

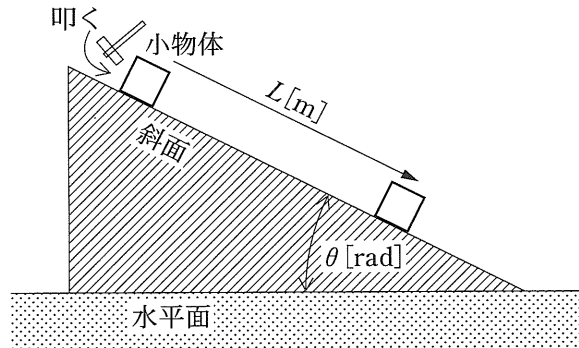
物 理

注 意 事 項

- 1 「解答始め」の合図があるまでこの冊子を開かないこと。
- 2 この冊子は7ページである。
- 3 学部名と受験番号は、必ず4枚の解答用紙のそれぞれに記入すること。
- 4 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。

1 次の文章を読み、下記の問いに答えなさい。

水平面と角度 θ [rad] をなす粗い斜面がある。斜面の上には質量 m [kg] の小物体があり、斜面から受ける垂直抗力と摩擦力が小物体に働く重力とつりあって静止している。重力加速度は g [m/s²] とする。



- (1) 上記のつりあい状態で小物体に作用している斜面からの垂直抗力と摩擦力のベクトルを図示しなさい。垂直抗力と摩擦力のベクトルは解答用紙に既に表示されている重力ベクトルと同じ G 点を始点とする矢印で示し、矢印の長さや向きにも注意し、さらに「垂直抗力」あるいは「摩擦力」と名称を付すこと。
- (2) 次に小物体を軽く叩いたところ、小物体は転がることなく距離 L [m] だけ斜面をまっすぐに滑り降りて、再び斜面上に静止した。滑り降りたことによる小物体の位置エネルギーの減少量 U [J] を求めなさい。
- (3) 叩かれてから滑り降りて静止するまでの間に摩擦力によって小物体がした仕事 P [J] を求めなさい。ここで斜面と小物体間の動摩擦係数は μ とする。
- (4) 叩かれた直後の小物体の運動エネルギー K [J] と前記の U [J] および P [J] の間にはどのような関係式が成立するか示し、次に小物体が叩かれた直後の速度 v [m/s] を求めなさい。
- (5) 小物体が叩かれてから滑り降りて静止するまでの時間 t [s] を求めなさい。

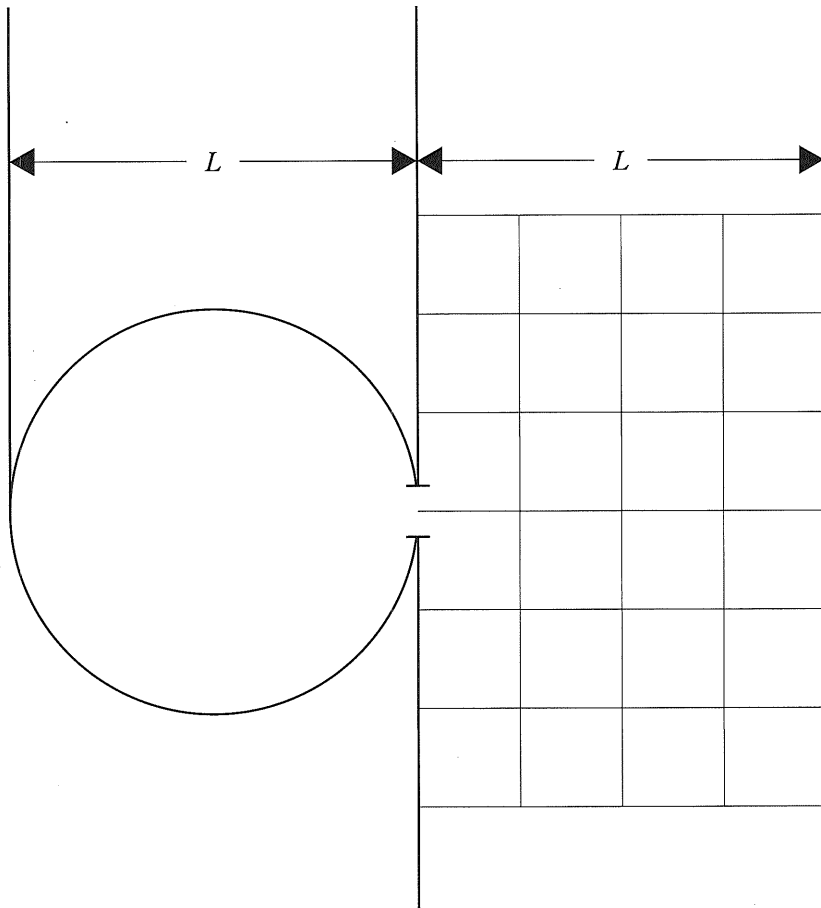
2 池の波に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) 次の文中の()内に入る適切な語句または数式を下記の選択肢から選び、その番号を解答欄に記入しなさい。同じ番号を複数回使っても良い。

直径 L の円形の深い池の中心に、一定周期 T で水滴が落ちて同心円の波が発生して中心から外へ向かっている。この波を(①)といい、波長を λ 、波の速度を v とすると、 $\lambda =$ (②) と書き表せる。池の直径が波長の整数倍であるとき、池の端で反射された波は、円の中心部からきた波と重なって、きれいな波紋を生じる。このような波を(③)と呼ぶ。波長 λ の同心円状の波の数 n は $n =$ (④) と表せる。この時、池の水面に浮いている軽い木の葉の円の中心から外向の平均速度は、(⑤)である。図のように円形池に、長方形の深い池が長辺で境を接している。長辺は十分に長いとし、池の短辺を円形池の直径と同じ L とする。この条件で両池の接する境を波長 λ よりも十分小さい幅だけ切り開いた。このとき長方形の池に(⑥)効果で波ができる。この新たな波源による波形は(⑦)状になり、その波長 λ は $\lambda =$ (⑧)となる。対岸で反射された波と(⑨)し、きれいな(⑩)模様ができる。

| | | | | | | | | | | |
|-----|----|------|----|--------------|----|------------|----|-----------|----|------------------|
| 選択肢 | 1 | 反射波 | 2 | vT | 3 | $v/2$ | 4 | 波 長 | 5 | $1/2 \cdot L/vT$ |
| | 6 | 0 | 7 | 回折縞 | 8 | 回 折 | 9 | 同心円 | 10 | $1/2 \cdot vT$ |
| | 11 | 半同心円 | 12 | 干 渉 | 13 | 後進波 | 14 | v | 15 | 干渉縞 |
| | 16 | 進行波 | 17 | 2.5λ | 18 | 4λ | 19 | 定常波または定在波 | 20 | 波 高 |

- (2) 図の長方形の池において対岸との距離 L を 4λ とする。長方形池と円形池が接する部分を波の山が通過する瞬間に波長 λ よりも十分小さい幅だけ切り開いた。境界を切り開いてから $5T$ 後の、長方形池の波の山の波面を解答用紙の方眼紙の部分に示しなさい。



円形の池と接する長方形の池の模式図は 1λ 単位方眼が図示されています。

3

雷と電気に関するベンジャミン・フランクリンの実験について以下の問いに答えなさい。

- (1) 以下の文中の()内にあてはまる適切な語句または数式を解答欄に記入しなさい。

物体は、多数の原子から構成されている。原子は(①)の電気をもつ陽子と電氣的に中性の中性子からなる原子核と、そのまわりをまわる(②)の電気を持つ(③)とからできている。原子におけるこれらの電荷を持った粒子の数はそれぞれ等しく、原子は電氣的に中性である。物体の帯電は、その物体中の(④)の過不足により起こり、物体は電荷を帯びる。雷雲は、帯電した雲が発生したことを示している。電荷を帯びた物体間には(⑤)力がはたらく。距離 r 離れて静止している2つの電荷 Q_1, Q_2 の間に働く力 F_Q は、比例定数を k として $F_Q = k(⑥)$ と表せる。電荷が運動すると電流が発生する。断面積 S [m²] の断面を時間 t [s] の間に q [C] の電気量が通過するとき、この断面を通過する電流 I [A] は $I = (⑦)$ である。電流は周囲に磁場をつくる。十分に長い直線状電流 I [A] が距離 r [m] につくる磁場の強さ H [N/Wb] は $H = (⑧)$ となる。雷雲から発生する雷は、大きな音と強い光の稲妻を伴っている。この強い光の稲妻は、空気中の放電による電流の道筋と考えられている。同じ大きさで同じ方向に流れる2本の平行で十分に長い直線状電流 I [A] が距離 r_0 [m] 離れて発生したとする。透磁率 μ の空間で1本の電流 I [A] が距離 r_0 [m] につくる磁束密度 B [Wb/m²] は $B = (⑨)$ となる。直線状電流の長さ L [m] の部分が受ける力 F_M は、磁束密度 B を用いて $F_M = (⑩)$ となる。落雷の影響は直接的な被害だけでなく、電気磁氣的効果を通して少し離れた所にも影響が現れる。

- (2) 雷雲は小さな氷や水滴でできている。これらの粒子が帯電し巨大な電気エネルギーが蓄えられている。以下の問いに答えなさい。

問 1 雷雲は巨大なコンデンサーと考えられる。雲の直径を 40 km, 雲の地上からの高さを 2.0 km とする。地球と雷雲をそれぞれ同じ面積の 2 枚の平行金属板と考えて, 電気容量を求めなさい。ただし, 空気の誘電率を 8.9×10^{-12} F/m とする。

問 2 典型的な落雷のデータは次の表のようになっている。

| 放電時間 t | 稲妻の長さ ℓ | 電圧 V | 電流 I |
|----------|--------------|---------------------|---------------------|
| 0.01 秒 | 2.0 km | 2.0×10^7 V | 1.0×10^4 A |

- (a) 表から落雷する前の雷雲に蓄積された電荷量を求めなさい。
- (b) 表から落雷する前の雷雲に蓄積された静電エネルギーを求めなさい。

4 図1のように、断面積 S のシリンダー内に、質量 M のピストンがはめ込まれており、その内部には大気圧 p_0 と同じ圧力で、外気温 T_0 と同じ温度の体積 V_0 の気体が閉じ込められている。これを状態 A とする。次にピストンを固定しておき、このシリンダーを図2のように縦にした。これを状態 A' とする。このときの気体の状態は状態 A と同一である。続いて、シリンダーを立てたまま、ピストンが自由に動けるようにすると、ピストンは落下し、内部の気体の圧力、体積、温度が急に変化した。このときピストンは数回振動したが、すぐに静止した。ピストンの振動がほぼ静止したときを状態 B とする。状態 A' から状態 B への変化はごく短時間であった。その後、図3のように、そのまま放置しておく、気体の温度は次第に外気温 T_0 に近づいていった。気体の温度がほぼ T_0 になったときを状態 C とする。最後に、ピストンは自由に動ける状態にしたまま、図4のように、シリンダーを極めてゆっくりと傾けていき、最初の状態 A に戻した。

温度はすべて絶対温度で表されており、気体は理想気体と考えてよいものとして、以下の問いに答えなさい。

- (1) 状態 A' → 状態 B, 状態 B → 状態 C, 状態 C → 状態 A における気体の状態変化は、それぞれ、(a)等温変化、(b)等圧変化、(c)断熱変化のいずれに最も近いのか。解答欄に記号で記入しなさい。
- (2) これらの状態変化の間における気体の圧力、体積、温度をそれぞれ p , V , T という変数で表すとき、これらの間に成り立つ関係式を p , V , T および p_0 , V_0 , T_0 を使って書きなさい。
- (3) 状態 B における気体の圧力、体積、温度をそれぞれ p_B , V_B , T_B とする。これらと、 p_0 , V_0 , T_0 との大小関係を、解答欄に不等号または等号を記入して示しなさい。
- (4) 状態 C における気体の圧力、体積、温度をそれぞれ p_C , V_C , T_C とする。これらと p_B , V_B , T_B との大小関係を、解答欄に不等号または等号を記入して示しなさい。

- (5) 状態 C における気体の圧力 p_C を, p_0 , S , M および重力加速度 g を使って書きなさい。また, 状態 A' から状態 C までの間にピストンが下がった距離 x を, p_0 , V_0 , S および p_C を使って書きなさい。
- (6) 以下の文中の () 内に入る適切な語句を下記の選択肢から選び, その記号を解答欄に記入しなさい。

状態 B から状態 C の間に, 気体は (①), 熱を (②) する。また, 状態 C から状態 A の間に, 気体は (③), 熱を (④) する。状態 A' から状態 B, C を経由して状態 A に至る間の仕事と熱の出入りをそれぞれ集計すると, 気体は (⑤), 熱を (⑥) することになる。

| 選択肢 | a | b | c | d |
|-----|-----------|----------|----|----|
| | 外部から仕事を受け | 外部に仕事をして | 放出 | 吸収 |

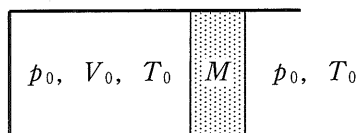


図1 状態 A

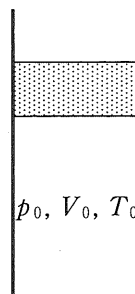


図2 状態 A'

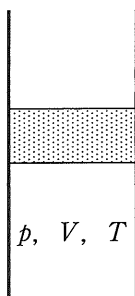


図3 状態 B → 状態 C

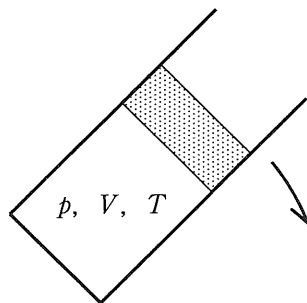


図4 状態 C → 状態 A