

※いずれかを○で囲んでください		必ず○で囲んでください	
解答用紙		問題用紙	
不要 (直接記入)	1枚もの	計算 用紙	両面 印刷
	2枚もの	要・不要	ホチキス 使用
		要・不要	要・不要

イ 試験実施上の注意事項(例えばノート使用可否等)をご記入下さい  
 ロ 試験の実施時間は、90 分の時間内で各担当教員のご判断により設定してください。  
 ハ 問題をご記入の際は万年筆又はボールペン(黒)でご記入下さい  
 ニ 細かい切り貼りは、はがれ落ちる可能性があるのでおやめ下さい  
 ホ 問題用紙が複数枚ある場合、両面印刷、ホチキス止めを希望する場合は「要」に○を、  
 希望しない場合は「不要」に○をしてください。  
 ※ 記入がない場合は「不要」と判断しますので、ご容赦ください。

印刷枚数
------

科目名	材料量子力学	対象	2TM	学部 専攻科	学 科	学 科 専攻科	学籍 番号		評 点
2019 年 月 日 ( )		時限		担当	田村 隆治	学年		氏名	
試験 時間	60 分	注意事項	1.筆記用具以外持込不可 2.下記のみ参照(持込可) [ 電卓 ]						

以下の問いに答えなさい。必要な、次の数値、公式、関係式を用いよ。 $h = 2\pi\hbar = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$ ,

$c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ ,  $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ,  $m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ,  $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ ,  $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ /mol}$ ,

$$E_n = (n + 1/2)\hbar\omega, E_l = l(l+1)\hbar^2/2I, \hat{p}_x = -i\hbar \frac{\partial}{\partial x}, \hat{l}_z = -i\hbar \frac{\partial}{\partial \phi}$$

- 1 (全般) 以下の各問いに答えよ。なお、(1)、(2)で温度は  $T$  とする。また、(1)、(2)は結果のみでなく簡単な説明も加えなさい。

- 古典統計力学によれば一次元調和振動子が熱平衡で平均として受け取るエネルギーはいくらか。
- 古典統計力学によれば三次元空間を運動する自由粒子が熱平衡で平均として受け取るエネルギーはいくらか。
- 室温(290K)で熱運動している中性子のド・ブローイ波長は何 nm か。
- 球面調和関数  $Y_{lm}(\theta, \phi)$  はある 2 つの演算子の同時固有状態を表しているが、どのような固有方程式を満足するか、固有値もあわせて答えなさい。

- 2 (量子力学の基本原理解) あるエルミート演算子  $\hat{P}$  の規格化された固有関数を  $|\Psi_n\rangle$ 、その固有値を  $\omega_n$  とする。

( $n = 0, 1, 2, \dots$ ) ただし、エルミート演算子は任意の  $\Psi$ 、 $\Phi$  に対して次の関係を満たすものをいう。

$$\langle \Psi | \hat{P} | \Phi \rangle^* = \langle \Phi | \hat{P} | \Psi \rangle$$

- $\langle \Psi_n | \hat{P} | \Psi_n \rangle$  はいくらか。
- $\omega_n$  が実数であることを示せ。
- 一般の状態  $|\Psi\rangle$  はどのように表されるか。
- 系が  $|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|\Psi_0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|\Psi_1\rangle$  の状態にあるとき、物理量  $P$  を測定するとどのような結果が得られるか。

確定値が得られる場合はその値を、確定値が得られない場合は得られる観測値と期待値を答えなさい。

- 3 (並進) 一次元の長さ  $L$  のリング上を運動する自由粒子に関する以下の各問いに答えよ。

- シュレディンガー方程式をかけ。
- このシュレディンガー方程式の解は  $\Psi = Ae^{ikx}$  の形をとる。 $k$  にはどのような制限がつくか、答えよ。
- エネルギー固有値を求めよ。ただし、 $k$  を用いないこと。
- 固有関数を規格化せよ。

- 4 (振動) 温度 1000K における  $N_2$  分子の振動に関して、以下の各問いに答えよ。ただし、力の定数を 2290 N/m とする。また、 $N$  の分子量を 14 とする。

- 換算質量を kg 単位で求めよ。
- エネルギー準位の間隔は何 J か。
- ゼロ点エネルギーは何 J か。
- ゼロ点エネルギーの存在は絶対零度でも原子が静止しないことを示す。そうなる理由を述べよ。
- $N_2$  分子が振動の基底状態および第一励起状態にいる確率をそれぞれ  $P_0$ 、 $P_1$  とする。 $P_1/P_0$  を求めよ。

- 5 (回転) 温度 1000K における  $N_2$  分子の回転に関して、以下の各問いに答えよ。ただし、結合距離を 110 pm とする。

- 慣性モーメント(kg・m<sup>2</sup>)を求めよ。
- 回転の基底状態( $l=0$ )と第 10 励起状態( $l=10$ )のエネルギーはそれぞれ何 J か。
- 回転の第 10 励起状態( $l=10$ )にある  $N_2$  分子が取り得る角運動量の  $z$  成分を答えよ。
- $N_2$  分子が基底状態および第 10 励起状態( $l=10$ )にある確率をそれぞれ  $P_0$ 、 $P_{10}$  とする。 $P_{10}/P_0$  を求めよ。



CamScanner