

前期日程

令和2年度入学者選抜学力検査問題

- 10時00分—11時30分 地域デザイン科学部志願者(社会基盤デザイン学科を志願した者)
- 9時30分—11時30分 工学部志願者(基盤工学科を志願した者)
- 10時00分—11時30分 農学部志願者(生物資源科学科・応用生命化学科・森林科学科を志願した者)

理 科 (本文 29 ページ)

〔注意〕

1. 検査開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけない。
2. 「受験番号」は、解答用紙の受験番号欄に忘れずに記入すること。
3. この問題冊子には、「物理1頁～10頁(5問題)」、「化学11頁～22頁(3問題)」、「生物23頁～29頁(3問題)」の3科目の問題がある。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は、申し出ること。
4. 解答は、必ず解答用紙の解答欄に記入すること。所定の欄以外に記入したものは、無効である。
5. 地域デザイン科学部「社会基盤デザイン学科」の志願者は、物理の第1問～第4問を解答すること。
6. 工学部「基盤工学科」の志願者は、届け出た1科目を選択し、物理は第1問～第5問を、化学は第1問～第3問を解答すること。
7. 農学部「生物資源科学科」の志願者は、届け出た1科目を選択し、化学は第1問～第2問を、生物は第1問～第3問を解答すること。「応用生命化学科」の志願者は、化学の第1問～第2問を解答すること。「森林科学科」の志願者は、届け出た1科目を選択し、物理は第1問～第3問を、化学は第1問～第2問を、生物は第1問～第3問を解答すること。
8. 問題または解答用紙に指示がある場合は、必ず計算過程も記入すること。
9. 計算用紙は別に配付しないので、問題冊子の余白を使うこと。

物 理

(答えは解答用紙の所定欄に記入せよ。)

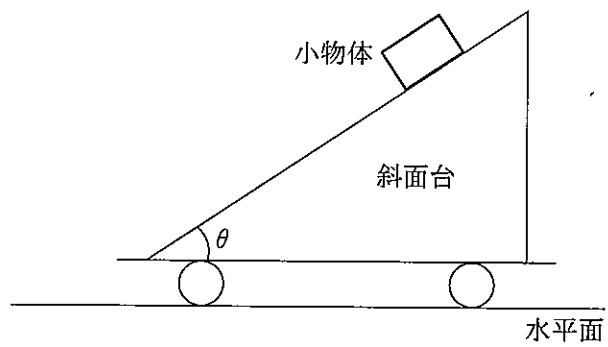
第1問 図のように、傾斜角 θ の斜面台が台車の上に固定されている。斜面上の質量 m [kg] の小物体の運動について、重力加速度を g [m/s^2] とし、空気抵抗を無視して以下の問いに答えよ。以下の全ての小問において、観測者は、斜面上に止まって諸事象を観測しているものとする。なお、計算過程も記入せよ。

問 1 斜面台の斜面はなめらかである。台車を水平面に固定して、斜面上に質量 m [kg] の小物体を置いて静かに放したところ、小物体は斜面を滑り始めた。斜面に沿った小物体の加速度の大きさを求めよ。

問 2 斜面台を粗い斜面をもつものに置き換える。小物体と斜面の間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' ($\mu' < \mu$) とする。問 1 と同じ状態から小物体を静かに放して、小物体が斜面を滑り始めるための θ の条件式を示せ。

問 3 問 2 の条件で、台車の固定を外し、台車を水平左向きに一定の大きさの加速度 β [m/s^2] で運動させて、小物体を置いて静かに放した。すると小物体は斜面を滑り落ちた。小物体が斜面から受ける垂直抗力の大きさを N [N]、小物体の滑り落ちるときの加速度の大きさを a [m/s^2] とする。小物体にはたらく力の斜面に垂直な成分について力のつり合いの式を N , m , g , β , θ を用いて表せ。

問 4 問 3 の条件で、斜面に沿った小物体の運動についての運動方程式を m , g , α , β , θ , μ' を用いて表せ。



图

第2問 半径 r [m] の球形の中空容器の中に、質量 m [kg] の分子 N 個からなる理想気体を入れて熱平衡状態に保つ。気体分子は器壁と弾性衝突を行ない、分子同士の衝突は無視してよいものとする。このとき、以下の問いに答えよ。なお、計算過程も記入せよ。

問1 図に示す通り、1個の気体分子が速さ v [m/s] で器壁の点 P に P と球の中心 O を結ぶ直線 (法線) と θ の角度をなして衝突した。

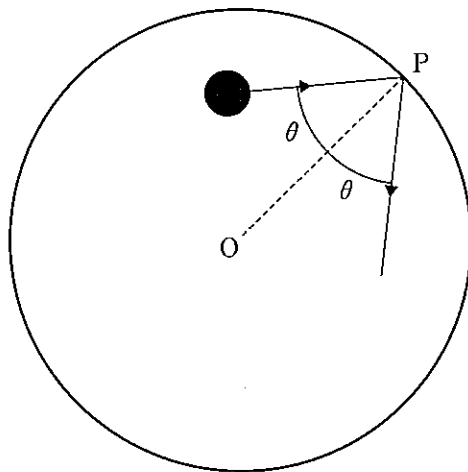
- (a) 衝突による気体分子の運動量の変化の向きを解答用紙の図に矢印で書き込め。また、その大きさ Δp [kg·m/s] を m, v, θ のうち必要な記号を用いて表せ。
- (b) この気体分子が単位時間に壁に衝突する回数 C を r, v, θ のうち必要な記号を用いて表せ。
- (c) この気体分子が単位時間に器壁に与える力積の大きさの総和 I [N·s] を m, r, v, θ のうち必要な記号を用いて表せ。

問2 容器の容積を V [m³] とし、容器内の気体分子の速さが全て v [m/s] だとし、容器内の気体の圧力 P [Pa] を m, v, N, V, θ のうち必要な記号を用いて表せ。

問3 実際にはいろいろな速さの分子があるが、このときは問2で求めた式中の v^2 を平均値 $\overline{v^2}$ で置き換えればよい。容器内の気体の温度を T [K] とするとき、気体分子1個あたりの運動エネルギーの平均値 E [J] と T の関係を、 E, T およびボルツマン定数 k [J/K] で表せ。

問4 容器に入れた気体を 3.00×10^2 K に保ちながら気体分子の速度を測定したところ、その平均値 (2乗平均速度) $\sqrt{\overline{v^2}}$ は 6.00×10^2 m/s であった。このとき、容器に入っている気体は次のどれだと考えられるか。最も近いものを (イ)–(ハ) の記号で答えよ。ただし、原子核中にある陽子と中性子の数はほぼ同数と考えてよい。また、必要に応じて $k = 1.38 \times 10^{-23}$ [J/K]、アボガドロ数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ を用いてよい。

- (イ) He (原子番号 2) (ロ) Ne (原子番号 10) (ハ) Ar (原子番号 18)



图

第3問 図のように直線L上にA点, B点, C点, Y点およびZ点が存在し, B点でこの直線と直交する直線L'上にX点がある。A点, B点およびC点には光とブザー音を同時に発する装置があり, X点には観測者がいる。X点の観測者は, A点の装置が発する光を見てから1秒後にA点からのブザー音を聞き, また, B点からの光を見てから0.6秒後にB点からのブザー音を聞き, さらに, C点からの光を見てから1.2秒後にC点からのブザー音を聞いた。

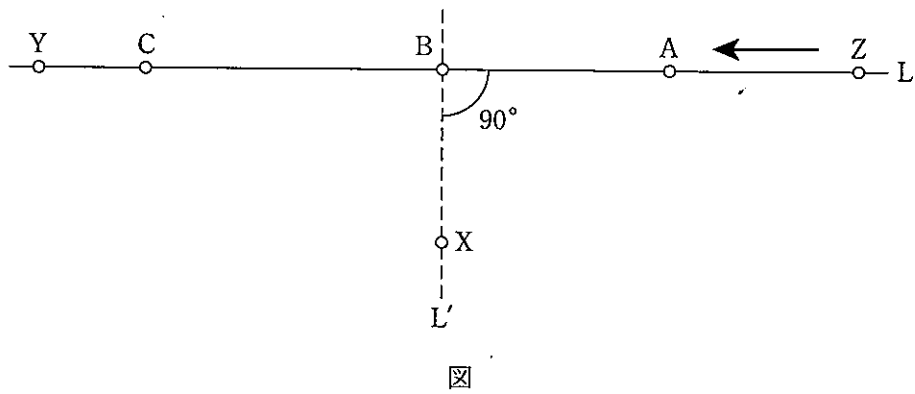
次に, A点, B点およびC点の装置をとり除き, Y点およびZ点にも観測者をおいた。直線L上を矢印の方向に走行する電車がある。電車はサイレンを鳴らしながらAB間を一定の速度で走行し, A点を通過した20秒後にB点を通過した。さらに, 電車はB点を通過後, 加速して, B点における速度の2倍の速度に到達した。電車はしばらくその速度で走行した後にC点を通過した。

音の速さを350 m/sとして, 次の問いに答えよ。ただし, $\sqrt{3} = 1.73$ とし, 小数点以下2桁目を四捨五入して小数点以下1桁まで解答せよ。また, 全ての観測時は無風状態であった。なお, 計算過程も記入せよ。

問1 B点を通過する電車の速度[m/s]を求めよ。

問2 Y点の観測者がB点を通過する電車から聞いたサイレンの振動数は, Y点の観測者がC点を通過する電車から聞いたサイレンの振動数の何%になるか。

問3 Z点の観測者がB点を通過する電車から聞いたサイレンの振動数は, X点の観測者がC点を通過する電車から聞いたサイレンの振動数の何%になるか。



第4問 2枚の極板ABの面積を $S(\text{m}^2)$ 、それらの間隔を $d(\text{m})$ とする平行板コンデンサーがあり、極板間は真空となっている。これを図1のように、起電力 $V(\text{V})$ の電池とスイッチSにつないだ。真空の誘電率を $\epsilon_0(\text{F/m})$ として、以下の問いに答えよ。ただし、極板の面積は十分広く、周辺部の影響が無視できるとする。なお、計算過程も記入せよ。

問1 コンデンサーの静電容量を、 ϵ_0 、 S 、 d を用いて表せ。

問2 スイッチSを閉じた。コンデンサーが蓄える電荷および静電エネルギーのそれぞれを、 ϵ_0 、 S 、 d 、 V を用いて表せ。

問3 スイッチSを閉じたまま、図2のように、極板と同形で同じ面積 $S(\text{m}^2)$ を持ち、厚さが $\frac{d}{5}(\text{m})$ の金属板Cを、極板間の中央の位置に極板と平行になるように入れた。コンデンサーの静電容量を、 ϵ_0 、 S 、 d を用いて表せ。

問4 スイッチSを閉じたまま、金属板Cを取り去ってしばらくした後、スイッチSを開いた。続いて、図3のように、極板間の距離を微小な長さ $\Delta d(\text{m})$ だけゆっくり広げた。極板間の距離を広げたことによるコンデンサーの静電エネルギーの増加量を、 ϵ_0 、 S 、 d 、 Δd 、 V を用いて表せ。

問5 問4において、静電エネルギーの増加量は、極板間の距離を広げるために外力がなした仕事に等しい。極板間にはたらく力の大きさを、 ϵ_0 、 S 、 d 、 V を用いて表せ。

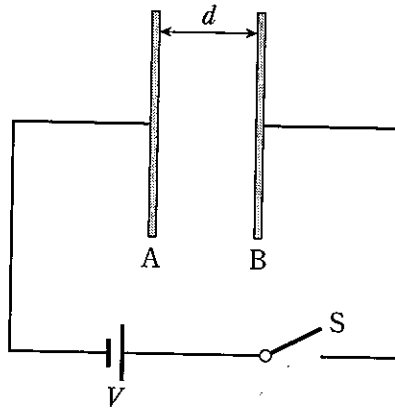


图 1

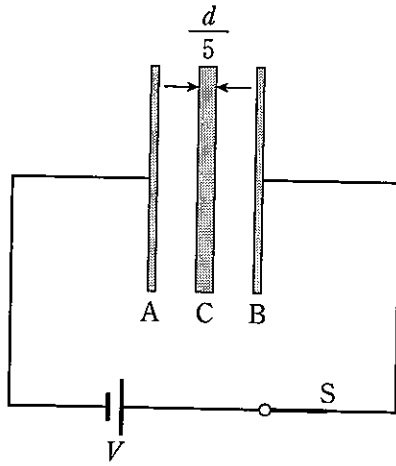


图 2

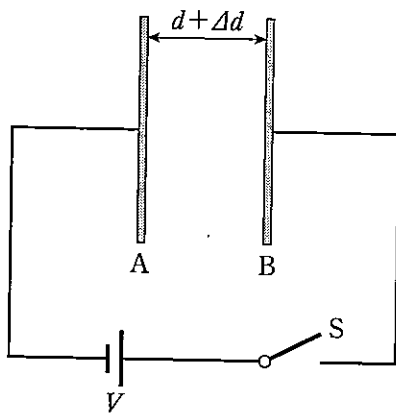


图 3

第5問 図1のように、導線を用いて各辺の長さが a (m)、 b (m)、 c (m)の三角形ABCの回路を作り、大きさ H (A/m)の一様磁場(磁界)が存在する空間中に置く。辺BCが x 方向に向くように xyz 座標系をとり、三角形の3つの角 α 、 β 、 γ はいずれも90度を超えず、磁場 H (A/m)の方向は z 方向、すなわち紙面奥に向かって垂直に貫く。導線の太さは十分細く無視できるものとし、回路ABCは移動したり、変形したりしないものとする。真空の透磁率を μ (H/m)として以下の問いに答えよ。なお、計算過程も記入せよ。

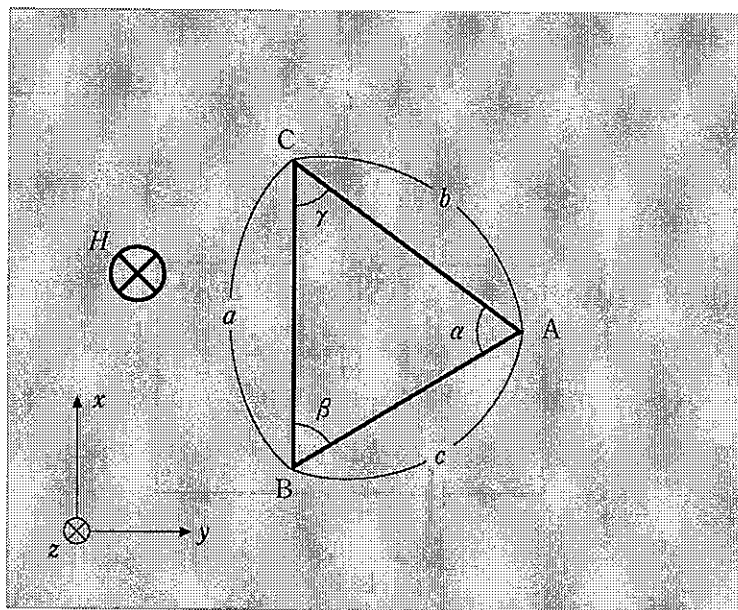


図1

問1 回路の $A \rightarrow B \rightarrow C$ の方向に直流電流 I (A)を流すとき、辺AB、辺BC、辺CAの各部分に加わる力の大きさ F_{AB} (N)、 F_{BC} (N)、 F_{CA} (N)それぞれを計算し、 a 、 b 、 c 、 I 、 H 、 μ のうち必要なものを用いて答えよ。また、それぞれの力の方向を回路ABCとともに図示せよ。

問 2 回路の $A \rightarrow B \rightarrow C$ の方向に直流電流 I [A] を流すとき、磁場が回路全体に及ぼす力を求めたい。その x 成分 F_x [N], y 成分 F_y [N], z 成分 F_z [N] を計算し、 $a, b, c, \alpha, \beta, \gamma, I, H, \mu$ のうち必要なものを用いて答えよ。

問 3 回路に流す電流をゼロにして十分時間を置いたのち、磁場の大きさを、空間内で一様に保ったまま、時間 t [s] とともに変化させる場合を考える。その際、磁場の大きさを t の関数として $H(t)$ と表記する。図 2 に示すように、 $H(t)$ が単位時間当たり ΔH [A/m] だけ一定増加するとした場合、コイルに発生する誘導起電力の大きさ V_{ABC} [V] を計算し、 $a, b, c, \alpha, \beta, \gamma, I, H, \mu, \Delta H$ のうち必要なものを用いて答えよ。

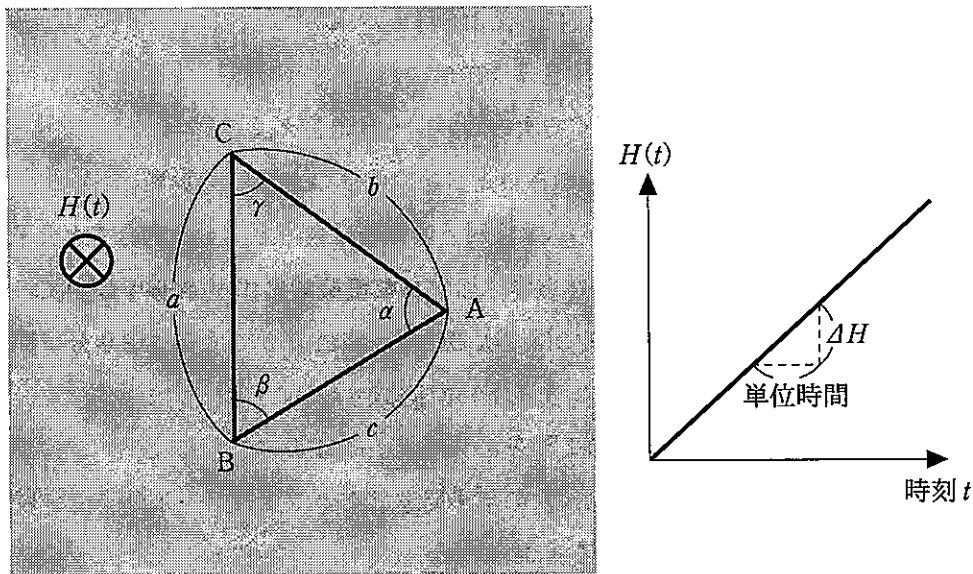


図 2