

物 理

(問題は次ページから始まります)

物 理

第1問 次の問い（問1～5）に答えなさい。

問1 図1のように、水平な地面の上に岩があり、ある人が一人で水平方向に押ししても動かなかった。このとき、下のA～Dの文から正しいものを選んだ組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

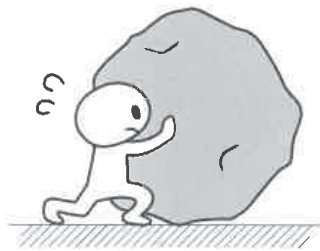


図1

- A 岩が動かないのは、人が岩に加えた力よりも、岩が受ける摩擦力のほうが大きいからである。
- B 岩が動かないのは、人が岩に力を加えると、岩も人に力を加えるからである。
- C 岩が動かなければ、人がした仕事の量は0である。
- D 人が岩に加える力と、岩が人に加える力は、互いに逆向きで同一直線上にある。

① A, B

② A, C

③ A, D

④ B, C

⑤ B, D

⑥ C, D

問2 図2のように、鉛直に立てられた円筒形の容器に、なめらかに動くことができ、重さのあるピストンを用いて気体を封じた。はじめ、ピストンの上面は容器の底から距離 h の位置に固定されていた。固定を外して、ピストンを支えながらゆっくり下げていくと、容器の底から距離 h' の位置で止まった。このときの容器内部の気体の内部エネルギーの変化を ΔU 、容器内部の気体が外部にした仕事を W とし、 ΔU および W についての記述として最も適切なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、容器およびピストンは断熱材でできており、封じられた気体は外部と熱のやりとりを行わないものとする。 2

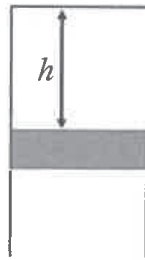


図2

- ① ΔU は正、 W は0である。
- ② ΔU 、 W はいずれも正である。
- ③ ΔU は正、 W は負である。
- ④ ΔU は負、 W は正である。
- ⑤ ΔU 、 W はいずれも負である。
- ⑥ ΔU は0、 W は正である。

問3 2つの電球PとQがあり、それぞれに加える電圧を変えながら電圧と電流の関係を調べたところ、図3のグラフが得られたとする。P、Qにそれぞれ3V、5.5Vの電圧を加えたとき、これらの電球の抵抗値と電力についての記述として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、 I は正の定数である。

3

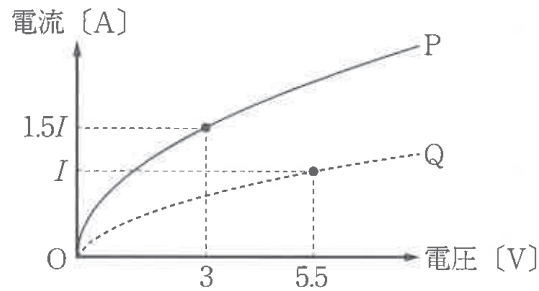


図3

- ① 抵抗値，電力ともにPのほうが大きい。
- ② 抵抗値，電力ともにQのほうが大きい。
- ③ 抵抗値は等しく，電力はPのほうが大きい。
- ④ 抵抗値は等しく，電力はQのほうが大きい。
- ⑤ 抵抗値はPのほうが大きく，電力はQのほうが大きい。
- ⑥ 抵抗値はQのほうが大きく，電力はPのほうが大きい。

問4 線密度と張力が一様なギターのコイルをピンと張った。この弦の端から4分の1のところを指で押さえ、弦の長い方を弾いて基本振動を起こした。同時に、391Hzの音を出すおんさを鳴らしたところ、弦の音はおんさよりやや高く、うなりが1秒間に5回聞こえた。このとき、弦を押さえないで弾いたときの基本振動数 [Hz] として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 4 Hz

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 290 | ② 297 | ③ 386 |
| ④ 396 | ⑤ 515 | ⑥ 528 |

問5 次の文章中の空欄 **ア** ~ **エ** に当てはまる数字の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑥のうちから一つ選びなさい。 **5**

原子番号 92 のウラン U には、 ^{235}U や ^{238}U などの同位体が存在する。 ^{235}U の陽子の数は **ア**，中性子の数は **イ** であり， ^{238}U の陽子の数は **ウ**，中性子の数は **エ** である。

	①	②	③	④	⑤	⑥
ア	92	92	92	143	143	143
イ	143	143	143	92	92	92
ウ	95	92	95	143	146	146
エ	143	146	146	95	92	95

第2問

斜面上での小物体の運動を考える。重力加速度の大きさを g とし、小物体は斜面の最大傾斜方向に運動するものとする。また、小物体の大きさ、および空気抵抗の影響は無視できるものとして、次の問い（問1, 2）に答えなさい。

問1 図1のように、傾角 θ のあらい斜面I上の点Aにおいて、質量 m の小物体Pを静かにはなしたところ、小物体Pは斜面に沿って下向きに運動し、斜面I上の点Bを通過した。斜面I上を運動する小物体Pには、重力、斜面Iが及ぼす垂直抗力、斜面Iが及ぼす動摩擦力が作用する。点Aと点Bの距離を L 、小物体Pと斜面Iの間の動摩擦係数を μ とする。

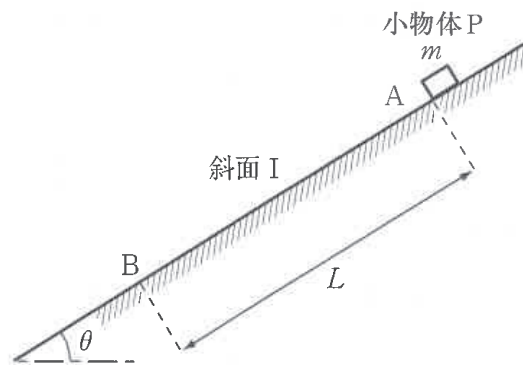


図1

(1) 小物体Pが点Aから点Bまで運動する間に、垂直抗力が小物体Pにした仕事を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

6

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| ① $-\mu mgL$ | ② μmgL | ③ 0 |
| ④ $\mu mgL \sin \theta$ | ⑤ $\mu mgL \cos \theta$ | ⑥ $\mu mg \tan \theta$ |

(2) 斜面Iが小物体Pに及ぼす動摩擦力の大きさを表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 7

- | | | |
|------------|------------------------|------------------------|
| ① μg | ② $\mu g \sin \theta$ | ③ $\mu g \cos \theta$ |
| ④ μmg | ⑤ $\mu mg \sin \theta$ | ⑥ $\mu mg \cos \theta$ |

(3) 小物体Pについて、斜面Iに沿う方向の運動方程式を考えることにより、小物体Pの加速度の大きさ a がわかる。 a を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 8

- | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ① $g(\sin \theta - \mu \cos \theta)$ | ② $g(\mu \cos \theta - \sin \theta)$ | ③ $g(\sin \theta + \mu \cos \theta)$ |
| ④ $g(\cos \theta - \mu \sin \theta)$ | ⑤ $g(\mu \sin \theta - \cos \theta)$ | ⑥ $g(\mu \sin \theta + \cos \theta)$ |

問2 図2のように、傾角 30° の斜面Ⅱ上の点Cにおいて、質量 m の小物体Pと質量 $2m$ の小物体Qを衝突させたところ、衝突後、小物体PとQは一体となって斜面Ⅱに沿って上向きに運動し、やがて点Dにおいて速さが0となった。斜面Ⅱに沿って上向きを速度の正の向きとすると、衝突直前の小物体P、Qの速度はそれぞれ $-v$ 、 $2v$ (ただし $v > 0$) であった。衝突して一体となった直後の小物体P、Qの速度を v_0 、点Cと点Dの距離を l とする。なお、斜面Ⅱはなめらかであり、小物体P、Qに摩擦力は作用しない。

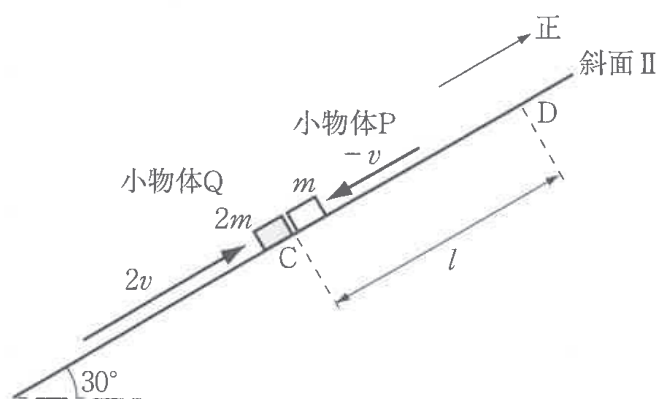


図2

(1) 小物体PとQに作用する重力の大きさは、小物体PとQが衝突において及ぼし合う撃力の大きさに比べて十分に小さいものとする、衝突において重力の力積の影響は無視できる。このように考えると、小物体PとQが衝突する直前と直後について、斜面Ⅱに沿う方向で小物体PとQの運動量の総和が保存される。衝突直後の速度 v_0 を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 9

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

(2) 点Cと点Dの間の距離 l を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 10

- | | | |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ① $\frac{v_0^2}{3g}$ | ② $\frac{v_0^2}{2g}$ | ③ $\frac{2v_0^2}{3g}$ |
| ④ $\frac{v_0^2}{g}$ | ⑤ $\frac{3v_0^2}{2g}$ | ⑥ $\frac{2v_0^2}{g}$ |

(3) 一体となった小物体PとQが点Cから点Dまで運動するのに要する時間を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 11

① $\frac{v_0}{3g}$

② $\frac{v_0}{2g}$

③ $\frac{2v_0}{3g}$

④ $\frac{v_0}{g}$

⑤ $\frac{3v_0}{2g}$

⑥ $\frac{2v_0}{g}$

第3問

真空中で、平行板コンデンサーを含む直流回路について考える。コンデンサーの電気容量は、極板間の誘電率 ε 、極板間隔 D 、極板の面積 S を用いて、 $\varepsilon \frac{S}{D}$ と表せる。コンデンサーの極板の端における電場の乱れ、および電池の内部抵抗は無視できるものとして、次の問い（問1、2）に答えなさい。

問1 図1のように、起電力の大きさが V の電池、スイッチ S 、抵抗値が R の抵抗 R 、電気容量が C のコンデンサーを用いて回路を作った。はじめスイッチ S は開いており、コンデンサーの極板間隔は d 、コンデンサーの電気量は 0 であった。スイッチ S を閉じて十分に時間が経過すると、コンデンサーの電気量は Q_0 となった。

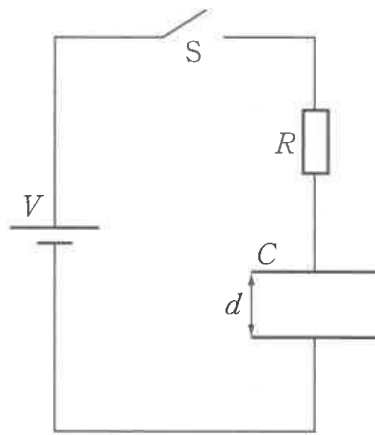


図1

(1) スイッチ S を閉じた直後、抵抗 R に流れる電流の大きさを表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 12

- | | | |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| ① $\frac{V^2}{R}$ | ② $\frac{V}{R}$ | ③ $\frac{R}{V}$ |
| ④ RV | ⑤ R^2V | ⑥ RV^2 |

(2) スイッチ S を閉じて十分に時間が経過したときのコンデンサーの電気量 Q_0 を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 13

- | | | |
|-----------------|-----------------|-------------------|
| ① CV | ② CV^2 | ③ C^2V |
| ④ $\frac{C}{V}$ | ⑤ $\frac{V}{C}$ | ⑥ $\frac{V^2}{C}$ |

(3) 続いて、スイッチ S を開いてから、コンデンサーの極板間隔を d から $2d$ へ変化させた。スイッチ S を開いたまま極板間隔を変化させるとき、コンデンサーの電気量は Q_0 で一定に保たれる。極板間隔を $2d$ としたときのコンデンサーの極板間の電位差を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 14

① $\frac{V}{8}$

② $\frac{V}{4}$

③ $\frac{V}{2}$

④ $2V$

⑤ $4V$

⑥ $8V$

問2 続いて、図2のように、スイッチSを開いたままコンデンサーの極板間隔を d に戻すと、コンデンサーの電気容量は C に戻った。この操作においても、スイッチSを開いたまま極板間隔を変化させるため、コンデンサーの電気量は Q_0 で一定に保たれる。

次に、図3のように、スイッチSを開いたまま、厚み d 、比誘電率3の誘電体を外力を加えてコンデンサーの極板間にゆっくりと挿入した。挿入後、コンデンサーの極板間はすき間なく誘電体で満たされており、コンデンサーの電気量は Q_0 であった。

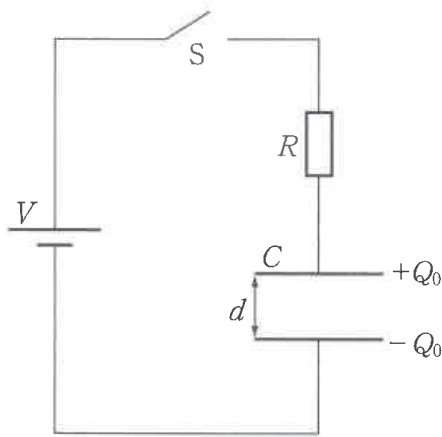


図2

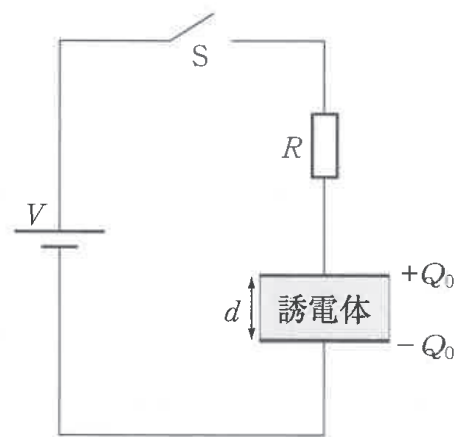


図3

(1) 誘電体を挿入した後のコンデンサーの電気容量を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 15

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

(2) 誘電体を挿入すると、コンデンサーの静電エネルギーが変化する。誘電体を挿入する際に外力がした仕事を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 16

- | | | |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| ① $-\frac{3Q_0^2}{C}$ | ② $-\frac{2Q_0^2}{C}$ | ③ $-\frac{3Q_0^2}{2C}$ |
| ④ $-\frac{Q_0^2}{C}$ | ⑤ $-\frac{Q_0^2}{2C}$ | ⑥ $-\frac{Q_0^2}{3C}$ |

(3) 誘電体を挿入したまま，スイッチ S を閉じて十分に時間が経過した。十分に時間が経過するまでの間に電池は正の仕事をした。電池がした仕事を表す式として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 17

① $\frac{Q_0 V}{3}$

② $\frac{Q_0 V}{2}$

③ $\frac{2Q_0 V}{3}$

④ $Q_0 V$

⑤ $2Q_0 V$

⑥ $3Q_0 V$

第4問

音波に関する現象について考える。以下では、音速は一定で、風は吹いていないものとする。また、音源の大きさは無視でき、音源からの音波以外に音波は発生していないものとして、次の問い（問1、2）に答えなさい。

問1 図1のように、点Oを原点とする xy 平面上において、位置 $(x, y) = (-3.0, 2.0)$ に振動数 f_A [Hz]の音波を発する音源Aを、位置 $(x, y) = (-3.0, -2.0)$ に振動数 f_B [Hz]の音波を発する音源Bを固定する。位置 $(x, y) = (0, 2.0)$ の点をPとし、座標の単位はすべてmとする。

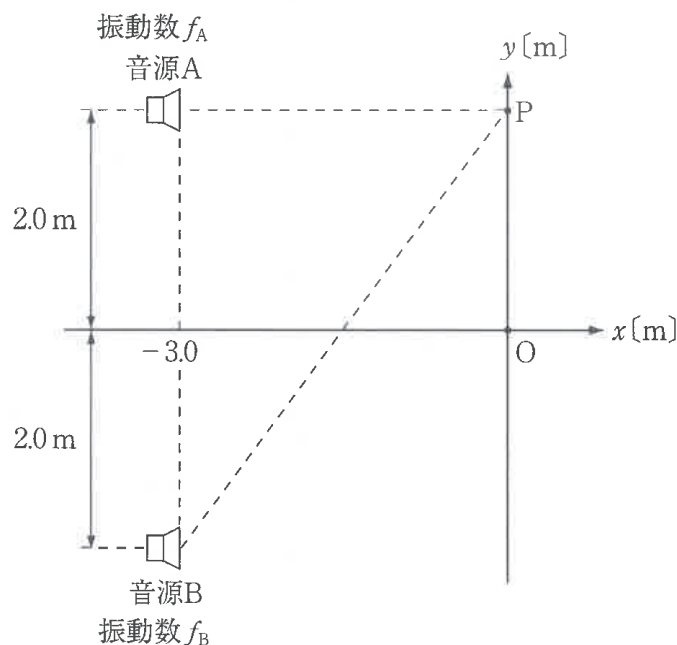


図1

(1) $f_A = f_B$ として、音源AとBからの音波を点Oにおいて観測したところ、音が大きく聞こえた。また、点Oから点Pに向かってゆっくりと移動しながら音波を観測したところ、点Oと点Pの間でいったん音が小さく聞こえ、再び点Pで音が大きく聞こえた。次の文章中の空欄に当てはまる語句として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 18

点Oや点Pで音が大きく聞こえ、点Oと点Pの間で音が小さく聞こえたのは、音の によって、媒質である空気に、音波が強め合うところと弱め合うところが生じたためである。

- | | | |
|------|------|-------|
| ① 分散 | ② 散乱 | ③ 回折 |
| ④ 干渉 | ⑤ 屈折 | ⑥ 全反射 |

(2) (1)と同じ状況を考える。 $f_A = f_B$ のときに点Pにおいて音が大きく聞こえたことから、音波の波長がわかる。音波の波長[m]として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 19 m

- | | | |
|--------|-------|-------|
| ① 0.50 | ② 1.0 | ③ 2.0 |
| ④ 3.0 | ⑤ 4.0 | ⑥ 5.0 |

(3) 音源AとBから異なる振動数の音波を発生させ、点Oで観測したところ、ある時刻を0sとして、点Oにおける媒質の変位と時刻 t [s]との関係は図2のようになった。図2より、点Oではうなりが観測されたことがわかる。音源AとBから発生する音波の振動数の差 $|f_A - f_B|$ [Hz]として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 20 Hz

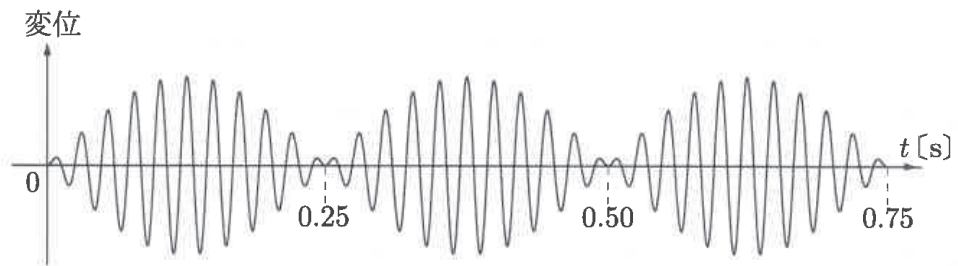


図2

- | | | |
|--------|-------|-------|
| ① 0.25 | ② 0.5 | ③ 1.0 |
| ④ 2.0 | ⑤ 4.0 | ⑥ 5.0 |

問2 図3のように、振動数 f_0 の音波を発する音源Sが水平面上を右向きに速さ v で運動している。音源Sの右方には水平面に固定された鉛直な壁があり、音源Sからの音波を反射する。観測者Hは音源Sの左方に静止しており、音源Sからの直接音と壁からの反射音を観測している。音速を V （ただし $V > v$ ）とする。

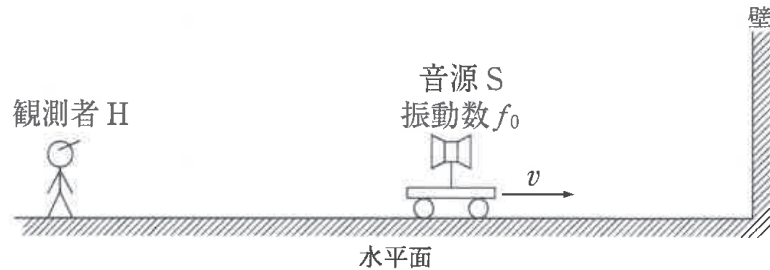


図3

(1) 音源Sから発せられて左向きに伝わり、観測者Hに届く直接音の音波の波長を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 21

- | | | |
|---------------------|-------------------|---------------------|
| ① $\frac{f_0}{V+v}$ | ② $\frac{f_0}{V}$ | ③ $\frac{f_0}{V-v}$ |
| ④ $\frac{V-v}{f_0}$ | ⑤ $\frac{V}{f_0}$ | ⑥ $\frac{V+v}{f_0}$ |

(2) 音源Sから発せられて左向きに伝わり、観測者Hに届く直接音の振動数を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 22

- | | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ① $\frac{V}{V+v} f_0$ | ② $\frac{V}{V-v} f_0$ | ③ $\frac{V-v}{V} f_0$ |
| ④ $\frac{V+v}{v} f_0$ | ⑤ $\frac{V^2-v^2}{V^2} f_0$ | ⑥ $\frac{V^2+v^2}{V^2} f_0$ |

(3) 音波が静止している壁で反射するとき、音波の振動数や波長は変化しない。音源Sから発せられて右向きに伝わり、壁で反射した後で観測者Hに届く反射音の音波の振動数を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

23

- | | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ① $\frac{V}{V+v} f_0$ | ② $\frac{V}{V-v} f_0$ | ③ $\frac{V-v}{V} f_0$ |
| ④ $\frac{V+v}{v} f_0$ | ⑤ $\frac{V^2-v^2}{V^2} f_0$ | ⑥ $\frac{V^2+v^2}{V^2} f_0$ |

物理の問題はここまでです。