

## 物理基礎・物理

[問題 1] 以下の設問 1～7 の空欄  ～  にあてはまる数値か選択肢の番号を選び、対応する解答欄にマークしなさい。重力加速度の大きさを  $9.8 \text{ m/s}^2$ ， $\sqrt{2} = 1.41$ ， $\sqrt{3} = 1.73$  とする。

設問 1. 水平面から  $30^\circ$  上方に  $19.6 \text{ m/s}$  の速さで投げ出された物体が到達する最高点の水平面からの高さは .  m であり、水平面に落下した時の投げ出した位置からの水平到達距離は   m である。ただし、空気抵抗は無視できるものとする。

設問 2. 図 1 のように、質量  $2.0 \text{ kg}$  の小球 A、質量  $4.0 \text{ kg}$  の小球 B、質量  $6.0 \text{ kg}$  の小球 C が軽い棒に固定されている。A から B までの長さは  $0.60 \text{ m}$ 、B から C までの長さは  $0.80 \text{ m}$  である。このとき、A、B、C から成る系の重心から A までの距離は .   m である。ただし、A、B、C の大きさと棒の質量は無視できるものとする。

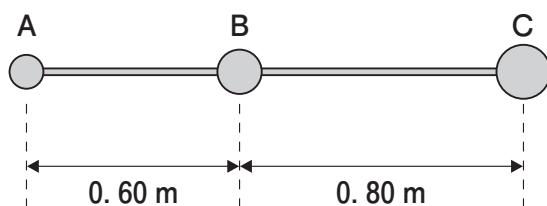


図 1

設問 3. 水平面上を  $7.0 \text{ m/s}$  で滑り出した質量  $2.0 \text{ kg}$  の物体が動摩擦力によって静止した。物体と水平面の間の動摩擦係数が  $0.25$  であるとき、物体が静止するまでに滑った距離は   m である。ただし、空気抵抗は無視できるものとする。

設問 4. 100 g の銅製容器の水熱量計の中に水 100 g が入っており，温度は 30 °C である。これに 80 °C に熱した 50 g の物体を入れたところ，熱平衡にいたり，水温が 40 °C となった。この物体の比熱は  .  J/(g・K) である。ただし，銅と水の比熱をそれぞれ 0.38 J/(g・K)，4.2 J/(g・K) とする。また，熱の移動は，水熱量計，水および物体間でのみ生じるものとする。

設問 5. 焦点距離 15 cm の凹面鏡の光軸上で，凹面鏡から 60 cm 離れたところに物体を置いた。このとき，凹面鏡がつくる像は (ア) で元の物体の大きさより (イ) 見え，凹面鏡から   cm のところにある。(ア)，(イ) にあてはまる言葉の組み合わせは  である。

[  の選択肢 ]

|     | ①   | ②   | ③   | ④   |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| (ア) | 実像  | 実像  | 虚像  | 虚像  |
| (イ) | 大きく | 小さく | 大きく | 小さく |

設問 6. ある正弦波の時刻  $t$  [s]，位置  $x$  [m] での変位  $y$  [m] が  $y = 2.0 \sin \pi(4.0t - 3.0x)$  であらわされるとき，この波の進む速さは  .  m/s である。

設問 7. 同じ面積の極板を  $5d$  の間隔で真空中に平行に配置して作られたコンデンサーがある。

このコンデンサーの極板間に、同じ面積で厚さが  $d$  の金属板を図 2 のように極板と平行に挿入した。このコンデンサーの電気容量は、金属板を挿入する前のコンデンサーの電気容

量の  $\frac{\boxed{(17)}}{\boxed{(18)}}$  倍である。

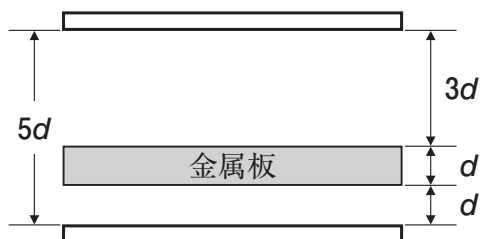


図 2

[問題 2] 以下の設問 1～4 の空欄 (19) ～ (23) にあてはまる選択肢の番号を選び，対応する解答欄にマークしなさい。

図 3 のように，水平から角度  $\theta$  の滑らかな斜面と摩擦のある水平面が滑らかにつながっている。水平面の左端には反射板が固定されており，斜面と水平面との接点から反射板までの距離は  $l$  である。質量  $m$  の小物体を水平面から高さ  $h$  の斜面上に静かに置くと，小物体は滑り始め，斜面から水平面へと滑らかに運動した。その後，小物体は反射板と弾性衝突を行い，摩擦のある水平面を通過した後，ふたたび滑らかな斜面を登った。小物体と水平面との間の動摩擦係数を  $\mu'$ ，重力加速度の大きさを  $g$  とする。ただし，小物体が斜面と水平面との接合部を通過するときは，接触を保ちながら速さを変えることはなく，空気抵抗は無視できるものとする。

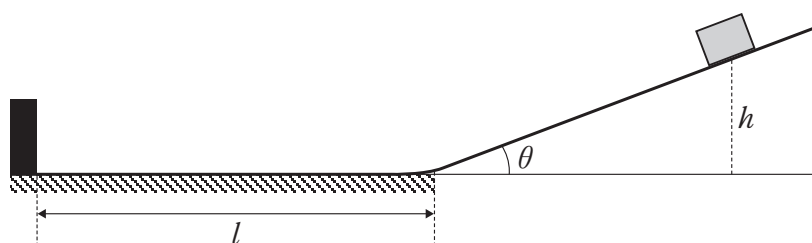


図 3

設問 1. 小物体が斜面を滑っているときの加速度の大きさは (19) である。

- |                  |                  |                            |                            |                 |
|------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|
| ① $g$            | ② $2g$           | ③ $\frac{1}{2}g$           | ④ $g\sin\theta$            | ⑤ $g\cos\theta$ |
| ⑥ $2g\sin\theta$ | ⑦ $2g\cos\theta$ | ⑧ $\frac{1}{2}g\sin\theta$ | ⑨ $\frac{1}{2}g\cos\theta$ |                 |

設問 2. 小物体が滑り始めてから水平面に達した時の速さは (20) であり、水平面に達するまでの時間は (21) である。

[ (20) の選択肢 ]

- |                          |                          |                                   |                                   |                         |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| ① $\sqrt{gh}$            | ② $\sqrt{2gh}$           | ③ $\sqrt{\frac{gh}{2}}$           | ④ $\sqrt{gh\sin\theta}$           | ⑤ $\sqrt{gh\cos\theta}$ |
| ⑥ $\sqrt{2gh\sin\theta}$ | ⑦ $\sqrt{2gh\cos\theta}$ | ⑧ $\sqrt{\frac{gh\sin\theta}{2}}$ | ⑨ $\sqrt{\frac{gh\cos\theta}{2}}$ |                         |

[ (21) の選択肢 ]

- |                                             |                                             |                                              |                                              |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| ① $\sin\theta \sqrt{\frac{h}{g}}$           | ② $\cos\theta \sqrt{\frac{h}{g}}$           | ③ $\sin\theta \sqrt{\frac{2h}{g}}$           | ④ $\cos\theta \sqrt{\frac{2h}{g}}$           |
| ⑤ $\frac{1}{\sin\theta} \sqrt{\frac{h}{g}}$ | ⑥ $\frac{1}{\cos\theta} \sqrt{\frac{h}{g}}$ | ⑦ $\frac{1}{\sin\theta} \sqrt{\frac{2h}{g}}$ | ⑧ $\frac{1}{\cos\theta} \sqrt{\frac{2h}{g}}$ |

設問 3. 小物体が反射板に達した時の速さは (22) である。

- |                         |                          |                              |                              |
|-------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|
| ① $\sqrt{2\mu'gl}$      | ② $\sqrt{\mu'gh}$        | ③ $\sqrt{g(h - \mu'l)}$      | ④ $\sqrt{2g(h - \mu'l)}$     |
| ⑤ $\sqrt{g(l - \mu'h)}$ | ⑥ $\sqrt{2g(l - \mu'h)}$ | ⑦ $\sqrt{2\mu'gh\sin\theta}$ | ⑧ $\sqrt{2\mu'gh\cos\theta}$ |

設問 4. 小物体が反射板で弾性衝突をして跳ね返り，斜面に戻って斜面を登った高さは 23 である。

①  $2\mu'h$

②  $2\mu'l$

③  $h - \mu'l$

④  $l - \mu'h$

⑤  $h - 2\mu'l$

⑥  $l - 2\mu'h$

⑦  $\frac{h}{2} - \mu'l$

⑧  $\frac{l}{2} - \mu'h$

[問題 3] 以下の設問 1～4 の空欄  ～  にあてはまる選択肢の番号を選び，対応する解答欄にマークしなさい。

図 4 のように，滑らかに回転する軽い滑車を通して，質量  $m$  の物体 A と質量  $M$  の物体 B が軽い糸で結ばれている。A と B を静止させた状態で同時に放すと，A は上昇し，B は下降し始めた。A と滑車の衝突および B と床面との衝突は考えなくてよく，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。

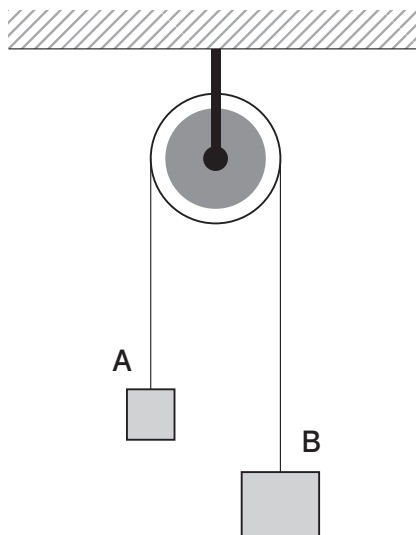


図 4

設問 1. 物体 A の加速度の大きさは  である。

- |                      |                      |                        |                        |
|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| ① $\frac{m}{M}g$     | ② $\frac{M}{m}g$     | ③ $\frac{2m}{M}g$      | ④ $\frac{2M}{m}g$      |
| ⑤ $\frac{M-m}{M+m}g$ | ⑥ $\frac{M+m}{M-m}g$ | ⑦ $\frac{M-2m}{M+2m}g$ | ⑧ $\frac{M+2m}{M-2m}g$ |

設問 2. 糸の張力の大きさは 25 である。

- |                        |                        |                        |                        |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① $(M + m)g$           | ② $(M - m)g$           | ③ $\frac{mM}{M + m}g$  | ④ $\frac{mM}{M - m}g$  |
| ⑤ $\frac{2mM}{M + m}g$ | ⑥ $\frac{2mM}{M - m}g$ | ⑦ $\frac{mM}{M + 2m}g$ | ⑧ $\frac{mM}{2M + m}g$ |

設問 3. 物体 A が初めの静止位置から高さ  $h$  だけ上昇するために要した時間は 26 であり、  
その時の物体 A の速さは 27 である。

[ 26 ] の選択肢]

- |                                      |                                      |                                       |                                       |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| ① $\sqrt{\frac{mh}{Mg}}$             | ② $\sqrt{\frac{Mh}{mg}}$             | ③ $\sqrt{\frac{2mh}{(M - m)g}}$       | ④ $\sqrt{\frac{2mh}{(M + m)g}}$       |
| ⑤ $\sqrt{\frac{(M + m)h}{(M - m)g}}$ | ⑥ $\sqrt{\frac{(M - m)h}{(M + m)g}}$ | ⑦ $\sqrt{\frac{2(M + m)h}{(M - m)g}}$ | ⑧ $\sqrt{\frac{2(M - m)h}{(M + m)g}}$ |

[ 27 ] の選択肢]

- |                                    |                                    |                                     |                                     |
|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| ① $\sqrt{\frac{mgh}{M}}$           | ② $\sqrt{\frac{Mgh}{m}}$           | ③ $\sqrt{\frac{2mgh}{M}}$           | ④ $\sqrt{\frac{2Mgh}{m}}$           |
| ⑤ $\sqrt{\frac{(M - m)gh}{M + m}}$ | ⑥ $\sqrt{\frac{(M + m)gh}{M - m}}$ | ⑦ $\sqrt{\frac{2(M - m)gh}{M + m}}$ | ⑧ $\sqrt{\frac{2(M + m)gh}{M - m}}$ |

設問 4. 初めの静止位置から物体 **A** が高さ  $h$  だけ上昇する間の物体 **A** と物体 **B** の運動エネルギー増加分の総和は 28 である。

①  $(M + m)gh$

②  $(M - m)gh$

③  $(2M + m)gh$

④  $(2M - m)gh$

⑤  $(M + 2m)gh$

⑥  $(M - 2m)gh$

⑦  $\frac{mM}{M + m}gh$

⑧  $\frac{mM}{M - m}gh$

[問題 4] 以下の設問 1～5 の空欄 (29) ～ (37) にあてはまる数値または符号か選択肢の番号を選び、対応する解答欄にマークしなさい。

十分な深さの水をいれた水槽の中に、図 5 のような装置を直線上に設置し、固定された超音波発生装置から反射板に向かって周波数 **5.0 MHz** の超音波を発生させ、反射板で反射した超音波（以下、反射波と書く）の周波数を超音波発生装置の位置で測定することにした。反射板をある一定の速さで超音波発生装置に向かって直線的に移動させたところ、反射波の周波数は、元の周波数から **1.0 kHz** 変化していることがわかった。水槽に入れた水中での音速は **1500 m/s** とし、超音波の伝搬や反射板の移動によって生じる水槽内の水の流れは無視してよいとする。また、設問 2，設問 3，設問 4 では、水中での音速を  $V$ ，反射板の速さを  $v$  とあらわすこととする。

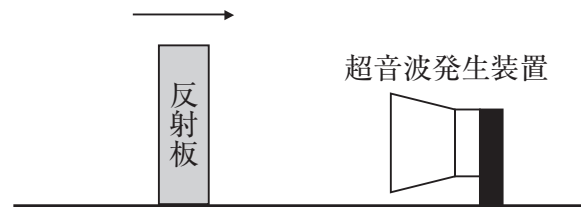


図 5

設問 1. 水中での反射板に入射する超音波の波長は (29) . (30)  $\times 10^{\text{(31) \text{(32)}}$  m である。

設問 2. 移動する反射板に装着した周波数測定器で測った超音波の周波数  $f'$  と超音波発生装置で発生させた超音波の周波数  $f$  との関係は、 $f' = \boxed{(33)} f$  であらわされる。

①  $\frac{V}{V+v}$

②  $\frac{V}{V-v}$

③  $\frac{V+v}{V}$

④  $\frac{V-v}{V}$

⑤  $\frac{V+v}{V-v}$

⑥  $\frac{V-v}{V+v}$

設問 3. 超音波発生装置の位置で測定した反射波の周波数  $f''$  と、設問 2 の周波数  $f'$  との関係は  $f'' = \boxed{(34)} f'$  であらわされる。

①  $\frac{V}{V+v}$

②  $\frac{V}{V-v}$

③  $\frac{V+v}{V}$

④  $\frac{V-v}{V}$

⑤  $\frac{V+v}{V-v}$

⑥  $\frac{V-v}{V+v}$

設問 4. 超音波発生装置から発生した超音波の周波数  $f$  と設問 3 の周波数  $f''$  の差の絶対値を  $|\Delta f|$  とすると、 $|\Delta f| = \boxed{(35)} f$  である。

①  $\frac{2V}{V-v}$

②  $\frac{2V}{V+v}$

③  $\frac{V+v}{2V}$

④  $\frac{V-v}{2V}$

⑤  $\frac{2v}{V-v}$

⑥  $\frac{2v}{V+v}$

⑦  $\frac{V+v}{2v}$

⑧  $\frac{V-v}{2v}$

設問 5. 測定値を用いて計算すると、反射板の速さは  $v = 0. \boxed{(36)} \boxed{(37)} \text{ m/s}$  となる。

[問題 5] 以下の設問 1～2 の空欄 (38) ～ (51) にあてはまる数値または符号か選択肢の番号を選び、対応する解答欄にマークしなさい。

導線で作られた 1 辺の長さが  $10\text{ cm}$  の正方形コイルに、抵抗値  $R = 2.5\ \Omega$  の抵抗がつけられている。この正方形コイルを  $xy$  平面に平行で、コイルの向かい合う 1 組の 2 辺が  $x$  軸と平行な状態を保ったまま、 $x$  軸の正方向に一定の速さ  $v = 5.0\text{ cm/s}$  で移動させる。図 6 のように  $0\text{ m} \leq x \leq 2.0\text{ m}$  の領域には、 $xy$  平面を紙面の裏から表に垂直に貫く方向に磁束密度の大きさ  $B[\text{T}]$  の磁場があり、図 7 で示すように  $x[\text{m}]$  が負の領域では  $B = 0\text{ T}$ 、 $0\text{ m} \leq x \leq 1.0\text{ m}$  では  $B = 1.0\text{ T}$ 、 $1.0\text{ m} \leq x \leq 2.0\text{ m}$  では  $B = x[\text{T}]$ 、 $2.0\text{ m} < x$  では  $B = 0\text{ T}$  となっている。正方形コイルの右端が  $x = 0\text{ m}$  に到達した時刻を  $t = 0\text{ s}$  とし、正方形コイルでは取り付けられた抵抗以外の電気抵抗は無視できるとする。

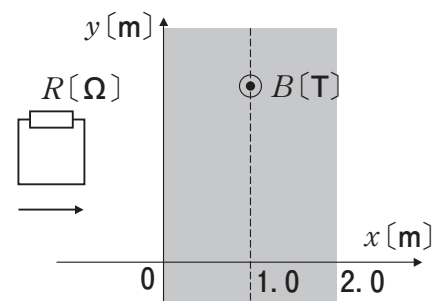


図 6

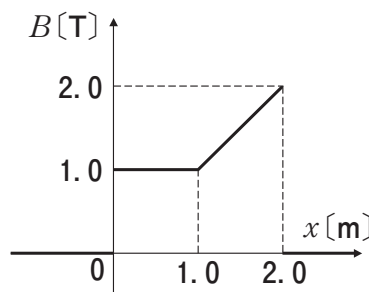


図 7

設問 1.  $0\text{ s} \leq t \leq 20\text{ s}$  において正方形コイルに電流が流れた時間は (38). (39) s であり、その電流は正方形コイルを (40) 回りに流れ、大きさは (41). (42)  $\times 10^{\text{(43) \text{(44)}}$  A である。

[ (40) の選択肢]

- ① 時計                      ② 反時計

設問 2.  $30\text{ s} \leq t \leq 35\text{ s}$  において正方形コイルに電流が流れた時間は (45). (46) s であり、その電流は正方形コイルを (47) 回りに流れ、大きさは (48). (49)  $\times 10^{\text{(50) \text{(51)}}$  A である。

[ (47) の選択肢]

- ① 時計                      ② 反時計