兵庫医科大学

平成２９年度一般入学試験問題

理　　　科

（物理，化学，生物より２科目選択）

【注意事項】

1. この問題冊子には答案用紙が挟み込まれています。試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。
2. 試験開始後，問題冊子と答案用紙（物理，化学，生物の答案用紙すべて）の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。
3. **選択する 2 科目**の答案用紙の選択欄に○印を記入しなさい。
4. 問題冊子には，**物理計 5 問**，**化学計 3 問**，**生物計 6 問** の問題が，それぞれ**物 1～物 9 ページ**，**化 1～化 6 ページ**，**生 1～生 11 ページ**に記載されています。落丁，乱丁および印刷不鮮明な箇所があれば，手をあげて監督者に知らせなさい。
5. 答案には，必ず鉛筆（黒「HB」「B」）またはシャープペンシル（黒「HB」「B」）を使用しなさい。
6. 選択した科目の解答はその答案用紙の指定された場所に記入しなさい。ただし，解答に関係のないことが書かれた答案は無効にすることがあります。
7. 問題冊子の余白は下書きに利用しても構いません。
8. 問題冊子および答案用紙はどのページも切り離してはいけません。
9. 問題冊子および答案用紙を持ち帰ってはいけません。

受験番号	

物　　　　理

〔問 1〕以下の問い (1) ～ (4) に答えよ。導出過程が必要な問題は導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。

(1) 地面から斜め上向きに投げ上げた小球が、時間 t_0 後に地面に戻ってきた。投げ上げた場所から、小球の落下点までの水平距離を L とする。空気抵抗は無視できるものとし、重力加速度の大きさを g として、次の問いに答えよ。

① 小球を投げ上げてから、小球が最高点に達するまでの時間を求めよ。

② 地面から①の最高点までの高さを求めよ。

③ 小球を投げ上げた直後の、小球の初速度の大きさを求めよ。

(2) 電気と磁気に関して、次の問いに答えよ。必要であれば、真空の誘電率 ε_0、真空の透磁率 μ_0 を用いよ。

① 真空中に、電気量が q である正の点電荷 1 個が置かれている。点電荷から距離 r 離れた場所での電位を求めよ。ただし、無限遠での電位を 0 とする。

② 図 1a のように、真空中に、$+q$ の電気量を持つ正の点電荷と、$-q$ の電気量を持つ負の点電荷が、置かれている。この 2 個の点電荷のまわりでの、電気力線の概略図を描け。電気力線の方向には、必ず矢印をつけること。

図 1a

③ 真空中で、鉛直方向に十分に長い直線の導線 1 本があり、大きさ I の一定の電流が流れている。導線から水平距離 r 離れた場所での磁場の大きさを求めよ。

④ 図 1b のように、真空中に、紙面に垂直で十分に長い直線の導線が 2 本あり、互いに逆向きに大きさ I の一定の電流が流れている。図 1b では、左側の導線には紙面の表から裏へ、右側の導線には、紙面の裏から表へ電流が流れている。紙面を表から見たときの、磁力線の概略図を描け。磁力線の方向には、必ず矢印をつけること。

図 1b

◇M3(028—16)

〔問１　続き〕

(3) 図1cのように容積$3V$と$2V$の断熱容器ＡとＢをコックでつないだ。容器Ａには圧力P、温度Tの単原子分子理想気体が、容器Ｂには圧力$3P$、温度$2T$の同じ種類の単原子分子理想気体がそれぞれ入っている。最初ＡとＢとをつなぐ中央のコックは閉じられた状態で、ＡとＢとの間の熱の移動はないとする。次の問いに答えよ。

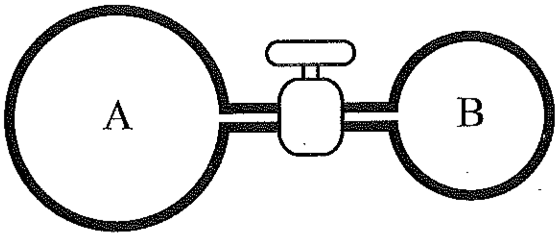


図 1c

① コックを閉じた状態での、容器Ａおよび容器Ｂに入っている気体の内部エネルギーをそれぞれ求めよ。

② 中央のコックを開いてから十分な時間が経過した後の単原子分子理想気体の圧力と温度を求めよ。ただし、容器ＡとＢとの連結部分の容積は無視して良い。

(4) 物質を構成する基本的な粒子（素粒子）に関する次の文の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{カ}}$ にあてはまる適切な語句や数字を記入せよ。

原子は、原子核と電子から、原子核は陽子と$\boxed{\text{ア}}$からなり、陽子と$\boxed{\text{ア}}$とを総称して核子と呼ぶ。湯川秀樹は、1930年代半ばに、核子間の相互作用である核力を媒介する粒子の存在を予測していたが、1947年、宇宙線の中からその粒子がついに発見され、$\boxed{\text{イ}}$ と名づけられた。核子や$\boxed{\text{イ}}$のように、強い力で相互作用しあう粒子をまとめてハドロンと呼ぶ。当初、ハドロンは物質を構成する基本的な粒子と考えられていたが、加速器を用いる実験で数百種類も発見された。このため、ゲルマンは、より基本的な粒子を導入して物質の基本となる粒子を説明しようとした。それによると、核子はより基本的な粒子で分数の電荷をもつ3個の$\boxed{\text{ウ}}$からできている。小林・益川の理論によると、$\boxed{\text{ウ}}$は、$\boxed{\text{エ}}$種類以上あることが予言されていたが、現在までに実験で、反粒子を除いて$\boxed{\text{エ}}$種類が確認されている。

一方、$\boxed{\text{ウ}}$とともに物質を構成する素粒子で、強い力のはたらかない$\boxed{\text{オ}}$には、電子、ミュー粒子、タウ粒子が含まれるほか、それらに付随する電荷をもたない3種類の$\boxed{\text{カ}}$が含まれる。この他にも、4つの基本的な力を媒介するゲージ粒子が、$\boxed{\text{ウ}}$や$\boxed{\text{オ}}$と同様、素粒子であると考えられている。

〔問2〕円すい振り子の運動に関する以下の問いに答えよ。導出過程が必要な問題は導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。ただし、重力加速度の大きさをgとする。

I. まず、図2aのように長さLの伸縮せず質量の無視できる糸に、質量mの小球をつけ、天井の点Oからつり下げて回転させ、円すい振り子とした。小球は、糸とOからの鉛直線とのなす角がθとなるように、等速円運動させた。

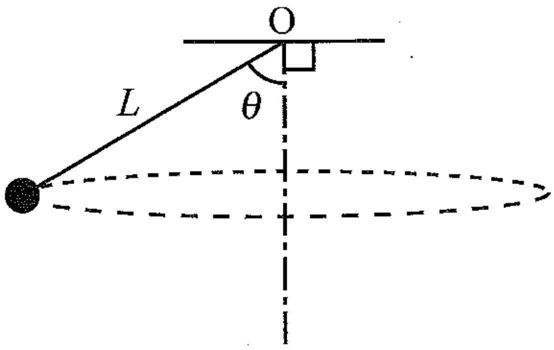


図2a

(1) 小球に働く糸の張力の大きさを求めよ。

(2) 小球の等速円運動の角速度を求めよ。

II. 次に、図2bのように、糸に代わって自然の長さがLでばね定数がkのばねに、質量mの小球をつけて円すい振り子とし、ばねとOからの鉛直線とのなす角がθとなるように等速円運動させた。このとき小球は床から浮いていた。床面は水平面とし、床面から天井までの高さはLである。

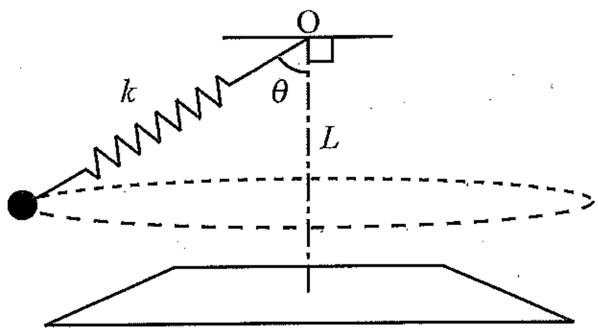


図2b

(3) 床面から小球までの高さを求めよ。

(4) 小球が床面から浮くためにkが満たすべき条件を求めよ。

(5) 小球の等速円運動の角速度を求めよ。

（このページは白紙である）

〔問 3〕 電気容量 C のコンデンサーに、振幅 V_0、角周波数 ω、時間 t である正弦波の交流電圧 $V = V_0 \sin \omega t$ を加えると、コンデンサーに流れる電流は、$\omega C V_0 \sin\left(\omega t + \dfrac{\pi}{2}\right)$ である。また、自己インダクタンス L のコイルに正弦波の交流電圧 $V = V_0 \sin \omega t$ を加えると、コイルに流れる電流は、$\dfrac{V_0}{\omega L} \sin\left(\omega t - \dfrac{\pi}{2}\right)$ である。図 3 のように、自己インダクタンス L のコイルと電気容量 C のコンデンサーおよび抵抗値 R の電気抵抗を直列に接続した。この回路の ad 間に正弦波の交流電圧 $V = V_0 \sin \omega t$ を加えた。交流回路における共振について、次の問いに答えよ。導出過程が必要な問題は導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。

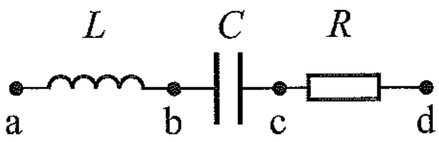


図 3

(1) 図 3 に示されている回路について、① ab 間のリアクタンス、② bc 間のリアクタンス、③ ad 間のインピーダンスを、それぞれ求めよ。

(2) (1)の③で求めた ad 間のインピーダンスを Z とするとき、回路を流れる電流の振幅を I とすると、$I = \dfrac{V_0}{Z}$ である。I が ω に対して最大になるとき、ω の値を求めよ。

(3) (2)で求めた ω の値を ω_0 とすると、ω_0 を共振角周波数という。このとき、図 3 の ac 間にかかる交流電圧の振幅を求めよ。

(4) $\omega >> \omega_0$ および $\omega >> \dfrac{R}{L}$ のとき、I の漸近形を、$\dfrac{1}{\omega}$ の一次までの形で、V_0、ω、L を用いて表せ。

(5) (4)と逆に、$\omega << \omega_0$ および $\omega << \dfrac{1}{RC}$ のとき、I の漸近形は $\omega C V_0$ と書ける。これらの漸近形を用いて、$V_0 = 2.0$ V、$R = 10$ Ω、$L = 2.5$ mH、$C = 4.0$ μF とするとき、ω の関数として I のグラフの概略を描け。グラフには、ω_0 の値および $\omega = \omega_0$ のときの I の値も単位をつけて記入すること。

（このページは白紙である）

〔問 4〕X 線について、以下の問いに答えよ。ただし、光速を c、プランク定数を h、電子の質量を m、電気素量を e とする。導出過程が必要な問題は導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。

I. 図 4a は、X 線を発生する装置の一部を示したものである。X 線は、真空中で陰極 A から出た電子が強い電場 E によって加速され、陽極 B に衝突することによって発生する。真空中に固定された陰極 A と陽極 B とは距離 d だけ離れており、B から A の向きに一様で大きさ E である電場がかけられている。陰極 A から出た直後の電子の速さを 0 とする。

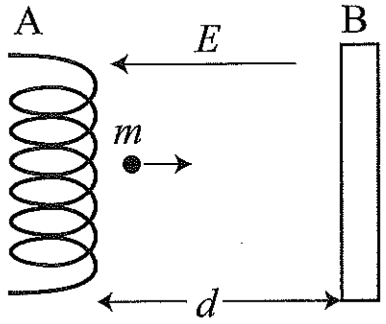


図 4a

(1) 陽極 B の電位を 0 とするとき、陰極 A の電位を求めよ。

(2) 電子が陽極 B に衝突する直前の速さを求めよ。

(3) 陽極から発生する X 線の最短波長を求めよ。

II. 発生する X 線の強さと波長の関係を調べてみると、発生する X 線には、最短波長よりも長い波長成分が連続的に含まれている連続 X 線と、特定の波長に強く現れる固有（特性）X 線の 2 種類があることが知られている。

(4) 次の文章の｛ ① ｝、｛ ② ｝内から、適切な語句を選べ。

図 4a の E の大きさを大きくすると、連続 X 線の最短波長は｛① 長くなる、変化しない、短くなる｝。また、このとき、固有（特性）X 線の波長は｛② 長くなる、変化しない、短くなる｝。

〔問4　続き〕

III.　X線を物質にあてたとき、物質から散乱されたX線には、入射X線とは異なる波長が含まれている。これは、X線が粒子（光子）から成り、光子と物質中に含まれる電子との衝突現象として説明できる。静止している電子に波長λのX線が衝突する場合を考える。図4bのように、衝突後、X線は入射X線の方向に対してαの角度で散乱され、電子はβの角度ではねとばされたとする。散乱X線の波長をλ'、衝突後の電子の速さをvとする。

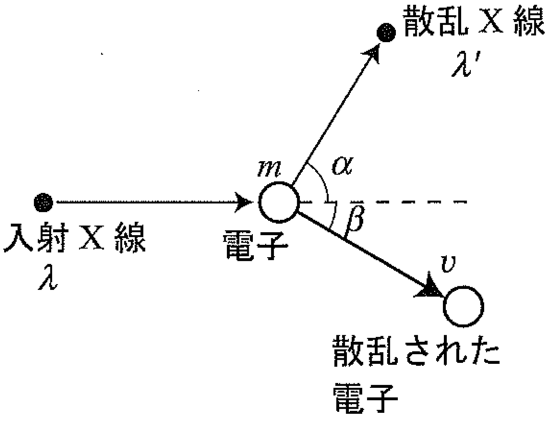


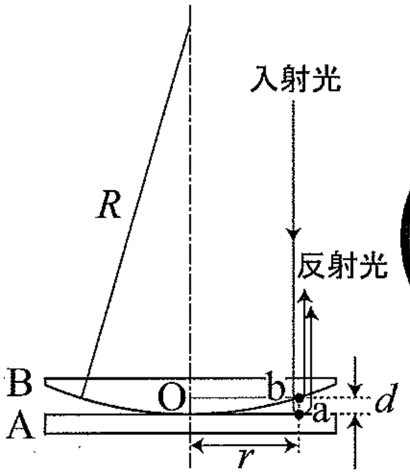
図4b

(5)　X線の入射方向の衝突前後での運動量保存則を書け。

(6)　X線の入射方向に垂直な方向の衝突前後での運動量保存則を書け。

(7)　衝突前後でのエネルギー保存則を書け。

(8)　(5)～(7)より、λとλ'の差が小さいとき、X線の波長の変化$\lambda'-\lambda$を求めよ。vとβとを消去し、$\dfrac{\lambda'}{\lambda} \fallingdotseq 1$を用いるとよい。



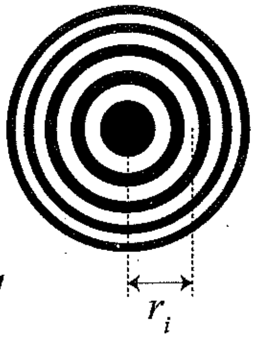


図 5a　　　　図 5b

〔問 5〕図 5a のように、水平に置かれた平面ガラス板 A の上に、一方が平面で他方が半径 R の球面のガラス板 B を、平面側が水平で、球面が下になるように置いた。2 枚のガラス板が接触する点 O を中心とし、中心 O から水平方向に長さ r の位置での 2 枚のガラス板に挟まれた空気層の厚さを d とする。ガラス板 B の上方から垂直に単色光を当てると、図 5b のような同心円状の明暗の縞模様（ニュートンリング）が生じた。ニュートンリングが生じる仕組みについて、以下の問いに答えよ。ただし空気の屈折率を 1、ガラス板 A および B の屈折率をどちらも 1.5、光の波長を λ とする。導出過程が必要な問題は導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。

(1)　ニュートンリングは、光のどのような性質に起因する現象か。最も適切な言葉を漢字 2 文字で答えよ。

(2)　図 5a のように半径 r の位置で、ガラス板 A の a 点で反射される光とガラス板 B の b 点で反射される光との光路差（媒質中での経路差と媒質の屈折率との積）は、空気の屈折率が 1 であることから $2d$ となる。$2d$ を R と r を用いて示せ。

以下、(2)で求めた光路差が、$R >> d$ のとき、$2d \fallingdotseq \dfrac{r^2}{R}$ と近似できることを用いよ。

(3)　中心から i 番目($i = 0, 1, 2, 3, \cdots$)に**明るい**同心円において、光路差を i と λ で表せ。

(4)　中心から i 番目に明るい同心円の半径 r_i を R、λ、i で表せ。

(5)　波長 λ の光を照射して、i 番目と $i+1$ 番目の明るい同心円の半径を、それぞれ r_i、r_{i+1} とするとき、ガラス板 B の球面の半径 R を λ、r_i、r_{i+1} で表せ。