

Relazione finale del Gruppo Analisi Esiti Concorsi Ricercatori (GAECR)

Alberto Lerda, Pier Andrea Mandò, Maria Rosaria Masullo, Antonio Passeri, Fabio Zwirner
[con il cruciale apporto di Valentina Ferretti (AC) per i dati
e l'aiuto di Alessandra Casotto (PD) per parte delle figure]

27/2/2018

1. Introduzione

Nel 2016 si sono svolti due concorsi per titoli ed esami, per un totale di 73 posti di ricercatore di III livello con contratto a tempo indeterminato:

- Bando n.18221/2016 per 58 posti “sperimentali” (EXP)
- Bando n.18226/2016 per 15 posti “teorici” (TH)

Nel gennaio 2017 il Presidente ha costituito un Gruppo di Analisi degli Esiti dei Concorsi a Ricercatore (GAECR), con l'incarico di analizzare la miniera di dati forniti dai due concorsi. Il GAECR si è riunito per 8 volte nel 2017 (23/1, 30/3, 28/4, 28/6, 19/7, 6/9, 27/9, 9/11) ed ha presentato una relazione orale preliminare ai Direttori il 21/12/2017. Il GAECR si è poi riunito il 24/1/2018 per impostare questa relazione, poi completata nel mese seguente, che riassume i dati raccolti e i risultati delle analisi effettuate.

2. Dati raccolti

Il formato delle tabelle contenenti i dati raccolti è illustrato nel seguito anche con esempi, in cui i dati sono stati volutamente alterati per evitare l'identificazione dei candidati.

2.1 Dati anagrafici

Il formato delle tabelle con i dati anagrafici è illustrato nell'esempio seguente:

Sesso	Anno di nascita	Nazionalità	Residenza di lavoro	Numero figli
M	1972	non-IT	IT	5
F	1971	non-IT	non-IT	0
F	1980	IT	IT	2
F	1987	IT	non-IT	1
F	1973	non-IT	IT	3

Tab.1

I dati sono stati desunti direttamente dalla domanda e dal CV presentati dai candidati.

Si era inizialmente previsto di raccogliere anche i dati sui congedi parentali, ma non è stato possibile raccogliere informazioni complete ed affidabili al riguardo: si suggerisce di includere tale voce nell'application form dei candidati dei prossimi concorsi.

2.2 Dati del CV

Il formato delle tabelle con i dati del CV è illustrato nell'esempio seguente:

Anno Laurea	Sede Laurea	Tipo Laurea	Anno Ph.D.	Sede Ph.D.	Tipo Ph.D.	no. anni TD INFN	no. anni postdoc estero	no. anni assegni & co. Italia	Posizione attuale: tipo	Posizione attuale: sede	Posizione attuale: anno inizio
1994	Perugia	Fisica v.o.	2000	Roma Tre	Fisica	1	9	4,6	Assegnista	DESY	2014
2009	Ferrara	Scienze Fisiche	2015	Ferrara	Fisica applicata	0	0	0			
2011	Estero	Fisica	2015	Estero	Fisica	0	0	1	Assegnista	Univ. Bari	2015
1998	Napoli	Ingegneria	2003	Estero	Ingegneria	4	5,1	3,7	Postdoc	Univ. Cornell	2002
2000	Estero	Fisica	2007	Catania	Fisica	0	0	8,2	Assegnista	INFN Trieste	2016

Tab.2

I dati sono stati desunti dal CV presentato dai candidati e dall'anagrafica INFN in GODIVA (ultima data utile agosto 2016). Le sedi di laurea e di dottorato in Italia sono state specificate, per laurea o dottorato conseguiti all'estero si è indicato semplicemente "estero". Per quanto riguarda le esperienze postdoctoral in Italia e all'estero, si sono conteggiate separatamente le posizioni INFN di ricercatore o tecnologo a tempo determinato (TD).

2.3 Dati sull'attività di ricerca

Il formato delle tabelle con i dati sull'attività di ricerca è illustrato nell'esempio seguente:

CSN principale 2016	CSN secondaria 2016	Sigla INFN principale 2016	Sigla INFN secondaria 2016	tema di ricerca principale in carriera	tema di ricerca secondario in carriera	note
CSN2		DAMA		DME		
				SM		
CSN1	CSN5	LHC-b	GECO	HEP	ELC	
CSN4		BIOPHYS		ALT		biofisica
CSN4	CSN2	HEPCUBE	AMS2	BSM	AST	

Tab.3

Per gli iscritti che nel 2016 erano associati all'INFN, si sono indicate la CSN principale di riferimento ed un'eventuale CSN secondaria; analogamente si è proceduto per le sigle di riferimento. Nel caso di afferenza a più sigle INFN si è fatta prevalere la percentuale di FTE, nei pochissimi casi di ulteriore ambiguità questa è stata comunque rimossa. I dati sono stati desunti dall'anagrafica INFN in GODIVA.

Per gli iscritti al concorso TH, i temi dell'attività di ricerca, desunti dal CV, sono stati (arbitrariamente, e con inevitabili ambiguità di attribuzione) divisi in 11 categorie, identiche a quelle poi utilizzate per classificare gli argomenti prescelti dai candidati nello svolgimento della prima prova scritta:

STR: stringa/supergravità/AdS-CFT

QFT: teoria dei campi/fondamenti di MQ

GRA: fisica della gravitazione/gravità quantistica

SM: fisica del Modello Standard

BSM: fisica oltre il Modello Standard

ADR: fisica adronica

NUC: fisica nucleare

AST: fisica del neutrino, dei raggi cosmici e della materia oscura

COS: cosmologia/inflazione

STA: fisica statistica

ALT: altro

Per gli iscritti al concorso EXP, i temi dell'attività di ricerca, desunti dal CV ai fini della classificazione di quest'ultimo, sono stati (arbitrariamente, e con inevitabili ambiguità di attribuzione) divisi in 12 categorie, in questo caso leggermente diverse da quelle poi utilizzate per classificare gli argomenti prescelti dai candidati nello svolgimento della seconda prova scritta:

HEP: alte energie (incluso ALICE)

ACO: radiazione cosmica e astronomia multi-messenger

DME: Dark Matter/Dark Energy

GRW: onde gravitazionali

NEU: esperimenti su neutrini (inclusi KM3net e doppio decadimento beta senza neutrini)

FIF: esperimenti di "Fisica Fondamentale"

NUC: struttura e reazioni nucleari

ASN: astrofisica nucleare

DET: rivelatori

ELC: elettronica, calcolo

ACC: sviluppi acceleratori, sorgenti, etc

INT: interdisciplinare

ALT: altro con piena o parziale pertinenza INFN sperimentale

NOP: non pertinente

Nelle tabelle si è lasciato spazio per indicare un tema secondario della ricerca accanto al tema principale (in presenza di un peso pari almeno al 20%) e per inserire delle note.

2.4 Dati sui risultati

I dati sono stati desunti dai verbali e dalle note interne delle Commissioni; per la diversa natura delle prove scritte, si sono scelti formati diversi per le tabelle TH e EXP.

2.4.1 Formato per TH

Il formato delle tabelle con i dati sui risultati del concorso TH è illustrato nell'esempio seguente:

Presente I scritto	Presente II scritto	Voto I scritto	Voto II scritto	Argomento del primo scritto (progetto di ricerca)	Quesiti scelti			Voto CV	Voto pubblic.	Voto titoli	Convocato all'orale	Voto orale	Voto finale	Struttura di assunzione
no	no													
si	si	167	175	GRA	12	1	2	40	35	75	si	171	417	Bari
si	si	151	170	COS	8	16	3	38	32	70	si	180	410,5	Lecce
si	no													
si	si	162	155	STR	15	7	9	29	28	57	si	188	403,5	Pavia

Tab.4

2.4.2 Formato per EXP

Il formato delle tabelle con i dati sui risultati del concorso EXP è illustrato nell'esempio seguente:

Quesito n. 1A	Quesito n. 2A	Quesito n. 3A	Quesito n. 4A	Quesito n. 6A	Quesito n. 7A	Quesito n. 8A	Quesito n. 11A	Quesito n. 15A	Quesito n. 17A	Quesito n. 19A	Quesito n. 20A
0	2	4	0	1	3	4	4	4	4	2	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	3	2	1	1	1	1	4	4	4	4	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	4	4

Tab.5

Quesito n. 1B	Quesito n. 2B	Quesito n. 4B	Quesito n. 6B	Quesito n. 8B	Quesito n. 9B	Quesito n. 12B	Quesito n. 14B	Quesito n. 18B	Quesito n. 23B	Quesito n. 33B	Quesito n. 38B	Quesito n. 40B
2	2	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	3	4	3	4	3	4	3	2	1	4	4	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab.6

Presente I scritto	Presente II scritto	Voto I scritto	Voto II scritto	Argomento del secondo scritto (progetto di ricerca)	Eventuale ALT argomento trattato
si	si	95	137	2FF	1AN
si	si	118	149	5ID	
no	no	-	-		
no	no	-	-		
si	no	-	-		

Tab.7

Voto pubblic. (max 30)	Voto CV (max 70)	Totale voto titoli	Convoc. all'orale	Voto orale	Voto finale	vince	Struttura di assunzione
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
20	35	55	si	ass			
30	40	70	si	202	444	si	Catania
29	36	65	si	177	389	si	Perugia

Tab.8

2.4.3 Commenti alle tabelle contenenti i dati sui risultati

In entrambi i concorsi, il punteggio massimo attribuibile a ciascun candidato era di 500 punti: 100 per i titoli, 200 per le prove scritte, 200 per la prova orale.

Al punteggio dei titoli contribuivano "CV" e "pubblicazioni presentate" (fino a 50 per il CV e 50 per le pubblicazioni in TH; fino a 70 per il CV e 30 per le pubblicazioni in EXP). Le pubblicazioni da presentare erano fino a 10, per entrambi i concorsi. Sono stati valutati i titoli dei soli candidati che hanno sostenuto entrambe le prove scritte.

Il punteggio massimo in ciascuna prova scritta era 200, con soglia a 140 in entrambe le prove per l'ammissione alla prova orale e punteggio finale delle prove scritte ottenuto mediando tra le due prove.

La prima prova scritta del concorso TH richiedeva ai candidati di elaborare uno schema di progetto di ricerca su un argomento specifico di fisica teorica di interesse per l'INFN. Gli argomenti prescelti dai candidati nello svolgimento di tale prova sono stati (arbitrariamente, e con inevitabili ambiguità di attribuzione) divisi nelle stesse 11 categorie precedentemente utilizzate per classificare il campo di ricerca.

La seconda prova scritta del concorso TH richiedeva ai candidati di rispondere solo a 3 quesiti, a scelta, nella lista di 16 quesiti riportata nell'Appendice A.

La prima prova scritta del concorso EXP richiedeva ai candidati di rispondere a 20 domande elencate in una Lista A e al massimo ad altre 20 domande a scelta fra le 40 elencate in una Lista B. Entrambe le liste sono riportate nell'Appendice B.

Nelle tabelle sono state selezionate 12 domande rappresentative tra quelle della Lista A e 13 domande rappresentative tra quelle della Lista B. Per ciascuna di queste sono stati indicati 5 valori: 0 (domanda non considerata dal candidato), 1 (risposta gravemente incompleta o errata), 2 (abbozzo di risposta corretta), 3 (risposta abbastanza buona), 4 (risposta buona o molto buona). Va sottolineato che questi valori non sono assolutamente "voti parziali", collegabili al voto finale attribuito allo scritto, ma solo un modo arbitrario di categorizzare le risposte per alcune statistiche qualitative.

La seconda prova scritta del concorso EXP richiedeva di illustrare un'attività di ricerca in fisica sperimentale di interesse per l'INFN, seguendo una traccia suggerita. Gli argomenti prescelti dai candidati nello svolgimento di tale prova sono stati (arbitrariamente, e con inevitabili ambiguità di attribuzione) divisi in 18 categorie, in questo caso leggermente diverse da quelle precedentemente utilizzate per classificare i temi di ricerca dei candidati desunti dal CV:

1AN: Grandi esperim. ai grandi acceleratori /analisi dati

1DE: Grandi esperim. ai grandi acceleratori /rivelatori

1DA: Grandi esperim. ai grandi acceleratori /DAQ/trigger/computing

1MP: Esperimenti agli acceleratori medio-piccoli

2NU: Neutrino (incl. n-less doppio beta decay e Km3net)

2RC: Raggi cosmici

2DA: Materia/energia oscura

2OG: Onde gravitazionali

2FF: Esperimenti di "fisica fondamentale"

3SN: Struttura nucleare (include SPES)

3EI: Reazioni nucleari a energie intermedie

3AS: Astrofisica nucleare

5DE: Sviluppi strumentali di nuovi rivelatori

5EC: Sviluppi strumentali di elettronica/calcolo/trigger

5AC: Sviluppi strumentali acceleratori/Nuove tecniche di accelerazione

5ID: Ricerca e applicazioni interdisciplinari

ALT: Altro

NON: tema in bianco

Va precisato che le prime tre sigle (1AN, 1DE, 1DA) includono anche l'esperimento ALICE a LHC, pur se nelle commissioni scientifiche dell'INFN esso fa riferimento alla III Commissione Scientifica Nazionale.

L'eventuale altro argomento trattato è stato incluso se con peso pari almeno al 20%.

Nell'indicare la struttura di assunzione dei vincitori, ci si è basati sulla situazione al 31 dicembre 2017.

3. Analisi dei dati

3.1 Success rate e anagrafica

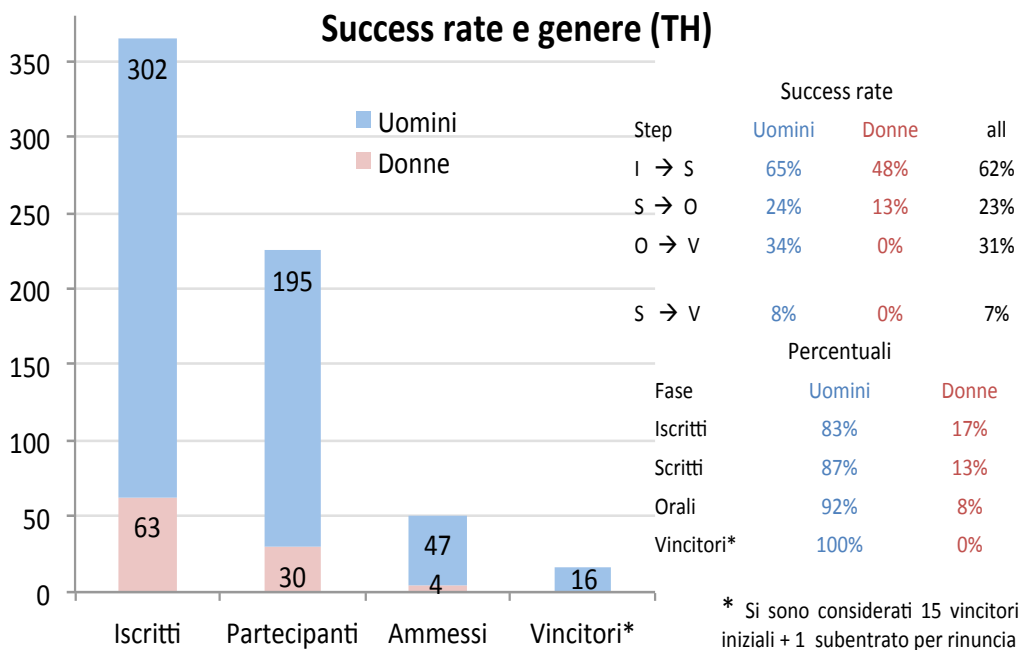


Fig.1

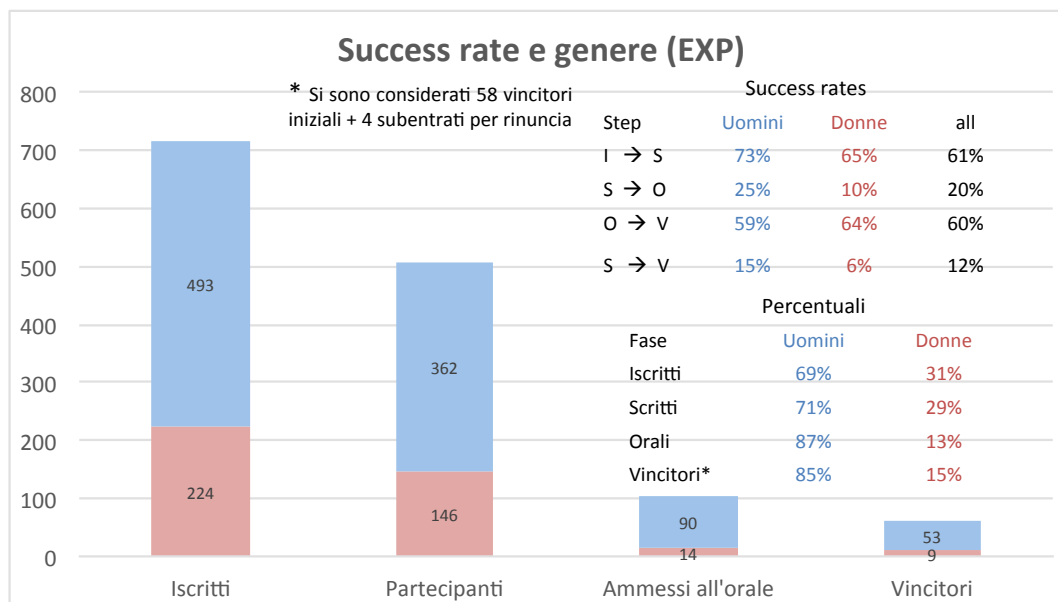


Fig.2

Le Fig.1-3 mostrano le numerosità dei candidati nelle quattro fasi del concorso: iscritti al concorso, partecipanti che hanno sostenuto entrambe le prove scritte, ammessi all'orale, vincitori. Sono visibili i dati scorporati per concorso (TH in Fig.1, EXP in Fig.2, TH+EXP in Fig.3) e per genere (U=celeste, D=rosa). Qui e nel seguito, contrassegnati spesso da un asterisco, vengono considerati vincitori sia quelli iniziali che quelli subentrati per rinuncia.

Il 68% degli iscritti si sono presentati alle prove scritte, con una riduzione più significativa per le donne (61%) che per gli uomini (70%). L'effetto è più accentuato nel concorso TH che in quello EXP.

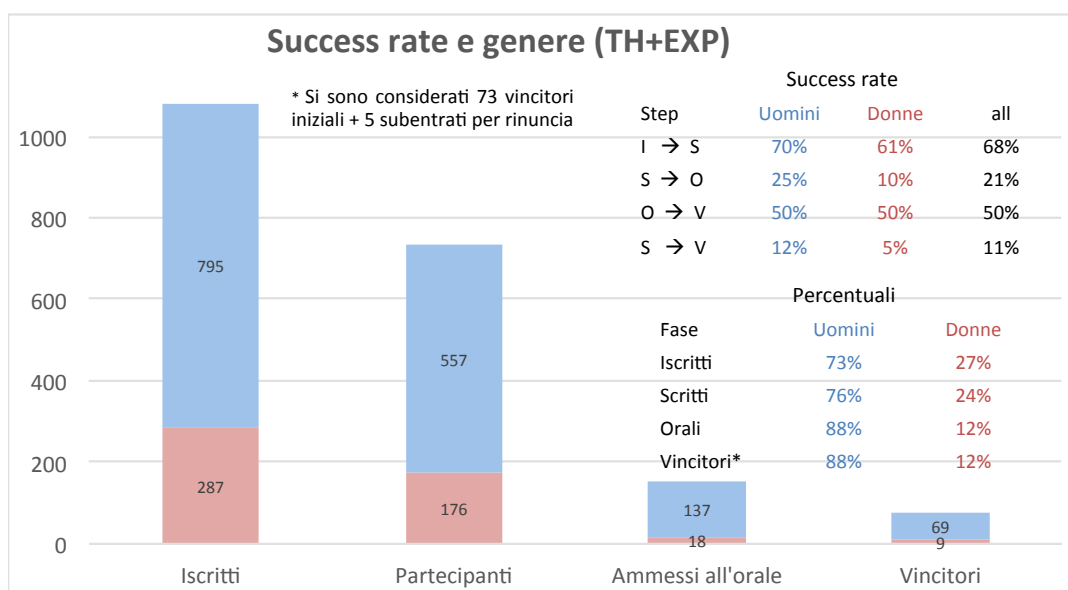


Fig.3

Le prove scritte sono state la fase più selettiva del concorso, con una SR del 21%, fortemente differenziata tra donne (10%) e uomini (25%) in entrambi i concorsi, con effetto massimo nella prima prova (quesiti) del concorso EXP.

Alle prove orali la SR è stata globalmente sui due concorsi del 50%, senza differenziazione tra donne e uomini, ma con una forte differenza tra i due concorsi: nessuna donna vincitrice nel concorso TH (con sole 4 donne ammesse all'orale), SR delle donne (64%) superiore a quella degli uomini (59%) agli orali del concorso EXP.

La SR globale, definita come rapporto tra i vincitori ed i partecipanti alle prove scritte, è stata dell'11% (5% per le donne e 12% per gli uomini, dominata dagli effetti delle prove scritte). Da notare come le donne siano il 24% dei partecipanti alle prove scritte ma il 12% dei vincitori. La SR globale del concorso EXP (12%) è stata significativamente maggiore di quella del concorso TH (7%).

Le Fig.4 e 5 mostrano le votazioni medie conseguite su CV, pubblicazioni, titoli, I prova scritta, II prova scritta e prova orale, scorporate per genere e per concorso. Per ciascun punto è graficato anche l'errore sulla media, calcolato come lo scarto quadratico medio diviso per la radice del numero di conteggi.

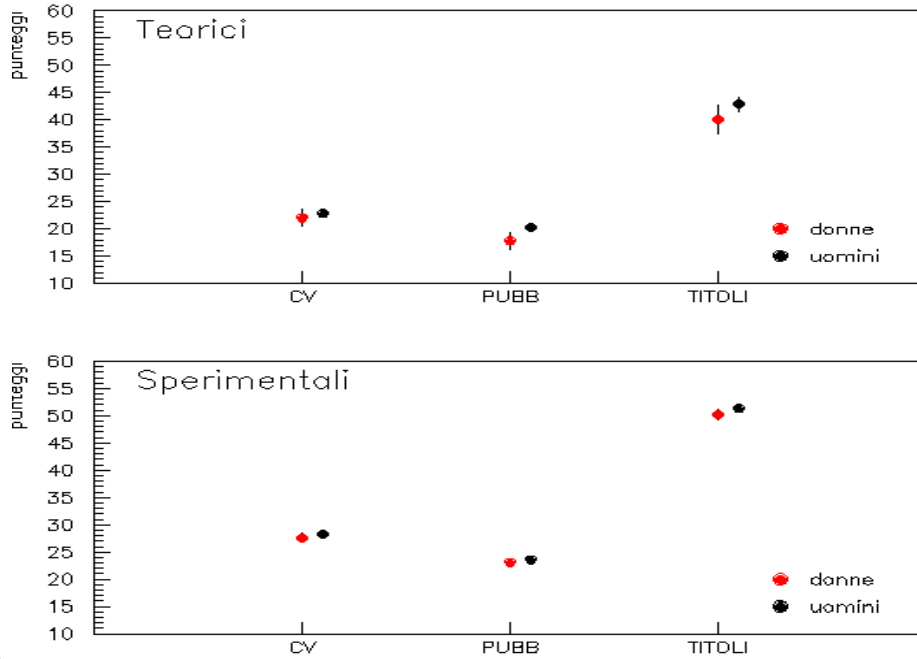


Fig.4

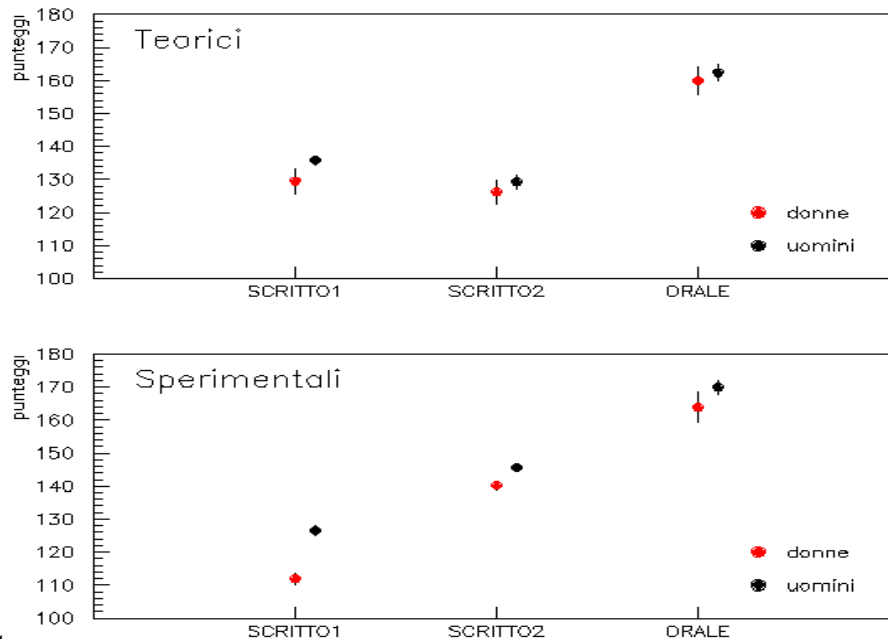


Fig.5

Risulta evidente la votazione media inferiore delle donne rispetto agli uomini negli scritti del concorso EXP, soprattutto il primo. In tutti gli altri casi le differenze donne-uomini non sono

statisticamente significative, anche se in nessun caso il valor medio “donne” sovra-fluttua sopra quello “uomini”.

Per l’analisi delle distribuzioni nell’età anagrafica si è usata la definizione operativa età=2016-(anno nascita).

Le Fig.6-9 mostrano le distribuzioni in età nelle fasi più significative dei due concorsi.

Va ricordato che i bandi recepiscono l’indicazione del decreto-legge volta a consentire la partecipazione dei ricercatori giovani (fino a cinque anni di esperienza post-dottorato) senza handicap nella valutazione rispetto ai ricercatori più esperti.

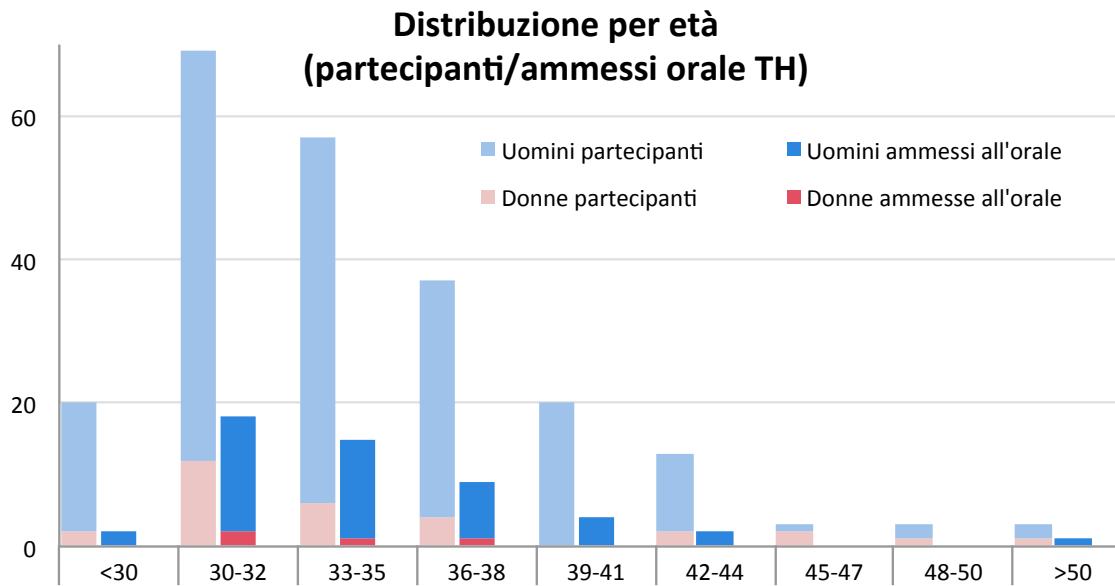


Fig.6

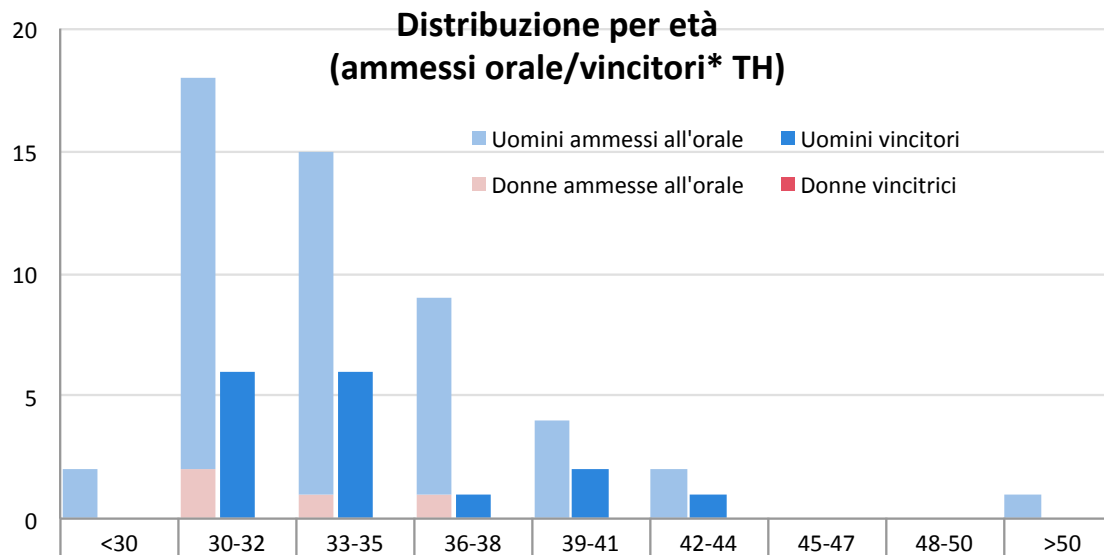


Fig.7

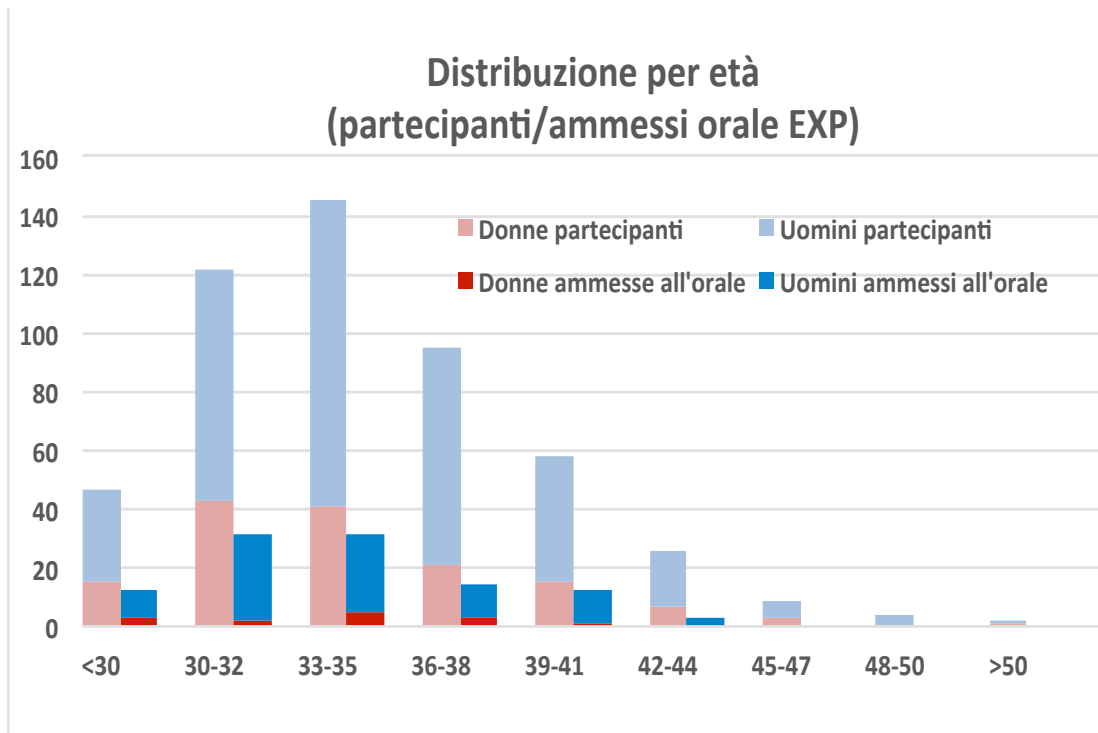


Fig.8

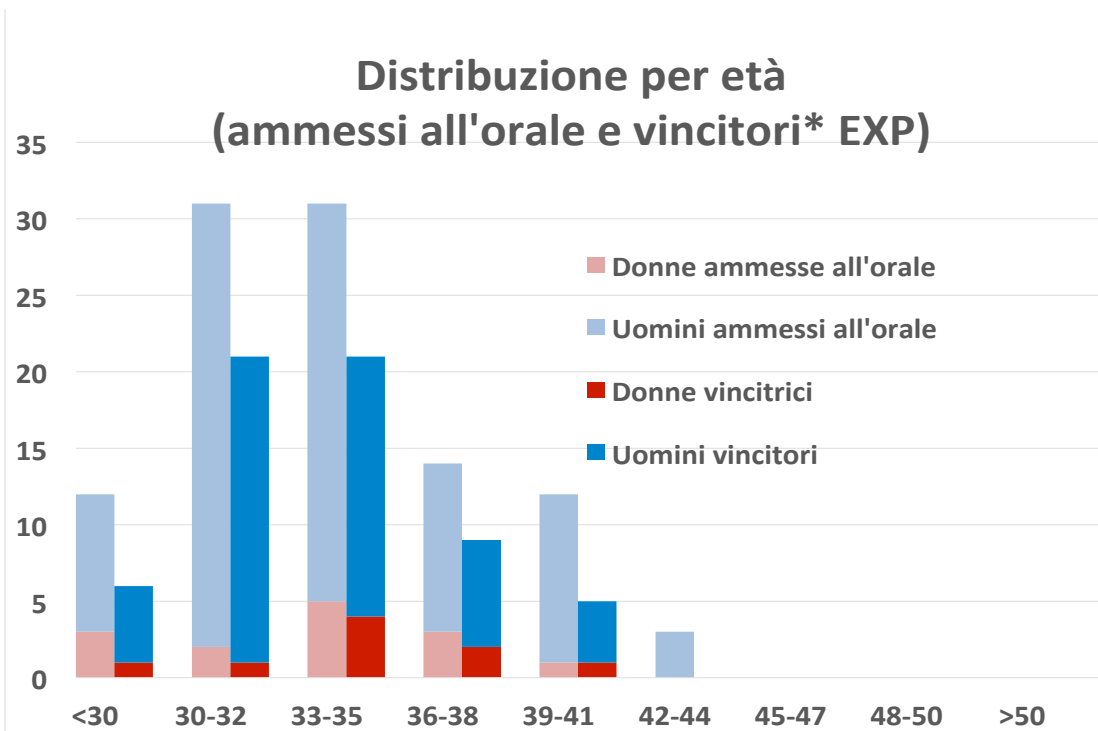


Fig.9

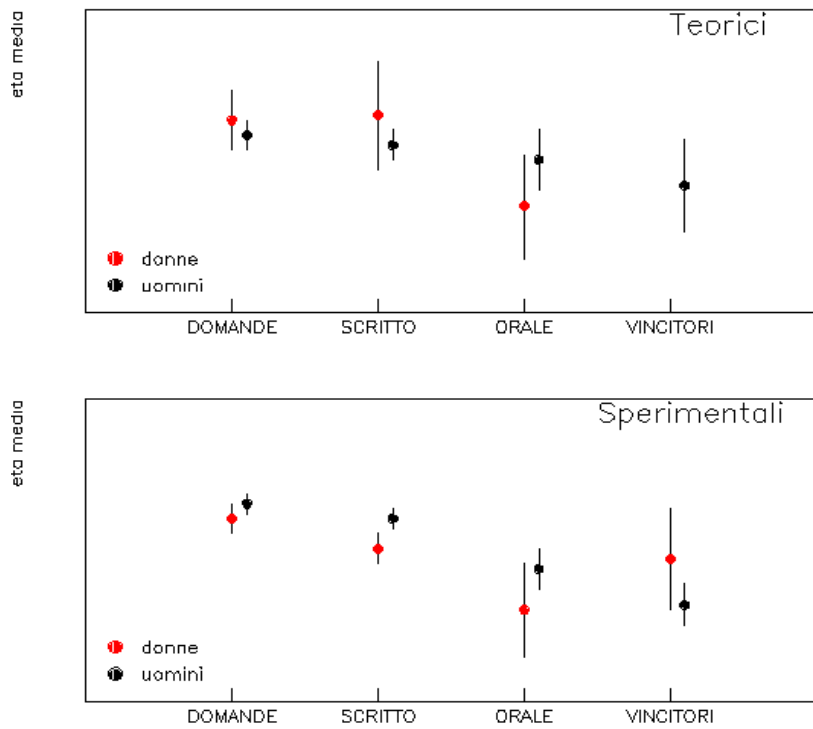


Fig.10

L'età media nelle quattro diverse fasi del concorso (iscritti, partecipanti ad entrambe le prove scritte, ammessi all'orale e vincitori), distinguendo per tipo di concorso e per genere, è riportata nella Fig.10, con le barre di errore calcolate come nelle Fig.4 e 5.

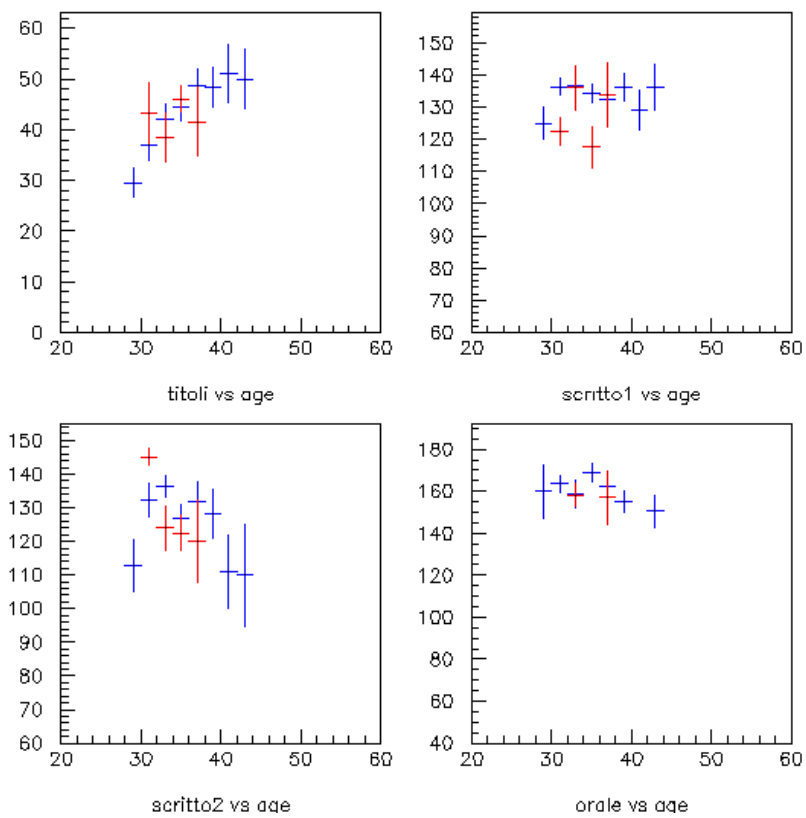


Fig.11

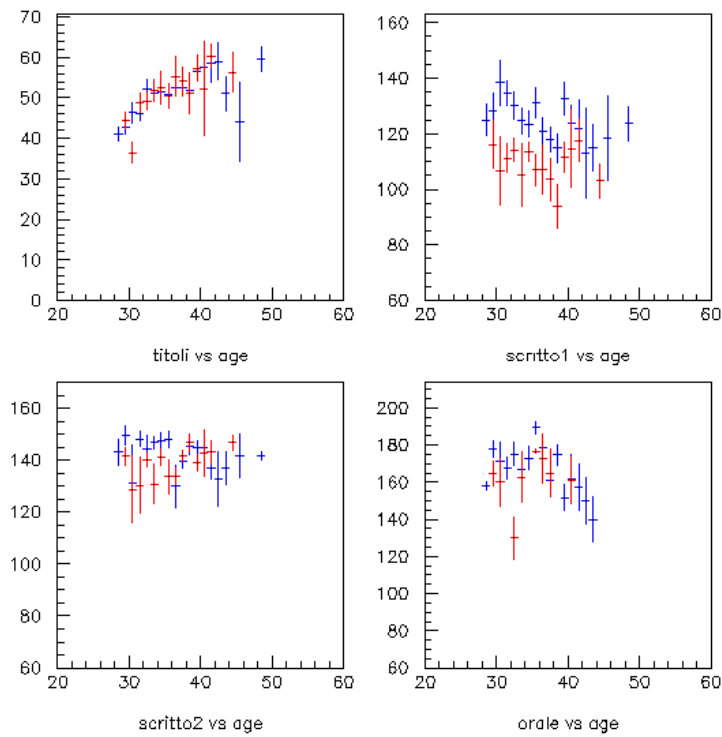


Fig.12

Le Fig.11 e 12 danno invece la distribuzione dei voti medi (titoli, I scritto, II scritto, orale) in funzione dell'età, distinguendo per genere (rosso=donne, blu=uomini) e per concorso (TH in Fig.11, EXP in Fig.12). La distribuzione dei voti in funzione del numero dei figli è data invece nelle Fig, 13 e 14, distinguendo anche in questo caso per genere (rosso=donne, blu=uomini) e per concorso (TH in Fig.13, EXP in Fig.14). Le barre di errore sono calcolate come in precedenza, negli intervalli con meno di tre conteggi le medie non sono calcolate e non viene graficato nulla.

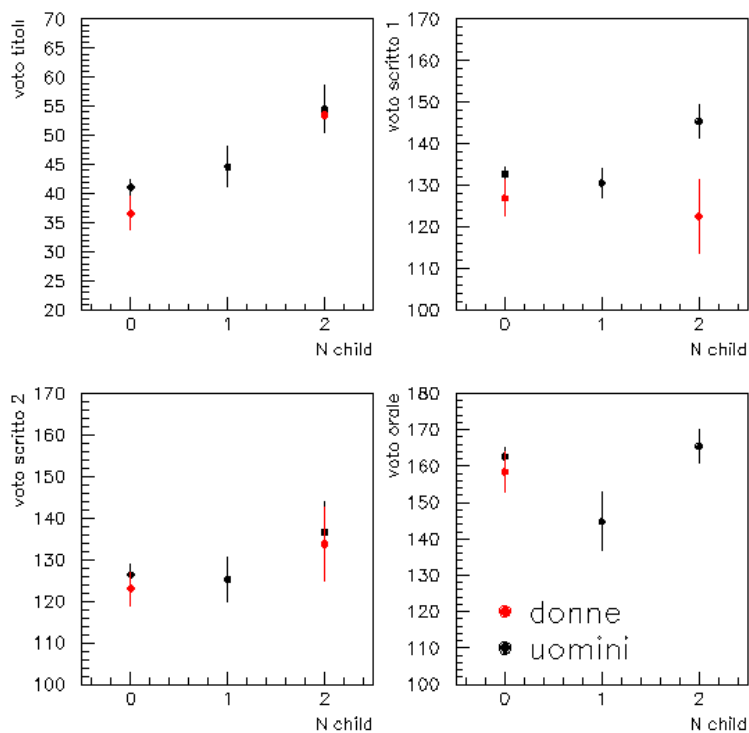


Fig.13

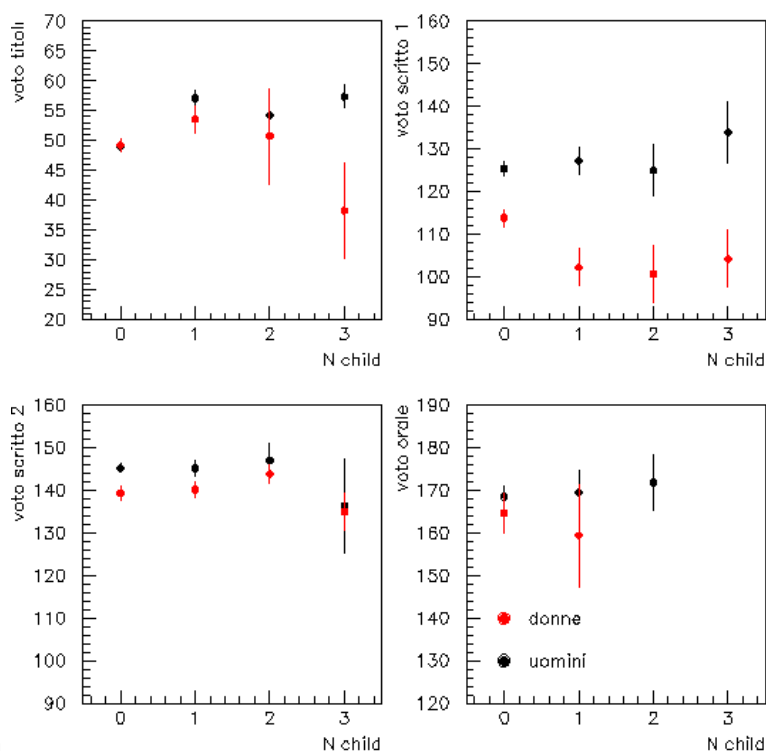


Fig.14

Il concorso TH non sembra aver selezionato significativamente età ed anzianità. Il concorso EXP ha ammesso all'orale un insieme significativamente più giovane. Lo stesso effetto non si vede in funzione dell'anzianità di PhD. Complessivamente, la distribuzione di età dei vincitori sembra essere in linea con quanto ci si poteva aspettare dalle indicazioni del decreto-legge e dai criteri di valutazione dei bandi.

Negli scritti con quesiti, sembra esserci un trend negativo dei voti al crescere dell'età. Questo effetto non si ritrova in funzione dell'anzianità di PhD o di laurea (ad ogni anzianità media contribuiscono età diverse che diluiscono l'effetto).

In generale sembrerebbe che i figli siano quasi premiati per gli uomini e penalizzanti per le donne, sia nei titoli che nelle prove con quesiti, che presumibilmente richiedevano maggiore studio.

Anni TD>0	Concorso TH	Concorso EXP
domande	8 (2%)	101 (14%)
anche Ass.Ric.	8	91
anche estero	3	24
partecipanti	4	84
ammessi orale	0	21
vincitori	0	14

Tab.9

Come illustrato in tabella, tra i partecipanti al concorso TH, solo una piccola minoranza ha avuto in precedenza contratti di ricercatore o di tecnologo a Tempo Determinato (TD); la

frazione è invece più significativa tra i partecipanti al concorso EXP. La gran parte di questi ha anche fruito di assegni di ricerca, molti di meno hanno invece avuto contratti all'estero.

Nel concorso EXP, la SR del sottocampione con contratti a TD, definita come rapporto tra vincitori e partecipanti agli scritti, è risultata essere globalmente del 17(±4)%, da confrontare con la SR dell'11(±1.5)% del sottocampione senza alcun contratto a TD.

3.2: Internazionalizzazione

Le Fig.15-16 mostrano la distribuzione per nazionalità e per residenza di lavoro (nell'ordine, distinguendo tra IT=Italia e non-IT=estero) della popolazione delle quattro diverse fasi del concorso (iscritti, partecipanti ad entrambe le prove scritte, ammessi all'orale e vincitori), separatamente per i concorsi TH ed EXP.

Le Fig.17-18 mostrano invece il numero medio di anni di esperienza post-dottorato (TD INFN escluso) con affiliazione in Italia o all'estero, separatamente per i due concorsi TH ed EXP.

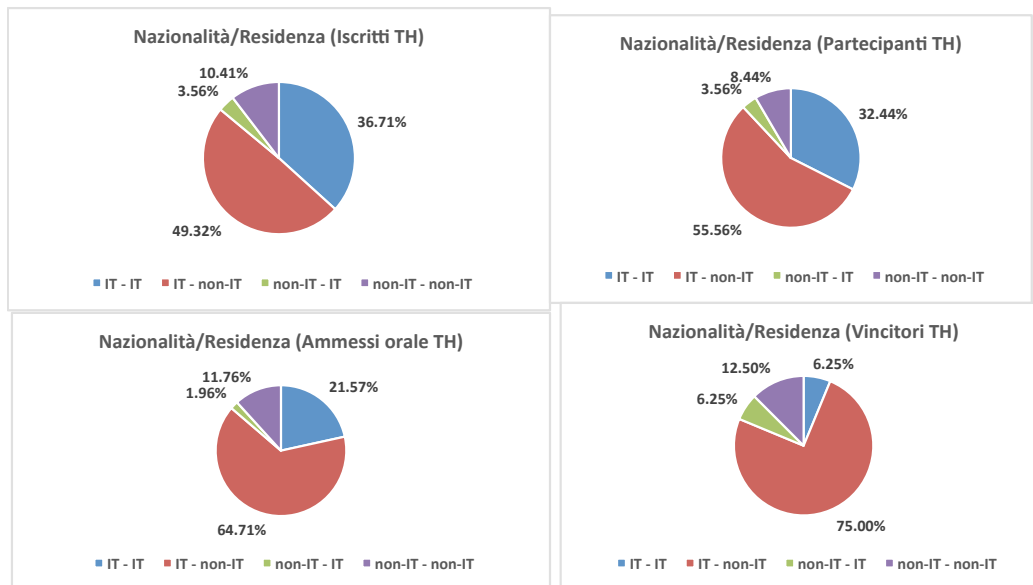


Fig.15

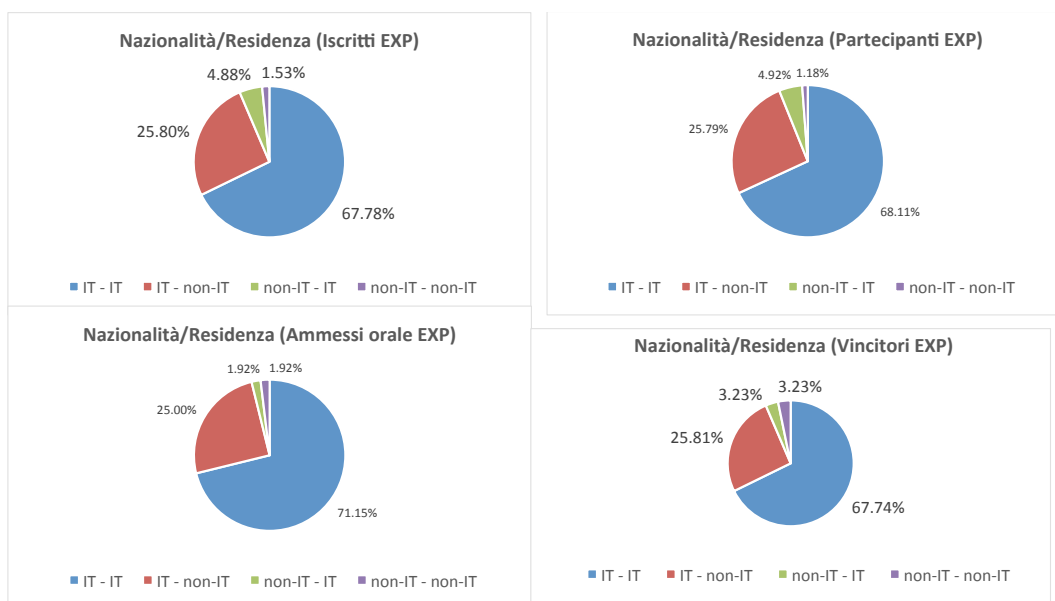


Fig.16

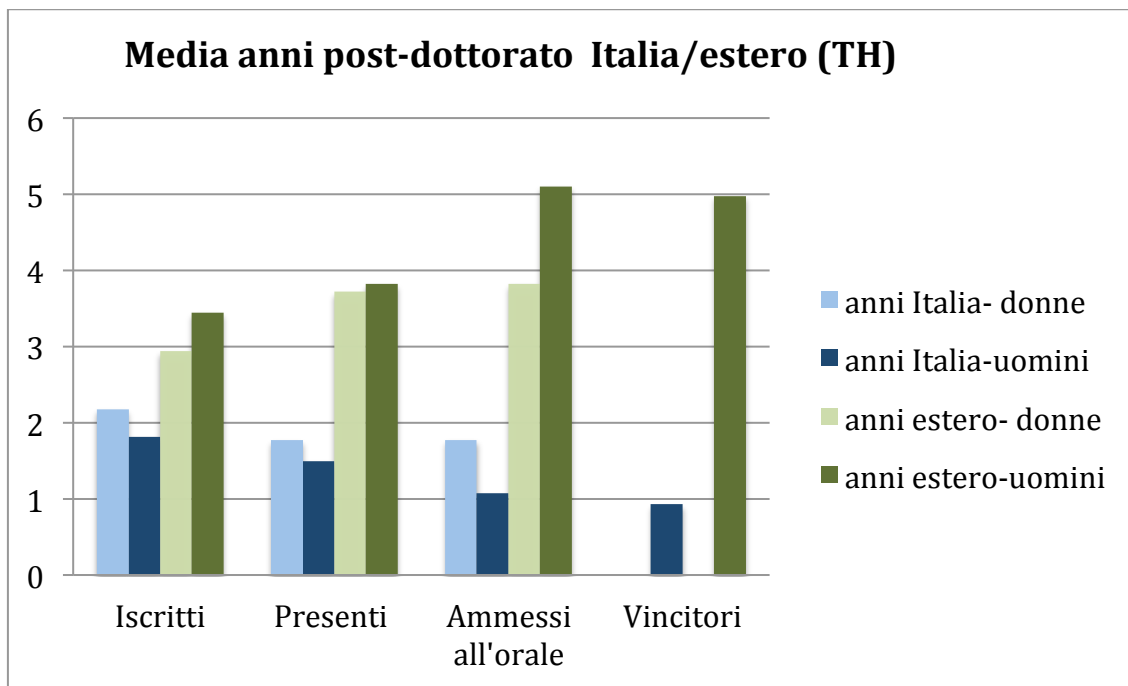


Fig.17

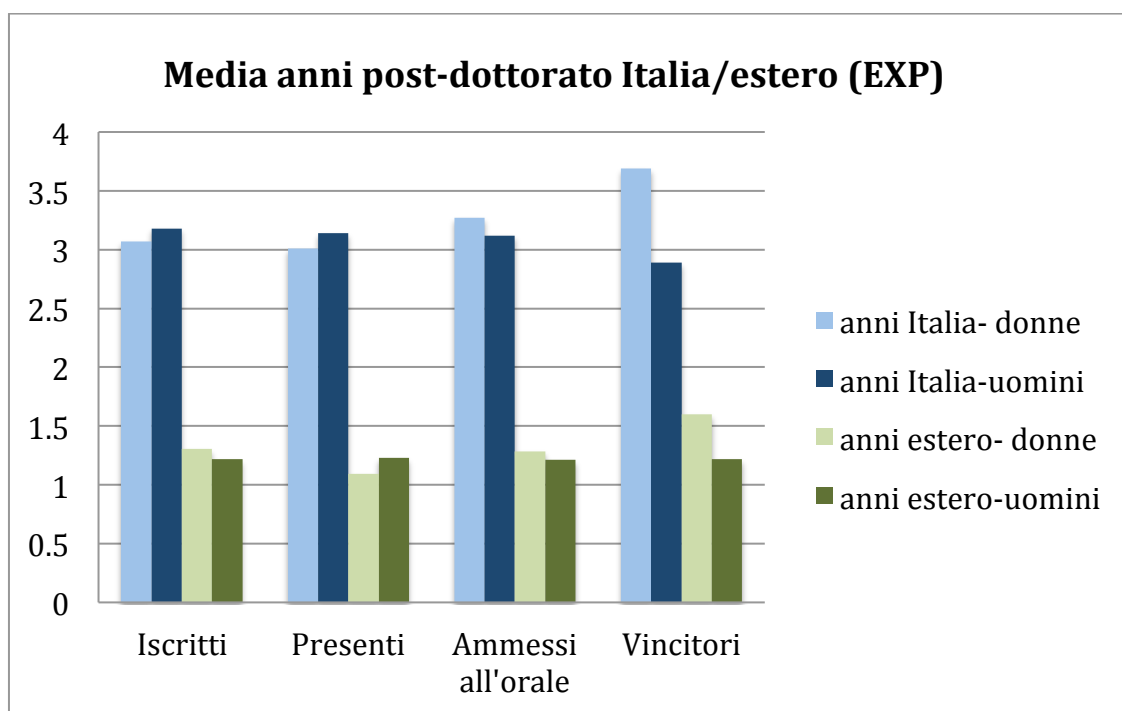


Fig.18

Nel caso del concorso TH, emerge una chiara correlazione tra successo nelle varie fasi del concorso e frazione degli anni di esperienza post-doctoral spesa all'estero. Tale correlazione è invece completamente assente nel caso del concorso EXP. Va però tenuto presente che per i fisici sperimentali è frequente l'affiliazione ad una istituzione italiana con una frazione importante dell'attività di ricerca compiuta comunque in missione presso laboratori esteri.

3.3: Sede di laurea, di dottorato e di presa di servizio

La distribuzione di iscritti, partecipanti agli scritti, ammessi all'orale e vincitori secondo la sede di laurea e di dottorato fornisce indicazioni sulla produzione di aspiranti ricercatori

nelle aree di interesse per l'INFN da parte delle diverse università italiane ed estere e sulla loro preparazione ai fini dei concorsi in esame: questi dati sono riassunti nelle Fig.19-25.

**Distribuzione per sede di laurea
(partecipanti/ ammessi orale TH)**

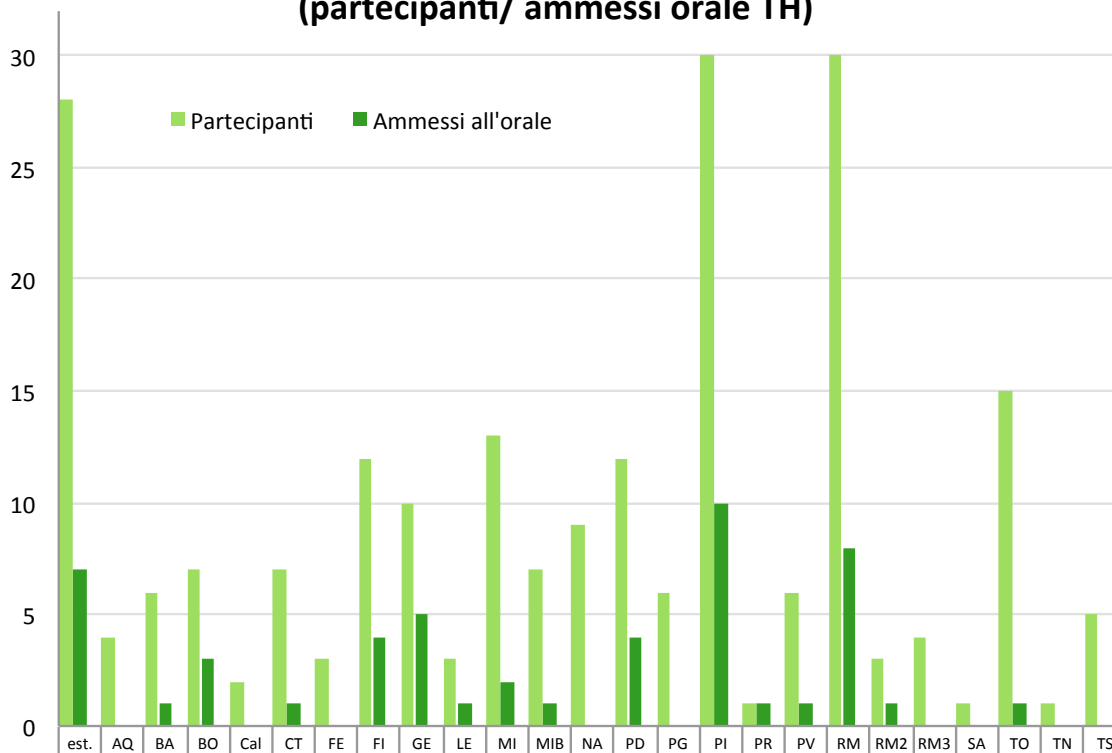


Fig.19

**Distribuzione per sede di laurea
(ammessi orale/vincitori* TH)**

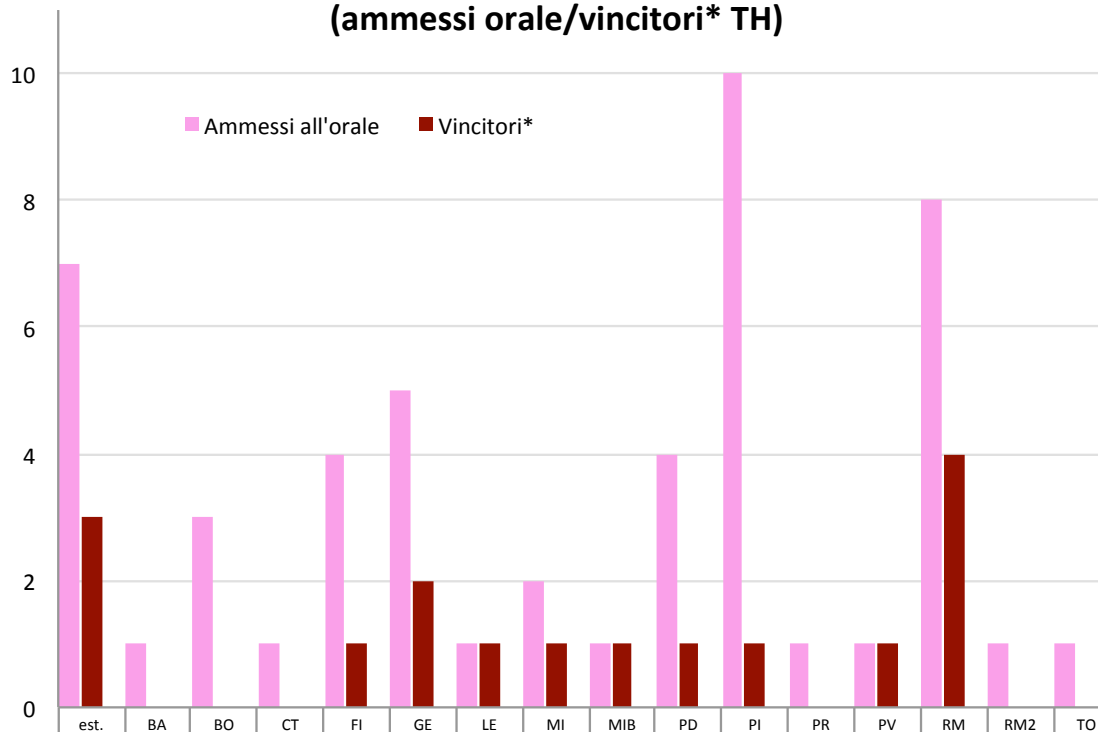


Fig.20

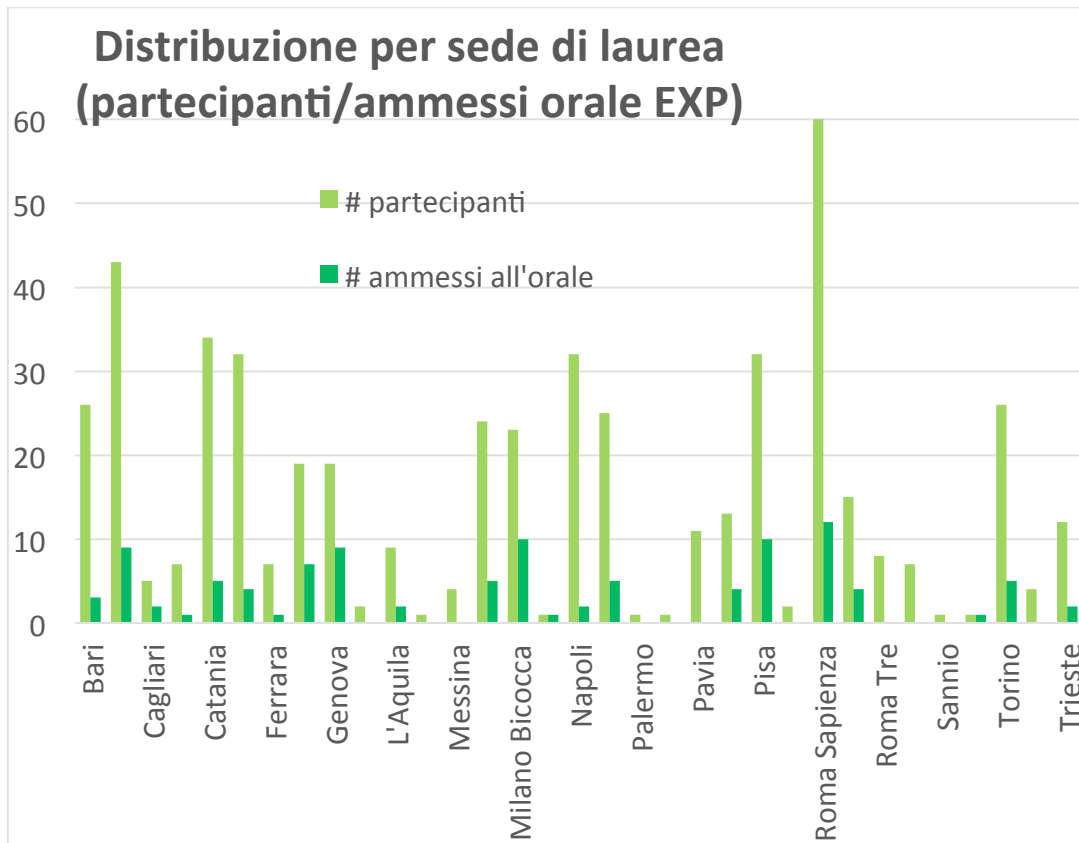


Fig.21

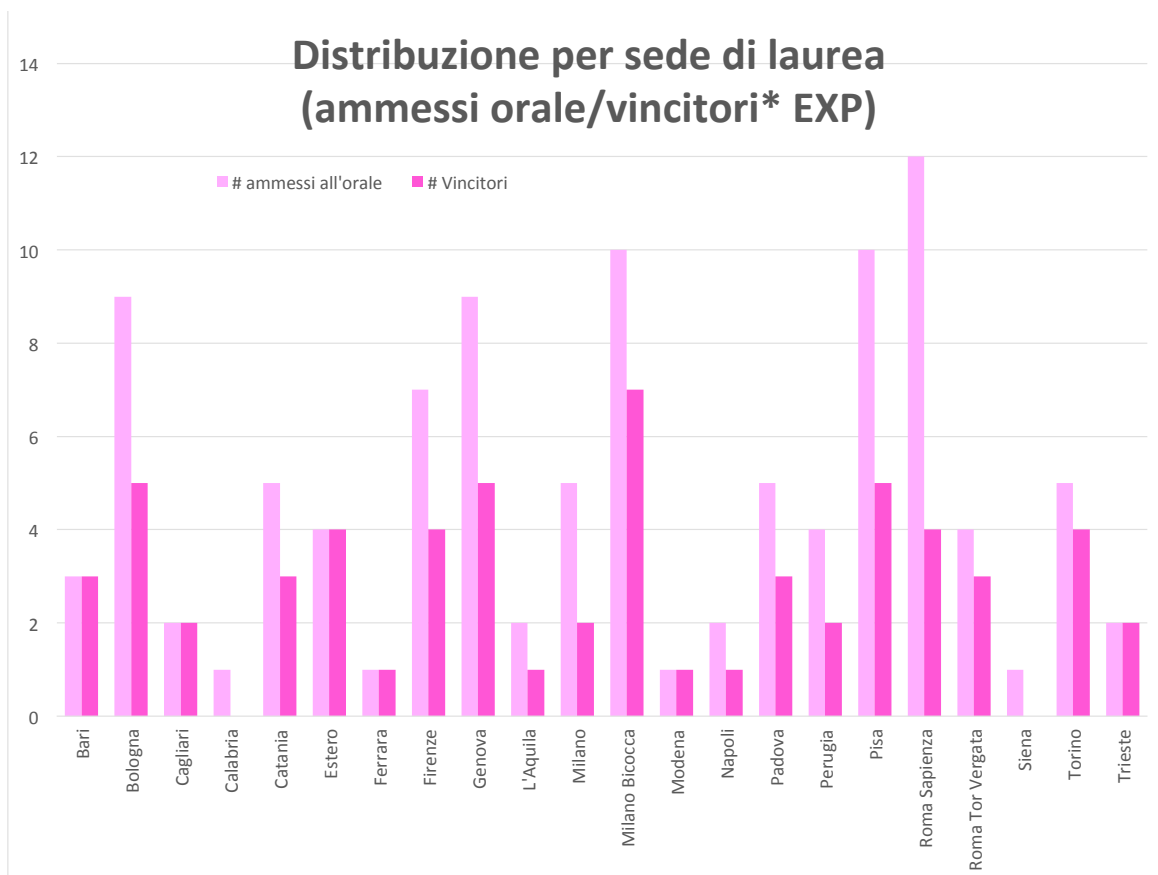


Fig.22

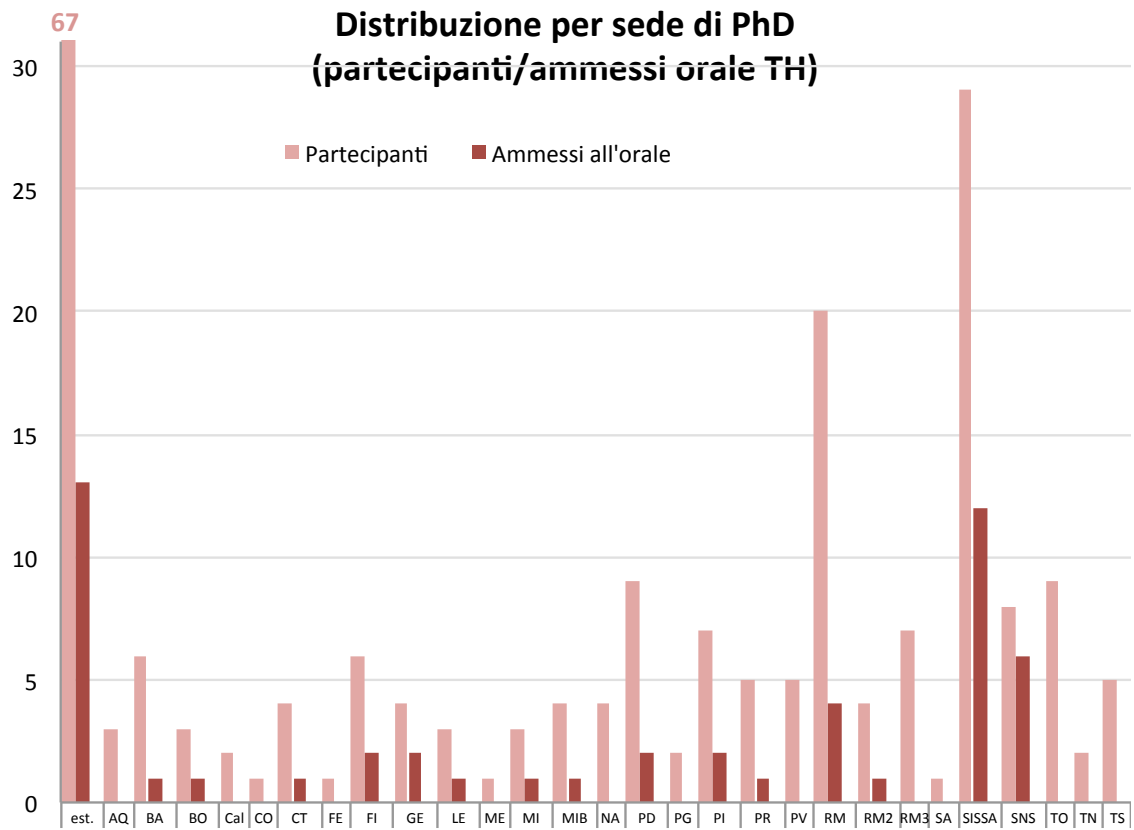


Fig.23

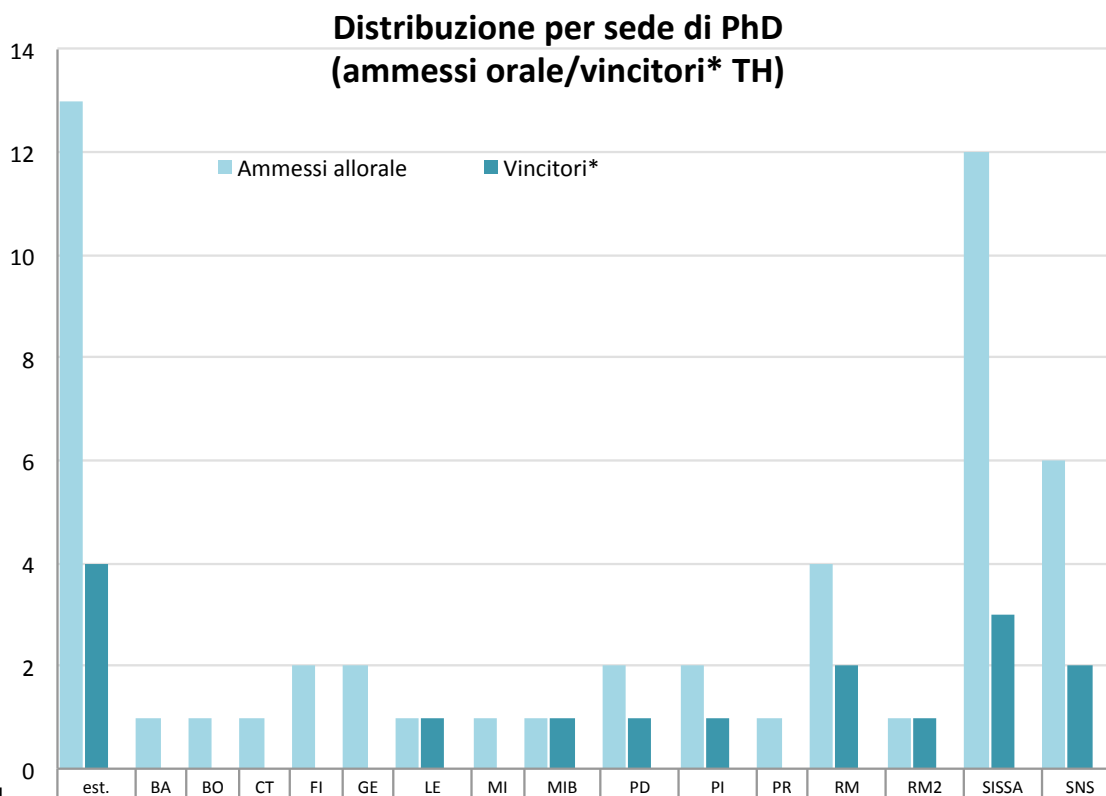


Fig.24

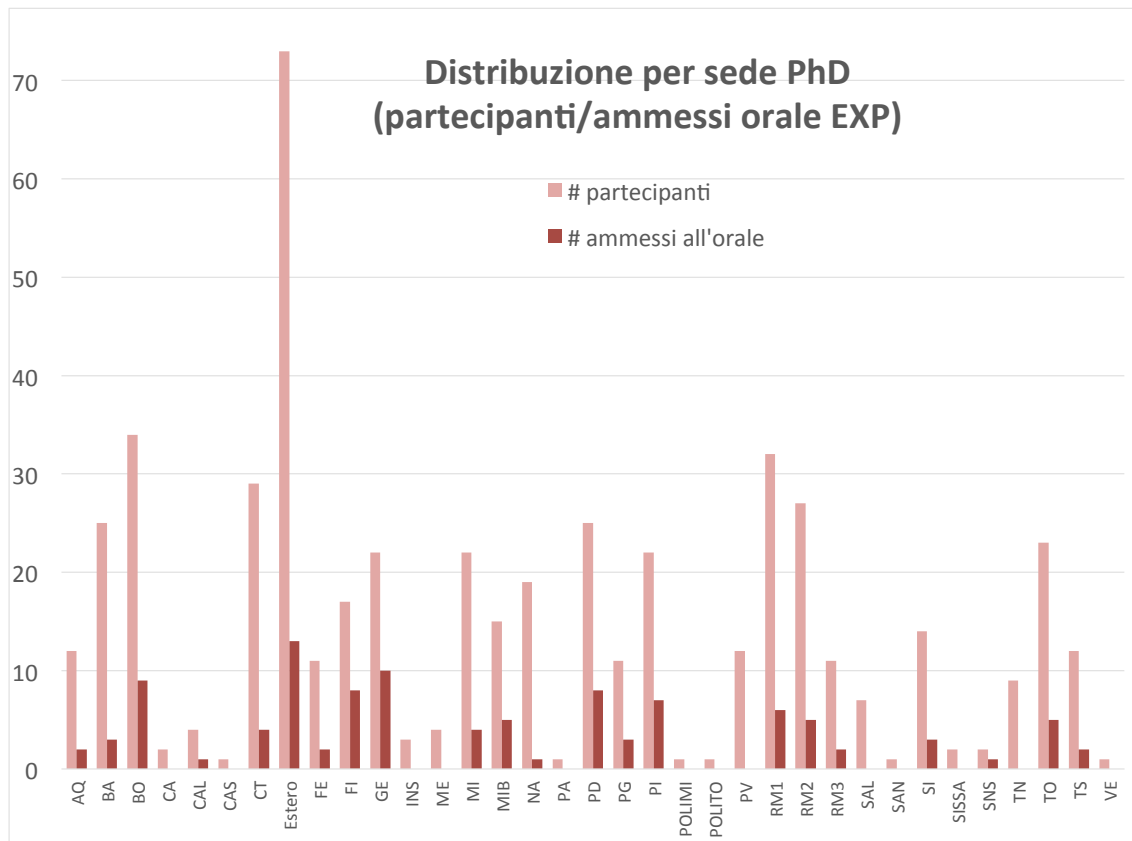


Fig.25

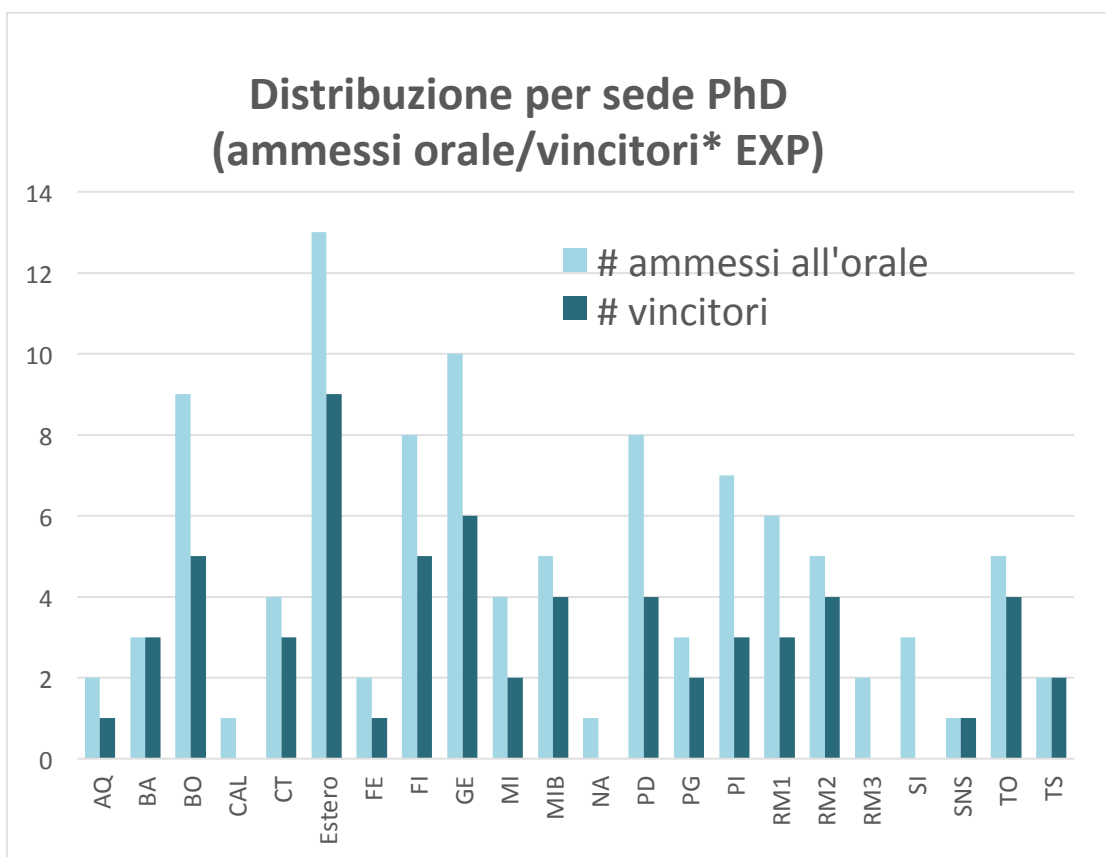


Fig.26

La distribuzione dei vincitori per sede di presa di servizio (effettiva o indicata prima della rinuncia) è riassunta nella Fig.27, dove i vincitori del concorso TH sono indicati in giallo e quelli del concorso EXP in verde. Dei cinque vincitori che hanno rinunciato, uno non ha mai

indicato la possibile sede per la presa di servizio, quattro invece lo hanno fatto prima di rinunciare.

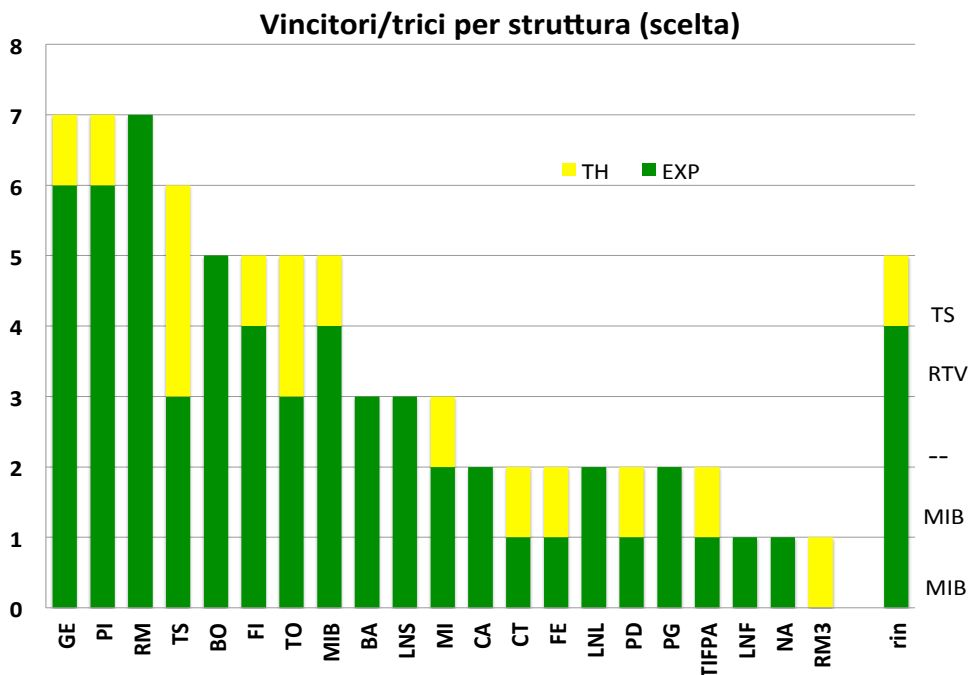


Fig.27

3.4: Quesiti delle prove scritte

Le percentuali dei quesiti scelti dai candidati nella seconda prova scritta del concorso TH sono indicate nella Fig.28. Le percentuali non assommano al 100% perché i 225 candidati che hanno sostenuto la prova non hanno risposto ciascuno a tre quesiti, ma in totale a soli $655 < 225 \times 3 = 675$ quesiti, omettendo cioè un totale di 20 quesiti.

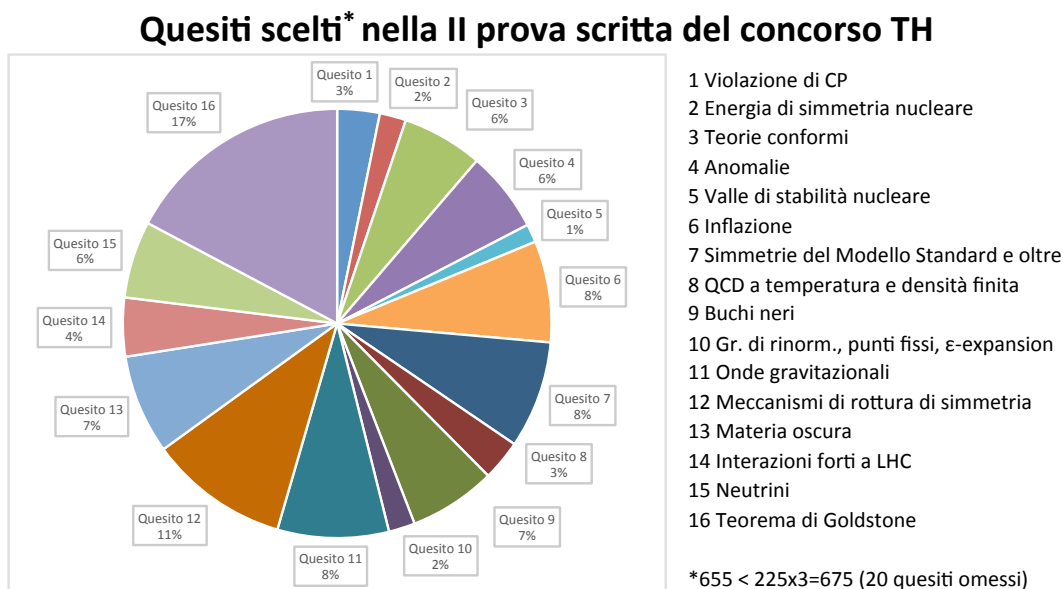


Fig.28

Le Fig.29 e 30 riportano invece il comportamento dei candidati nei confronti delle 12 domande di tipo A e delle 13 domande di tipo B selezionate come rappresentative, con il seguente codice dei colori: grigio chiaro per le risposte in bianco, rosso per le risposte

gravemente incomplete o errate, rosa per risposte appena abbozzate, verde chiaro per le risposte abbastanza buone, verde intenso per le risposte buone e molto buone. La formulazione completa dei quesiti è riportata nelle Appendici A e B per i concorsi TH ed EXP, rispettivamente.

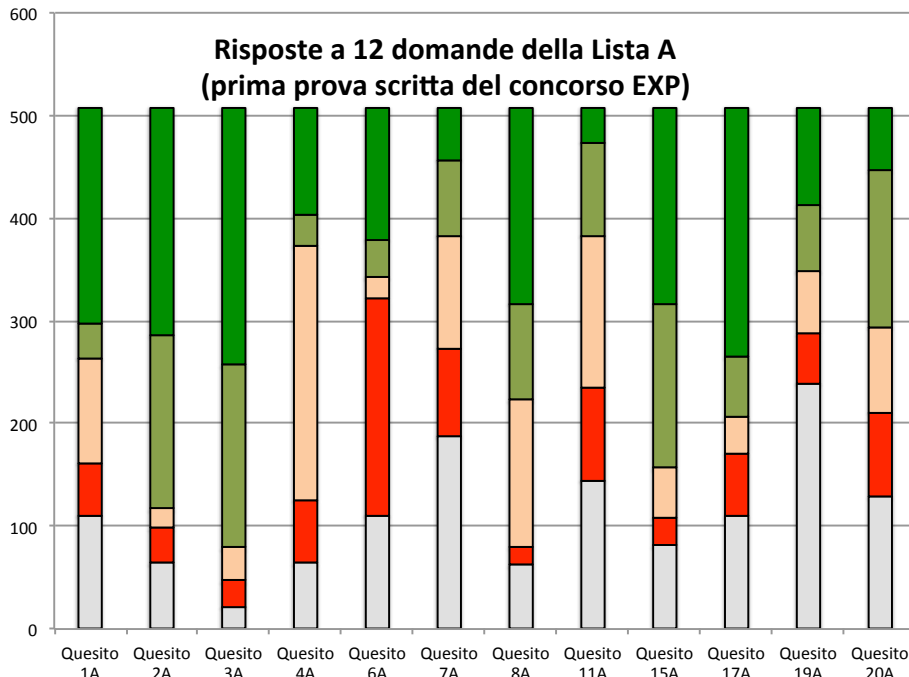


Fig.29

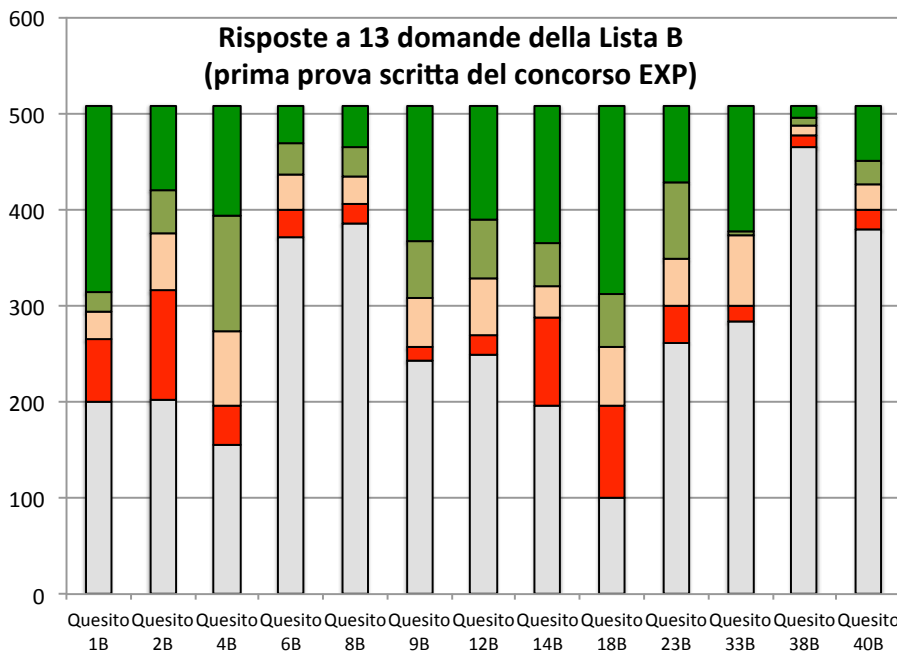


Fig.30

Da segnalare la buona performance dei candidati nei quesiti 2A (perdita di energia di un elettrone in un mezzo e lunghezza di radiazione), 3A (ruolo dei quadrupoli negli acceleratori di particelle) e 15A (modello a quark), invece motivo di riflessione l'alta percentuale di errori nel quesito 6A (probabilità e distribuzione gaussiana) e la scarsa popolarità, contrariamente alle aspettative, dei quesiti 6B (quark top) e 8B (triangolo di unitarietà).

Appendice A: i 16 quesiti del concorso TH

1. Violazione di CP

Descrivere i meccanismi di violazione di CP nel Modello Standard (SM). Illustrare un processo con violazione di CP oltre lo SM e come potrebbe essere misurata.

2. Energia di simmetria nucleare

Si illustri il ruolo e la rilevanza dell'energia di simmetria nucleare per la struttura nucleare, l'astrofisica delle stelle di neutroni e le collisioni fra ioni pesanti, discutendo l'accuratezza della sua determinazione dalla fenomenologia e dalle teorie a molti corpi.

3. Teorie conformi

Si discutano le proprietà generali delle teorie conformi in due o più dimensioni e si illustrino applicazioni in fisica delle particelle o in meccanica statistica.

4. Anomalie

Si discuta il significato e il ruolo delle anomalie globali e locali in teoria dei campi con particolare riferimento alle teorie di gauge. Si discuta inoltre un meccanismo di cancellazione delle anomalie in teorie di gauge o in modelli di stringa.

5. Valle di stabilità nucleare

Si discuta la valle di stabilità nucleare, con particolare riferimento ai nuclei esotici e all'evoluzione della loro struttura con l'asimmetria.

6. Inflazione

Si discutano le motivazioni del paradigma inflazionario e i vincoli sulla modellistica dalle osservabili cosmologiche.

7. Simmetrie nel Modello Standard e oltre

Si discutano le simmetrie locali e globali del Modello Standard (SM). Si discutano in particolare le simmetrie accidentali. Si descriva infine un processo di fisica oltre lo SM che violi una di queste simmetrie e quali misure potrebbero evidenziarlo, dati gli attuali limiti sperimentali.

8. QCD a temperatura e densità finita

Si illustrino le principali caratteristiche delle diverse fasi di QCD a temperatura e densità finita e se ne discutano i più rilevanti aspetti fenomenologici nell'ambito dei modelli teorici utilizzati.

9. Buchi neri

Si descrivano le principali caratteristiche delle soluzioni di buco nero in relatività generale. Si discuta il ruolo delle soluzioni di buco nero nell'ambito della corrispondenza gauge/gravità.

10. Gruppo di rinormalizzazione, punti fissi e ϵ -expansion

Discutere nell'ambito del gruppo di rinormalizzazione l'approccio di un sistema statistico ai suoi punti fissi e la ϵ -expansion.

11. Onde gravitazionali

Si discutano le implicazioni e le prospettive per la fisica fondamentale, fornendo alcuni esempi espliciti, che la recente scoperta delle onde gravitazionali ha aperto.

12. Meccanismi di rottura di simmetria

Si discutano alcuni meccanismi non-perturbativi di rottura di simmetrie discrete o continue, presentando almeno un esempio esplicito.

13. Materia oscura

Si discuta, nell'ambito della fisica delle particelle, un possibile candidato per la componente di materia oscura dell'Universo, le sue connessioni a scenari oltre il Modello Standard delle interazioni fondamentali e la sua compatibilità con osservabili astrofisiche e cosmologiche.

14. Interazioni forti a LHC

Discutere i processi di QCD a LHC che ritenete più significativi e spiegarne il perché. Illustrare inoltre la relazione tra le quantità misurate a LHC e i test di QCD a energie più basse.

15. Neutrini

Discutere il meccanismo di *see-saw* per la generazione delle masse dei neutrini e le relative implicazioni nella fenomenologia delle particelle o in cosmologia.

16. Teorema di Goldstone

Illustrare gli aspetti fondamentali del teorema di Goldstone e della dinamica ad esso collegato. Discuterne le possibili applicazioni in fisica delle particelle o in meccanica statistica.

Appendice B: i 20 + 40 quesiti del concorso EXP

Lista Domande A

- 1) Come dipende da E/m la potenza emessa da una particella relativistica di energia E e massa m in moto in un'orbita circolare (ad es. in un sincrotrone)? Indicare qualche applicazione o conseguenza rilevante di questa emissione.
- 2) Quanta energia perde in media un elettrone di energia iniziale 1 GeV attraversando uno spessore di materiale pari a una lunghezza di radiazione?
- 3) In un acceleratore di particelle che funzione svolgono i quadrupoli?
- 4) Un muone da 400 GeV/c penetra verticalmente in mare. Tramite quale processo fisico può essere rivelato? Stimare la profondità a cui arriva e decade.
- 5) Uno scintillatore emette 10^4 fotoni/MeV. Calcolare la risoluzione (FWHM) ottenibile per particelle da 4 MeV assumendo un'efficienza di raccolta della luce pari a 1.
- 6) Si osserva che 2500 misure di una grandezza x sono distribuite normalmente. Da questi valori si ottiene $x = 34.00 \pm 0.06$ (68% c.l.). Qual è la probabilità che in una successiva misura si ottenga un valore x maggiore di 37?
- 7) In quale regione di energia si collocano i raggi X caratteristici della serie K degli elementi dall'ossigeno all'uranio?
- 8) Qual è il range di protoni da 60 MeV in un tessuto biologico molle? Qual è il principale vantaggio terapeutico dell'adroterapia oncologica rispetto alla tradizionale radioterapia?
- 9) Un tubo proporzionale cilindrico ha raggio R , raggio del filo r e tensione applicata V_0 . Esprimere il valore del campo elettrico a distanza d dall'asse del tubo.

- 10) Un fascio di mesoni K_L puro attraversa un sottile strato di materiale. Perché in uscita dal materiale si trova nel fascio una componente significativa di K_S ?
- 11) Un nucleo A decade α in un nucleo B con vita media $\tau_A=2$ min. B decade in C con vita media $\tau_B = 5 \cdot 10^3$ s. All'inizio vi sono $N_A = 2.7 \cdot 10^7$ nuclei di tipo A. Calcolare l'attività di B dopo 1.2 s e quella dopo $5 \cdot 10^3$ s.
- 12) Perché il doppio decadimento beta senza neutrini è possibile solo per neutrini di Majorana di massa non nulla?
- 13) Uno stato eccitato del ^{57}Fe decade emettendo un fotone da 14.4 keV ($t_{1/2} = 68$ ns). Si determini la FWHM della distribuzione in energia del fotone.
- 14) Indicare quali fra le seguenti transizioni elettromagnetiche sono permesse in approssimazione di dipolo elettrico (E1) o di dipolo magnetico (M1): $1/2^+ \rightarrow 1/2^-$, $0^+ \rightarrow 0^-$, $3/2^+ \rightarrow 1/2^-$, $2^+ \rightarrow 1^+$, $1^+ \rightarrow 0^+$
- 15) Indicare la composizione in termini di quark e antiquark di valenza per un barione, un mesone, un tetraquark, e un pentaquark.
- 16) In un anello circolare di lunghezza 300 m circola un fascio di anti-protoni di impulso 6 GeV/c e corrente totale 0.16 mA. Il fascio attraversa ad ogni giro un bersaglio gassoso di idrogeno di densità superficiale 10^{14} atomi/cm². Calcolare: a) la frequenza di rivoluzione; b) il numero di anti-protoni; c) la luminosità integrata in 6 min. Se si volesse ottenere la stessa energia nel c.m. in un collisore protone-anti-protone, quale dovrebbe essere l'energia dei fasci?
- 17) Perché un diodo a semiconduttore utilizzato come rivelatore di radiazione viene normalmente polarizzato inversamente?
- 18) La risonanza J/ψ ha massa 3096 MeV e larghezza circa 100 keV. Perché è così stretta?
- 19) I dipoli di LEP permettevano un massimo campo magnetico pari a $B = 0.135$ T e coprivano i 2/3 dell'anello di accumulazione lungo 27 km. Qual era la massima energia raggiungibile dagli elettroni accumulati?
- 20) Si vogliono studiare le proprietà di un sistema con dimensione lineare $d=1$ fm mediante un fascio di elettroni. Si stimi l'energia minima del fascio necessaria.

Lista domande B

- 1) Che tipo di decadimento devono avere i radioisotopi che si usano per marcare le molecole delle sostanze iniettate per fare una diagnostica con PET, e perché?
- 2) L'elicità di un neutrino che viaggia libero dopo essere stato prodotto in un decadimento debole è una costante del moto oppure no? Motivare la risposta.
- 3) Quali sono i due metodi utilizzabili, nell'accelerazione a plasma, per ottenere l'eccitazione delle onde ("wakes")? Quali sono in prospettiva i vantaggi di un acceleratore al plasma rispetto a quelli convenzionali?
- 4) Quali sono le differenze essenziali tra ciclotrone e sincrotrone? Quali fattori limitano la massima energia raggiungibile in ciascuno?
- 5) In collisioni ione-ione di altissima energia come è possibile identificare anti-nuclei leggeri e quale informazione fisica si può ricavare dalla misura della loro massa?
- 6) Indicare almeno un processo fisico di produzione del quark top a Tevatron e a LHC. Come è stato possibile determinare al LEP la massa del top?
- 7) Qual è indicativamente l'attuale limite delle età misurabili col metodo del ^{14}C ? Motivare il perché di tale limite.

- 8) Che cosa è il triangolo di unitarietà e come sono definiti i suoi angoli? Indicare almeno un processo utile a misurare uno degli angoli e/o uno dei lati.
- 9) Quali processi fisici sono dominanti nella produzione di H^0 a LHC e quali canali di decadimento sono più semplici da misurare? Quali aspetti del rivelatore sono cruciali per la misura della massa?
- 10) Quali prospettive aprirebbe la realizzazione di un collisore $\mu^+ \mu^-$ ad alta energia e quali difficoltà tecnologiche devono essere affrontate e risolte per realizzarlo?
- 11) Come è stato possibile determinare il numero di famiglie del Modello Standard studiando la risonanza Z_0 al LEP?
- 12) Indicare almeno due tecniche di rivelazione diretta e indiretta di materia oscura, confrontandone brevemente vantaggi e svantaggi.
- 13) Perché non è possibile il processo $n \rightarrow p e^-$, anche senza invocare il principio di conservazione del numero leptonico?
- 14) Quali processi fra produzione di coppie, effetto Compton e effetto fotoelettrico sono non trascurabili nell'interazione in un rivelatore al Ge dei γ emessi dal ^{60}Co ? Quale processo deve necessariamente avvenire per misurarne l'energia totale?
- 15) Cosa inibisce il processo di fusione fra nuclei e lo rende difficile da utilizzare per la produzione di energia? Perché invece questo processo accade nelle stelle?
- 16) Perché i rivelatori al Ge, al contrario di quelli al Si, devono essere necessariamente raffreddati?
- 17) Indicare quale dei tre principali processi di interazione (assorbimento fotoelettrico, scattering Compton, produzione di coppie) dei fotoni nella materia è dominante in ciascuna delle seguenti situazioni: a) fotoni da 1 MeV in alluminio; b) fotoni da 100 keV in idrogeno; c) fotoni da 100 keV in ferro; d) fotoni da 10 MeV in carbonio; e) fotoni da 10 MeV in piombo.
- 18) Un protone e un elettrone, entrambi di energia totale 2 GeV, attraversano due scintillatori posti a 30 m di distanza. Qual è il tempo di volo delle due particelle?
- 19) Un calorimetro elettromagnetico è in grado di separare due sciami indotti da fotoni di alta energia quando l'angolo di apertura fra le direzioni dei γ è superiore a 5° . Il calorimetro è usato per rivelare π_0 . Qual è la massima energia alla quale un π_0 viene sempre riconosciuto?
- 20) Un fascio di ν_μ da 30 GeV entra in Ar liquido. Per una frazione degli eventi si osserva la traccia di un μ^- lunga vari metri dal vertice di interazione, mentre per una frazione più piccola di eventi le tracce sono tutte contenute in un volume ridotto. Perché? Quali processi fisici distinguono le due classi di eventi?
- 21) Si considerino i seguenti decadimenti leptonici dei mesoni B: $B^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$, $B^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$. Si dica se, con considerazioni basate sulle proprietà delle interazioni deboli, ci si aspetta che i processi abbiano rate di decadimento confrontabili, o se uno dei due sia molto soppresso rispetto all'altro e in tal caso indicare quale.
- 22) In una camera a drift è presente un campo magnetico di 0.8 T. Un fotone converte in una coppia e^+e^- e si osservano due tracce con raggio di curvatura 20 cm, inizialmente parallele. Calcolare l'energia del fotone.
- 23) Ricordando che la costante di Boltzmann è $8.6 \cdot 10^5 \text{ eV K}^{-1}$, si stimi la lunghezza d'onda tipica di un fotone della radiazione cosmica di fondo e si dica a che parte dello spettro elettromagnetico corrisponde.
- 24) Il processo partonico $b \rightarrow s \gamma$ è rappresentabile da un diagramma di Feynman ad albero nel Modello Standard delle interazioni fondamentali?
- 25) Qual è l'energia massima che possono avere particelle α ottenute da un acceleratore Tandem da 5 MV di tensione massima di terminale, e perché?

- 26) I pixel di un rivelatore di vertice di silicio hanno dimensioni $100 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$. Qual è la massima risoluzione spaziale nelle due dimensioni con lettura digitale?
- 27) Un rivelatore di radiazione accoppiato in AC con l'elettronica di lettura avrà in generale, a parità di altre condizioni, un rumore maggiore o minore di un analogo rivelatore accoppiato in DC con la stessa elettronica?
- 28) Qual è il termine dell'equazione di stato nucleare (nEoS) che si sonda mediante collisioni fra nuclei esotici (ad esempio con SPES)?
- 29) Il tasso medio di conteggio su un singolo elettrodo di raccolta di un rivelatore è 150 kHz. Stimare il limite superiore del tempo di processamento della catena analogica preamplificatore e shaper per limitare la probabilità di pile-up al 3%.
- 30) Per un rivelatore al silicio per applicazioni spettroscopiche, stimare il contributo alla risoluzione energetica (in eV FWHM) dovuto alle fluttuazioni statistiche nel numero di portatori di carica generati per fotoni di energia: a) 2 keV; b) 6 keV; c) 15 keV.
- 31) Avendo a disposizione due scintillatori, si disegni lo schema a blocchi di una catena di acquisizione per realizzare un sistema di misura di tempo di volo.
- 32) Definire il concetto di emittanza di un fascio di particelle in un acceleratore. Qual è la relazione tra emittanza e brillantezza?
- 33) Quali proprietà dei SiPM li fanno preferire ai PMT convenzionali per l'impiego come fotorivelatori in un sistema di imaging integrato PET-MRI?
- 34) Per la ricerca della violazione di CP nel sistema dei mesoni B si è utilizzato un acceleratore e^+e^- asimmetrico con massa invariante uguale alla massa della $Y(4S)$. Perché $Y(4S)$? Perché asimmetrico? Quali vantaggi presenta rispetto ad un collisore simmetrico?
- 35) Un fascio di protoni da 10 GeV attraversa una lastra di ferro di spessore 0.1 cm. Il flusso di protoni corrisponde ad una corrente di 0.016 nA. La lunghezza di interazione del ferro è 17 cm. Stimare il numero di pioni carichi e di pioni neutri per unità di tempo in uscita dalla lastra.
- 36) Un fascio di neutrini è prodotto con un acceleratore di protoni da 120 GeV. Dopo il bersaglio un sistema magnetico seleziona particelle positive di impulso $20 \pm 5 \text{ GeV}/c$ che decadono in un tubo riempito di elio. Si vuole un fascio per quanto possibile puro di ν_μ . Stimare la lunghezza del tubo e indicare almeno un processo fisico che contamina la purezza del fascio.
- 37) Perché la rivelazione di nuclei di anti-deuterio è di particolare interesse per la ricerca indiretta di materia oscura?
- 38) Una massa m orbita intorno a un'altra massa M , con $m \ll M$. Per un osservatore posto a grande distanza, m è accelerata dal campo gravitazionale di M ed emette radiazione gravitazionale. Esaminiamo ora la stessa situazione dal punto di vista di un osservatore in caduta libera con m . Per il principio di equivalenza, secondo questo osservatore, in una regione di spazio sufficientemente piccola intorno a m il campo gravitazionale si annulla. Per questo osservatore la massa m non è accelerata e quindi non emette radiazione gravitazionale. Spiegare brevemente questo apparente paradosso.
- 39) Per sospendere gli specchi di un rivelatore interferometrico di onde gravitazionali, con bracci della lunghezza di qualche chilometro, viene proposto un sistema di N pendoli in cascata, dove ciascun pendolo ha una frequenza caratteristica $f_0 \approx 1 \text{ Hz}$. L'elasticità del filo al quale sono sospesi i pendoli determina una frequenza di risonanza verticale $f_v \approx 10 \text{ Hz}$. Determinare il rapporto tra la funzione di trasferimento verticale ed orizzontale del sistema al di sopra della frequenza di risonanza verticale. Il risultato ottenuto sarebbe accettabile per un sistema di isolamento realistico? Motivare la risposta.
- 40) Si scriva la formula semi-empirica per l'energia di legame dei nuclei e se ne descriva brevemente i vari termini.