

Maurizio Zani

Raccolta di lezioni per

# Onde

Onde elettromagnetiche. Ottica



*“I want to break free  
from your lies...”*

*Queen*



# Prefazione

Questo testo è una raccolta delle lezioni svolte in aula dal sottoscritto in questi anni durante i corsi di Fisica Sperimentale a Ingegneria presso il Politecnico di Milano. Il testo è organizzato con una sequenza che bene o male segue quella tenuta in aula.

Lungi da me pensare che il testo sia esaustivo, e che consenta di evitare di frequentare le lezioni in aula; è invece uno strumento complementare, che può aiutare a seguire più agevolmente le tematiche proposte, con il supporto di avere sott'occhio i procedimenti seguiti in aula.

**Consigli:** nel testo sono contenuti degli esercizi d'esempio per le diverse tematiche, evidenziati con un segno a lato come il seguente

## | Esercizio d'esempio

E' comunque importante che di ogni tematica trattata si capisca l'ambito di validità, così da poterla applicare ai vari casi che si presentano e non fermandosi ai soli esempi presentati.

Ogni termine o definizione importante compare in **grassetto** nel testo, e viene poi riportato per comodità nell'indice degli argomenti a fondo libro; è presente anche un indice degli autori richiamati nel testo, un indice delle costanti e un indice delle unità di misura.

**Errori:** ne è piena la Terra, figurarsi qui dentro!! Che dire, vi sarei grato, e con me gli studenti futuri, se voleste segnalarmeli, così che questo strumento possa essere continuamente migliorato nelle successive edizioni (maurizio.zani@polimi.it)

**Ringraziamenti:** mi fa piacere cominciare a ringraziare proprio gli studenti, dai quali molte volte ho preso ispirazione per cercare nuovi esempi che chiarissero la tematica, per continuare con i colleghi con i quali ho condiviso il compito di docente e dai quali ho appreso utili consigli per il compito dell'insegnamento.

Ora basta essere così seri (chi ha seguito le mie lezioni sa a cosa mi riferisco): prendete carta, penna e calamaio e... buon lavoro!



Maurizio Zani

*Febbraio, 2016*



# Sommario

<b>Onde.....</b>	<b>9</b>
Equazione delle onde .....	9
Onde piane .....	12
Onde piane armoniche .....	14
<i>Vettori rotanti</i> .....	16
<i>Serie e trasformata di Fourier</i> .....	18
<i>Battimenti</i> .....	20
<i>Pacchetto d'onde</i> .....	22
Onde sferiche .....	23
Onde stazionarie.....	24
<b>Onde elettromagnetiche .....</b>	<b>25</b>
Onde elettromagnetiche .....	25
<i>Equazione delle onde elettromagnetiche</i> .....	26
<i>Indice di rifrazione</i> .....	28
<i>Impedenza del vuoto</i> .....	29
Onde elettromagnetiche piane.....	30
Onde elettromagnetiche piane armoniche.....	33
<i>Energia</i> .....	34
<i>Intensità</i> .....	39
<i>Quantità di moto</i> .....	40
<i>Polarizzazione</i> .....	43
<i>Spettro elettromagnetico</i> .....	47
Onde elettromagnetiche stazionarie .....	48
<b>Emissione e interazione elettromagnetica.....</b>	<b>51</b>
Emissione elettromagnetica .....	51
<i>Carica accelerata</i> .....	51
<i>Dipolo elettrico oscillante</i> .....	54
Interazione con la superficie .....	55
<i>Leggi di Snell</i> .....	56
<i>Riflessione totale</i> .....	59
<i>Leggi di Fresnel</i> .....	60
<i>Rifrazione totale</i> .....	63
<i>Riflettanza e trasmittanza</i> .....	64
Modello atomico .....	67
<i>Modello di Lorentz</i> .....	67
<i>Permittività elettrica relativa</i> .....	70
<i>Modello di Lorentz-Drude</i> .....	72
Interazione con la materia .....	73
<i>Plasma</i> .....	75
<i>Materiali rarefatti</i> .....	76
<i>Materiali dispersivi</i> .....	82
<i>Materiali diffondenti</i> .....	84
<i>Materiali conduttori</i> .....	86
<i>Materiali trasparenti</i> .....	90
<b>Ottica geometrica.....</b>	<b>91</b>
Principio di Fermat .....	92
<i>Riflessione</i> .....	93
<i>Rifrazione</i> .....	94

Anisotropia.....	95
<i>Birifrangenza</i> .....	95
<i>Dicroismo</i> .....	95
<i>Polarizzazione</i> .....	95
<b>Ottica ondulatoria.....</b>	<b>97</b>
Coerenza .....	97
Principio di Huygens-Fresnel.....	99
Interferenza .....	100
<i>Due sorgenti coerenti</i> .....	101
<i>Due sorgenti incoerenti</i> .....	105
<i>Multiple sorgenti coerenti</i> .....	106
<i>Lamina sottile</i> .....	111
<i>Strato anti-riflesso</i> .....	113
Diffrazione.....	114
<i>Fenditura rettilinea</i> .....	115
<i>Fenditura circolare</i> .....	118
<i>Limite di diffrazione</i> .....	120
<i>Doppia fenditura</i> .....	121
<i>Reticolo di diffrazione</i> .....	122
<b>Bibliografia.....</b>	<b>123</b>
<b>Indice .....</b>	<b>125</b>
Indice degli autori .....	125
Indice delle costanti .....	126
Indice degli argomenti .....	127