

## LO SCRIGNO DI PROMETEO

COLLANA DI DIDATTICA, DIVULGAZIONE E STORIA DELLA FISICA

I8

*Direttore*

**Ettore GADIOLI**

Università degli Studi di Milano

Piero Caldirola International Centre for the Promotion of Science

*Comitato scientifico*

**Sigfrido BOFFI**

Università degli Studi di Pavia

**Giovanni FIORENTINI**

Università degli Studi di Ferrara

**Marco Alessandro Luigi GILIBERTI**

Università degli Studi di Milano

## LO SCRIGNO DI PROMETEO

COLLANA DI DIDATTICA, DIVULGAZIONE E STORIA DELLA FISICA



La conoscenza completa delle leggi fisiche è la meta più alta a cui possa aspirare un fisico, sia che essa abbia uno scopo puramente utilitario... sia che egli vi cerchi la soddisfazione di un profondo bisogno di sapere e la solida base per la sua intuizione della natura.

MAX PLANCK

La Fisica ha come scopo capire il rapporto tra l'uomo e la natura, non solo da un punto di vista scientifico, ma anche filosofico, e ha cambiato in modo irreversibile la nostra vita tramite le sue ricadute tecnologiche.

La spiegazione e la divulgazione dei concetti che stanno alla sua base, dati quasi per scontati, ma lungi dall'essere noti o compresi da molti, e l'evoluzione delle tecniche sperimentali, che hanno permesso di scoprire le leggi che regolano i fenomeni naturali e delle teorie via via elaborate, sono perciò argomenti di studio e riflessione di rilevanza primaria.

Questa collana si rivolge a chi abbia desiderio di approfondire o discutere questi temi ed è aperta a chi voglia collaborarvi con contributi originali.

Carlo Bianciardi

# Olimpiadi della Fisica

Problemi teorici per la preparazione degli studenti (2010–2015)



Copyright © MMXVI  
Aracne editrice int.le S.r.l.

[www.aracneeditrice.it](http://www.aracneeditrice.it)  
[info@aracneeditrice.it](mailto:info@aracneeditrice.it)

via Quarto Negroni, 15  
00040 Ariccia (RM)  
(06) 93781065

ISBN 978-88-548-9480-8

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,  
di riproduzione e di adattamento anche parziale,  
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie  
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: luglio 2016

*A Guido, Leonardo e Paola*

15 *Introduzione*

19 Capitolo I  
*Olimpiadi e didattica*

1.1. Olimpiadi internazionali e gare nazionali, 19 – 1.2. La didattica delle materie scientifiche, 22 – 1.3. Il problema scientifico, 25 – 1.4. La soluzione del problema scientifico e le neuroscienze, 26 – 1.5. Il problema di fisica, 28 – 1.6. La natura dei problemi alle olimpiadi, 29 – 1.7. Come affrontare i testi dei problemi olimpici di fisica, 31

33 Capitolo II  
*Syllabus*

2.1. Syllabus di matematica, 34 – 2.2. Alcuni approfondimenti di matematica, 35 – 2.2.1. *Serie di Taylor e Mac Laurin*, 35 – 2.2.2. *Unità immaginaria*, 36 – 2.2.3. *Numeri complessi*, 36 – 2.2.4. *Integrazione per separazione di variabili*, 39 – 2.2.5. *Approssimazione di  $1/(1+x)^n$  con  $x \ll 1$  oppure di  $1/(a+x)^n$  con  $x \ll a$* , 40 – 2.3. Syllabus di fisica, 40, – 2.4. Meccanica, 41 – 2.5. Campi elettromagnetici, 42 – 2.6. Oscillazioni e onde, 43 – 2.7. Interferenza e diffrazione, 43 – 2.8. Interazione delle onde elettromagnetiche con la materia, 43 – 2.9. Ottica geometrica, 43 – 2.10. Strumenti ottici, 43 – 2.11. Relatività, 43 – 2.12. Onde di probabilità, 44 – 2.13. Struttura della materia, 44 – 2.14. Termodinamica e statistica, 44 – 2.15. Fisica statistica, 44 – 2.16. Alcuni approfondimenti di Fisica, 45 – 2.16.1. *Moto di un punto con accelerazione costante*, 45 – 2.16.2. *Le componenti cartesiane di un*

vettore, 45 – 2.16.3. Moto di un punto nel piano e nello spazio, 46 – 2.16.4. Accelerazione tangenziale e centripeta, 47 – 2.16.5. Moto dei proiettili, 48 – 2.16.6. La forza conservatrice elastica, 50 – 2.16.7. Il pendolo balistico, 53 – 2.16.8. Moti rotatori, 55 – 2.16.9. Momento di inerzia di corpi semplici, 55 – 2.16.10. Gravitazione universale e orbite planetarie e satellitari, 57 – 2.16.11. Il cono di Mach, 60 – 2.16.12. Ciclo frigorifero, 62 – 2.16.13. Distribuzione di carica a simmetria sferica, 63 – 2.16.14. Interferenza e cambiamento di fase nella riflessione, 65 – 2.16.15. Equazione di Bernoulli, 68 – 2.16.16. Campo elettrico generato da una sfera conduttrice con densità di carica superficiale  $\sigma$ , 69 – 2.16.17. Carica puntiforme di fronte a conduttore: metodo della carica immagine, 69 – 2.16.18. Energia di legame dei nuclei in funzione del numero di massa  $A$ , 72 – 2.16.19. Fenomeni di tensione nelle bolle e nelle gocce, 74 – 2.16.20. Il campo gravitazionale interno alla superficie terrestre e il guscio sferico, 76 – 2.16.21. Il circuito oscillante LC, 78

## 81 Capitolo III

*Testi dei problemi teorici IPHO 2010-2015*

3.1. XLI IPHO 2010, Zagreb (Croatia), 81 – 3.1.1. – *Prob. 1 Charge image in a metallic object*, 81 – 3.1.2. – *Prob. 2 Chimney Physics*, 83 – 3.1.3. *Prob. 3 A simple model of atomic nucleus*, 85 – 3.2. XLII IPHO 2011, Bangkok (Thailand), 87 – 3.2.1. *Prob. 1 A three-body problem and Lisa*, 87 – 3.2.2. *Prob. 2 An electrified soap bubble*, 88 – 3.2.3. *Prob. 3 The scattering of a ion by a neutral atom*, 89 – 3.3. XLIII IPHO 2012, Tartu (Estonia), 89 – 3.3.1 *Prob. 1 (A) Ballistics*, 89 – *Prob. 1 (B) Air flow around a wing*, 90 – *Prob.1 (C) Magnetic straws*, 90 – 3.3.2 *Prob. 2 Kelvin water dropper*, 91 – (A) *Single pipe*, 91 – (B) *Two pipes*, 91 – 3.3.3 *Prob. 3 Protostar formation*, 92 – 3.4. XLIV IPHO 2013, Copenhagen (Denmark), 92 – 3.4.1. *Prob. 1 The Maribo meteorite*, 92 – 3.4.2. *Prob. 2 Plasmonic steam generator*, 95 – 3.4.3. *Prob. 3 The greenlanding ice sheet*, 99 – 3.5. XLV IPHO 2014, Astana (Kasakhstan), 101 – 3.5.1. *Prob. 1 (A; B; C: blocco, bolla, circuito)*, 101 – 3.5.2. *Prob. 2 Equazione di stato di Van der Waals*, 102 – (A: *Equazione*



*di un gas perfetto*), 103 – (B: *Proprietà di gas e liquidi*), 104 – (C: *Sistema liquido-gas*), 104 – 3.5.3. *Prob. 3 Il più semplice modello di scarica nei gas*, 105 – (A: *scarica in un gas non auto-sostenuta*), 105 – (B: *Scarica in un gas auto-sostenuta*), 106 – 3.6. XLVI IPHO 2015, Mumbai (India), 107 – 3.6.1. *Prob. 1 Particelle provenienti dal Sole*, 107 – 3.6.2. *Prob. 2 Il principio dell'estremo*, 109 – 3.6.3. *Prob. 3 Progetto di un reattore nucleare*, 112

## 115 Capitolo IV

*Testi dei problemi teorici gara nazionale di Fisica*

4.1. Gara nazionale 2010, Senigallia, 115 – 4.1.1. *Prob. 1 Un viaggio in galleria*, 115 – 4.1.2. *Prob.2 Ciclo termodinamico*, 116 – 4.1.3. *Prob. 3 Esplorando il fondo*, 117 – 4.1.4. *Prob. 4 Correnti in un anello*, 117 – 4.2. Gara nazionale 2011, Senigallia, 119 – 4.2.1. *Prob. 1 Sistema trasportatore di rulli*, 119 – 4.2.2. *Prob. 2 Nuclei speculari*, 119 – 4.2.3. *Prob. 3 Ancora il campo elettrostatico radiale di modulo uniforme!*, 121 – 4.2.4. *Prob. 4 Due altoparlanti*, 122 – 4.3. Gara nazionale 2012, Senigallia, 122 – 4.3.1. *Prob.1 Scattering elastico fra sfere*, 122 – 4.3.2. *Prob.2 Equilibrio radiazione-materia*, 123 – 4.3.3. *Prob. 3 Galleggiamento in campo magnetico*, 124 – 4.4. Gara nazionale 2013, Senigallia, 126 – 4.4.1. *Prob. 1 Un "velo" viscoso*, 126 – 4.4.2. *Prob. 2 L'attrazione dell'induzione elettrostatica*, 127 – 4.4.3. *Prob. 3 Pressione di radiazione con moto elicoidale*, 128 – 4.5. Gara nazionale 2014, Senigallia, 129 – 4.5.1. *Prob. 1 Sbarra in caduta*, 129 – 4.5.2. *Prob.2 Trasformazione termodinamica*, 130 – 4.5.3. *Prob. 3 Pendolo elettrostatico*, 130 – 4.6. Gara nazionale 2015, Senigallia, 132 – 4.6.1. *Prob. 1 Miraggio parabolico*, 132 – 4.6.2. *Prob. 2 Lampada a scarica*, 133 – 4.6.3. *Prob. 3 Scivolamento con rimbalzo*, 135

## 137 Capitolo V

*Orientamenti sui testi*

5.1. Olimpiadi internazionali di Fisica (IPHO), 138 – 5.1.1. *XLI IPHO 2010, Zagreb (Croatia)*, 138 – Prob. 1, 138 – Prob. 2, 138 – Prob. 3, 138 – 5.1.2. *XLII IPHO 2011, Bangkok (Thailand)*, 138 – Prob. 1, 138 – Prob. 2, 139 – Prob. 3, 139 – 5.1.3. *XLIII IPHO 2012, Tartu (Estonia)*, 140 – Prob. 1 (ABC), 140 – Prob. 2 (AB), 141 – Prob. 3, 141 – 5.1.4. *XLIV IPHO 2013, Copenhagen (Denmark)*, 142 – Prob. 1, 142 – Prob. 2, 142 – Prob. 3, 143 – 5.1.5. *XLV IPHO 2014, Astana (Kasakhstan)*, 143 – Prob. 1 (ABC), 143 – Prob. 2 (A), 144 – Prob. 2 (BC), 145 – Prob. 3 (AB), 146 – 5.1.6. *XLVI IPHO 2015, Mumbai (India)*, 146 – Prob. 1 (A), 146 – Prob. 1 (B), 147 – Prob. 2 (ABCD), 147 – Prob. 3 (ABC), 148 – 5.2. Gara nazionale di Fisica, 149 – 5.2.1. *Gara nazionale 2010, Senigallia*, 149 – Prob. 1, 149 – Prob. 2, 150 – Prob. 3, 150 – Prob. 4, 150 – 5.2.2. *Gara nazionale 2011, Senigallia*, 150 – Prob. 1, 150 – Prob. 2, 151 – Prob. 3, 151 – Prob. 4, 152 – 5.2.3. *Gara nazionale 2012, Senigallia*, 152 – Prob. 1, 152 – Prob. 2, 152 – Prob. 3, 153 – 5.2.4. *Gara nazionale 2013, Senigallia*, 153 – Prob. 1, 153 – Prob. 2, 153 – Prob. 3, 154 – 5.2.5. *Gara nazionale 2014, Senigallia*, 154 – Prob. 1, 154 – Prob. 2, 155 – Prob. 3, 155 – 5.2.6. *Gara nazionale 2015, Senigallia*, 155 – Prob. 1, 155 – Prob. 2, 155 – Prob. 3, 156

## 157 Capitolo VI

*Soluzioni dei problemi teorici IPHO*

6.1. *XLI IPHO 2010, Zagreb (Croatia)*, 158 – 6.1.1. *Prob. 1*, 158 – 6.1.2. *Prob. 2*, 163 – 6.1.3. *Prob. 3*, 168 – 6.2. *XLII IPHO 2011, Bangkok (Thailand)*, 174 – 6.2.1. *Prob. 1*, 174 – 6.2.2. *Prob. 2*, 179 – 6.2.3. *Prob. 3*, 184 – 6.3. *XLIII IPHO 2012, Tartu (Estonia)*, 187 – 6.3.1. *Prob. 1 (A)*, 187 – *Prob. 1 (B)*, 191 – *Prob. 1 (C)*, 195 – 6.3.2. *Prob. 2 (A)*, 199 – *Prob. 2 (B)*, 202 – 6.3.3. *Prob. 3*, 205 – 6.4. *XLIV IPHO 2013, Copenhagen (Denmark)*, 208 – 6.4.1. *Prob. 1*, 208 – 6.4.2. *Prob. 2*, 218 – 6.4.3. *Prob. 3*, 226 – 6.5. *XLV IPHO 2014, Astana (Kasakhstan)*, 235 – 6.5.1. *Prob. 1 (A)*, 235 – *Prob. 1 (B)*, 237 – *Prob. 1 (C)*, 241 – 6.5.2. *Prob. 2 (A)*, 243

– *Prob. 2 (B)*, 246 – *Prob. 2 (C)*, 250 – 6.5.3. *Prob. 3 (A)*, 252 – *Prob. 3 (B)*, 255 – 6.6. XLVI IPHO 2015, Mumbai (India), 258 – 6.6.1. *Prob. 1 (A)*, 259 – *Prob. 1 (B)*, 262 – 6.6.2. *Prob. 2 (A)*, 266 – *Prob. 2 (B)*, 268 – *Prob. 2 (C)*, 270 – *Prob. 2 (D)*, 272 – 6.6.3. *Prob. 3 (A)*, 275 – *Prob. 3 (B)*, 278 – *Prob. 3 (C)*, 282

## 285 Capitolo VII

*Soluzioni dei problemi teorici della gara nazionale di fisica*

7.1. Gara nazionale 2010, Senigallia, 286 – 7.1.1. *Prob. 1*, 286 – 7.1.2. *Prob. 2*, 289 – 7.1.3. *Prob. 3*, 292 – 7.1.4. *Prob. 4*, 293 – 7.2. Gara nazionale 2011, Senigallia, 295 – 7.2.1. *Prob. 1*, 295 – 7.2.2. *Prob. 2*, 299 – 7.2.3. *Prob. 3*, 301 – 7.2.4. *Prob. 4*, 304 – 7.3. Gara Nazionale 2012, Senigallia, 307 – 7.3.1. *Prob. 1*, 307 – 7.3.2. *Prob. 2*, 310 – 7.3.3. *Prob. 3*, 314 – 7.4. Gara nazionale 2013, Senigallia, 317 – 7.4.1. *Prob. 1*, 317 – 7.4.2. *Prob. 2*, 320 – 7.4.3. *Prob. 3*, 323 – 7.5. Gara nazionale 2014, Senigallia, 325 – 7.5.1. *Prob. 1*, 325 – 7.5.2. *Prob. 2*, 329 – 7.5.3. *Prob. 3*, 333 – 7.6. Gara nazionale 2015, Senigallia, 335 – 7.6.1. *Prob. 1*, 335 – 7.6.2. *Prob. 2*, 340 – 7.6.3. *Prob. 3*, 346

## 351 Bibliografia

## Introduzione

L'oggetto di questo libro è costituito dalle prove teoriche di Fisica assegnate alle Gare nazionali olimpiche e alle Olimpiadi internazionali nei sei anni compresi fra il 2010 e il 2015. Lo scopo principale del volume non è quello di fornire le soluzioni dei problemi, mediamente tre per anno in ciascuna olimpiade, che pure vengono proposte e che talvolta si trovano anche in rete. L'obiettivo è invece quello di contribuire alla preparazione delle olimpiadi di Fisica, attraverso un corretto approccio alla Scienza, da parte dei giovani studenti che frequentano gli ultimi anni della scuola secondaria superiore. Ad essi il libro è indirizzato e dedicato. Approfittando della grande novità didattica rappresentata dalla proposta olimpica, diffusasi particolarmente nelle scuole italiane negli ultimi 15-20 anni, la dedica ideale è anche alla nuova generazione di insegnanti, disposti a rimettere in discussione il proprio ruolo e la propria immagine perché ritengono che il *problema* sia il cuore della metodologia di qualsiasi insegnamento-apprendimento scientifico. Per una corretta educazione alla Scienza del giovane studente, si deve infatti mettere anche al centro della didattica quello che è l'inizio di ogni elaborazione scientifica e di ogni ricerca, il problema appunto. Questo aspetto è stato ed è molto importante nella situazione del nostro paese nel quale, soprattutto dopo la riforma scolastica di Gentile degli anni '20 del secolo scorso, l'insegnamento scientifico è stato spesso "ingessato" nel dogmatismo, nella tecnica di calcolo, nella classificazione, nel culto dell'esercizio, strumentale alla memorizzazione di leggi e regole, che è stato sostituito spesso al problema: il risultato è stato quello di seminare nelle giovani menti apparenti certezze e non dubbi, di alimentare convinzioni anziché riflessioni e discussioni, di ritenere che l'insegnante sia affidabile e bravo se "sa" e "afferma" e non se pensa, se prova ed elabora. In altre parole di dare una rappresentazione falsa della Scienza, della ricerca e dei docenti con il corollario di potenziare l'avversione verso le relative discipline fino alla preoccupante regressione delle iscrizioni alle facoltà scientifiche, che si è verificata in particolare nei primi anni 2000 e che non è ancora superata. In un mondo che, paradossalmente, è sempre più segnato dalla matematica, dalla scienza e dalla sua ricaduta tecnologica.

Nel *Cap. 1* viene appunto focalizzata la rilevanza didattica delle olimpiadi di Fisica con particolare riguardo all'insegnamento scientifico, al significato della Scienza dal punto di vista epistemologico e delle neuroscienze e all'immagine, talvolta mistificata, che se ne dà nella scuola e che se ne ha nella società. Nello stesso capitolo viene premessa con un certo dettaglio una parte che riguarda la storia delle olimpiadi, dalle prime edizioni degli anni '60 nei paesi allora oltre-cortina dell'est europeo: sottolineando l'aspetto politico-organizzativo della manifestazione annuale, internazionale e nazionale, con riferimento alla relativa modalità di partecipazione. Inoltre viene preso atto della struttura dei testi dei problemi, soprattutto di quelli assegnati alle olimpiadi internazionali, che è diversa dalla caratteristica formulazione dei problemi e degli esercizi della tradizione italiana, per esempio per l'accesso alle istituzioni di eccellenza come la Scuola Normale Superiore.

Il *Cap. 2* del Syllabus è particolarmente significativo per la preparazione specifica alle gare nazionali ed internazionali giacché contiene un cenno alle regole (*Statutes*) ed il programma dettagliato delle Olimpiadi cioè le regole dei giochi e i loro contenuti programmatici, all'interno dei quali i testi delle prove vengono concepiti. Ci riferiamo in particolare agli atti condivisi ad Astana (Kasakhstan) durante l'edizione del 2014, una sintesi significativa dopo gli aggiustamenti continui che si erano verificati nelle decine di anni precedenti: tuttavia è prevedibile che vari ritocchi si verifichino e si verificheranno anche nei prossimi anni. Inoltre il capitolo è utile, al fine della preparazione ai giochi di Fisica, poiché si approfondiscono vari argomenti – di metodi matematici e di Fisica – che sono stati usati o assegnati nelle passate edizioni dei giochi e che si presuppone siano meno presenti in un insegnamento-apprendimento *standard* della Matematica e della Fisica negli ultimi anni della scuola secondaria superiore. Quindi è consigliabile che lo studente dia un'occhiata al contenuto del capitolo all'interno dell'Indice ogni volta che deve affrontare un argomento o un metodo matematico con cui ritiene di avere scarsa dimestichezza.

I *Capp. 3 e 4* sono stati redatti per necessità in carattere più piccolo data la lunghezza dei testi dei problemi che vi sono raccolti, per gli anni 2010-2015, relativi rispettivamente ai giochi internazionali e nazionali. Sulle questioni della loro lunghezza e tipologia ci siamo diffusi, come sopra abbiamo ricordato, nel primo capitolo. Abbiamo

conservato la formulazione in Inglese di alcuni testi della prova internazionale proprio perché anche nella preparazione è opportuno non contare su una formulazione in Italiano dei quesiti – una precisazione, tuttavia, che appare superflua vista qual è la lingua quotidianamente usata nella comunicazione globale.

Particolarmente delicato è poi il contenuto del *Cap. 5*, dedicato a orientamenti e suggerimenti sulla soluzione di ciascun problema. Sono intenzionalmente forniti perché lo studente in difficoltà sia comunque indotto a risolvere il problema da solo. Ricordiamo più volte in questo volume come i Giochi olimpici di Fisica (o di altra disciplina) siano una prova individuale e non di squadra o di gruppo. Quindi ci si deve abituare a risolvere personalmente i quesiti: altri sono e saranno i momenti di confronto e discussione, come avviene usualmente nella ricerca e nei *forum* anche in rete. Ecco perché raccomandiamo di attingere al contenuto del capitolo solo quando si ritiene di essere obiettivamente incapaci di affrontare o di risolvere un quesito, avendo effettuato numerosi tentativi senza successo e avendo impiegato molto tempo (anche qualche settimana, soprattutto all’inizio della preparazione) nella loro attuazione: se si vuole conseguire una formazione affidabile, è decisivo saper resistere alla naturale ma epidermica “curiosità” di vedere come lo si risolve.

Infine i *Capp. 6 e 7* sono costituiti dalle soluzioni proposte per i 38 problemi teorici assegnati nei sei anni considerati, rispettivamente 18 alle olimpiadi internazionali e 20 alle gare nazionali italiane. Si tratta ovviamente di soluzioni possibili dato che per molti quesiti si possono ipotizzare strade alternative che tuttavia conducono allo stesso risultato. Trovarle è un esercizio straordinariamente utile per la preparazione olimpica ed eccezionalmente formativo per lo studente concorrente.

Aprile, 2016