

物 理

(解答番号 ~)

第1問 次の問い(問1~5)に答えよ。(配点 26)

問1 図1のように、なめらかな水平面と点Oを中心とする半径 r の半円形の曲面が点Aで接続されている。OAは鉛直である。水平面上で質量 m の小球を速さ v で点Aに向かって打ち出したとき、小球が点Aを通過した直後の曲面から受ける垂直抗力の大きさ N を表す式として正しいものを、下の①~⑥のうちから一つ選べ。ただし、重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるものとする。 $N =$

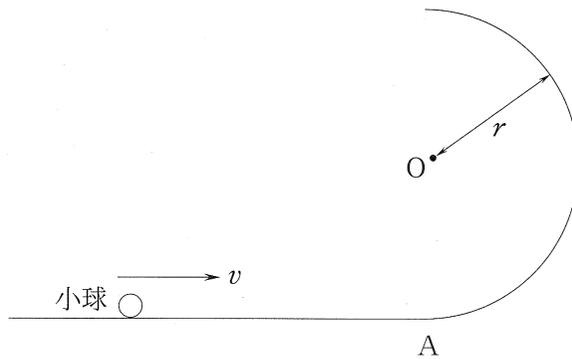


図 1

- ① mg ② $\frac{mv^2}{r}$ ③ $\frac{mv}{r^2}$
④ $\frac{mv^2}{r} - mg$ ⑤ $\frac{mv^2}{r} + mg$ ⑥ $\frac{mv}{r^2} + mg$

問2 次の文章中の空欄 **ア**・**イ** に当てはまる語句の組合せとして最も適当なものを、次ページの①～⑥のうちから一つ選べ。 **2**

図2のように、ばね定数が k の軽いばねの一端を天井に固定し、他端には質量 m の小球を取り付ける。ばねの鉛直下方には、水平な板のついた台を床の上に固定する。板の上面の高さは、小球にはたらく重力とばねの弾性力が釣りあう位置になっている。小球と板の反発係数(はねかえり係数)は e ($0 < e < 1$) である。ばねが自然長となる位置で小球を静かに放したところ、小球は板と衝突した。小球の衝突直後の速さは、衝突直前の速さに比べて **ア**。また、衝突の繰り返しで小球が板と衝突してから次に板と衝突するまでの時間は **イ**。

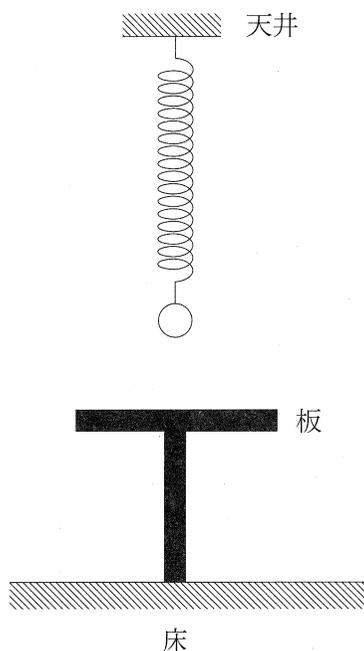


図 2

物理

	ア	イ
①	小さくなる	短くなる
②	小さくなる	変化しない
③	小さくなる	長くなる
④	大きくなる	短くなる
⑤	大きくなる	変化しない
⑥	大きくなる	長くなる

問3 図3のように、真空中で一辺の長さが $\sqrt{2}a$ の正方形 ABCD があり、点 A と点 B に電気量 Q ($Q > 0$) の点電荷、点 C と点 D に電気量 $-Q$ の点電荷を固定する。正方形の中心 O における電場(電界)の強さを表す式として正しいものを、下の①~⑥のうちから一つ選べ。ただし、クーロンの法則の比例定数を k とする。 3

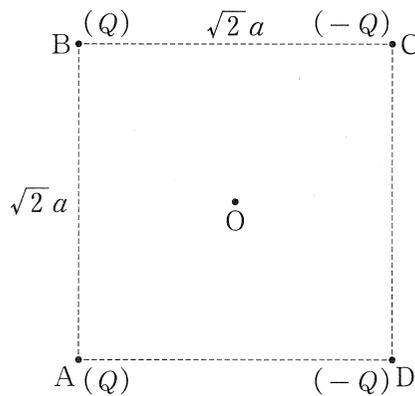


図 3

- ① $\frac{kQ}{a}$ ② $\frac{2kQ}{a}$ ③ $\frac{2\sqrt{2}kQ}{a}$
 ④ $\frac{kQ}{a^2}$ ⑤ $\frac{2kQ}{a^2}$ ⑥ $\frac{2\sqrt{2}kQ}{a^2}$

問4 次の文章中の空欄 **ウ** ~ **オ** に当てはまる語句の組合せとして最も
 適当なものを、次ページの①~⑧のうちから一つ選べ。 **4**

図4のような、AOB部分は半円形で、APB部分は直線形の水路において、
 点Oに浮きを浮かべて周期 T で振動させて波長 λ の水面波を発生させた。
 OA間とOB間の水路の距離は等しく、AP間とBP間の水路の距離も等しい。
 このとき、点Pから点Bの向きへ $\frac{1}{2}\lambda$ 離れた点Qで水面は **ウ**、点Qか
 らさらに点Bの向きへ $\frac{1}{2}\lambda$ 離れた点Rでは水面は **エ**。ここで浮きの振
 動の周期を $4T$ にすると、点Rで水面は **オ**。ただし、水路の幅は λ より
 も十分狭く、波の速さは一定とし、波の減衰は無視できるものとする。

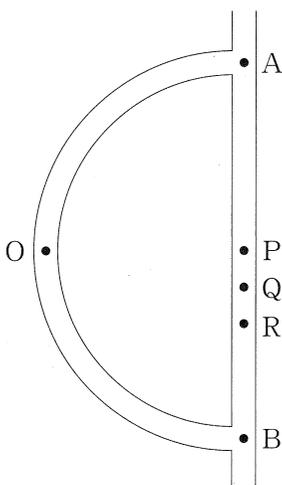


図 4

物理

	ウ	エ	オ
①	大きく振動し	大きく振動する	大きく振動する
②	大きく振動し	大きく振動する	振動しない
③	大きく振動し	振動しない	大きく振動する
④	大きく振動し	振動しない	振動しない
⑤	振動せず	大きく振動する	大きく振動する
⑥	振動せず	大きく振動する	振動しない
⑦	振動せず	振動しない	大きく振動する
⑧	振動せず	振動しない	振動しない

問5 次の文章中の空欄 5 ・ 6 に入れる式として正しいものを、それぞれ

の直後の $\left\{ \quad \right\}$ で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。

図5のように、なめらかに動くことのできる断熱材でできたピストンがはめ込まれた断熱容器が水平面上に置かれている。ピストンの左側をA室，右側をB室と呼ぶ。ピストンの中には熱をよく通す材質でできたスイッチがあり，このスイッチを閉じるとA室とB室の間で熱の移動が可能になるが，スイッチを開くと熱の移動はできなくなる。ただし，スイッチの熱容量は無視できる。

スイッチを開いた状態でA室に物質量 n_A ，温度 T_A の単原子分子理想気体を閉じ込め，B室に物質量 n_B ，温度 T_B の単原子分子理想気体を閉じ込めると，ピストンは静止した。次に，スイッチを閉じたところ，ピストンはゆっく

りとB室側へ移動した。このことから 5 $\left\{ \begin{array}{l} \textcircled{1} \quad T_A > T_B \\ \textcircled{2} \quad T_A = T_B \\ \textcircled{3} \quad T_A < T_B \end{array} \right\}$ とわかる。

また，十分に時間が経過すると，A室とB室の気体の温度は，

6 $\left\{ \begin{array}{lll} \textcircled{1} \quad T_A + T_B & \textcircled{2} \quad \frac{T_A + T_B}{2} & \textcircled{3} \quad \frac{T_A T_B}{T_A + T_B} \\ \textcircled{4} \quad \frac{n_A T_A + n_B T_B}{n_A + n_B} & \textcircled{5} \quad \frac{n_B T_A + n_A T_B}{n_A + n_B} & \end{array} \right\}$ となる。

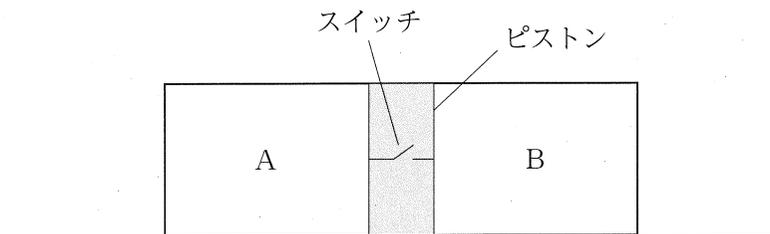


図 5

物理

第2問 次の文章(A・B)を読み, 下の問い(問1~4)に答えよ。(配点 26)

A 図1のように, 電圧を自由に変えることができる電池 E , 電気抵抗 R の抵抗 R , 電気容量 C のコンデンサー C , スイッチからなる回路がある。はじめコンデンサーには電荷は蓄えられていない。

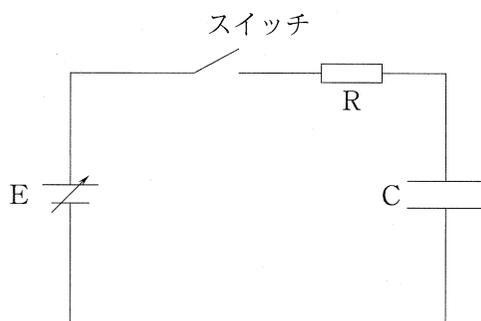
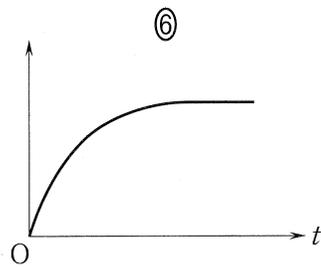
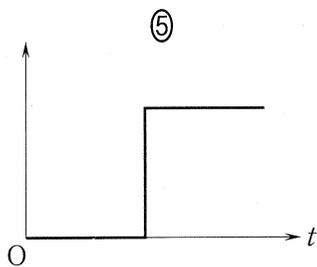
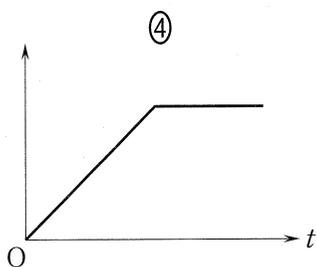
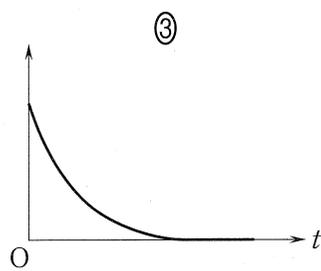
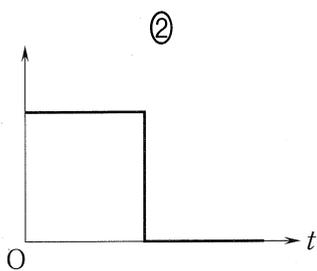
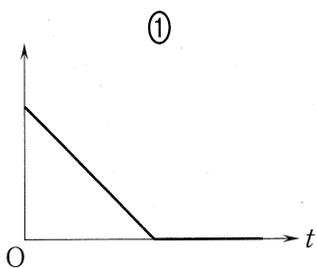


図 1

問1 次の文章中の空欄 ・ に該当するグラフとして最も適当なものを, 次ページの①~⑥のうちから一つずつ選べ。ただし, 同じものを繰り返し選んでもよい。

電池の電圧を V にして時刻 $t=0$ でスイッチを閉じた。コンデンサーに蓄えられる電気量の時間変化を表すグラフは で, 回路を流れる電流の時間変化を表すグラフは となる。



物理

問2 次の文章中の空欄 ・ に入れる数値として正しいものを、それぞれの直後の $\left\{ \begin{array}{l} \text{①} \\ \text{②} \\ \text{③} \end{array} \right\}$ で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。

はじめの状態に戻し、電池 E の電圧を V として、スイッチを閉じた瞬間に回路を流れる電流を i_1 とする。

十分に時間がたったあと、スイッチを開き、電池 E の電圧を $2V$ にしてスイッチを再び閉じる。スイッチを閉じた瞬間に回路を流れる電流を i_2 とする。

$$\frac{i_2}{i_1} = \text{9} \left\{ \begin{array}{l} \text{①} \quad 0.5 \\ \text{②} \quad 1 \\ \text{③} \quad 2 \end{array} \right\} \text{となる。}$$

はじめの状態に戻し、電池 E の電圧を V とする。スイッチを閉じてから、十分に時間がたつまでの間に電池 E がした仕事を W_1 とする。

続いてスイッチを開き、電池 E の電圧を $2V$ にしてスイッチを再び閉じてから、十分に時間がたつまでの間に電池 E がした仕事を W_2 とする。

$$\frac{W_2}{W_1} = \text{10} \left\{ \begin{array}{l} \text{①} \quad 0.5 \\ \text{②} \quad 1 \\ \text{③} \quad 2 \end{array} \right\} \text{となる。}$$

B 図2のように、水平な $x-y$ 平面上に間隔 l の金属レールを置き、左端に抵抗を接続する。鉛直上向きに磁束密度の大きさ B の一様な磁場(磁界)がかけられている。金属レールの上に導体棒 PQ を置き、導体棒に外力を加えてレールに対して垂直を保ったまま、一定の速さ v で x 軸の正方向に動かした。

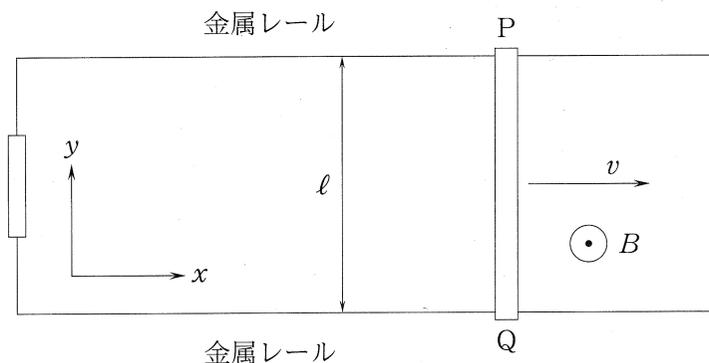


図 2

問3 次の文章中の空欄 **ア**・**イ** に入れる語句と式の組合せとして最も適当なものを、次ページの①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、電子の電気量の大きさを e とする。 **11**

導体棒 PQ 中の自由電子は x 軸方向には導体棒と同じ速度で動くと考えて、**ア** の向きに大きさ **イ** のローレンツ力を受ける。この力から誘導起電力の大きさと向きが求められる。

物理

	ア	イ
①	x 軸の正	evB
②	x 軸の負	evB
③	x 軸の正	vBl
④	x 軸の負	vBl
⑤	y 軸の正	evB
⑥	y 軸の負	evB
⑦	y 軸の正	vBl
⑧	y 軸の負	vBl

問4 次の文章中の空欄 ・ に入れる語句と式の組合せとして最も
 適当なものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。

図2で導体棒PQには大きさ I の電流が流れた。導体棒に対する自由電子の平均の速さを u 、導体棒の単位長さあたりの自由電子の数を n とすると、 $I = enu$ と表される。また、導体棒に対して速さ u で運動する自由電子にはたらくローレンツ力は の向きであるので、導体棒PQを流れる電流が磁場から受ける力は の向きに大きさ となる。

	ウ	エ
①	x 軸の正	IBl
②	x 軸の負	IBl
③	x 軸の正	uBl
④	x 軸の負	uBl
⑤	y 軸の正	IBl
⑥	y 軸の負	IBl
⑦	y 軸の正	uBl
⑧	y 軸の負	uBl

物理

第3問 次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。(配点 26)

A 図1のように、ある媒質でできた屈折率 n 、長さ L の透明な円柱の端面 A の中心に入射角 θ でレーザー光線を入射した。空気の屈折率を1とする。

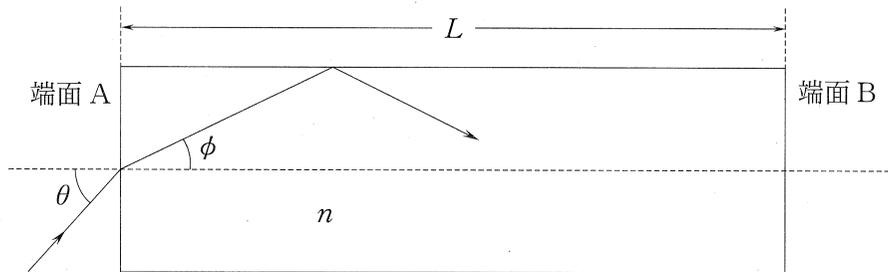


図 1

問1 次の文章中の空欄 **ア**・**イ** に入れる式の組合せとして最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。 **13**

端面 A から入射した光は屈折角 ϕ で屈折し、空気との境界面で全反射しながら端面 B に達した。空気中の光の速さを c とすると、この円柱の中の光の速さは **ア** であり、 $\sin \phi =$ **イ** となる。

	ア	イ
①	nc	$n \sin \theta$
②	nc	$\frac{\sin \theta}{n}$
③	$\frac{c}{n}$	$n \sin \theta$
④	$\frac{c}{n}$	$\frac{\sin \theta}{n}$

問2 端面 A から入射した光が端面 B に達するのに要する時間を表す式として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 14

① $\frac{L}{nc \cos \phi}$ ② $\frac{nL}{c \cos \phi}$ ③ $\frac{L \cos \phi}{nc}$ ④ $\frac{nL \cos \phi}{c}$

問3 光が空気との境界で全反射するためには、屈折角 ϕ はある値 ϕ_0 より小さくなければならない。 ϕ_0 が満たす式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 15

① $\sin \phi_0 = \frac{1}{n^2}$ ② $\sin \phi_0 = \frac{1}{n}$ ③ $\sin \phi_0 = \frac{1}{n-1}$
 ④ $\cos \phi_0 = \frac{1}{n^2}$ ⑤ $\cos \phi_0 = \frac{1}{n}$ ⑥ $\cos \phi_0 = \frac{1}{n-1}$

物理

B ピストンがついた容器に閉じ込められた理想気体の圧力と体積を、図2のように変化させた。状態 A から状態 B は等温変化，状態 B から状態 C は定積変化，状態 C から状態 A は断熱変化である。

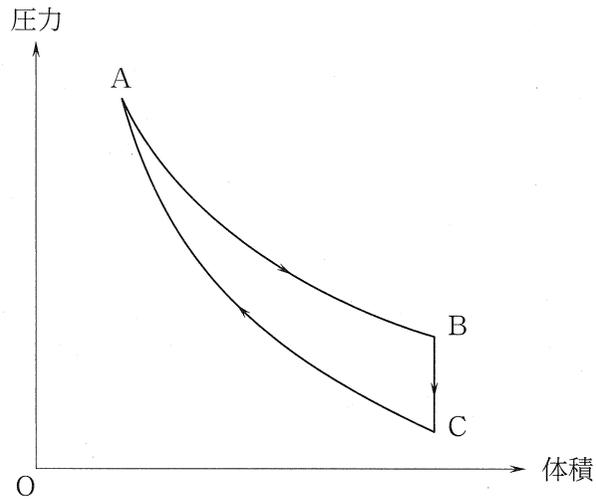


図 2

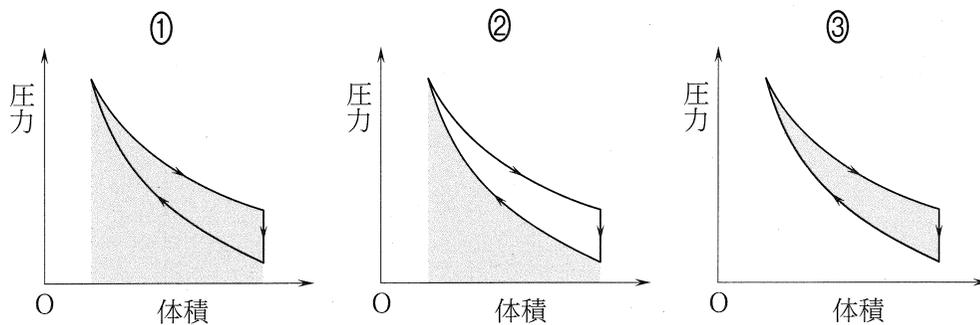
問4 状態 A，状態 B，状態 C の気体の内部エネルギーを，それぞれ U_A ， U_B ， U_C とする。状態 C から状態 A の過程で気体が外部からされた仕事を表す式として正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 16

- ① $U_C - U_A$ ② $U_A - U_C$ ③ $U_C - U_B$ ④ $U_A - U_B$

問5 次の文章中の空欄 ・ に該当するグラフとして最も適当なものを、下の①～③のうちから一つずつ選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

状態 A から状態 B の過程で気体が吸収した熱量と等しいのは のグラフの灰色の部分の面積であり、状態 B から状態 C の過程で気体が放出した熱量と等しいのは のグラフの灰色の部分の面積である。

・ の解答群



物理

第4問 次の文章(A・B)を読み, 下の問い(問1～5)に答えよ。(配点 22)

A 図1のように, 水平でなめらかな床の上に, 水平であらい表面の区間 AB と水平面に対して 45° の角をなす, なめらかな区間 BC からなる質量 M の台車が静止していて, 点 A に質量 m の小物体が置かれている。小物体に水平方向右向きに初速を与えると, 小物体はそれぞれの区間を運動して点 C から飛び出して床上の点 D (図には描かれていない) に落下した。小物体が運動している間, 台車の水平方向右向きに加速度の大きさは図2のように変化した。区間 AB と区間 BC はなめらかに接続されており, 重力加速度の大きさを g とし, 空気抵抗は無視できるものとする。

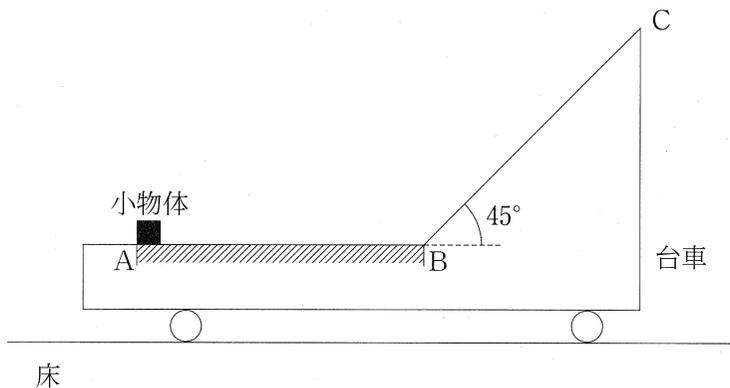


図 1

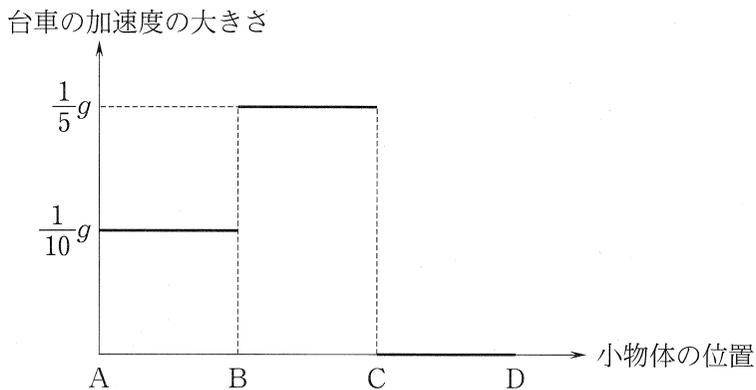


図 2

問1 台車の区間 AB 間と小物体の間の動摩擦係数を表す式として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 19

- ① $\frac{m}{10M}$ ② $\frac{M}{10m}$ ③ $\frac{m}{5M}$ ④ $\frac{M}{5m}$

問2 台車上から見ると、小物体には慣性力がはたらいっている区間がある。慣性力がはたらいっている区間をすべて選び出した組合せとして最も適当なものを、次の①～⑦のうちから一つ選べ。 20

- ① 区間 AB のみ
 ② 区間 BC のみ
 ③ 区間 CD のみ
 ④ 区間 AB と区間 BC
 ⑤ 区間 BC と区間 CD
 ⑥ 区間 AB と区間 CD
 ⑦ 区間 AB と区間 BC と区間 CD

問3 小物体が区間 BC を運動中のとき、台車上から見た小物体の加速度の大きさを表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 21

- ① $\frac{1}{5}g$ ② $\frac{1}{\sqrt{2}}g$ ③ $\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{5}\right)g$
 ④ $\left(\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{5}\right)g$ ⑤ $\frac{4}{5\sqrt{2}}g$ ⑥ $\frac{6}{5\sqrt{2}}g$

物理

B 太郎君は日曜大工をしているときに、水平な円柱形の棒に木槌を^{きづち}図3のように引っかけて置いた。木槌は柄の部分が鉛直線に対して少し傾いた状態で静止していた。太郎君は木槌について、図4のように木槌の形状を簡単化して考えてみることにした。

木槌の槌と柄はT字型の一様な薄い板とし、合計の質量を m とする。また、槌と柄の交点 C と木槌の重心 G との距離は、棒の半径 r に等しいとする。ただし、図4は木槌の重心 G を含む鉛直面内で描いている。槌と棒の接点を A 、柄と棒の接点を B とし、点 A のみで摩擦が生じ、点 B では摩擦がはたらかないものとする。棒の中心を O とし、 BG は r に比べて無視できる。重力加速度の大きさを g とする。

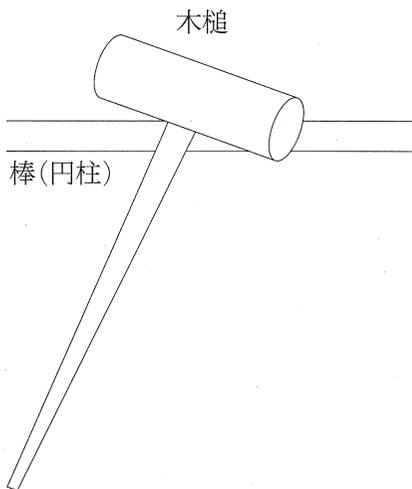


図 3

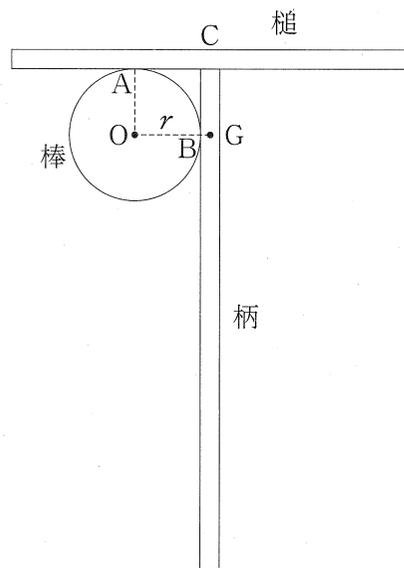


図 4

問4 次の文章中の空欄 **ア**・**イ** に入れる式と語句の組合せとして最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。 **22**

図4のように、柄が鉛直線と一致して静止している場合を考える。点Aで槌の部分にはたらく垂直抗力の大きさを N_A 、静止摩擦力の大きさを F 、点Bで柄の部分にはたらく垂直抗力の大きさを N_B とすると、鉛直方向と水平方向の力のつりあいから、

$$\text{鉛直方向； } N_A = mg \qquad \text{水平方向； } F = N_B$$

がそれぞれ成り立つ。また、点Oのまわりの力のモーメントのつりあいから、 $F = \mathbf{ア}$ が得られる。

点Aで木槌がすべらないために、槌と棒の間の静止摩擦係数は **イ** でなければならない。

	ア	イ
①	mg	1以下
②	mg	1以上
③	$\frac{1}{2}mg$	1以下
④	$\frac{1}{2}mg$	1以上

物理

問5 次の文章中の空欄 **ウ**・**エ** に入れる式の組合せとして最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。 **23**

図5のように、柄が鉛直線に対して角度 θ ($0 < \theta < 45^\circ$) だけ傾いた状態で静止している場合を考える。このとき、柄に平行方向の力のつりあいより、点Aで槌の部分にはたらく垂直抗力の大きさは $N_A' =$ **ウ** となる。また、点Oのまわりの力のモーメントのつりあいより、点Aでの静止摩擦力の大きさは、 $F' =$ **エ** と表すことができ、この場合も静止摩擦係数が満たす条件は $\theta = 0$ のときと同じになる。

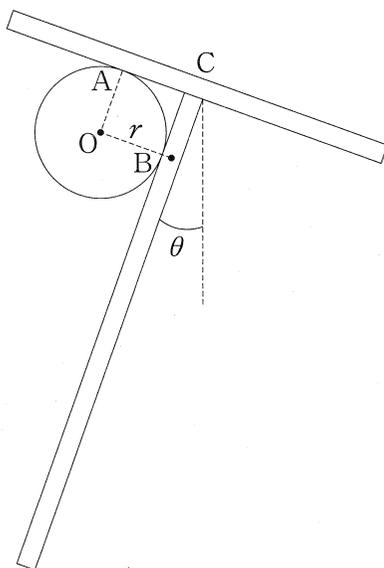


図 5

	ウ	エ
①	$mg \sin \theta$	$mg \sin \theta$
②	$mg \sin \theta$	$mg \cos \theta$
③	$mg \cos \theta$	$mg \sin \theta$
④	$mg \cos \theta$	$mg \cos \theta$