

# とやま科学オリンピック大会 **2019**

## 物 理

(高校部門)

# 理 論 問 題

2019年8月8日(木)

時間：9時45分～10時25分(40分)

### 注意事項

1. 指示があるまで、問題冊子を開かないで、以下の注意事項をよく読むこと。
2. 問題は、3ページあります。
3. 理論問題は個人で行います。
4. 机の上に置けるものは、筆記用具のみとします。
5. 解答はすべて解答用紙に記入し提出すること。
6. 参加番号を解答用紙の決められた欄に記入すること。
7. 途中で気分が悪くなった場合や、トイレに行きたくなった場合には、すぐに申し出ること。

**みなさんの健闘を期待しています。**

富山県

富山県教育委員会

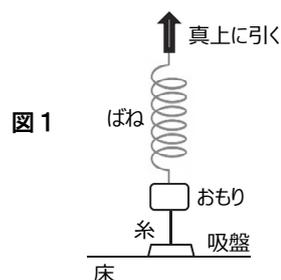
このページに問題はありません

1 理論問題 ( 40 分 )

次の問いに答えなさい。

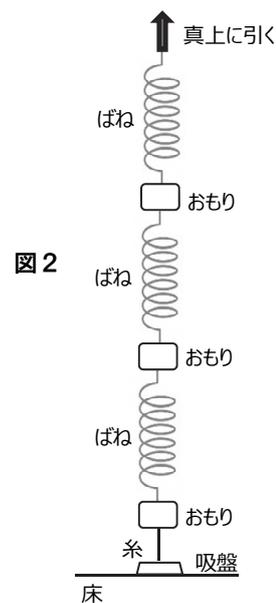
1 吸盤 (引く力が 80 N を超えると面から離れる吸盤) および, おもり (20 N の重力が加わるおもり), ばね (20 N の力で引くと 1 cm 伸びるばね) を用いて実験を行う。なお, おもり以外の物体の重さは十分軽く, 無視できるとする。

(1) 図 1 のように, ばねにおもりを 1 個つるし, 水平な床に貼り付けた吸盤に糸でとりつけ, ばねをゆっくり真上に引いていく。吸盤が床から離れる直前におもりにはたらく力をすべて, 矢印で図示せよ。力の大きさは矢印付近に単位 [N] で記せ。



(2) 図 1 の状態で, 吸盤が床から離れる直前のばねの伸び [cm] を求めよ。

(3) 次に, 図 2 の状態を考える。ばねにおもりを 1 個つるしたものを 3 セットつなぎ, 水平な床に貼り付けた吸盤に糸でとりつけ, 一番上のばねをゆっくり真上に引いていく。吸盤が床から離れる直前に一番上のおもりにはたらく力をすべて, 矢印で図示せよ。力の大きさは矢印付近に単位 [N] で記せ。

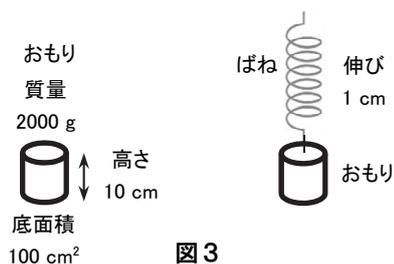


(4) 図 2 の状態で, 吸盤が床から離れる直前の 3 つのばねの伸び [cm] をそれぞれ求めよ。

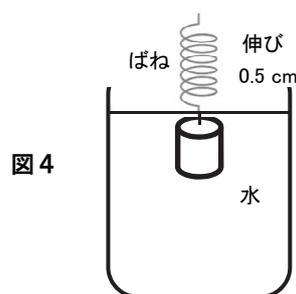
(5) さらにばねとおもりを増やし, ばねにおもりを 1 個つるしたものを 100 セットつなぐ場合を考える。一番下のおもりを水平な床に貼り付けた吸盤に糸でとりつけ, 一番上のばねをゆっくり真上に引いていく。吸盤が床から離れる直前の上から  $n$  番目のばねの伸び [cm] を  $n$  を用いて表せ。

2 この問題では、1 N は質量 100 g の物体にはたらく重さ、水の密度は  $1 \text{ g/cm}^3$  であるとする。

円柱型（底面積  $100 \text{ cm}^2$ 、高さ  $10 \text{ cm}$ ）で質量  $2000 \text{ g}$  のおもり、重さと体積が無視できるばねがある。図 3 のように、空中でおもりをばねでつるすと、ばねは  $1 \text{ cm}$  だけ伸びてつりあった。



次に図 4 のように、ばねでつるしたおもりを水中に沈めてつりあわせると、おもり全体が沈んだ状態でばねの伸びは  $0.5 \text{ cm}$  となった。これは、おもりに浮力がはたらいたことによる。



### ※ 浮力

水中にある物体には浮力がはたらく。『水中にある物体にはたらく浮力の大きさは、物体が押しのかけた水の重さに等しい。』

（これを「アルキメデスの原理」という。）

例えば、水中にある体積  $100 \text{ cm}^3$  の物体には、質量  $100 \text{ g}$  の水の重さ（ $=1\text{N}$ ）の浮力がはたらく。

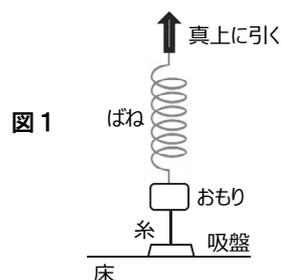
- (1) おもりの体積  $[\text{cm}^3]$  と密度  $[\text{g/cm}^3]$  を求めよ。
- (2) おもりの下面が水平になるようにゆっくり水に沈めていくとき、おもりの下面の水面からの深さ  $x$   $[\text{cm}]$  とばねの伸び  $y$   $[\text{cm}]$  の関係を、 $0 \leq x \leq 10$  の範囲で解答用紙のグラフに描け。

1 理論問題 ( 40 分 )

次の問いに答えなさい。

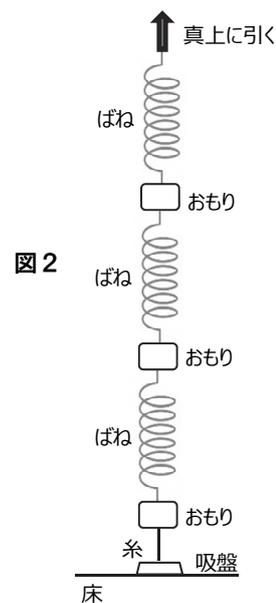
1 吸盤 (引く力が 80 N を超えると面から離れる吸盤) および, おもり (20 N の重力が加わるおもり), ばね (20 N の力で引くと 1 cm 伸びるばね) を用いて実験を行う。なお, おもり以外の物体の重さは十分軽く, 無視できるとする。

(1) 図 1 のように, ばねにおもりを 1 個つるし, 水平な床に貼り付けた吸盤に糸でとりつけ, ばねをゆっくり真上に引いていく。吸盤が床から離れる直前におもりにはたらく力をすべて, 矢印で図示せよ。力の大きさは矢印付近に単位 [N] で記せ。



(2) 図 1 の状態で, 吸盤が床から離れる直前のばねの伸び [cm] を求めよ。

(3) 次に, 図 2 の状態を考える。ばねにおもりを 1 個つるしたものを 3 セットつなぎ, 水平な床に貼り付けた吸盤に糸でとりつけ, 一番上のばねをゆっくり真上に引いていく。吸盤が床から離れる直前に一番上のおもりにはたらく力をすべて, 矢印で図示せよ。力の大きさは矢印付近に単位 [N] で記せ。

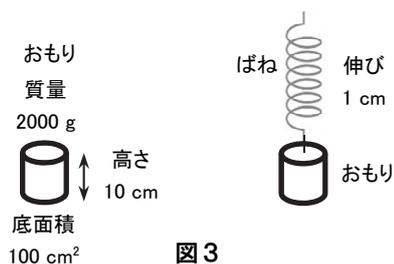


(4) 図 2 の状態で, 吸盤が床から離れる直前の 3 つのばねの伸び [cm] をそれぞれ求めよ。

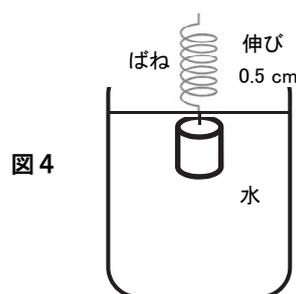
(5) さらにばねとおもりを増やし, ばねにおもりを 1 個つるしたものを 100 セットつなぐ場合を考える。一番下のおもりを水平な床に貼り付けた吸盤に糸でとりつけ, 一番上のばねをゆっくり真上に引いていく。吸盤が床から離れる直前の上から  $n$  番目のばねの伸び [cm] を  $n$  を用いて表せ。

2 この問題では、1 Nは質量 100 g の物体にはたらく重さ、水の密度は  $1 \text{ g/cm}^3$  であるとする。

円柱型（底面積  $100 \text{ cm}^2$ 、高さ  $10 \text{ cm}$ ）で質量  $2000 \text{ g}$  のおもり、重さと体積が無視できるばねがある。図3のように、空中でおもりをばねでつるすと、ばねは  $1 \text{ cm}$  だけ伸びてつりあった。



次に図4のように、ばねでつるしたおもりを水中に沈めてつりあわせると、おもり全体が沈んだ状態でばねの伸びは  $0.5 \text{ cm}$  となった。これは、おもりに浮力がはたらいたことによる。



### ※ 浮力

水中にある物体には浮力がはたらく。『水中にある物体にはたらく浮力の大きさは、物体が押しのかけた水の重さに等しい。』

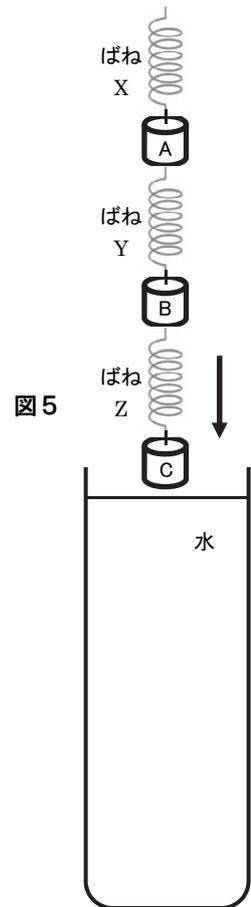
（これを「アルキメデスの原理」という。）

例えば、水中にある体積  $100 \text{ cm}^3$  の物体には、質量  $100 \text{ g}$  の水の重さ（ $=1\text{N}$ ）の浮力がはたらく。

- (1) おもりの体積  $[\text{cm}^3]$  と密度  $[\text{g/cm}^3]$  を求めよ。
- (2) おもりの下面が水平になるようにゆっくり水に沈めていくとき、おもりの下面の水面からの深さ  $x$   $[\text{cm}]$  とばねの伸び  $y$   $[\text{cm}]$  の関係を、 $0 \leq x \leq 10$  の範囲で解答用紙のグラフに描け。

次に図5のように、ばねとおもりを交互に3つ接続し、上からばね X, Y, Z, おもり A, B, C とする。ばね X の端を持ち上げ、おもりをゆっくりと水中に沈めていく。おもり A が完全に沈むまでに、おもりが水槽の底や壁に接触することはない。また、ばねの体積は無視できるとする。

- (3) おもり C だけが完全に水中に沈んでいる状態で、ばね X, Y, Z の伸びをそれぞれ求めよ。
- (4) おもり C と B が完全に水中に沈んでいる状態で、ばね X, Y, Z の伸びをそれぞれ求めよ。
- (5) おもり 3 つがすべて完全に水中に沈んでいる状態で、ばね X, Y, Z の伸びをそれぞれ求めよ。



次に、円すい型（底面積  $300 \text{ cm}^2$ 、高さ  $10 \text{ cm}$ ）で質量  $2000 \text{ g}$  のおもり D がある。円すいの体積は、

$$(\text{円すいの体積}) = \frac{1}{3} (\text{底面積}) \times (\text{高さ})$$

で求めることができるので、おもり D の体積はおもり A, B, C の体積と等しい。おもり D の質量もおもり A, B, C の質量と等しい。

図6のように、このおもり D の底面にばねを接続してつるし、円すいの頂点から水中に徐々に沈めていく。水中に沈めていく過程で、円すいが傾くことはないものとする。

- (6) おもり D の頂点が水面から深さ  $x [\text{cm}]$  にあるときの、水面による円すいの断面の面積  $[\text{cm}^2]$  を  $x$  を用いて表せ。
- (7) おもり D の頂点の水面からの深さ  $x [\text{cm}]$  とばねの伸び  $y [\text{cm}]$  の関係を、 $0 \leq x \leq 10$  の範囲で解答用紙のグラフに描け。

