

冬期講習会確認テスト【問題】 高2物理総合S・SA

※ 途中式はすべて不要。結果のみ解答欄に記入のこと。

1

自然の長さ  $l$ 、ばね定数  $k$  の2つの軽いばねを、質量  $m$  の小球の上下に取りつけた。下側のばねの端を床に取りつけ、上側のばねの端を手で引き上げた。重力加速度の大きさを  $g$  とする。

- (1) 図1のように、ばねの長さの合計を  $2l$  にして小球を静止させた。小球の床からの高さ  $h$  を表す式として正しいものを、下の ①～⑤ のうちから1つ選べ。ただし、2つのばねと小球は同一鉛直線上にあるものとする。  $h = \boxed{1}$

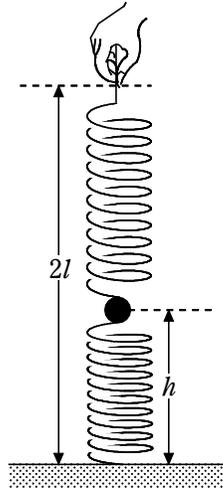


図1

①  $l - \frac{mg}{2k}$

②  $l - \frac{mg}{k}$

③  $l - \frac{3mg}{2k}$

④  $l - \frac{2mg}{k}$

⑤  $l - \frac{5mg}{2k}$

- (2) 次に、図2のように、床から測った小球の高さが  $l$  になるまで、ばねの上端をゆっくり引き上げた。このときのばねの長さの合計  $y$  と、高さ  $h$  から  $l$  まで小球を引き上げる間に手がした仕事  $W$  を表す式の組合せとして正しいものを、下の ①～⑥ のうちから1つ選べ。

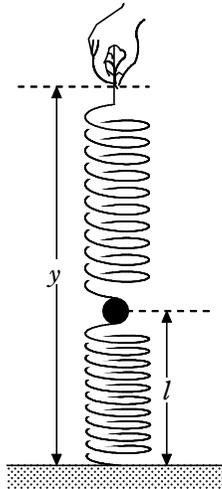
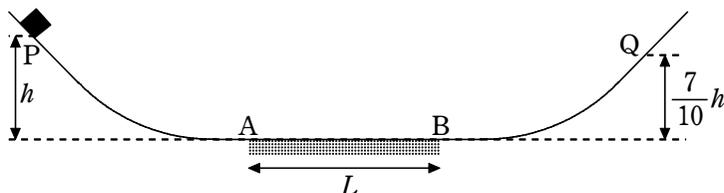


図2

	$y$	$W$
①	$\frac{mg}{2k} + 2l$	$mg(l-h) + \frac{k}{2}(y-l)^2 - k(2l-h)^2$
②	$\frac{mg}{2k} + 2l$	$mg(l-h) + k(y-2l)^2 - k(l-h)^2$
③	$\frac{mg}{2k} + 2l$	$mg(l-h) + \frac{k}{2}(y-2l)^2 - k(l-h)^2$
④	$\frac{mg}{k} + 2l$	$mg(l-h) + \frac{k}{2}(y-l)^2 - k(2l-h)^2$
⑤	$\frac{mg}{k} + 2l$	$mg(l-h) + k(y-2l)^2 - k(l-h)^2$
⑥	$\frac{mg}{k} + 2l$	$mg(l-h) + \frac{k}{2}(y-2l)^2 - k(l-h)^2$

2

図のように、水平面の左右に斜面がなめらかにつながった面がある。この面は、水平面上の長さ  $L$  の部分 AB だけがあらく、その他の部分はなめらかである。小物体を左側の斜面上の高さ  $h$  の点 P に置き、静かに手を離れた。ただし、小物体とあらい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。



(1) 小物体が点 P を出発してから初めて点 A を通過するときの速さを表す式として正しいものを、次の ①～⑥ のうちから 1 つ選べ。

- ①  $\frac{gh}{2}$     ②  $gh$     ③  $2gh$     ④  $\sqrt{\frac{gh}{2}}$     ⑤  $\sqrt{gh}$     ⑥  $\sqrt{2gh}$

(2) その後、小物体は AB を通過して、右側の斜面をすべり上がり、高さが  $\frac{7}{10}h$  の点 Q まで到達したのち斜面を下り始めた。  $\mu'$  を表す式として正しいものを、次の ①～⑥ のうちから 1 つ選べ。  $\mu' =$

- ①  $\frac{3h}{10L}$     ②  $\frac{7h}{10L}$     ③  $\frac{h}{L}$     ④  $\frac{10L}{3h}$     ⑤  $\frac{10L}{7h}$     ⑥  $\frac{L}{h}$

(3) 次の文章中の空欄  ・  に入れる数および式として正しいものを、下のそれぞれの解答群から 1 つずつ選べ。

小物体は、面上を何回か往復運動をしてから AB 間のある点 X で静止した。小物体は、点 P を出発してから点 X で静止するまでに、点 A を  回通過した。また、AX 間の距離は  であった。

の解答群

- ① 1    ② 2    ③ 3    ④ 4    ⑤ 5

の解答群

- ①  $\frac{1}{6}L$     ②  $\frac{1}{3}L$     ③  $\frac{1}{2}L$     ④  $\frac{2}{3}L$     ⑤  $\frac{5}{6}L$

3

図1のように、斜面  $S_0$ 、 $S_1$  と水平な床がなめらかにつながっている。斜面  $S_0$  および床は摩擦のない面であり、斜面  $S_1$  は粗い面である。床から高さ  $h$  の斜面  $S_0$  上の点  $P$  より、質量  $m$  の小物体  $A$  を斜面にそって下方に速さ  $v_0$  で打ち出したところ、床に置かれた質量  $M$  の小物体  $B$  に衝突した。ただし、斜面  $S_1$  の水平面からの角度を  $\theta$  とし、重力加速度の大きさは  $g$  とする。また、斜面  $S_1$  と小物体  $B$  の間の動摩擦係数を  $\mu'$  とする。

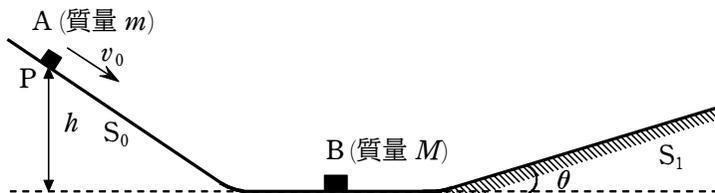


図1

(1) 小物体  $B$  に衝突する直前の小物体  $A$  の速さ  $v_1$  はどれだけか。正しいものを、次の

①～⑥のうちから1つ選べ。  $v_1 = \boxed{1}$

①  $v_0 + \sqrt{gh}$       ②  $\sqrt{v_0^2 - gh}$       ③  $\sqrt{v_0^2 - 2gh}$

④  $v_0 + \sqrt{2gh}$       ⑤  $\sqrt{v_0^2 + gh}$       ⑥  $\sqrt{v_0^2 + 2gh}$

(2) 小物体  $A$  は小物体  $B$  に衝突した直後に静止した。衝突直後の小物体  $B$  の速さ  $v_2$

はどれだけか。正しいものを、次の ①～⑥のうちから1つ選べ。  $v_2 = \boxed{2}$

①  $\frac{M}{m}v_1$       ②  $\sqrt{\frac{M}{m}}v_1$       ③  $v_1$

④  $\frac{m}{M}v_1$       ⑤  $\sqrt{\frac{m}{M}}v_1$

- (3) 図2のように、小物体 B は斜面  $S_1$  をのぼり、点 Q において速さが 0 になった。点 Q の床からの高さはいくらか。正しいものを、次の ①～⑥ のうちから 1 つ選べ。

3

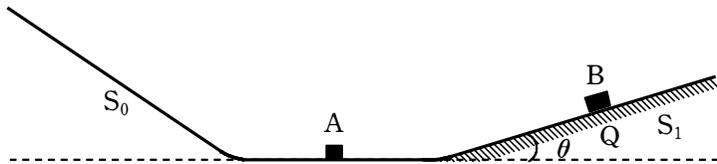
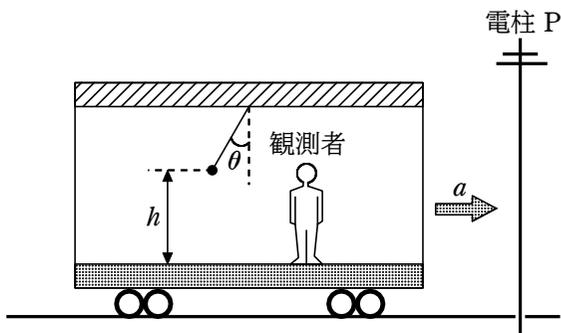


図 2

- |  |  |
|--|--|
| ① $\frac{v_2^2}{2g(\sin \theta + \mu' \cos \theta)}$             | ② $\frac{v_2^2}{2g(\cos \theta + \mu' \sin \theta)}$             |
| ③ $\frac{v_2^2 \cos \theta}{2g(\sin \theta + \mu' \cos \theta)}$ | ④ $\frac{v_2^2 \cos \theta}{2g(\cos \theta + \mu' \sin \theta)}$ |
| ⑤ $\frac{v_2^2 \sin \theta}{2g(\sin \theta + \mu' \cos \theta)}$ | ⑥ $\frac{v_2^2 \sin \theta}{2g(\cos \theta + \mu' \sin \theta)}$ |

4

図のように、一定の大きさ  $a$  の加速度で右向きに加速している電車の天井に、質量  $m$  の小物体を軽い糸でつるすと、電車に乗っている観測者から見て、鉛直下向きから角度  $\theta$  だけ糸が傾いて静止した。そのときの小物体の、電車の床からの高さは  $h$  だった。重力加速度の大きさを  $g$  とする。



- (1) 加速度の大きさ  $a$  を表す式として正しいものを、次の ①～⑥ のうちから 1 つ選べ。  $a = \boxed{1}$

①  $g \tan \theta$     ②  $g \cos \theta$     ③  $g \sin \theta$

④  $\frac{g}{\tan \theta}$     ⑤  $\frac{g}{\cos \theta}$     ⑥  $\frac{g}{\sin \theta}$

- (2) 細い電柱 P の前を小物体が右向きに通過すると同時に、そっと糸を切ったところ、小物体は床に落ちた。糸を切ったときの電車の速さは  $v$  であった。床に落ちた瞬間の小物体の位置は、電柱 P から水平方向に  $D$  だけずれていた。  $D$  を表す式として正しいものを、次の ①～⑦ のうちから 1 つ選べ。ただし、  $D$  は右向きを正とする。

$D = \boxed{2}$

①  $-\sqrt{\frac{2h}{g}} v$     ②  $-\frac{ah}{g}$     ③  $-\sqrt{\frac{2h}{g}} v - \frac{ah}{g}$

④  $\sqrt{\frac{2h}{g}} v$     ⑤  $\frac{ah}{g}$     ⑥  $\sqrt{\frac{2h}{g}} v + \frac{ah}{g}$     ⑦ 0

- (3) (2) の現象を電車の中の観測者から見たとき、小物体が電車の床に落ちた位置は、糸を切った瞬間の小物体の位置から、水平方向に距離  $d$  だけずれていた。  $d$  を表す式として正しいものを、次の ①～⑧ のうちから 1 つ選べ。  $d = \boxed{3}$

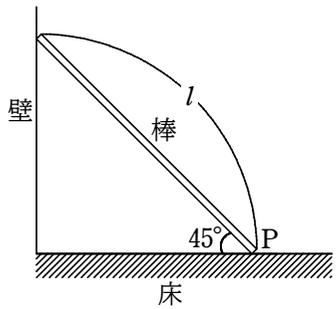
① 0    ②  $h \tan \theta$     ③  $h \cos \theta$     ④  $h \sin \theta$

⑤  $\sqrt{\frac{2h}{g}} v$     ⑥  $\sqrt{\frac{2h}{g}} v \tan \theta$     ⑦  $\sqrt{\frac{2h}{g}} v \cos \theta$     ⑧  $\sqrt{\frac{2h}{g}} v \sin \theta$

5

次の文章を読み、～ に適切な数式を記入せよ。また、～ については選択肢より適切な向きを選べ。

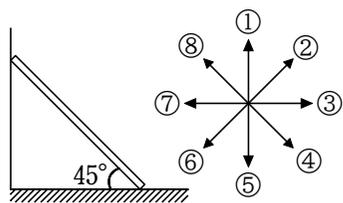
図のように、長さ  $l$ 、質量  $M$  の一様な細い棒を床から垂直な壁に  $45^\circ$  の角度で立てかけた。棒が床と接する点を  $P$  とする。壁はなめらかで棒と壁の間には摩擦はないが、棒と床の間の静止摩擦係数は  $\mu$  である。



ただし、重力加速度の大きさを  $g$  とする。

- (1) まず、立てかけた棒がすべり落ちないために  $\mu$  が満たすべき条件を考えよう。棒にはたらく力のつりあいから、棒が床から受ける垂直抗力の大きさは  であり、棒にはたらく力のモーメントのつりあいから、棒が壁から受ける垂直抗力の大きさは  である。それゆえ、静止摩擦係数は  $\mu \geq$   を満たす必要がある。

～ の選択肢



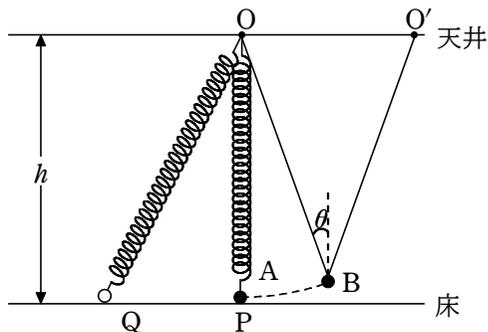
ただし、いずれも鉛直面内とする。

- (2) いま、質量  $m$  の小さな粘土の粒を、棒の上にそっと置いた。点  $P$  から棒にそって  $\frac{2}{3}l$  の位置に置いて棒がすべり落ちないための条件を考えよう。粘土粒が棒上に固定されているとき、粘土粒にはたらく力は、重力と棒からの抗力で、これらがつりあっている。したがって作用反作用の法則から、棒が粘土粒から受ける力の向きは  で大きさは  である。(1)での考察と同様に、棒にはたらく力のつりあいと力のモーメントのつりあいから、静止摩擦係数は  $\mu \geq$   を満たす必要がある。
- (3) 次に、粘土粒を取り除き、同じ質量  $m$  の小球を、棒の点  $P$  から棒にそって打ちだしたところ、小球は棒をのぼり始めた。小球が点  $P$  から棒にそって  $\frac{2}{3}l$  の位置まで上がっても棒がすべり落ちないための条件を考えよう。小球と棒に摩擦がないとき、小球にはたらく力は、重力と棒からの垂直抗力であり、その合力の向きは  で大きさは  であり、小球の動きは棒にそった等加速度運動となる。したがって、逆に棒が小球から受ける力は、向きは  で大きさは  である。これまでの考察と同様に、棒にはたらく力のつりあいと力のモーメントのつりあいから、静止摩擦係数は  $\mu \geq$   を満たす必要がある。

6

図のように、床からの高さ  $h$  の天井の点  $O$  に、自然長  $h$ 、ばね定数  $k$  の軽いばねの一端を固定し、他端に質量  $M$  のおもり  $A$  を取り付け、 $A$  を  $O$  の真下の床上の点  $P$  に置いた。さらに質量  $m$  のおもり  $B$  に長さ  $h$  の 2 本の伸び縮みしない軽いひもをつけ、一方のひもの端を  $O$  に、もう一方のひもの端を天井の別の位置  $O'$  につけて、静かにつるした。このとき、ひもと鉛直線のなす角を  $\theta$  とする。

この状態で、 $O'$  に結びつけられたひもを焼き切って、 $B$  を  $A$  に衝突させる実験をする。おもり  $A$  と床との間の摩擦はないものとし、重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問いの答えを、それぞれの解答群のうちから 1 つずつ選べ。



[A] 最初の実験では、 $B$  は  $A$  に弾性衝突し、 $A$  は床を離れることなく点  $Q$  まですべり、もどってきた。ただし、図に示すように、点  $Q$ 、 $P$ 、 $O$ 、 $O'$  は同一鉛直面内にある。

(1) おもり  $B$  が 2 本のひもでつるされているとき、それぞれのひもの張力はいくらか。

(2) ひも  $O'B$  が焼き切られた直後の、ひも  $OB$  の張力はいくらか。

,  の解答群

①  $m g \sin \theta$     ②  $\frac{m g \sin \theta}{2}$     ③  $\frac{m g}{\sin \theta}$     ④  $\frac{m g}{2 \sin \theta}$

⑤  $m g \cos \theta$     ⑥  $\frac{m g \cos \theta}{2}$     ⑦  $\frac{m g}{\cos \theta}$     ⑧  $\frac{m g}{2 \cos \theta}$

(3)  $B$  が  $A$  に衝突する直前の、 $B$  の速さはいくらか。

①  $\sqrt{2 g h}$     ②  $\sqrt{2 g h(1 - \sin \theta)}$     ③  $\sqrt{2 g h(1 + \sin \theta)}$

④  $\sqrt{2 g h(1 - \cos \theta)}$     ⑤  $\sqrt{2 g h(1 + \cos \theta)}$     ⑥  $\sqrt{2 g h(1 + \tan \theta)}$

(4) 衝突直前の  $B$  の速さを  $v$  とする。衝突直後の  $A$  の速さはいくらか。

①  $\frac{m v}{M}$     ②  $\frac{M v}{m}$     ③  $\frac{2 M v}{|m - M|}$     ④  $\frac{2 m v}{|m - M|}$     ⑤  $\frac{2 M v}{m + M}$

⑥  $\frac{2 m v}{m + M}$

(5) Pからの距離が $x$ である点を、AがQに向かってすべっているとき、床がAに及ぼしている抗力はいくらか。 5

①  $\left(1 - \frac{h}{\sqrt{h^2 + x^2}}\right)kh$     ②  $(\sqrt{h^2 + x^2} - h)k$     ③  $Mg - \frac{kh^2}{\sqrt{h^2 + x^2}}$

④  $Mg - \left(1 - \frac{h}{\sqrt{h^2 + x^2}}\right)kh$     ⑤  $Mg - (\sqrt{h^2 + x^2} - h)k$

(6) 衝突直後のAの速さを $V$ とする。AがQに達したときのばねの伸び(OQ-h)を $V$ で表すとどうなるか。 6

①  $\sqrt{\frac{M}{k}}V$     ②  $\sqrt{\frac{k}{M}}V$     ③  $\sqrt{\frac{MV^2}{k} + h^2}$     ④  $\sqrt{\left|\frac{MV^2}{k} - h^2\right|}$

⑤  $\sqrt{\frac{kV^2}{M} + h^2}$     ⑥  $\sqrt{\left|\frac{kV^2}{M} - h^2\right|}$

[B] 次の実験では、おもりAの側面に接着剤を塗っておき、衝突後、A、Bが一体となって運動するようにした。

(7) 衝突後、A、Bが上がる最高点の床からの高さを衝突直前のBの速さ $v$ で表すとどうなるか。ただし、接着剤の質量は無視できるものとする。 7

①  $\frac{M^2v^2}{2g(m+M)^2}$     ②  $\frac{m^2v^2}{2g(m+M)^2}$     ③  $\frac{mMv^2}{2g(m+M)^2}$

④  $\frac{(m-M)^2v^2}{2g(m+M)^2}$     ⑤  $\frac{Mv^2}{2g(m+M)}$     ⑥  $\frac{mv^2}{2g(m+M)}$