

物 理

(全 問 必 答)

第 1 問 次の問い(問 1～5)に答えよ。

[解答番号 ～](配点 30)

問 1 重力加速度の大きさを、地球上で g 、月面上で $\frac{g}{6}$ とする。地球と月で質量 m の小物体を高さ h の位置から初速度 v で水平投射し、高さの基準面に達する直前の運動エネルギーを比較する。二つの運動エネルギーの差を表す式として正しいものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、空気の抵抗は無視できるものとする。

- ① $\frac{1}{12}mv^2$ ② $\frac{1}{6}mv^2$ ③ $\frac{5}{12}mv^2$ ④ $\frac{1}{2}mv^2$
⑤ $\frac{1}{6}mgh$ ⑥ $\frac{1}{3}mgh$ ⑦ $\frac{5}{6}mgh$ ⑧ mgh

(下書き用紙)

物理の問題は次に続く。

物 理

問 2 下の文章中の空欄 ・ に入れる語句または記号として最も適当なものを、それぞれの直後の { } で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。



図 1

図1のように、大気のない惑星にいる宇宙飛行士の上空を、宇宙船が水平左向きに等速直線運動して通過していく。一定の時間間隔をあけて次々と物資が宇宙船から静かに切り離され、落下した。4番目の物資が切り離された瞬間の、それまでに切り離された物資の位置およびそれまでの運動の軌跡を表す図は、図2の { ① ア ② イ ③ ウ ④ エ ⑤ オ } であった。このとき宇宙船は、等速直線運動をするためにロケットエンジンから燃焼ガス

を { ① 水平右向きに噴射していた。
② 斜め右下向きに噴射していた。
③ 鉛直下向きに噴射していた。
④ 噴射していなかった。 }

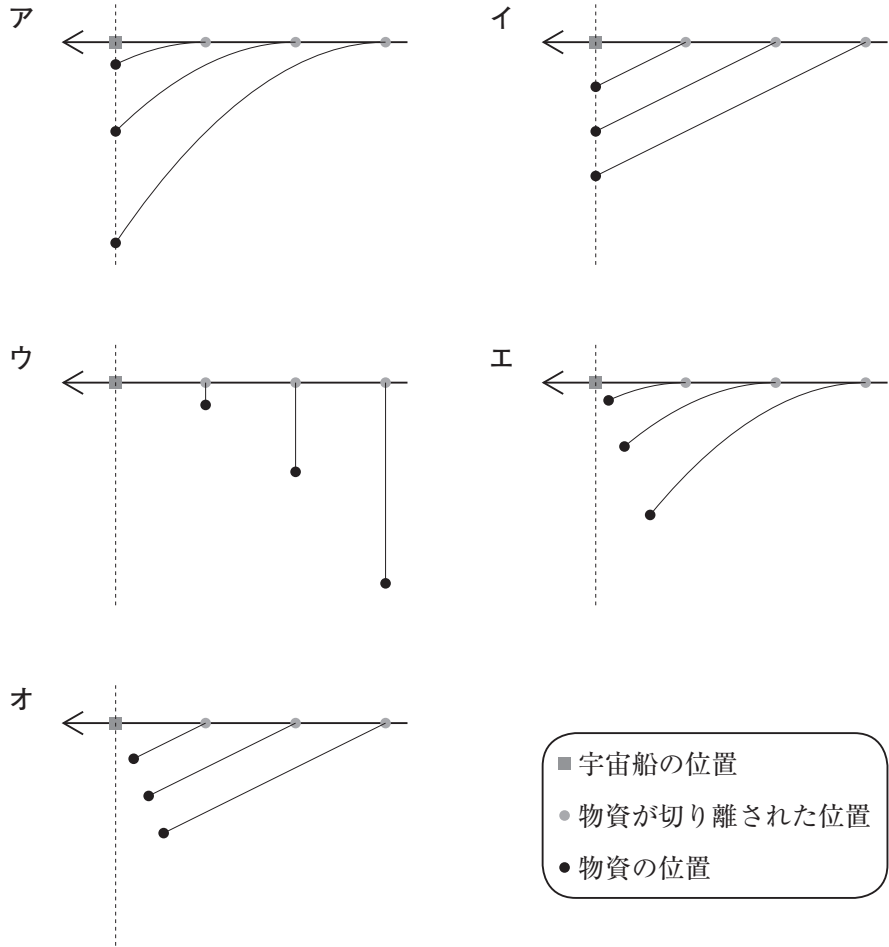


図 2

物 理

問 3 下の文章中の空欄 ～ に入れる式または語句として最も適当なものを、それぞれの直後の { } で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。ただし、気体定数は R 、重力加速度の大きさを g とする。

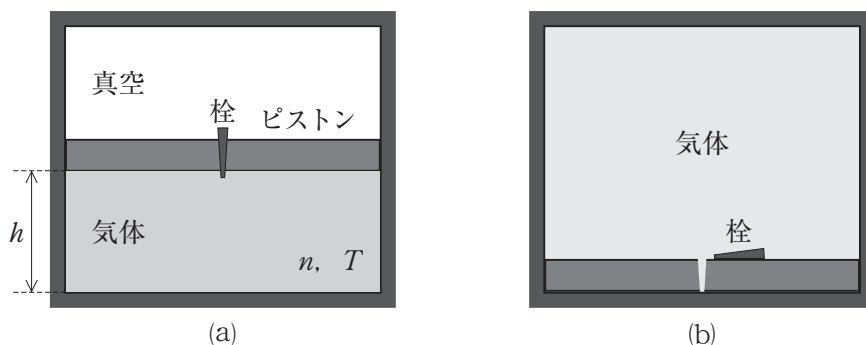


図 3

図 3(a)のように、断熱材でできた密閉したシリンダーを鉛直に立て、なめらかに動く質量 m のピストンで仕切り、その下側に物質数 n の単原子分子の理想気体を入れた。上側は真空であった。ピストンはシリンダーの底面からの高さ h の位置で静止し、気体の温度は T であった。このとき、

$$mgh = \text{} \left\{ \begin{array}{l} \text{① } \frac{1}{2} nRT \\ \text{② } nRT \\ \text{③ } \frac{3}{2} nRT \\ \text{④ } 2nRT \\ \text{⑤ } \frac{5}{2} nRT \end{array} \right\} \text{ が成り立つ。}$$

ピストンについていた栓を抜いたところ、図3(b)のようにピストンはシリンダーの底面までゆっくりと落下し、気体はシリンダー内全体に広がった。

気体は { ① 等温で膨張するので、
② 断熱膨張するので、
③ 真空中への膨張なので仕事はせず、
④ ピストンから押されることで正の仕事をされ、 }

気体の温度は { ① 上がる。
② 下がる。
③ 変化しない。 }

物 理

問 4 図4のように、凸レンズの左に万年筆がある。F, F'はレンズの焦点である。レンズの左に光を通さない板Bを置き、レンズの中心より上半分を完全に覆った。万年筆の先端Aから出た光が届く点として適当なものを、図中の①～⑦のうちからすべて選べ。ただし、レンズは薄いものとする。 7

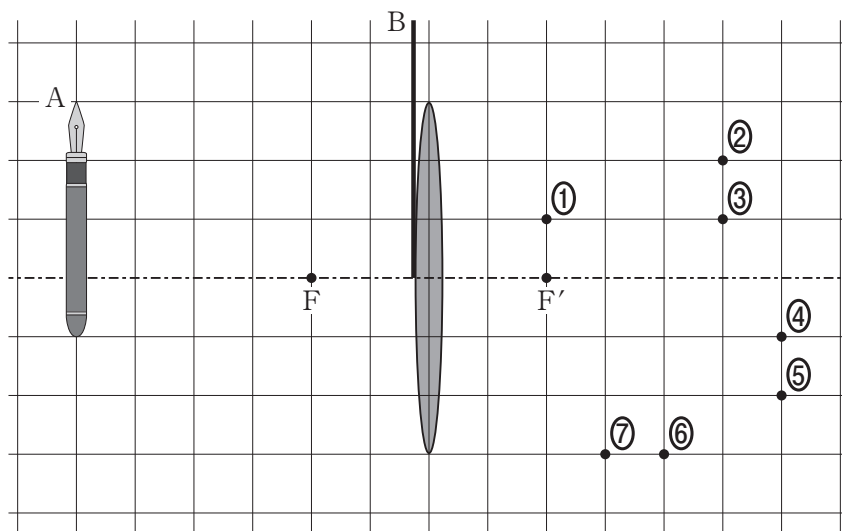


図 4

問 5 水素原子のボーア模型を考える。量子数が n の定常状態にある電子のエネルギーは、

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV}$$

と表すことができる。エネルギーの最も低い励起状態から、基底状態への遷移に伴い放出される光子のエネルギー E を有効数字 2 桁で表すとき、次の式の中
 の空欄 ~ に入れる数字として最も適当なものを、下の①~⑩
 のうちから一つずつ選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

$$E = \text{} . \text{} \times 10^{\text{}} \text{ eV}$$

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |

物 理

第 2 問 次の文章(A・B)を読み, 下の問い(問 1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 28)

A x 軸上を負の向きに速さ v で進む質量 m の小物体 A と, 正の向きに速さ v で進む質量 m の小物体 B が衝突し, 衝突後も x 軸上を運動した。衝突時に接触していた時間を Δt , はね返り係数(反発係数)を $e(0 < e \leq 1)$ とする。

問 1 衝突後の小物体 A の速度を表す式として正しいものを, 次の①～⑦のうちから一つ選べ。

- ① $-2ev$ ② $-ev$ ③ $-\frac{1}{2}ev$ ④ 0
⑤ $2ev$ ⑥ ev ⑦ $\frac{1}{2}ev$

問 2 Δt の間に小物体 A が小物体 B から受けた力の平均値を表す式として正しいものを, 次の①～⑨のうちから一つ選べ。

- ① $\frac{emv}{2\Delta t}$ ② $\frac{emv}{\Delta t}$ ③ $\frac{2emv}{\Delta t}$
④ $\frac{(1-e)mv}{2\Delta t}$ ⑤ $\frac{(1-e)mv}{\Delta t}$ ⑥ $\frac{2(1-e)mv}{\Delta t}$
⑦ $\frac{(1+e)mv}{2\Delta t}$ ⑧ $\frac{(1+e)mv}{\Delta t}$ ⑨ $\frac{2(1+e)mv}{\Delta t}$

B 高校の授業で、衝突中に2物体が及ぼし合う力の変化を調べた。力センサーのついた台車 A, B を、水平な一直線上で、等しい速さ v で向かい合わせに走らせ、衝突させた。センサーを含む台車1台の質量 m は 1.1 kg である。それぞれの台車が受けた水平方向の力を測定し、時刻 t との関係を図1のようにした。ただし、台車 B が衝突前に進む向きを力の正の向きとする。

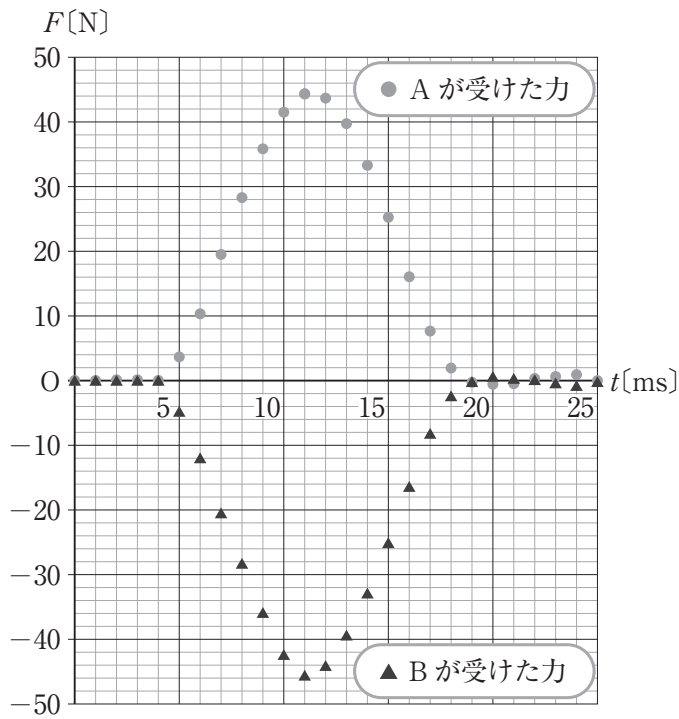


図 1

物 理

問 3 次の文章は、この実験結果に関する生徒たちの会話である。生徒たちの説明が科学的に正しい考察となるように、文章中の空欄に入れる式として最も適当なものを、下の選択肢のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

3

4

「短い時間の間だけど、力は大きく変化していて一定じゃないね。」

「そのような場合、力と運動量の関係はどう考えたらいいのだろうか。」

「測定結果のグラフの $t = 4.0 \times 10^{-3} \text{ s}$ から $t = 19.0 \times 10^{-3} \text{ s}$ までの間を 2 台の台車が接触していた時間 Δt としよう。そして、測定点を滑らかにつなぎ、図 2 のように影をつけた部分の面積を S としよう。弾性衝突ならば、 $S =$ が成り立つはずだ。」

「その面積 S はグラフからどうやって求めるのだろうか。」

「衝突の間に A が受けた力の最大値を f とすると、面積 S はおよそ に等しいと考えていいだろう。」

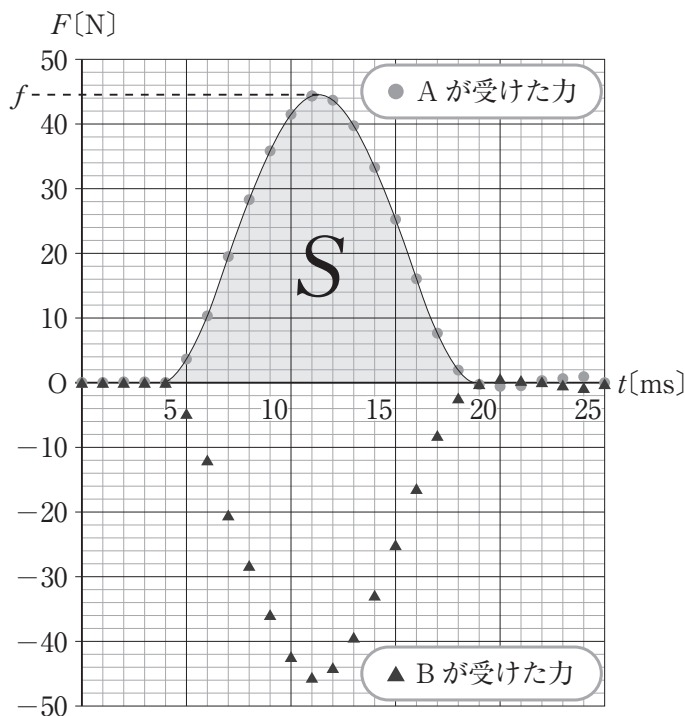


図 2

の選択肢

- ① $\frac{1}{2}mv$ ② mv ③ $2mv$ ④ 0
 ⑤ $\frac{1}{2}mv^2$ ⑥ mv^2 ⑦ $2mv^2$

の選択肢

- ① $\frac{1}{3}f\Delta t$ ② $\frac{1}{2}f\Delta t$ ③ $\frac{2}{3}f\Delta t$ ④ $f\Delta t$ ⑤ $2f\Delta t$

問 4 2 台の台車の速さは、衝突の前後で変わらなかったとする。台車が接触していた時間を $t = 4.0 \times 10^{-3} \text{ s}$ から $t = 19.0 \times 10^{-3} \text{ s}$ までの間とすると、衝突前の台車 A の速さ v はいくらか。最も近い値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 m/s

- ① 0.050 ② 0.15 ③ 0.25
 ④ 0.35 ⑤ 0.45 ⑥ 0.55

物 理

問 5 図 1 のグラフの概形を図 3 のように表すことにする。実線は台車 A が受けた力、破線は台車 B が受けた力を表す。台車 A が受けた力の最大値を f とした。台車 A を静止させ、台車 B を速さ $2v$ で台車 A に衝突させると、力の時間変化はどうか。そのグラフとして最も適当なものを、下の ①～⑥のうちから一つ選べ。 6

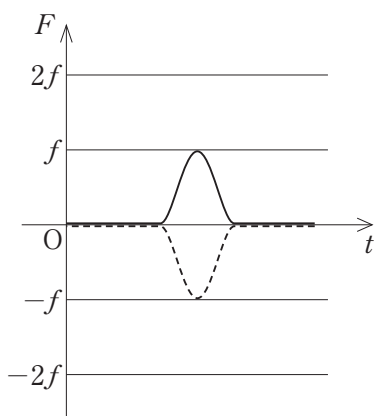
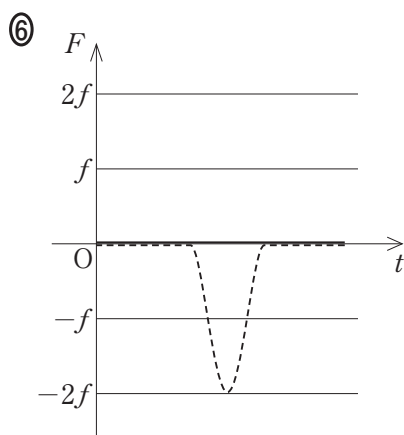
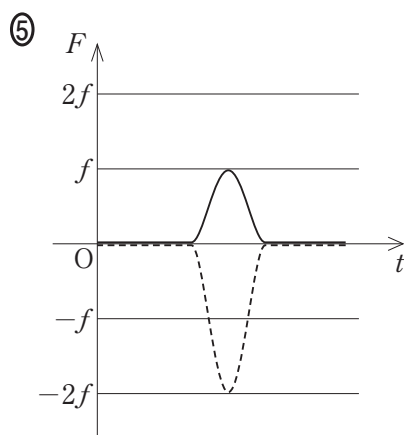
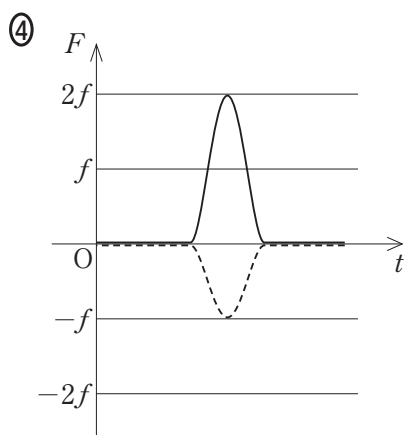
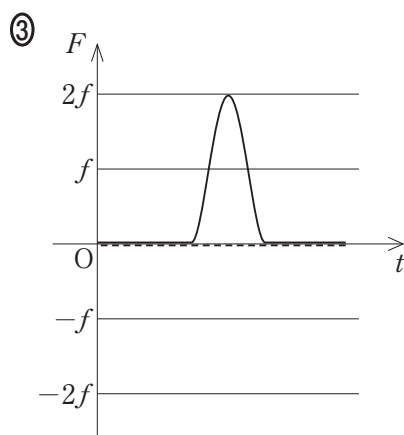
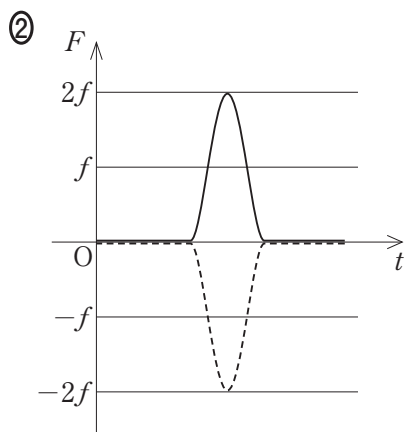
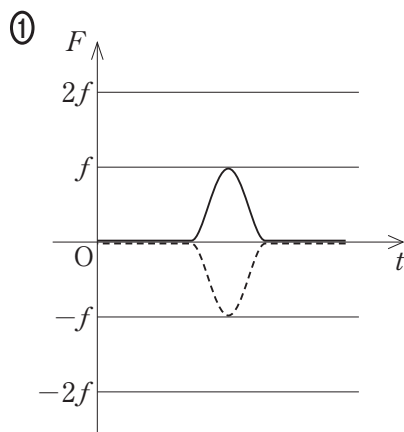


図 3



物 理

第3問 電磁波の性質に関する次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。

[解答番号 ～](配点 20)

A 細い針金でできた枠をせっけん水につけて引き上げると、薄い膜(せっけん膜)ができる。これを鉛直に立て、白色光を当てて光源側から観察すると、図1のように虹色の縞模様しまもようが見えた。この現象について考える。

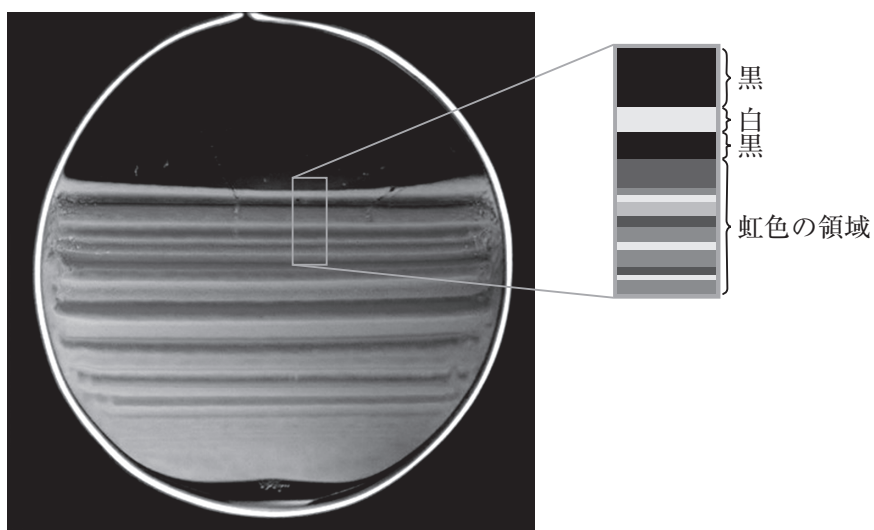


図 1

問 1 図2のように、波長 λ の光が、厚さ d 、絶対屈折率 n のせっけん膜に垂直に入射する。せっけん膜の二つの表面で反射した光が強め合う条件を表す式として最も適当なものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、空気の絶対屈折率を1とする。また、選択肢中の m は $m = 0, 1, 2, 3, \dots$ である。

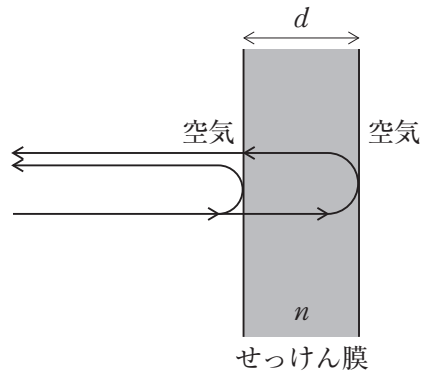


図 2

- | | |
|-----------------------------|--|
| ① $\frac{d}{n} = m\lambda$ | ② $\frac{d}{n} = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$ |
| ③ $\frac{2d}{n} = m\lambda$ | ④ $\frac{2d}{n} = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$ |
| ⑤ $nd = m\lambda$ | ⑥ $nd = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$ |
| ⑦ $2nd = m\lambda$ | ⑧ $2nd = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$ |

物 理

問 2 次の文章中の空欄 ・ に入れる語句として最も適当なものを、それぞれの直後の { } で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。

図 1 の「虹色の領域」には、 {

①	赤・緑・青
②	赤・青・緑
③	青・赤・緑
④	青・緑・赤
⑤	緑・青・赤
⑥	緑・赤・青

 } の色が上から順番

に見え、これは波長が短い順である。したがって、この領域ではせっけん膜

は {

①	上部ほど厚い
②	中央部が厚い
③	下部ほど厚い
④	厚さが一定

 } と考えられる。

(下書き用紙)

物理の問題は次に続く。

物 理

B 図3のように、金属板に垂直に電波を入射させたところ、電波は金属板に垂直に反射した。入射波と反射波を棒状のアンテナで受信し、電圧の実効値 V (電波の振幅に比例する) を測定した。アンテナから金属板までの距離 d と V の関係を調べたところ、表1のようになった。

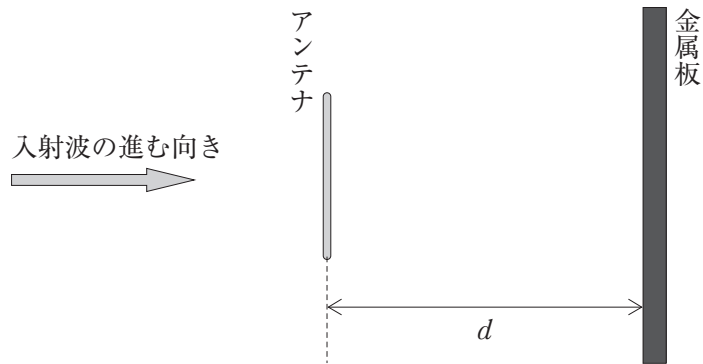


図 3

表 1

距離 d [mm]	82	84	86	88	90	92	94	96	98
電圧 V [mV]	135	94	20	38	94	152	157	130	61
距離 d [mm]	100	102	104	106	108	110	112	114	116
電圧 V [mV]	10	30	85	130	160	160	101	41	18
距離 d [mm]	118	120	122	124	126	128	130	132	134
電圧 V [mV]	77	128	160	160	129	98	25	57	113

問 3 表 1 の実験結果から確認できる現象として最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。

- | | | |
|------------|-----------|------|
| ① うなり | ② ドップラー効果 | ③ 回折 |
| ④ 屈折 | ⑤ 吸収 | ⑥ 分散 |
| ⑦ 定常波(定在波) | ⑧ 光電効果 | |

問 4 電波の波長はいくらか。最も近い値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

mm

- ① 10 ② 20 ③ 30 ④ 40 ⑤ 50 ⑥ 60

物 理

第4問 電磁誘導に関する次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。

〔解答番号 ～ 〕(配点 22)

A 太郎君はエレキギターのおもしろさに興味を持った。図1に示すエレキギターには、矢印で示した位置に検出用コイルがある。エレキギターを模した図2のような実験装置を作り、オシロスコープにつないだ。磁石は上面がN極、下面がS極であり、上面にコイルが巻かれた鉄芯がついている。コイルの上で鉄製の弦が振動すると、その影響によりコイルを貫く磁束が変化し誘導起電力が生じる。オシロスコープの画面の横軸は時間、縦軸は電圧を示すものとする。



図 1

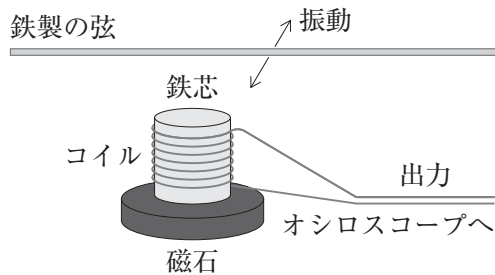


図 2

問 1 弦をはじき、コイルの両端の電圧を調べたところ、オシロスコープの画面は図3のようになった。同じ弦をより強くはじくとき、図3と同じ目盛りに設定したオシロスコープの画面はどのように見えるか。最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。 1

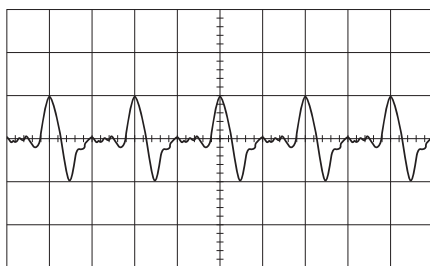
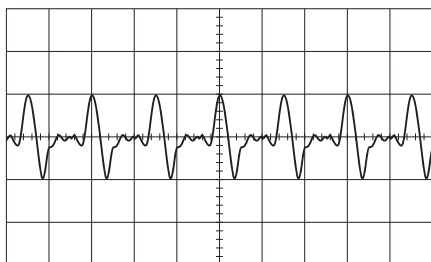
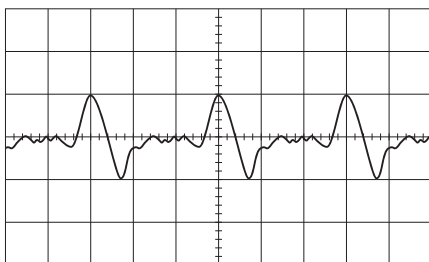


図 3

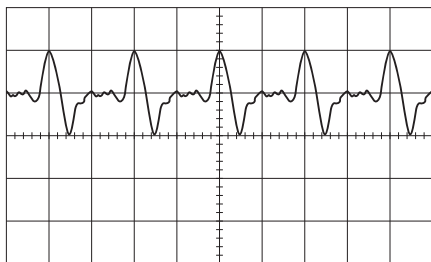
①



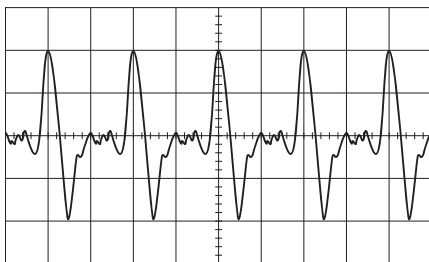
②



③



④



物 理

太郎君は次に、図4のように、弦の代わりに鉄製のおんさを固定した。おんさをたたいたところ、オシロスコープの画面は図5のようになった。

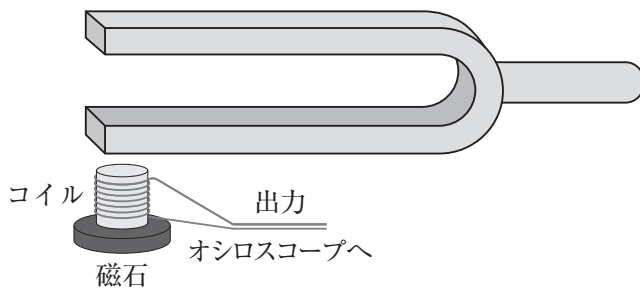


図 4

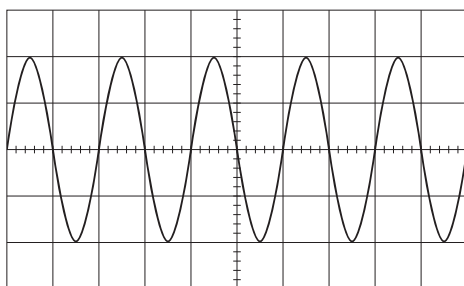


図 5

問 2 次に、鉄製のおんさと同じ形、同じ大きさの銅製のおんさで同じ実験を行ったところ、銅製のおんさの方が振動数の小さい音が聞こえた。このとき、図 5 と同じ目盛りに設定したオシロスコープの画面には横軸に沿って直線が見えるだけだった(図 6)。図 5 と図 6 の違いは、鉄と銅のどの性質の違いによるか。最も適当なものを、下の①～⑦のうちから一つ選べ。 2

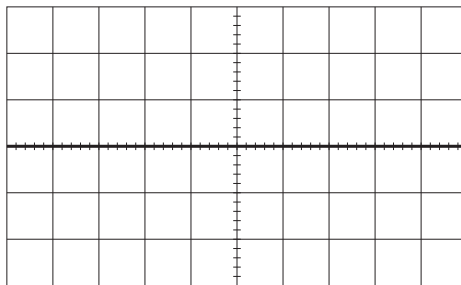


図 6

- | | | | |
|--------|--------|------------|-------|
| ① 音速 | ② 硬さ | ③ 密度 | ④ 抵抗率 |
| ⑤ 比誘電率 | ⑥ 比透磁率 | ⑦ 比熱(比熱容量) | |

物 理

B 図7のように、アクリルパイプを鉛直に立て、その下端付近にコイルを設置した。コイルは、端子 A から端子 B へ上から見て時計回りに巻かれている。パイプの上端付近で円柱状の磁石を静かに放し落下させ、コイルの端子 B を基準とした端子 A の電位(電圧) V をオシロスコープで観察する。磁石の上面がコイルの上端に達するまでの落下距離を h とする。 $h = 30 \text{ cm}$ のときの結果は、図8のようになった。ただし、時間軸の原点は $V = 100 \text{ mV}$ になった瞬間に設定されている。

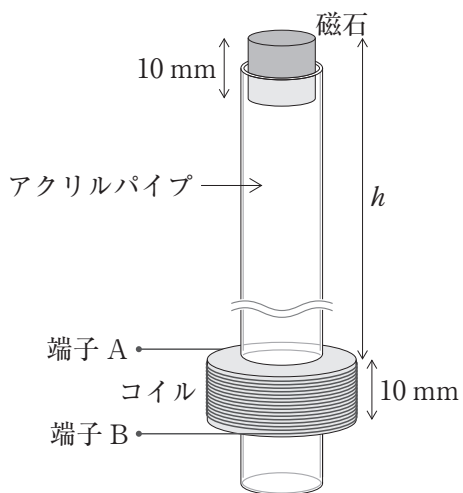


図 7

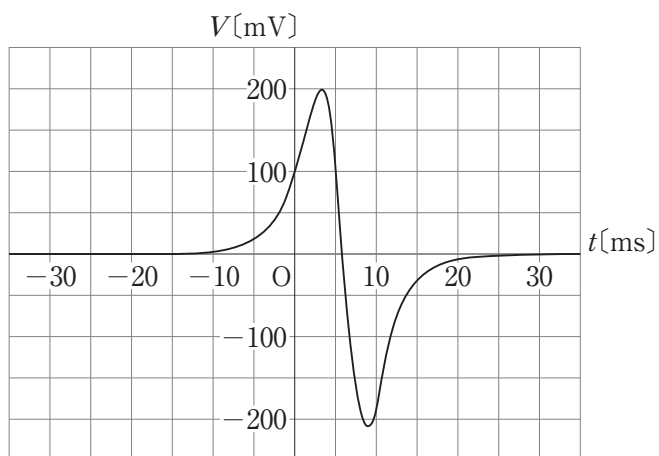


図 8

問 3 次の文章は、図 8 の結果から落下中の磁石の向きを推定する過程を述べたものである。文章中の空欄 **ア** ~ **ウ** に入れる語句の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑧のうちから一つ選べ。 **3**

図 8 では、山が最初に現れることから、磁石がコイルに近づいてきたとき端子 A の電位が端子 B の電位より高くなったことがわかる。このとき、コイルには上から見て **ア** の電流を流そうとする向きに誘導起電力が生じていた。それは、コイルを上から下に貫く磁束が **イ** したからである。したがって、磁石が **ウ** を下にして近づいてきたことがわかる。

	ア	イ	ウ
①	時計回り	増加	N 極
②	時計回り	増加	S 極
③	時計回り	減少	N 極
④	時計回り	減少	S 極
⑤	反時計回り	増加	N 極
⑥	反時計回り	増加	S 極
⑦	反時計回り	減少	N 極
⑧	反時計回り	減少	S 極

物 理

問 4 次の文章中の空欄 ・ に入れる語句として最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つずつ選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

落下距離 $h = 15 \text{ cm}$ の条件で同様の実験を行い、オシロスコープの画面を、 $h = 30 \text{ cm}$ の場合の図 8 と比較した。山の高さからわかる電圧と、谷の深さからわかる電圧はともに、。山の頂上と谷の底の時間差は 。

- ① およそ 2 倍になる
- ② およそ $\sqrt{2}$ 倍になる
- ③ ほとんど変わらない
- ④ およそ $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍になる
- ⑤ およそ $\frac{1}{2}$ 倍になる

(下書き用紙)