受験番号		氏名	

令和８年度

大学院理工学研究科
博士前期課程入学試験（一般第１期）

物 理 学 専 攻 試 験 問 題

表　紙

試験についての注意事項

（１） 解答時間は１２０分です.
（２） 試験開始の合図があるまで，この問題を開いてはいけません.
（３） 問題用紙は，表紙を除いて　１０　枚です.
（４） 全ての問題用紙に受験番号，氏名を必ず記入しなさい.
（５） 問題等に関する質問がある場合は，着席のまま手をあげなさい.

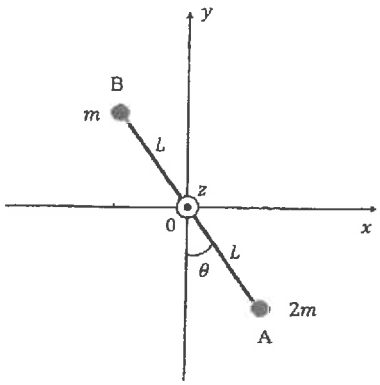
採点欄	
問題―１	
問題―２	
問題―３	
問題―４	
問題―５	
合計	/100

令和７年７月６日実施

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

［ **問題ー１** ］ 一端に質量 $2m$ の質点 A，他端に質量 m の質点 B が取りつけられている長さ $2L$ の軽くて細い棒を考える．図のように鉛直上向きを y 軸の正方向とする座標を設定する．棒の中点は常に座標の原点にあるものとする．この棒は常に xy 平面内にあり，棒の中点を通る z 軸のまわりを滑らかに回転できるものとする．棒の配位を図中の角 θ によって表し，重力加速度の大きさを g とする．以下の問いに答えなさい．



(1) 質点 A の位置ベクトルを $\vec{r}_A$，質点 B の位置ベクトルを $\vec{r}_B$ とする．$\vec{r}_A$ と $\vec{r}_B$ を θ の関数として表しなさい．

(2) 質点 A の速さ v_A と棒全体の角運動量の z 成分 L_z を $\dot{\theta}$ の関数として表しなさい．

(3) 重力による力のモーメントの和の z 成分 N_z を θ の関数として表しなさい．

(4) 棒の z 軸まわりの回転運動を記述する方程式から θ，$\ddot{\theta}$ の関係式を示しなさい．

(5) 棒が $\theta = 0$ のまわりで $|\theta| \ll 1$ とみなせる微小振動する場合の振動周期を求めなさい．

解答スペース (次ページまで)

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

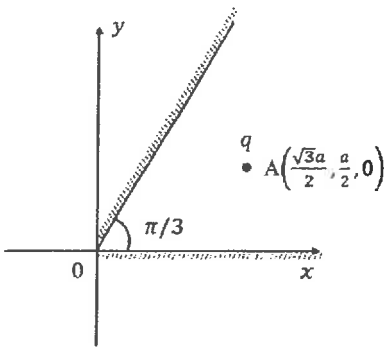
解答スペース（前ページからの続き）

採点欄 問題— 1	

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

［ **問題－２** ］図のように，真空中に$\pi/3$の角で交わる２つの接地された半無限導体平面があり，この角の２等分面上の点$\mathrm{A}\left(\frac{\sqrt{3}a}{2}, \frac{a}{2}, 0\right)(a>0)$に点電荷$q$がある場合を考える．真空の誘電率を$\varepsilon_0$とする．以下の問いに答えなさい．



(1) 鏡像法によって電位を求める場合に，配置すべき鏡像電荷（電気映像）の値とその座標をすべて答えなさい．

(2) 導体平板に挟まれた領域内の点$\mathrm{P}(x, y, z)$における電位ϕを求めなさい．

(3) 導体表面上の点$(x, 0, 0)$において誘導される電荷面密度σを求めなさい．

(4) 点Aの電荷が導体から受ける力の大きさFを求めなさい．

解答スペース（次ページまで）

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

解答スペース（前ページからの続き）

採点欄 問題一2	

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

[**問題－３**] 質量mの粒子が以下のポテンシャル$V(x,y,z)$のもとで運動している場合を考える．

$$V(x,y,z)=\frac{1}{2}m\omega^2(x^2+y^2+z^2)$$

エネルギー固有値をE，エネルギー固有関数を$\phi(x,y,z)$とおくと，シュレーディンガー方程式は

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)+V(x,y,z)\right]\phi(x,y,z)=E\phi(x,y,z)$$

と表される．ここで，$\hbar$はプランク定数を2πで割った値である．x軸上を運動する角振動数ωの調和振動子のエネルギー固有値は

$$E_n=\left(n+\frac{1}{2}\right)\hbar\omega \quad (n=0,1,2,\cdots)$$

と与えられる．また，その基底状態，第…励起状態のエネルギー固有関数は，規格化定数を除いて，それぞれ，

$$\exp\left(-\frac{1}{2}\frac{m\omega}{\hbar}x^2\right),\quad x\exp\left(-\frac{1}{2}\frac{m\omega}{\hbar}x^2\right)$$

と与えられる．以下の問いに答えなさい．

(1) $\phi(x,y,z)=X(x)Y(y)Z(z)$とおいて，シュレーディンガー方程式に代入し，$X(x),Y(y),Z(z)$がみたす方程式を求めなさい．

(2) 基底状態のエネルギー固有値を求めなさい．

(3) 第一励起状態のエネルギー固有値とその縮重度を求めなさい．

(4) $r=\sqrt{x^2+y^2+z^2}$，角運動量の大きさの２乗の演算子を$\hat{L}^2$とすると，

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}=\frac{\partial^2}{\partial r^2}+\frac{2}{r}\frac{\partial}{\partial r}-\frac{1}{r^2\hbar^2}\hat{L}^2$$

が成り立つ．また，$\hat{L}^2$は，球面極座標 r,θ,φを用いて表すと，θ,φとその微分のみを含む演算子である．第一励起状態において角運動量の大きさの２乗を測定するとき，どんな値が得られるか答えなさい．

解答スペース（次ページまで）

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

解答スペース（前ページからの続き）

採点欄 問題－3	

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

[**問題－4**] N個の質量 mの同種粒子が一辺の長さaの立方体の中に閉じ込められている理想気体を正準集団によって考察する．i番目の1粒子状態のエネルギー固有値をϵ_i，この状態を占める粒子数をn_iとすると，この系の分配関数は，気体の絶対温度をT，体積を$V(=a^3)$，ボルツマン定数をk，$\beta=(kT)^{-1}$として

$$Z(T,V)=\sum_{\sum_i n_i=N}\exp\left(-\beta\sum_i n_i\epsilon_i\right)$$

と与えられる．ただし，指数因子の和は，$\sum_i n_i=N$をみたす全ての可能な占有数の組についての和である．また，1粒子状態のエネルギー固有値は

$$\epsilon=\frac{(n_x^2+n_y^2+n_z^2)\pi^2\hbar^2}{2ma^2}\quad(n_x,n_y,n_z=1,2,3,\cdots)$$

と与えられるものとする．この場合，1粒子状態についての和は，$\boldsymbol{k}=\frac{\pi}{a}(n_x,n_y,n_z)$と定義される波数ベクトルを用いると$a\to\infty$の連続極限において

$$\sum_i=\sum_{n_x=1}^{\infty}\sum_{n_y=1}^{\infty}\sum_{n_z=1}^{\infty}=\frac{a^3}{(2\pi)^3}\int d^3\boldsymbol{k}$$

と全波数空間における積分に置き換えることができる．ヘルムホルツの自由エネルギー$F(T,V)$は分配関数を用いて

$$F(T,V)=-kT\log Z(T,V)$$

と与えられる．以下の問いに答えなさい．

(1) 熱力学第一法則 $dE=TdS-PdV$（Eは内部エネルギー，Pは圧力，Sはエントロピー）および自由エネルギーFの定義 $F=E-TS$ より，圧力およびエントロピーを自由エネルギーの偏微分によって表す式を書きなさい．

(2) $PV=\frac{2}{3}E$ を示しなさい．

(3) 高温，低密度の場合には，$Z(T,V)\simeq Z_{\mathrm{MB}}(T,V)=\frac{1}{N!}\left(\sum_i\exp(-\beta\epsilon_i)\right)^N$と近似することができる．このとき，$\frac{N}{V}$を一定としてV→∞の極限をとり，1粒子状態の和を積分におきかえて$Z_{\mathrm{MB}}(T,V)$を評価し，$P=\frac{NkT}{V}$ を示しなさい．

(4) 全ての1粒子状態について占有数が0または1であるフェルミ粒子の場合を考える．$\frac{N}{V}$を一定として$V\to\infty$の極限をとり，$T=0$における理想フェルミ気体の圧力を求めなさい．ただし，粒子の内部自由度は1と仮定しなさい．

解答スペース(次ページまで)

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

解答スペース（前ページからの続き）

採点欄 問題一4	

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

[**問題－5**] 以下の波動方程式は，両端が固定された長さLの弦の変位$u(x,t)$の時間変化を記述している（$0 \le x \le L$, $t > 0$）.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

ただし，cは正の定数とする．境界条件・初期条件は以下の通りとする．

（境界条件） $u(0,t) = u(L,t) = 0$

（初期条件） $u(x,0) = x(L-x)$

$$\left.\frac{\partial u}{\partial t}\right|_{t=0} = 0$$

以下の問いに答えなさい.

(1) まず，$u(x,t) = X(x)T(t)$と変数分離して解くことを考える．$X(x)$，$T(t)$のそれぞれに対する常微分方程式を示しなさい．必要であれば，任意の定数を用いて良い.

(2) (1)の常微分方程式の一般解は，それぞれ次のように表される.

$$X(x) = X_n(x) = A_n \cos p_n x + B_n \sin p_n x$$

$$T(t) = T_n(t) = C_n \cos \omega_n t + D_n \sin \omega_n t$$

境界条件と初期条件を満たすようなp_n，ω_nを求めなさい．また，nが取りうる値の範囲について答えなさい．さらに，境界条件から$A_n = 0$となることを示しなさい.

(3) 波動方程式は線形同次方程式であるので，(2)で得られた$u_n(x,t) = X_n(x)T_n(t)$の線型結合もまた波動方程式の解となる．したがって，波動方程式の一般解は次のように表される.

$$u(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} u_n(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} (C_n \cos \omega_n t + D_n \sin \omega_n t) \sin p_n x$$

初期条件を用いて，C_nおよびD_nを求めなさい．ここで，関数$g(x)$が次のように表されるとき，

$$g(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin\left(\frac{m\pi}{L} x\right) \qquad (0 \le x \le L)$$

その係数はa_nは，

$$a_n = \frac{2}{L} \int_0^L g(\xi) \sin\left(\frac{m\pi}{L} \xi\right) d\xi \qquad (m = 1, 2, 3, \cdots)$$

で与えられることを用いなさい.

解答スペース（次ページまで）

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

解答スペース（前ページからの続き）

採点欄 問題―5	

令和８年度
日本大学大学院 理工学研究科
解答

種別	博士前期課程入学試験（一般第１期）
専攻	物理学専攻

[問題－１]

(1)

$$\vec{r}_{\mathrm{A}} = (L\sin\theta, -L\cos\theta, 0) \qquad \vec{r}_{B} = (-L\sin\theta, L\cos\theta, 0)$$

(2)

$$v_{\mathrm{A}} = L\left|\dot{\theta}\right| \qquad L_z = 3mL^2\dot{\theta}$$

(3)

$$N_z = -mgL\sin\theta$$

(4)

$$\ddot{\theta} = -\frac{g}{3L}\sin\theta$$

(5)

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{3L}{g}}$$

[問題－２]

(1)　　$+q$の電荷　　$(0, -a, 0)$, $\left(-\frac{\sqrt{3}a}{2}, \frac{a}{2}, 0\right)$

　　$-q$の電荷　　$\left(\frac{\sqrt{3}a}{2}, -\frac{a}{2}, 0\right)$, $\left(-\frac{\sqrt{3}a}{2}, -\frac{a}{2}, 0\right)$, $(0, a, 0)$

(2)

$$\phi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left\{\frac{1}{\sqrt{\left(x-\frac{\sqrt{3}}{2}a\right)^2+\left(y-\frac{a}{2}\right)^2+z^2}}+\frac{1}{\sqrt{\left(x+\frac{\sqrt{3}}{2}a\right)^2+\left(y-\frac{a}{2}\right)^2+z^2}}\right.$$
$$+\frac{1}{\sqrt{x^2+(y+a)^2+z^2}}-\frac{1}{\sqrt{\left(x-\frac{\sqrt{3}}{2}a\right)^2+\left(y+\frac{a}{2}\right)^2+z^2}}$$
$$\left.-\frac{1}{\sqrt{\left(x+\frac{\sqrt{3}}{2}a\right)^2+\left(y+\frac{a}{2}\right)^2+z^2}}-\frac{1}{\sqrt{x^2+(y-a)^2+z^2}}\right\}$$

(3)

$$\sigma = \frac{qa}{4\pi}\left\{-\frac{1}{\left\{\left(x-\frac{\sqrt{3}}{2}a\right)^2+\left(\frac{a}{2}\right)^2\right\}^{\frac{3}{2}}}-\frac{1}{\left\{\left(x+\frac{\sqrt{3}}{2}a\right)^2+\left(\frac{a}{2}\right)^2\right\}^{\frac{3}{2}}}+\frac{2}{(x^2+a^2)^{\frac{3}{2}}}\right\}$$

(4)

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{a^2}\left(\frac{5}{4}-\frac{\sqrt{3}}{3}\right)$$

[問題－３]

(1) E_x，E_y，E_zを$E_x+E_y+E_z=E$をみたす定数として

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2}{dx^2}+\frac{1}{2}m\omega^2x^2\right)X = E_xX$$
$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2}{dy^2}+\frac{1}{2}m\omega^2y^2\right)Y = E_yY,$$
$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2}{dz^2}+\frac{1}{2}m\omega^2z^2\right)Z = E_zZ$$

(2) $E = \left(n_x+n_y+n_z+\frac{3}{2}\right)\hbar\omega$

基底状態は$n_x=n_y=n_z=0$の場合で，エネルギー固有値は$E=\frac{3}{2}\hbar\omega$

(3) 第一励起状態は$(n_x,\ n_y,\ n_z) = (1,\ 0,\ 0),\ (0,\ 1,\ 0),\ (0,\ 0,\ 1)$の場合で，

エネルギー固有値は$E = \frac{5}{2}\hbar\omega$，縮重度は 3

(4) $\hat{L}^2\phi = 2\hbar^2\phi$ より，第一励起状態において角運動量の大きさの 2 乗を測定すると $2\hbar^2$の値が得られる。

[問題－4]

(1) $P = -\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T, S = -\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V$

(2) $P = -\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T = kT\frac{\partial}{\partial V}\log Z = kT\frac{1}{Z}\frac{\partial Z}{\partial V} = kT\frac{1}{Z}\frac{da}{dV}\frac{\partial Z}{\partial a} = \frac{2}{3}\frac{1}{V}E$ より，$PV = \frac{2}{3}E$

(3) $Z(T,V) \simeq \frac{1}{N!}\left(\sum_i \exp(-\beta e_i)\right)^N$ と近似すると

$$P = -\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T = kT\frac{\partial}{\partial V}\log Z = NkT\frac{\partial}{\partial V}\log\sum_i \exp(-\beta e_i)$$

連続極限をとり，和を積分に置き換えると

$$\sum_i \exp(-\beta\epsilon_i) = \frac{a^3}{(2\pi)^3}\int_0^\infty 4\pi k^2\, dk \exp\left(-\beta\frac{\hbar^2k^2}{2m}\right) \propto V\beta^{-\frac{3}{2}}$$

よって，$P = NkT\frac{\partial}{\partial V}\log \boldsymbol{V} = \frac{NkT}{V}$

(4)

$$P = \frac{2}{5}(6\pi^2)^{2/3}\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{N}{V}\right)^{\frac{5}{3}}$$

[問題－5]

(1) 任意の定数 k を用いるとそれぞれの常微分方程式は，

$$\ddot{X}(x) + k\ X(x) = 0$$
$$\ddot{T}(t) + c^2k\ T(t) = 0$$

と表せる．

(2) (1)の微分方程式において， $X(x)$ の一般解は，

$$X(x) = A\cos\sqrt{k}x + B\sin\sqrt{k}x$$

であり，境界条件$u(0,t) = u(L,t) = 0$より

$$A = A_n = 0, \qquad \sin\sqrt{k}x = 0 \quad \Rightarrow \quad \sqrt{k} = p_n = \frac{n\pi}{L}$$

n の取りうる範囲は，正の整数 $(n = 1,2,3,\cdots)$となる．また， $T(t)$ の一般解は

$$T(t) = C\cos c\sqrt{k}t + D\sin c\sqrt{k}t = C\cos\frac{nc\pi}{L}x + D\sin\frac{nc\pi}{L}x$$

であり，$\omega_n = \frac{nc\pi}{L}$ となる

(3) 波動方程式の一般解は，

$$u(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} u_n(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty}\left(C_n\cos\left(\frac{nc\pi}{L}t\right) + D_n\sin\left(\frac{nc\pi}{L}t\right)\right)\sin\left(\frac{n\pi}{L}x\right)$$

と表される．初期条件より，

$$C_n = \frac{4L^2}{(n\pi)^3}\{1-(-1)^n\}$$

$$D_n = 0$$

令和８年度
日本大学大学院 理工学研究科
出題意図

種別	博士前期課程入学試験（一般第１期）
専攻	物理学専攻

[問題－１]
位置ベクトルや速度（速さ），角運動量，力のモーメントといった力学の基礎的な内容に加えて，角運動量と力のモーメントの関係および微小振動の場合の周期の理解力を問う．

[問題－２]
電荷鏡像法の理解力を問う．特に，鏡像電荷の位置を正確に把握し，それらを用いて導体平板に挟まれた領域の電位や導体表面に誘起される電荷面密度などを導出できるかについて問う．

[問題－３]
調和振動子の固有値，固有関数，３次元空間におけるシュレーディンガー方程式を変数分離法によって解く手順，角運動量の固有値，固有関数，エネルギー固有値の縮退や縮重度についての理解力を問う．

[問題－４]
熱力学関数とその偏微分に関する関係式についての理解力を問う．また，理想気体を量子統計における正準集団で取り扱う方法，フェルミ・ディラック統計における縮退圧についての理解力を問う．

[問題－５]
波動方程式に対して変数分離法を用いた解析的解法の基本的手順についての理解力を問う．境界条件および初期条件を踏まえて，フーリエ級数展開により一般解を構成し，その係数を適切に求める力を問う．

受験番号		氏名	

令和８年度

大学院理工学研究科
博士前期課程入学試験（一般第２期）

物 理 学 専 攻 試 験 問 題

表　　紙

試験についての注意事項

（1） 解答時間は１２０分です.
（2） 試験開始の合図があるまで，この問題を開いてはいけません.
（3） 問題用紙は，表紙を除いて　１０　枚です.
（4） 全ての問題用紙に受験番号，氏名を必ず記入しなさい.
（5） 問題等に関する質問がある場合は，着席のまま手をあげなさい.

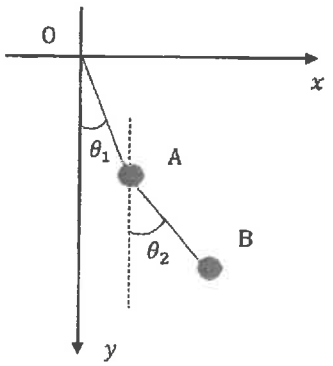
採点欄	
問題―1	
問題―2	
問題―3	
問題―4	
問題―5	
合計	/100

令和７年９月７日実施

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

［ **問題－１** ］同じ質量mをもつ小球A，Bを長さℓのひもで連結し，小球Aにはもう1本の長さℓのひもを結び，天井の固定点に結び付けた．ひもは伸び縮みせず張ったままの状態で，その質量は無視できるとする．2つの小球は同一の鉛直面内を運動し，それらの大きさは無視できるものとする．図のように，天井の固定点を原点Oとし，鉛直下向きにy軸をとり，小球が運動する鉛直面内に水平方向にx軸をとる．2本のひもが鉛直方向となす角を図のようにθ_1，θ_2とし，重力加速度の大きさをgとして，以下の問いに答えなさい．



(1) 小球Aの座標 (x_A, y_A) は $x_A = \ell\sin\theta_1$，$y_A = \ell\cos\theta_1$と表される．小球Aの運動エネルギーをθ_1, θ_2とその時間微分$\dot{\theta}_1$，$\dot{\theta}_2$，m，ℓなどを用いて表しなさい．

(2) 小球Bの座標 (x_B, y_B) をℓ，θ_1，θ_2を用いて表しなさい．

(3) 小球A，Bからなる系のラグランジアンLをθ_1，θ_2およびその時間微分$\dot{\theta}_1$，$\dot{\theta}_2$，m，ℓ，gなどを用いて表しなさい．ただし，位置エネルギーの基準は適当に選んでよい．

(4) 小球A，Bの運動方程式を書きなさい．また，$|\theta_1|$，$|\theta_2| \ll 1$の場合を考え，これらの角度変数の2次以上の項を無視した運動方程式を書きなさい．

(5) 2つの小球が $\theta_1 = \theta_2 = 0$ の位置で静止しているとする．小球Aのみにx軸の正の向きに大きさ v_0の速度を与えるとき，時間 t が経過した後の θ_1，θ_2を求めなさい．ただし，v_0の値は小さく，$|\theta_1|$，$|\theta_2| \ll 1$であるとする．

解答スペース(次ページまで)

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

解答スペース（前ページからの続き）

採点欄 問題一1	

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

[**問題－２**] 誘電率 ϵ の一様な物質からなる厚さ一定の広く薄い板がある．大きさEの一様な電場が存在する真空中に，この板が静止して置かれている．真空の誘電率をϵ_0，$\epsilon > \epsilon_0$であるとし，以下の問いに答えなさい．

(1) 板の表面に平行な電場の成分の大きさが，板の内部でE_{t1}，外部でE_{t2}であるとき，E_{t1}とE_{t2}のあいだに成り立つ関係式を書きなさい．

(2) 板の表面に垂直な電場の成分の大きさが，板の内部でE_{n1}，外部でE_{n2}であるとき，E_{n1}とE_{n2}のあいだに成り立つ関係式を書きなさい．

(3) 板の法線方向が一様な電場の向きと一致するとき，板の内部の電場の大きさを求めなさい．また，板の表面に現れる分極電荷の面密度を求めなさい．

(4) 板の法線方向が一様な電場の向きとθの角をなすとき，板の内部の電場の大きさを求めなさい．

(5) 板にはたらく力のモーメントが最大となるのは，板の向きがどんなときか答えなさい．

解答スペース（次ページまで）

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

解答スペース（前ページからの続き）

採点欄 問題一2	

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

［ **問題－３** ］質量mの自由粒子が，半径aの球内に閉じ込められているとする．この系におけるポテンシャル$V(r)$は，3次元空間における無限に深い球対称の井戸型ポテンシャルとして以下のように与えられる．

$$V(r) = \begin{cases} 0 & (0 \le r < a) \\ \infty & (a \le r) \end{cases}$$

このとき，粒子の波動関数$\psi(r)$は，時間に依存しないシュレーディンガー方程式に従う．極座標(r, θ, ϕ)における波動関数は，動径波動関数$R(r)$と球面調和関数$Y_{lm}(\theta, \phi)$を用いて次のように表される．

$$\psi(r) = \psi(r, \theta, \phi) = R(r)Y_{lm}(\theta, \phi)$$

ここでは，方位量子数$l = 0$に対応する束縛状態を考える．このとき，球面調和関数は$Y_{00}(\theta, \phi) = 1/\sqrt{4\pi}$となり，その絶対値の二乗は一定である．したがって，動径方向のシュレーディンガー方程式は，エネルギー固有値をEとして以下の形で与えられる．

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{1}{r^2}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}r}\left(r^2\frac{\mathrm{d}R(r)}{\mathrm{d}r}\right) + V(r)R(r) = ER(r)$$

ただし，$\hbar$はプランク定数を2πで割った定数である．また，動径波動関数には次の境界条件が課される．

$$|R(r)| < \infty \quad \text{（特に}r = 0\text{ において発散しない）}$$
$$R(a) = 0$$

以下の問いに答えなさい．

(1) エネルギー固有値を$E = \hbar^2k^2/2m$とする．動径波動関数を$R(r) = \chi(r)/r$とおいて，関数$\chi(r)$に対する微分方程式を導出し，その一般解を求めなさい．

(2) (1)で求めた一般解に境界条件を適用して，kが取りうる値が離散的になることを示しなさい．また，エネルギー固有値E_nを適当な整数nを用いて表し，それに対応する動径波動関数$R_n(r)$を求めなさい．

(3) (2)で求めた固有関数を規格化しなさい．

解答スペース（次ページまで）

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

解答スペース（前ページからの続き）

採点欄 問題―3	

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

[**問題－4**] 固体中の原子の振動を，互いに独立なN個の３次元調和振動子として考える．１個の１次元調和振動子のエネルギー準位ε_nは，角振動数ωを用いて，

$$\varepsilon_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega \qquad (n = 0, 1, 2, \cdots)$$

で与えられる．ここで，nは調和振動子の状態を表す整数，$\hbar$はプランク定数hを2πで割った定数である．
この固体は，絶対温度Tの熱浴と熱平衡状態にあるものとする．ボルツマン定数をk_Bとし，必要に応じて逆温度$\beta = 1/(k_B T)$ を用いてもよい．正準集団の考え方を用いて，以下の問いに答えなさい．

(1) １次元調和振動子１個の分配関数Z_1を求めなさい．
(2) １次元調和振動子１個のエネルギー期待値$\langle E_1 \rangle$を求めなさい．
(3) 固体中の原子の振動を，N個の３次元調和振動子として考える．１個の３次元調和振動子は，３つの独立な１次元調和振動子(n_x, n_y, n_z)の組み合わせとして考えることができる．このとき，１個の３次元調和振動子のエネルギー$\varepsilon_{n_x,n_y,n_z}$は，$\varepsilon_{n_x} + \varepsilon_{n_y} + \varepsilon_{n_z}$で表される．この固体を互いに独立な$N$個の３次元調和振動子として考えて，その分配関数$Z$を$Z_1$を用いて表しなさい．
(4) この固体のエネルギー期待値$\langle E \rangle$を求めなさい．
(5) この固体の熱容量を求めなさい．
(6) (5)で求めた熱容量の高温極限を求めなさい．
(7) (5)で求めた熱容量の低温極限の振る舞いを説明しなさい．

解答スペース（次ページまで）

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

解答スペース（前ページからの続き）

採点欄 問題一4	

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

［ **問題－５** ］以下の問いに答えなさい．

(1) 次の関数$f(x)$のn次導関数を求めなさい．

$$f(x) = \sin 2x$$

(2) $\vec{a}_1$，$\vec{a}_2$，$\vec{a}_3$をベクトル空間Vのベクトルとする．この時，$\vec{a}_1 + \vec{a}_2$，$\vec{a}_2 + \vec{a}_3$，$\vec{a}_3 + \vec{a}_1$が線形独立であれば，$\vec{a}_1$，$\vec{a}_2$，$\vec{a}_3$が線形独立であることを示しなさい．

(3) 次の微分方程式の一般解$y(x)$を求めなさい．

$$\frac{dy}{dx} + y = xy^3$$

(4) 複素積分を利用することにより，次の定積分の値を求めなさい．

$$\int_0^{2\pi} \frac{1}{3 + 2\cos\theta} d\theta$$

解答スペース（次ページまで）

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

解答スペース（前ページからの続き）

採点欄 問題―5	

令和８年度
日本大学大学院 理工学研究科
解答

種別	博士前期課程入学試験（一般第２期）
専攻	物理学専攻

[問題－１]

(1)

$$\frac{1}{2}m\ell^2\dot{\theta}_1^2$$

(2)

$$x_B = \ell\ (\sin\theta_1 + \sin\theta_2), \qquad y_B = \ell\ (\cos\theta_1 + \cos\theta_2)$$

(3)

$$L = \frac{1}{2}m\ell^2\dot{\theta}_1^2 + \frac{1}{2}m\ell^2\left[\dot{\theta}_1^2 + \dot{\theta}_2^2 + 2\dot{\theta}_1\dot{\theta}_2\cos(\theta_1 - \theta_2)\right]$$
$$+mg\ell\cos\theta_1 + mg\ell\ (\cos\theta_1 + \cos\theta_2)$$

(4)

$$2m\ell^2\ddot{\theta}_1 + m\ell^2\ddot{\theta}_2\cos(\theta_1 - \theta_2) - m\ell^2\dot{\theta}_2(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_2)\sin(\theta_1 - \theta_2)$$
$$+m\ell^2\dot{\theta}_1\dot{\theta}_2\sin(\theta_1 - \theta_2) + 2mg\ell\ \sin\theta_1 = 0$$

$$m\ell^2\ddot{\theta}_2 + m\ell^2\ddot{\theta}_1\cos(\theta_1 - \theta_2) - m\ell^2\dot{\theta}_1(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_2)\sin(\theta_1 - \theta_2)$$
$$-m\ell^2\dot{\theta}_1\dot{\theta}_2\sin(\theta_1 - \theta_2) + mg\ell\ \sin\theta_2 = 0$$

$|\theta_1|$，$|\theta_2| \ll 1$の場合，$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{\ell}}$ とおくと

$$2\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2 + 2\omega_0^2\theta_1 = 0$$
$$\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2 + \omega_0^2\theta_2 = 0$$

(5)

$$\theta_1 = \frac{2+\sqrt{2}}{4\omega_+}\frac{v_0}{\ell}\sin\omega_+ t + \frac{2-\sqrt{2}}{4\omega_-}\frac{v_0}{\ell}\sin\omega_- t$$

$$\theta_2 = -\sqrt{2}\frac{2+\sqrt{2}}{4\omega_+}\frac{v_0}{\ell}\sin\omega_+ t + \sqrt{2}\frac{2-\sqrt{2}}{4\omega_-}\frac{v_0}{\ell}\sin\omega_- t$$

ただし，$\omega_+ = \sqrt{2+\sqrt{2}}\omega_0$，$\omega_- = \sqrt{2-\sqrt{2}}\omega_0$ $\left(\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{\ell}}\right)$

[問題－２]

(1) $E_{t1} = E_{t2}$

(2) $\epsilon E_{n1} = \epsilon_0 E_{n2}$

(3)　電場の大きさ　$\frac{\epsilon_0}{\epsilon}E$，分極電荷の面密度 $\pm\left(1-\frac{\epsilon_0}{\epsilon}\right)\epsilon_0 E$

(4)

$$\sqrt{\left(\frac{\epsilon_0}{\epsilon}\right)^2\cos^2\theta+\sin^2\theta}\;\;E$$

(5)　$\theta=\frac{\pi}{4}$　のとき

[問題－３]
(1)

$$\frac{d^2\chi}{dr^2}+k^2\chi=0$$

一般解は，A，Bを任意定数として

$$\chi(r)=A\sin kr+B\cos kr$$

(2) 境界条件$\chi(0)=0$より$B=0$，また $\chi(a)=0$より$\sin ka=0$．これよりkは離散的な値をとる．

$$E_n=\frac{n^2\pi^2\hbar^2}{2ma^2},\qquad R_n(r)=\frac{A_n}{r}\sin\frac{n\pi r}{a}\quad(A_n\text{は定数})$$

(3)

$$R_n(r)=\sqrt{\frac{2}{a}}\frac{1}{r}\sin\frac{n\pi r}{a}$$

[問題－４]
(1)

$$Z_1=\frac{e^{-\beta\hbar\omega/2}}{1-e^{-\beta\hbar\omega}}$$

(2)

$$\langle E_1\rangle=\frac{\hbar\omega}{2}+\frac{\hbar\omega}{e^{\beta\hbar\omega}-1}$$

(3)

$$Z=Z_1^{3N}$$

(4)

$$\langle E\rangle=3N\left(\frac{\hbar\omega}{2}+\frac{\hbar\omega}{e^{\beta\hbar\omega}-1}\right)$$

(5)

$$3Nk_{\mathrm{B}}\left(\frac{\hbar\omega}{k_{\mathrm{B}}T}\right)^2\frac{e^{\hbar\omega/(k_{\mathrm{B}}T)}}{(e^{\hbar\omega/(k_{\mathrm{B}}T)}-1)^2}$$

(6)

$$3Nk_B$$

(7) $T\to 0$ の極限で、熱容量は指数関数的に減少して０になる．

[問題－５]

(1)

$$f^{(n)}(x) = 2^n \sin\left(2x + \frac{n\pi}{2}\right)$$

(2)

$\vec{b}_1 = \vec{a}_1 + \vec{a}_2$，$\vec{b}_2 = \vec{a}_2 + \vec{a}_3$，$\vec{b}_3 = \vec{a}_3 + \vec{a}_1$とおき，$\vec{a}_1$，$\vec{a}_2$，$\vec{a}_3$を$\vec{b}_1$，$\vec{b}_2$，$\vec{b}_3$で表す．その結果を$A\vec{a}_1 + B\vec{a}_2 + C\vec{a}_3 = \vec{0}$に代入すると，

$$(A + B - C)\vec{b}_1 + (-A + B + C)\vec{b}_2 + (A - B + C)\vec{b}_3 = \vec{0}$$

$\vec{b}_1$，$\vec{b}_2$，$\vec{b}_3$が線形独立であることから，

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} A \\ B \\ C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$\begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = 4 \neq 0$ となるため，同次連立 1 次方程式は自明な解$A = B = C = 0$しか持たない．よって，$\vec{a}_1$，$\vec{a}_2$，$\vec{a}_3$は線形独立．

(3)

$$y^2 = \frac{2}{2x + 1 + Ce^{2x}} \quad (C\text{は任意定数})$$

(4)

$$\frac{2\sqrt{5}\pi}{5}$$

令和８年度
日本大学大学院 理工学研究科
出題意図

種別	博士前期課程入学試験（一般第２期）
専攻	物理学専攻

[問題－１]
二重振り子について，極座標を用いた運動エネルギーやラグランジアン，オイラーラグランジュ方程式の導出や初期条件を満たす解の求め方，連成振動における固有振動についての理解を問う．

[問題－２]
誘電体の境界面における電場の接続条件，表面に現れる分極電荷，電場のエネルギー密度，静電気力のモーメントと静電エネルギーの関係についての理解を問う．

[問題－３]
球対称の無限に深い井戸型ポテンシャルにおけるシュレーディンガー方程式を変数分離法によって解く手順や，境界条件を適用することで離散的なエネルギー固有値が得られること，波動関数の規格化についての理解を問う．

[問題－４]
固体の格子振動を独立３次元調和振動子によってあらわすモデルを正準集団で取り扱い，分配関数，内部エネルギー，熱容量などを計算する方法や，熱容量の高温，低温極限における振る舞いについての理解を問う．

[問題－５]
物理数学の基礎的知識について，とくに n 次導関数の導出方法，ベクトルの線形独立・線形従属の判定法，ベルヌーイ型微分方程式の解法，複素積分を利用した定積分の計算方法についての理解を問う．

受験番号	

氏名	

令和８年度

大学院理工学研究科
博士前期課程入学試験（一般第３期）

物 理 学 専 攻 試 験 問 題

表　紙

試験についての注意事項

（１）　解答時間は６０分です.
（２）　試験開始の合図があるまで，この問題を開いてはいけません.
（３）　問題用紙は，表紙を除いて＿＿５＿＿枚です.
（４）　全ての用紙に受験番号，氏名を必ず記入しなさい.
（５）　問題等に関する質問がある場合は，着席のまま手をあげなさい.

採点欄	
問題―１	
問題―２	
問題―３	
問題―４	
問題―５	
合計	/100

令和８年３月７日実施

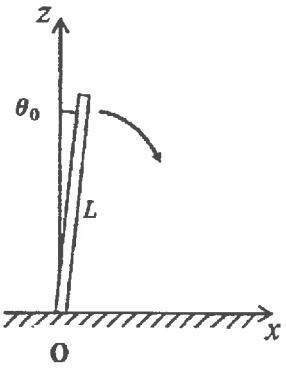
日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

[問題－１] 細く一様な棒（長さL，質量m）が鉛直上向きに立っており，その一端が点Oで床面に接している．図のように，この棒を鉛直方向から角θ_0だけ傾けて静かに放したところ，棒は床面まで倒れた．棒の運動はxz平面内に限られ，棒の端は点Oで床面に接したままであった．重力加速度をgとし，棒の傾斜角を鉛直上向き（$\theta = 0$）から測りθとする．点Oのまわりの棒の慣性モーメントIは

$$I = \frac{1}{3}mL^2$$

とする．以下の問いに答えなさい．



(1) 点Oのまわりの棒の角運動量Jを角速度$\dot{\theta}$と慣性モーメントIを用いて表しなさい．また，その時間変化dJ/dtを求めなさい．

(2) 角度方向について，角運動量の時間変化率が力のモーメントに等しいという関係を用いて，回転運動の運動方程式を導きなさい．

(3) エネルギー保存則を用いて，任意の角度θにおける角速度$\dot{\theta}$をg，L，m，θ，θ_0などを用いて表しなさい．

採点欄 問題－１	

日本大学大学院理工学研究科

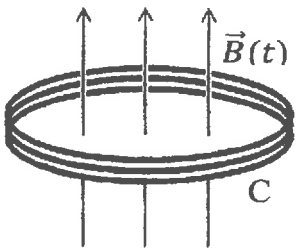
物理学専攻志望	受験番号		氏名	

[**問題－２**] 図のような半径 rの円形コイルＣ（抵抗R_0，自己インダクタンスL）が，時間 tとともに変化する一様磁場

$$\vec{B}(t) = B_0 e^{-\lambda t}\ \vec{n}$$

の中に置かれている．ここで，B_0は初期の磁束密度の大きさ，λ（>0）は減衰定数，$\vec{n}$はコイルＣの面に垂直な単位ベクトルを表す．コイルの巻き数をNとし，磁束密度はコイル面に垂直である．また外部電圧源は接続されておらず，コイルの自己インダクタンスの効果は無視できないものとする．初期状態（$t=0$）におけるコイル電流は，$I(0)=0$である．以下の問いに答えなさい．ただし，$R_0 - L\lambda \neq 0$とする．

(1) コイルＣを貫く磁束$\Phi(t)$を求めなさい．
(2) コイルＣに生じる誘導起電力$\varepsilon(t)$を求めなさい．
(3) コイルＣに流れる誘導電流 $I(t)$を求めなさい．



採点欄 問題―２	

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

[**問題－３**] $\hat{H}$をハミルトニアン演算子として，波動関数$\psi(x,t)$の時間に依存するシュレーディンガー方程は，

$$i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\psi(x,t)=\hat{H}\psi(x,t)$$

となる．ただし，$\hbar$はプランク定数を2πで割ったものである．以下の問いに答えなさい．

(1) 時間に依存しないシュレーディンガー方程式

$$\hat{H}\phi_n(x)=E_n\phi_n(x),\quad \big(\phi_m(x),\phi_n(x)\big)=\delta_{mn}\quad (m,n=1,2,3,\cdots)$$

において，時間tに依存する複素数$C_n(t)$を係数として，エネルギー固有関数を重ね合わせることで，波動関数$\psi(x,t)$を次のようにつくる．

$$\psi(x,t)=\sum_{n=1}^{\infty}C_n(t)\,\phi_n(x)$$

時間に依存するシュレーディンガー方程式に代入して，$C_n(t)$が満たす微分方程式を求めなさい．

(2) (1)の微分方程式を解いて，

$$\psi(x,t)\ =\sum_{n=1}^{\infty}C_n(0)\,\phi_n(x)e^{-t\frac{E_n}{\hbar}t}$$

となることを示しなさい．

(3) 波動関数が単一のエネルギー固有関数からなる場合，時間tにあらわには依存しない任意の演算子$\hat{A}$の期待値

$$\langle\hat{A}\rangle=(\psi,\hat{A}\psi)$$

は時間に依存しないことを示しなさい．ただし，$(\psi,\psi)=1$とする．

採点欄 問題―３	

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

[**問題－4**] 2次元空間を運動する古典的な理想気体が，温度Tの熱平衡状態にある場合を考える．1個の粒子の質量をm，ボルツマン定数をkとし，粒子を自由粒子として取り扱うとすると，この集団を構成する粒子1個の速度$\vec{v} = (v_x, v_y)$はマクスウェル-ボルツマン分布

$$f(\vec{v})dv_x dv_y = \frac{m}{2\pi kT} e^{-\frac{m}{2kT}(v_x{}^2+v_y{}^2)} dv_x dv_y$$

に従うと考えてよい．以下の問いに答えなさい．

(1) $f(\vec{v})$を確率密度関数であると考えたとき，$f(\vec{v})$が規格化されていることを示しなさい．

(2) 速さ$v = |\vec{v}|$の期待値$\langle v \rangle$を求めなさい．

(3) 速度の2乗の期待値$\langle v^2 \rangle$を求めなさい．

採点欄 問題—4	

日本大学大学院理工学研究科

物理学専攻志望	受験番号		氏名	

[**問題－5**]　以下の問いに答えなさい．

(1) 以下の方程式をみたす複素数 z の値を求めなさい．ただし，| |は行列式を表す記号である．

$$\begin{vmatrix} 1 & z & z^2 \\ z^2 & 1 & z \\ z & z^2 & 1 \end{vmatrix} = 0$$

(2) $\vec{r} = (x, y, z)$，$\vec{p}$を定数ベクトルとし，$\vec{r} \neq \vec{0}$ において以下の式でϕを定義する．勾配 $\vec{\nabla}\phi$ を求めなさい．

$$\phi = \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{|\vec{r}|^3}$$

(3) $x > 0$ に対し

$$\Gamma(x) = \int_0^\infty t^{x-1} e^{-t} dt$$

と定義するとき，$\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)$の値を求めなさい．ただし，必要ならば，$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2} dx = \sqrt{\pi}$ を用いてよい．

採点欄 問題―5	

令和８年度
日本大学大学院 理工学研究科
解答

種別	博士前期課程入学試験（一般第３期）
専攻	物理学専攻

[問題－１]
(1)

$$J = I\dot{\theta}$$

$$\frac{dJ}{dt} = I\ddot{\theta}$$

(2)

$$I\ddot{\theta} = \frac{1}{2}\ mgL\sin\theta$$

(3)

$$\dot{\theta} = \sqrt{\frac{3g}{L}(\cos\theta_0 - \cos\theta)}$$

[問題－２]

(1)

$$\Phi(t) = N\pi r^2 B_0 e^{-\lambda t}$$

(2)

$$\varepsilon = N\pi r^2 B_0 \lambda e^{-\lambda t}$$

(3)

$$I(t) = \frac{N\pi r^2 B_0 \lambda}{R_0 - \lambda L}\left(e^{-\lambda t} - e^{-\frac{R_0}{L}t}\right)$$

[問題－３]
(1)

$$i\hbar\frac{dC_n(t)}{dt} = E_n C_n(t)$$

(2)
(1)で求めた微分方程式を解くことで,

$$C_n(t) = C_n(0)e^{-\frac{iE_n}{\hbar}t}$$

これを，$\psi(x,t)$に代入する.

(3)

$$\langle \hat{A} \rangle = \left(\psi(x,t), \hat{A}\ \psi(x,t) \right) = \left(\psi(x,0), \hat{A}\ \psi(x,0) \right) = \langle \hat{A} \rangle \big|_{t=0}$$

となるため，$\langle \hat{A} \rangle$は時間に依存しない．

[問題－４]

(1)

$$\int_{-\infty}^{\infty} dv_x \int_{-\infty}^{\infty} dv_y \, f(\vec{v}) = 1$$

となるので，規格化されている．

(2)

$$\frac{1}{2}\sqrt{\frac{2\pi kT}{m}}$$

(3)

$$\frac{2kT}{m}$$

[問題－５]

(1)

$$z = 1, \quad \frac{-1 \pm \sqrt{3}i}{2}$$

(2)

$$\nabla\phi = \frac{\boldsymbol{p}|\boldsymbol{r}|^2 - 3(\boldsymbol{p}\cdot\boldsymbol{r})\boldsymbol{r}}{|\boldsymbol{r}|^5}$$

(3)

$$\sqrt{\pi}$$

令和８年度
日本大学大学院 理工学研究科
出題意図

種別	博士前期課程入学試験（一般第３期）
専攻	物理学専攻

[問題－１]
剛体棒の回転運動について，角運動量の時間変化を表す方程式，エネルギー保存則を用いた角速度の求め方など，剛体系の力学に対する理解を問う．

[問題－２]
時間変動する磁場中に置かれた円形コイルについて，誘導起電力，誘導電流の時間応答，ジュール熱の発生過程など，電磁誘導と過渡現象に対する理解を問う．

[問題－３]
１次元の量子系について，エネルギー固有関数による波動関数の展開，定常状態における演算子の期待値など，波動関数や期待値の時間発展に対する理解を問う．

[問題－４]
２次元の理想気体について，分布関数の規格化，速さおよび速度の２乗の期待値の計算方法など，マクスウェル-ボルツマン分布に対する理解を問う．

[問題－５]
行列式，スカラー場の勾配，ガンマ関数について，それぞれの定義や演算の結果，関数の値を求める方法など，初歩的な物理数学に対する理解を問う．