo possiamo affermare che le variabili che pesano maggiormente sulla buona riuscita della scuola sono: gli investimenti, il modo in cui gli stessi vengono utilizzati e la riformulazione di una didattica innovativa.

È da tempo, ormai, che la scuola italiana sfrutta le diverse opportunità offerte dalla comunità europea per finanziare tutti quei progetti che affiancano il portfolio curricolare consentendo un ampliamento dell'offerta

formativa per i nostri discenti arricchendo le scuole di laboratori attrezzati. Chiaramente ci sono realtà e capacità progettuali diverse che hanno saputo far fruttare queste opportunità in maniera differente. Tra gli esempi virtuosi, in ambito scientifico, c'è sicuramente il progetto MoCRiS [2] (Measurement of Cosmic Ray in Stratosphere) nato come percorso per le Competenze Trasversali e per l'Orientamento (PCTO) ex Alternanza Scuola-Lavoro, e realizzato dal Liceo Scientifico di Cariati (CS) nell'a.s. 2018/19 in collaborazione con l'ABProject [3] e l'INFN-OCRA [4] (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Outreach Cosmic Ray Activities).

Questa collaborazione ha consentito l'interazione tra il mondo della scuola, quello della ricerca e quello della tecnologia ed ha fornito, a tutti i partecipanti, la possibilità di apprendere da un ampio spettro di esperienze e professionalità. Gli alunni sono stati coinvolti dalla progettazione alla realizzazione dell'esperimento, nello studio dei principi teorici della fisica e delle tecnologie aerospaziali, nonché nella fase del lancio del pallone aerostatico. Il Liceo Scientifico di Cariati, intitolato a “Stefano Patrizi” è presente sul territorio dal 1969. Con una popolazione di studenti mediamente intorno alle 200 unità, questo istituto ha rappresentato e rappresenta uno dei poli più importanti per la formazione dei giovani in tutto il basso jonio cosentino contribuendo a formare diverse generazioni di professionisti operativi, oggi, in tutta Italia e non solo. Progetti come MoCRiS potranno, certamente, contribuire alla missione di questa scuola nell'avvicinare ancora più studenti al mondo del lavoro futuro con maggiore consapevolezza scientifica e tecnologica.



DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto MoCRiS ha rappresentato un vero e proprio esperimento di fisica sui raggi cosmici, la riproposizione delle storiche misure di Victor Hess in chiave moderna, i cui risultati scientifici [5-6] hanno mostrato la fattibilità di queste misure con i rivelatori ArduSiPM [7-10] utilizzando palloni aerostatici tipo light ed il vantaggio delle collaborazioni tra il mondo della ricerca e quello scolastico. La variazione del flusso di raggi cosmici in funzione della quota fu studiata per la prima volta nel 1930 dai fisici Regener e Pfitzer con una serie di lanci di palloni stratosferici. Questi studi mostrarono che il flusso della radiazione cosmica aumenta fino alla quota di circa 20000 metri per poi diminuire [11]. Quello che si misura in atmosfera non sono in realtà i raggi cosmici primari, ma lo sciame di altre particelle che viene generato dalla particella primaria nel suo impatto con le molecole dell'atmosfera, queste a sua volta generano, interagendo con la materia, altre particelle. Quindi per ogni particella primaria si genera uno sciame, o una pioggia (shower in inglese) di particelle che ricopre a terra un'area di qualche chilometro quadro. Le particelle secondarie, che arrivano a terra sono per la maggior parte muoni ed il loro flusso, a livello del mare, è di circa una per cm² al minuto. Le particelle del primario possono avere energie anche superiori ai 10¹⁹ eV ben dieci milioni di volte più energetiche di quelle del più grande acceleratore costruito dall'uomo (LHC al CERN di Ginevra). Le particelle di energia molto elevata sono anche molto rare (qualcuna per Km² all'anno) mentre la maggior parte dei cosmici primari possiede energie dell'ordine di decine di GeV. Per misurare la variazione del flusso di particelle generate dagli sciami in atmosfera nel progetto MoCRiS sono stati utilizzati due rivelatori di particelle ArduSiPM, sviluppati dal gruppo del Dott. Valerio Bocci dell'INFN Sezione di Roma, il cui principio di rivelazione è basato sull'uso di scintillatori. La caratteristica di questi rivelatori è la loro leggerezza (circa 200 g) ed il loro basso consumo (< 2.5 watt) cosa che li hanno resi ideali per un lancio con pallone di tipo light quale quello di MoCRiS. Il pallone aerostatico che ha permesso il volo dei rivelatori è stato riempito con circa 8 metri cubi di elio ed ha raggiunto la quota di 34111 metri. Oltre ai rivelatori di raggi cosmici, la sonda ha ospitato altri due esperimenti: la cattura ed analisi di polveri di micro-meteoriti e lo studio biologico del comportamento dei tardigradi sottoposti alle condizioni di invivibilità che si trovano in quello che viene definito il "Vicino Spazio" dove ha viaggiato la sonda MoCRiS. A concludere la strumentazione, all'interno della sonda sono state collocate due video camere GoPro Hero 7 per riprendere i video e le foto in alta risoluzione di tutte le fasi della missione, nonché sensori di pressione, temperatura interna ed esterna e GPS. Il lancio è avvenuto nella Sila Cosentina, dal lago Cecita (località chiesa di San Lorenzo), a 1162 metri di quota, il giorno 8 giugno 2019 ed ha coinvolto alunni di quarta e quinta classe del Liceo Scientifico di Cariati. A

parte l'indiscusso valore scientifico del progetto, è stata data particolare importanza anche all'aspetto pedagogico-formativo cercando di valutare la ricaduta didattica del progetto, verificare l'efficacia delle metodologie applicate durante lo svolgimento di tutte le sue fasi nonché la capacità di trasferire competenze ed abilità sugli alunni che hanno fatto parte del progetto MoCRiS.

DATI NUMERICI E METODO UTILIZZATO

Il progetto MoCRiS ha rappresentato un ottimo esempio di collaborazione tra il mondo della ricerca e quello scolastico attraverso cui, anche gli studenti più refrattari, hanno potuto fare esperienza con il metodo sperimentale ed il problem solving. Lavorare in team su un progetto complesso consente, inoltre, di stimolare la curiosità verso gli aspetti sia teorici che sperimentali del progetto e favorisce canali di apprendimento peer to peer diversi da quelli che si possono sviluppare in classe durante una lezione frontale. La partecipazione a tutte le fasi del progetto ha consentito, inoltre, a tutti i partecipanti di rendersi conto delle difficoltà emerse durante la preparazione dell'esperimento cogliendone anche gli aspetti meno evidenti, ma più profondi che sono parte integrante di ogni attività sperimentale. Le fasi del progetto sono state: formazione degli studenti, progettazione del setup sperimentale, realizzazione della sonda, misure a scuola con i rivelatori ArduSiPM per comprenderne il loro funzionamento, analisi dei dati raccolti dalla sonda MoCRiS, redazione di tesine per gli esami di stato, stesura di articoli, poster e brochures di divulgazione e realizzazione di un docufilm [2].

Al fine di valutare l'aspetto pedagogico-formativo del progetto MoCRiS, la sua ricaduta didattica, l'efficacia delle metodologie applicate durante lo svolgimento di tutte le sue fasi nonché la stessa capacità di trasferire competenze ed abilità sugli alunni che ne hanno fatto parte, è stato utilizzato un questionario opportunamente formulato a tale scopo. Il questionario è stato somministrato circa un mese prima della realizzazione dell'esperienza agli studenti coinvolti nel progetto MoCRiS (30 alunni di cui 12 ragazzi e 18 ragazze) e ad un campione non coinvolto nel progetto MoCRiS e, in genere, in altre attività laboratoriali (22 alunni di cui 10 ragazzi e 12 ragazze). Lo stesso questionario è stato poi riproposto, ai soli studenti che hanno partecipato alle misure, subito dopo l'esperienza.

RISULTATI

Il questionario somministrato agli alunni per l'analisi degli aspetti pedagogico-formativi del progetto MoCRiS, della sua ricaduta didattica, dell'efficacia delle metodologie applicate durante lo svolgimento di tutte le sue fasi e della capacità di trasferire competenze ed abilità sugli alunni che ne hanno fatto parte, conteneva domande

inerenti la percezione personale della fisica, l'aspetto socializzante di questa disciplina, il legame con l'educazione civica scientifica ed infine domande sui contenuti, il grado di soddisfazione personale e valutazioni sulla qualità degli apprendimenti legati direttamente al progetto MoCRiS.

I grafici presentati mostrano alcuni tra i risultati più significativi. È interessante verificare, ad esempio, come cambia la visione degli studenti in merito all'aspetto socializzante della fisica attraverso il coinvolgimento nei lavori di gruppo. Prima della partecipazione all'esperienza MoCRiS solo il 26% degli intervistati pensava che nella ricerca è meglio procedere in collaborazione piuttosto che da soli. Questa percentuale è salita al 78% dopo l'esperienza di lavoro in team. Prima di partecipare al progetto MoCRiS, inoltre, il 5% degli alunni riteneva impossibile la collaborazione tra studenti e ricercatori, mentre dopo l'esperienza diretta, vissuta con questo progetto, questa percentuale è scesa a zero.

L'analisi di altre risposte ricevute dagli studenti che non hanno partecipato all'esperienza, evidenzia uno dei punti di debolezza più dominante nell'insegnamento delle materie sperimentali come la fisica: lo scarso utilizzo del laboratorio. La Fig. 1 e la Fig. 2 mostrano, infatti, l'importanza dell'utilizzo dei laboratori nell'insegnamento della fisica e, di contro, la carenza di tali esperienze nel corso degli studi per molti alunni. Nel campione degli studenti non coinvolti in attività laboratoriali come MoCRiS è notevole la percentuale di studenti che dichiara di non aver mai frequentato un laboratorio di fisica. Una delle conseguenze di questa carenza è evidenziata nella Fig. 3 e nella Fig. 4 con la percezione, molto diffusa tra gli studenti che non fanno esperienza di una didattica laboratoriale, della fisica come materia noiosa e poco utile. Gli stessi alunni dichiarano anche di aver fatto scarse esperienze di lavoro di gruppo e nel loro bagaglio culturale rimane memoria soltanto di pochi argomenti di fisica classica.

Nonostante tutto questo, però, emerge in molti casi un bisogno di approfondimento ed il rammarico di non essere riusciti ad apprendere la fisica attraverso la pratica laboratoriale. Altri risultati emersi dall'analisi delle risposte del questionario somministrato mostrano che se la fisica viene insegnata con una didattica laboratoriale

non solo si abbassa la percentuale degli studenti che percepisce la materia come noiosa, ma aumentano anche gli interessi a voler approfondire alcune tematiche ritenute utili per la vita quotidiana e aumenta la consapevolezza che lo studio della fisica e del metodo scientifico possano ritornare utili per gli studi futuri a prescindere dalle scelte universitarie che si faranno contribuendo, così, anche alla formazione di futuri cittadini consapevoli (vedi Fig. 5-6-7).

Dopo l'introduzione dello studio dell'educazione civica, nelle scuole superiori di secondo grado, con la Legge 20 agosto 2019 n. 92, si constata che pochi sono gli esempi di unità didattiche che affrontano tematiche legate all'insegnamento dell'educazione civica scientifica nonostante l'art. 1 di tale legge invita ad investire maggiormente sulla formazione scientifica dei giovani in quanto questo significa assicurare, per tutta l'umanità, un futuro migliore contribuendo a "...formare cittadini responsabili e attivi ed a promuovere la partecipazione piena e consapevole alla vita civica, culturale e sociale delle comunità...". Questo deficit di investimenti è emerso anche dal nostro questionario quando è stato chiesto se la Costituzione della Repubblica si occupa della scienza o della ricerca scientifica. Il 77% degli intervistati, prima del percorso MoCRiS, ha ammesso di non saperlo. Questa percentuale si è poi ridotta del 16%.

Dall'analisi delle risposte al questionario da parte degli alunni che hanno partecipato all'esperienza, confrontando le risposte date prima con quelle date dopo la realizzazione del progetto emergono, invece, conferme molto evidenti sull'efficacia della didattica laboratoriale nei processi di apprendimento (il 96% degli studenti ha affermato di aver appreso meglio che in classe) e su quanto sia utile l'approccio sperimentale sullo studio dei raggi cosmici per introdurre la fisica moderna in classe. Gli studenti intervistati affermano, ancora, che in questo tipo di esperienze migliorano anche i rapporti interpersonali con i compagni e con i docenti quindi auspicano la possibilità di realizzare altre esperienze del genere (il 100% degli intervistati) nonostante siano impegnative, ma alla portata delle loro capacità.

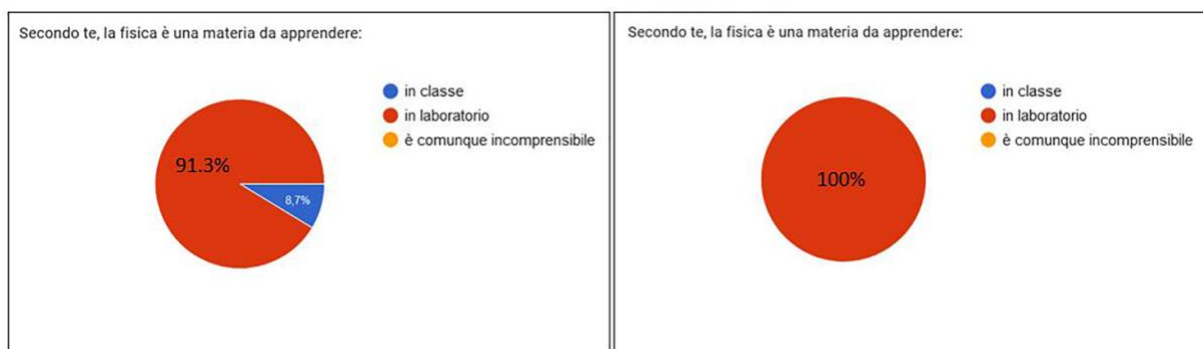


Fig. 1. Risposte date dagli studenti, prima e dopo la partecipazione al progetto MoCRiS, sull'importanza della didattica laboratoriale.

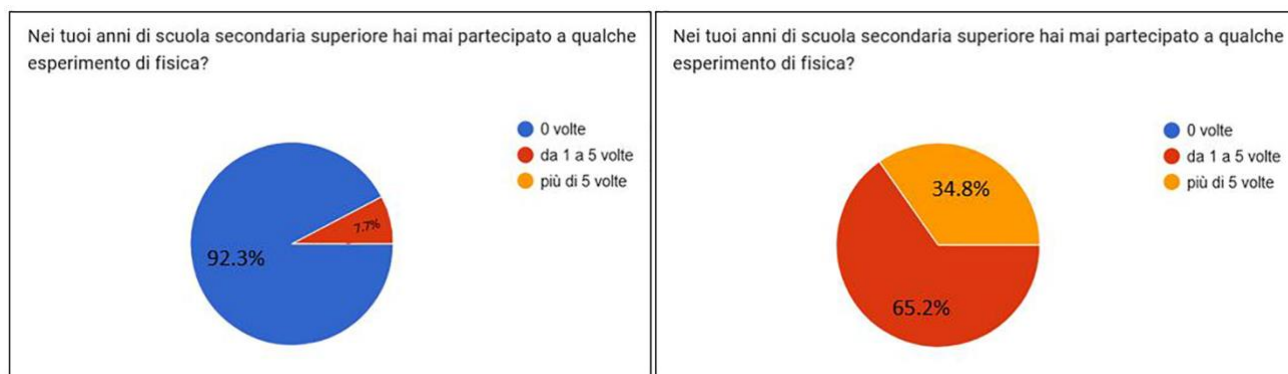


Fig. 2. Confronto tra le risposte date, dagli studenti che non hanno partecipato al progetto MoCRiS e quelli che hanno partecipato, sulla frequenza nell'utilizzo dei laboratori.



Fig. 3. Confronto tra le risposte date, dagli studenti che non hanno partecipato al progetto MoCRiS e quelli che hanno partecipato, sulla percezione della fisica.



Fig. 4. Confronto tra le risposte date, dagli studenti che non hanno partecipato al progetto MoCRiS e quelli che hanno partecipato, sull'utilità della fisica.

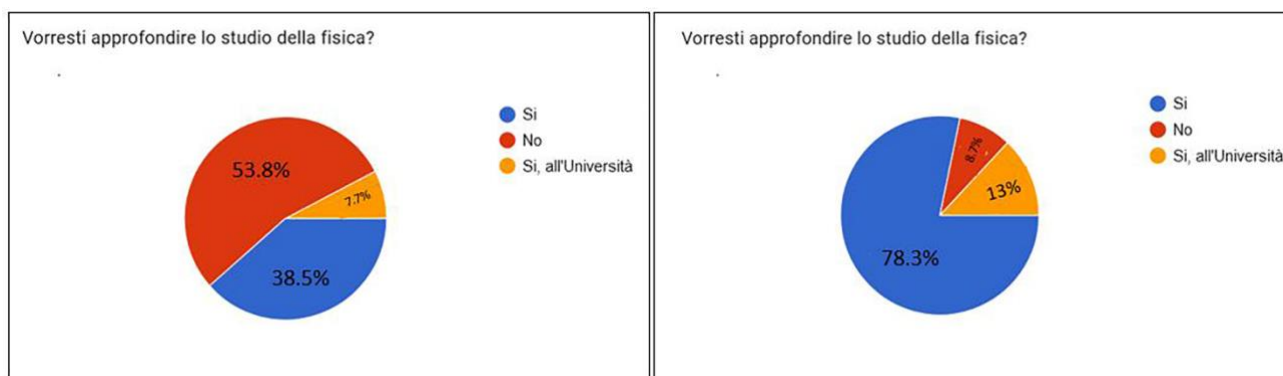


Fig. 5. Confronto tra le risposte date, dagli studenti che non hanno partecipato al progetto MoCRiS e quelli che hanno partecipato, sul desiderio di voler approfondire lo studio della fisica.

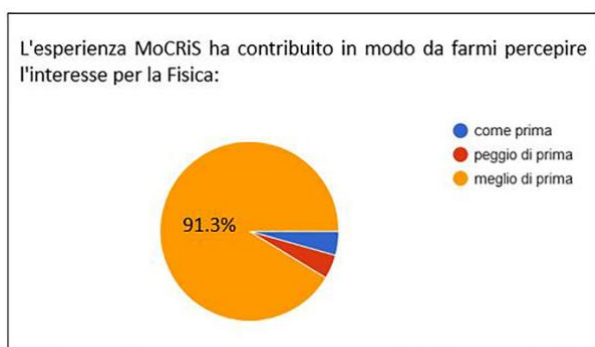


Fig. 6. L'interesse per la Fisica espresso dagli studenti che hanno partecipato al progetto MoCRiS.

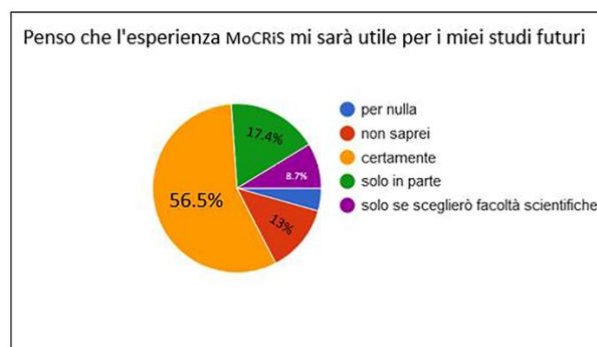


Fig. 7. Percezione, degli studenti che hanno partecipato al progetto MoCRiS, sull'utilità dell'esperienza sugli studi futuri.

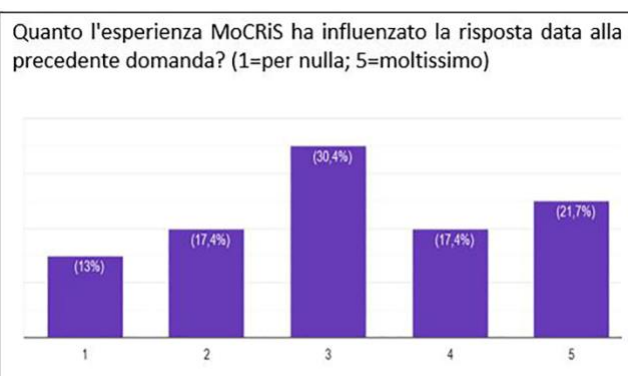
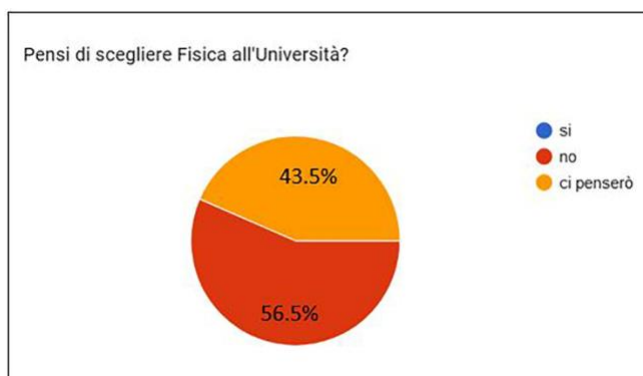


Fig. 8. Influenza del progetto MoCRiS sull'orientamento universitario. Risposte degli studenti che hanno partecipato al progetto.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Il progetto MoCRiS non è terminato con il lancio della sonda in quanto si è ritenuto opportuno estendere la collaborazione con gli alunni anche all'analisi di tutti i

dati acquisiti e al lavoro di redazione delle pubblicazioni che ne sono scaturite. È stato, inoltre, realizzato un docufilm che documenta e spiega tutti i momenti cruciali dell'intero progetto con i risultati ottenuti [2]. La partecipazione al progetto MoCRiS ha già registrato, durante l'a.s. 2018/19 e quelli successivi, una ricaduta didattica notevole in quanto ha permesso un approccio

originale ed accattivante verso lo studio delle materie scientifiche. In tutte le fasi del progetto è stato privilegiato il metodo sperimentale e questa didattica ha consentito un maggiore interesse verso lo studio delle materie scientifiche valorizzando le capacità e le potenzialità di tutti gli alunni coinvolti compreso anche quelli, solitamente, meno partecipi. Il computo della media sui voti raggiunti nelle materie scientifiche, prima e dopo il coinvolgimento nel progetto MoCRiS, ha messo in evidenza un discreto miglioramento.

Visto il successo scientifico e la notevole ricaduta didattica positiva di questo progetto si sta lavorando per la realizzazione di MoCRiS2 il cui lancio avverrà a conclusione dell'a.s. 2022/23. Questa nuova missione avrà come scopo scientifico, oltre che ripetere le misure di variazione del flusso di raggi cosmici possibilmente superando anche la quota raggiunta da MoCRiS, di monitorare la variazione di ozono e della radiazione U.V. nello spazio aereo in cui navigherà la sonda. Dal punto di vista didattico MoCRiS2 coinvolgerà, insieme alla fisica ed alla matematica, altre discipline come scienza della terra e chimica con l'intento di promuovere questo tipo di didattica a sperimentazioni interdisciplinare anche trasversali tra i saperi scientifici e quelli umanistici. Anche per questa seconda esperienza stratosferica, che coinvolgerà il doppio degli alunni della scorsa edizione, si sta preparando un questionario atto a valutare al meglio la ricaduta didattica del progetto e la sua valenza socio-pedagogica.

Dall'analisi delle risposte fornite da tutti gli studenti coinvolti nel progetto MoCRiS si evince chiaramente uno dei punti deboli fondamentali dell'insegnamento delle materie sperimentali come la fisica: lo scarso utilizzo dei laboratori. A mio avviso questo problema è legato da una parte al monte ore riscato attribuito a queste discipline, all'organizzazione interna che ne deriva (poco tempo per il docente che spesso anche senza assistente di laboratorio deve preparare e realizzare una esperienza), in altri casi il problema è dovuto a laboratori poco attrezzati e/o abbandonati per via dell'assenza di un responsabile dello stesso, al pendolarismo che non consente spesso agli stessi docenti di potersi fermare nei laboratori anche in orari extracurricolari e, purtroppo, a volte anche alla mancanza di una formazione adeguata e specifica sull'utilizzo dei laboratori. In conclusione si può affermare che dall'analisi delle risposte fornite da tutti gli studenti coinvolti nel progetto MoCRiS risulta evidente l'efficacia della didattica laboratoriale per il successo formativo e la consapevolezza, sperimentata sul campo, dell'importanza del lavoro di gruppo e delle collaborazioni tra la scuola e gli enti di ricerca e/o università e soprattutto un abbattimento significativo di molte concezioni errate legate alla fisica e dannose ai fini dell'orientamento universitario (Fig. 8).

RINGRAZIAMENTI

Si desidera ringraziare tutta la collaborazione del progetto MoCRiS ed in particolare i dirigenti scolastici prof. Franco Murano e prof.ssa Sara Giulia Aiello, la dott.ssa Maria Antonia Tripodi e Antonino Brosio dell'azienda ABProject, il prof. Valerio Bocci ed il dott. Francesco Iacoangeli dell'INFN di Roma, la collaborazione OCRA-INFN, la redazione di RAI 3 Calabria che sotto la guida della giornalista Carla Monaco ha seguito tutte le fasi del progetto dedicandogli diversi servizi di informazione e tutti gli alunni che hanno partecipato attivamente alla realizzazione del progetto MoCRiS.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] <https://www.invalsiopen.it/wp-content/uploads/2019/12/Sintesi-dei-risultati-italiani-OCSE-PISA-2018.pdf>
- [2] <https://www.youtube.com/watch?v=gssh1zci2QA>
- [3] <http://www.abprojectita.it>
- [4] <https://web.infn.it/OCRA/>
- [5] Bocci V., Brosio A., Liguori D. "MoCRiS: misura di raggi cosmici in stratosfera", *Astronomia UAI*, Anno XLV, Vol. 1, Gennaio - Marzo 2020.
- [6] <https://web.infn.it/OCRA/misura-dei-muoni-in-funzione-dell'altezza-in-atmosfera/>
- [7] Bocci V., Chiodi G., Iacoangeli F., Nuccetelli M. e Recchia L., "The ArduSiPM a compact transportable Software/Hardware Data Acquisition system for SiPM detector", arXiv:1411.7814 [physics.ins-det] IEEE NSS-MIC 2014, Seattle.
- [8] Bocci V., Chiodi G., Fresch P., Iacoangeli F., e Recchia L., "An educational distributed Cosmic Ray detector network based on ArduSiPM", arXiv:1703.09843 [physics.ins-det]
- [9] Liguori D. e Barone P. "Studio dell'effetto Est-Ovest con i rivelatori ArduSiPM", *La Fisica nella Scuola*, Anno LI n°1, Gennaio - Marzo 2018.
- [10] Liguori D. e Barone P. "Studiare i raggi cosmici con il nuovo rivelatore ArduSiPM", *Giornale di Fisica*, Vol. 1, Gennaio - Marzo 2019.
- [11] <https://hgss.copernicus.org/articles/5/175/2014/hgss-5-175-2014.pdf>