

2018年4月入学試験

大学院先進理工学研究科一貫制博士課程

先進理工学専攻

問題表紙

- ◎問題用紙が 10 ページあることを試験開始直後に確認しなさい。
- ◎解答用紙が 3 枚綴りが 1 組あることを試験開始直後に確認しなさい。

選択科目 A 群の物理 I, 化学 I, 電気・電子 I, 生命科学 I の中から一科目, 選択科目 B 群の物理 II, 化学 II, 電気・電子 II, 生命科学 II の中から一科目を選択して解答しなさい。

注意事項

1. 解答用紙 (別紙) は 3 枚 1 組です。解答用紙すべてに受験番号, 氏名を明記しなさい。
2. 解答用紙の問題番号欄及び科目名欄に, 選択した問題番号と科目名を明記しなさい。ただし, 化学 II を選択した場合は指定された解答用紙(解答用紙 3)を用いて解答しなさい。
4. 小門が設定されている場合は解答用紙の解答欄に各自で各小門番号を書き込み, どの設問に対する解答であるかを判別できるようにしなさい。
4. 電子卓上計算機は試験会場に準備したものを使用しなさい。自分で持ち込んだ計算機類 (電卓, コンピューター, 携帯電話など) は使用できません。
5. 解答は日本語または英語で行いなさい。

2018年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科一貫制博士課程先進理工学専攻

科目名： _____ 物理 I _____

問題番号

1

1. おもさと厚さの無視できる直方体の箱（大きさ $a \times a \times 2b$, $a > 2b$ ）の内部のどこかに、半径 b 、質量 m のビー玉が固定されている（Figure 1）。このビー玉入り直方体を、大きさの無視できる爪のついた平板の上に置き、板を片方だけ持ち上げる。傾斜を徐々に大きくしたところ、ある角度を超えた時に直方体は板から離れ、爪に接した辺を軸として回転し始めた。直方体の底面が板からはなれる瞬間の板の傾斜角度は、面 ABFE を下にしたときは 30° 、面 BCGF を下にしたときは 45° だった。重力加速度を g として次の問いに答えよ。

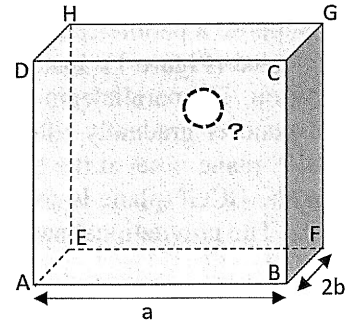


Figure 1: The rectangular parallelepiped with a marble

(1-1) 直方体内のどこにビー玉があるか。ビー玉の中心位置を図示せよ。

次に Figure 2 のように、この直方体の面 CDHG を下にして板の上に置き、板を傾けていった。

(1-2) 傾斜の角度が何度になると直方体の底面は板から離れるか。

面 CDHG が板面を離れる瞬間に板をその角度で固定し、その後の直方体の回転を観察した。回転中、辺 CG は爪および板に接したままとする。

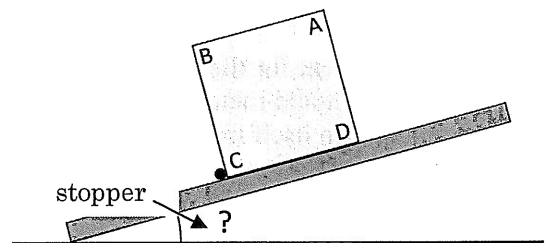


Figure 2: The rectangular parallelepiped on the inclined plate. (Side view)

(1-3) 辺 CG を回転軸とする直方体の慣性モーメント I を求めよ。

(1-4) 底面 CDHG が板から離れる瞬間の時刻を $t=0$ 、面の板からの回転角度を θ として、直方体の回転の運動方程式を書き下せ。

(1-5) 回転により、やがて面 BCGF が板に衝突する。この瞬間の、直方体の回転軸回りの角加速度と角速度をそれぞれ求めよ。

2018年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科一貫制博士課程先進理工学専攻

科目名： 物理 I

問題番号

1

1. Suppose a parallelepiped with the size of $a \times a \times 2b$ ($a > 2b$), the mass and the thickness of which can be both neglected (Figure 1). Inside the parallelepiped, a spherical marble with radius b and mass m is fixed at a certain position. The parallelepiped is set on a flat plate, on which a tiny cylindrical stopper is attached (Figure 2). When the plate is gradually tilted, the parallelepiped will be detached from the plate at a certain angle. When the ABFE-plane is set at the bottom, the parallelepiped is detached at the plate tilt angle being 30 degree. In the case that the BCGF-plane is set at the bottom, the tilt angle is 45 degree when the parallelepiped is detached from the plate. The gravitational acceleration should be denoted as g .

(1-1) Where is the marble? Show the position of the marble center with drawing a figure.

Next, we set the CDHG-plane at the bottom (Figure 2).

(1-2) What is the tilt angle of the plate when the parallelepiped is detached from the plate?

Just at the moment for the parallelepiped to be detached from the plane, we fix the plate at the angle. Then, the parallelepiped should rotate with keeping the rotational axis along the side of CG. During the rotation, the side CG should not detach itself from the stopper.

(1-3) Calculate the moment of inertia of the parallelepiped along the side CG.

(1-4) We set the time when the parallelepiped starts rotating as $t=0$ and denote the rotation angle measured from the plate as θ . Describe the equation of motion of the rotation of the parallelepiped.

(1-5) After the rotation, the BCGF-plane will collide with the plate. Just before the collision, what are the angular acceleration and the angular velocity along the rotational axis of the side CG?

2018年4月入学試験問題

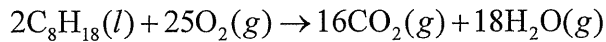
大学院先進理工学研究科一貫制博士課程先進理工学専攻

科目名: _____ 化学 I _____

問題番号

2

1. Consider the combustion reaction of liquid octane at 25 °C and 1 atm.



Use the following data at 25 °C and 1 atm.

Standard (1 atm) formation enthalpies (unit, kJ / mol)

$$\Delta H_f^\circ(\text{C}_8\text{H}_{18}(l)) = -250, \quad \Delta H_f^\circ(\text{O}_2(g)) = 0, \quad \Delta H_f^\circ(\text{CO}_2(g)) = -394, \quad \Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}(g)) = -242$$

Standard (1 atm) molar entropies (unit, J / mol K)

$$S^\circ(\text{C}_8\text{H}_{18}(l)) = 361, \quad S^\circ(\text{O}_2(g)) = 205, \quad S^\circ(\text{CO}_2(g)) = 214, \quad S^\circ(\text{H}_2\text{O}(g)) = 189$$

(1-1) Calculate the moles of CO₂ produced by burning liquid octane to produce 1.0 MJ of heat.

(1-2) Calculate the entropy change for the combustion of 1.0 mol liquid octane.

(1-3) Calculate the entropy change of the surroundings for the combustion of 1.0 mol liquid octane.

(1-4) Calculate the entropy change of the universe, the system and the surroundings. Will the reaction be spontaneous?

(1-5) Sunlight has a power density of 1.0 kW/m². Photovoltaic solar cells can convert this power into electricity with 15% efficiency. What the moles of octane would be required to produce heat equivalent to the energy obtained from the solar cell with the area of 2.0 × 10³ m² for 8 h?

2018年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科一貫制博士課程先進理工学専攻

科目名： _____ 電気・電子 I _____

問題番号

3

1. Eight identical point-charges of $1[\text{C}]$ each are located at the corners of a cube of side length $a[\text{m}]$ with one charge at the origin, and with the three nearest charges at $(a[\text{m}], 0[\text{m}], 0[\text{m}])$, $(0[\text{m}], a[\text{m}], 0[\text{m}])$ and $(0[\text{m}], 0[\text{m}], a[\text{m}])$. The constant value $\pi\epsilon_0$ is $1/36 \times 10^{-9}[\text{C}^2/\text{Nm}^2]$.
- (1-1) Find the electric field intensity \mathbf{E} at $(a[\text{m}], a[\text{m}], a[\text{m}])$.
- (1-2) Find the magnitude of \mathbf{E} at $(a[\text{m}], a[\text{m}], a[\text{m}])$.
2. Find the work required to carry $2[\text{C}]$ from a point $B(1[\text{m}], 0[\text{m}], 1[\text{m}])$ to a point $A(0.8[\text{m}], 0.6[\text{m}], 1[\text{m}])$ in the electric field intensity $\mathbf{E} (= y\mathbf{u}_x + x\mathbf{u}_y + 2\mathbf{u}_z [\text{V/m}])$ along the straight-line path from B to A .

2018年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科一貫制博士課程先進理工学専攻

科目名: 生命科学 I

問題番号

4

1. 以下の A), B), C), 及び D) の分子生物学・細胞生物学に関わるそれぞれの2つの術語について, 対比させながら詳細に説明しなさい。

Explain two technical terms in A), B), C), and D), respectively, about molecular and cell biology, contrasting them.

- A) 核酸とタンパク質 (Nucleic acids and Proteins)
- B) トランスジェニックマウスとノックアウトマウス (Transgenic mice and Knockout mice)
- C) オートファジーとマイトファジー (Autophagy and Mitophagy)
- D) 葉緑体とミトコンドリア (Chloroplast and Mitochondria)
- E) 制限酵素と逆転写酵素 (Restriction enzyme and Reverse transcriptase)

2. タンパク質は細胞における機能分子として知られている。細胞におけるタンパク質の機能を5つ挙げて, それぞれについて説明しなさい。

Proteins execute nearly all the cell's function. Explain the five functions of proteins in living cells.

2018年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科一貫制博士課程先進理工学専攻

科目名: 物理 II問題番号

5

1. 時間に依存する摂動を考える。今、ハミルトニアン H_0 に関して固有状態とエネルギー固有値が分かっている、

$$H_0 |\psi_n\rangle = E_n |\psi_n\rangle$$

がなりたつとする。この H_0 に対して摂動ハミルトニアン $\lambda H'$ が付け加わる。このときの全ハミルトニアンに対して時間に依存するシュレディンガー方程式を満たす解を $|\psi(t)\rangle$ とする。

$$i\eta \frac{\partial}{\partial t} |\psi(t)\rangle = (H_0 + \lambda H') |\psi(t)\rangle \quad \text{①}$$

ここで、 $|\psi(t)\rangle$ を H_0 の固有状態 $|\psi_n\rangle$ で展開する。すなわち

$$|\psi(t)\rangle = \sum_n a_n(t) |\psi_n\rangle \exp(-i\omega_n t) \quad \text{②}$$

とする。ただし、 $\omega_n = E_n / \eta$ である。

(1-1) ②を①に代入して簡単化せよ。

(1-2) (1-1) で得られた式に、 $\exp(i\omega_m t) \langle \psi_m |$ を左から作用させた式をかけ。ただし、 $H'_{mn} = \langle \psi_m | H' | \psi_n \rangle$ を用いてよい。

(1-3) $a_n(t)$ を λ で展開する、すなわち $a_n(t) = a_n^0(t) + \lambda a_n^1(t) + \lambda^2 a_n^2(t) + \dots$ として、(2) で得られた式に代入して、 λ が 0 次の項と 1 次の項の方程式を書け。

(1-4) $t=0$ で基底状態 $|\psi_0\rangle$ にいたとして、 $a_n^0(t)$ を求めよ。また、 $a_n^1(t)$ を定積分の形で書け。

(1-5) x 方向の振動電場 $E \cos \omega t$ と電気双極子モーメントの相互作用は $exE \cos \omega t$ で与えられる。これを摂動ハミルトニアン $\lambda H'$ として、このときの $a_n^1(t)$ を (定積分まで計算して) 求めよ。(本問では簡単のために $\lambda=1$ としてよい)

(1-6) (1-5) について、振動電場の周波数 ω が広い範囲に分布しているとする。このとき、 $|\psi_0\rangle$ から $|\psi_m\rangle$ への 1 次の遷移確率 $|a_m^1(t)|^2$ が $t \rightarrow \infty$ の極限でどうなるかについて議論せよ。ただし

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \left(\frac{\sin(\omega t/2)}{\omega} \right)^2 = \frac{\pi t}{2} \delta(\omega)$$
 を用いて、時間とともに大きくなる成分だけを取り出すこと。

1. Let us consider the time-dependent perturbation. Regarding a Hamiltonian H_0 , the eigenstates and eigenenergies are known as follows:

$$H_0 |\psi_n\rangle = E_n |\psi_n\rangle$$

2018年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科一貫制博士課程先進理工学専攻

科目名: 物理 II

問題番号

5

A perturbation Hamiltonian $\lambda H'$ is added to H_0 , and $|\psi(t)\rangle$ satisfies the time-dependent Schrodinger equation of the total Hamiltonian,

$$i\eta \frac{\partial}{\partial t} |\psi(t)\rangle = (H_0 + \lambda H') |\psi(t)\rangle \quad (1)$$

Here, $|\psi(t)\rangle$ can be expanded by the eigenstates of H_0 , $|\psi_n\rangle$, as follows:

$$|\psi(t)\rangle = \sum_n a_n(t) |\psi_n\rangle \exp(-i\omega_n t) \quad (2)$$

where $\omega_n = E_n / \eta$.

(1-1) Substitute (2) into (1), and simplify the equation.

(1-2) Write the equation when $\exp(i\omega_m t) \langle \psi_m |$ acts on the equation obtained in (1-1) from the left. The notation $H'_{mn} = \langle \psi_m | H' | \psi_n \rangle$ can be used.

(1-3) $a_n(t)$ can be expanded in a series of λ , $a_n(t) = a_n^0(t) + \lambda a_n^1(t) + \lambda^2 a_n^2(t) + \dots$. Substitute this into the equation obtained in (1-2), and write the equation for the 0th and the 1st order of λ .

(1-4) We assume that the system was in the ground state $|\psi_0\rangle$ at $t=0$. Calculate $a_n^0(t)$, and write $a_n^1(t)$ in the form of a definite integral.

(1-5) The interaction between an oscillating electric field along the x axis, $E \cos \omega t$, and the electric dipole moment is given by $exE \cos \omega t$. Assuming that this is the perturbation Hamiltonian $\lambda H'$, obtain $a_n^1(t)$ by calculating the definite integral. (For simplicity, $\lambda = 1$ can be assumed in the calculation.)

(1-6) In the case of (1-5), we further assume that the frequency of the oscillating electric field ω is distributed over a sufficiently wide range. Discuss what the transition probability from $|\psi_0\rangle$ to $|\psi_m\rangle$, $|a_m^1(t)|^2$ will be in the limit of $t \rightarrow \infty$. (In this problem, extract the

component that keeps increasing with t , using the relation, $\lim_{t \rightarrow \infty} \left(\frac{\sin(\omega t / 2)}{\omega} \right)^2 = \frac{\pi t}{2} \delta(\omega)$.)

2018年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科一貫制博士課程先進理工学専攻

科目名： 化学 II

問題番号

6

- Answer the following questions on the listed molecules (a) – (e).
 - Write the chemical structure of the molecule.
 - Show the chemical reaction(s) and required reagent(s) to synthesize the molecules from benzene.
 - Bromobenzene
 - 4-Chlorobenzoic acid
 - 1-Chloro-4-nitrobenzene
 - 4-Acetyltoluene
 - 4-Bromotoluene
- Write the chemical formula (i.e. monomers, polymers, and other reagents) to synthesize the following polymers.
 - 6,6-Nylon
 - PBT
 - Poly(2,6-dimethylphenylene oxide)
 - Polythiophene
- Answer the following questions on the metal complexes (a) – (e).
 - Show the oxidation state of the metal in the complex, according to the example.
Example: $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, Fe^{III}
 - Show the stability of the metal complex, either stable or unstable, according to the 18-electron rule.
 - $[\text{IrBr}_2(\text{CH}_3)(\text{CO})(\text{PPh}_3)_2]$
 - $[\text{Cr}(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_5)(\eta^6\text{-C}_6\text{H}_6)]$
 - $[\text{Mo}(\text{CO})_7]$
 - $[\text{Fe}(\text{CO})_5]$
 - Ferrocene

2018年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科一貫制博士課程先進理工学専攻

科目名：電気・電子II

問題番号

7

1. Answer the following questions.

- (1-1) Draw the Thevenin equivalent of the circuit shown in Fig.1 for finding the current I_3 .
- (1-2) Draw an equivalent circuit with current sources of the previous Thevenin equivalent.
- (1-3) Explain "Thevenin's theorem" with the circuit shown in Fig.1.
- (1-4) Find the current I_3 in Fig.1.
- (1-5) Find the current I_3 in Fig.2.

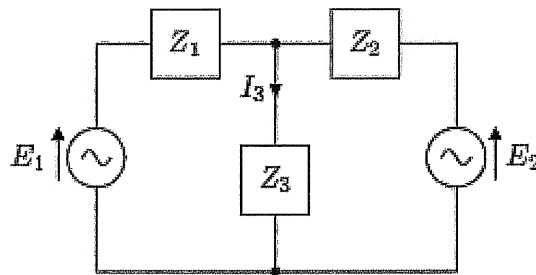


Fig.1 Circuit Diagram 1

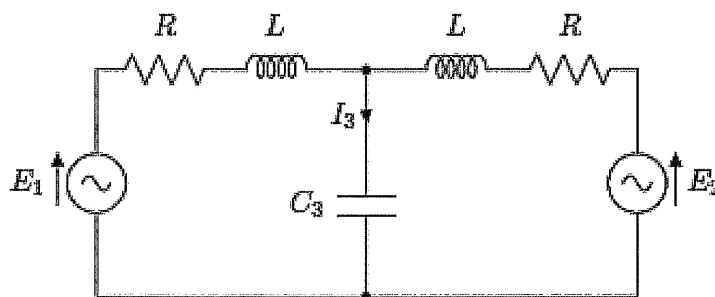


Fig.2 Circuit Diagram 2

2018年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科一貫制博士課程先進理工学専攻

科目名： _____ 生命科学 II _____

問題番号

8

1. 幹細胞について以下の問いに答えなさい。

Answer the following questions about stem cells.

(1-1) 幹細胞の定義・性質について述べなさい。

Explain the defining properties of stem cells.

(1-2) 体性幹細胞, 胚性幹細胞(ES細胞), 人工多能性幹細胞(iPS細胞)について比較して説明しなさい。

Explain and compare the somatic stem cells, embryonic stem cells (ES cells), and induced pluripotent stem cell (iPS cells).

(1-3) 生殖型クローニングと治療型クローニングについて説明しなさい

Explain the reproductive cloning and the therapeutic cloning.

(1-4) ヒト疾患特異的 iPS 細胞を基礎研究で使用する際の利点について述べなさい。

Describe the advantage of using iPS cells in fundamental research.