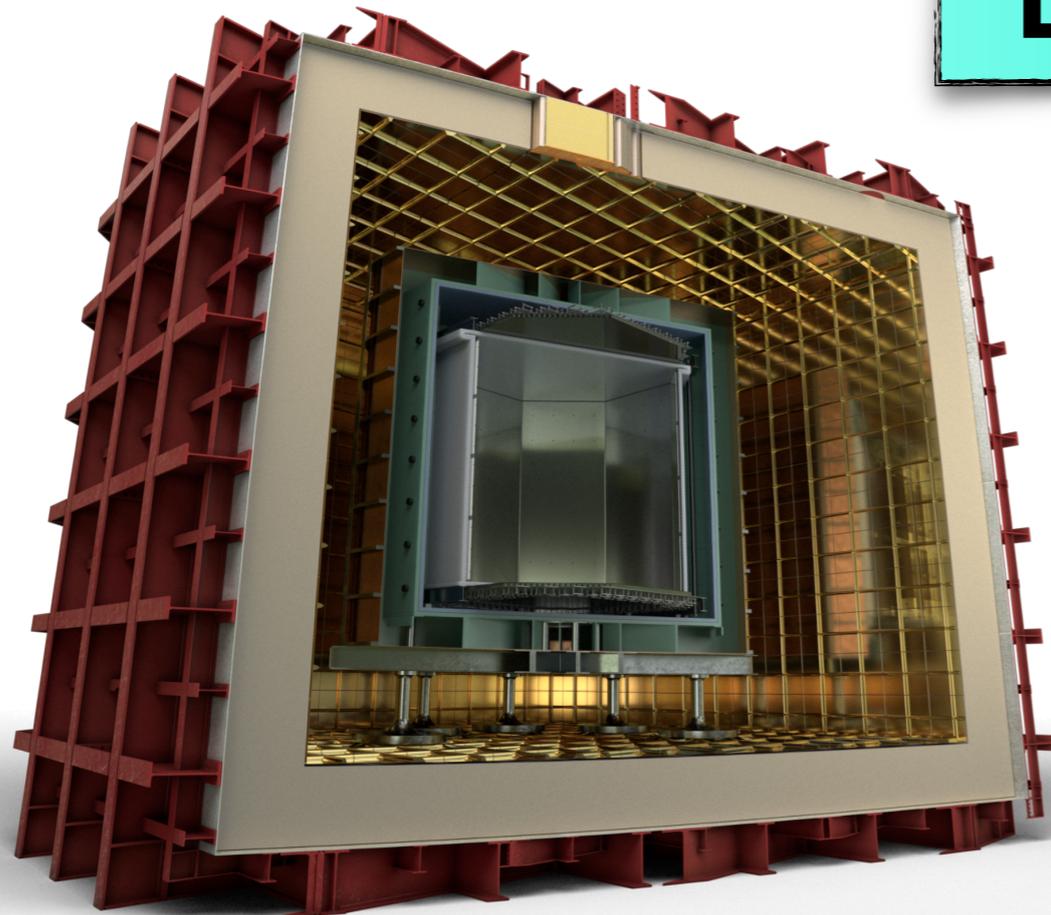




## Dark Masterclass



D. De Gruttola  
Università e INFN di Salerno



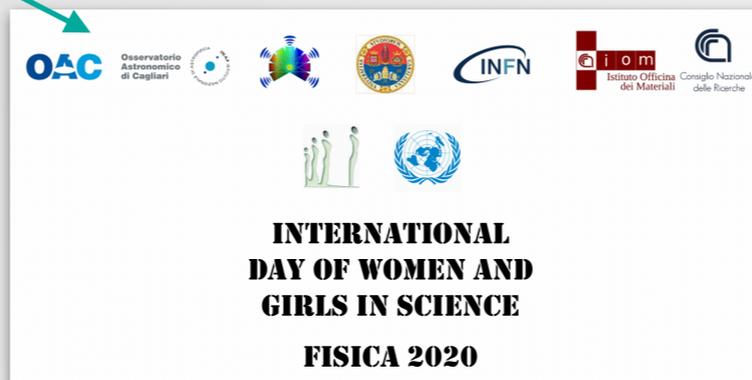
# Introduzione

- La *Masterclass Darkside* è parte del programma di **DARK**
- Nasce nell'ambito delle attività di **Outreach and Education** di **Darkside-20k** insieme con partecipazione ad eventi come Notte della Ricerca, Dark Matter Day, Women in Science...

[DS alla Notte dei Ricercatori](#)

[DS a Women in Science](#)

[DS al Dark Matter Day](#)



- **video promozionale** dell'esperimento (utilizzato anche nella Masterclass)

[English extended version](#)

[English reduced version](#)

[Italian extended version](#)

[Italian reduced version](#)

[mini-clip experimental area](#)



- Pensata per gli studenti delle scuole secondarie di secondo grado (**7 eventi dal 2020**)
- Ottimizzata per studenti universitari (1 evento nel 2020)

# Contenuti della Masterclass

- 3 persone per ogni evento - 1 moderatore e 2 speaker
- Durata ~3 ore
- Suddivisione degli studenti in gruppi
- Presentazione dei risultati da parte degli studenti
- Discussione finale

<https://dark.infn.it/masterclass/>



[Home](#) [Chi siamo](#) [Progetti](#) [Collaborazioni](#) [Partecipazioni a conferenze](#)

**Coordinatore: Daniele De Gruttola (Universita' di Salerno)**



La Masterclass è un'iniziativa in ambito DARK/Darkside dedicata agli studenti delle scuole secondarie che hanno l'occasione di confrontarsi con uno dei più grandi misteri dell'Universo e provare ad analizzare direttamente i dati di un vero esperimento che dà la caccia alla materia oscura.

La Masterclass prevede due appuntamenti: nella prima giornata gli studenti e le studentesse incontrano ricercatori e ricercatrici impegnati ogni giorno nella caccia alla materia oscura. Gli studenti, dopo aver assistito a due lezioni riguardanti la materia oscura e gli esperimenti DS50 e DS-20k, analizzano un set di dati dell'esperimento DarkSide50, supportati dal team di ricercatori per eventuali domande e spiegazioni ulteriori. Nella seconda giornata, assoluti protagonisti

## Svolgimento della Masterclass

- Lezione su **Dark Matter** - *speaker 1*
- Visione del **video promozionale** (visionato nei giorni precedenti all'evento)
- Lezione su **Darkside50 e Darkside-20k** - *speaker 2*
- Lezione su **ARIA**  *New entry*
- Descrizione dell'**esercitazione** - *moderatore*
- Studenti all'opera con **analisi dati** di DS50 e ARIA
- Contatto diretto con gli studenti in caso di necessità o ulteriori spiegazioni
- Lavoro di presentazione dei risultati e discussione

\* Il materiale è in inglese per utilizzo con scuole estere (1 evento nel 2021 con una scuola italiana e una belga nell'ambito di un evento al CERN )

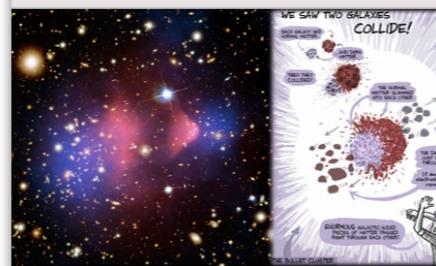
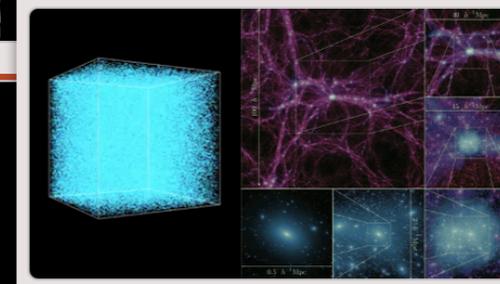
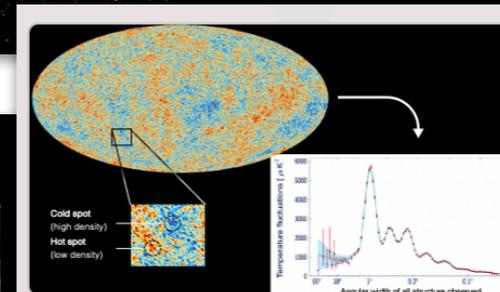
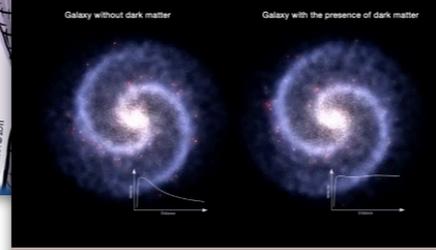
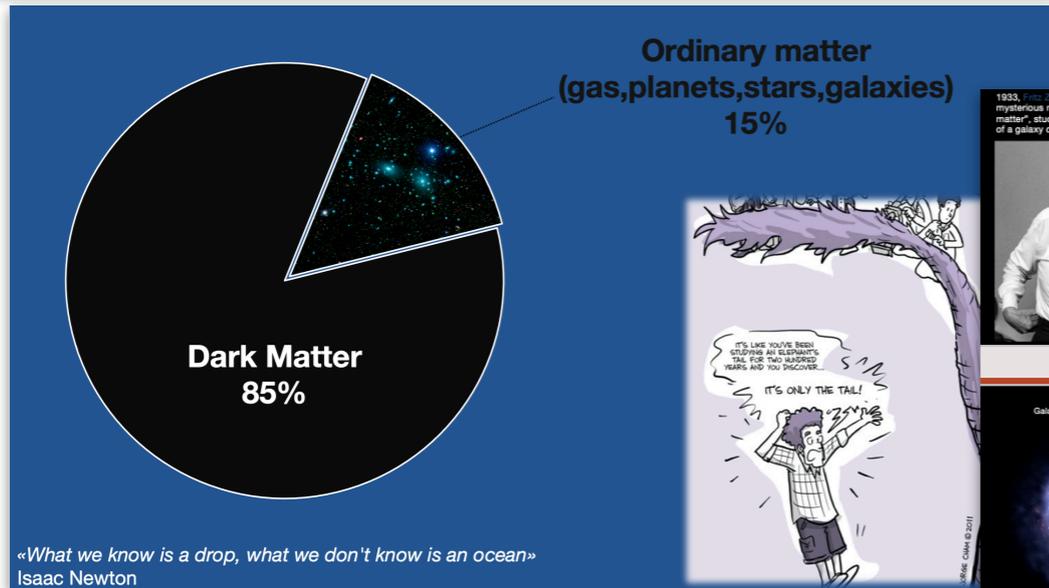
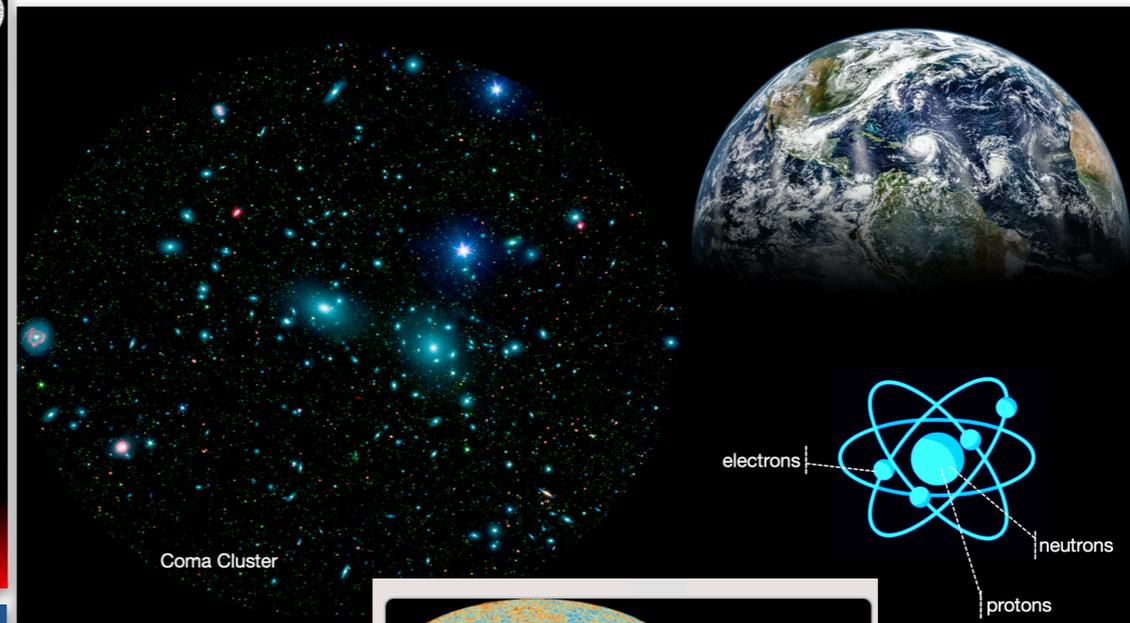
CENTRO FERMIO  
 Welcome to the  
**DarkSide Masterclass**  
 Part One

F.Carnesecchi, F.Cocchetti, D.De Gruttola, M.Garbini, D.Hatzifotiadou, R.Nania, C.Pellegrino

University and INFN of Bologna  
 University and INFN of Salerno  
 Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche Enrico Fermi - CREF Roma

presented by Xxx Yyyy (XXX University, YYY)

Event, mm/dd/yyyy



- Universo e materia ordinaria
- Materia Oscura
- Evidenze dell'esistenza di DM
- Perché non è fatta di particelle dello SM?
- Ipotesi WIMPs

**Weakly Interacting Massive Particle**

- WIMPs satisfy all the better established DM characteristics:
- They do not feel electromagnetic force (no charge)
  - They do not feel strong force (their interaction is not stronger than the weak forces)
  - Not ordinary matter (non-baryonic)
  - Stable (or extremely long lived, comparable with the Universe age)
  - Cold (slow, velocity not comparable with speed of light)
  - Massive

CENTRO FERMI  
 Welcome to the  
**DarkSide Masterclass**  
 Part Two

F. Carnesecchi, F. Coccetti, D. De Gruttola, M. Garbini, D. Hatzifotiadou, R. Nania, C. Pellegrino

University and INFN of Bologna  
 University and INFN of Salerno  
 Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche Enrico Fermi - CREF Roma

presented by Xxx Yyyy (XXX University, YYY)

Event, mm/dd/yyyy

### The DarkSide experiment solution: a direct detection

WIMP-nucleus elastic collisions revealed by a **Liquid (radiopure) Argon** detector capable of unambiguously identifying a small number of nuclear recoils



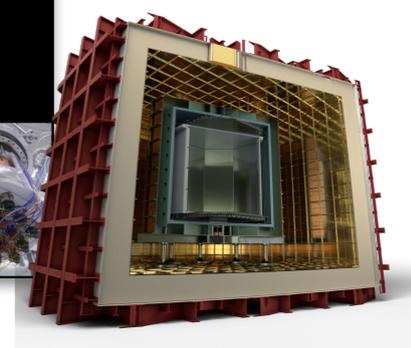
- Liquid Argon used as:
- Target: to interact with WIMP
  - Detector: in a double phase state (liquid + gas) to measure the WIMP energy and position

Detecting dark matter is very challenging mainly due to **background particles**.

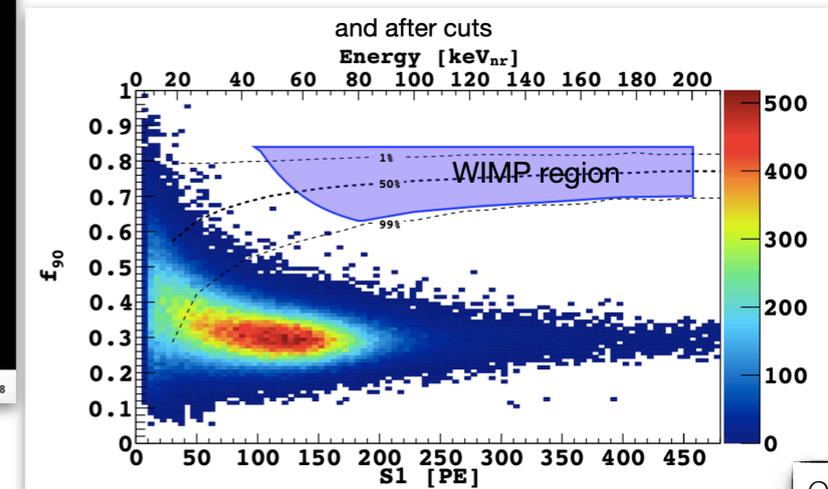
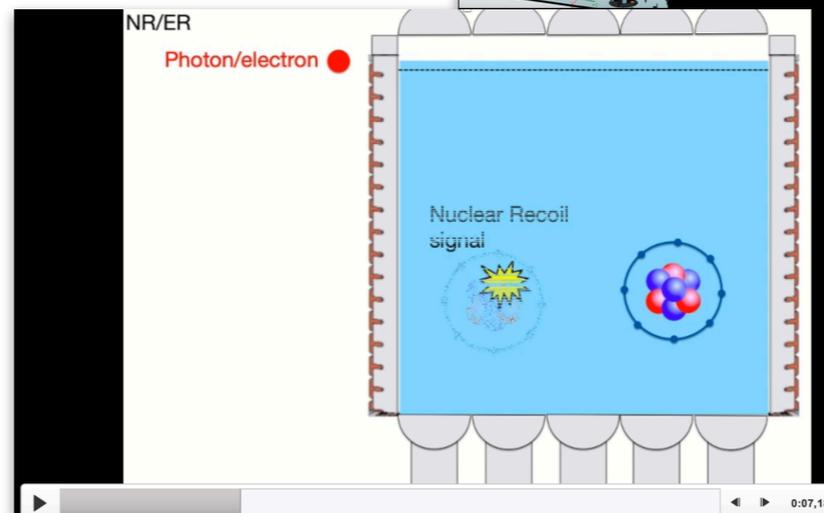
- Going underground
- All the materials are as radiopure as possible

Gran Sasso Laboratory

1400 m of rock

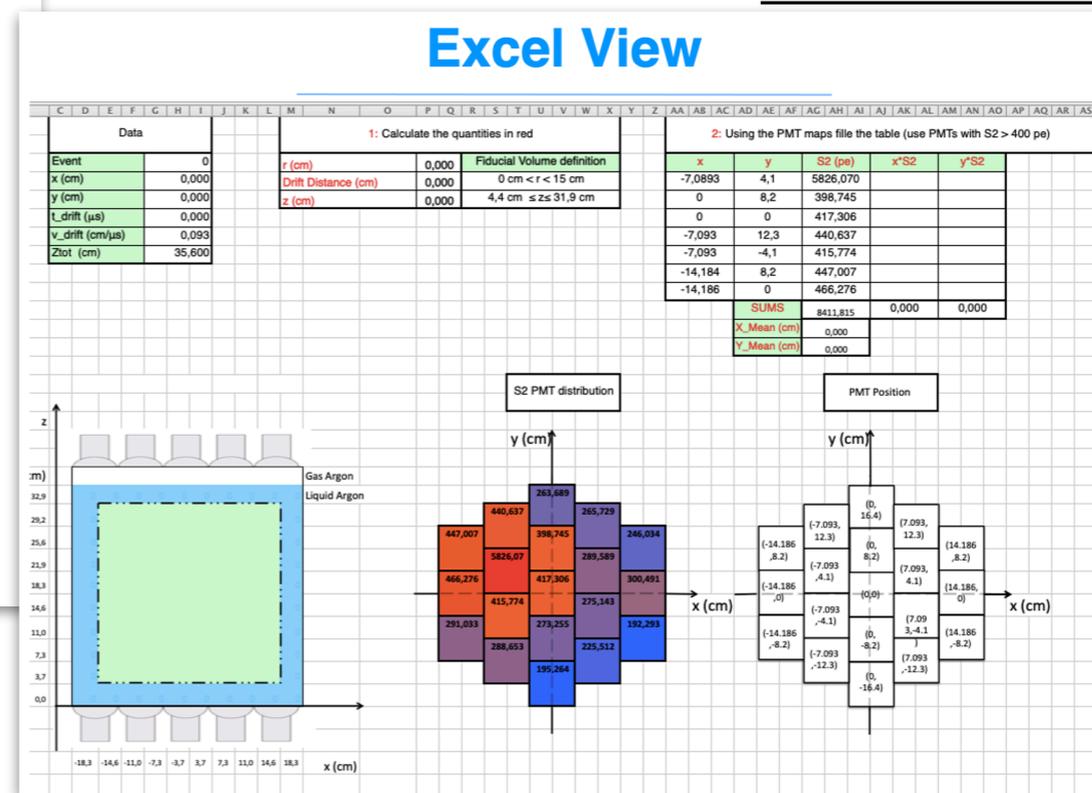


- Misura diretta di WIMPs
- Target - Argon
- Studio di segnale e fondo
- Laboratori sotterranei
- DS50 e DS-20k
- Set di mini-video per spiegare la misura e i tagli

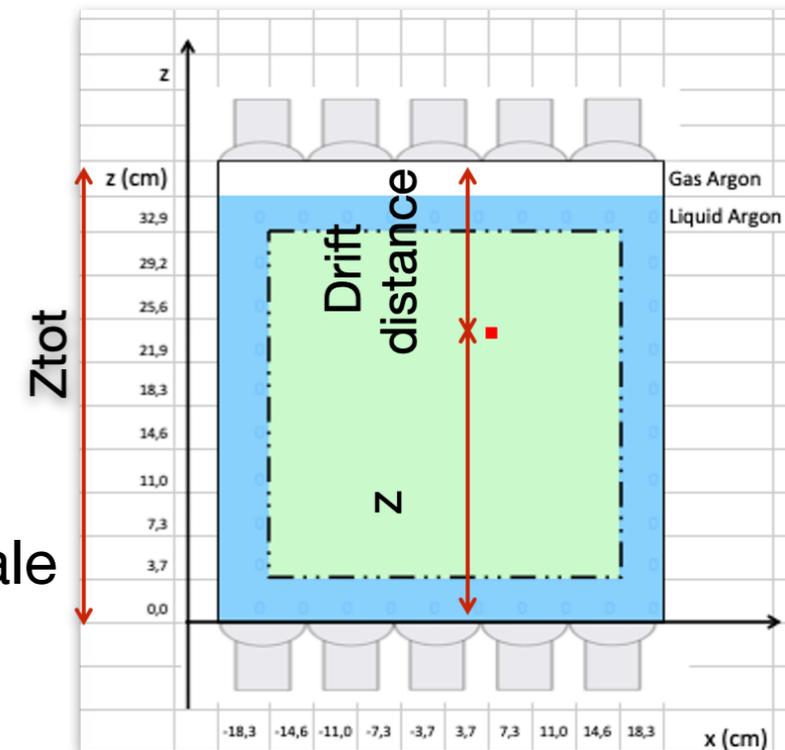


### Darkside Masterclass Instruction – Excel Part A

Event, mm/dd/yyyy



- Studio delle coordinate del punto di interazione
- Ricostruzione della posizione sul piano dei fotomoltiplicatori
- Ricostruzione della posizione lungo z
- Evento accettato o scartato in base alla posizione nel volume fiduciale



## Darkside Masterclass Instruction – Excel Part B

Event, mm/dd/yyyy

Analisi dati per WIMPs  
(dati reali di DS50)



COMPLETED

es by the tutor calculate the quantities in RED

f90	r (cm)	Drift Distance (cm)	Z (cm)	Drift Velocity (cm/ms)	TPC Total length (cm)
0.35242653	5.07226381	35.00706	0.59294	0.093	35.6
0.32525030	7.95990115	34.172664	1.427336		
0.27388396	8.05741921	23.56434	12.03566		
0.29014609	7.26993402	6.151392	29.448608		
0.29542227	9.50707323	29.359356	6.240644		
0.30149526	9.69579706	34.9122	0.6878		
0.27182277	14.98677	31.882632	3.717368		
0.24834816	14.1638968	34.7634	0.8366		
0.26852504	8.81023860	0.809844	34.790156		
0.36371574	12.8610948	34.433436	1.166564		
0.31224501	12.8489407	26.8491	8.7509		
0.26757084	13.5109445	34.383588	1.216412		
0.02239982	10.0713170	0.372372	35.227628		

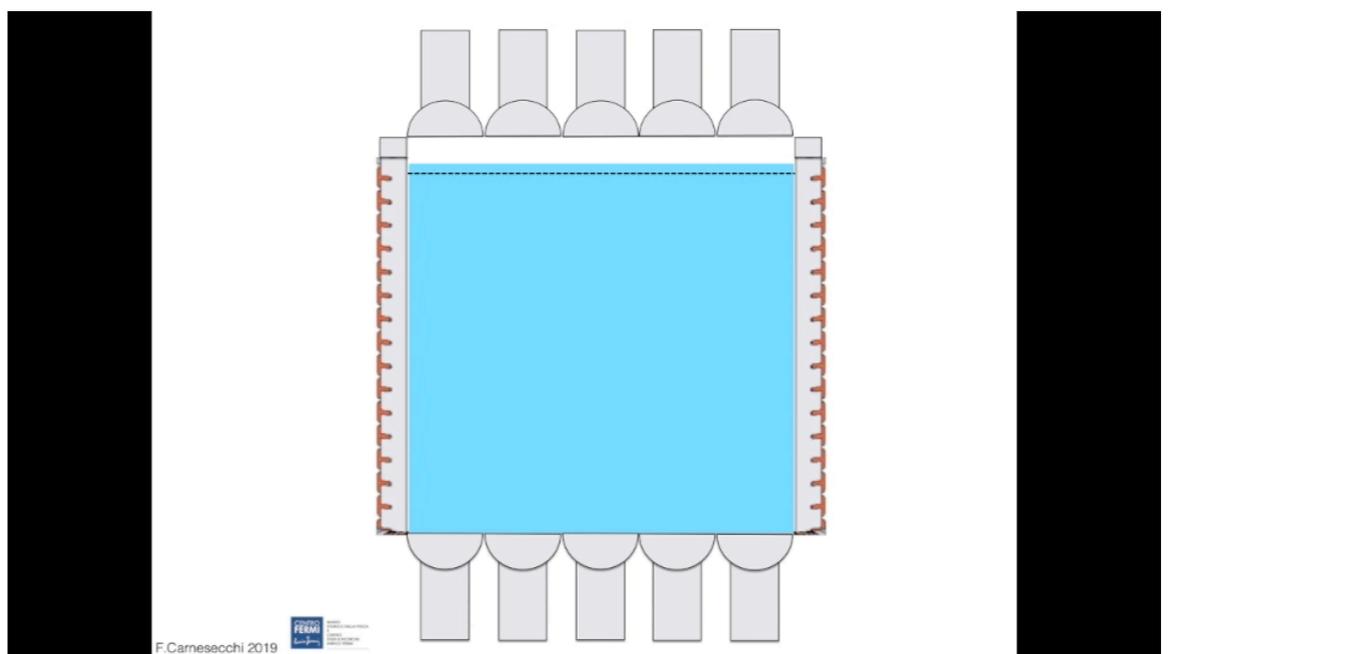
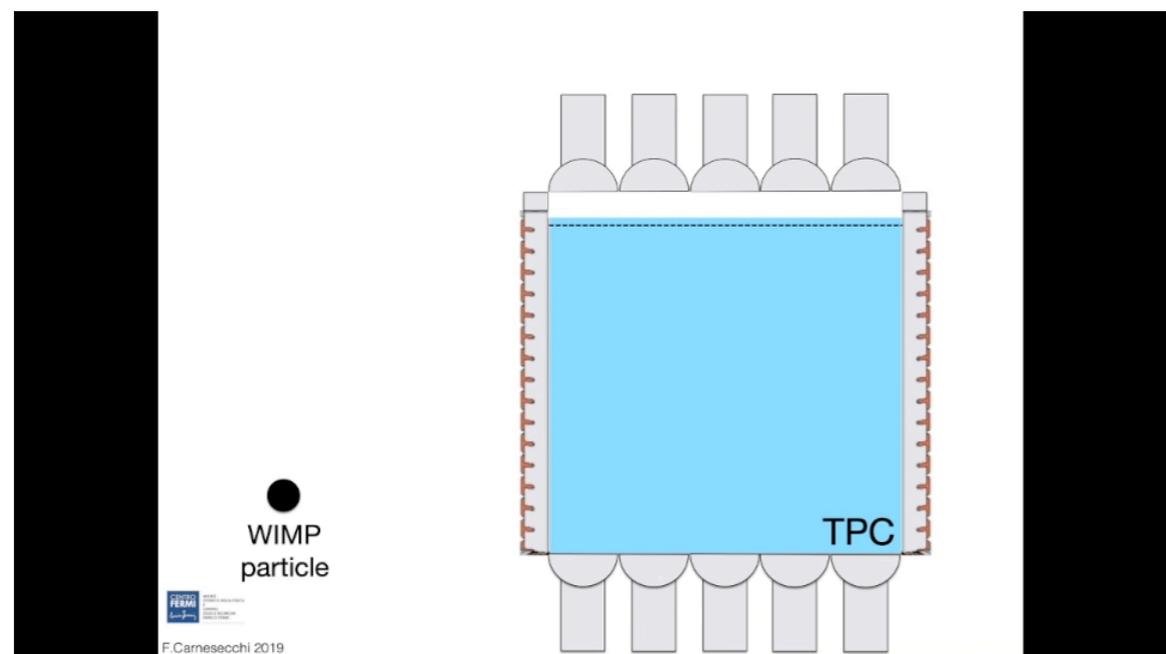
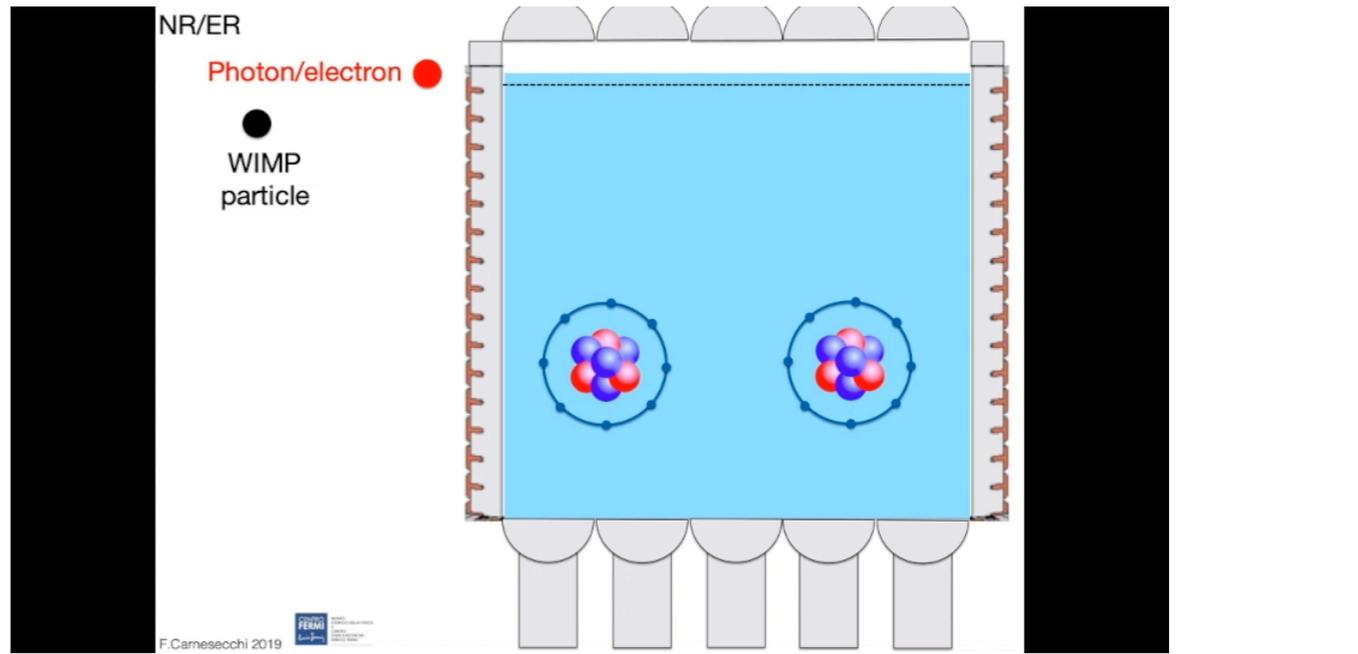
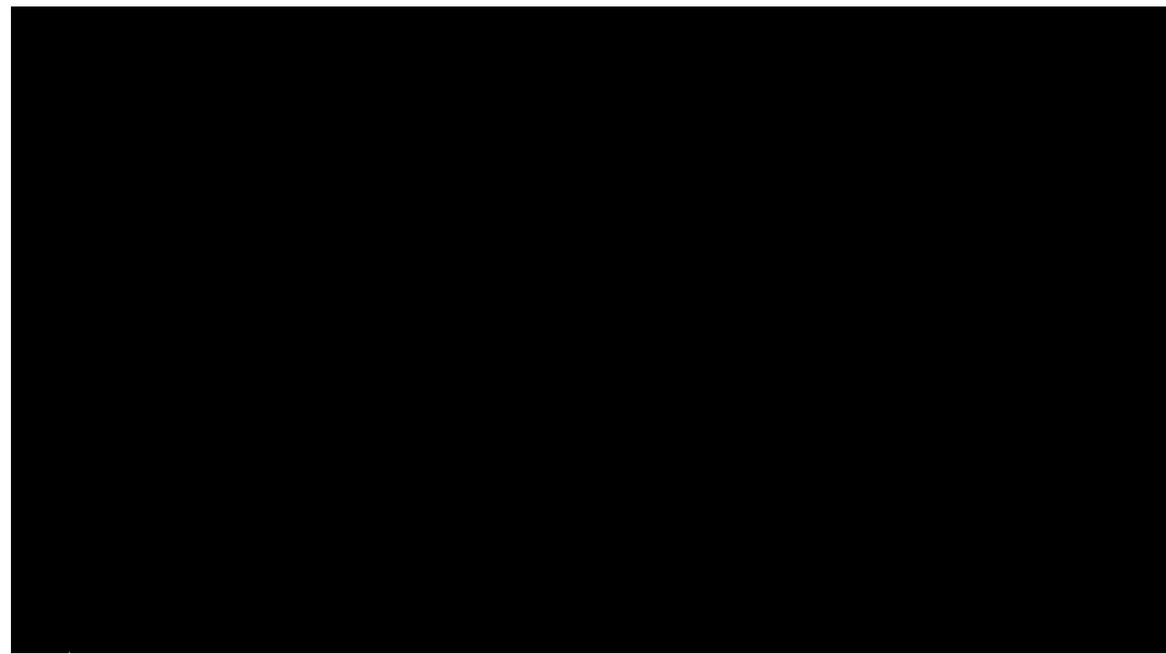
Point 2: Draw the plot of f90 vs S1

Typical f90 vs S1 plot after some filters; the blue contour indicates the region where DM events are expected.

- Analisi dati - 20k eventi di DS50
- Segnali  $S_1$  ed  $S_2$
- Studio di nuclear e electron recoil
- Applicazione dei tagli - volume fiduciale e VETO
- Grafico di  $f_{90}$  vs  $S_1$
- Ci sono eventi nel WIMP region?
- Un fake WIMP event inserito nel set di dati

# Video tutorial

funzionamento TPC

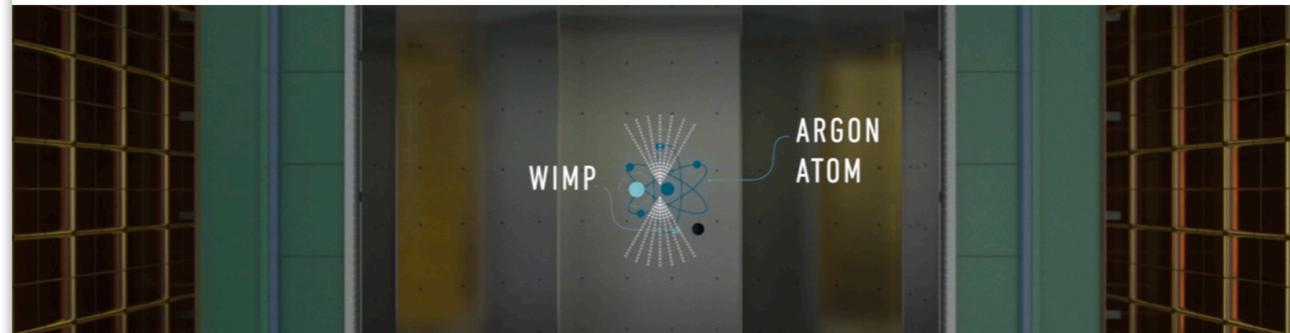


VETO

... + altri video utilizzati per la descrizione dell'analisi dati



## DarkSide Masterclass



### Results – Group #

Names of the students here

Where/When



- Lavoro di gruppo e preparazione slides
- Slides richieste in inglese
- Selezione dei migliori contributi (solitamente uno per scuola partecipante)
- Discussione finale da parte dei gruppi selezionati
- *Entusiasmo e impegno da parte degli studenti*

## Eventi

- **First official event 20.01.2020 live event at Liceo Quadri di Vicenza, Italy**  
Organizers and speakers: Francesca Carnesecchi, Fabrizio Coccetti, Daniele De Gruttola, Marco Garbini, Rosario Nania
- **First remote event 20.05.2020**  
Organizers and speakers: Francesca Carnesecchi, Fabrizio Coccetti, Daniele De Gruttola, Marco Garbini, Rosario Nania
- **Masterclass for University students - 29.05.2020 University of Naples\***  
Organizers and speakers: Francesca Carnesecchi, Daniele De Gruttola, Giuliana Fiorillo, Marco Garbini  
\* masterclass svolta con root e applicazione dei tagli più approfondita
- **Masterclass in the context of Dark Matter Day - 30.10.2020**  
Organizers and speakers: Walter Bonivento, Francesca Carnesecchi, Daniele De Gruttola, Federico Gabriele, Marco Garbini, Valerio Ippolito, Michela Lai, Cristina Ripoli, Matteo Tuveri
- **Masterclass in the context of “educational week” at CERN - 16.02.2021 with a Belgian and an Italian school**  
Organizers and speakers: Bianca Bottino, Francesca Carnesecchi, Daniele De Gruttola, Luca Doria, Marco Garbini
- **Masterclass - 03.12.2021 10 Italian Schools**  
Organizers and speakers: Walter Bonivento, Roberta Calabrese, Giovanni Covone, Daniele De Gruttola, Federico Gabriele
- **Next Masterclass on the 14th of December @LNS Catania (presenza+remoto)**  
Organizers and speakers: Walter Bonivento, Giovanni Covone, Daniele De Gruttola, Federico Gabriele, Marco Garbini, Marisa Gulino, Michela Lai, Luciano Pandola, Simone Sanfilippo, Cristina Ripoli, Arianna Steri

<https://sites.google.com/unisa.it/darksidedark-masterclass-2023/>

- Evento nell'ambito del DMD 2020
- 9 organizzatori e 7 sezioni INFN (con ricercatori associati a CC3M) coinvolte: Bologna, Cagliari, Napoli, Pisa, Roma, Salerno, LNGS

Numero scuole: 39 - Numero docenti referenti: 39

- Di cui maschi: 12 (30.7%)
- Di cui femmine: 27 (69.3%)

Numero Regioni: 8 - Abruzzo, Campania, Emilia-Romagna, Lazio, Marche, Sardegna, Toscana

Numero iscritti a Masterclass: **453** di cui

- maschi: 277 (61.1%) - femmine: 176 (38.9%)
- in quinta: 230 (50.7%) - in quarta: 223 (49.3%)

## Evento finale Novembre 2020

Numero scuole: 39 - Numero Regioni: 8

Elenco Regioni: Abruzzo, Calabria, Campania, Emilia-Romagna, Lazio, Marche, Sardegna, Toscana

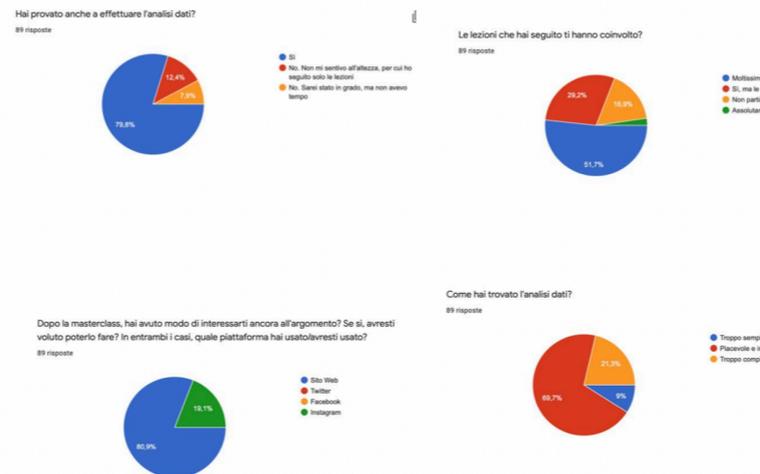
Numero studenti iscritti a evento finale: 294 di cui

- maschi: 141 (55.5%) - femmine: 113 (46.5%)
- Numero studenti per regione

- Abruzzo: 13
- Calabria: 8
- Campania: 11
- Emilia-Romagna: 31
- Lazio: 119
- Marche: 18
- Sardegna: 54
- Toscana: 40

Numero presentazioni studenti (lavori di gruppo): 27  
 Numero presentazioni premiate: 6

### Questionario di valutazione



**darkside**  
two-phase argon TPC for Dark Matter Direct Detection

**MASTERCLASS DARKSIDE**  
30 OTTOBRE 2020

**PROGRAMMA**

- 15:30 – Saluti e apertura dei lavori
- 15:45 – 1ª lezione: *La materia oscura*
- 16:15 – 2ª lezione: *Darkside, Il cacciatore di materia oscura*
- 16:45 – Inizio esercitazione
- 18:00 – Conclusione e saluti

Evento promosso da INFN sezioni di Bologna, Cagliari, Napoli, Pisa, Roma, Salerno e LNGS

**DARK MATTER DAY** DON'T BE AFRAID OF THE DARK

$z = z_{tot} - \text{Drift Distance}$

Logos: INFN, DARK, LNGS

Info: ddegruttola@ur



## MASTERCLASS DARKSIDE

14 DICEMBRE 2022  
LABORATORI NAZIONALI DEL SUD

### PROGRAMMA

**10:00** Accoglienza dei partecipanti e sistemazione presso la Sala Conferenze "Emilio Migneco"

**10:15** Lezioni introduttive su:

- Materia Oscura
- Esperimento DarkSide
- Progetto ARIA

**11:35** Descrizione esercitazione pratica

**12:00** Inizio esercitazione

**13:45** Pausa pranzo offerta dai LNS

**14:30** Ripresa dei lavori e collegamento con i laboratori INFN di Napoli

**15:30** Visita ai Laboratori

**16:30** Conclusioni e saluti

Evento promosso da  
INFN sezioni di Bologna, Cagliari, LNGS,  
LNS, Napoli, Pisa, Roma e Salerno



**darkside**  
two-phase argon TPC for Dark Matter Direct Detection



**INFN**  
LNS  
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
Laboratori Nazionali del Sud



- Ritorno **in presenza** dopo più di due anni dal primo evento ufficiale
- Possibilità di connessione da remoto
- Esercitazione sul Progetto **ARIA** inclusa
- Collegamento con i **laboratori INFN di Napoli**
- Giornata conclusa con visita degli studenti ai laboratori LNS
- **Statistiche** sulla partecipazione a disposizione
- **Team DARK:** W. Bonivento, G. Covone, D. De Gruttola, F. Gabriele, M. Garbini, M. Gulino, M. Lai, L. Pandola, S. Sanfilippo, C. Ripoli, A. Steri

# Grazie LNS!!

!! New entry !!

## Masterclass Aria

Catania 14 dicembre 2022



Arianna Steri  
On behalf of Aria Group



## Obiettivi

- Cos'è la distillazione e a cosa serve
- Quale è il principio fisico secondo il quale avviene la separazione nel processo di distillazione
- Esercitazione: calcolo della volatilità relativa, della separazione, del numero di stadi e dell'altezza della colonna di distillazione
- Dall'analisi dei risultati degli esercizi svolti dai 4 gruppi, gli studenti dovranno apprendere la relazione esistente tra temperature di ebollizione, facilità di separazione e altezza delle colonne di distillazione.

## Esercitazione

- **Problema 1-Gruppo 1:** Caso separazione metanolo e acqua con pressione di esercizio della colonna di 1 bar
- **Problema 2-Gruppo 2:** Caso separazione metanolo e acqua con pressione di esercizio della colonna di 3 bar
- **Problema 3-Gruppo 3:** Caso separazione argon e ossigeno con pressione di esercizio della colonna di 1 bar
- **Problema 4-Gruppo 4:** Caso separazione argon e ossigeno con pressione di esercizio della colonna di 3 bar

- Documentazione inviata in anticipo alle scuole
- Argomenti affrontati durante la Masterclass stabiliti in base ai piani di studio delle scuole partecipanti



## Questionario Masterclass Darkside/Aria

\* Required

### Dati generali

2

Genere \*

- M
- F
- Non mi riconosco in nessuna delle due opzioni precedenti
- Preferisco non rispondere

3

Scuola \*

- Liceo Scientifico
- Liceo Classico
- Liceo Artistico
- Istituto Tecnico
- Altro

4

Classe \*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

5

Città in cui vivi \*

Enter your answer

6

La tua scuola è nella stessa città in cui vivi? \*

- Sì
- No

7

Quali tra le seguenti materie è la tua preferita \*

Please select at most 3 options.

- Filosofia
- Matematica
- Chimica
- Scienze
- Greco
- Latino
- Fisica
- Italiano
- Lingua straniera
- Arte
- Progettazione
- Musica
- Educazione fisica
- Storia
- Disegno tecnico
- Tecnologie
- Altro

8

Mi piace la divulgazione scientifica \*

- Per niente
- Poco
- Indifferente
- Abbastanza
- Molto
- Tanto

9

Sono interessato/a a intraprendere un percorso universitario in \*

	Per niente	Poco	Indifferente	Abbastanza	Molto	Tanto
Fisica	<input type="radio"/>					
Chimica	<input type="radio"/>					
Ingegneria	<input type="radio"/>					

# Masterclass 14.12.2022

12

Le istruzioni per partecipare alla Masterclass di Darkside sono state chiare \*

- Per niente
- Poco
- Indifferente
- Abbastanza
- Molto
- Tanto

13

Le mie conoscenze scientifiche (chimica, fisica, matematica) sono state adeguate a seguire la Masterclass di Darkside \*

- Per niente
- Poco
- Indifferente
- Abbastanza
- Molto
- Tanto

16

Il video promozionale di Darkside \*

	Per niente	Poco	Indifferente	Abbastanza	Molto	Tanto
Mi ha motivato a seguire la Masterclass	<input type="radio"/>					
Mi ha suscitato interesse verso la Masterclass	<input type="radio"/>					
Ha stimolato la mia curiosità scientifica	<input type="radio"/>					

17

I temi trattati durante la Masterclass di Darkside sono di mio interesse \*

- Per niente
- Poco
- Indifferente
- Abbastanza
- Molto
- Tanto

# Masterclass 14.12.2022

18

L'esperienza con la Masterclass di Darkside/Aria mi ha insegnato \*

	Per niente	Poco	Indifferente	Abbastanza	Molto	Tanto
Nuovi concetti di fisica	<input type="radio"/>					
Nuovi concetti di chimica	<input type="radio"/>					
A esporre il lavoro svolto durante la Masterclass agli altri	<input type="radio"/>					
A collaborare per il raggiungimento di un obiettivo	<input type="radio"/>					
A esporre le mie idee agli altri	<input type="radio"/>					
A usare i concetti che imparo a scuola su tematiche nuove	<input type="radio"/>					
L'importanza di raccogliere, analizzare e interpretare i dati	<input type="radio"/>					

19

L'esperienza con la Masterclass di Darkside/Aria mi ha motivato \*

	Per niente	Poco	Indifferente	Abbastanza	Molto	Tanto
A studiare la fisica	<input type="radio"/>					
A studiare la chimica	<input type="radio"/>					
A studiare l'ingegneria	<input type="radio"/>					
A interessarmi alla fisica	<input type="radio"/>					
A interessarmi alla chimica	<input type="radio"/>					
A interessarmi all'ingegneria	<input type="radio"/>					
A intraprendere un percorso di studi universitario in fisica	<input type="radio"/>					
A intraprendere un percorso di studi universitario in chimica	<input type="radio"/>					
A intraprendere un percorso di studi universitario in ingegneria	<input type="radio"/>					
A studiare in futuro i temi trattati durante la Masterclass	<input type="radio"/>					

21

L'esperienza di poter interagire con un/a ricercatore/trice in maniera diretta è stata positiva \*

- Per niente
- Poco
- Indifferente
- Abbastanza
- Molto
- Tanto

22

La durata dell'esercitazione di Darkside/Aria è stata adeguata \*

- Sì
- No, sarebbe stato meglio un numero maggiore di ore
- No, sarebbe stato meglio un numero minore di ore



# STUDENT REPORTS

15% ORDINARY MATTER

## Selected Student Reports

Institute	Speakers	Slides
Liceo Scientifico "L. Da Vinci" di Niscemi (CL)	Blanco, Buzzone, Caruso, Chiaramonte, Cuddè, Ferrera, Giarracca, Lupo, Maugeri D., Maugeri M., Migliore, Milazzo, Monteleone, Muscia, Parisi, Pepi, Petronaci, Pirrotta, Ragusa B., Ragusa S., Rinnone, Spinello, Stracquadaini, Trovato, Zarba, Prof.ssa Sabrina Caruso	
Liceo Scientifico "Galileo Galilei" di Lanciano (CH)	Elisabetta Ricci, Martina Rullo, Noemi Di Giacomo, Klaudja Kamberaj, Ludovica Scarlatto, Emanuele De Laurentiis, Prof.ssa Tiziana Torriero	
Liceo Scientifico "Galileo Galilei" di Lanciano (CH)	Nicolò Torosantucci, Emanuele Spinelli, Davide Bravo, Prof.ssa Tiziana Torriero	
Liceo "L. Galvani" di Bologna	Caprara Francesco, Bruschi Alessandro, Tavares Emidio Eduardo, Ognibene Francesco, Moschini Giulia, Canfarini Emanuele, Prof.ssa Paola Giacconi	
Liceo Scientifico "G. B. Scorza" di Cosenza	Alessandro Leonetti, Antonio Maria Lo Duca, Karol Greco, Mario Serpe, Salvatore Giordano, Prof. Franco Mollo	
Liceo Scientifico "G. B. Scorza" di Cosenza	Chiodo Ilaria, Bosco Giuseppe Alessandro, De Cicco Marianna, Giglio Gaia, Granata Veronica, Prof. Franco Mollo	
Liceo Scientifico "G. B. Scorza" di Cosenza	Orrico Seren, Urso Giuseppe, Console Luca, Valente Luigi, Mancini Evita, Prof. Franco Mollo	
Liceo Scientifico "G. B. Scorza" di Cosenza	Lorenzo Maria Cavalcanti, Mattia Mazzuca, Simone Panza, Anastasia Luigina Spataro, Prof. Franco Mollo	
Liceo Scientifico Statale "Filippo Silvestri" di Portici (NA)	Vittorio Madonna, Prof. Marco Sacco	

● [https://collisioni.infn.it/news\\_scuola/studenti-a-scuola-di-materia-oscura-ai-laboratori-nazionali-del-sud-dellinfn/](https://collisioni.infn.it/news_scuola/studenti-a-scuola-di-materia-oscura-ai-laboratori-nazionali-del-sud-dellinfn/)

COLLISIONI:INFN Spazi culturali all'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Scopri le nostre storie   Partecipa mostre ed eventi   Incontra la ricerca a scuola   Collidi fisica [è] cultura

## Centinaia di studenti a scuola di materia oscura ai Laboratori Nazionali del Sud dell'INFN

PROGRAMMI EDUCATIVI  
15 Dicembre 2022

Condividi    



Circa 230 studentesse e studenti di scuole secondarie di II grado hanno partecipato ieri, 14 dicembre, alla masterclass sulla materia oscura organizzata da [Dark](#), progetto per le scuole dell'INFN.

La masterclass, già proposta nel 2020 e 2021, quest'anno si è svolta ai Laboratori Nazionali del Sud dell'INFN dove un centinaio di studenti di alcune scuole superiori di Catania, Paternò, Niscemi e Scordia si sono riuniti per incontrare ricercatori e ricercatrici impegnati ogni giorno nella caccia alla materia oscura e scoprire di più su questo grande mistero dell'universo. In collegamento da scuole di Cosenza, Sant'Anastasia (Na), Bologna, Parma, Lanciano (Ch) altri 134 studenti. Grazie alla masterclass, studenti e studentesse hanno provato in prima persona ad analizzare dati del [progetto ARIA](#) e dell'esperimento [DarkSide-50](#), in attività ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN, che, protetti da 1400 metri di roccia, sono i principali laboratori al mondo per la ricerca sulla materia oscura.

È stata un'occasione per conoscere qualcosa di più sulla materia oscura, una delle questioni più affascinanti che riguardano la struttura del nostro universo e la sua evoluzione, e che oggi rimane ancora aperta e allo studio in molti laboratori e con molti esperimenti in tutto il mondo e anche nello spazio.

# Next

- Richieste per una nuova edizione @LNS e in altre sedi, in presenza
- Possibilità di svolgere eventi su richiesta, oltre all'evento annuale
- Coordinamento con Ufficio Comunicazione INFN (contatto con Cecilia Collà Ruvolo)
- Versione della Masterclass in python (M. Lai, M. Garbini)

