

国際環境工学部 物理

【注 意】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. 時間は9時30分から11時00分までの90分、配点は300点です。
3. この問題冊子は、表紙以外に8ページあり、解答用紙は3枚あります。
4. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
5. 解答用紙には、解答箇所以外に受験番号記入欄(各解答用紙2箇所)、氏名記入欄(各解答用紙1箇所)があるので、受験番号と氏名を正しく記入してください。正しく記入されていない場合には採点できないことがありますので、十分注意してください。
6. 解答はすべて指定した解答用紙に記入してください。
7. 解答用紙を持ち出してはいけません。持ち出した場合、試験をすべて無効とします。
8. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

第1問 (物理, 配点 100 点)

水平面と角度 θ をなす斜面上に質量 m [kg] の物体が静止している。斜面と物体の間の静止摩擦係数は μ , 動摩擦係数は μ' であり, 重力加速度の大きさは g [m/s²] とする。また, 物体が静止している点を原点として斜面に沿って下向きに x 軸を設定する。この物体の運動について記述した以下の文章 (1) および文章 (2) の空欄に入れるのに適する数式または数値を解答箇所に記入せよ。解答用紙には答えのみを記入し, 答えの導出過程は記入しないこと。ただし, 文章 (2-2) の問いに対する解答は, 解答箇所 に導出過程を含めて記述せよ。

- (1) 静止した物体に対して, 図 1.1 に示すように斜面に沿って下向きの力 F を与える。力 F は, はじめ 0 で徐々に大きくしていき, 物体が滑り始めた瞬間に大きくするのをやめて一定の値とした。はじめの $F=0$ の状態のとき, 物体にかかる摩擦力の大きさは [N] である。このあと, 力 F を徐々に大きくしていき, $F =$ [N] よりも大きくなった瞬間に物体は斜面を滑り始めた。このときの力の大きさを F_0 [N] とおく ($F_0 =$)。以降の運動では物体に常に斜面に沿って下向きの力 F_0 がかかる。斜面上を滑る物体の加速度の大きさを F_0 を用いて表すと [m/s²] となる。滑り始めた瞬間から T [s] の間に摩擦力がした仕事の大きさ W_f , および重力がした仕事の大きさ W_g をそれぞれ T を用いて表すと, $W_f =$ [J] , $W_g =$ [J] である。

以降の解答では文章 (1) に示した F_0 および以下で定義する T_1 を用いてよい。

- (2) 静止した物体に対して, 斜面に沿った力 F を与える。
- (2-1) 時刻 $t=0 \sim T_1$ の間, 力 F を図 1.2 に示すように直線的に変化させた。なお, $F > 0$ は斜面に沿って下向きの力とし, 図 1.2 に示す F_0 は文章 (1) で示した F_0 と同一である。このとき, 時刻 $t=0 \sim T_1$ [s] の間に, 力 F が物体に与えた力積の大きさは [N·s] である。

(2-2) 時刻 $t = T_1$ [s] における物体の速さ V_1 [m/s] を求めよ。解答は、解答箇所 に導出過程を含めて記述すること。

(2-3) 時刻 $t = T_1$ [s] の直後から、図 1.3 に示すように物体に対して斜面に沿って上向きの力 F_0 (文章 (1) で示した F_0 と同じ大きさで上向きの力) をかけ続けたところ、物体はやがて斜面上に静止した。このとき、物体が静止した時刻 T_2 ($T_2 > T_1$) は、 $T_2 =$ [s] である。また、時刻 T_1 および T_2 における物体の x 座標をそれぞれ X_1 および X_2 とし、時刻が T_1 の直後における物体の x 座標は X_1 と等しいと見なすものとする、時刻が T_1 [s] の直後から T_2 [s] の間に物体が進んだ距離 (斜面に沿った距離) $X_2 - X_1$ を V_1 を用いて表すと、 $X_2 - X_1 =$ [m] である。

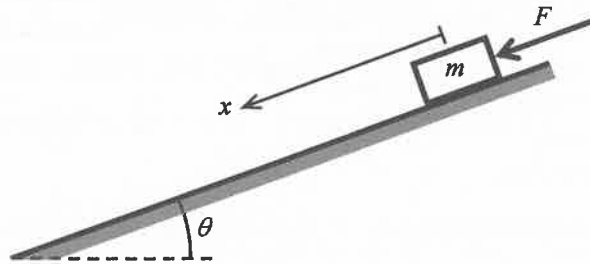


図 1.1

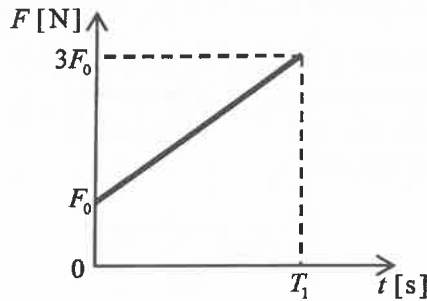


図 1.2

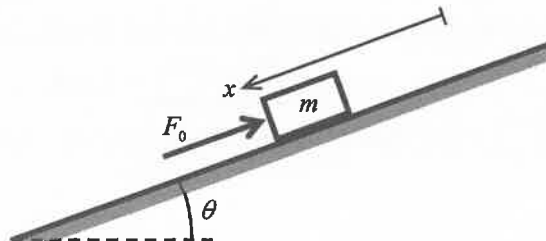


図 1.3

第2問 (物理, 配点 100 点)

以下の文章において ～ に入れるのに適する数式または数値を解答箇所に記入せよ。解答用紙には答えのみを記入し、答えの導出過程は記入しないこと。また、 は語句を記入すること。

図 2.1 に示したような凹面鏡がある。点 Q は鏡面の中心、点 O は凹面鏡の球面の中心であり、O と Q を通る直線を光軸とよぶ。凹面鏡の光軸上の点 A から出た光が凹面鏡の点 P で反射し、点 B を通るとする。ここで、AQ の長さは a 、OQ の長さは r 、BQ の長さは b である。また、 $\angle PAQ = \alpha$ [rad]、 $\angle POQ = \beta$ [rad]、 $\angle PBQ = \gamma$ [rad] とする。

$\angle APO = \theta$ [rad] とすると、反射の法則より、 $\angle OPB =$ [rad] であり、 $\triangle APO$ に注目すると、 $\alpha + \theta =$ [rad] である。同様に、 $\triangle BPO$ に注目すると、 $\beta + \theta =$ [rad] である。よって、 $\alpha + \gamma$ は β を用いて表すと、 $\alpha + \gamma =$ [rad] となる。

また、光軸付近の光のみを考えると、これらの角度 α 、 β 、 γ はすべて小さい。そのため、点 P から光軸に下ろした垂線と光軸との交点を点 H とすれば、PH の長さ h と円弧 PQ の長さは等しいと考えることができる。このとき、 $\tan \alpha \doteq \alpha$ 、 $\sin \alpha \doteq \alpha$ 、 $\tan \beta \doteq \beta$ 、 $\sin \beta \doteq \beta$ 、 $\tan \gamma \doteq \gamma$ 、 $\sin \gamma \doteq \gamma$ と近似でき、角度 α 、 β 、 γ は h 、 a 、 b 、 r を用いると、 $\alpha =$ 、 $\beta =$ 、 $\gamma =$ と表すことができる。これらを $\alpha + \gamma =$ に代入すると、

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \text{$$

という結果が得られる。この式において、 $a \rightarrow \infty$ と考えると、 $b \rightarrow$ となるので無限遠の光源からの平行光線は凹面鏡で反射された後ある一点に集まる。この点を凹面鏡の という。逆に、 $a \rightarrow$ と考えると、 $b \rightarrow \infty$ となるので凹面鏡の を通る光線は、凹面鏡で反射された後、光軸に平行に進む。

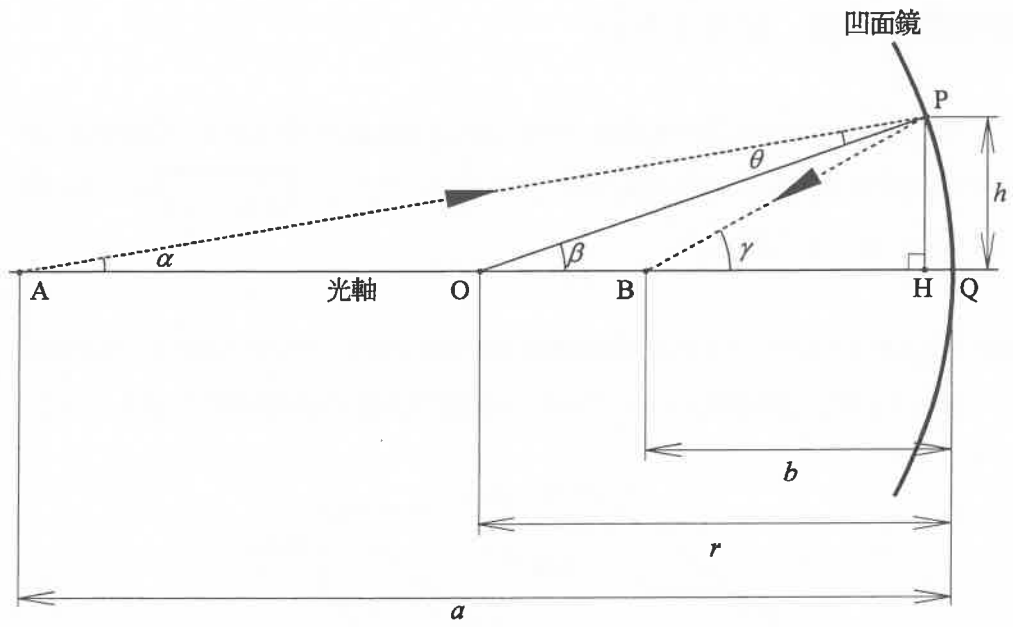


图 2.1

第3問 (物理, 配点 100 点)

以下の空欄に入れるのに適する数値, 数式, 語句を解答箇所に記入せよ。解答用紙には答えのみを記入し, 答えの導出過程は記入しないこと。ただし, に入る語句は { ① ~ ⑧ } から選ぶこと。

問1 図3.1のような上下2枚の正方形の極板を持つ平行板コンデンサーがある。極板の面積は S [m²], 間隔は d [m] であり, 極板間は真空中で電気容量は C [F] である。

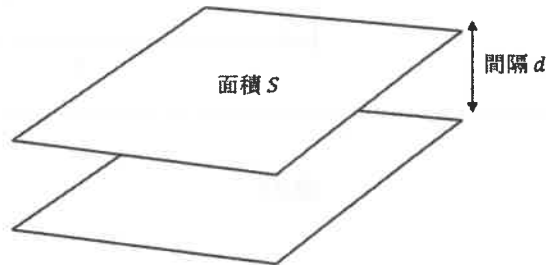


図3.1

- (1) 真空の誘電率を S, d, C の中から必要なものを用いて表すと, [F/m] である。極板の間隔を調節して電気容量が 4 倍になったとき, 極板の間隔は [m] である。極板の間隔を元に戻し, 極板間を比誘電率 ϵ_r の誘電体で満たして上側の極板に Q [C] の電気量を蓄えた。このときの極板間の電界は上向きを正とすると [V/m] である。
- (2) 極板間が真空の状態から, 図3.2のような平行板コンデンサーと同じ面積を持つ厚さ $\frac{d}{2}$ [m] の正方形の誘電体を下側の極板の上に接するように, かつはみ出ないように挿入した。誘電体の手前側半分の比誘電率が 1, 奥側半分の比誘電率が 2 のとき, このコンデンサーの電気容量を C を用いて表すと [F] である。

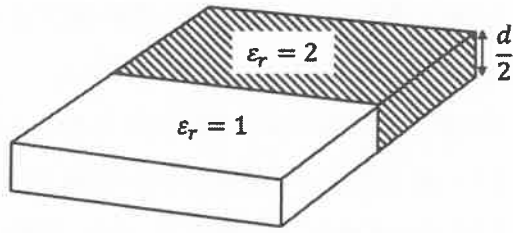


図 3.2

- (3) 図 3.3 のように、図 3.2 で示したものと同一誘電体を 2 枚用意し、1 枚だけを 90° 回転させてから、2 枚の誘電体が極板の間にちょうど収まるように挿入した。このときコンデンサーの電気容量を C を用いて表すと $\boxed{\quad / \quad}$ [F] である。

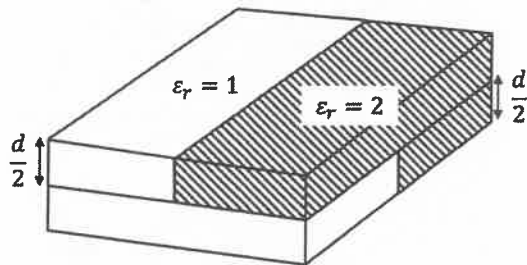


図 3.3

問2 真空中に図3.4のようにU字型磁石をおき、その磁極の間に直方体の物質を配置する。磁極の間には上向きに一律な磁束密度 B [T] が生じている。図3.5は物質の部分を拡大したものである。直方体の3辺の長さはそれぞれ a, b, c [m] であり、図3.5において見えている上面と2つの側面をそれぞれ面 P_1 , 面 P_2 , 面 P_3 とする。図3.5において見えていない下面と2つの側面で、面 P_1 , 面 P_2 , 面 P_3 と向かい合う面をそれぞれ面 P_6 , 面 P_5 , 面 P_4 とする。

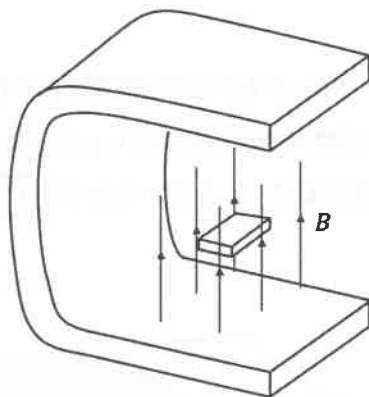


図3.4

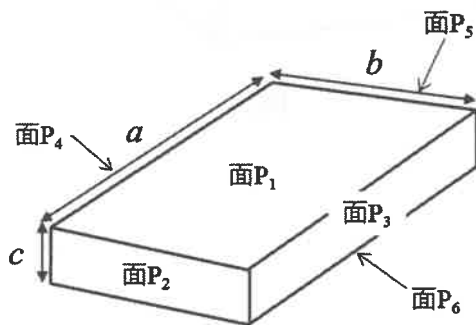


図3.5

- (1) 図 3.4 で U 字型磁石の上側の磁極は 極である。
- (2) 直方体の物質内部の磁界の強さは物質によって異なることが知られている。物質が (ア) アルミニウム (常磁性体) (イ) コバルト (強磁性体) (ウ) 銅 (反磁性体) であるとき、以下の①～⑧の組み合わせのうち物質の外の磁界と比べた物質内部の磁界の強さについて正しく表しているのは、 である。
- ① (ア) 強い (イ) 強い (ウ) 強い ② (ア) 強い (イ) 強い (ウ) 弱い
 ③ (ア) 強い (イ) 弱い (ウ) 強い ④ (ア) 弱い (イ) 強い (ウ) 強い
 ⑤ (ア) 強い (イ) 弱い (ウ) 弱い ⑥ (ア) 弱い (イ) 弱い (ウ) 強い
 ⑦ (ア) 弱い (イ) 強い (ウ) 弱い ⑧ (ア) 弱い (イ) 弱い (ウ) 弱い
- (3) 物質が透磁率 μ [H/m] の金属であって、電気量 $-e$ [C] ($e > 0$) の自由電子が単位体積あたり n 個含まれるものとする。物質の面 P_3 から面 P_4 へ向かう向きに電流 I [A] を流したとき、金属中の自由電子が U 字型磁石の磁界によって受ける力の大きさは [N] である。十分時間が経過したとき、面 P_3 に対する面 P_2 の電位は [V] となる。
- (4) 物質を P 型半導体に交換し、上記 (3) と同様に面 P_3 から面 P_4 へ向かう向きに電流 I を流して十分に時間が経過した。このとき電子の密度が全体的に高くなる直方体の面は である。

2022（令和4）年度 個別学力検査（一般選抜・後期日程）

国際環境工学部 ※該当学科に○をつけてください。

エネルギー循環化学科 ・ 機械システム工学科

情報システム工学科 ・ 建築デザイン学科 ・ 環境生命工学科

問題訂正

科目名：【 物理 】

訂正内容

第1問 2ページ 上から3行目

（誤）時刻 $t=T_1$ [s] の直後から，図 1.3 に示すように・・・



（正）時刻 $t=T_1$ [s] の直後から斜面に沿った下向きの力はなくなり，図 1.3 に示すように・・・

第3問 問2 7ページ 上から2行目

（誤）磁極の間には上向きに一樣な磁束密度 B [T] が生じている。図 3.5 は物質の・・・



（正）磁極の間には上向きに一樣な磁束密度 B [T] が生じている。磁界の向きと直方体の上面とは垂直である。図 3.5 は物質の・・・