

琉球大学

物理

問題

2018年度入試

【学部】	医学部
【入試名】	前期日程
【試験日】	2月25日



「過去問ライブラリーは、(株)旺文社が刊行する「全国大学入試問題正解」を中心とした過去問、研究・解答(解答・解説)を掲載しています。本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は、(株)旺文社または各情報提供者に帰属します。本サービスに掲載の全部または一部の無断複製、配布、転載、譲渡等を禁止します。各設問に対する「研究・解答」は原則として旺文社が独自に作成したものを掲載しています。掲載問題のうち★印を付したものは、著作権法第67条の2第1項の規定により文化庁長官に裁定申請を行った上で利用しています。

裁定申請日 【2017年】8/1 【2018年】4/24、9/20 【2019年】6/20

1 以下の文章中の ① ~ ④ に最も適切な数値、数式、語句、または選択肢の記号を記入せよ。(20点)

問1 図1-Iのように、水平面上のまっすぐな線路をなめらかに走れる質量 M_1 の貨車に、質量 M_2 の人が乗っている。人は貨車の上を滑らずに歩ける。

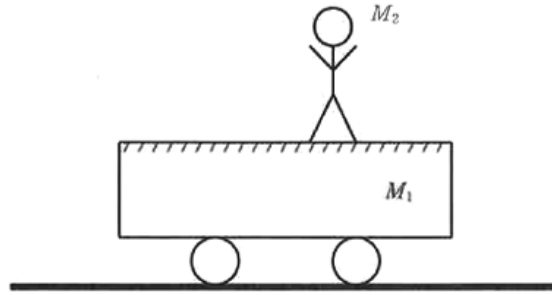


図1-I

- (1) 初めに、人と貨車は静止しているとする。人が線路と平行に、貨車に対して加速度 a で歩き始めると、貨車も水平面に対して加速度を持つ。このとき、人と貨車は互いに作用・反作用を及ぼし合うが、その力の大きさは ① となる。
- (2) 次に、貨車は一定の速さ V で線路上を走っているとする。貨車の上で立ち止まっている人が、貨車の進行方向と反対方向に質量 m のボールを水平に投げたところ、ボールは人から見て速さ v で遠ざかって行った。人がボールを投げた後の貨車の速さは ② となる。

問2 容器の中に1モルの単原子分子理想気体が入っている。この気体の圧力 p と体積 V を図1-IIのようにゆっくりと変化させる。以下では、気体定数を R とする。また、必要ならば、 $a \leq x \leq b$ の範囲で、関数 $\frac{1}{x}$ と x 軸との間で囲まれる面積は積分 $\int_a^b \frac{1}{x} dx = \log \frac{b}{a}$ (\log は自然対数) で求まることを利用して良い。

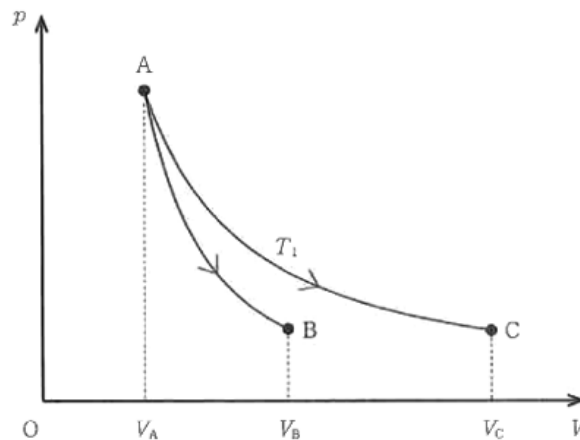


図1-II

- (1) 図1-IIの $A \rightarrow B$ の過程のように、気体を体積 V_A から V_B まで断熱膨張させると、気体の温度は T_1 から T_2 になった。このとき、気体が外部にした仕事は ③ となる。
- (2) 容器を熱源に接触させて、図1-IIの $A \rightarrow C$ の過程のように、気体の温度を T_1 に保ちながら、気体の体積を V_A から V_C に膨張させた。このとき、気体に外部から加えられる熱量は ④ となる。

問3 図1-IIIのように、単スリット S 、複スリット S_1 、 S_2 と、さらに離れたところにスクリーンを平行に置く。複スリット S_1 、 S_2 は単スリット S から等距離にあるものとする。光源から出た単色光を左から単スリット S に垂直に入射させると、スクリーン上にはほぼ等間隔の明暗の縞模様ができる。

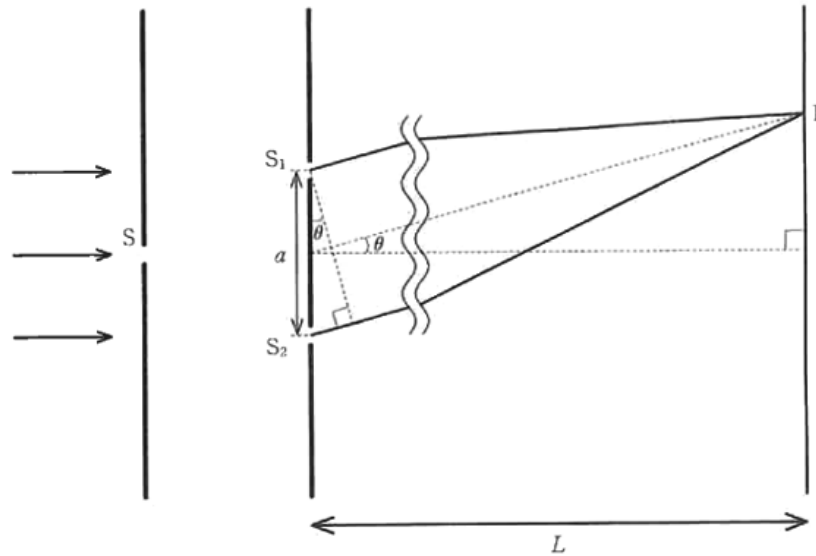


図1-Ⅲ

- (1) スクリーン上に明暗の縞模様ができるのは、複スリット S_1, S_2 を通過した光がスクリーンにおいて ⑤ するからである。
- (2) 複スリット S_1, S_2 とスクリーンの距離を L 、複スリット S_1 と S_2 の間隔を a 、スクリーン上での隣り合う明線(または暗線)の間隔を Δx とし、 a と Δx は L にくらべて十分小さいものとする。このとき、 S_1 と S_2 からスクリーン上の点 P までの2本の光の経路はほぼ平行となる。図1-Ⅲに示したように、光の入射方向と点 P に向かう光の方向のなす角 θ が十分小さいことに注意すると、光の波長は $a, \Delta x, L$ を用いて ⑥ と表すことができる。

問4 図1-Ⅳのように、抵抗、コイル、コンデンサーを並列に交流電源に接続する。

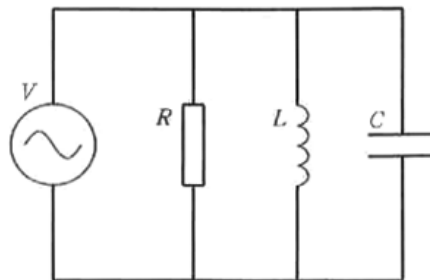


図1-Ⅳ

抵抗の抵抗値、コイルの自己インダクタンス、コンデンサーの電気容量をそれぞれ $R[\Omega], L[H], C[F]$ とし、時刻 t での交流電源の電圧を $V = V_0 \sin \omega t [V]$ とする。抵抗、コイル、コンデンサーに流れる電流の最大値が同じになるようにするには、 L の値を $R = \text{⑦}$ 、 C の値を $R = \text{⑧}$ をみたとすようにそれぞれ取ればよい。また、抵抗、コイル、コンデンサーに流れる電流をそれぞれ I_R, I_L, I_C とする。このとき、これらの電流の時間変化の様子を交流の周期を $T = 2\pi/\omega$ としてグラフに表すと、図1-Ⅴの I_1, I_2, I_3 は

- (ア) $I_1 = I_R, I_2 = I_L, I_3 = I_C$

(イ) $I_1 = I_R, I_2 = I_C, I_3 = I_L$

(ウ) $I_1 = I_L, I_2 = I_R, I_3 = I_C$

⑨ (エ) $I_1 = I_L, I_2 = I_C, I_3 = I_R$

(オ) $I_1 = I_C, I_2 = I_R, I_3 = I_L$

(カ) $I_1 = I_C, I_2 = I_L, I_3 = I_R$

である。

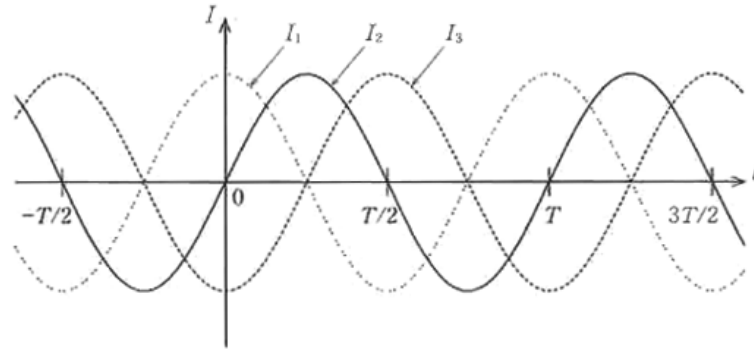


図1-V

- 問5 電場(電界)と磁場(磁界)が時間的に変化すると、相互に誘導しあって真空中や物質中を波として伝播して行く。この波を電磁波という。真空中を伝播する電磁波の速さは光速 $c (= 3 \times 10^8 \text{ m/s})$ に等しい。例えば、携帯電話が送受信する極超短波(マイクロ波)の周波数帯は、300 MHz ~ 3 GHz であるが、周波数 1 GHz の極超短波の波長はおよそ m となる。また、物質を熱することでも電磁波が放出される。この熱放射の際の電磁波は様々な波長の混ざったものとなり、その波長ごとのエネルギー分布は物質の種類にはよらず、 だけで決まる。

- 2 図2-Iのように、ばね定数 k の軽いばねの一端を空の水槽の底面に固定した。このばねの他の一端に、質量 M で断面積 S 、高さ L の柱状の物体Aを取り付けた。このとき、ばねの長さが自然長から l だけ縮み、水槽の底面から物体Aの上面までの高さが h になった。以下では、ばねの長さはばねの伸び縮みより十分に大きいとし、物体Aは鉛直方向にのみ変位するものとする。重力加速度を g として、以下の各問に答えよ。(15点)

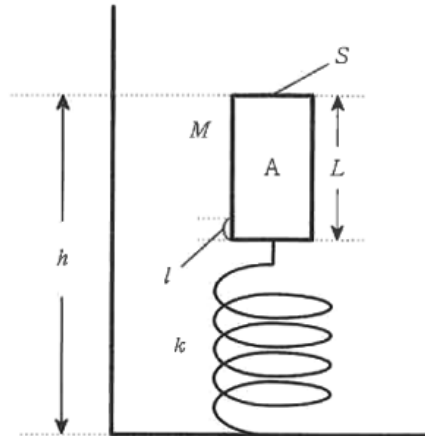


図2-I

問1 ばねの縮み l を k , M , g を用いて表せ。

質量 $\frac{M}{6}$ の小物体を、物体Aの上面に速さ v で鉛直に1回だけ衝突させた。衝突の反発係数は $\frac{3}{4}$ であった。衝突直後の物体Aの速さを V とする。

問2 V は v の何倍か。

図2-Iに示した高さ h まで密度 ρ の液体を注ぎ入れたところ、図2-IIのように、物体Aはその上部が液面から $\frac{L}{4}$ だけ出た状態で静止した。

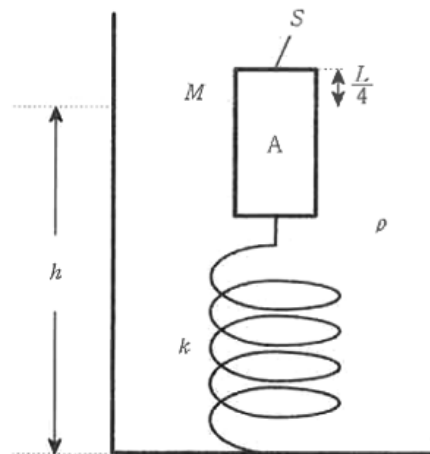


図2-II

問3 物体Aにはたらく浮力の大きさ f を ρ , S , L , g を用いて表せ。

問4 物体Aの上面を大きさ F の力でゆっくりと押したときに、物体Aが図2-IIの状態から沈む長さを x とする。 x と F の関係は図2-IIIのどれになるか、記号(a)~(e)で答えよ。ただし、物体Aを沈めたときの液面の高さの変化は無視できるものとする。

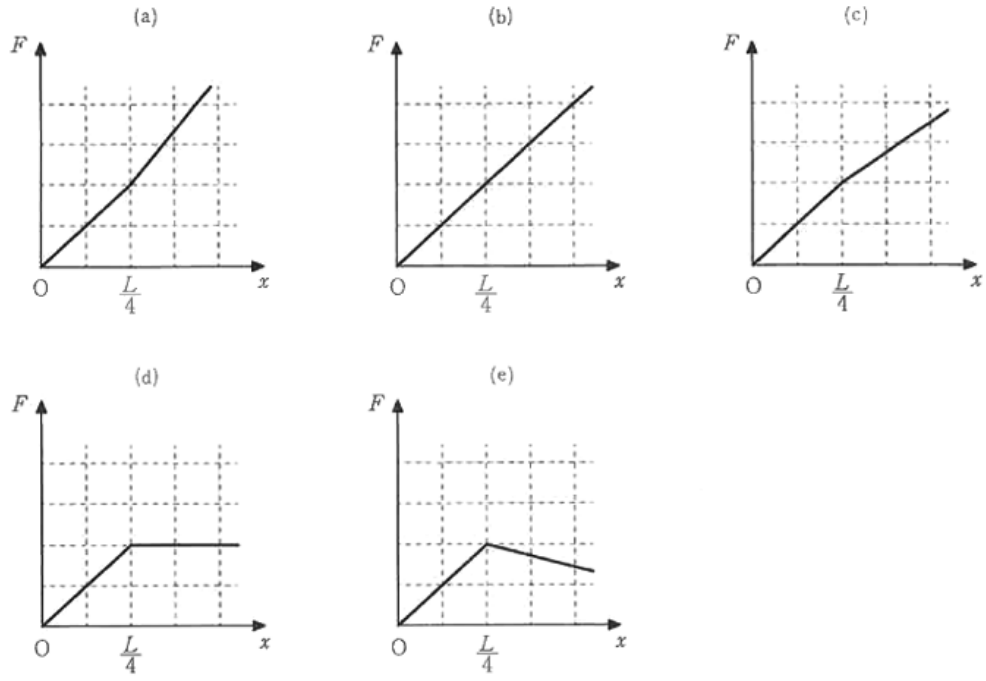


図 2-Ⅲ

3 以下のA, Bの各問に答えよ。(15点)

A 図3-Iのように、起電力 V の電池、抵抗値 R の抵抗、極板間が真空のときの電気容量がそれぞれ C と $2C$ の2つのコンデンサー、そしてスイッチ S_1 と S_2 からなる回路を考える。電池の内部抵抗と導線の抵抗は無視できるとする。また、コンデンサーの極板間になめらかにすきまなく入る比誘電率 ϵ_r の誘電体を用意する。はじめに S_1 と S_2 は切っており、コンデンサーは真空中に置かれ、電荷は蓄えられていないとする。

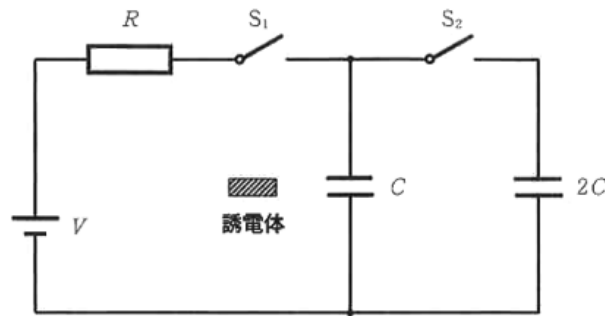


図3-I

- 問1 スイッチ S_1 を入れて十分に時間が経過した後に S_1 を切り、 C のコンデンサーの極板間に誘電体を外力を加えながらゆっくり挿入した。挿入後のコンデンサーの静電エネルギーを求めよ。
- 問2 再びスイッチ S_1 を入れた。 S_1 を入れた直後に抵抗に流れる電流の大きさを求めよ。
- 問3 スイッチ S_1 を入れて十分に時間が経過したのち、 S_1 を入れたまま誘電体を外力を加えながらゆっくり抜き出した。抜き出すのに必要な仕事を求めよ。ただし、ゆっくり抜き出すので、回路に流れる電流は小さく、抵抗で発生するジュール熱は無視できる。
- 問4 誘電体を抜き出した時点で C のコンデンサーに蓄えられている電気量を Q とする。スイッチ S_1 を切り、スイッチ S_2 を入れて十分に時間が経過した。このとき、電気容量が $2C$ のコンデンサーに蓄えられている電気量を Q を用いて表せ。

B 図3-IIのように、 xy 平面上に一辺 l の正方形の閉回路 $KLMN$ があり、辺 LM には起電力 E をもつ電池が挿入されている。電池の大きさは l に比べて十分に小さく、電池の内部抵抗を含む閉回路全体の電気抵抗は R である。電池を含む回路の各辺の質量は等しいものとする。 xy 平面は水平であり、辺 NK , ML が x 軸に、辺 KL , NM が y 軸に平行になる配置を保ったまま、回路は xy 平面上を x 軸方向になめらかに動くことができる。辺 KL の x 座標を x_K とする。 $x > 0$ の領域には、紙面に垂直で裏から表に向かう方向に、磁束密度 B の一様な磁場(磁界)がかかっている。回路を流れる電流がつくる磁場の影響は無視することができ、回路は変形しないものとする。

回路全体が磁場の外にあるとき ($x_K < 0$)、回路は一定の速さ v_0 で x 軸の正方向に動いていた。その後も回路は x 軸の正方向に進み、最初に辺 KL が、次に辺 NM が磁場の中に入った。

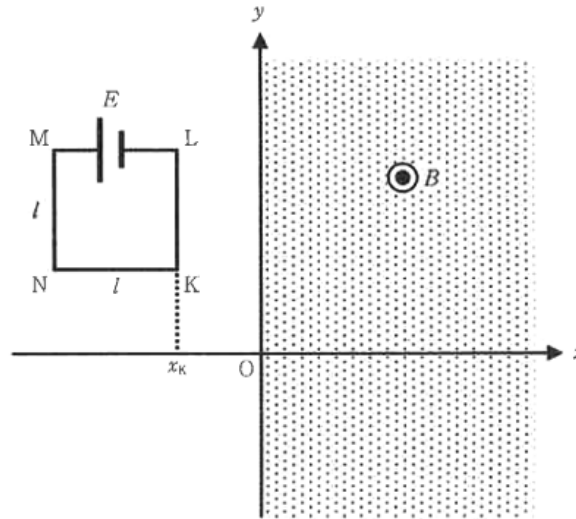


図3—II

まず、辺KLが磁場の中に、辺NMが磁場の外にあるとき($0 < x_K < l$)を考える。ある時刻に回路が速さ v で x 軸の正方向に動いており、辺KLをKからLに向かう向きに大きさ I の電流が流れていたとする。

問5 I を E , v , B , l , R を用いて表せ。

問6 辺KLにはたらく x 軸方向の力 F を I , B , l を用いて表せ。 F の符号は、この力が x 軸の正方向を向く場合を正とせよ。

磁束密度 B と $x_K < 0$ のときの速さ v_0 を任意に選べるとすると、 $0 < x_K < l$ のとき回路が減速するか、加速するか、あるいは等速で進むかは、 B と v_0 に依存する。

問7 等速で進む場合、 B と v_0 はどのような条件を満たすか。この条件を E , B , v_0 , l を含む等式の形で表せ。

次に、任意の B と v_0 を考え、回路全体が磁場の中に入ったとき($x_K > l$)を考える。

問8 回路を流れる電流と回路の運動について、次の(ア)~(エ)の中から正しいものを一つ選び、その記号で答えよ。

- (ア) 回路に電流は流れず、回路には全く力がはたらかないので、回路は一定の速さで x 軸の正方向に進む。
- (イ) 回路に電流が流れ、回路の各辺にはたらく力の合力により、回路は加速しながら x 軸の正方向に進む。
- (ウ) 回路に電流が流れるが、回路の各辺にはたらく力が釣りあうので、回路は一定の速さで x 軸の正方向に進む。
- (エ) 回路に電流が流れ、回路の各辺にはたらく力の合力により、回路は減速しながら x 軸の正方向に進む。