

25/09/2024 (2 ore): Introduzione al corso. La crisi della fisica classica. Instabilita' degli atomi per irraggiamento.
Testo: [Picasso] 1.1, 1.2, 1.4.

26/09/2024 (2 ore): L'effetto fotoelettrico. I fotoni. Effetto Compton. Spettri atomici e teoria di Bohr.
Testo: [Picasso] 2.1, 2.2, 2.3, 2.4.

27/09/2024 (2 ore): Interferenza. L'esperienza di Young in elettromagnetismo classico.
Testo: [Forte-Rottoli] 2.1.1., 2.1.2, 2.1.3; [Picasso] 2.8.

30/09/2024 (2 ore):
Natura ondulatoria di atomi ed elettroni: ipotesi di de Broglie. Esperimenti di Davisson-Germer.
Stati di polarizzazione del fotone e legge di Malus.
Esperimenti a singolo fotone.
Testo: [Picasso] 2.8, 3.1, 3.3, 3.4, 3.5; [Forte-Rottoli] 2.3.1, 3.1.

04/10/2024 (2 ore):
Ripasso di algebra lineare. Prodotti scalari, basi ortonormali. Matrici ed operatori hermitiani.
Diagonalizzazione di matrici hermitiane.
Matrici unitarie. Basi ortonormali.

07/10/2024 (2 ore): Matrici a blocchi. Matrici hermitiane commutanti e loro diagonalizzazione simultanea.
Esercizio assegnato: determinazione di una base comune per due matrici A, B commutanti.
I postulati della meccanica quantistica: spazio di Hilbert, osservabili, probabilita' di misura.
Testo: [Picasso] 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8; [Forte-Rottoli] 2.2, 2.3.

09/10/2024 (2 ore):
Proprieta' delle osservabili, operatori associati alle osservabili. Valori medi. Postulato del collasso della funzione d'onda, postulato di von Neumann.
Esercizio d'esame (settembre 2017), domande 1-3.
Testo: [Picasso] 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8; [Forte-Rottoli] 2.2, 2.3.

10/10/2024 (2 ore):
Assegnati e commentati: Esercizio d'esame (settembre 2022), domanda a); Esercizio d'esame (giugno 2023).
Relazione di Heisenberg in generici fenomeni ondulatori.

11/10/2024 (2 ore)
Definizione di incertezza. Osservabili compatibili e teorema di incertezza per osservabili non compatibili.
Regola di commutazione tra q e p. Proprieta' dei commutatori.
Testo: [Picasso] 4.10, 4.11, 4.12; [Forte-Rottoli] 3.2.

14/10/2024 (2 ore): Teorema del viriale classico.
Risultati generali per valori di aspettazione su autostati di H per sistemi unidimensionali. Teorema del viriale quantistico. Oscillatore armonico: operatori di salita e discesa a loro proprietà. Spettro.
Testo: [Picasso] cap. 5; [Forte-Rottoli] 8.2.

16/10/2024: (2 ore):
Esercizio: calcolo di $\langle q^2 \rangle$, $\langle q^4 \rangle$, $\langle q^6 \rangle$ sullo stato fondamentale dell'oscillatore armonico.
Esponenziale di una matrice ed alcune relazioni per gli esponenziali di matrici.

17/10/2024 (2 ore):
Calcolo di $\langle e^{(\lambda q)} \rangle$ sullo stato fondamentale dell'oscillatore armonico.
Distribuzione di probabilità di q per lo stato fondamentale dell'oscillatore armonico. Stati coerenti.
Testo: Note sugli stati coerenti (sito e-learning).

18/10/2024 (2 ore):
Stati coerenti. Trasformazioni canoniche.
Testi: Note sugli stati coerenti (sito e-learning);
[Picasso] 6.3, 6.4; [Forte-Rottoli] 8.5.1, 8.5.2.

21/10/2024 (2 ore):
Traslazioni, operatore impulso come generatore delle traslazioni. Rappresentazione di Schroedinger.
Operatore impulso e ambiguità della definizione: ridefinizione $p \rightarrow p + f(q)$ come trasformazione canonica.
Testi: [Picasso] 6.4, 6.5, 6.6, 6.9; [Forte-Rottoli] 4.1.1.

23/10/2024 (2 ore):
Funzione d'onda, autofunzioni dell'operatore coordinata. Normalizzazione nello spettro continuo.
Autofunzioni dell'operatore impulso.
Testi: [Picasso] 6.7, 6.8; [Forte-Rottoli] 4.1.2, 4.1.3, 4.3.1, 4.3.2.

24/10/2024 (2 ore):
L'oscillatore armonico in rappresentazione di Schroedinger. Autofunzioni dell'Hamiltoniana dell'oscillatore armonico. La buca infinita.
Testi: [Picasso] 8.1, 8.2 (sezione finale); [Forte-Rottoli] 8.3.

25/10/2024 (2 ore):
Funzioni d'onda discontinue e loro distribuzione dell'impulso. Stati di minima indeterminazione.
Stati coerenti in rappresentazione di Schroedinger.
Testi: [Forte-Rottoli] 6.2.1, 6.2.2, 8.5.1, 8.5.2;
note sugli stati coerenti (sito e-learning).

28/10/2024 (2 ore):
Risultati generali per i moti unidimensionali: teorema di non

degenerazione, teorema dei nodi, carattere reale delle autofunzioni di H e teorema degli zeri semplici.
Esercizio: Distribuzione dell'impulso per gli autostati della buca infinita.
Traslazioni ed impulso in rappresentazione di Schroedinger.
Testi: [Picasso] 7.4; [Forte-Rottoli] 4.2.2, 7.1.3.

Assegnato es. 2 del Giugno 2021 (domande 1, 2 e 3, ignorando ogni riferimento al tempo).

30/10/2024 (2 ore):

Esercizio: Oscillatore armonico soggetto a forza costante. Rappresentazione dell'impulso. Operatore di inversione spaziale (parita'). Potenziali invariante sotto inversione spaziale: spettro. Parita' delle autofunzioni dell'oscillatore armonico. Teorema di degenerazione.
Testi: [Picasso] 6.5, 6.6, 6.8, 7.2, 8.1; [Forte-Rottoli] 4.3, Complemento 11 in 4.1.4.

31/10/2024 (2 ore):

Particella libera. Buca finita.
Testi: [Picasso] 7.1, 8.2; [Forte-Rottoli] 6.1.1

04/11/2024 (2 ore)

Esercizi: stati legati per il potenziale a delta. Buca periodica. Comportamenti asintotici. Interpretazione della quantizzazione dell'energia.
Testi: per l'esercizio si veda [Testa-Patri' (I edizione)] es. 20; [Picasso] 7.4, 7.5; [Forte-Rottoli] 7.4,

06/11/2024 (2 ore):

Evoluzione temporale. Equazione di Schroedinger. Costanti del moto.
Testi: [Picasso] 9.1; [Forte-Rottoli] 5.2. [evoluzione temp]

Assegnato es. 2 del 25/06/2024, domande 1 e 2

07/11/2024 (2 ore): Esercizi sull'evoluzione temporale.

Evoluzione stati coerenti. Schema di Heisenberg. Moto armonico in schema di Heisenberg.
Testi: [Picasso] sez. 9.2, 9.3. Appunti sugli stati coerenti. [Forte-Rottoli] 5.3.1, 5.3.2, 5.3.4

Assegnati: es. 4 del 06/65, es. 1 del 06/73, es. 1 del 16/06/76. 1 del 26/01/77 [Maiani], es. 1 06/07/77 [Ferrari].

08/11/2024 (2 ore):

Evoluzione sotto l'azione di una forza costante nello schema di Heisenberg. Pacchetti d'onda. Conservazione della probabilita' sotto evoluzione temporale.
Testi: [Picasso] 9.1; [Forte-Rottoli] 7.2.3

11/11/2024 (2 ore):

Effetto tunnel. Trasmissione per un potenziale a delta. Gradino.
Testi: [Picasso] 8.3; [Forte-Rottoli] 7.2, 7.3.

Assegnati:

Es. 2 del 10/07/18 [evoluzione temporale]

Es. 2 del 20/05/19 [evoluzione temporale]

13/11/2024 (2 ore): Teoria delle perturbazioni per i livelli energetici. Esercizio sulla teoria delle perturbazioni:

$V = q^4$ per l'oscillatore armonico 1D.

Testi: [Forte-Rottoli] 13.1.

14/11/2024 (2 ore):

Quantizzazione di p, q in 3 dimensioni.

Spettro per Hamiltoniane separabili. Particella libera in 3d.

Oscillatori armonici accoppiati: studio perturbativo.

Trasformazioni canoniche in 3 dimensioni. Rotazioni come trasformazioni canoniche.

Testi: [Forte-Rottoli] 9.1, 9.2.

15/11/2024 (2 ore): Oscillatori armonici accoppiati: calcolo esatto dei modi normali.

Testi: [Picasso] 10.1; [Forte-Rottoli] 10.2.

Assegnati:

Es.2 del 20/02/17 [teoria perturbativa e dipendenza temporale]

2 del 05/07/17 [domande b,c,d, ignorando spin]

2 del 17/07/19 [buca e teoria perturbativa]

2 del 27/04/22 [perturb e oscillatore 1d]

2 del 16/02/2018 [perturbativa e oscillatori accoppiati]

1 del 9/10/1969, [buca in 2d]

18/11/2024 (2 ore):

Coordinate sferiche: vettori di base, gradiente, divergenza, Laplaciano. Momento angolare in coordinate sferiche.

Regole di commutazione del momento angolare.

Testi: [Picasso] 10.2, 10.4; [Forte-Rottoli] 10.3.1.

20/11/2024 (2 ore):

Regole di commutazione per scalari e vettori.

Quantizzazione del momento angolare (metodo algebrico).

Testi: [Picasso] 10.4; [Forte-Rottoli] 10.2.1, 10.3.2.

21/11/2024 (2 ore):

Momento angolare orbitale e armoniche sferiche.

Testi: [Picasso] 10.4; [Forte-Rottoli] 10.2.1, 10.3.2.

22/11/2024 (2 ore):

Parita' e riflessioni spaziali per le armoniche sferiche.

25/11/2024 (2 ore):

Esercizi sul momento angolare.

27/11/2024 (2 ore):

Esercizi sul momento angolare.
Rotazioni e momento angolare come generatore rotazioni.
Testi: [Picasso] 10.1, 10.3; [Forte-Rottoli] 10.1.2.

28/11/2024 (2 ore):
Equazione di Schroedinger in presenza di simmetria cilindrica. Oscillatore armonico bidimensionale.
Particella sul cerchio.
Testi: [Testa-Patri', I ed.] 6.2.1.

Assegnato: Es. 2 13/07/22 (part sulla sfera)

29/11/2024 (2 ore):
Buca periodica. Discussione del problema 1, esame Luglio 2021.
Testi: [Picasso] 11.1; [Forte-Rottoli] 11.1.

Assegnati:
Es. 2 del 21/05/20, parte 2 [oscillatore 2D]
Es. 1 del 15/07/20 [particella sul cerchio]
Es. 1 del 14/07/21 [particella in un semipiano] [prediscusso]

02/12/2024 (2 ore):
Oscillatore armonico bidimensionale.
Spettro in presenza di potenziale centrale: risultati generali.
Testi: [Picasso] 11.1; [Forte-Rottoli] 11.1

04/12/2024 (2 ore):
Oscillatore armonico isotropo tridimensionale. Buca sferica.
Testi: [Picasso] 11.1, 11.4; [Forte-Rottoli] 11.2.

Assegnati:
Es. 1 del 30/04/21 [oscillatore 2D e pert.]
Es. 1 del 27/04/22 [oscillatore 3D]

05/12/2024 (2 ore):
Soluzione del problema coulombiano: spettro discreto.
Testi: [Picasso] 11.3; [Forte-Rottoli] 11.3.1, 11.3.2, 11.3.6, 11.3.7.

06/12/2024 (2 ore):
Viriale, $\langle 1/r \rangle$, $\langle 1/r^2 \rangle$ e $\langle 1/r^3 \rangle$ per il problema Coulombiano.
Principio variazionale. Esistenza di stati legati in una dimensione.

09/12/2024 (2 ore):
Operatore di spin. Particelle di spin 1/2. Matrici di Pauli.
Rotazioni in presenza di spin.
Es. 1 del compito 11/02/2022 [Hamiltoniana con termine $z S_z$];
Testi: [Picasso] 15.1, 15.2; [Forte-Rottoli] 10.4.

11/12/2024 (2 ore): Momento angolare totale. $J = L+S$ come generatore delle rotazioni. Composizione dei momenti angolari: autostati del momento angolare totale e coefficienti di Clebsch-Gordan.
Testi: [Picasso] sez. 15.3; [Forte-Rottoli] 10.5.

12/12/2024 (1 ora): Composizione dei momenti angolari: autostati del momento angolare totale e coefficienti di Clebsch-Gordan.

13/12/2024 (2 ore):
Esercizi sulla composizione momenti angolari.

Assegnati:

Es. 1 25/06/18 [spin 1/2 quantizzato su asse n generico]

Es. 1 25/01/22 [1 particella spin 1 sulla sfera]

Es. 2 28/06/22 [spin 1/2 e oscillatore 3d]

Compito 25/05/18 [spin 1/2, oscillatore 3d e sfera] (entrambi gli es)

16/12/2024 (2 ore):
Proprieta' di scambio degli autostati di spin totale per due particelle. Principio di Pauli. Operatore di scambio per due particelle. Classificazioni degli stati per due particelle identiche noninteragenti. Testi: [Picasso] 15.1, 15.4. [Testa-Patri'], cap. 7.

19/12/2024 (1 ora): Problema dei due corpi e principio di Pauli. Testi: [Picasso] 11.2, [Forte-Rottoli] 9.3.1, 14.1

20/12/2024 (2 ore): esercizi sulle particelle identiche.

Assegnati: es. 2 30/06/2020 [Clebsch Gordan]
es. 1 17/07/2019 [tutti particelle identiche]
es. 2 02/02/2021
es. 2 27/06/2024
es. 2 12/07/2024
Es. 1 28/06/2022 [atomo idrogeno con due corpi]

08/01/2024 (2 ore):
Discussione di un sistema di tre fermioni. Stati a N fermioni, funzione d'onda come determinante.

09/01/2024 (1 ora):
Lagrangiana ed Hamiltoniana per una particella in campo elettromagnetico. Hamiltoniana in presenza di un campo magnetico costante. g dell'elettrone. Testi: [Testa-Patri'] 5.1.1.

10/01/2025 (2 ore): Trasformazioni di gauge. Sistema di Gauss e SI. Testi: [Testa-Patri'] sez. 5.1.1.

13/01/2025 (2 ore):
Esperimento di Stern-Gerlach. Precessione dello spin in campo magnetico.

15/01/2025 (2 ore):
Esercizi: effetto Stark nell'idrogeno. Testi: [Picasso] cap. 12.

TESTI:

L.E. Picasso, Lezioni di Meccanica quantistica, ETS PISA.

S. Forte e L. Rottoli, Fisica quantistica, Zanichelli.

M. Testa and S. Patri', Fondamenti di Meccanica Quantistica.