

物理基礎・物理

(全問必答)

第1問 次の各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

問1 図1のように、小球が滑らかな水平面Aを速さ v で進み、山を越えて滑らかな水平面Bまで進む状況を考える。山の高さは水平面Aから h_1 、水平面Bから h_2 である。水平面Bに来たときの小球の速さはいくらか。正しいものを、下の①～④のうちから一つ選べ。ただし、全行程で摩擦は無視できるとし、重力加速度は g とする。

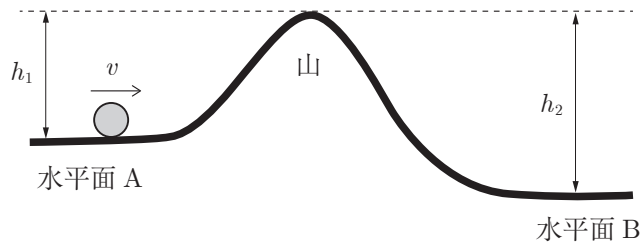


図 1

① $\sqrt{2gh_2}$

② $v + \sqrt{2gh_2}$

③ $v + \sqrt{2g(h_2 - h_1)}$

④ $\sqrt{v^2 + 2g(h_2 - h_1)}$

問2 次の文章中の **ア**・**イ** に入る語句の組合せとして正しいものを、下の①～⑨のうちから一つ選べ。 **2**

同じ一定の振動数の音が水中と空気中をどう伝わるか比較する。音の速さは水中の方が空気中よりも速い。音の波長は **ア**。音の進行方向に垂直な面を単位時間当たり通過する波の数(1波長分通過したときに波の数を1個と数える)は **イ**。

	ア	イ
①	水中の方が長い	水中の方が多い
②	水中の方が長い	空気中の方が多い
③	水中の方が長い	どちらも同じ
④	空気中の方が長い	水中の方が多い
⑤	空気中の方が長い	空気中の方が多い
⑥	空気中の方が長い	どちらも同じ
⑦	どちらも同じ	水中の方が多い
⑧	どちらも同じ	空気中の方が多い
⑨	どちらも同じ	どちらも同じ

問3 電気抵抗の等しい七つの抵抗と直流電源を用いて図2のような回路を作った。このとき、図中の点Aを流れる電流は、点Bを流れる電流の何倍か。正しいものを、下の①～④のうちから一つ選べ。ただし、七つの抵抗以外の箇所の電気抵抗は無視できるものとする。 倍

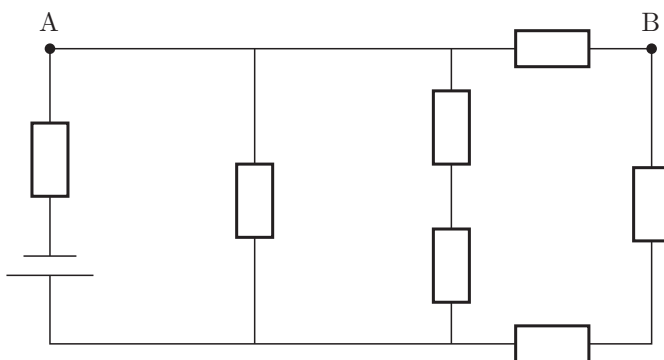


図 2

- ① $\frac{1}{3}$ ② 3 ③ 5.5 ④ 6

問4 密度が一様で、底面の1辺が2mの正方形である直方体の高さを h とする。この直方体を静止摩擦係数が十分大きな台の上に置いた。直方体の側面が鉛直面内を移動するように台をゆっくりと傾けていき、傾きが 30° を越えた時に直方体が転倒した。直方体の高さとして正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

$h =$ m

- ① $\sqrt{3}$ ② $\sqrt{2}$ ③ $2\sqrt{3}$ ④ $\frac{\sqrt{3}}{2}$ ⑤ $3\sqrt{2}$

問5 1molの単原子分子理想気体を、滑らかに動くピストンのついたシリンダーに閉じ込め、図3のようなサイクル①→②→③→④→①に沿って状態を変化させた。①→②，③→④は断熱過程であるとする。

このサイクルを一種の熱機関であると考えて、1サイクルの熱効率として正しいものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 5

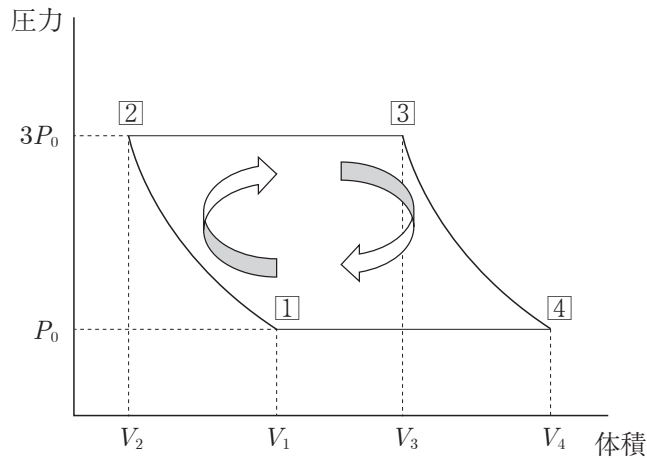


図 3

① $\frac{V_4 - V_1}{3(V_3 - V_2)}$

② $\frac{3(V_3 - V_2)}{V_4 - V_1}$

③ $\frac{V_1 - V_4}{3(V_3 - V_2)}$

④ $1 - \frac{V_4 - V_1}{3(V_3 - V_2)}$

⑤ $1 - \frac{3(V_3 - V_2)}{V_4 - V_1}$

第2問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

図1のように、荒い水平面(動摩擦係数 μ')の床に物体(質量 m)を置き、水平方向に引く。時刻0から t_1 まで一定の力で引くことにより、図2のように物体の速さが v まで上がり、その後、時刻 t_1 から t_2 まで速さ v を保つように引いた。物体は直線的に動くとする。重力加速度は g とする。

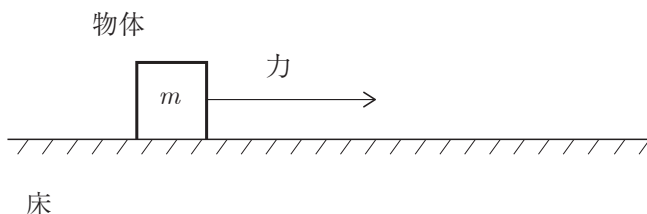


図 1

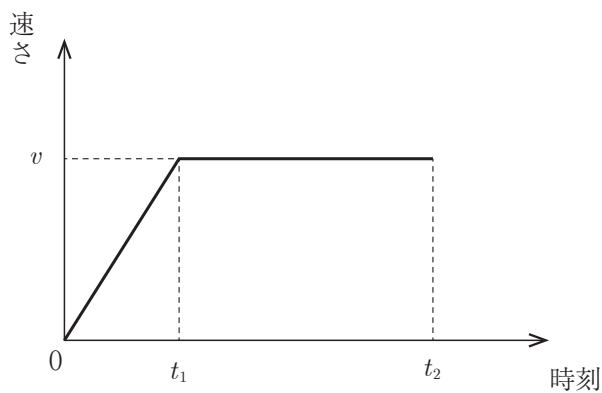


図 2

問1 時刻0から t_1 までの引く力の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① $\mu' mg$ ② $\mu' mg + \frac{mv}{t_1}$ ③ $\mu' mg - \frac{mv}{t_1}$ ④ $\frac{mv}{t_1}$

問2 時刻0から t_2 までに物体の進む距離はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

- ① $\frac{v(2t_2 - t_1)}{2}$ ② $\frac{v(t_1 + 2t_2)}{2}$ ③ $\frac{2v}{2t_2 - t_1}$ ④ $\frac{2v}{t_1 + 2t_2}$

問3 物体の進む方向に床は充分長いとする(図1)。時刻 t_2 の後、引く力の大きさをゼロにしたとき、物体が減速し始めてから止まるまでに進む距離はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 3

- ① $\frac{\mu'g}{v}$ ② $\frac{\mu'g}{mv}$ ③ $\frac{v^2}{2\mu'g}$ ④ $\frac{mv^2}{2\mu'g}$

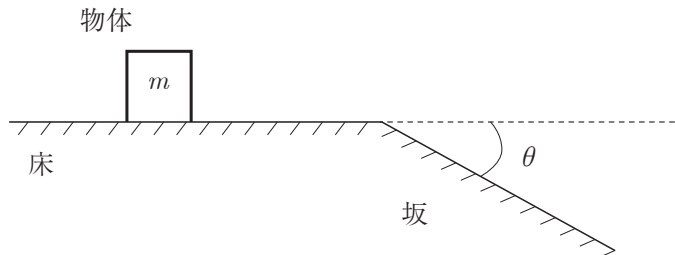


図 3

問4 問3とは異なり、図3のように物体の進む先に床と滑らかに接続された充分長い坂(角度 θ)があり、ちょうど時刻 t_2 に物体は坂を下り始め、そのとき同時に引く力の大きさをゼロにしたとする。坂の動摩擦係数は床と同じ μ' とする。物体が坂の途中で止まることなく下り続ける条件として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ① $\mu' \geq \tan \theta$ ② $\mu' \leq \tan \theta$ ③ $\mu' \geq \frac{\cos \theta}{\sin \theta}$ ④ $\mu' \leq \frac{\cos \theta}{\sin \theta}$

物理基礎・物理

問5 問4のとき、坂を一定の速さ v のまま下り続ける場合、摩擦熱は単位時間当たりいくら生じるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、摩擦による力学的エネルギー減少分が全て摩擦熱に変わるとする。 5

① $mgv \sin \theta$

② $\mu' mgv \sin \theta$

③ $\frac{mgv}{\sin \theta}$

④ $\frac{\mu' mgv}{\sin \theta}$

(下書き用紙)

物理基礎・物理の試験問題は次に続く。

第3問 次の文章を読み、次の各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

図1のように、十分広い導体板の上に、質量 m 、面積 S 、厚さ d 、誘電率 ε の誘電体が置かれている。誘電体の上面(導体板と接する面の反対の面)には、質量が無視できる薄い電極が取り付けられており、電極と導体板には、それぞれ電荷 Q と $-Q$ が蓄えられている。誘電体と導体板の接触面の静止摩擦係数を μ_0 、重力加速度を g とする。また、誘電体と電極は、常に一体となって動くとする。



図 1

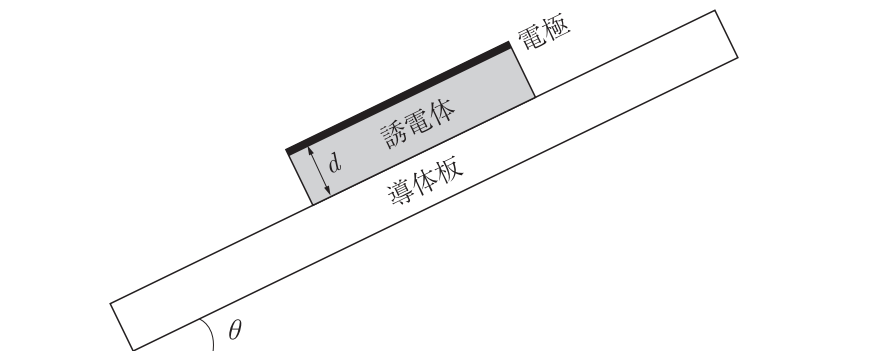


図 2

問1 次の文章中の **ア** ・ **イ** に入る式として正しい組合せを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 **1**

電極と導体板は一種のコンデンサーとなっている。このコンデンサーの電気容量は **ア** となり、蓄えられるエネルギーは **イ** となる。

	ア	イ
①	$\varepsilon \frac{S}{d}$	$\frac{1}{2} \frac{Q^2 d}{\varepsilon S}$
②	$\varepsilon \frac{d}{S}$	$\frac{1}{2} \frac{Q^2 d}{\varepsilon S}$
③	$\varepsilon \frac{S}{d}$	$\frac{1}{2} \frac{Qd}{\varepsilon S}$
④	$\varepsilon \frac{d}{S}$	$\frac{1}{2} \frac{\varepsilon S}{Q^2 d}$
⑤	$\varepsilon \frac{S}{d}$	$\frac{1}{2} \frac{\varepsilon S}{Q^2 d}$

問2 次の文章中の $\boxed{\text{ウ}}$ ・ $\boxed{\text{エ}}$ に入る式として正しい組合せを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 $\boxed{2}$

続いて、電極と導体板の間に静電的な引力がはたらく。この大きさを求めてみよう。

電極の電荷を保ったまま、電極をほんの僅かの距離 x だけ上に引き上げる。ここで、簡単のため、誘電体も電極の移動に合わせて少し伸びるとする。このとき、誘電率に変化はないと仮定する。電極を上への電力的な力に対抗して動かすのに要した仕事は $\boxed{\text{ウ}}$ となり、この結果より、静電的な引力の大きさ $\boxed{\text{エ}}$ を求めることができる。

	ウ	エ
①	$\frac{1}{2} \frac{Q^2 d}{\epsilon S} x$	$\frac{1}{2} \frac{Q^2 d}{\epsilon S}$
②	$\frac{1}{2} \frac{Q^2}{\epsilon S} x$	$\frac{1}{2} \frac{Q^2}{\epsilon S}$
③	$\frac{1}{2} \frac{Qd}{\epsilon S} x$	$\frac{1}{2} \frac{Qd}{\epsilon S}$
④	$\frac{1}{2} \frac{\epsilon S}{Q^2 d} x$	$\frac{1}{2} \frac{\epsilon S}{Q^2 d}$
⑤	$\frac{1}{2} \frac{\epsilon S}{Q^2} x$	$\frac{1}{2} \frac{\epsilon S}{Q^2}$

問3 誘電体を、図1に示すAの方向に導体板に沿って引っ張り動かし始めるには、最低限どれだけの力が必要か。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

3

① $\mu_0 \left(\frac{1}{2} \frac{Q^2 d}{\epsilon S} + mg \right)$ ② $\mu_0 \left(\frac{1}{2} \frac{\epsilon S}{Q^2 d} + mg \right)$ ③ $\frac{\mu_0}{2} \frac{Q^2}{\epsilon S} + mg$

④ $\frac{\mu_0}{2} \frac{\epsilon S}{Q^2} + mg$ ⑤ $\mu_0 \left(\frac{1}{2} \frac{Q^2}{\epsilon S} + mg \right)$

問4 次に、図2のように導体板を傾けた。傾き角が θ を越えたとき、導体板の上を誘電体が滑り落ち始めた。静止摩擦係数として正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

4

① $\frac{mg \sin \theta}{\frac{1}{2} \frac{Q^2}{\epsilon S} + mg \cos \theta}$ ② $\frac{mg \sin \theta}{\left(\frac{1}{2} \frac{Q^2}{\epsilon S} + mg \right) \cos \theta}$ ③ $\frac{mg \sin \theta}{\frac{1}{2} \frac{Q^2}{\epsilon S} + mg}$

④ $\frac{mg \sin \theta}{\left(\frac{1}{2} \frac{\epsilon S}{Q^2} + mg \right) \cos \theta}$ ⑤ $\frac{mg \sin \theta}{\frac{1}{2} \frac{Q^2}{\epsilon S} d + mg \cos \theta}$

問5 同じ厚さ、面積、誘電率を持ち、質量が倍の誘電体に、同じように電極を取り付けて導体板の上に置いた。導体板と誘電体の間の静止摩擦係数は問4と同じとする。傾きが問4と同じ角度 θ を超えてはじめて、誘電体が滑り落ちるようにするには、電極に蓄える電荷量をいくらにすればよいか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

5

① $2Q$ ② $\frac{Q}{2}$ ③ $\sqrt{2}Q$ ④ $\sqrt{2}Q$ ⑤ $\frac{Q}{\sqrt{2}}$

第4問 次の文章を読み、各問い(問1～4)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

図1に示すように、音源より振動数 f_0 の音波が出ている。この音源が、直線的に速度 v_0 で観測者に近づく場合について考える。無風であるときの音速を V とする。

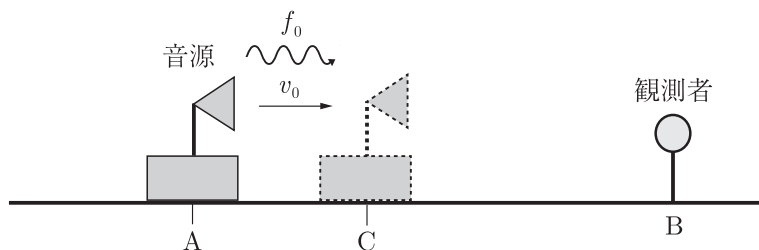


図 1

問1 次の文章中の ～ に入る式の組合せとして正しいものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。

音速は、音源の運動の有無に関わらず一定であるので、A点上の音源から出た音波は時間 Δt の間に の距離だけB点の観測者の方向に進んでいる。また、音源自体もA点から の距離だけ進んだC点に達している。つまり、 Δt の間に出た音波は の距離の中に存在することになり、音波の波長は となる。よって、観測者に聞こえる音波の振動数は となる。

	ア	イ	ウ
①	$V\Delta t$	$v_0\Delta t$	$\frac{V-v_0}{\Delta t}$
②	$V\Delta t$	$v_0\Delta t$	$V-v_0$
③	$V\Delta t$	$v_0\Delta t$	$(V-v_0)\Delta t$
④	$v_0\Delta t$	$V\Delta t$	$V-v_0$
⑤	$v_0\Delta t$	$V\Delta t$	$(V-v_0)\Delta t$

また、**工**・**才**に入る式の組合せとして正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。**2**

	工	才
①	$\frac{V - v_0}{f_0}$	$\frac{V - v_0}{V} f_0$
②	$\frac{V - v_0}{f_0}$	$\frac{V}{V - v_0} f_0$
③	$(V - v_0) f_0$	$\frac{V}{(V - v_0) f_0}$
④	$(V - v_0) f_0$	$\frac{V - v_0}{V f_0}$
⑤	$\frac{v_0 - V}{f_0}$	$\frac{V}{v_0 - V} f_0$

問2 音源が、B点を過ぎて、速度 v_0 で観測者から音源が離れていくときの音波の波長として正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。**3**

① $\frac{V + v_0}{f_0}$ ② $\frac{f_0}{V - v_0}$ ③ $\frac{f_0}{V + v_0}$ ④ $(V + v_0) f_0$ ⑤ $\frac{V - v_0}{f_0}$

物理基礎・物理

問3 次の文章中の **力**・**キ** に入る式の組合せとして正しいものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 **4**

次に、速さ w の風が常に観測者から音源の方向に吹いている場合を考える。A点から速度 v_0 で観測者に音源が近づくと、音速は **力** となる。よって、観測者に聞こえる音波の振動数は **キ** となる。

	力	キ
①	$V - w$	$\frac{V - w - v_0}{V - w} f_0$
②	$V + w$	$\frac{V + w}{V + w - v_0} f_0$
③	$V - w$	$\frac{V}{V - w - v_0} f_0$
④	$V + w$	$\frac{V + w - v_0}{V + w} f_0$
⑤	$V - w$	$\frac{V - w}{V - w - v_0} f_0$

問4 次の文章中の **ク**・**ケ** に入る語の組合せとして正しいものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 **5**

光も波の性質を持つ。つまり、光源の移動により、音波と同じく観測者に到達する光の波長が変化する。光源が観測者から遠ざかる場合は波長は **ク** なり、赤色の方向にずれた色の光が観測されることになる。このような光の性質は天文学で利用され銀河などの天体から出てくる光が、ほぼすべて赤色の方にずれて観測されることが知られている。この結果は、宇宙が **ケ** している証拠であるとされている。

	ク	ケ
①	長 く	収 縮
②	短 く	収 縮
③	長 く	振 動
④	短 く	膨 張
⑤	長 く	膨 張