平成１１年度

信州大学大学院工学系研究科博士前期課程

物質基礎科学専攻 入試問題

外国語科目（英語）

I 物理学系、II 化学系の問題から一問を選択して解答せよ。

I 物理学系の問題に解答する場合は、解答用紙は 1 枚、
II 化学系の問題に解答する場合は、解答用紙は 2 枚、

それぞれに問題番号、受験番号、氏名を記入して提出すること。

Ⅰ 物理学系

Read following sentences and answer the questions below ;

Section 1 ;

The West Antarctic Ice Sheet (WAIS) contains 3.8 million km^3 of ice. If this entire volume was released to the ocean, the time needed to restore the ice-at the present rate of accumulation-would be more than ten thousand years. The future of WAIS has drawn attention since Mercer raised the spectre of its potential disintegration under the influence of anthropogenic climate change (global warming). In an early assessment of the global warming issue, Revelle noted, "The oceans would flood all existing port facilities and other low-lying coastal structures, extensive sections of heavily farmed and densely populated river deltas of the world, major portions of the states of Florida and Louisiana, and large areas of many of the world's major cities." Despite considerable progress in understnding certain aspets of WAIS in the interim, the 1995 report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) stated, "Our ignorance of the specific circumstances under which West Antarctica might collapse limits the ability to quantify the risk of such an event occurring, either in total or in part, in the next 100 to 1,000 years."

Section 2 ;

With countries beginning to formulate global-warming policies, the potential hazard from WAIS is too large and irreversible to be relegated to a list of imponderables for consideration at a later date. Here I review our knowledge of WAIS from the perspective of global warming in the hope of clarifying key issues and highlighting the reasons for disagreement and uncertainty. The future of WAIS will be determined by internal responses of the ice sheet to millennia-scale trends in global climate and sea level, coupled with changes in the accumulation and discharge of ice due to global warming. The probability of a major contribution to global see-level rise is low during the twenty-first century, but increases substantially there-after. Atmospheric accumulation of greenhouse gases over the next 100 years could irreversibly affect the future of WAIS.

Section 3 ;

Two terms that are often used without definition are : "collapse" which I use here to mean the loss of most or all of the land-based(grounded) ice on a timescale that is much shorter than its accumulation turnover timescale; and "unstable" which means that collapse of currently grounded ice would occur following small perturbations to its boundary conditions.

Section 4 ;

WAIS is a marine ice sheet, with part of its ice being gronuded on land below sea level, and part in the form of floating extensions called ice shelves that move seaward but are confined horizontally by the rocky coast. The boundary between grounded and floating ice is called the grounding line. If the grounded ice were to melt, sea level would rise accordingly, by an amount proportional to the mass of grounded ice adjusted to account for the volume below sea level and for rebound of the bedrock. Because ice shelves float, their melting would not displace additional watter, and would not contribute to sea-level rise. Ice accumulates on WAIS through atmospheric precipitation and moves seaward from higher elevations under the influence of gravity. Most of the drainage for WAIS is into the Ross and Weddell seas, where there are extensive ice shelves (the Ross Ice

Shelf and the Filchner-Ronne Ice Shelf, respectively) and into the Amundsen Sea in the vicinity of Pine Island Bay, where extensive ice shelves are not present. If WAIS were instantaneously removed , West Antarctica would become an archipelago. Over a period of 5,000-10,000 years, the bedrock would rebound with removal of the ice load, but it would largely remain below sea level.

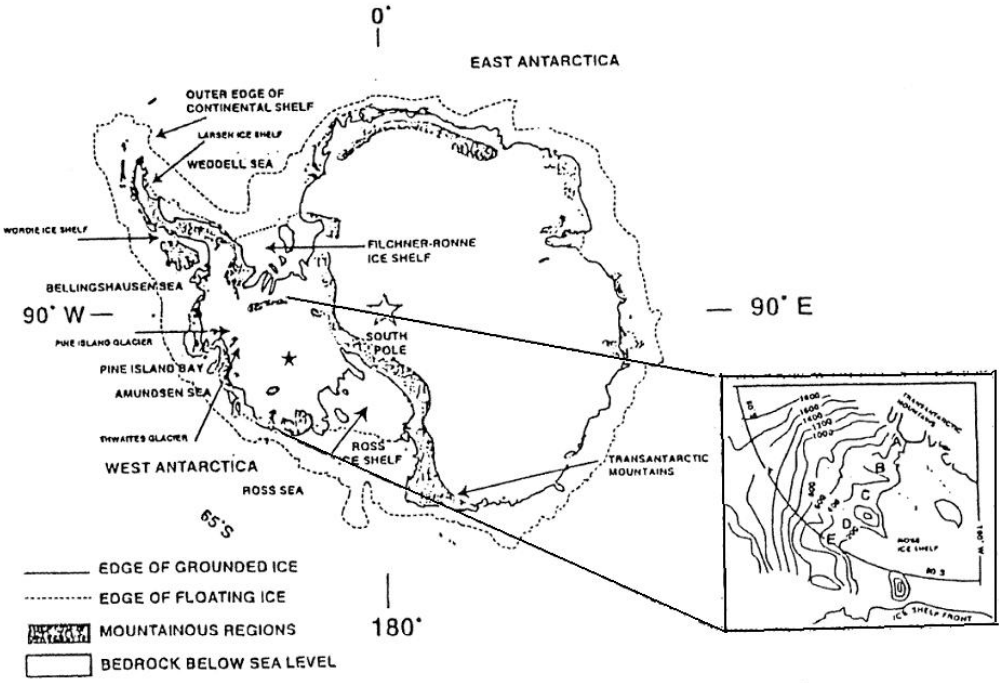
Section 5 ;

The stratigraphic record from the continental shelf around Antarctica indicates that WAIS began to form 15-20 million years ago, whereas analysis of deep-sea sediments suggests that it was about 9 million years ago. Whether WAIS has been present continuously since that time is a matter of controversy. There is ample evidence of repeated advance and retreat of the ice sheet, particularly from acoustic echo studies of the ocean floor, which bear the impressions of grounded ice in motion (for reviews of this evidence). Studies of marine sediment deposited on the continental shelf indicate that WAIS was considerably larger than its present size during the Last Glacial Maximum (LGM) 13,000-24,000 years ago, when the gronuded ice extended at least several hundred kilometres beyond its current limit in the Ross Sea. Its ultimate limit is the edge of the continental shelf, because it is nearly impossible to ground ice in the abyss.

Section 6 ;

the question of whether WAIS persisted through periods that were significantly warmer than the present interglacial period remains unresolved because of uncertainties in interpretation of proxy records for sea level, local temperture, and ice extent. Based on evidence from lake sediments of a Pleistocene warm period in Antarctica, Mercerl surmised that WAIS may have completely disappeared at least once. Mercer also summarized evidence that global sea level stood at least 6 m higher during the last interglacial period about 120,000 years ago, but this high stand could not be tied directly to the poorly constrained chronology of the lake-sediment record. Nevertheless, these findings led to the inference that disintegration of WAIS may have caused sea level to rise at least once during a period when global mean temperature may not have reached more than 2 ℃ above that of today. Along with ideas, discussed below, that marine ice sheets may be inherently unstable, Mercer's findings led to concern that global warming might cause WAIS to collapse. In contrast, other major ice sheets either are largely grounded above sea level and subject to very gradual ablation from moderate warming (Greenland) or have not clear history of major, rapid, ice mass changes in the recent geological past (East Antarctica).

Question 1 : Translate the section 1 into Japanese.
Question 2 : Translate the section 4 into Japanese.
Question 3 : Which title do you put on these sentences?
Question 4 : Draw a cut view of Antarctica.
Question 5 : Describe the ways to avoid the global warming around you in English.


0°
EAST ANTARCTICA
OUTER EDGE OF CONTINENTAL SHELF
LARSEN ICE SHELF
WEDDELL SEA
WORDIE ICE SHELF
FILCHNER-RONNE ICE SHELF
BELLINGSHAUSEN SEA
90° W
90° E
PINE ISLAND GLACIER
SOUTH POLE
PINE ISLAND BAY
AMUNDSEN SEA
THWAITES GLACIER
ROSS ICE SHELF
TRANSANTARCTIC MOUNTAINS
WEST ANTARCTICA
ROSS SEA
65°S
180°
EDGE OF GROUNDED ICE
EDGE OF FLOATING ICE
MOUNTAINOUS REGIONS
BEDROCK BELOW SEA LEVEL
A
B
C
D
E
ROSS ICE SHELF
ICE SHELF FRONT

平成１１年度

信州大学大学院工学系研究科博士前期課程

物質基礎科学専攻 入試問題

専門科目（物理学系）

次の６問中４問を選択して解答せよ。

解答用紙は１問につき１枚使用し、無解答の場合でも必ず４枚を提出すること。各解答用紙には、選択した問題番号、受験番号、氏名を必ず記入すること。必要ならば解答用紙の両面を使用して解答してもよい。

1

重力加速度 g の一様な重力下に半径 a の球が固定されており，その球上での物体の運動を考察する。最初物体は球の頂上に静止しており、水平方向に初速度 v_0 を与えると球上を動いて、ある点で球から離れた。次の各場合に対して、球から離れた点と球の中心を結ぶ直線が鉛直上方となす角度 θ_0 を求めよ。但し、θ_0 を陽に求められない場合には、θ_0 を決定する方程式 (左辺は θ_0 の関数、右辺は定数とせよ) を書け。

(1) 物体が質量 m の質点、$v_0 = +0$ 、物体と球との接触が滑らかな場合。

(2) 物体が密度一定・質量 m・半径 b の球、$v_0 = +0$ 、物体と球との間に摩擦があり物体が球上を滑らずに転がる場合 (初速度を与える時に物体には余分な回転を与えない)。

(3) 物体が質量 m の質点、物体と球との間に摩擦 (動摩擦係数は μ') がある場合。

2

問 1) 2 個の小さな導体上に $\pm q$ の電荷を与えた後、その間を抵抗の大きな導線で接続した。この時、導体球の電荷が減少する速さは十分ゆるやかで、周りに生じる電場は各瞬間に導体球の持つ電荷 $\pm q(t)$ のつくる静電場と同じになるものとする。

先ず、略図を書き電場も記入しなさい。次に、導体球を結ぶ線分を垂直に 2 等分する平面上の変位電流密度を求めよ。また、Maxwell-Amper's law (の法則) を用いてこの平面上の磁場を求めよ。

問 2) 半径 a 内に電荷密度 ρ (全電荷 Q) で一様に電荷が分布しているとき、電位 ϕ についての球対称な Poisson 方程式を書きなさい。$r = a$ での境界条件を考えて解を求めなさい。それがどんな法則と一致するか説明しなさい。

3

2 つの状態 $|\phi_1\rangle$ と $|\phi_2\rangle$ との重ね合わせで表される系の状態を $|\Psi(t)\rangle$ とする。
即ち、

$$|\Psi(t)\rangle = a_1(t)|\phi_1\rangle + a_2(t)|\phi_2\rangle \tag{1}$$

但し、

$$\langle\phi_j|\phi_k\rangle = \delta_{jk}, \quad j,k = 1,2 \quad (\text{正規直交性}) \,, \tag{2}$$

とする。

系のハミルトニアンを $\hat{H}$ とするとき、系の時間発展はシュレディンガー方程式

$$i\hbar\frac{\partial}{\partial t}|\Psi(t)\rangle = \hat{H}|\Psi(t)\rangle \quad , \tag{3}$$

で与えられる。

以下の問に答えよ。

1) $a_1(t)$ 及び $a_2(t)$ に対する微分方程式を求めよ。ただし、ハミルトニアン $\hat{H}$ の、状態 $|\phi_1\rangle$ と $|\phi_2\rangle$ に関する行列要素を、

$$H_{jk} \equiv \langle\phi_j|\hat{H}|\phi_k\rangle, \quad j,k = 1,2$$

と表すことにせよ。

2) ハミルトニアンの対角要素を、$\alpha = H_{11} = H_{22}$, 非対角要素を $\gamma =$

$H_{12} = H_{21}, \gamma > 0$ と表すことにする。時刻 $t = 0$ で系の状態 $|\Psi(0)\rangle$ は、$|\phi_1\rangle$ に見出されたものとして、即ち、$a_1 = 1, a_2 = 0$ として、$a_1(t), a_2(t)$ を求めよ。

３) 時刻 t に系の状態が、状態 $|\phi_1\rangle$ に見出される確率及び、状態 $|\phi_2\rangle$ に見出される確率を求めよ。

４) 系の状態は、T を周期として、状態 $|\phi_1\rangle$ と $|\phi_2\rangle$ を周期的に往復する。周期 T を求めよ。

５) ハミルトニアンを対角化して、その固有値と、規格化された固有状態を求めよ。

4

次の問い A), B) に答えよ。

A)N 個の独立な粒子がエネルギー $-\epsilon_0$ か ϵ_0 のどちらかの状態しかとりえないとする。

問１．N_- 個の粒子が $-\epsilon_0$ 、N_+ 個の粒子が ϵ_0 のエネルギー状態にある場合、この系のエネルギーとエントロピーを求めよ。ただし、$N_+ + N_- = N$ である。
問２．N_+ と N_- の温度 T における平均値を求めよ。
問３．この系の比熱を求めよ。
必要であれば、$M \gg 1$ の場合、次の Stirling の公式を用いよ。

$$\log M! \sim M \log M - M.$$

B) 電気双極子モーメントの大きさ μ をもつ N 個の棒状の分子が、一様な電場 $\vec{E}$ 内にあるとき、温度 T におけるこの系全体の双極子モーメントの $\vec{E}$ 方向の成分を求めよ。ただし、双極子モーメント $\vec{\mu}$ が電場 $\vec{E}$ と角 θ をなすとき、そのエネルギーは $-\mu E \cos\theta$ で与えられ、双極子モーメント間の相互作用のエネルギーは無視できるものとする。

5

次の文の［　　］の中に適当な式または数値を入れ、(a) ~ (c) の各問いに答えよ。

(A)de Broglie は X 線 (光子) のエネルギーと運動量について成り立つ

$$E = \boxed{\text{①}}\text{、}\mathbf{p} = \boxed{\text{②}} \tag{4}$$

という関係が、電子などの粒子に付随する波についても成り立つと考えた。ただし、ω は角振動数を、$\mathbf{k}$ は波数ベクトルを表す。(4) 式の E が電子の全エネルギー、$\mathbf{p}$ が電子の運動量を表すと考え、電子の静止質量を m 、真空中の光の速さを c とすれば、エネルギーと運動量の関係式

$$E^2 = \boxed{\text{③}}$$

が成り立つ。これらの式から電子波の波長は

$$\lambda = \frac{hc}{\sqrt{E^2 - m^2c^4}} \tag{5}$$

と表される。T を電子の運動エネルギーとすると $E = T + mc^2$ である。この式を (5) 式に代入して、［　④　］$\ll 1$ と近似すれば非相対論的近似での波長

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mT}} = \sqrt{\frac{150.4eV}{T}} \times 10^{-10}m \tag{6}$$

が得られる。

(B)Davisson と Germer はニッケル (Ni) の単結晶の表面に垂直に電子ビームを当てて、電子波の回折模様を得ることに成功した。Ni による電子ビー

ムの反射波の強度は、干渉によりある特定の方向で極大になる。図のように、極大を示す散乱角を θ 、原子間隔を d とすれば、θ 、d と λ の間には

$$\boxed{\text{㋐}} = n\lambda \qquad (n = 1, 2, 3, \cdots) \tag{7}$$

という関係が成り立つ。電子 (電荷、e) を電位差 V の電極間で加速して実験した結果、加速電圧が 54 V のとき、θ は $50\,°$ ($n = 1$ の場合) となった。このとき、$d = 2.15 \times 10^{-10} m$ であった。したがって、電子波の波長 λ は (7) 式を用いて、$\lambda =$ $\boxed{\text{㋑}}$ となる。この値は (6) 式で $T =$ $\boxed{\text{㋒}}$ とおいて得られる値、$1.67 \times 10^{-10} m$ と良く一致している。

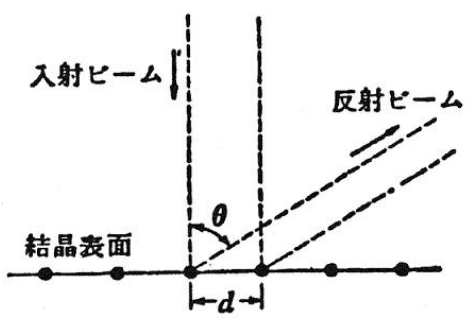
(a) X 線を用いて行われた実験のうち、波動性を示すものと，粒子性を示すものをそれぞれあげよ。

(b)(5) 式から (6) 式が得られること示せ。

(c)T と θ の間の関係式を求めよ。

必要なら以下の数値を用いよ。

$$h = 6.6 \times 10^{-34} J \cdot s \qquad m = 9.1 \times 10^{-31} kg$$
$$1eV = 1.6 \times 10^{-19} J \qquad c = 3.0 \times 10^{8} m/s$$
$$\sin 50° = 0.7660 \qquad \cos 50° = 0.6428$$



6 は以下の 2 問中 1 問に解答せよ。

6 の 1

問　次の 2 つの実験により地磁気の水平分力を求めることができる。[　　] を埋めなさい。

実験 1

振動磁力計により、棒磁石の回転振動の周期を測定し、地磁気の水平分力 H と棒磁石の磁気モーメント M との積 $M \cdot H$ を決定する。

一様な静磁場中で、棒磁石が磁場の方向とある角度 θ をなすように置かれると、棒磁石は偶力を受ける。図 1 のように、ねじり力の無視できる細い糸で、長さ $l[m]$ 両端の磁極の強さが $\pm m[Wb]$ の棒磁石の中点 O をつるし、水平に保つ。棒磁石の置かれている場所での地磁気の水平分力を $H[A/m]$ とするとき、棒磁石に作用する偶力のモーメントの大きさは、[a] となる。$ml = M[Wbm]$ とおくと、M は棒磁石に固有な量を表し、棒磁石の磁気モーメントと呼ばれる。棒磁石は、この偶力のモーメントの作用を受け、中点 O における鉛直軸のまわりで回転振動を行う。いま、$\sin\theta \approx \theta$ と近似できる程度に θ を小さくとると、棒磁石の回転振動の方程式は、$\mathbf{I}$ を棒磁石の中心 O における鉛直軸のまわりの慣性モーメントとすると次のような単振動の形で与えられる。

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = \boxed{\text{b}}$$

したがって、棒磁石の回転振動の周期を T とすると、棒磁石の磁気モーメント M と地磁気の水平分力 H の積 $M \cdot H$ は

$$M \cdot H = \boxed{\text{c}}$$

と決定できる。

実験 2

偏角磁力計により、棒磁石による磁針のふれ角を測定し、商 M/H の値を決定する。

図 2 のように、実験 1 で用いた磁気モーメント M の棒磁石を東西方向に置くと、棒磁石の中心 O から軸方向に $r[m]$ 離れた点 O' では二つの磁場が存在することになる。一つは南北方向の地磁気の水平分力 $H[A/m]$ 、もう一つは東西方向 (棒磁石の軸方向) の棒磁石による磁場 $H'[A/m]$ であり、その大きさは、μ_0 および μ_r をそれぞれ真空透磁率、空気の比透磁率として次の式で与えられる。

$$H' = \boxed{\text{d}}$$

いま、l が r に比べて十分小さい場合について考えると、H' は以下のように近似できる。

$$H' = \boxed{\text{e}}$$

ここで、点 O' に磁極の強さが $\pm m'[Wb]$ の磁針を水平に置くと、この磁針は地磁気の水平分力 H と棒磁石による磁場 H' の二つの磁場から作用を受ける。これらの作用の結果として磁針の向きが決まるが、磁針と H の方向とのなす角度を θ' とすると、

$$\tan\theta' = \boxed{\text{f}}$$

となり、r と θ' を測定すれば、商 M/H の値が決定できる。

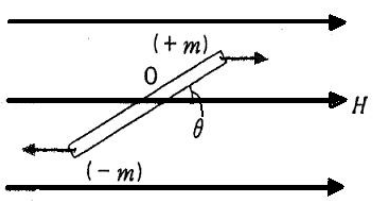


図 1

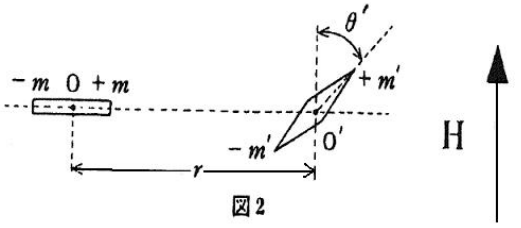


図 2

6 の 2

問　1

抵抗 (620Ω, 1.2 kΩ, 2.7 kΩ, 68 kΩ)	各 100 個
コンデンサ (20 pF, 0.1μF, 4.7μF, 1000μF)	各 100 個
コイル (0.47 mH, 1 mH, 12 mH)	各 100 個
ダイオード	100 個

の部品がある。この部品のなかから必要なものを選んで、下記の条件をほぼ満たす伝送線の等価回路の略図を書け。ただし、各部品の容量は単体の値を使用し、並列、直列につないで容量を得る等の処置はとらないこと。

ケーブル特性

特性インピーダンス	$\sim 50\ \Omega$
遅延時間	~ 2.4 msec

問　2

静止 μ-on の平均寿命は $2.2\mu sec$ とされている。いま、静止 μ-on の平均寿命を測定し以下の結果を得たとする。この結果から静止 μ-on の平均寿命は $2.2\mu sec$ であるといえるか検定を行え。ただし、平均寿命の分布を正規分布であると仮定し、検定の有意水準は 5 % (95 % の信頼区間) とする。また、このデータに対する 5 % 有意水準での検定の棄却域は | 統計量 $(t_5)| > 2.57$ である。

回数	1	2	3	4	5	6
平均寿命 (μsec)	2.22	2.07	3.12	2.35	1.98	2.18

注意　　検定の過程がわかるように記述すること。また分布の標準偏差は ~ 0.38 を用いるこ と。