



UNIVERSITÀ  
degli STUDI  
di CATANIA

**Concorso pubblico, per titoli, prova scritta e colloquio per l'ammissione a n. 8 posti con borsa di studio e a n. 1 posto senza borsa di studio per l'ammissione al Dottorato di Ricerca in Fisica - XXXV Ciclo con sede amm\_va presso l'Università degli Studi di Catania, (D.R. n. 2123 del 05 luglio 2019 e successive modifiche e integrazioni).**

Verbale n. 3

Il giorno 10 del mese di settembre, alle ore 09:15, nei locali del Dipartimento di Fisica e Astronomia "E. Majorana" dell' Università di Catania, si è nuovamente riunita la Commissione giudicatrice del Concorso per l'ammissione a n. 8 posti con borsa ed a n.1 posto senza borsa per l'ammissione al Dottorato di Ricerca in Fisica - XXXV Ciclo, con Sede amm/va presso l' Università degli Studi di Catania, per procedere allo svolgimento della prova scritta.

La Commissione, sulla base dei criteri stabiliti, procede alla formulazione di n. 3 prove scritte (costituite ciascuna da n.3 temi e n.4 esercizi) da assegnare per detta prova, riportate rispettivamente negli allegati 1, 2, 3 che formano parte integrante del presente verbale. Si ricorda che, una volta sorteggiata la prova scritta da svolgere, il candidato dovrà svolgere un solo tema (a scelta tra i tre proposti) e non più di due esercizi (a scelta tra i quattro proposti) in un tempo massimo di tre ore.

Le prove scritte appena formulate vengono chiuse in appositi plichi suggellati e firmati esteriormente sui lembi di chiusura dai componenti la Commissione che, pertanto, si trasferisce nell'aula nella quale avrà luogo la prova scritta. Quindi, si procede all' appello nominale dei candidati.

Sono presenti :

BRISCHETTO	Giuseppe Antonio
CANNIZZARO	Annalisa
CAPUANO	Giuseppe Emanuele
CHIAPPARA	Davide
CIRALDO	Irene
COMITINI	Giorgio
DE LEO	Yara
DI MAIO	Claudia
FAZIO	Tommaso
FERRARA	Claudio
FORMOSA	Flavia
GIGLIUTO	Cinzia
IDRISSI IBNSALIH	Walid
LOMBARDO	Claudio
MARCELLINO	Cristina Paola
MAUCERI	Fabio
OLIVA	Alessandro Alberto
VALASTRO	Salvatore
VELARDITA	Simone

Fra gli ammessi alla prova scritta, risultano assenti: BOLDRIN Alice, MICALI Melanie, ROSANO Antonino, SILVERI Leandro.

Il Presidente, dopo aver proceduto all'accertamento dell'identità personale dei candidati, fa collocare gli stessi in modo che non possano comunicare fra di loro e quindi fa distribuire a ciascun candidato, per lo svolgimento dell' elaborato, n. 3 fogli protocollo debitamente timbrati e firmati da un membro della Commissione esaminatrice. La Commissione verifica altresì



UNIVERSITÀ  
degli STUDI  
di CATANIA

che i candidati abbiano a disposizione unicamente il materiale consentito dal d.P.R. del 09.05.1994.

La Commissione, fatta constatare l'integrità della chiusura dei plichi contenenti i temi, invita uno dei candidati a sorteggiare il tema da svolgere.

Su concorde designazione dei candidati presenti, il Dott. Idrissi Ibnsalih Walid indica quindi una delle tre buste che è aperta dal Presidente.

La traccia del compito estratta è quella A, riportata nell'allegato 1.

Il Presidente, quindi, apre le altre due buste non sorteggiate e dà lettura dei temi e degli esercizi in ciascuna contenuti.

Il Presidente, inoltre, dà lettura ai candidati degli artt. 11, 13 e 14 del d.P.R. 09.05.1994, n. 487 e fa distribuire a ciascun candidato le prescritte due buste e precisamente: 1) una busta grande in cui verrà posto il tema; 2) una busta piccola in cui verrà accluso un apposito foglietto su cui ogni candidato indicherà le proprie generalità.

Sia la busta grande che quella piccola non devono essere contrassegnate in alcun modo dai candidati, per impedirne l'identificazione.

La prova scritta ha inizio alle ore 10:50 e, per determinazione della Commissione, avrà la durata massima di 3 ore.

Al termine della prova scritta, gli elaborati consegnati risultano essere in numero di 19, tanti quanti sono i candidati presenti. Il Presidente della commissione appone trasversalmente sui lembi di chiusura di ogni busta consegnata la propria firma.

Letto, approvato e sottoscritto il presente verbale, la seduta è tolta alle ore 14:00.

Catania, 10 settembre 2019

La commissione:


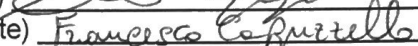
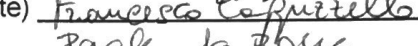

- 1) Prof. Luigi Amico
- 2) Prof. Francesco Cappuzzello
- 3) Prof.ssa Paola La Rocca
- 4) Dr.ssa Isabella Pagano

(Presidente)

(Componente)

(Segretario)

(Membro esperto)





UNIVERSITÀ  
degli STUDI  
di CATANIA

Allegato n. 1

## COMPITO A

### Tema A.1

Il candidato descriva il fenomeno della risonanza in fisica e approfondisca un esempio in cui esso risulta particolarmente rilevante.

### Tema A.2

Il candidato discuta un'evidenza sperimentale che ha condotto alla crisi della fisica classica e alla formulazione della meccanica quantistica.

### Tema A.3

Simmetrie in fisica: il candidato discuta un contesto specifico in cui tale concetto risulta particolarmente rilevante.

### Esercizio A.1

Determinare la massa del Sole assumendo che la distanza media Terra-Sole sia pari a  $1.5 \times 10^{11}$  m (si assuma un'orbita circolare). [ $G = 6.67 \times 10^{-11}$  N·m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>]

### Esercizio A.2

Un filo rettilineo conduttore di raggio  $R = 2$  mm è percorso da una corrente  $I = 2$  A, uniformemente distribuita sulla sua sezione. Calcolare:

- a) la densità di energia magnetica nei punti distanti  $r_1 = R/2$
  - b) l'energia per unità di lunghezza immagazzinata nel filo
- [ $\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7}$  H/m]

### Esercizio A.3

Calcolare lo scarto quadratico medio  $\langle X^2 \rangle - \langle X \rangle^2 = Z^{-1} \sum_n \exp \left\{ -\frac{E_n}{T} \right\} \langle n | X^2 | n \rangle$  della posizione  $X$ , di un oscillatore armonico quantistico in equilibrio alla temperatura  $T$ .  $Z$  è la funzione di partizione.

### Esercizio A.4

Una radiazione di lunghezza d'onda  $\lambda = 450$  nm incide su un metallo. Gli elettroni emessi si muovono in un campo magnetico uniforme di modulo  $B = 1.75 \cdot 10^{-4}$  T e il raggio di curvatura massimo vale  $r = 1.98$  cm. Calcolare il lavoro di estrazione ed esprimerlo in eV.





## COMPITO B

### Tema B.1

Effetto Doppler in fisica: il candidato descriva il fenomeno e discuta un contesto specifico in cui esso risulta particolarmente rilevante.

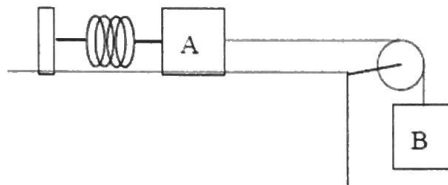
### Tema B.2

Statistiche quantistiche: il candidato ne descriva le proprietà fondamentali e le implicazioni sperimentali.

### Tema B.3

Il candidato discuta sull'importanza della modellistica come strumento di rappresentazione dei fenomeni fisici, descrivendo poi le caratteristiche e i limiti di un particolare modello.

### Esercizio B.1

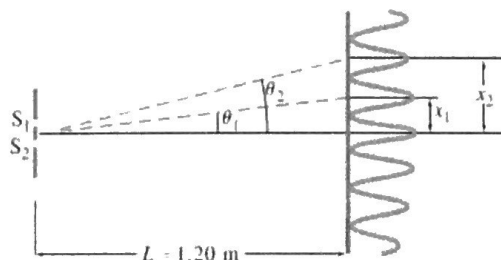


Nel dispositivo schematizzato in figura, il corpo A (di massa  $m_A = 2$  kg), poggiato su un piano orizzontale liscio, è collegato da un filo inestensibile al corpo B (di massa  $m_B = 2$  kg) ed è saldato all'estremità di una molla di costante elastica  $k = 200$  N/m. L'altra estremità della molla è fissata ad un gancio solidale con il piano. Il corpo B viene abbassato lungo la verticale, rispetto alla sua posizione di equilibrio e lasciato libero di muoversi. Calcolare:

- di quanto si è allungata la molla nella posizione di equilibrio del sistema;
- l'equazione del moto del sistema delle due masse;
- il periodo delle piccole oscillazioni compiute dal sistema (sia di A che di B).

Si assuma che le masse del filo, della molla e della carrucola siano trascurabili rispetto a quelle dei corpi A e B.

### Esercizio B.2



Una luce monocromatica ( $\lambda = 500$  nm), proveniente da una sorgente posta all'infinito, passa attraverso due fenditure distanti tra loro 0.1 mm. Su uno schermo a distanza di 1.2 m viene visualizzata la figura di interferenza. Calcolare la distanza sullo schermo tra la frangia di ordine 1 e quella di ordine 2.

### Esercizio B.3

Si consideri una particella di spin 0, avente funzione d'onda  $\Psi = (a_1 x + a_2 y + a_3 z) \phi(r)$ . Si dimostri che tale particella ha momento angolare totale uguale a 1 in unità di  $\hbar$ .

Si ricordano le seguenti espressioni delle armoniche sferiche:

$$Y_1^1 = \frac{x + iy}{\sqrt{2}r}$$

$$Y_1^0 = \frac{z}{r}$$

$$Y_1^{-1} = \frac{x - iy}{\sqrt{2}r}$$

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



UNIVERSITÀ  
degli STUDI  
di CATANIA

**Allegato n. 2 (pag. 2)**

**Esercizio B.4**

In un sistema idrostatico un pistone può scorrere verticalmente all'interno di un cilindro di sezione  $A = 1\text{m}^2$ . Il cilindro contiene  $n = 2$  moli di gas ideale monoatomico, inizialmente ad una temperatura  $T_0 = 100\text{ K}$  e volume  $V_0 = 100\text{ l}$ . Il gas compie una compressione isoterma per cui il pistone si sposta di  $h = 17.2\text{ cm}$ . Successivamente, il gas compie una trasformazione isobara. Infine, il sistema viene portato alle condizioni iniziali tramite una trasformazione adiabatica.

Determinare il rendimento del ciclo.

[ $R = 8.31\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$ ]

*[Handwritten signatures]*

*[Handwritten signature]*



## COMPITO C

### Tema C.1

Campi di forze centrali: il candidato ne illustri le proprietà principali e approfondisca un contesto fisico caratterizzato da tali forze.

### Tema C.2

Il candidato esponga le caratteristiche salienti del dualismo onda-particella, delle sue implicazioni concettuali e approfondisca un'evidenza sperimentale in cui tale fenomeno si manifesta.

### Tema C.3

Il candidato discuta il concetto di entropia in fisica e la sua rilevanza in termodinamica o in altri campi della fisica.

### Esercizio C.1

Si consideri un oscillatore armonico unidimensionale descritto dall'Hamiltoniana  $H = \frac{p^2}{2m} + \frac{m\omega^2}{2}x^2$

con funzioni d'onda  $\Psi_n = C_n H_n(\xi) e^{-\frac{\xi^2}{2}}$ ,  $\xi = \sqrt{\frac{m\omega}{\hbar}}x$ ,  $C_n = \left(2^n n! \sqrt{\frac{\hbar\pi}{m\omega}}\right)^{-\frac{1}{2}}$ .

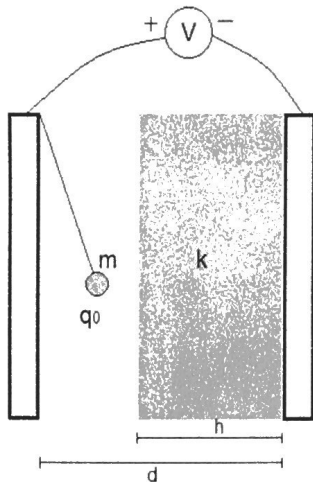
Sapendo che vale la relazione  $2\xi H_n = H_{n+1} + 2nH_{n-1}$ , ricavare lo scarto quadratico medio della posizione in funzione di  $n$ .

### Esercizio C.2

Un cannone di massa  $M$ , montato su una slitta poggiata su una superficie liscia, spara orizzontalmente un proiettile cilindrico di massa  $m$  e raggio  $r$ . La canna del cannone ha una rigatura interna elicoidale di passo  $p$ , cosicché il proiettile acquista un moto rotatorio intorno al proprio asse longitudinale. La propulsione al proiettile è fornita da una molla di massa trascurabile e costante elastica  $k$ , inizialmente accorciata di un tratto  $\xi$ . Determinare la velocità  $v$  con cui viene sparato il proiettile. Si trascurino gli attriti.

Si ricorda che il momento d'inerzia del proiettile è  $\frac{1}{2}mr^2$ .

### Esercizio C.3



Un condensatore piano, avente armature verticali di area  $S = 500 \text{ cm}^2$  distanti  $d = 1 \text{ cm}$ , è collegato ad un generatore di d.d.p.  $V = 10^3 \text{ V}$ . Una lastra di dielettrico, di spessore  $h = 0.6 \text{ cm}$  e costante dielettrica relativa  $k = 4$ , è inserita tra le armature ed è addossata a quella carica negativamente. All'armatura positiva è appesa, tramite un filo sottile isolante, una pallina di massa  $m = 10^{-3} \text{ kg}$  e carica  $q_0 = 5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ , che rimane in equilibrio con il filo ad angolo  $\theta$  rispetto alla verticale.

Calcolare:

- il valore del campo elettrico che agisce sulla pallina
- il valore dell'angolo  $\theta$  di equilibrio

$[\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}]$

### Esercizio C.4

Una lampada emette  $10^{19}$  fotoni al secondo di lunghezza d'onda  $\lambda = 500 \text{ nm}$ . Supponendo che questi fotoni siano ben focalizzati su un pezzo di carta nera e assorbiti, calcolare il momento di un fotone e la forza che tutti i fotoni esercitano sulla carta.