



未来のエスキースを描く。

東北工業大学

2024年度入学試験問題

A - 2

理 科 (100点 60分)

	ページ	問題数
物理	1~14	4 問
化学	15~27	4 問
生物	28~50	3 問

注 意 事 項

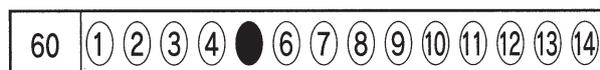
1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはならない。
2. この問題冊子は全部で50ページである。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 下表により1科目のみを選択し解答すること。

学 科	選 択 科 目
電気電子工学科 情報通信工学科	物理, 化学から1科目選択
都市マネジメント学科 環境応用化学科 建築学科 産業デザイン学科 生活デザイン学科	物理, 化学, 生物から1科目選択

4. 解答には黒鉛筆を用い、ボールペン、色鉛筆、万年筆などを使用してはならない。
5. 解答用紙は科目共通で1枚(マーク式)である。
6. 解答用紙の指定欄に座席番号(数字)、氏名を記入し、さらに、座席番号と解答する科目名をマークすること。

解答は、例えば 60 に対して ⑤ と解答する場合は、次の(例)のように、解答番号 60 の解答欄の ⑤ のマーク位置に解答用紙のマーク例に従ってマークすること。

(例)



7. 誤ってマークした場合は、消しゴムで完全に消してからマークしなおすこと。
8. 1つの解答欄に2つ以上マークした場合、その解答欄の解答は無効となる。
9. マーク式解答用紙は、折り曲げたり、破ったり、汚したりしないこと。
10. この問題冊子の余白は、計算などに利用してもよい。
11. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ること。

物 理

1 図1のように、ロケットが無重力の宇宙空間で静止している。このロケットには、1つあたりの質量 m の物体が n 個搭載されており、それ以外の部分のロケットの質量を M とする。ロケットは質量 m の物体を1つずつ放出する。放出される物体の速度は、放出前のロケットと同じ速度で移動する人から見てロケットの進む方向とは逆向きに大きさ v である。ロケットは右方向に運動するものとし、ロケットの進行方向を正とする。以下の各問いの答えとして最も適するものをそれぞれの解答群から一つずつ選びなさい。

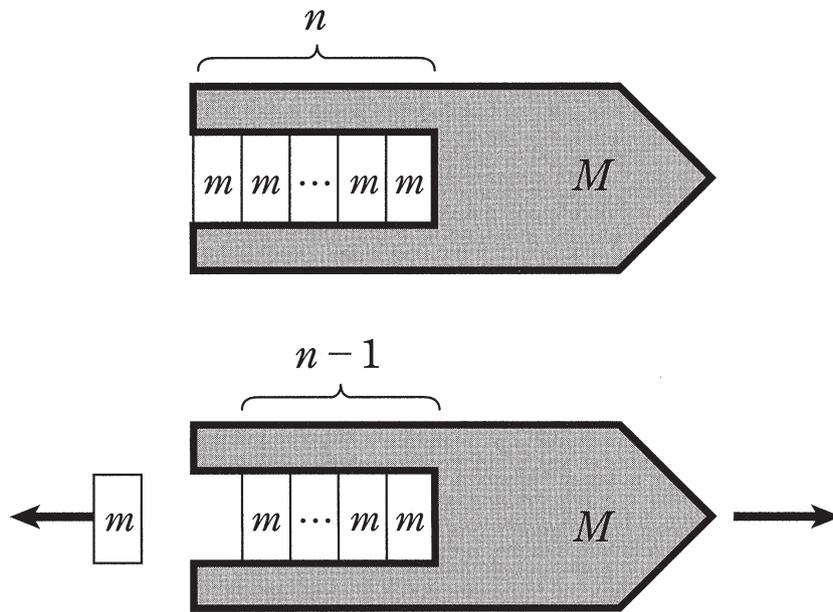


図 1

問 1. ロケットの運動について説明した以下の文章中の (A) (B)
(C) に当てはまる語句の組み合わせのうち、正しいものはどれか。

1

ロケットが物体を放出するとき、ロケットが物体を押し力と物体がロケットを押し力が働く。この2つの力は (A) の関係になっている。物体を放出する前後で、系全体の運動量は (B)、運動エネルギーは (C)。

	(A)	(B)	(C)
①	作用・反作用	保存し	保存する
②	作用・反作用	保存し	保存しない
③	作用・反作用	保存せず	保存する
④	作用・反作用	保存せず	保存しない
⑤	力のつり合い	保存し	保存する
⑥	力のつり合い	保存し	保存しない
⑦	力のつり合い	保存せず	保存する
⑧	力のつり合い	保存せず	保存しない

問2. 1つ目の物体を放出したとき、静止した観測者から見た物体の運動量はいくらか。

2

- ① mv ② $(M-m)v$ ③ Mv
 ④ $-mv$ ⑤ $-(M-m)v$ ⑥ $-Mv$

問3. 1つ目の物体を放出した後、静止した観測者から見たロケットの速度が V_1 となった。 V_1 の値はいくらか。

3

- ① $\frac{m}{M}v$ ② $\frac{m}{M+nm}v$ ③ $\frac{m}{M+(n-1)m}v$
 ④ $\frac{M}{m}v$ ⑤ $\frac{M+nm}{m}v$ ⑥ $\frac{M+(n-1)m}{m}v$

問 4. 2つ目の物体を放出したとき、静止した観測者から見た物体の速度はいくらか。

4

- ① v ② $V_1 + v$ ③ $V_1 - v$
 ④ $-v$ ⑤ $-V_1 - v$ ⑥ $-V_1 + v$

問 5. 2つ目の物体を放出したあと、静止した観測者から見たロケットの速度が V_2 となった。 V_2 はいくらか。

5

- ① $V_1 + \frac{m}{M + (n-2)m} v$ ② $V_1 - \frac{m}{M + (n-2)m} v$
 ③ $V_1 + \frac{m}{M + (n-1)m} v$ ④ $V_1 - \frac{m}{M + (n-1)m} v$
 ⑤ $V_1 + \frac{m}{M + nm} v$ ⑥ $V_1 - \frac{m}{M + nm} v$

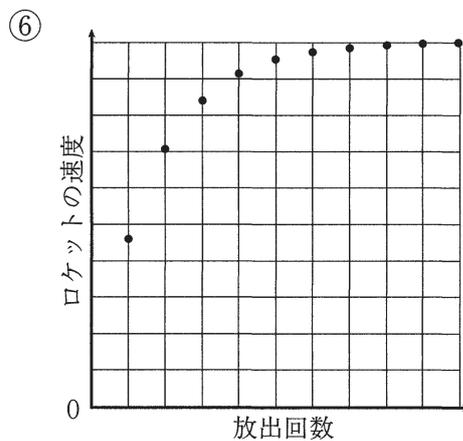
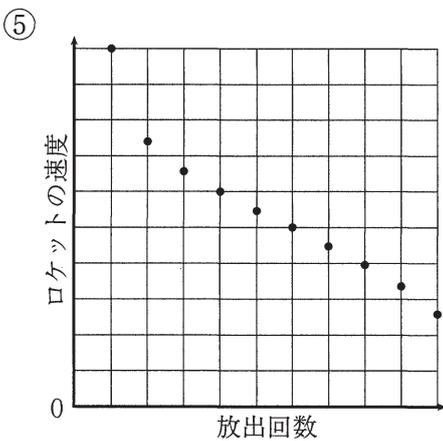
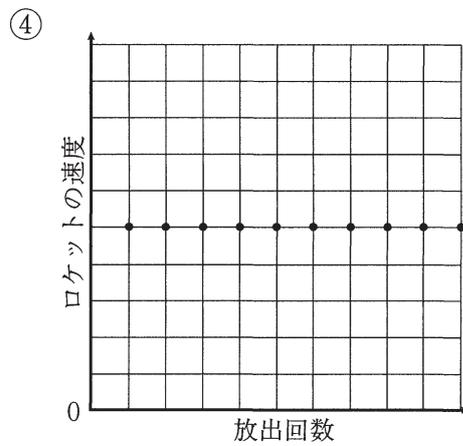
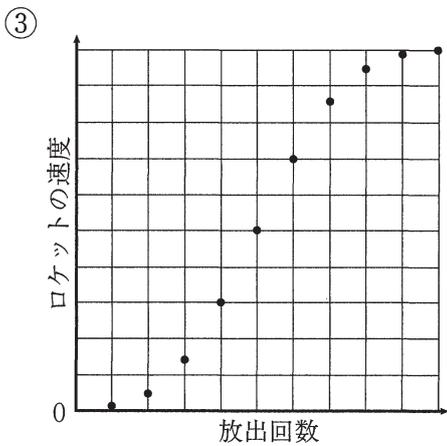
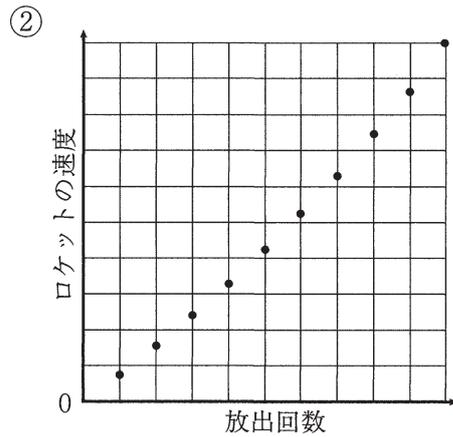
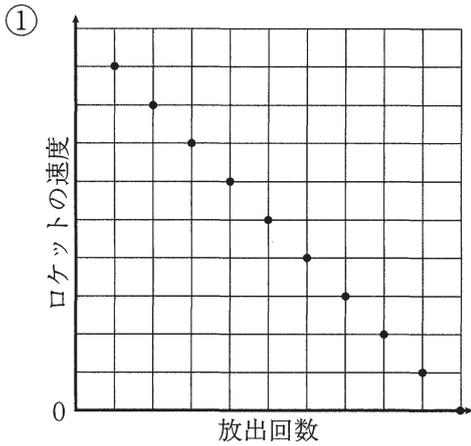
問 6. k 個目の物体を放出するとき、放出の前後で静止した観測者から見たロケットの速さはいくら増加したか。ただし、 k は 1 以上 n 以下の整数とする。

6

- ① $\frac{m}{M + (k-n+1)m} v$ ② $\frac{m}{M + (n-k+1)m} v$
 ③ $\frac{m}{M + (n-k)m} v$ ④ $\frac{m}{M + (k-n)m} v$
 ⑤ $\frac{m}{M + (n+k)m} v$ ⑥ $\frac{m}{M - (n+k)m} v$

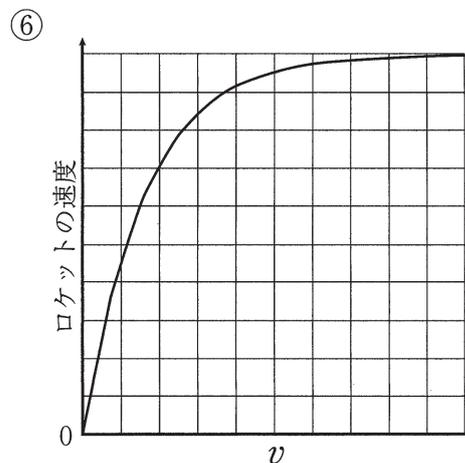
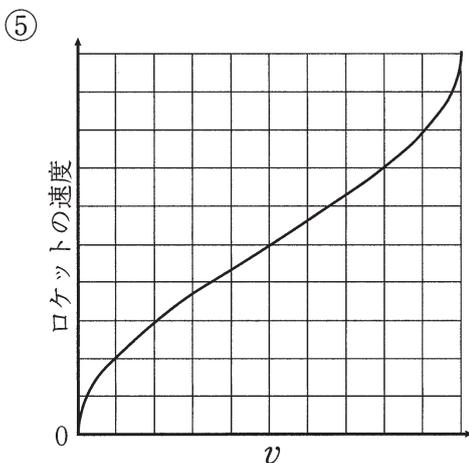
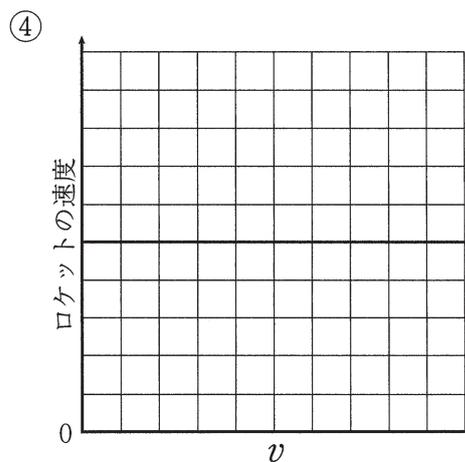
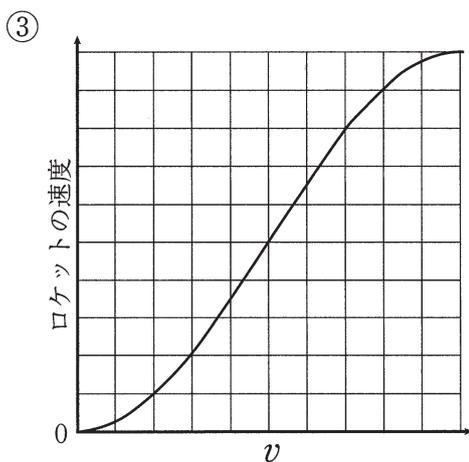
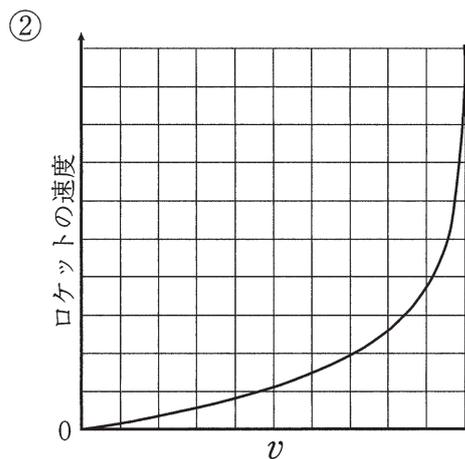
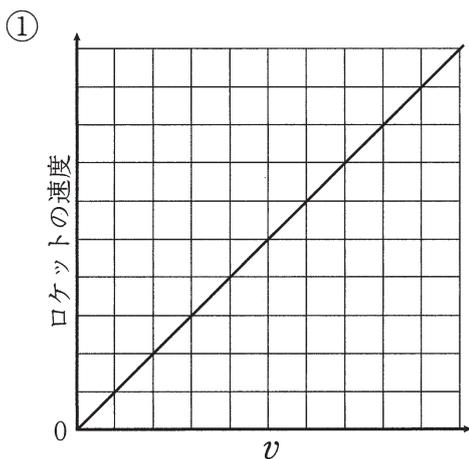
問7. 物体を放出した回数を横軸に、静止した観測者から見たロケットの速度を縦軸として表したグラフで最も近いものはどれか。ただし、物体の個数は十分多いものとし、グラフに示された範囲では物体を放出し続けるものとする。

7



問8. 様々な放出速度の条件下で同様の運動を行った場合、 v を横軸に、物体をすべて放出したあとのロケットの速度を縦軸として表したグラフで最も近いものはどれか。ただし、ロケットの速度は静止した観測者から見るものとする。

8



2 図1のように、水平でなめらかな xy 平面上に正方形のコイル $abcd$ を、対角線 bd が x 軸と平行になるように置く。対角線 bd の長さは L である。平面内の $0 < x < 2L$ の領域には磁束密度 B の一様な磁場が存在し、磁力線の方向は鉛直下向きである。このコイルを x 軸の正方向に一定の速さ v ですべらせる。コイルの抵抗を R 、コイルの頂点 d が y 軸を通過する時刻を $t = 0$ とする。以下の各問いの答えとして最も適するものをそれぞれの解答群から一つずつ選びなさい。

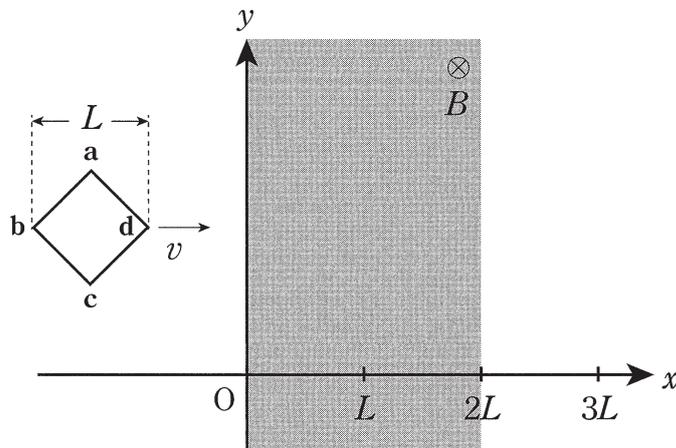


図1

問1. 時刻 $t = \frac{2L}{v}$ のとき、平面内に存在している磁場がコイルを貫く磁束の大きさはいくらか。

9

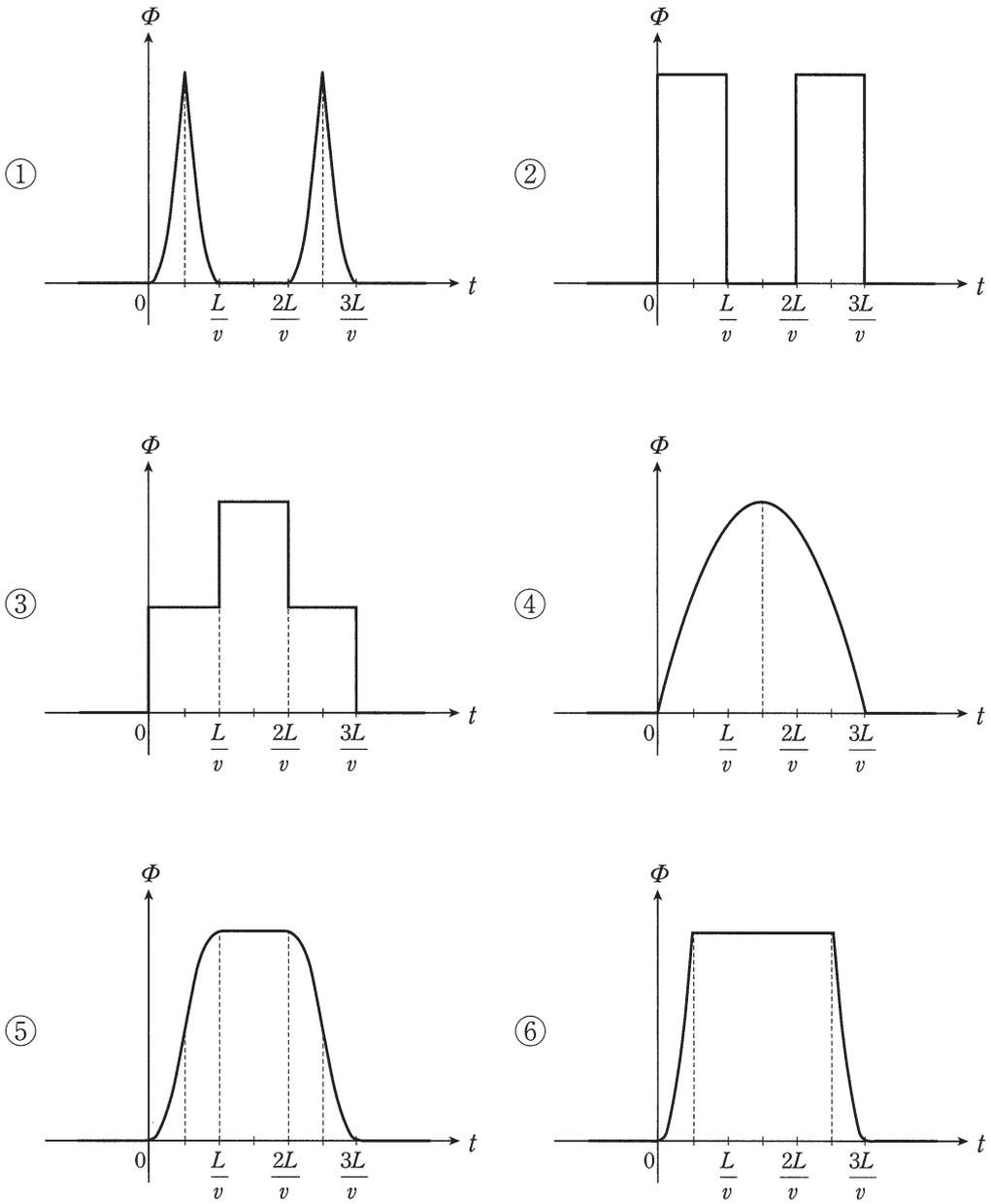
- ① $\frac{BL^2}{4}$ ② $\frac{BL^2}{2}$ ③ BL^2
 ④ $\sqrt{2}BL^2$ ⑤ $2BL^2$ ⑥ $4BL^2$

問2. 時刻 $t = \frac{2L}{v}$ のとき、コイルを流れる電流の大きさはいくらか。

10

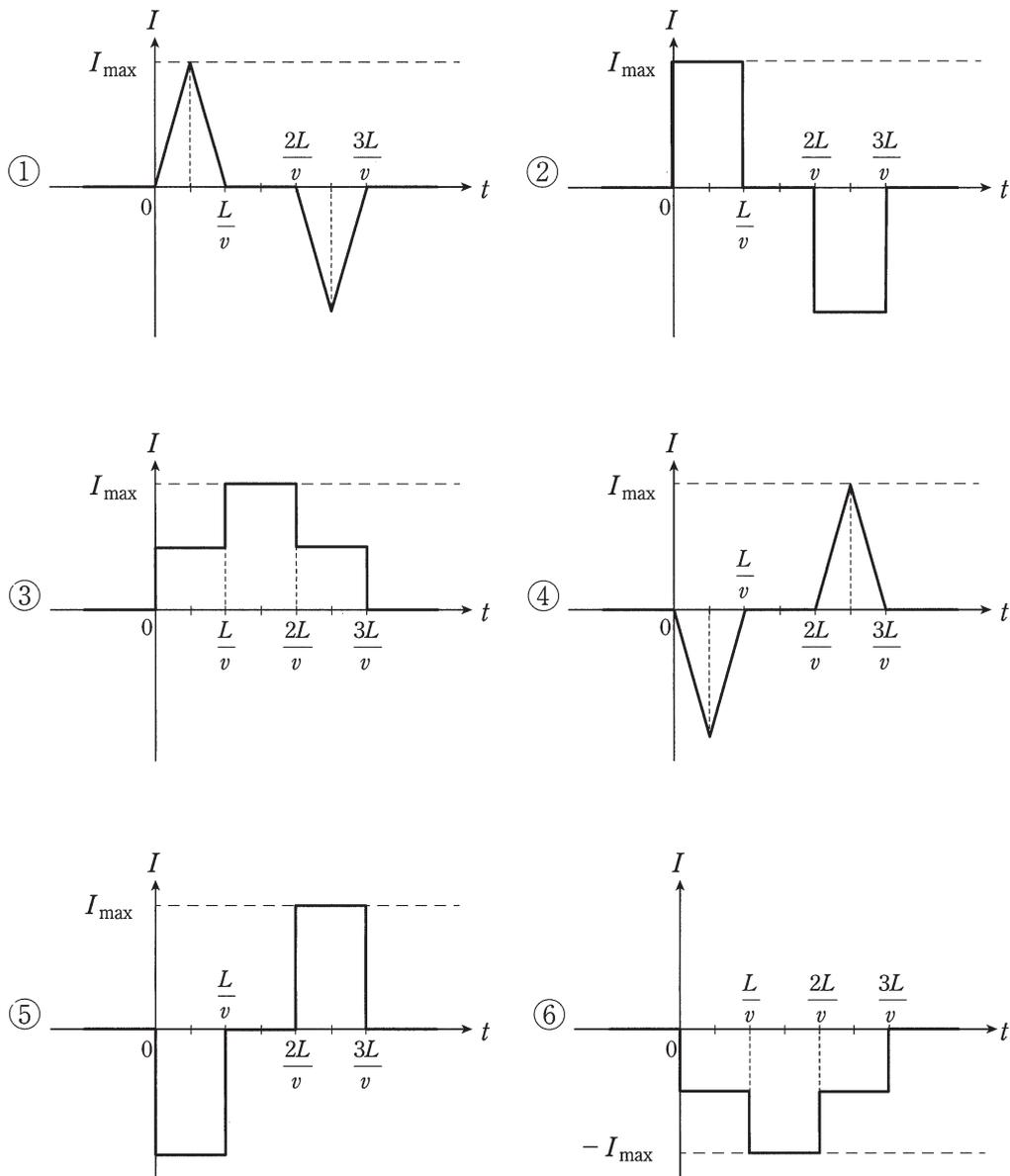
- ① 0 ② $\frac{vBL}{4R}$ ③ $\frac{vBL}{2R}$
 ④ $\frac{vBL}{R}$ ⑤ $\frac{\sqrt{2}vBL}{R}$ ⑥ $\frac{4vBL}{R}$

問3. 平面内に存在している磁場がコイルを貫く磁束の大きさ Φ と時刻 t の関係を表すグラフはどれか。



問4. コイルを流れる電流 I と時刻 t の関係を表すグラフはどれか。グラフの中で、 I_{\max} は電流の大きさの最大値で、 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$ の向きを電流の正方向とする。実数 p , Δp において $|p| \gg |\Delta p|$ ならば $(p + \Delta p)^2 \doteq p^2 + 2p\Delta p$ と近似できる。

12



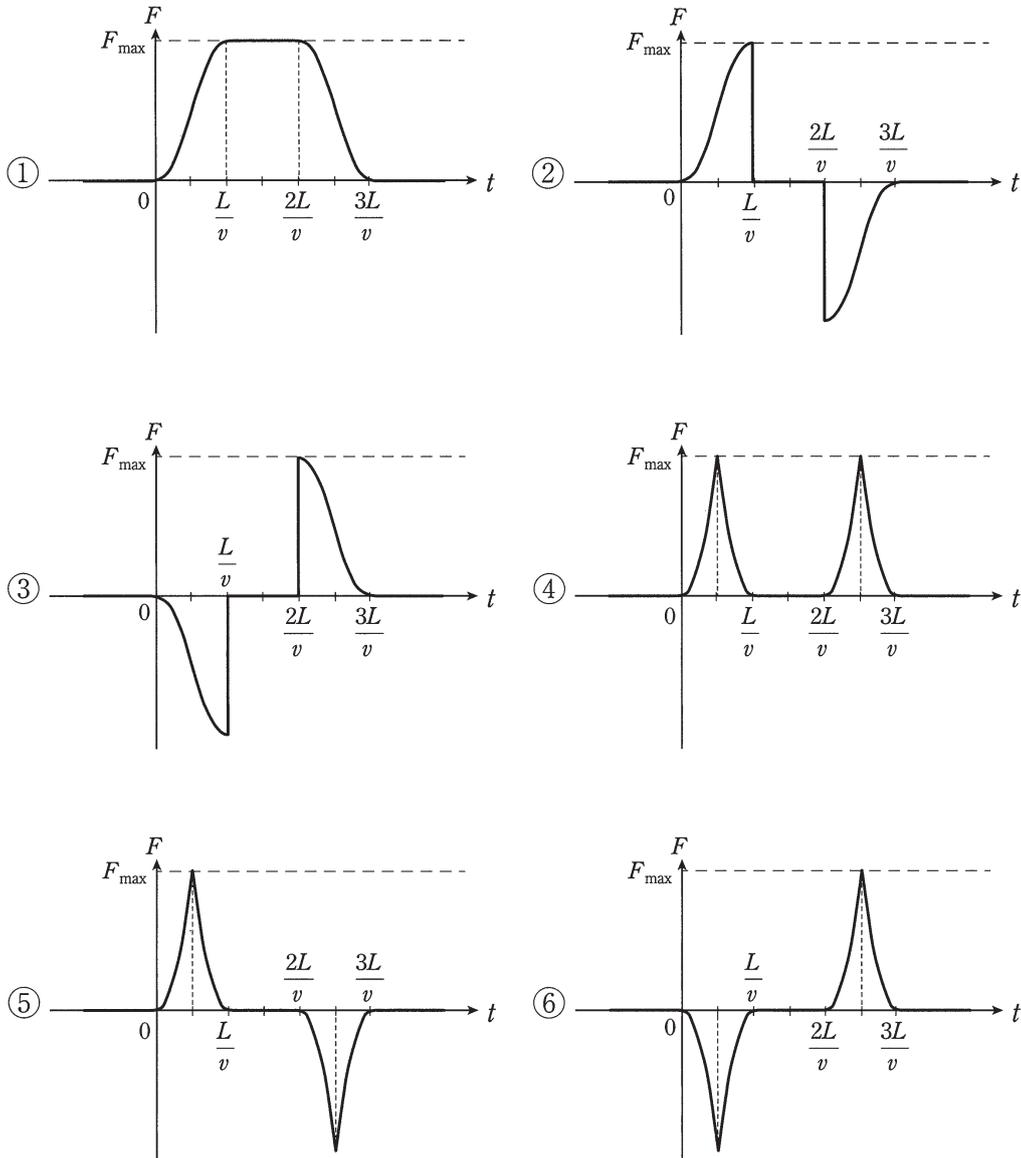
問 5. コイルを流れる電流の大きさの最大値 I_{\max} はいくらか。

13

- ① $\frac{vBL}{4R}$ ② $\frac{vBL}{2R}$ ③ $\frac{vBL}{R}$
 ④ $\frac{\sqrt{2}vBL}{R}$ ⑤ $\frac{2vBL}{R}$ ⑥ $\frac{4vBL}{R}$

問 6. コイルの速さ v を維持するためには、コイルに x 軸と平行な外力 F を加える必要がある。外力 F と時刻 t の関係を表すグラフはどれか。グラフの中で、 F_{\max} は F の大きさの最大値である。

14



問7. コイルに加える外力 F の最大値 F_{\max} はいくらか。

15

① $\frac{vB^2L^2}{4R}$

② $\frac{vB^2L^2}{2R}$

③ $\frac{vB^2L^2}{R}$

④ $\frac{\sqrt{2}vB^2L^2}{R}$

⑤ $\frac{2vB^2L^2}{R}$

⑥ $\frac{4vB^2L^2}{R}$

問8. コイルを流れる誘導電流が発生する磁場の方向が, xy 平面に存在している磁場と逆向きなのは図2のア~ウのうち, どれか。図2は鉛直上方から見た図である。

16

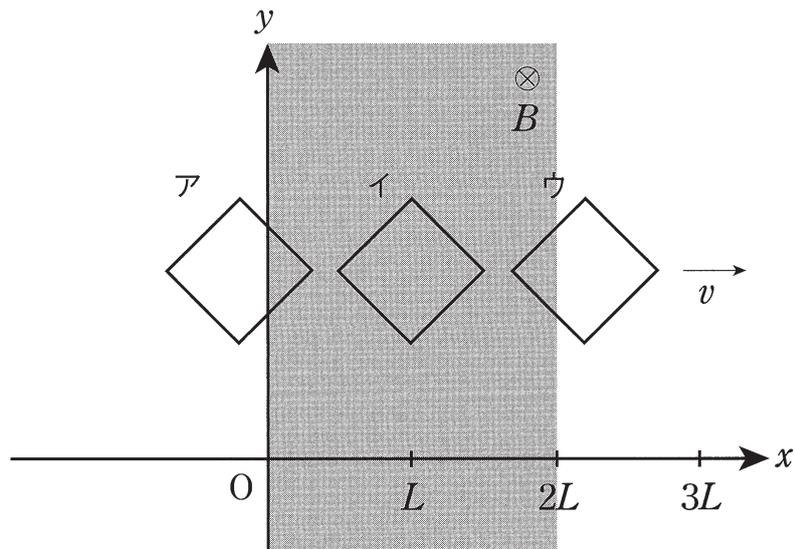


図2

① アのみ

② イのみ

③ ウのみ

④ アとイのみ

⑤ アとウのみ

⑥ アとイとウ

- 3 図1のように、十分に長いスクリーンと平行に格子定数 d [m] の回折格子をおく。スクリーンと回折格子は距離 l [m] だけ離れている。回折格子に、光源から波長 λ [m] のレーザー光を垂直に入射したところ、スクリーン上に明るい点の列が現れた。回折格子の中央からスクリーン上に下ろした垂線とスクリーンとの交点を点 O 、点 O から距離 x [m] だけ離れたところを点 P とし、点 P はスクリーン上にあるものとする。点 P への回折光の方向と入射光の方向とのなす角を θ とする。以下の各問いの答えとして最も適するものをそれぞれの解答群から一つずつ選びなさい。ただし、 l は d に比べて十分に大きいとする。

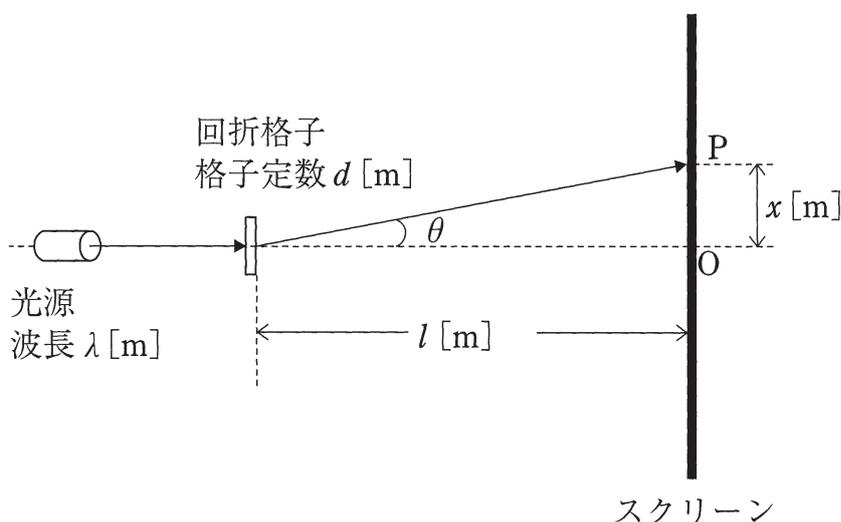


図 1

- 問 1. 点 P に明るい点が見れるとき、回折格子の隣り合う回折光の経路差はいくらか。ただし、点 O に現れる明るい点を 0 番目とし、点 P に現れる明るい点を m 番目 ($m = 0, 1, 2, \dots$) とする。

17

- ① $(m + \frac{1}{2})\lambda$ ② $(m - \frac{1}{2})\lambda$ ③ $(m + 1)\lambda$
 ④ $(m - 1)\lambda$ ⑤ $\frac{m}{2}\lambda$ ⑥ $m\lambda$

問2. $m = 1$ のとき, x の値はいくらか。ただし, $|\theta| \ll 1$ とし, $\sin \theta \doteq \tan \theta$ がなりたつものとする。

18 [m]

- ① $\frac{l\lambda}{d}$ ② $\frac{ld}{\lambda}$ ③ $\frac{\lambda d}{l}$
 ④ $\frac{d}{l\lambda}$ ⑤ $\frac{\lambda}{ld}$ ⑥ $\frac{l}{\lambda d}$

問3. 問2において, 1 cm あたり 1000 本のすじをひいた回折格子を使用したところ, $l = 1.0$ m のとき, $x = 5.5$ cm の位置に1番目の明るい点が現れた。光源の波長はいくらか。

19 m

- ① 4.0×10^{-7} ② 4.5×10^{-7} ③ 5.0×10^{-7}
 ④ 5.5×10^{-7} ⑤ 6.0×10^{-7} ⑥ 6.5×10^{-7}

問4. 点Pに m 番目の明るい点が現れているときの x の値はいくらか。ただし, 問2の近似がなりたつとは限らない。

20 [m]

- ① $\frac{\sqrt{\left(\frac{d}{m\lambda}\right)^2 - 1}}{l}$ ② $\frac{\sqrt{\left(\frac{m\lambda}{d}\right)^2 - 1}}{l}$ ③ $\frac{l}{\sqrt{\left(\frac{d}{m\lambda}\right)^2 - 1}}$
 ④ $\frac{l}{\sqrt{\left(\frac{m\lambda}{d}\right)^2 - 1}}$ ⑤ $l\sqrt{\left(\frac{d}{m\lambda}\right)^2 - 1}$ ⑥ $l\sqrt{\left(\frac{m\lambda}{d}\right)^2 - 1}$

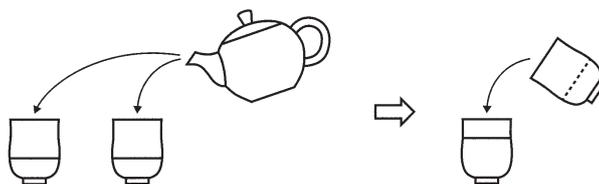
問5. 問3の回折格子と光源を用いたとき, スクリーンに現れる明るい点の数の最大値はいくらか。

21 個

- ① 19 ② 25 ③ 31
 ④ 37 ⑤ 43 ⑥ 49

- 4 急須に入った熱容量 $4.0C$ で 85°C のお茶を、熱容量 C で 10°C の湯飲み 2 個を用いて冷ます。図 1 の 2 つの方法を用いて比較した。以下の各問いの答えとして最も適するものをそれぞれの解答群から一つずつ選びなさい。ただし、熱の移動はお茶と湯飲みの間だけで起こるものとする。

方法 1 お茶すべてを 2 個の湯飲み に均等に分けて熱平衡状態になった後、1 個の湯飲み にまとめる。



方法 2 お茶すべてを 1 個目の湯飲みに入れて熱平衡状態になった後、2 個目の湯飲みに入れて熱平衡状態になるまで待つ。

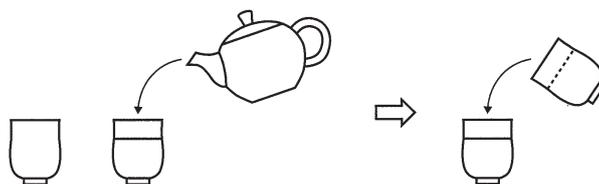


図 1

問 1. **方法 1** でお茶を湯飲み に均等に分けた後の湯飲み 1 個に入っているお茶の熱容量はいくらか。

22

- ① $0.50C$ ② C ③ $2.0C$ ④ $4.0C$ ⑤ $8.0C$ ⑥ $10C$

問 2. **方法 1** で冷ましたときのお茶の温度はいくらか。

23 $^\circ\text{C}$

- ① 10 ② 25 ③ 58 ④ 60 ⑤ 70 ⑥ 85

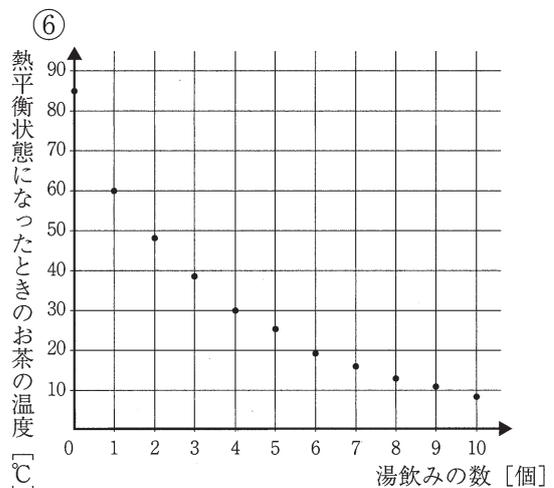
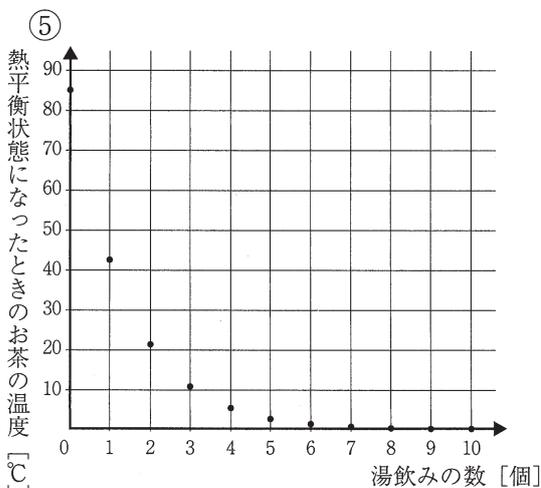
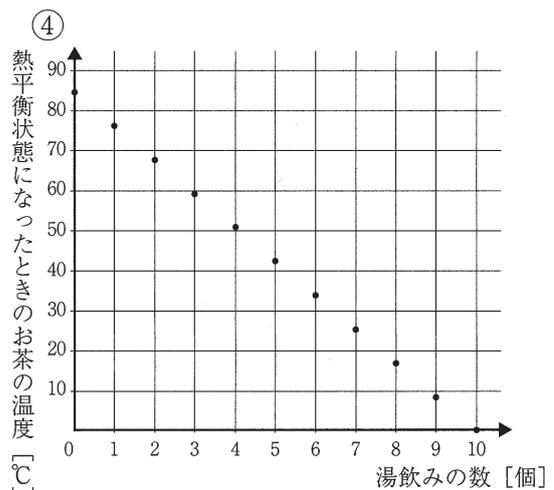
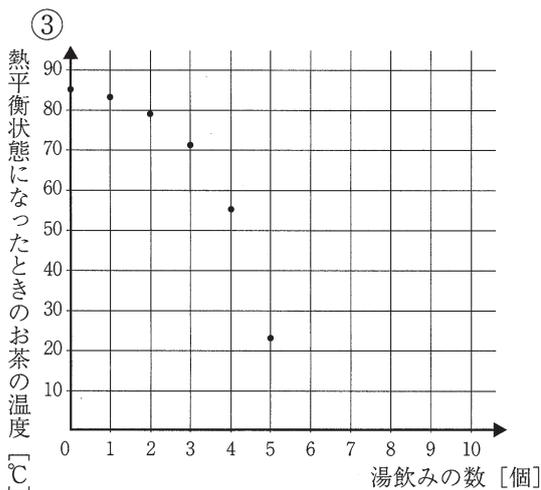
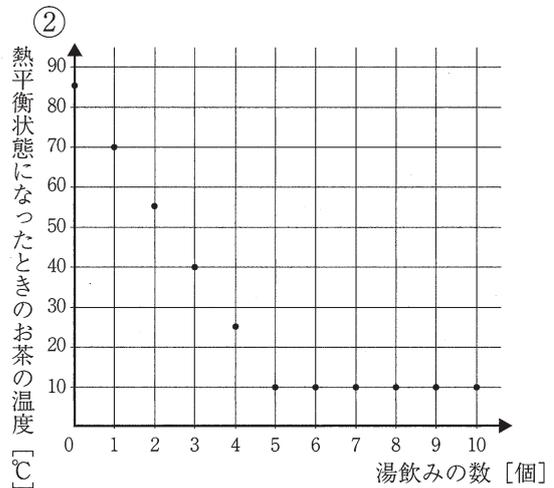
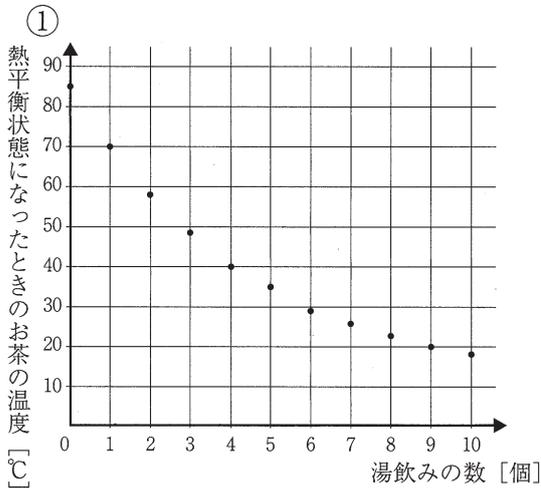
問 3. **方法 2** で冷ましたときのお茶の温度はいくらか。

24 $^\circ\text{C}$

- ① 10 ② 25 ③ 58 ④ 60 ⑤ 70 ⑥ 85

問 4. 方法 2 で湯飲みの数を変えながら、最後に熱平衡状態になったときのお茶の温度の値を測定した。湯飲みの数を横軸、最後に熱平衡状態になったときのお茶の温度の値を縦軸とするグラフを表すものはどれか。

25



(物理問題終わり)