

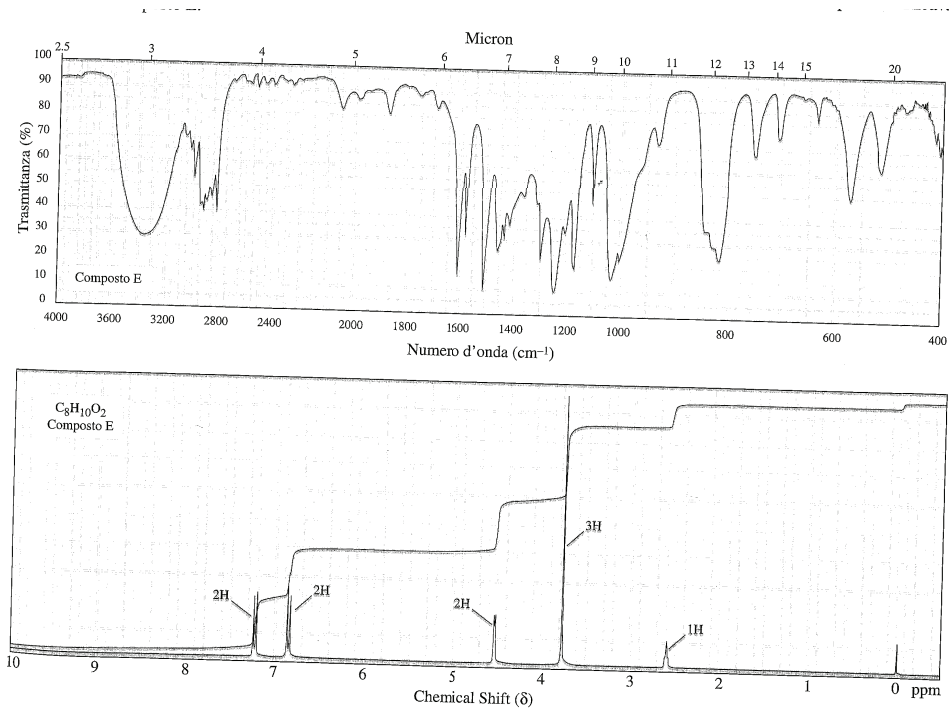
Il candidato svolga in mondo sintetico (max. 4 facciate) 1 a scelta tra i 4 temi proposti e svolga 1 dei 4 esercizi proposti.

### Temi

1. Discutere l'importanza delle simmetrie in fisica e delle leggi di conservazione associate, utilizzando gli esempi che piu' ritenete opportuni.
2. Proprieta` fisiche legate alla distribuzione spaziale della materia in sistemi dalla macro alla nano-scala possono essere misurate con metodi sperimentali che sfruttano il "tempo di volo" oppure le caratteristiche dello scattering di un opportuno fascio sonda. Scegliere un esempio (dal telerilevamento alla fisica sub-atomica) e illustrare i principi e la strumentazione utilizzabile.
3. Il legame a idrogeno: il candidato discuta la natura dell'interazione avvalendosi di una serie di esempi significativi a sua scelta.
4. Il candidato illustri il ruolo che la simmetria puo` esercitare sulle proprieta` chimico-fisiche delle sostanze;

### Esercizi

1. Gli individui di una popolazione partono dalla stessa origine seguendo un percorso rettilineo sul piano in una direzione casuale, uniformemente distribuita, fino ad incontrare una linea retta (strada) posta a distanza  $D$  dall'origine sulla quale si fermano. Schematizzare il processo in termini probabilistici e determinare la distribuzione degli individui sulla strada. Estendere la schematizzazione al caso tridimensionale in cui le traiettorie rettilinee hanno direzioni uniformemente distribuite nello spazio e intersecano un piano a distanza  $D$  dall'origine (si suggerisce di usare coordinate sferiche nello spazio e polari sul piano).
2. Un razzo di massa iniziale  $m_0$  brucia  $q$  Kg/sec di combustibile espellendo i gas ad una velocita`  $u$ . Se la massa finale e`  $m_f$ , calcolare la velocita` finale del razzo trascurando l'accelerazione di gravita' ed assumendo nulla la velocita' iniziale.
3. Il composto E e` un solido neutro di formula molecolare  $C_8H_{10}O_2$ , contenente una funzione eterea. Il suo spettro di massa mostra uno ione a  $m/z$  138 e picchi intensi a  $M-1$ , e  $M-17$ . Di seguito sono riportati gli spettri IR e  $^1H$ -NMR del composto E: ricavare la sua struttura.



4. Calcolare il valore dell'entalpia standard della reazione la cui costante di equilibrio raddoppia aumentando di 10 K la temperatura a partire da 298 K.

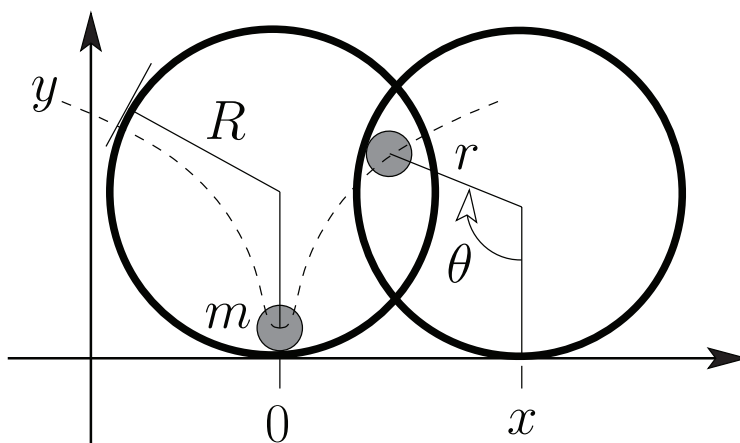
Il candidato svolga in modo sintetico (max. 4 facciate) 1 a scelta tra i 4 temi proposti e svolga 1 dei 4 esercizi proposti.

### Temi

1. Discutere la rilevanza dei fenomeni armonici e delle risonanze in fisica utilizzando esempi e/o illustrando qualche applicazione.
2. La distribuzione Gaussiana tridimensionale interviene nella descrizione di numerosi fenomeni. Illustrare nel dettaglio un esempio come il caso della distribuzione delle velocità degli atomi in un gas o il modello Gaussiano dei polimeri con angoli di legame flessibili (cammino aleatorio), specificando le caratteristiche della distribuzione del vettore e del suo modulo.
3. La catalisi: uno degli strumenti più potenti per una chimica sostenibile. Il candidato analizzi criticamente questo concetto con alcuni esempi a sua scelta.
4. Interazioni intermolecolari e stati di aggregazione della materia.

### Esercizi

1. Utilizzando le equazioni della dinamica dei sistemi (o il formalismo lagrangiano) determinare l'equazione differenziale del moto per una ruota sbilanciata che può rotolare senza slittare su un piano orizzontale in presenza di gravità. La ruota può essere schematizzata come una superficie cilindrica di massa  $M$  e raggio  $R$  (spessore trascurabile) alla quale è applicata una massa puntiforme  $m$  a distanza  $0 < r < R$  dal centro. Descrivere quale approccio, analitico o numerico, usereste, nel caso generale, per risolvere l'equazione differenziale. Determinare il periodo delle piccole oscillazioni attorno alla posizione di equilibrio stabile del sistema (origine della coordinata angolare).



2. Si consideri un gas di fotoni in equilibrio ad una temperatura  $T$  e contenuto in un volume  $V$ . Si ipotizzi che esso subisca una espansione adiabatica. Sapendo che esso soddisfa l'equazione di stato  $P = \frac{1}{3} \rho_E$ , dove  $P$  e' la pressione e  $\rho_E$  e' la densita' di energia, si derivi:

- La relazione che descrive l'andamento della densita' di energia  $\rho_E$  al variare del volume  $V$ ;
- La relazione che descrive l'andamento della temperatura del gas al variare del volume  $V$ .

3. Scrivere la reazione di formazione di ammoniaca gassosa. A 298 K l'energia libera di Gibbs standard di reazione è - 16.5 kJ/mol. Determinare l'energia libera molare di Gibbs della reazione se la pressione di azoto vale 3.0 bar, quella di idrogeno 1.0 bar e quella di ammoniaca 4.0 bar. Qual è il verso della reazione?

4. Una soluzione tampone viene preparata aggiungendo 400 mL di una soluzione di acido acetico 0.10 M ( $K_a = 1.76 \cdot 10^{-5}$ ) a 200 mL di una soluzione di acetato di sodio 0.20 M. Calcolare la variazione di pH che si osserva quando, a questa soluzione tampone, vengono aggiunti:

- a) 10 mL di una soluzione di HCl 1.00 M;
- b) 10 mL di una soluzione di NaOH 1.00 M;
- c) 100 mL di una soluzione di NaOH 1.00 M

Il candidato svolga in modo sintetico (max. 4 facciate) 1 a scelta tra i 4 temi proposti e svolga 1 dei 4 esercizi proposti.

### Temi

1. Le fluttuazioni di campi scalari o vettoriali rispetto allo stato di equilibrio sono descritti da processi ondulatori corrispondenti ad equazioni differenziali alle derivate parziali. Fornire un esempio (anche unidimensionale) illustrando le assunzioni, derivare le equazioni differenziali e descrivere le proprietà delle soluzioni.
2. In molti contesti scientifici le funzioni di interesse sono espresse tramite un integrale di convoluzione. A partire dalla definizione, illustrare il significato fisico, le proprietà matematiche e un esempio di applicazione di rilevanza teorica o sperimentale di questo formalismo.
3. Il candidato analizzi sinteticamente l'evoluzione della teoria acido-base e descriva le proprietà acido-base degli elementi chimici in relazione alla loro posizione nella tavola periodica, con esempi selezionati a sua scelta.
4. Il candidato illustri sinteticamente le più comuni tecniche spettroscopiche di indagine strutturale evidenziando il tipo di informazioni ricavabili da ciascuna tecnica, mediante esempi concreti.

### Esercizi

1. Una colonna di gas ideale di molecole biatomiche di massa  $m$ , soggetto ad un campo gravitazionale verticale uniforme, è in una configurazione di equilibrio sotto il proprio peso alla temperatura  $T$ . Impostare e risolvere l'equazione differenziale che descrive l'equilibrio termodinamico del sistema (o utilizzare argomenti di meccanica statistica) per determinare il profilo di densità (e di pressione) con la quota. Confrontare questo risultato con il caso in cui il profilo di temperatura non fosse isoterma ma adiabatico: limite ideale determinato dai processi convettivi.
2. Una particella di spin  $\frac{1}{2}$  è soggetta ad un campo magnetico esterno  $B$  ed obbedisce alla seguente Hamiltoniana:

$$H = -\mu B \sigma_z,$$

Le matrici di Pauli sono descritte da:

$$\sigma_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad \sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad \sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$$

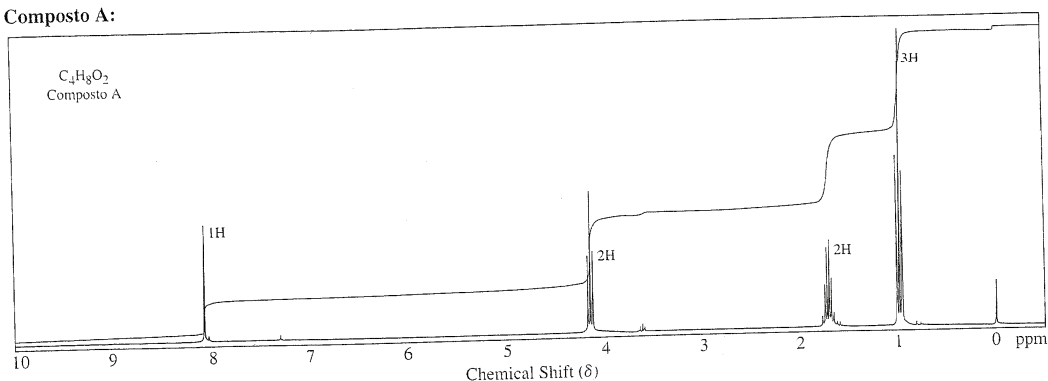
- Determinare gli autovalori e gli autostati della hamiltoniana  $H$ ;
- Determinare gli autovalori e gli autostati di  $\sigma_x$ ;

- Supponendo che al tempo  $t=0$  il sistema sia preparato in un autostato di  $\sigma_x$ , determinare la probabilità che ad un tempo  $t > 0$  esso sia trovato nell'altro autostato di  $\sigma_x$ .

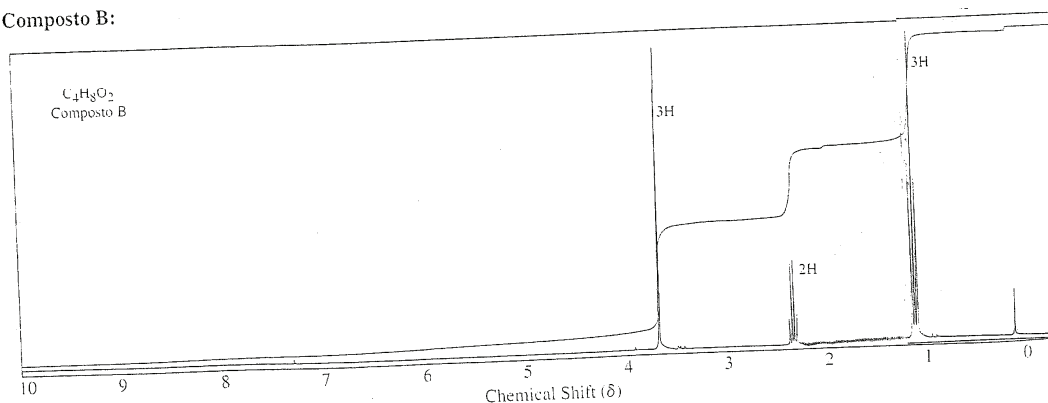
3. Calcolare la quantità, in grammi, di NaOH che deve essere aggiunta a 200 mL di una soluzione di  $H_3PO_4$  0.065 M, per ottenere una soluzione tampone a pH 7.00 ( $K_{a1} = 7.11 \cdot 10^{-3}$ ;  $K_{a2} = 6.34 \cdot 10^{-8}$ ;  $K_{a3} = 1.26 \cdot 10^{-13}$ ).

4. Si riportano tre spettri  $^1H$ -NMR di tre diversi composti come acetato di etile, formiato di propile e propionato di metile: dopo aver scritto la formula di struttura per ciascun estere, assegnare ad ognuno di essi il relativo spettro NMR, attribuendo ciascun segnale agli idrogeni corrispondenti.

Composto A:



Composto B:



Composto C:

