２０２４年度 冬期演習

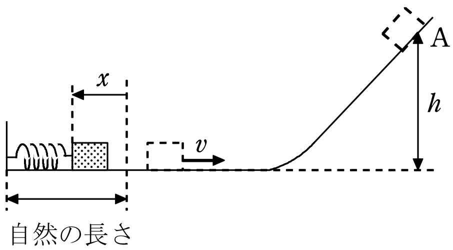
高２物理総合Ｓ・ＳＡ

～力学演習～

氏名

$\boxed{1}$［2016 センター］

図のように，小物体を軽いばねに押し付け，ばねを自然の長さから x だけ縮めた後，静かにはなした。小物体は水平面上を運動した後，曲面を上り，点 A で速さ 0 になった。小物体の質量を m ,ばね定数を k，重力加速度の大きさを g とし，すべての面はなめらかであるものとする。



(1) ばねから離れて水平面上を運動する小物体の速さ v 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。$v=\boxed{\ 1\ }$

① $\dfrac{2kx}{m}$　② $\dfrac{kx^2}{m}$　③ $\dfrac{kx^2}{2m}$

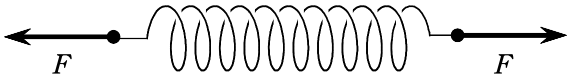
④ $\sqrt{\dfrac{2kx}{m}}$　⑤ $\sqrt{\dfrac{k}{m}}\,x$　⑥ $\sqrt{\dfrac{k}{2m}}\,x$

(2) 点 A の水平面からの高さ h として正しいものを，次の ①～⑥ のうちから1つ選べ。$h=\boxed{\ 2\ }$

① $\dfrac{v^2}{g}$　② $\dfrac{mv^2}{g}$　③ $\dfrac{v^2}{mg}$　④ $\dfrac{v^2}{2g}$　⑤ $\dfrac{mv^2}{2g}$　⑥ $\dfrac{v^2}{2mg}$

$\boxed{2}$［2015 センター］

図のように，ばね定数 k，自然の長さ l のばねの両端を引いたところ，自然の長さからの伸びが x になり，両端に加えた力の大きさは F になった。



(1) 伸び x 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。$x=\boxed{1}$

① $\dfrac{F}{2k}$　② $\dfrac{F}{k}$　③ $\dfrac{2F}{k}$

④ $\dfrac{kF}{2}$　⑤ kF　⑥ $2kF$

(2) ばねを伸ばすときに，両端に加えた力のした仕事は合わせていくらになるか。正しいものを，次の ①～⑧ のうちから1つ選べ。$\boxed{2}$

① $\dfrac{kx}{2}$　② kx　③ $\dfrac{k(x+l)}{2}$　④ $k(x+l)$

⑤ $\dfrac{kx^2}{2}$　⑥ kx^2　⑦ $\dfrac{k(x+l)^2}{2}$　⑧ $k(x+l)^2$

$\boxed{3}$［2015 センター］

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。$h=\boxed{\ 1\ }$

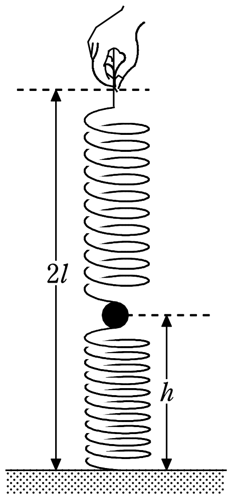


図 1

① $l-\dfrac{mg}{2k}$　② $l-\dfrac{mg}{k}$　③ $l-\dfrac{3mg}{2k}$

④ $l-\dfrac{2mg}{k}$　⑤ $l-\dfrac{5mg}{2k}$

(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。$\boxed{\ 2\ }$

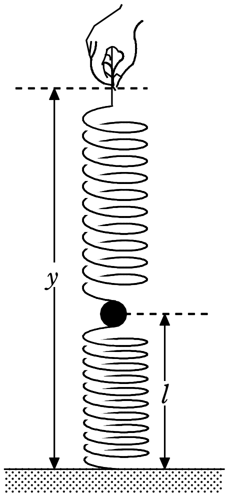
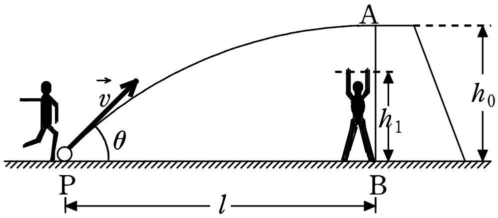


図2

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

4 ［1996 センター］

サッカーのシュートについて，単純化した状況で考えてみよう。図のように，点 P から初速度 $\vec{v}$ でけり出されたボールは，実線で表した軌道を描いて点 A に到達する。点 A の真下の地点 B にいるゴールキーパーは，腕をのばしたまま真上にジャンプし，点 A でこのボールを手でとめる。PB の距離は l，AB の高さは h_0，ゴールキーパーの足が地面を離れた瞬間の手の高さは $h_1 (h_1 < h_0)$ であるとする。重力加速度の大きさを g とし，空気の抵抗を無視する。



［A］ ボールはゴールの上端 A に水平に入るようにけられる。次の問い(1)，(2)に答えよ。

(1) ボールが点 P でけられる時刻を 0，点 A に到達する時刻を t_0 とする。ボールの初速度 $\vec{v}$ の鉛直成分 v_1 はいくらか。また，けり上げる角度を θ としたとき $\tan\theta$ はいくらか。それぞれの解答群のうちから正しいものを 1 つずつ選べ。

$v_1 = \boxed{1}$，$\tan\theta = \boxed{2}$

$\boxed{1}$ の解答群

① $\dfrac{1}{2}gt_0$　② $\dfrac{1}{\sqrt{2}}gt_0$　③ gt_0　④ $\sqrt{2}\,gt_0$　⑤ $2gt_0$

$\boxed{2}$ の解答群

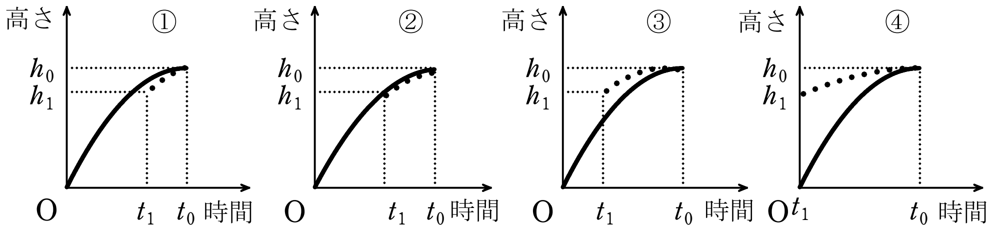
① $\dfrac{1}{2l}gt_0^2$　② $\dfrac{1}{\sqrt{2}\,l}gt_0^2$　③ $\dfrac{1}{l}gt_0^2$　④ $\dfrac{\sqrt{2}}{l}gt_0^2$　⑤ $\dfrac{2}{l}gt_0^2$

(2) 時刻 t_0 を点 A の高さ h_0 を用いて表す式はどれか。次の①～⑤のうちから正しいものを 1 つ選べ。$t_0 = \boxed{3}$

① $\dfrac{1}{2}\sqrt{\dfrac{h_0}{g}}$　② $\sqrt{\dfrac{h_0}{2g}}$　③ $\sqrt{\dfrac{h_0}{g}}$　④ $\sqrt{\dfrac{2h_0}{g}}$　⑤ $2\sqrt{\dfrac{h_0}{g}}$

［B］ ゴールキーパーは，のばしている手がちょうど点 A までとどくようにジャンプして，点 A でボールをとめる。ただし，ジャンプしてからボールをとめるまで姿勢は変えないものとする。次の問い(3)，(4)の答えを，それぞれ下の①～④のうちから 1 つずつ選べ。

(3) ゴールキーパーの足が地面をはなれる時刻を t_1 とする。ボールの高さと時間の関係を実線（———）で，t_1 から後のゴールキーパーの手の高さと時間の関係を破線（------）で描くとどうなるか。$\boxed{\ 4\ }$

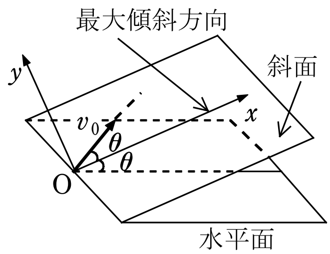


(4) $h_1=\dfrac{3}{4}h_0$ の場合に時刻 t_1 を表す式はどれか。$t_1=\boxed{\ 5\ }$

① 0　② $\dfrac{1}{2}\sqrt{\dfrac{h_0}{g}}$　③ $\sqrt{\dfrac{h_0}{2g}}$　④ $\sqrt{\dfrac{h_0}{g}}$

$\boxed{5}$［2002 甲南大］

水平面と角度 θ（$<45°$）をなす斜面がある。図のように斜面の最大傾斜方向の上向きに x 軸をとり，斜面の最下点（原点 O）から斜面に垂直に y 軸をとる。時刻 $t=0$ に原点 O から x-y 面内で x 軸に対して角度 θ で，質量 m〔kg〕の小球を初速度 v_0〔m/s〕で投げ上げた。ただし，空気の抵抗および小球の大きさはないものとし，重力加速度の大きさは g〔m/s^2〕とする。



(1) 初速度および小球にはたらく力の x，y 成分を考えて，時刻 t〔s〕における速度の x，y 方向の成分 v_x，v_y〔m/s〕を求めよ。ただし，t は小球が斜面に当たるまでの途中の時刻とする。

(2) 小球を投げ上げてから斜面に当たるまでにかかる時間 T〔s〕を求めよ。

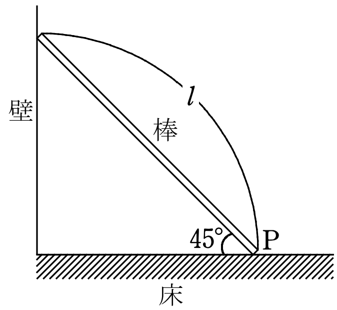
(3) 原点 O から斜面に当たる点までの距離 l〔m〕を求めよ。

(4) 小球の y 座標の値が最大になるときの x 座標と y 座標の値を求めよ。

$\boxed{6}$ ［2011 立命館大］

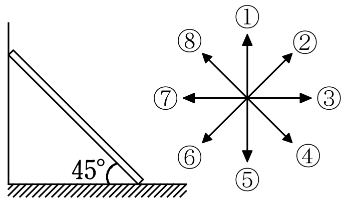
次の文章を読み，$\boxed{\text{ア}}$〜$\boxed{\text{ク}}$ に適切な数式を記入せよ。また，$\boxed{\text{a}}$〜$\boxed{\text{c}}$ については選択肢より適切な向きを選べ。

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° 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 μ である。



ただし，重力加速度の大きさを g とする。

$\boxed{\text{a}}$〜$\boxed{\text{c}}$ の選択肢



ただし，いずれも鉛直面内とする。

(1) まず，立てかけた棒がすべり落ちないために μ 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 $\boxed{\text{ア}}$ 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 $\boxed{\text{イ}}$ である。それゆえ，静止摩擦係数は $\mu \geqq \boxed{\text{ウ}}$ を満たす必要がある。

(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 $\frac{2}{3}l$ の位置に置いても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 $\boxed{\text{a}}$ で大きさは $\boxed{\text{エ}}$ 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 $\mu \geqq \boxed{\text{オ}}$ 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 $\boxed{\text{b}}$ で大きさは $\boxed{\text{カ}}$ 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 $\boxed{\text{c}}$ で大きさは $\boxed{\text{キ}}$ 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 $\mu \geqq \boxed{\text{ク}}$ を満たす必要がある。

$\boxed{1}$ ［2015 センター］

水平な床の上に置いたあらい平板の一辺が壁に接している。その平板上に物体を置いた。

(1)　図1のように，物体に水平方向に力を加える。力の大きさ f を0からしだいに増加させると，f の値が f_0 を超えたとき，物体がすべり始めた。物体にはたらく摩擦力と f の大きさの関係を示すグラフとして最も適当なものを，下の ①～⑥ のうちから1つ選べ。 $\boxed{\quad 1 \quad}$

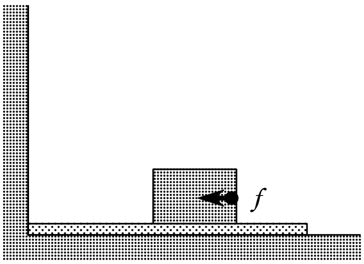
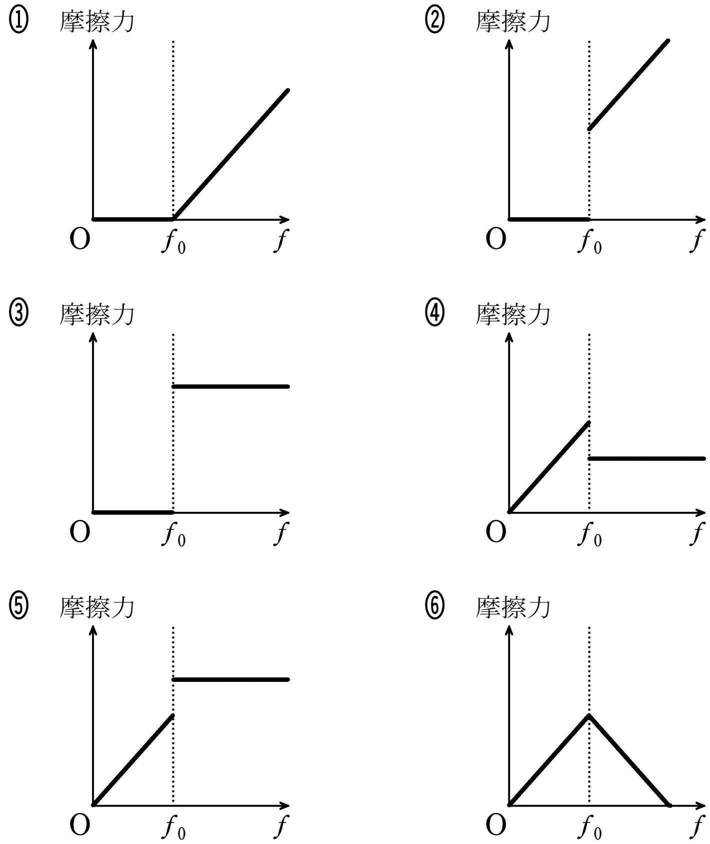


図1



(2)　図 2 のように，板の端を手でゆっくり持ち上げていくと，床と板の角度が 30° を超えたとき，物体がすべり始めた。物体と板の間の静止摩擦係数 μ の値として最も適当なものを，下の ①～⑥ のうちから 1 つ選べ。$\mu = \boxed{\ 2\ }$

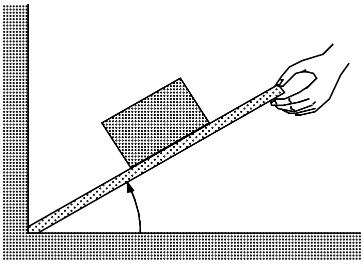


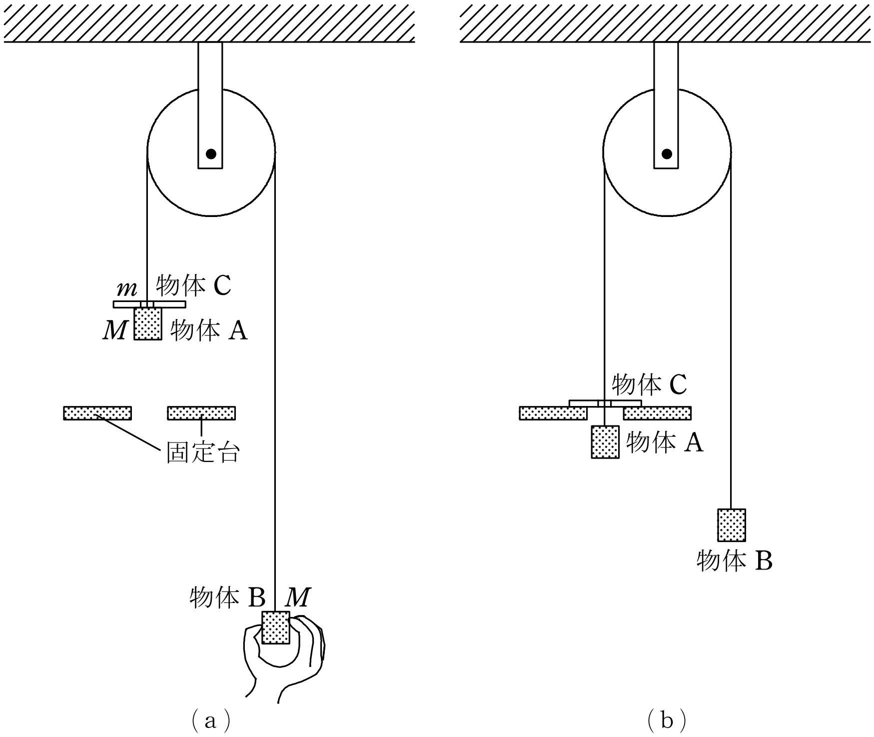
図 2

①　$\dfrac{1}{2}$　　②　$\dfrac{1}{\sqrt{3}}$　　③　$\dfrac{\sqrt{3}}{2}$　　④　1　　⑤　$\sqrt{3}$　　⑥　2

2 [2014 センター]

同じ質量 M の 2 つの物体 A，B が軽い糸で結ばれており，糸は，天井に固定されたなめらかに回る軽い滑車にかけられている。A の上には中央に穴の開いた質量 m の物体 C がのっている。A の下側には穴の開いた固定台があり，A はこの台に接触せず，穴を通り抜けるようになっている。

図 (a) のように，B を手で静止させ，時刻 $t=0$ で B を静かにはなすと，A と C は一体となって落下し始めた。A の上面が固定台の上面に達したとき，C が固定台によって取り除かれた。この時刻を $t=t_0$ とする。図 (b) は時刻 $t>t_0$ のようすを表す。ただし，糸と C は接触することはないものとする。また，重力加速度の大きさを g とする。

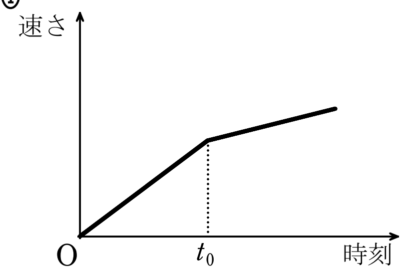


(1) 物体 A と C が落下し始めてから A の上面が固定台の上面に達するまでの運動を考える。物体 A の加速度の大きさを表す式として正しいものを，次の ①～⑤ のうちから 1 つ選べ。 $\boxed{\quad 1 \quad}$

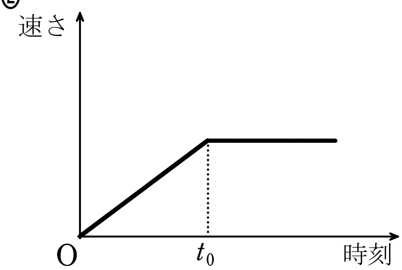
① g　　② $\dfrac{Mg}{M+m}$　　③ $\dfrac{mg}{M+m}$　　④ $\dfrac{mg}{2M+m}$　　⑤ $\dfrac{Mg}{2M+m}$

(2) 物体 A の速さと時刻の関係を表すグラフとして最も適当なものを，次の ①～④ のうちから 1 つ選べ。 $\boxed{\ 2\ }$

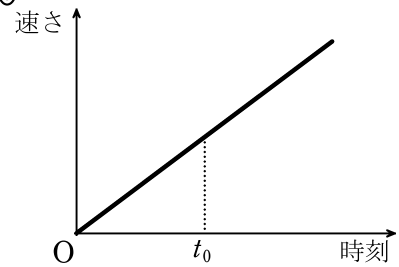
①



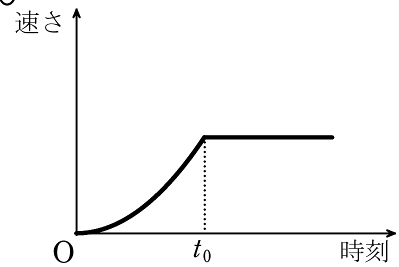
②



③

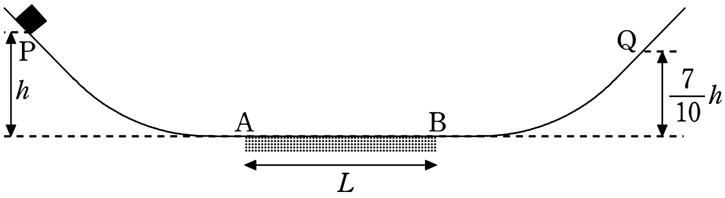


④



$\boxed{3}$［2012 センター］

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，静かに手を離した。ただし，小物体とあらい面との間の動摩擦係数を μ'，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。$\boxed{\ 1\ }$

①　$\dfrac{gh}{2}$　　②　gh　　③　$2gh$　　④　$\sqrt{\dfrac{gh}{2}}$　　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 $\dfrac{7}{10}h$ の点 Q まで到達したのち斜面を下り始めた。μ' 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。$\mu' = \boxed{\ 2\ }$

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

(3)　次の文章中の空欄 $\boxed{\ 3\ }$・$\boxed{\ 4\ }$ 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。$\boxed{\ 3\ }$ $\boxed{\ 4\ }$

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 $\boxed{\ 3\ }$ 回通過した。また，AX 間の距離は $\boxed{\ 4\ }$ であった。

$\boxed{\ 3\ }$ の解答群

①　1　　②　2　　③　3　　④　4　　⑤　5

$\boxed{\ 4\ }$ の解答群

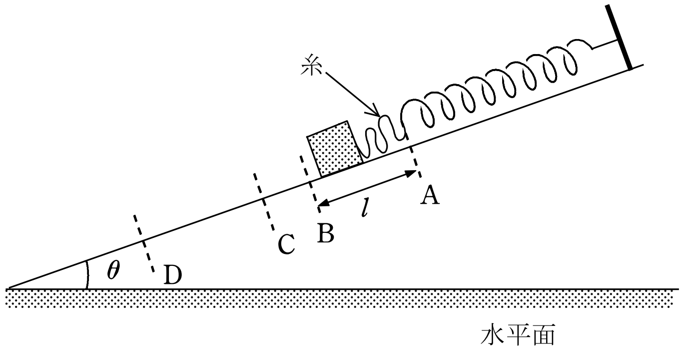
①　$\dfrac{1}{6}L$　　②　$\dfrac{1}{3}L$　　③　$\dfrac{1}{2}L$　　④　$\dfrac{2}{3}L$　　⑤　$\dfrac{5}{6}L$

4 ［2013 センター］

水平面と角度 θ をなすなめらかな斜面上に，ばね定数 k のばねの上端を固定し，その下端に質量 m の物体を長さ l の糸でつないだ。ばねが自然の長さのときのばねの下端の位置を点 A とする。初め，物体を手で支えて，点 A に静止させておいた。ただし，物体の位置は，糸のついた面の位置で示すこととする。

物体から手を静かに離すと，図のように物体は点 A から斜面にそって下方にすべり出し，点 B で糸がぴんと張った。物体はさらに下方にすべり，やがて物体の速さは点 C で最大になり，その後，物体は最下点 D に到達した。

ばねと糸の質量および糸の伸びは無視できるものとし，重力加速度の大きさを g とする。



(1) 物体が，最初の位置 A から糸が張った点 B に達するまでにかかった時間として正しいものを，次の ①～⑥ のうちから1つ選べ。$\boxed{\;1\;}$

① $\sqrt{\dfrac{l}{g}}$　② $\sqrt{\dfrac{2l}{g}}$　③ $\sqrt{\dfrac{l}{g\sin\theta}}$　④ $\sqrt{\dfrac{2l}{g\sin\theta}}$

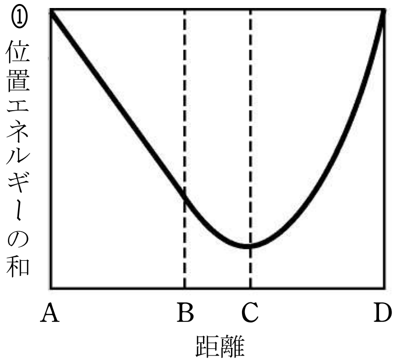
⑤ $\sqrt{\dfrac{l}{g\cos\theta}}$　⑥ $\sqrt{\dfrac{2l}{g\cos\theta}}$

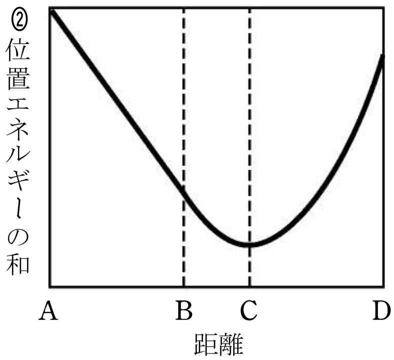
(2) 点 A から物体の速さが最大となる点 C までの距離として正しいものを，次の ①～⑥ のうちから1つ選べ。$\boxed{\;2\;}$

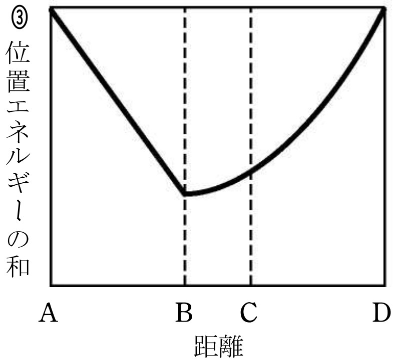
① l　② $l+\dfrac{mg}{k}$　③ $l+\dfrac{mg}{k}\sin\theta$　④ $l+\dfrac{mg}{k}\cos\theta$

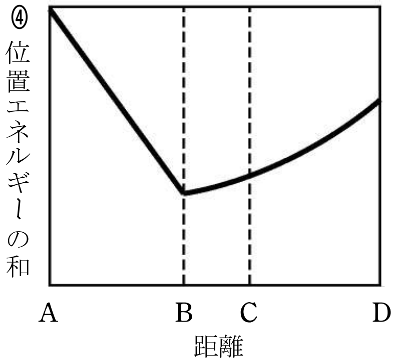
⑤ $l+\dfrac{mg}{k\sin\theta}$　⑥ $l+\dfrac{mg}{k\cos\theta}$

(3)　物体は点 C を通過した後，最下点 D で速さが 0 となった。物体が最初の位置 A から点 D まで降下する間，重力による位置エネルギーとばねの弾性力による位置エネルギーの和を，点 A から物体までの距離の関数として表したグラフとして最も適当なものを，次の ①～④ のうちから 1 つ選べ。$\boxed{\ 3\ }$









$\boxed{5}$［2014 金沢大］

一辺が a〔m〕で質量が m〔kg〕の一様な立方体形の物体が水平面上に置かれている。物体と水平面の間の静止摩擦係数を μ とし，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。図 1，図 2，図 3 は物体の重心を通る鉛直断面を表している。

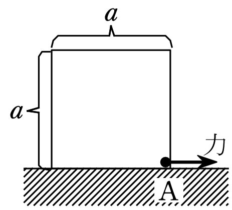


図 1

図 1 のように物体の右下の角 A に水平方向右向きの力を加え，その力の大きさを徐々に大きくすると物体がすべり始めた。

(1) 物体がすべり始めたときの右向きに加えた力の大きさを求めよ。

次に，図 2 のように物体の右上の角 B に水平方向右向きの力を加え，その力を徐々に大きくしたところ，物体はすべることなく傾き始めた。

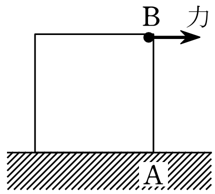


図 2

(2) 重力による角 A まわりの力のモーメントの大きさを求めよ。

(3) 物体が傾き始めたときの右向きに加えた力の大きさを求めよ。

(4) 物体が水平面上をすべることなく傾き始める場合の，静止摩擦係数 μ の条件を求めよ。

今度は，図 3 のように物体の左上の角 C に水平方向からの角度 θ〔rad〕$\left(0 \leqq \theta \leqq \dfrac{\pi}{2}\right)$ の向きに力を加えた。その力を徐々に大きくしたところ，加えた力の大きさが F〔N〕のときに，物体はすべることなく傾き始めた。

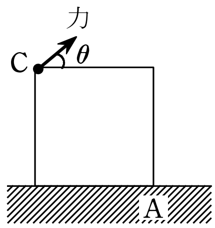


図 3

(5) 物体が傾き始めたときに，物体が水平面から受ける垂直抗力の大きさを求めよ。

(6) 物体が傾き始めたときの力の大きさ F を求めよ。

(7) θ を変えると，物体が傾き始める力の大きさ F を最小にすることができる。その角度 θ_{m}〔rad〕を求めよ。

(8) θ_{m} の方向に力を加えるとき，物体が水平面上をすべることなく傾き始める場合の，静止摩擦係数 μ の条件を求めよ。

6 ［2017 静岡大］

質量 M〔kg〕のおもり A と質量 $3M$〔kg〕のおもり B を糸で結び滑車 P にかける。さらに，P と質量 $4M$〔kg〕のおもり C を糸で結び，天井からつるしてある滑車 Q にかける。糸は伸びることなく，滑車と糸の重さは無視できるものとし，滑車と糸の間の摩擦はないものとする。重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。

〔A〕 図 1 のように C を固定し，A と B だけを静かにはなす。ここで A と B を結ぶ糸の上向きの張力の大きさを T_1〔N〕とする。

⑴ A，B それぞれについて運動方程式を書け。なお，A，B の加速度の大きさを α〔m/s^2〕とし，A では鉛直上向きを正，B では鉛直下向きを正とすること。

⑵ A の加速度の大きさ α〔m/s^2〕は g〔m/s^2〕の何倍になるか。

⑶ 滑車 P とおもり C を結ぶ糸の張力の大きさ T_2〔N〕を，M と g を用いて表せ。

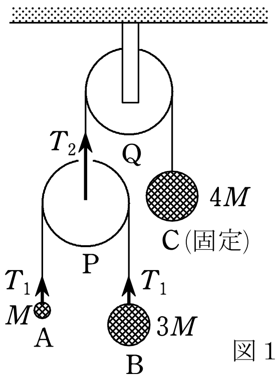


図 1

〔B〕 図 2 のように，おもり A，B，C を固定し，次に A，B，C を静かにはなす。A と B の質量の和が C の質量と等しいにもかかわらず，C は動き始める。このとき，A は上向きに大きさ α'〔m/s^2〕の加速度で，B は下向きに大きさ β'〔m/s^2〕の加速度で，滑車 P は上向きに大きさ γ'〔m/s^2〕の加速度で動き，$\alpha' \fallingdotseq \beta'$，$\alpha' > \gamma'$ であった。なお，α'，β'，γ' は地面に対する加速度である。ここで，A と B を結ぶ糸の張力の大きさを T_1'〔N〕，滑車 P と C を結ぶ糸の張力の大きさを T_2'〔N〕とする。

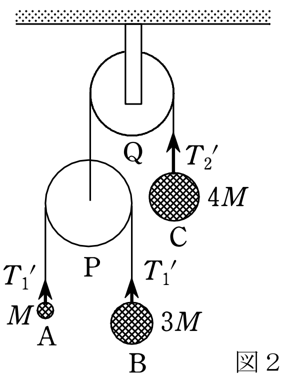


図 2

⑴ A，B，C それぞれについて運動方程式を書け。なお，滑車 P についての運動方程式 $0 \times \gamma' = T_2' - 2T_1'$ を用いて T_2' を消去せよ。

⑵ 上向きに加速度運動する滑車 P から見た場合，A と B の加速度は，大きさは等しいが向きは反対である。これは滑車 P から見たおもり A，B の相対加速度の大きさが等しいことを表している。このことを表す α'，β'，γ' の関係式を求めよ。

⑶ ⑴，⑵ の結果を用いて，A と B を結ぶ糸の張力の大きさ T_1'〔N〕を M，g を使って表せ。

1 [2013 センター]

ばね定数が k で長さが同じ2本のばねを細長い帯でつないだものを用意し，その両端を水平でなめらかな床の上の2点P，Qに固定した。このとき，2本のばねはともに自然の長さになっていた。図1はこのときのようすを真上から見たものである。PQの中点をOとすると，OPとOQの長さはともに l であった。

この状態から点Oの位置で小球を帯に当て，図2のように，小球を床にそって右向きに手で引いて静止させた。このとき，点Pおよび点Qから小球までの距離は，ともに l' であった。ただし，ばねと帯の質量は無視でき，帯は伸び縮みしないものとする。

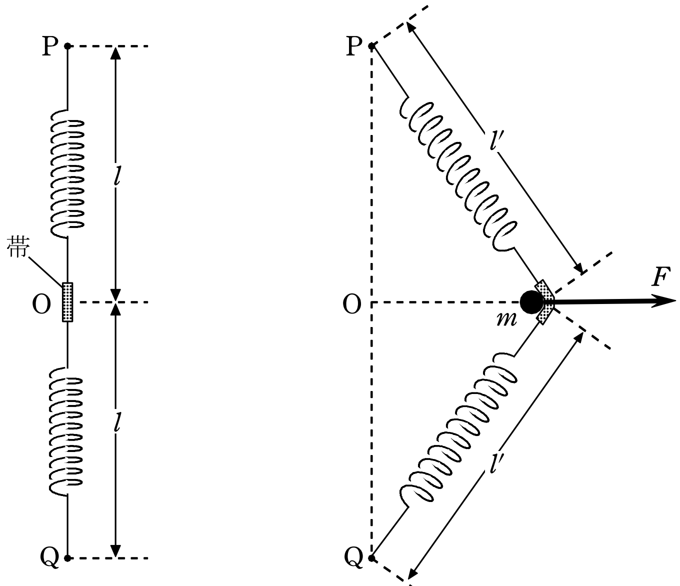


図 1　　　図 2

(1) 図2の状態で，手が加えている力の大きさ F 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。$F=$ $\boxed{1}$

① $\dfrac{kl}{l'}(l'-l)$　② $\dfrac{2kl}{l'}(l'-l)$　③ $\dfrac{k}{l'}(l'^2-l^2)$

④ $\dfrac{2k}{l'}(l'^2-l^2)$　⑤ $k\dfrac{l'-l}{l'}\sqrt{l'^2-l^2}$　⑥ $2k\dfrac{l'-l}{l'}\sqrt{l'^2-l^2}$

(2) 図2の状態から静かに手をはなすと，ばねが縮み，小球は床にそって左向きに打ち出された。小球の質量を m とするとき，小球が点Oを通過する瞬間の小球の速さ v 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。$v=$ $\boxed{2}$

① $\sqrt{\dfrac{k}{m}}(l'-l)$　② $\sqrt{\dfrac{2k}{m}}(l'-l)$　③ $\sqrt{\dfrac{k}{m}}\sqrt{l'^2-l^2}$

④ $\sqrt{\dfrac{2k}{m}}\sqrt{l'^2-l^2}$　⑤ $\sqrt{\dfrac{k}{m}}\dfrac{l'-l}{l'}\sqrt{l'^2-l^2}$　⑥ $\sqrt{\dfrac{2k}{m}}\dfrac{l'-l}{l'}\sqrt{l'^2-l^2}$

$\boxed{2}$［2003 センター］

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 θ 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 μ' とする。

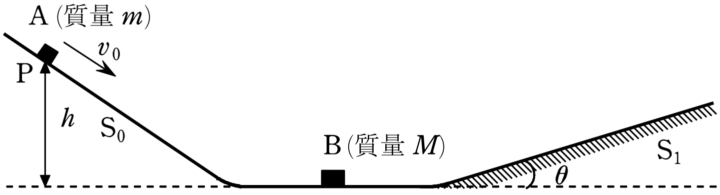


図 1

(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 ①～⑤ のうちから 1 つ選べ。$v_2 = \boxed{2}$

①　$\dfrac{M}{m}v_1$　　②　$\sqrt{\dfrac{M}{m}}\,v_1$　　③　v_1

④　$\dfrac{m}{M}v_1$　　⑤　$\sqrt{\dfrac{m}{M}}\,v_1$

(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

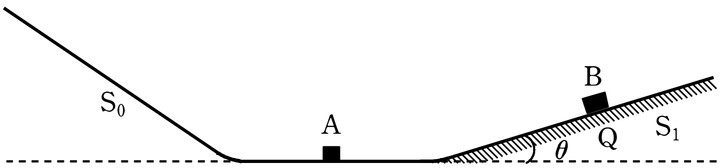


図 2

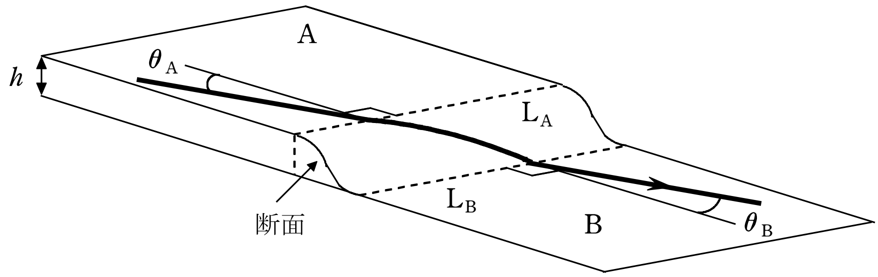
① $\dfrac{{v_2}^2}{2g(\sin\theta+\mu'\cos\theta)}$　② $\dfrac{{v_2}^2}{2g(\cos\theta+\mu'\sin\theta)}$

③ $\dfrac{{v_2}^2\cos\theta}{2g(\sin\theta+\mu'\cos\theta)}$　④ $\dfrac{{v_2}^2\cos\theta}{2g(\cos\theta+\mu'\sin\theta)}$

⑤ $\dfrac{{v_2}^2\sin\theta}{2g(\sin\theta+\mu'\cos\theta)}$　⑥ $\dfrac{{v_2}^2\sin\theta}{2g(\cos\theta+\mu'\sin\theta)}$

$\boxed{3}$［2005 センター］

図のように，水平面 A，B が，高さ h の斜面台をはさんで，なめらかにつながっている。平面と斜面台の交線 L_A，L_B は互いに平行で，交線に垂直な斜面台の断面の形は場所によらず同じである。交線 L_A に垂直に交わる直線と角度 θ_A をなす方向から，質量 m の小物体が速さ V_A で等速直線運動をしてきて，斜面を通過し，平面 B に到達した。平面 B 上では，小物体は交線 L_B に垂直に交わる直線と角度 θ_B をなす方向に速さ V_B で等速直線運動をした。小物体と面との間に摩擦はなく，また，小物体は面から離れることなく運動する。ただし，重力加速度の大きさを g とする。



(1) 平面 B 上での小物体の速さ V_B はいくらか。正しいものを，次の ①～⑤ のうちから1つ選べ。$V_B = \boxed{1}$

① $V_A + \sqrt{gh}$　② $\sqrt{{V_A}^2 + gh}$　③ V_A　④ $V_A + \sqrt{2gh}$

⑤ $\sqrt{{V_A}^2 + 2gh}$

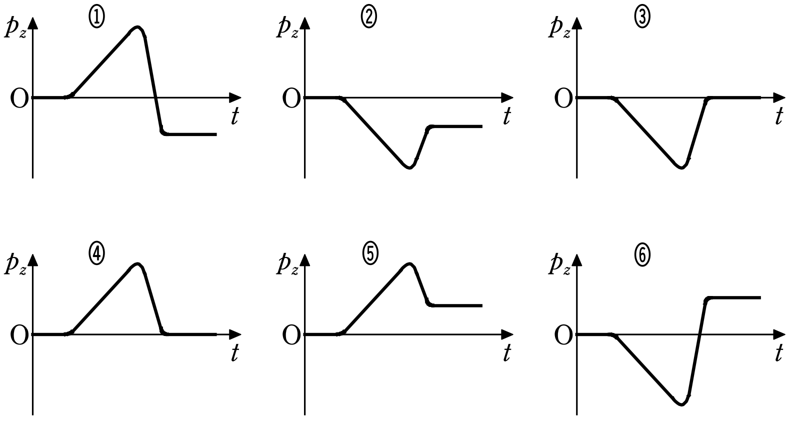
(2) 速さ V_A，V_B および角度 θ_A，θ_B の間の関係として正しいものを，次の ①～⑤ のうちから1つ選べ。$\boxed{2}$

① $V_A = V_B$，$\theta_A = \theta_B$　② $V_A \sin\theta_A = V_B \cos\theta_B$

③ $V_A \cos\theta_A = V_B \sin\theta_B$　④ $V_A \sin\theta_A = V_B \sin\theta_B$

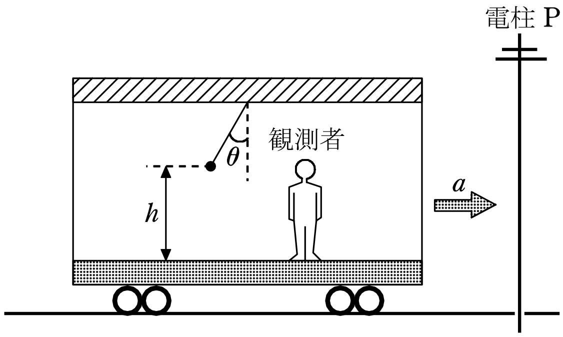
⑤ $V_A \cos\theta_A = V_B \cos\theta_B$

(3)　小物体の運動量の鉛直上向き成分 p_z の時間変化を表すグラフとして最も適当なものを，次の ①～⑥ のうちから1つ選べ。$\boxed{\ 3\ }$



4 ［2017 センター］

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 θ 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　$\dfrac{g}{\tan\theta}$　　⑤　$\dfrac{g}{\cos\theta}$　　⑥　$\dfrac{g}{\sin\theta}$

(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　$-\sqrt{\dfrac{2h}{g}}\,v$　　②　$-\dfrac{ah}{g}$　　③　$-\sqrt{\dfrac{2h}{g}}\,v-\dfrac{ah}{g}$

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

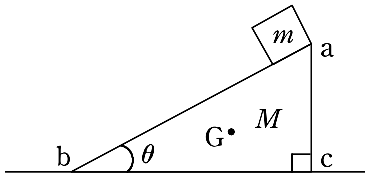
(3)　(2) の現象を電車の中の観測者から見たとき，小物体が電車の床に落ちた位置は，糸を切った瞬間の小物体の位置から，水平方向に距離 d だけずれていた。d を表す式として正しいものを，次の ①～⑧ のうちから1つ選べ。$d=$ $\boxed{3}$

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

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

5 [大同工業大]

図のように，なめらかな水平面に質量 M の三角柱を静かに置く。三角柱の重心 G を通り，側面と直角な鉛直面 (紙面) で切った三角柱の断面は，直角三角形 abc である。斜辺 ab の長さを l，斜辺 ab と辺 bc の間の角を θ とする。また，斜面はなめらかとする。三角柱が水平方向に自由に動ける状態で，三角柱の上端 a に質量 m の小物体を静かにのせたあとの運動を考える。ただし，重力加速度の大きさを g とし，空気抵抗を無視する。



このとき，三角柱は回転せずに水平方向にすべりだした。三角柱の加速度の大きさを A とすると，三角柱に固定された座標系から観測した場合，小物体にはみかけ上大きさ mA の慣性力が，三角柱の加速度と逆向きにはたらく。

(1) 小物体が斜面から受ける垂直抗力の大きさ N を m，g，θ，A で表せ。

(2) 三角柱に固定された座標系から観測した小物体の加速度の大きさ a を g，θ，A で表せ。

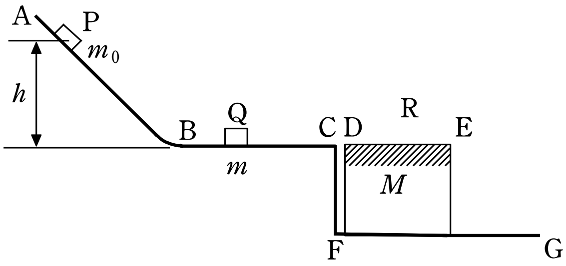
(3) 三角柱についての水平方向の運動方程式を用いて，A を θ，M，N で表せ。

(4) (1)，(3) の結果を用いて，A を m，g，θ，M で表せ。

(5) 小物体が点 b に達するまでの間に三角柱が移動した距離 L を M，m，g，l，θ の中から必要な文字を用いて表せ。

6 [2017 宇都宮大]

水平面 BC から高さ h の位置に，質量 m_0 の小物体 P が手で押さえられ静止している。傾斜面 AB と水平面 BC とはなめらかにつながっており，水平面 BC 上に，質量 m の小物体 Q が置かれている。その右側の水平面 FG 上に，質量 M の台 R が垂直面 CF に接して置かれている。この台の上面 DE はあらい面をしており，その面は水平面 BC と同一平面にある。このとき，面 DE 以外の面はなめらかな面で摩擦力は作用せず，重力加速度の大きさを g とする。



(1) Q に衝突する直前の P の速さ v はいくらか。また，P が Q に衝突したとき，P が点 B に向かってはねかえされるためには，反発係数 e は，どのような条件を満たさなければならないか。

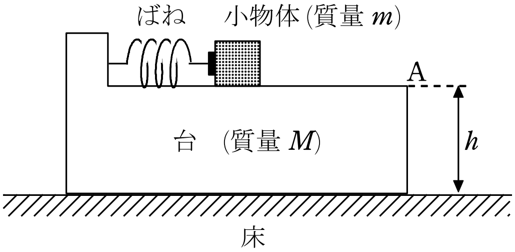
(2) P が Q に衝突した後，Q だけが速度 v_0 で台 R に乗り移り，台 R の上を動く。同時に，台 R もなめらかな水平面 FG 上を動きだす。さらに，小物体 Q はある距離だけ動いて台 R 上で静止した。ただし，小物体 Q は台 R に瞬時に乗り移ったものとし，台 R の上面 DE と小物体 Q との間の動摩擦係数を μ' とする。

(a) 小物体 Q および台 R の水平面 FG に対する加速度をそれぞれ α，β とする。加速度 α，β を M，m，g，μ' を用いて表せ。このとき，加速度の向きは，図の左から右の向きを正とする。

(b) 小物体 Q が台 R に乗り移ってから，台 R に対して静止するまでの時間 t と，台上を進む距離 d を，M，m，v_0，g，μ' を用いて表せ。

$\boxed{1}$［2005 センター］

図のように，質量 $\boldsymbol{M}$，高さ $\boldsymbol{h}$ の台が水平な床の上に置かれている。このとき，台の上面は水平である。台の左端にはばね定数 $\boldsymbol{k}$ の短いばねの一端が固定されている。ばねを自然長から $\boldsymbol{l}$ だけ縮めて，その右端に質量 $\boldsymbol{m}$ の小物体を置く。はじめ，台と小物体は静止しているものとする。ただし，床および台の上面はなめらかで，ばねの質量は無視できるものとし，重力加速度の大きさを g とする。



(1)　台を床に固定し，小物体を静かに離した。小物体がばねから離れ，台の端 A を通過した。そのときの速さ v_0 はいくらか。正しいものを，次の ①～⑥ のうちから 1 つ選べ。$v_0 = \boxed{1}$

①　$l\sqrt{\dfrac{2m}{k}}$　②　$2l\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　③　$l\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　④　$l\sqrt{\dfrac{k}{2m}}$

⑤　$2l\sqrt{\dfrac{k}{m}}$　⑥　$l\sqrt{\dfrac{k}{m}}$

(2)　速さ v_0 で A を通過した小物体は床に衝突した。衝突直前の速さはいくらか。正しいものを，次の ①～④ のうちから 1 つ選べ。$\boxed{2}$

①　$\sqrt{{v_0}^2+gh}$　②　$\sqrt{{v_0}^2+2gh}$　③　$\sqrt{2{v_0}^2+gh}$　④　$2\sqrt{{v_0}^2+2gh}$

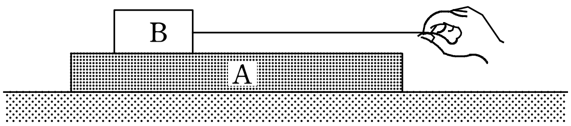
(3)　次に，台を床に固定せず，図と同じ状態から小物体を静かに離すと，台と小物体は同時に動き始めた。小物体が A を通過するとき，床に対する小物体の速度を v，床に対する台の速度を V とすると，V は v を用いてどのように表されるか。正しいものを，次の ①～⑥ のうちから 1 つ選べ。ただし，図中の右向きを正とする。$V = \boxed{3}$

①　$\dfrac{M}{m}v$　②　$-\dfrac{M}{m}v$　③　$\dfrac{m}{M}v$　④　$-\dfrac{m}{M}v$　⑤　$\dfrac{Mh}{ml}v$

⑥　$-\dfrac{Mh}{ml}v$

$\boxed{2}$ [2013 センター]

図のように，水平な床の上に質量 M の台 A があり，その上に質量 m の物体 B がある。物体 B の側面に軽くて細い糸がついており，手で引くことができる。床と台 A の間と，台 A と物体 B の間には，それぞれ摩擦力がはたらくとする。ただし，$M>m$ であり，重力加速度の大きさを g とする。



(1) 糸を手で引いて物体 B に水平な力を加え，その大きさが F のとき，台 A と物体 B は一体となって動いた。床と台 A の間には大きさ f_1 の動摩擦力がはたらいている。台 A と物体 B 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 1 つ選べ。$\boxed{\ 1\ }$

① $\dfrac{F-f_1}{m}$　② $\dfrac{F-f_1}{M+m}$　③ $\dfrac{F+f_1}{m}$

④ $\dfrac{F+f_1}{M+m}$　⑤ $\dfrac{F}{M+m}-\dfrac{f_1}{m}$　⑥ $\dfrac{F}{M+m}+\dfrac{f_1}{m}$

(2) (1) の状況で f_1 を表す式として正しいものを，次の ①～⑤ のうちから 1 つ選べ。ただし，床と台 A の間の動摩擦係数を μ' とする。$f_1=\boxed{\ 2\ }$

① $\mu' Mg-\dfrac{MF}{M+m}$　② $\mu' Mg-\dfrac{mF}{M+m}$　③ $\mu' Mg$

④ $\mu'(M-m)g$　⑤ $\mu'(M+m)g$

(3) (1) の台 A と物体 B が一体となって動いている状態から，物体 B に加える力をさらに大きくすると，物体 B は台 A 上をすべった。このとき，台 A は床に対して等速直線運動をした。

床と台 A の間にはたらく動摩擦力の大きさを f_1 とし，台 A と物体 B の間にはたらく動摩擦力の大きさを f_2 とする。台 A が床に対して等速直線運動をするとき，f_1 と f_2 の関係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。$\boxed{\ 3\ }$

① $f_1=f_2$　② $f_1=\dfrac{M}{m}f_2$　③ $f_1=\dfrac{m}{M}f_2$

④ $f_1=\dfrac{M}{M+m}f_2$　⑤ $f_1=\dfrac{m}{M+m}f_2$　⑥ $f_1=\dfrac{m+M}{M}f_2$

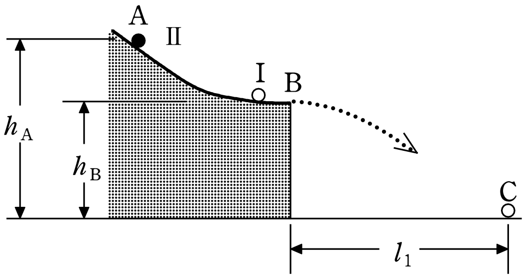
(4) (3) の状況で台 A と物体 B の間の動摩擦係数を，床と台 A の間の動摩擦係数 μ' を用いて表す式として正しいものを，次の ①～⑥ のうちから 1 つ選べ。$\boxed{\ 4\ }$

① μ'　② $\dfrac{M}{m}\mu'$　③ $\left(1+\dfrac{m}{M}\right)\mu'$

④ $\left(1+\dfrac{M}{m}\right)\mu'$　⑤ $\dfrac{m}{m+M}\mu'$　⑥ $\dfrac{M}{m+M}\mu'$

3［1998 センター］

〔A〕 1図のような，なめらかな斜面の水平部に，質量 m の小物体Ⅰを置き，同じ質量 m の小物体Ⅱを斜面上の点Aに置いて，静かに手をはなした。小物体Ⅱは斜面をすべり下りて，小物体Ⅰの弾性衝突をした。小物体Ⅰは点Bから水平に飛びだし，水平距離 l_1 の点Cに落下した。重力加速度の大きさを g，斜面上の点A，Bの高さをそれぞれ h_A，h_B とする。なお，A，B，Cは同一の鉛直平面内にある。



1図

(1) 点Bでの小物体Ⅰの速さ v はいくらか。次の ①～⑥ のうちから正しいものを1つ選べ。

① $\sqrt{2gh_A}$　② $g\sqrt{2h_A}$　③ $2gh_A$

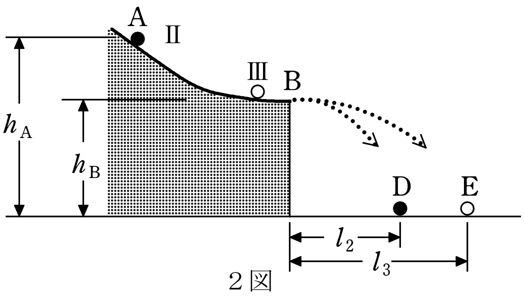
④ $\sqrt{2g(h_A-h_B)}$　⑤ $g\sqrt{2(h_A-h_B)}$　⑥ $2g(h_A-h_B)$

(2) 点Bと小物体Ⅰの落下点Cとの水平距離 l_1 はいくらか。次の ①～⑥ のうちから正しいものを1つ選べ。

① $v\sqrt{\dfrac{h_A}{g}}$　② $v\sqrt{\dfrac{h_B}{g}}$　③ $v\sqrt{\dfrac{2h_A}{g}}$

④ $v\sqrt{\dfrac{2h_B}{g}}$　⑤ $v\sqrt{\dfrac{h_A-h_B}{g}}$　⑥ $v\sqrt{\dfrac{2(h_A-h_B)}{g}}$

〔B〕 1図と同じ斜面の水平部に，2図のように，小物体Ⅱと同じ質量 m の小物体Ⅲが置かれている。小物体Ⅱを点Aから静かにすべらせたところ，はねかえり係数(反発係数) e で小物体Ⅲと非弾性衝突をし，点Bからの水平距離 l_2 の点Dに落下した。また，小物体Ⅲは，衝突後，点Bからの水平距離 l_3 の点Eに落下した。なお，点A，B，D，Eは同一の鉛直平面内にある。



2図

(3) 2つの小物体の運動エネルギーと運動量は衝突の前後でどうなるか。次の ①～④ のうちから正しいものを1つ選べ。

① 2つの小物体の運動エネルギーの和も運動量の和も保存する。

② 2つの小物体の運動エネルギーの和は保存するが，運動量の和は保存しない。

③ 2つの小物体の運動量の和は保存するが，運動エネルギーの和は保存しない。

④ 2つの小物体の運動エネルギーの和も運動量の和も，保存しない。

(4)　1図の l_1 と2図の l_2，l_3 との関係として正しいものを，次の ①～⑥ のうちから1つ選べ。

①　$l_1=l_2+l_3$　　②　$l_1=l_2+el_3$　　③　$l_1=e(l_2+l_3)$

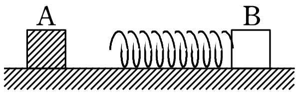
④　$l_1=l_3-l_2$　　⑤　$l_1=l_3-el_2$　　⑥　$l_1=e(l_3-l_2)$

(5)　2つの小物体の間のはねかえり係数 e はいくらか。次の ①～⑥ のうちから正しいものを1つ選べ。

①　$\dfrac{l_3+l_2}{l_3-l_2}$　　②　$\left(\dfrac{l_3+l_2}{l_3-l_2}\right)^2$　　③　$\sqrt{\dfrac{l_3+l_2}{l_3-l_2}}$　　④　$\dfrac{l_3-l_2}{l_3+l_2}$

⑤　$\left(\dfrac{l_3-l_2}{l_3+l_2}\right)^2$　　⑥　$\sqrt{\dfrac{l_3-l_2}{l_3+l_2}}$

$\boxed{4}$［福岡大］



図のように，なめらかな水平面上に質量 m の物体 A と質量 $M\,(M>m)$ の物体 B があり，B にはばね定数 k の軽いばねが取り付けてある。A，B およびばねは一直線上にある。

まず，A と B でばねを押し縮めて，ばねが自然の長さから l だけ縮んだところで，A と Bを同時にはなした。

(1)　ばねを自然の長さから l だけ縮めるのに要した仕事は $\boxed{\text{ア}}$ である。

(2)　ばねが自然の長さにもどったとき，A と B の運動エネルギーの和は $\boxed{\text{イ}}$ である。

(3)　A がばねから離れた後，A は速さ $\boxed{\text{ウ}}$ で動き，B は速さ $\boxed{\text{エ}}$ で動く。

次に，静止している B に向かって A を図の右向きに速さ v でばねに衝突させた。衝突時には力学的エネルギーが失われることはないものとする。

(4)　衝突後，A がばねと接触している間に，A と B の速度が等しくなるときがある。このとき，A，B は速さ $\boxed{\text{オ}}$ で動き，ばねは最も $\boxed{\text{カ}}$ いる。また，ばねは弾性エネルギー $\boxed{\text{キ}}$ をたくわえている。

(5)　A がばねと衝突してばねから離れるまでの過程を A と B の直接の衝突と考えると，この過程は，反発係数 (はねかえり係数) e が $\boxed{\text{ク}}$ の衝突に相当する。

(6)　A がばねから離れるとき，A は図の $\boxed{\text{ケ}}$ 向きに速さ $\boxed{\text{コ}}$ で動く。

5 [2017 法政大]

質量 m の小球 M と，厚さが一様でなめらかな平面をもつ板 A を用意する。小球 M と板 A の間の反発係数は $\dfrac{1}{3}$ であり，重力加速度の大きさを g とする。

図 1 に示すように，板 A を水平な床に固定されている傾斜角 θ の三角台 B の上面に装着した。上方から小球 M を自由落下させ，斜面の点 P に速さ v で衝突させたところ，小球は水平方向にはね返され，点 Q で再び斜面に衝突した。

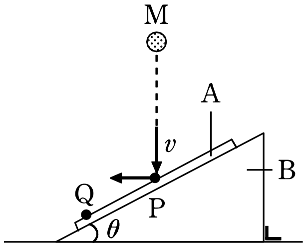


図 1

(1)　傾斜角 θ の値を π rad を用いて表せ。

(1) で求めた θ の値を用いて，(2)〜(4) の問いに答えよ。

(2)　点 P での衝突直後の小球の速さは v の何倍か。

(3)　小球が点 P に衝突後，点 Q で再び斜面と衝突するまでの時間を g，v を用いて表せ。

(4)　点 P と点 Q の斜面上の距離を g，v を用いて表せ。

図 2 に示すように，板 A をなめらかで水平な床面を自由に動けるようにした傾斜角 $\dfrac{\pi}{4}$rad の三角台 C の上面に装着した。板と三角台を合わせた質量は $2m$ であった。上方から小球 M を自由落下させ，斜面の点 R に速さ v で衝突させたところ，小球は左方向にはね返され，同時に三角台は床の上を右方向に速さ V_0 で動きだした。

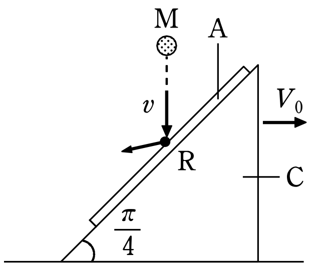


図 2

(5)　点 R での衝突直後の小球が，斜面に沿った左下方向にもつ速度成分を v を用いて表せ。

(6)　点 R での衝突直後の小球が，斜面に垂直な左上方向にもつ速度成分を v，V_0 を用いて表せ。

(7)　三角台と床面の摩擦は無視できるので，小球と三角台との衝突の前後で水平方向の運動量は保存される。これにより，三角台の速さ V_0 を v を用いて表せ。

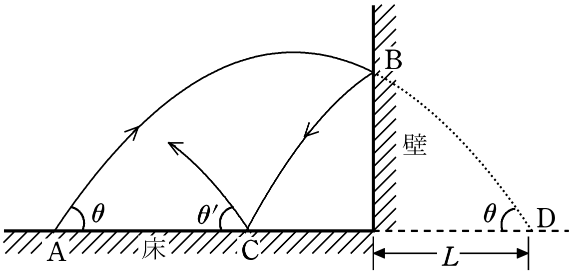
冬期講習会復習テスト

授業のはじめの50分間でテストを行います。
試験範囲は第4講までの問題です。

試験後，残りの時間で第5講の問題を扱います。

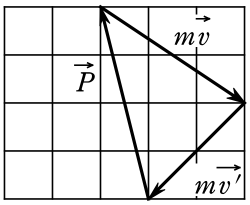
1 [2004 センター]

図のように，水平な床の点 A から，垂直に立てられた壁に向かって角度 θ で質量 m の小球が打ち出された。小球は最高点に達した後，壁面上の点 B ではね返り，床の点 C に落ちて角度 θ' の方向にはね上がった。ただし，床，壁はともに滑らかで，小球に対するはねかえり係数(反発係数)の大きさをともに e とする。また，壁がないときの小球の到達位置 D と壁との間の距離を L とする。

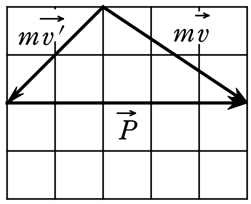


(1) 壁に衝突する直前の小球の運動量ベクトルを $m\vec{v}$ とすると，衝突直後の小球の運動量ベクトル $m\vec{v}'$ と壁が小球に加えた力積 $\vec{P}$ の関係はどうなるか。最も適当なものを，次の ①～④ のうちから 1 つ選べ。 $\boxed{1}$

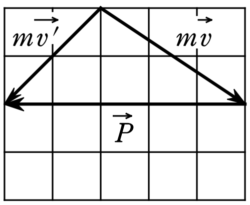
①



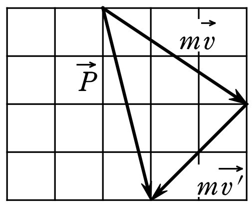
②



③



④



(2) 点 C から壁までの水平距離はいくらか。正しいものを，次の ①～④ のうちから 1 つ選べ。 $\boxed{2}$

① L　　② eL　　③ e^2L　　④ $(1-e)L$

(3) $\tan\theta'$ は $\tan\theta$ の何倍か。正しいものを，次の ①～④ のうちから 1 つ選べ。

$\boxed{3}$

① 1　　② e　　③ $1-e$　　④ $1-e^2$

$\boxed{2}$［2003 センター］

図1のように，水平な床と45°の角度をなすなめらかな斜面Sがある。斜面上方の点 Pから小球を静かに落下させると，点線で示す経路のように点Qではねかえり，水平な床の点Rに達した。ただし，床から点Qまでの高さを H，点P，Q間の距離を h，点Q，R間の水平距離を L とする。また，重力加速度の大きさは g で，空気抵抗は無視できるものとする。点Qでの衝突は弾性衝突とする。

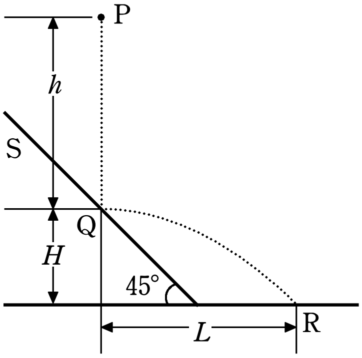


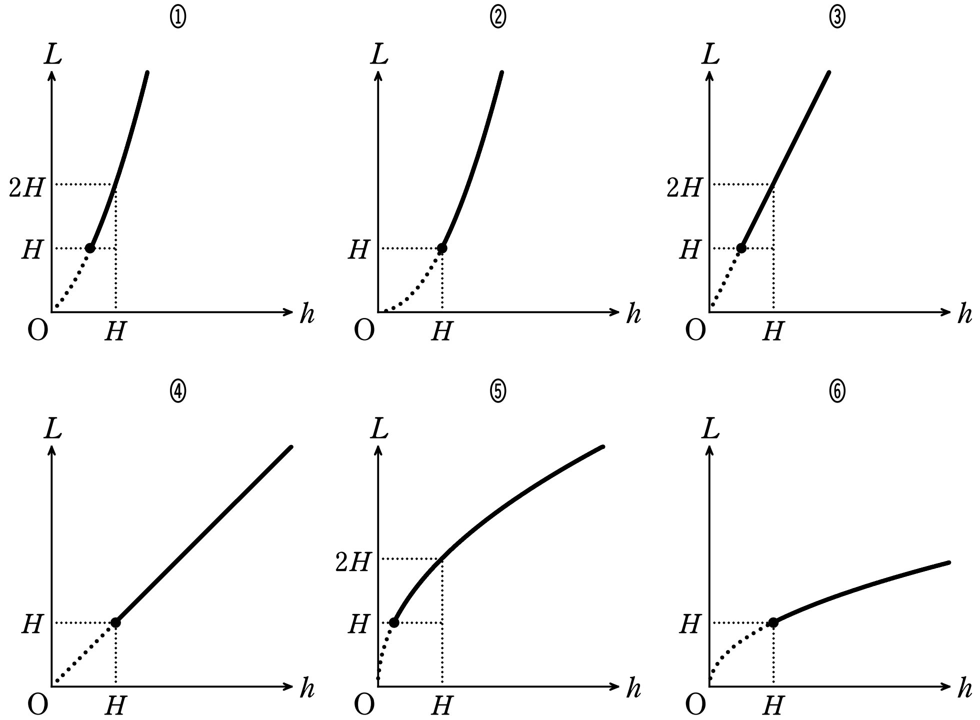
図1

(1)　小球が点Rに達する直前の速さとして正しいものを，次の ①～⑥ のうちから1つ選べ。$\boxed{\ 1\ }$

①　$\sqrt{2gh}$　　②　$\sqrt{2gH}$　　③　$\sqrt{2g(h+H)}$

④　$2\sqrt{2gh}$　　⑤　$2\sqrt{2gH}$　　⑥　$2\sqrt{2g(h+H)}$

(2)　h と L との関係を実線で表すとどのようなグラフになるか。最も適当なものを，次の ①～⑥ のうちから1つ選べ。$\boxed{\ 2\ }$



(3)　斜面Sの代わりに，図2のように，水平な床と角度 θ（$<45°$）をなすなめらかな斜面S′を置く。小球は，はねかえり係数（反発係数）e で斜面S′と非弾性衝突をする。小球を静かに落下させるとS′に衝突し，水平方向にはねかえった。このときの θ と e との関係式として正しいものを，次の ①～⑥ のうちから1つ選べ。$\boxed{\ 3\ }$

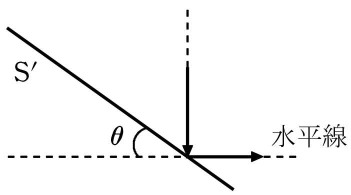


図2

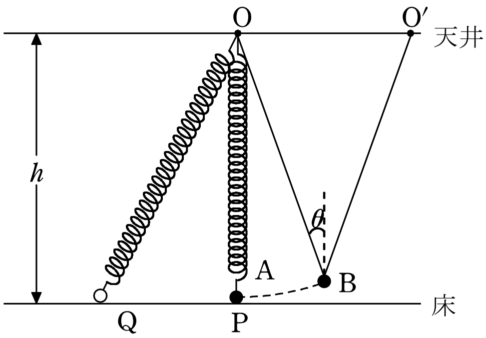
① $e=\tan\theta$　　② $e=\tan^2\theta$　　③ $e=\dfrac{1}{\tan\theta}$

④ $e=\dfrac{1}{\tan^2\theta}$　　⑤ $e=\sqrt{2}\sin\theta$　　⑥ $e=\sqrt{2}\cos\theta$

$\boxed{3}$ ［1993 センター］

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 θ 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。$\boxed{\ 1\ }$

(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。$\boxed{\ 2\ }$

$\boxed{\ 1\ }$，$\boxed{\ 2\ }$ の解答群

① $mg\sin\theta$　② $\dfrac{mg\sin\theta}{2}$　③ $\dfrac{mg}{\sin\theta}$　④ $\dfrac{mg}{2\sin\theta}$

⑤ $mg\cos\theta$　⑥ $\dfrac{mg\cos\theta}{2}$　⑦ $\dfrac{mg}{\cos\theta}$　⑧ $\dfrac{mg}{2\cos\theta}$

(3) B が A に衝突する直前の，B の速さはいくらか。$\boxed{\ 3\ }$

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

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

(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。$\boxed{\ 4\ }$

① $\dfrac{mv}{M}$　② $\dfrac{Mv}{m}$　③ $\dfrac{2Mv}{|m-M|}$　④ $\dfrac{2mv}{|m-M|}$　⑤ $\dfrac{2Mv}{m+M}$

⑥ $\dfrac{2mv}{m+M}$

(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。$\boxed{5}$

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

④　$Mg-\left(1-\dfrac{h}{\sqrt{h^2+x^2}}\right)kh$　　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 $(\mathrm{OQ}-h)$ を V で表すとどうなるか。$\boxed{6}$

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

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

〔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。

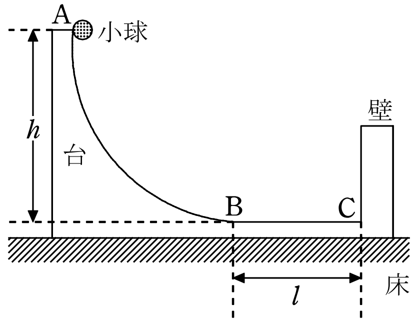
(7)　衝突後，A，B が上がる最高点の床からの高さを衝突直前の B の速さ v で表すとどうなるか。ただし，接着剤の質量は無視できるものとする。$\boxed{7}$

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

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

$\boxed{4}$ [2010 大阪市立大]

図のように，なめらかな斜面ABとなめらかな水平面BC，および鉛直な壁をもった質量 M〔kg〕の台が水平な床の上に静止している。斜面ABと水平面BCはなめらかにつながっており，BC間の距離は l〔m〕である。いま，水平面BCからの高さが h〔m〕の点Aから質量 m〔kg〕の小球を斜面にそって静かにすべらせる。すべり落ちた小球は，右端の壁に垂直に衝突してはねかえった。小球の運動は図の紙面内に限られるものとして，次の問いに答えよ。ただし，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕，小球と壁との間の反発係数を e とする。また，速さは床に対する速さ，高さは水平面BCからの高さとする。



〔A〕 台が床に固定されている場合について，次の問いに答えよ。

(1) 点Aからすべり落ちた小球が最初に壁と衝突する直前の小球の速さ v_1〔m/s〕を求めよ。

(2) 小球が最初に壁と衝突した後，小球が到達する最高点の高さ h_1〔m〕を求めよ。

〔B〕 台がなめらかな床の上を自由に動くことができる場合について，次の問いに答えよ。
ただし，台の底面は床から離れないものとする。

(1) 小球の速度の水平成分の大きさ v〔m/s〕と台の速さ V〔m/s〕の間には，$V=\dfrac{m}{M}v$ の関係が常に成りたつことを理由を述べて示せ。

(2) 点Aからすべり落ちた小球が最初に点Bを通過する瞬間の小球の速さ v_2〔m/s〕と台の速さ V_2〔m/s〕を求めよ。

(3) 小球が最初に点Bを通過してから壁に衝突するまでの時間を求めよ。

(4) 最初の衝突直後の小球の速さ v_2'〔m/s〕と台の速さ V_2'〔m/s〕を求めよ。

(5) 小球が最初に壁と衝突した後，小球が到達する最高点の高さ h_2〔m〕を求めよ。