

# Proposte della commissione per la revisione dei corsi di fisica nucleare e subnucleare

## Premessa

La commissione, formata dai docenti dei corsi di particelle ed ex-officio da F. Bellini, R. Faccini e R. Paramatti, è stata istituita il 31 ottobre 2018, con il seguente mandato:

1. definire i contenuti del corso di fisica nucleare nel futuro, nel quadro della ricerca che si fa in dipartimento/sezione e degli altri insegnamenti presenti;
2. verificare/discutere la copertura della formazione in fisica degli acceleratori;
3. verificare lo stato di avanzamento delle modifiche pensate negli anni scorsi<sup>1</sup> ed eventualmente discutere di nuove criticità nell'uniformità tra i corsi.

La commissione si è riunita due volte, il 21 e il 29 novembre. Hanno partecipato ai lavori: P. Bagnaia, F. Bellini, G. Cavoto, S. De Cecco, D. del Re, R. Faccini, M. Kado, F. Lacava, R. Paramatti, S. Rahatlou, G. Salmè.

Nella prima riunione sono stati affrontati i punti 1. e 2. (nucleare e acceleratori) e per ciascuno di essi sono state avanzate alcune proposte operative. Nella seconda riunione si è conclusa la discussione su questi argomenti e si è quindi esaminato l'ultimo punto, con una analisi delle criticità dei corsi, sia tenendo conto delle conclusioni del precedente gruppo di lavoro<sup>1</sup>, sia considerando le indicazioni espresse dagli studenti.

Le conclusioni sono state presentate, discusse e approvate nella riunione dei docenti di area del 13 dicembre. In particolare viene proposta una modifica del corso *Particle Physics*, unico corso da 12 CFU della LM in Fisica, nonché un ampliamento e una razionalizzazione dell'offerta di corsi opzionali anche attraverso l'unificazione dei gruppi A e B in un gruppo unico.

Si ringraziano infine i colleghi che singolarmente hanno fornito numerose indicazioni e spunti di riflessione: A. Capone, A. Di Domenico, S. Gentile, P. Valente, E. Cisbani, M. Limongi, R. Schneider e O. Straniero.

---

<sup>1</sup> <https://docs.google.com/document/d/1WFScW5S1yMoWp3Escno5d9iHHeJy-IRD6m3avwQRWeE/edit>

**Corso di laurea in Fisica (LM-17) -  
Curriculum Particle and Astroparticle Physics**

N.	Insegnamenti	CFU	anno	sem.	SSD	eng	ambito
1	Relativistic Quantum Mechanics	6	1	1	FIS/02	Y	caratt.
2	Electroweak interactions	6	1	1	FIS/02	Y	caratt.
3	Condensed Matter Physics	6	1	1	FIS/03	Y	caratt.
4	Elective (within group A)	6	1 / 2	1 / 2		Y	aff.-int.
5	Physics Laboratory I (propedeutic teaching to Physics Laboratory II)	6	1	1	FIS/01	Y	caratt.
6	Particle Physics	12	1	2	FIS/04	Y	caratt.
7	Mathematical Physics	6	1	2	MAT/07	Y	aff.-int.
8	Elective (free choice)	6	1	2		Y	
9	Physics Laboratory II	9	1	2	FIS/01	Y	caratt.
10	English language	4	1	2		Y	AAF
11	Elective (within group B)	6	2	1	FIS/01	Y	aff.-int.
12	Elective (free choice)	6	2	1		Y	
13	Internship	3	2	1		Y	AAF
14	Thesis Project	38	2	2		Y	AAF

**Gruppo A (aff.-int.)**

1	Computer Architecture for Physics	6	2	1	INF/01	Y	
2	Current Topics in Particle Physics	6	2	1	FIS/01	Y	
3	Surface Physics and Nanostructures	6	2	1	FIS/03	Y	
4	Nuclear Physics	6	1	2	FIS/04	Y	
5	Methods in Experimental Particle Physics	6	1	2	FIS/01	Y	
6	Computing Methods for Physics	6	1	1	INF/01	Y	
7	Detectors for particle physics	6	2	1	FIS/01	Y	
8	Quantum Field Theory	6	2	1	FIS/02	Y	
9	Particle and astroparticle Physics (mutuato da LM-58)	6	2	1	FIS/01	Y	
10	Experimental Gravitation (mutuato da LM-58)	6	2	1	FIS/01	Y	

**Gruppo B (aff.-int.)**

1	Digital electronics	6	2	1	FIS/01	Y	
2	Medical Applications of Physics	6	2	1	FIS/01	Y	
3	Current Topics in Particle Physics	6	2	1	FIS/01	Y	
4	Detectors for particle physics	6	2	1	FIS/01	Y	
5	Particle and astroparticle Physics (mutuato da LM-58)	6	2	1	FIS/01	Y	
6	Experimental Gravitation (mutuato da LM-58)	6	2	1	FIS/01	Y	

Descrizione del curriculum Particle and Astroparticle Physics A.A. 2018/19 e tabelle dei gruppi A/B dei corsi opzionali.

## 1. FISICA NUCLEARE

Il corso di *Nuclear Physics* è un opzionale della Laurea Magistrale in Fisica, erogato al 2° semestre del 1° anno, tenuto da Gianni Salmè (INFN) da circa dieci anni. Il corso ha un buon successo, essendo uno dei più seguiti del curriculum di Particelle (circa 15 studenti). Il programma dell'esame è pubblicato sul web<sup>2</sup>. A causa del limite dei cinque anni per i docenti degli Enti, Gianni non potrà tenere il corso a partire dall'A.A. 2019/20.

L'indicazione generale, emersa durante le riunioni e da contatti con colleghi che non hanno potuto parteciparvi, è la seguente:

- mantenere un corso che fornisca le basi fondamentali di fisica nucleare agli studenti, sul modello dell'attuale, fissione e fusione incluse (circa 40 ore su un totale di 60);
- disegnare la seconda parte del corso (circa 20 ore) con due o tre aspetti applicativi per i quali ci sia anche un coinvolgimento e una disponibilità di tesi di laurea in dipartimento, in sezione INFN, all'Istituto Superiore di Sanità e all'ENEA (Casaccia).

Rispetto a quest'ultimo punto, oltre alle tematiche inerenti la fisica medica e la fisica underground (Double Beta Decay, Dark Matter), viene suggerito da parte dei colleghi astrofisici del Dipartimento un approfondimento dell'Astrofisica Nucleare e, in particolare, del problema delle reazioni nucleari nei plasmi astrofisici e dell'equilibrio statistico nucleare. Il corso potrebbe attirare studenti della LM in Astronomia e Astrofisica, come corso a scelta libera o eventualmente, in futuro, come corso mutuato.

Si registra anche la disponibilità dei colleghi dell'Istituto Superiore di Sanità a continuare a svolgere tutoraggio in tesi di laurea sulla fisica di Alice, JLAB e fisica medica.

Si auspica inoltre un aumento delle ore dedicate alla fisica nucleare nel corso di FNS I, obbligatorio della laurea triennale.

La commissione, infine, esprime la propria gratitudine a Gianni Salmè per aver tenuto il corso di Fisica Nucleare in questi anni, mantenendo vivo l'interesse di tanti studenti del nostro curriculum per questo tema.

---

<sup>2</sup> <https://www.dropbox.com/s/twki7beuajjzq/Nucleare.pdf?dl=0>

## 2. FISICA DEGLI ACCELERATORI

Il *Dottorato in Fisica degli Acceleratori*<sup>3</sup>, Sapienza – INFN Roma, è un corso di dottorato unico in Italia, con diversi studenti provenienti da altre regioni. Nella nostra Laurea Magistrale manca invece un esame incentrato sulla fisica degli acceleratori; al momento a questo tema vengono dedicate ~6 ore nel corso *Istituzioni di Fisica Applicata* della triennale (R. Faccini), ~14 ore nel corso *Detectors For Particle Physics* (F. Lacava) e alcune ore, incentrate su LEP e LHC, nel corso *Particle Physics* (P. Bagnaia).

Si conviene di individuare un corso già esistente nel quale introdurre una parte importante di fisica degli acceleratori. La commissione evidenzia anche la necessità di erogare questo corso al primo anno di magistrale, in tempo utile per permettere agli studenti frequentanti di prendere in considerazione una tesi di laurea in fisica degli acceleratori.

Franco Lacava ha manifestato la propria disponibilità, approfittando anche dell'aumento di ore di *Detectors For Particle Physics* (da 56 a 60), a espandere a 18/20 ore la parte dedicata agli acceleratori. Gli argomenti già inclusi nel programma sono: *Introduction to particle accelerators, cyclotron, betatron, betatron and synchrotron oscillations. Particle moving in phase space. Lattice for accelerators. Cooling. Linac. Protonsynchrotron. SPS, LHC, future colliders.* È prevista anche una visita degli studenti ai LNF e un seminario in Dipartimento di M. Ferrario, ricercatore INFN di Frascati.

Franco è anche favorevole a spostare il corso al secondo semestre; la proposta della commissione è quindi quella di anticipare il corso dal 1° semestre del 2° anno al 2° semestre del 1° anno, individuando un docente che insegni insieme a Franco nell'A.A. 2019/20 (anno nel quale il corso andrebbe erogato in entrambi i semestri) e che diventi quindi il titolare del corso nei prossimi anni.

Si propone altresì di cambiare nome<sup>4</sup> in ***Detectors and Accelerators in High Energy Physics***.

Ci si riserva di esaminare in futuro, anche alla luce dell'interesse manifestato dagli studenti per questo tema, la proposta di un corso nuovo, totalmente incentrato sulla fisica degli acceleratori.

---

<sup>3</sup> <https://web.infn.it/dottorato-fisica-acceleratori-roma/>

<sup>4</sup> Il cambio del nome permetterebbe anche al secondo docente di rendicontare le ore svolte già dal prossimo anno accademico.

### 3. ALTRI CORSI E CRITICITÀ DEL CURRICULUM

Nel confronto dei quattro curricula della LM in Fisica<sup>5</sup> si osserva un forte sbilanciamento del nostro curriculum nella quantità dei corsi obbligatori rispetto a quelli opzionali (si veda la Tabella 1). Tale evidenza, insieme alla presenza dell'unico corso da 12 crediti di tutta la Laurea Magistrale, è spesso fonte di critica da parte degli studenti.

Il livello di gradimento dei corsi facoltativi del curriculum di Particelle, emerso dai piani formativi presentati dai studenti iscritti negli A.A. 2017/18 e 2018/19, è mostrato nelle Tabelle 2 e 3 rispettivamente per gli esami opzionali e per quelli a scelta libera (a febbraio si apre la seconda finestra per l'inserimento del piano formativo e quindi i numeri riportati nelle tabelle potranno essere soggetti a piccole fluttuazioni).

Nelle pagine seguenti vengono passati in rassegna le criticità emerse nel precedente gruppo di lavoro<sup>1</sup> e lo stato di avanzamento delle modifiche suggerite. Infine vengono riportate le proposte finali della commissione.

	CFU corsi obbligatori	CFU corsi facoltativi	Frazione di obbligatori	Numero di insegnamenti opzionali nei gruppi A/B/C
<b>Biosistemi</b>	<b>33</b>	<b>42</b>	<b>44%</b>	<b>23</b>
<b>Struttura</b>	<b>45</b>	<b>30</b>	<b>60%</b>	<b>17</b>
<b>Particelle</b>	<b>51</b>	<b>24</b>	<b>68%</b>	<b>12</b>
<b>Teorica</b>	<b>33</b>	<b>42</b>	<b>44%</b>	<b>24</b>

Tabella 1: Ripartizione del numero di CFU tra i corsi obbligatori e opzionali nei quattro curricula della LM in Fisica. Nell'ultima colonna è riportato il numero di insegnamenti opzionali, cioè appartenenti ai gruppi A, B e C quando presente; non vengono conteggiate le ripetizioni.

#### Gruppo A (aff.-int.)

1	Computer Architecture for Physics	6	2	1	INF/01	Y	<b>4</b>
2	Current Topics in Particle Physics	6	2	1	FIS/01	Y	<b>16</b>
3	Surface Physics and Nanostructures <b>(Betti)</b>	6	2	1	FIS/03	Y	<b>1</b>
4	Nuclear Physics	6	1	2	FIS/04	Y	<b>38</b>
5	Methods in Experimental Particle Physics	6	<b>1</b>	<b>2</b>	FIS/01	Y	<b>21</b>
6	Computing Methods for Physics	6	1	1	INF/01	Y	<b>64</b>
7	Detectors for particle physics	6	2	1	FIS/01	Y	<b>41</b>
8	Quantum Field Theory <b>(Testa)</b>	6	2	1	FIS/02	Y	<b>2</b>
9	Particle and astroparticle Physics (mutuato da LM-58)	6	2	1	FIS/01	Y	<b>25</b>
10	Experimental Gravitation (mutuato da LM-58)	6	2	1	FIS/01	Y	<b>4</b>

#### Gruppo B (aff.-int.)

1	Digital electronics	6	2	1	FIS/01	Y	<b>4</b>
2	Medical Applications of Physics <b>(R. Pani)</b>	6	2	1	FIS/01	Y	<b>22</b>

Tabella 2: Elenco dei 12 corsi opzionali e (in ultima colonna) numero di studenti del curriculum di Particelle (iscrizioni A.A. 2017/18 e 2018/19) che hanno inserito il corso nel proprio piano formativo. Gli altri 4 corsi del gruppo B non sono mostrati perché ripetizioni, cioè già presenti nel gruppo A.

<sup>5</sup> [https://www.dropbox.com/s/4fkqli3rrx4k4wc/Piani\\_formativi\\_magistrali\\_LM17.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/4fkqli3rrx4k4wc/Piani_formativi_magistrali_LM17.pdf?dl=0)

<b>altri</b>	■	<b>Simmetrie e interazioni fondamentali (Polosa)</b>	<b>9</b>
<b>(&gt;2)</b>	■	<b>Quantum Electrodynamics (Benhar)</b>	<b>5</b>
	■	<b>Relatività generale (Ferrari)</b>	<b>4</b>
	■	<b>Weak Interactions in the Standard Model and beyond (Martinelli)</b>	<b>3</b>

Tabella 3: Corsi a scelta libera di maggior gradimento, cioè presenti in almeno due piani formativi presentati dagli studenti del curriculum di Particelle (iscrizioni A.A. 2017/18 e 2018/19).

## Particle Physics

Il programma del corso è pubblicato sul web<sup>6</sup>. Come suggerito dal precedente gruppo di lavoro, è stata aggiunta la fisica del B e ridotta la parte sui limiti, affrontata in maggior dettaglio altrove.

La commissione avanza la proposta di **trasformazione del corso di 12 CFU in due corsi da 6 CFU** di cui il secondo sarebbe posticipato al 1° semestre del 2° anno (compensando lo spostamento del corso di Detectors al primo anno). Inoltre si suggerisce di **rendere opzionale il secondo corso**, anche per ridurre la frazione dei CFU obbligatori sul totale. Il primo corso ricalcherebbe la parte iniziale del corso attuale, arrivando ad includere il Modello Standard, mentre il secondo sarebbe incentrato sulla fisica ai collider dagli anni '80 ai nostri giorni e prenderebbe quindi il nome di **Collider Particle Physics**. Rispetto al programma attuale, la parte di fisica del neutrino potrebbe essere spostata in altro corso, come descritto più avanti.

## Physics Laboratory

Le modifiche suggerite dal precedente gruppo di lavoro sono state implementate come segue:

- l'interazione radiazione-materia continua ad essere svolta in maniera approfondita in questo corso mentre potrà essere ridotta nel corso di Detectors, anche in conseguenza allo spostamento di questo al primo anno;
- viene svolto un esame a febbraio sul programma del primo semestre (*Physics Laboratory I*);
- gli studenti hanno ora la possibilità di apprendere il C++ e Root (nel corso *Computing Methods for Physics*) prima di iniziare *Physics Laboratory II* che prevede l'attività in laboratorio.

<sup>6</sup> [http://www.roma1.infn.it/~bagnaia/particle\\_physics/topics\\_eng\\_18.txt](http://www.roma1.infn.it/~bagnaia/particle_physics/topics_eng_18.txt)

## Fisica Nucleare e Subnucleare I

Il corso è obbligatorio per tutti gli studenti della triennale (3° anno, 2° semestre). E' sicuramente fondamentale per la scelta del nostro curriculum alla magistrale.

Quest'anno il corso durerà per la prima volta 60 ore e vedrà due nuovi docenti su tre (Gentile, Kado, Rahatlou). È quindi il momento opportuno per riflettere su possibili miglioramenti. Nella discussione sono emerse le indicazioni seguenti:

- chiarire il più possibile i prerequisiti necessari e quelli che saranno acquisiti durante il corso per un'integrazione ottimale dei corsi successivi;
- espandere la parte di fisica nucleare ed evitare di affrontarla solo alla fine del corso;
- introdurre argomenti più recenti, compatibili con il livello degli studenti del 3° anno: es. oscillazione dei neutrini atmosferici e solari.
- cambiare il nome del corso in **Fisica Nucleare e Subnucleare**, rimuovendo il numero I finale, residuo di una organizzazione dei corsi non più attuale.

## Sovrapposizioni ancora presenti

Sebbene ridotte rispetto agli anni passati, i nostri corsi presentano ancora sovrapposizioni non trascurabili. Si richiede quindi uno sforzo aggiuntivo per:

- ridurre la parte di interazione radiazione-materia nel corso *Detectors for Particle Physics* a favore della parte sugli acceleratori;
- rimuovere maximum likelihood e limiti di confidenza dal programma di *Physics Laboratory*, argomenti trattati già in *Particle Physics* e *Methods in Experimental Particle Physics*;
- modificare il programma di *Current Topics in Particle Physics*<sup>7</sup> che presenta ancora sovrapposizioni con il programma di *Particle Physics* e in minore entità con il programma di *Detectors for Particle Physics*.

---

<sup>7</sup> <https://corsidilaurea.uniroma1.it/en/view-course-details/2018/30055/20181205131057/e74cfdee-b9b8-44b4-9f65-7783fo4ec666/c18046ab-1839-488f-b9d8-c91f3ad9d8da/a82f4a80-70ac-4504-b650-a7dbod183028/fedd5c7a-397e-43b7-bo8a-91716562ebc5?guid=c18046ab-1839-488f-b9d8-c91f3ad9d8da>

#### 4. PROPOSTE DI MODIFICA PER L'A.A. 2019/20

Il corso *Fisica Nucleare e Subnucleare I* della laurea triennale **cambia nome in *Fisica Nucleare e Subnucleare***.

Il corso obbligatorio *Particle Physics* del 1° anno, 2° semestre della magistrale viene **ridotto da 12 a 6 CFU**. Il 2° semestre del 1° anno presenterebbe quindi un corso opzionale in aggiunta all'attuale corso a scelta libera (si veda pag. 2), diventando:

- Mathematical Physics (6 CFU)
- Particle Physics (6 CFU)
- Physics Laboratory II (9 CFU)
- Elective (within group B – 6 CFU)
- Elective (free choice – 6 CFU)

Gli altri semestri resterebbero invariati. I corsi facoltativi del curriculum *Particle and Astroparticle Physics* diventerebbero 5 di cui tre opzionali e due a scelta libera.

La commissione ritiene opportuno ampliare e rendere più organica l'offerta di corsi opzionali unificando i gruppi A e B del curriculum, e implementando le seguenti modifiche:

- **inserimento nei gruppo opzionale di *Collider Particle Physics*** (seconda parte dell'attuale *Particle Physics*) al 1° semestre del 2° anno;
- **spostamento del corso *Detectors and Accelerators in High Energy Physics* al 1° anno, 2° semestre;**
- **rimozione dal gruppo opzionale dell'esame *Surface Physics and Nanostructures***; l'esame è stato inserito in passato per soddisfare dei vincoli che ora non sono più richiesti; rimane ovviamente la possibilità di inserirlo nel piano formativo come esame a scelta libera;
- **inserimento degli esami di *Quantum Electrodynamics* e di *Weak Interactions in the Standard Model and beyond* nel gruppo opzionale**; in futuro potrebbero essere aggiunti altri esami di area teorica qualora questi venissero erogati in lingua inglese;
- infine, considerato che la fisica Underground, di importanza sempre crescente negli anni recenti, è ancora decisamente sottodimensionata nell'offerta attuale del curriculum e che molti docenti e ricercatori INFN di Roma sono coinvolti in esperimenti ai LNGS, la commissione propone di ridurre fortemente la prima parte del corso di *Current Topics in Particle Physics*, rendendo il programma fortemente incentrato sulla fisica dei neutrini e underground e quindi alternativo a *Particle Physics* e *Collider Particle Physics*. In futuro il corso potrebbe cambiare nome in *Neutrino and Underground Physics*.

Insegnamenti	CFU	anno	semestre	SSD
Computing Methods for Physics	6	1	1	INF/01
Detectors and Accelerators in High Energy Physics	6	1	2	FIS/01
Methods in Experimental Particle Physics	6	1	2	FIS/01
Nuclear Physics	6	1	2	FIS/04
Quantum Electrodynamics	6	1	2	FIS/02
Solid State Sensors (*)	6	1	2	FIS/01
Collider Particle Physics	6	2	1	FIS/04
Computer Architecture for Physics (*)	6	2	1	INF/01
Current Topics in Particle Physics	6	2	1	FIS/01
Medical Applications of Physics	6	2	1	FIS/01
Quantum Field Theory	6	2	1	FIS/02
Weak Interactions in the Standard Model and beyond	6	2	1	FIS/04
Particle and astroparticle Physics (mutuato da LM-58)	6	2	1	FIS/01
Experimental Gravitation (mutuato da LM-58)	6	2	1	FIS/01

Gruppo unico dei corsi opzionali del curriculum *Particle and Astroparticle Physics*.  
Proposta per l'A.A. 2019/20.

(\*) per la descrizione di questi corsi si vedano le conclusioni del gruppo di riorganizzazione dei corsi di elettronica.

Roma, 18 dicembre 2018  
Riccardo Paramatti