



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Fisica e Chimica - Emilio Segrè		
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2019/2020		
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2020/2021		
CORSO DILAUREA MAGISTRALE	FISICA		
INSEGNAMENTO	TERMODINAMICA QUANTISTICA		
TIPO DI ATTIVITA'	C		
AMBITO	20901-Attività formative affini o integrative		
CODICE INSEGNAMENTO	18095		
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	FIS/03		
DOCENTE RESPONSABILE	MILITELLO BENEDETTO Ricercatore		Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI			
CFU	6		
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	98		
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	52		
PROPEDEUTICITA'			
MUTUAZIONI			
ANNO DI CORSO	2		
PERIODO DELLE LEZIONI	1° semestre		
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa		
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi		
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	MILITELLO BENEDETTO Lunedì 14:30 16:00 Stanza 122, Dip. Fisica e Chimica, Via Archirafi 36. Giovedì 14:30 16:00 Stanza 122, Dip. Fisica e Chimica, Via Archirafi 36.		

DOCENTE: Prof. BENEDETTO MILITELLO

PREREQUISITI	<p>Gli studenti devono possedere conoscenze di fisica classica, di meccanica quantistica e di meccanica statistica. In particolare è opportuno che gli studenti conoscano i principi della termodinamica (classica), che sappiano descrivere coi metodi della meccanica quantistica semplici sistemi microscopici (particella libera, particella in un potenziale armonico, spin e sistemi a pochi livelli) e che conoscano concetti basilari della meccanica statistica quali spazio delle fasi, ergodicità, funzione di partizione, insiemi microcanonico, canonico e gran canonico. Gli studenti devono anche possedere sufficienti capacità di calcolo e in particolare devono saper lavorare con integrali multipli, derivate parziali e matrici.</p>
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	<p>Conoscenza e capacità di comprensione: Il Corso intende offrire agli studenti un percorso introduttivo di riflessioni sul legame tra meccanica quantistica e termodinamica. Il corso presenta idee e metodi in continuità con il grado di formazione raggiunto dagli studenti nel loro primo anno del corso di laurea magistrale in Fisica.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Sia le lezioni sia le esercitazioni saranno strategicamente organizzate in modo da coinvolgere gli studenti in discussioni collettive mirate a un approfondimento di concetti quali, per esempio, entropia e temperatura. Particolare spazio sarà dedicato alla comprensione del ruolo giocato dall'entanglement nell'emergenza del comportamento termodinamico di sistemi bipartiti o multipartiti. Agli studenti sarà proposto un percorso volto a farli familiarizzare con gli aspetti quantitativi e qualitativi degli argomenti trattati nel corso, non tralasciando l'acquisizione di confidenza con la classe di problemi importanti e concettuali a tutt'oggi aperti e dibattuti nella letteratura riguardanti la termodinamica quantistica.</p> <p>Autonomia di giudizio: Lo studente sarà stimolato a rielaborare ciò che apprende in classe. Le finalità primarie sono l'addestramento alla comprensione dei problemi e la stimolazione all'individuazione di ulteriori problemi meritevoli di approfondimento o addirittura di essere proposti come problemi di ricerca.</p> <p>Abilità comunicative: Gli studenti dovranno acquisire la capacità di esporre in modo chiaro le problematiche discusse nell'ambito del corso. Per favorire l'acquisizione di tale capacità, la classe sarà sistematicamente invitata a dibattere sul significato e sulla risoluzione di quesiti strategicamente somministrati dal docente.</p> <p>Capacità d'apprendimento: Particolare cura e dedicata alla puntuale indicazione della bibliografia, in genere libri di testo e articoli di rassegna recenti, da utilizzare per trarre maggior profitto dal lavoro svolto in aula.</p>
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	<p>La verifica finale consta di una breve presentazione seminariale di un argomento precedentemente concordato col docente e di un esame-colloquio nel quale lo studente dovrà dimostrare di aver acquisito familiarità coi contenuti del corso, anche su argomenti diversi da quello della presentazione seminariale. La valutazione complessiva sarà formulata sulla base dei seguenti criteri:</p> <ul style="list-style-type: none">- Insufficiente se il candidato dimostra di non aver acquisito una conoscenza accettabile dei contenuti del corso;- Sufficiente (voto 18-20) se il candidato dimostra di possedere sufficiente conoscenza dei contenuti del corso ma scarsa capacità di esposizione dei concetti e di applicazione dei metodi introdotti nel corso;- Soddisfacente (voto 21-23) se il candidato dimostra di possedere sufficiente conoscenza dei contenuti e sufficiente capacità di esposizione dei concetti e di applicazione dei metodi;- Buona (voto 24-26) se il candidato dimostra di possedere buona conoscenza dei contenuti del corso, sufficiente capacità di esposizione dei concetti e sufficiente capacità di applicazione dei metodi;- Molto Buona (voto 27-29) se il candidato dimostra di possedere buona conoscenza dei contenuti, buona capacità di esposizione e discreta capacità di applicazione dei metodi;- Eccellente (voto 30-30 e lode) se il candidato dimostra di possedere ottima conoscenza dei contenuti, ottima capacità di esposizione e capacità di applicare autonomamente i metodi appresi.
OBIETTIVI FORMATIVI	<ol style="list-style-type: none">1) Comprensione del significato dello studio delle proprietà termodinamiche in ambito quantistico e comprensione delle differenze concettuali e metodologiche tra meccanica statistica e termodinamica quantistica.2) Termodinamica quantistica all'equilibrio in condizioni microcanoniche e canoniche.3) Applicazione del metodo delle medie nelle "regioni accessibili" a sistemi all'equilibrio e no.4) Processi termodinamici su scala microscopica.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	<p>La didattica è strutturata in lezioni teoriche ed esercitazioni. Le lezioni teoriche mirano a portare alla luce tutti gli aspetti problematici del legame tra termodinamica classica (TC) e meccanica quantistica (MQ), a fornire nuovi</p>

	strumenti e metodi di indagine tipici della termodinamica quantistica (TQ) e a mostrare come tali metodi possano stabilire un legame diretto tra TC e MQ nonche' essere utili nello studio dei sistemi fuori dall'equilibrio. Le esercitazioni avranno la funzione di permettere agli studenti di impadronirsi dei metodi della TQ fino al punto di applicarli allo studio di semplici situazioni fisiche.
TESTI CONSIGLIATI	1) J. Gemmer, M. Michel, G. Mahler, Quantum Thermodynamics: Emergence of Thermodynamic Behavior Within Composite Quantum Systems, (2nd Edition), Springer. 2) H.-P. Breuer and F. Petruccione, The Theory of Open Quantum Systems (Oxford University Press, Oxford, UK, 2002). 3) Altro materiale fornito dal docente. / Additional Material provided by the teacher.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
4	[Introduzione alla tematica] Necessita di rifondare la termodinamica come risultato di una teoria microscopica (meccanica quantistica). Questioni aperte e dibattito corrente sull'applicabilita delle leggi della termodinamica a sistemi aventi scala microscopica. Aspetti problematici connessi al trasferimento su scala microscopica di concetti di natura termodinamica. Collegamenti concettuali tra il comportamento termodinamico di un sistema e i sottostanti fenomeni di perdita di coerenza quantistica nella dinamica microscopica del sistema (decoerenza).
16	[Concetti alla base della Termodinamica Quantistica] Operatore densita. Meccanica quantistica di sistemi composti. Richiami di meccanica statistica d'equilibrio di sistemi classici e quantistici. Sistemi termodinamici come sistemi bipartiti: entropia ed entanglement. Debole accoppiamento e potenziali efficaci. Concetti di regione accessibile e di proprieta' tipiche; tipicita' di uno stato quantistico. Condizioni di contatto microcanoniche. Medie e varianze nelle regioni accessibili. Lo stato di minima purezza come risultato di una media nello spazio di Hilbert. Equilibrio microcanonico e tipicita' dello stato microcanonico. Scambio di energia tra sistemi. Condizioni di contatto canoniche e relativo stato di equilibrio. Probabilita di occupazione e loro fluttuazioni. Temperatura spettrale: definizione e proprieta' fondamentali.
8	[Sistemi fuori dalla condizione di equilibrio] Rassegna di metodi per lo studio di sistemi fuori dall'equilibrio: master equations, Hamiltoniane non Hermitiane, metodo dinamico delle medie nello spazio di Hilbert e sue applicazioni. Termini di lavoro e calore nelle master equation. Sistemi interagenti con due o piu' riserve a diverse temperature.
8	[Trasformazioni termodinamiche su scala microscopica] Il problema della definizione del lavoro in meccanica quantistica. Definizioni di trasformazioni isoterme, isocore e adiabatiche su scala microscopica. Cicli termodinamici quantistici che non hanno un analogo classico.
4	[Approcci alternativi allo studio della Termodinamica Quantistica] Tentativi di formulazioni assiomatiche della Termodinamica Quantistica. Principio di massima produzione di entropia.
ORE	Esercitazioni
12	[Applicazioni dei metodi studiati] Medie di polinomi su ipersfere. Derivazione dello stato gran canonico. Scrittura formale dello stato termico nel caso di forte accoppiamento tra sistema e ambiente. Calcolo di flussi di calore in specifici sistemi. Risoluzioni di master equation mirate all'analisi di processi termodinamici.