

次の文章《Ⅰ》～《Ⅲ》を読んで、後の問に答えよ。

《Ⅰ》 以下の図1に示すように、 $\angle ABC = 30^\circ$ 、 $\angle ACB = 90^\circ$ である三角台ABCを床上に固定する。なお、斜面AB上にはのみ摩擦力はたらく。

いま大きさの無視できる重さ10[N]の物体①を点Bにおき、これに自然長(伸びも縮みもしていないときの長さ)が5[cm]の質量の無視できるばねとゴムひもをつなぎ、ばねが自然長となっている状態からばねばかりを斜面に対して水平に引っ張ってゆくと、ばねの伸びが10[cm]になったときに物体①は斜面上を滑り始めた。このとき、ばねの伸びとばねばかりの示す値の関係は図2のようになった。

なお、ばねおよびゴムひもはフックの法則に従うものとする。また、ばねは自然長から伸びている場合、縮んでいる場合どちらの場合においても復元力がはたらくが、ゴムひもは自然長から伸びている場合においてのみ復元力がはたらく。

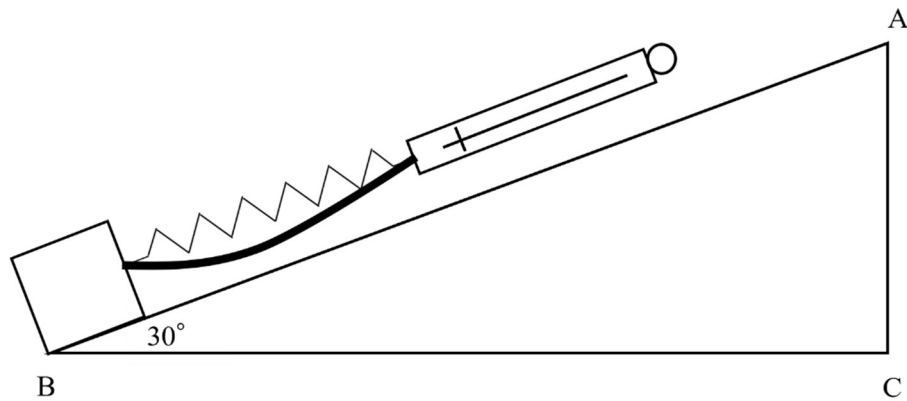


図1

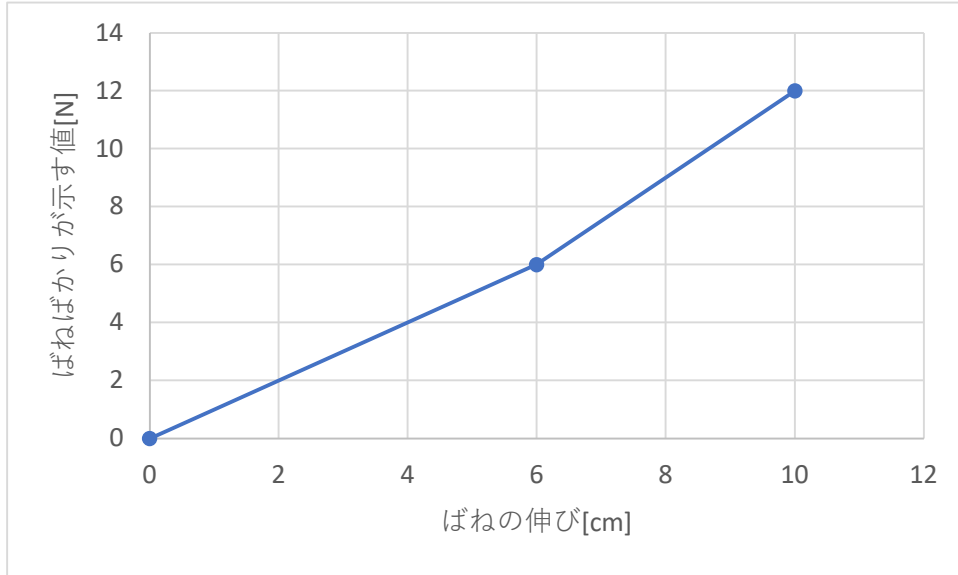


図2

問1 ゴムひもの自然長を整数で求めよ。

問2 ゴムひもの弾性係数(ゴムひもを1[m]のばすのに要する力の大きさ[N])を整数で求めよ。

問3 物体が静止しているときにはたらく摩擦力を「静止摩擦力」という。今回の実験における静止摩擦力の最大値を求めよ。

《Ⅱ》 摩擦力は静止している物体のみだけではなく、運動する物体にもはたらく。これを「動摩擦力」といい、この大きさは常に一定である。《Ⅰ》で用いた物体①と三角台との間ではたらく「動摩擦力」の大きさを調べるために以下の実験を行った。なお、100[g]の物体にはたらく重力の大きさを1[N]とし、実験で用いる物体①、ゴムひもおよび三角台は《Ⅰ》で用いたものと同じであり、三角台は床上に固定されているものとする。また、滑車の摩擦は無視できる。

図3に示すように、ゴムひもがつながれた物体①を点Bにおき、ゴムひもと重さが2[N]である物体②を質量の無視できるひもで連結させてある高さで支持しておく。この状態で物体①に大きさが0.6[m/s]の初速を与え、それと同時に物体②の支持を解く。そうすると、図4に示すように物体①と物体②の速さが運動開始から $\frac{3}{80}$ 秒後に $\frac{3}{8}$ [m/s]となり、以後両者は同じタイミングで速さが0[m/s]となった。

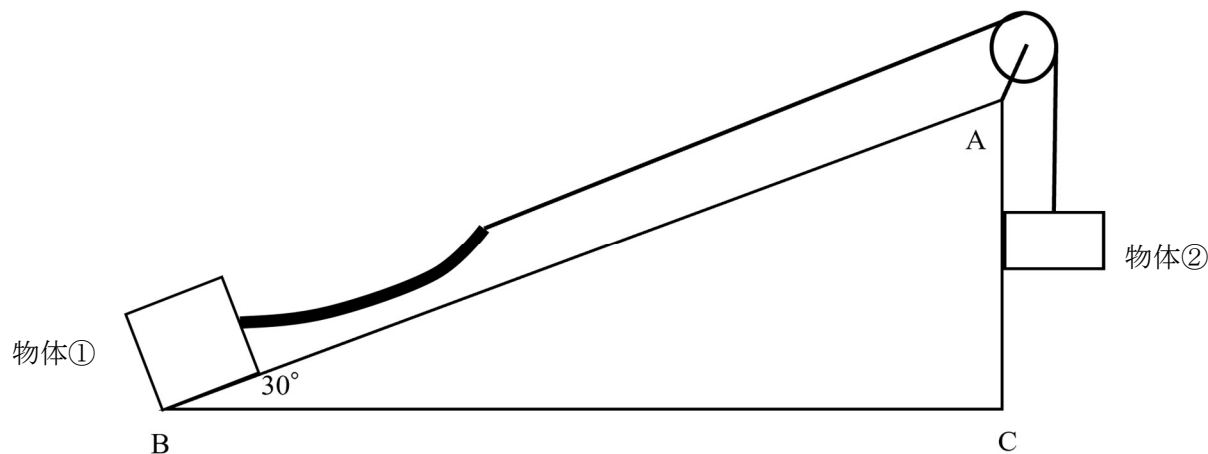


図3

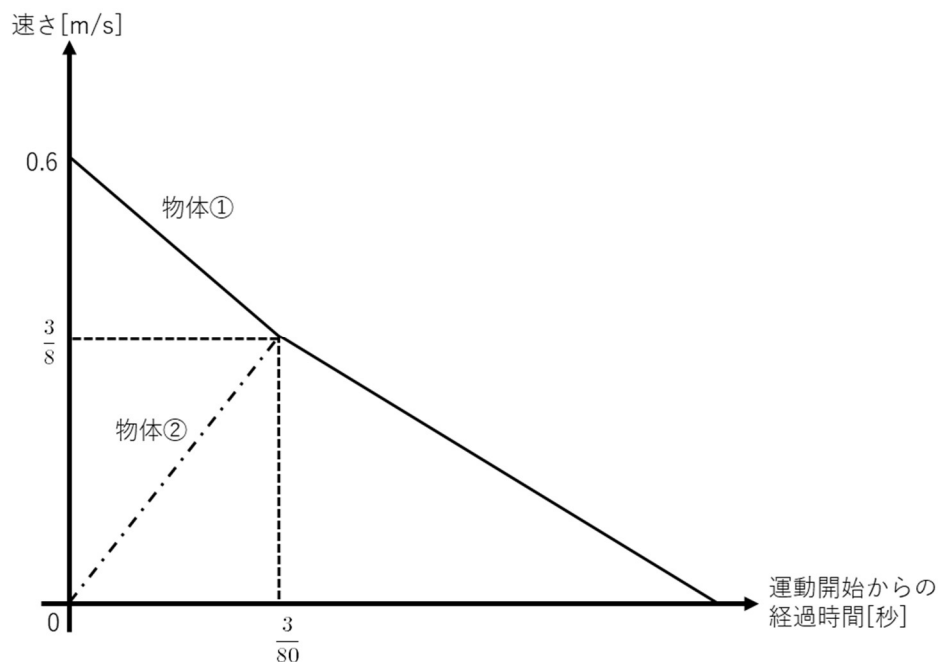


図4

物体に力を加えたときに、物体に生じる加速度(1秒あたりの速度変化のことをいい、単位は $[m/s^2]$ である)はその質量に反比例し、力の大きさに比例することが知られており、質量1[kg]の物体に1[N]の大きさの力をかけると、大きさが $1[m/s^2]$ の加速度が生じる。このことより、運動を開始してから物体①と物体②

の速さが一致するまでを考えると、物体①と斜面の間ではたらく動摩擦力の大きさは [N] となることが分かる。また、動摩擦力は動摩擦係数と垂直抗力の大きさの積で導出できることが知られているので、斜面 AB における動摩擦係数は であるといえる。

運動開始直後は物体②より物体①の方が速さが大きいので、{ハ: a. ひもの張力は 0 である, b. ひものに張力が発生している}。一方で、物体①と物体②の速さが等しくなるとき、{ニ: a. ひもの張力は 0 である, b. ひものに張力が発生する}。これらを踏まえ、先述した加速度に関する性質を用いれば、ゴムひもにはたらく力の大きさが分かり、それは [N] となり、その伸びは [cm] となる。また、以上より、物体②が運動を開始してから速さが 0[m/s] になるまでの落下距離は [cm] であると分かる。

問 4 空所イ～トにあてはまる語句や数値を答えよ。ただし、ハおよびニに関しては適するものを a, b のうちから 1 つ選ぶこと。また、数値を答える際は必要に応じて分数で答えてよく、分母に根号が含まれる場合は分母を有理化するとともに、根号はそのまま残しておくこと。

《Ⅲ》 次に、三角台をなめらかな床上で運動できるようにする。《Ⅰ》～《Ⅱ》で用いてきた物体①および三角台を用いて以下の実験を行う。なお、100[g]の物体にはたらく重力の大きさを 1[N]とし、三角台の質量は 1,000[g]であり、実験開始時は床上で静止しているものとする。

床上に物体①を置き、大きさが 4[m/s]の初速をそれに与えて床上を滑らせる。物体①が B に達すると斜面をのぼってゆき、床から測って高さが h [cm]の地点でそれは三角台 ABC に対して静止した。この実験の模式図は図 5 の通りである。

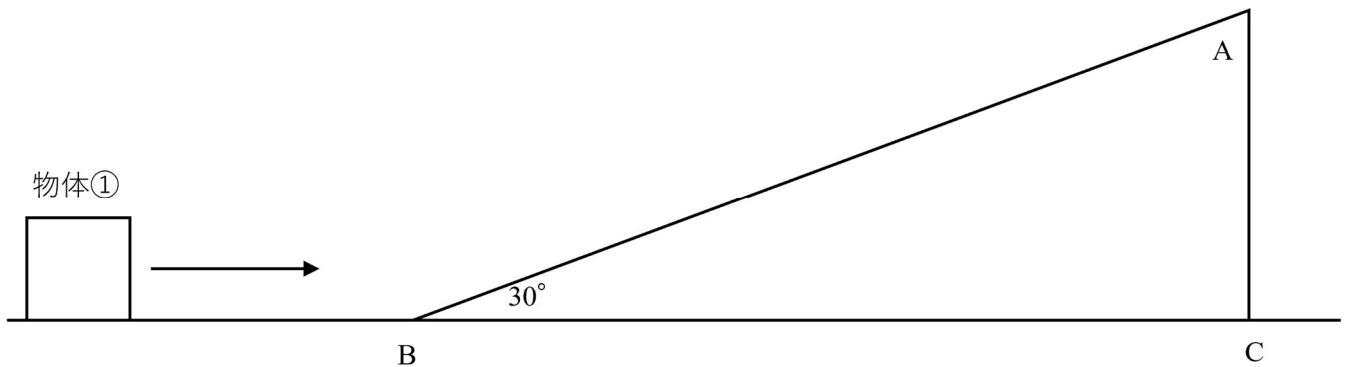


図 5

物体①が斜面上を運動しているとき、三角台は{チ: a. 右向きに, b. 左向きに}加速する。ここで、水平方向に関しては物体①と三角台からなる系は水平方向に外部から力を受けないので、常に「各物体における質量と水平方向の速さの積の総和」の値は一定となる。

物体①が三角台に対して静止するときの速さを V [m/s]とすると、この時点における物体①と三角台からなる系のもつ力学的エネルギーは [J]と表される。しかし、この値は実験開始直後における物体①と三角台からなる系のもつ力学的エネルギーの値と異なる。が仕事を行うため、両者の値が一致しないと考えることができる。よって、 $V =$ [m/s], $h =$ [cm]と分かる。

問5 空所チ～ヲにあてはまる語句や数値・数式を答えよ。ただし、チに関しては適するものを a,b のうちから1つ選ぶこと。また、数値を答える際は必要に応じて分数で答えてよい。

なお、質量が m [kg]の物体が速さが v [m/s]で運動しているときの運動エネルギーは $\frac{1}{2}mv^2$ [J]と表されることを解答に際して用いてよい。