

山口大学 前期

平成 25 年度 入学者選抜学力検査問題

理 科

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、問題冊子及び解答用紙の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び解答用紙の枚数は、下表のとおりです。

出題科目	ページ	解答用紙枚数
物 理	1 ~ 9	4
化 学	10 ~ 16	4
生 物	17 ~ 26	5
地 学	27 ~ 39	6

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の枚数の過不足や汚れ等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験開始後、すべての解答用紙に受験番号、志望学部及び氏名を記入してください。受験番号の記入欄はそれぞれ2箇所あります。
- 5 解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
- 6 問題冊子の余白は適宜使用してください。
- 7 各問題の配点は100点満点としたときのものです。
- 8 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

物 理

1 以下の説明文を読み、その後の問いに答えなさい。(配点 25)

図1のように傾斜角 θ の粗い斜面上に質量 M [kg]の物体Bを置き、これに糸で、質量 m [kg]の物体Aを定滑車を通してつないだ。すべての面間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' 、重力加速度の大きさを g [m/s²]、糸の張力の大きさを T [N]としたとき、以下の問いに答えなさい。ただし、糸と定滑車の質量、定滑車と糸との間に働く摩擦力、物体A、Bに作用する空気抵抗力はいずれも無視できるものとする。また、 $\mu > \mu'$ 、 $M > m$ および μ' の値は一定とする。

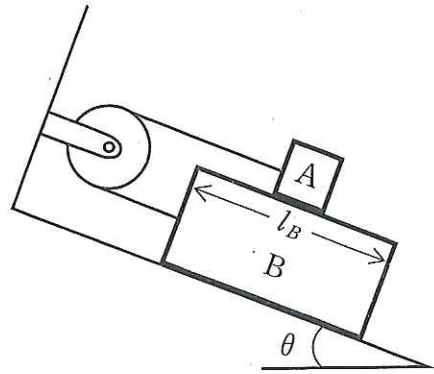


図1

問1 傾斜角 θ を大きくしていき、物体A、Bが動き出す直前で傾斜角を固定した。このときの傾斜角は $\theta = \theta_0$ であった。物体が静止しているとして、物体A、Bそれぞれについて、斜面に対して平行な方向の力のつりあいの式を考えてみる。式中的(ア)~(オ)にあてはまる力の大きさを θ_0 、 M 、 m 、 μ 、 g を用いて表しなさい。

物体Aについて： $T = \boxed{\text{ア}} + \boxed{\text{イ}}$

物体Bについて： $\boxed{\text{ウ}} = \boxed{\text{エ}} + \boxed{\text{オ}} + T$

物体A、Bを固定したまま、傾斜角 θ を θ_1 ($\theta_1 > \theta_0$)にした。その後、物体A、Bの固定を外し、このときの時刻を $t = 0$ [s]とした。この状態で物体Aは、時間 t_L [s]で L [m]移動した。なお、 L [m]は、物体Bの長さ l_B [m]に比べて十分に短く、物体Aは物体B上から滑り落ちないものとする。以下の問2および問3について、 θ_1 、 M 、 m 、 μ' 、 g を用いて答えなさい。

問 2 物体の加速度の大きさを $a[\text{m/s}^2]$ としたとき、物体 A, B それぞれの運動方程式を表しなさい。

問 3 このときの物体の加速度の大きさ $a[\text{m/s}^2]$ および張力の大きさ $T[\text{N}]$ を求めなさい。

問 4 物体 A, B が動き始める時刻を $t = 0$ [s] とし, L [m] 移動する時間 $t = t_L$ [s] までの間の物体の速さの時間変化を最もよく表しているグラフを図 2 の(a)~(f)の中から一つ選び, その記号を答えなさい。

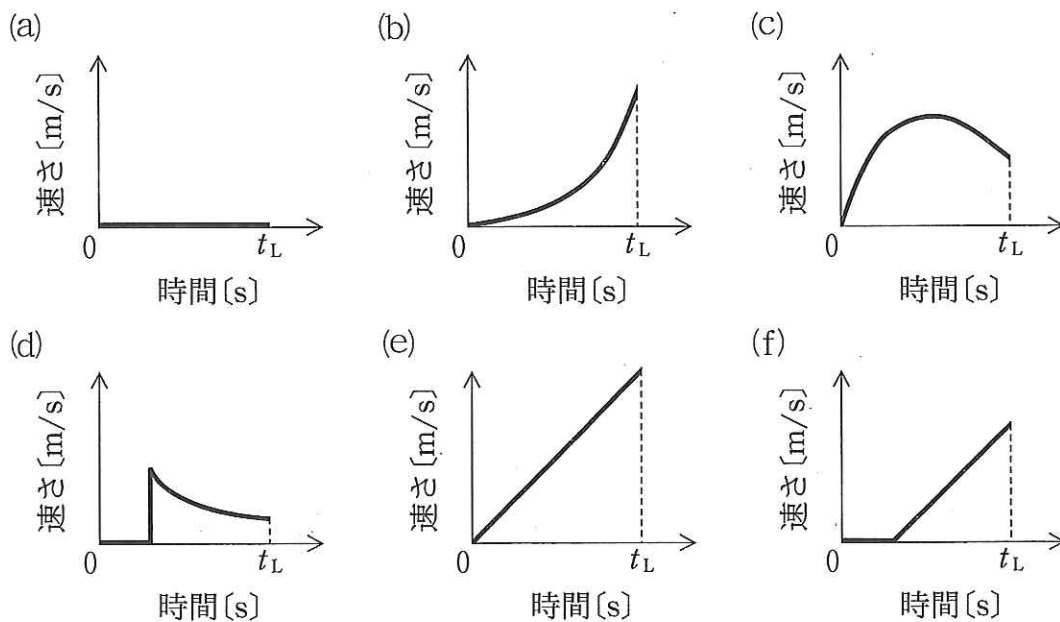


図 2

2 以下の説明文を読み、その後の問いに答えなさい。(配点 25)

シリンダーが滑らかに動くピストンを使って n [mol] の単原子分子の理想気体を封じ込め、図 1 に示すような変化 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ を 1 サイクルとする熱機関を作った。A 点での気体の絶対温度を T_1 [K] とし、気体定数を R [J/(mol·K)] とする。以下の問いに答えなさい。

問 1 B 点, C 点および D 点の絶対温度を T_1 を用いて表しなさい。

問 2 変化 $A \rightarrow B$ で気体が熱源から吸収した熱量 Q_{AB} [J] を n , R および T_1 を用いて表しなさい。

問 3 変化 $B \rightarrow C$ で気体が外部にした仕事 W_{BC} [J] を n , R および T_1 を用いて表しなさい。

問 4 変化 $B \rightarrow C$ で気体が熱源から吸収した熱量 Q_{BC} [J] を n , R および T_1 を用いて表しなさい。

問 5 変化 $D \rightarrow A$ で気体が外部からされた仕事 W_{DA} [J] を n , R および T_1 を用いて表しなさい。

問 6 この熱機関の熱効率の値を求めなさい。

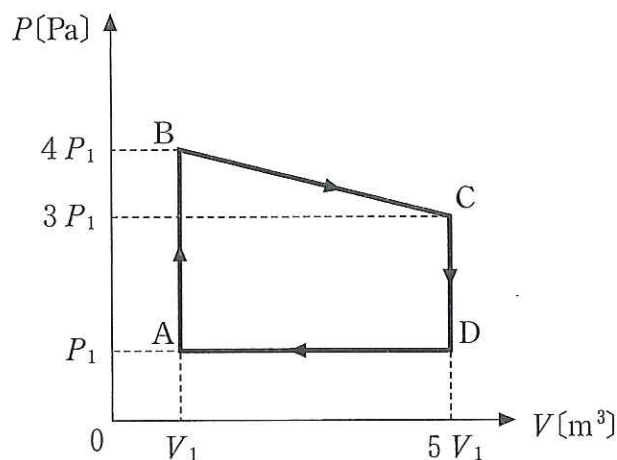


図 1

3 以下の説明文を読み、その後の問いに答えなさい。(配点 25)

粒子が持つ電荷 q [C] の絶対値と質量 m [kg] の比を比電荷という。負の電荷 $-e$ [C] を持った質量 m [kg] の電子の比電荷 $\frac{e}{m}$ [C/kg] を、磁場中の電子の運動から測定することができる。

図 1 のようにガラス球の中に電子を打ち出す電子銃を設置し、ガラス球内を希薄なアルゴン気体で満たす。電子銃から打ち出された電子はアルゴンの気体分子と衝突して発光し、電子の軌道が観測できる。磁束密度の大きさが B [T] の一様な磁場中へ、速さ v [m/s] の電子を磁場に垂直に打ち出すと、電子は運動方向と磁場に垂直な方向に大きさ $\boxed{\text{ア}}$ [N] のローレンツ力を受ける。このローレンツ力が向心力となり、電子は磁場に垂直な平面内で等速円運動する。ただし、ここでは地磁気が実験装置に及ぼす影響は無視できるものとする。速さ v [m/s] で半径 R [m] の等速円運動している質量 m [kg] の電子の向心力の大きさは $\boxed{\text{イ}}$ [N] であるので、円の半径 R [m] は v , m , e , B を用いて $\boxed{\text{ウ}}$ [m] と表せる。

一方、電子銃内部の構造は図 1 のようになっており、負極のフィラメントで発生した電子は電圧 V [V] で加速されて磁場中に打ち出される。負の電荷 $-e$ [C] を持った電子が負極から正極へ移動する間に電場が電子にした仕事は $\boxed{\text{エ}}$ [J] である。負極での電子の速さを 0 [m/s] とすると、正極に到達した時点での電子の速さ v [m/s] は V , m , e を用いて $\boxed{\text{オ}}$ [m/s] となる。

ウ と オ から電子の比電荷 $\frac{e}{m}$ [C/kg] は V , R , B を用いて $\boxed{\text{カ}}$ [C/kg] で与えられる。

問 1 空欄 ア ~ カ に適切な式を入れなさい。

問 2 電子銃の電圧 V [V] を一定の値に保ち、磁束密度の大きさ B [T] を変化させて電子が描く円軌道の半径 R [m] を測定した。磁束密度の大きさ B [T] と半径 R [m] の関係を表しているグラフを図 2 (a) ~ (f) の中から 1 つ選び、その記号を答えなさい。

問 3 磁束密度の大きさ B [T] を一定に保ち，電子銃の電圧 V [V] を変化させて電子が描く円軌道の半径 R [m] を観測した。半径 R [m] の値と電圧 V [V] の関係を示すグラフを図 3 (a)~(f) の中から 1 つ選び，その記号を答えなさい。

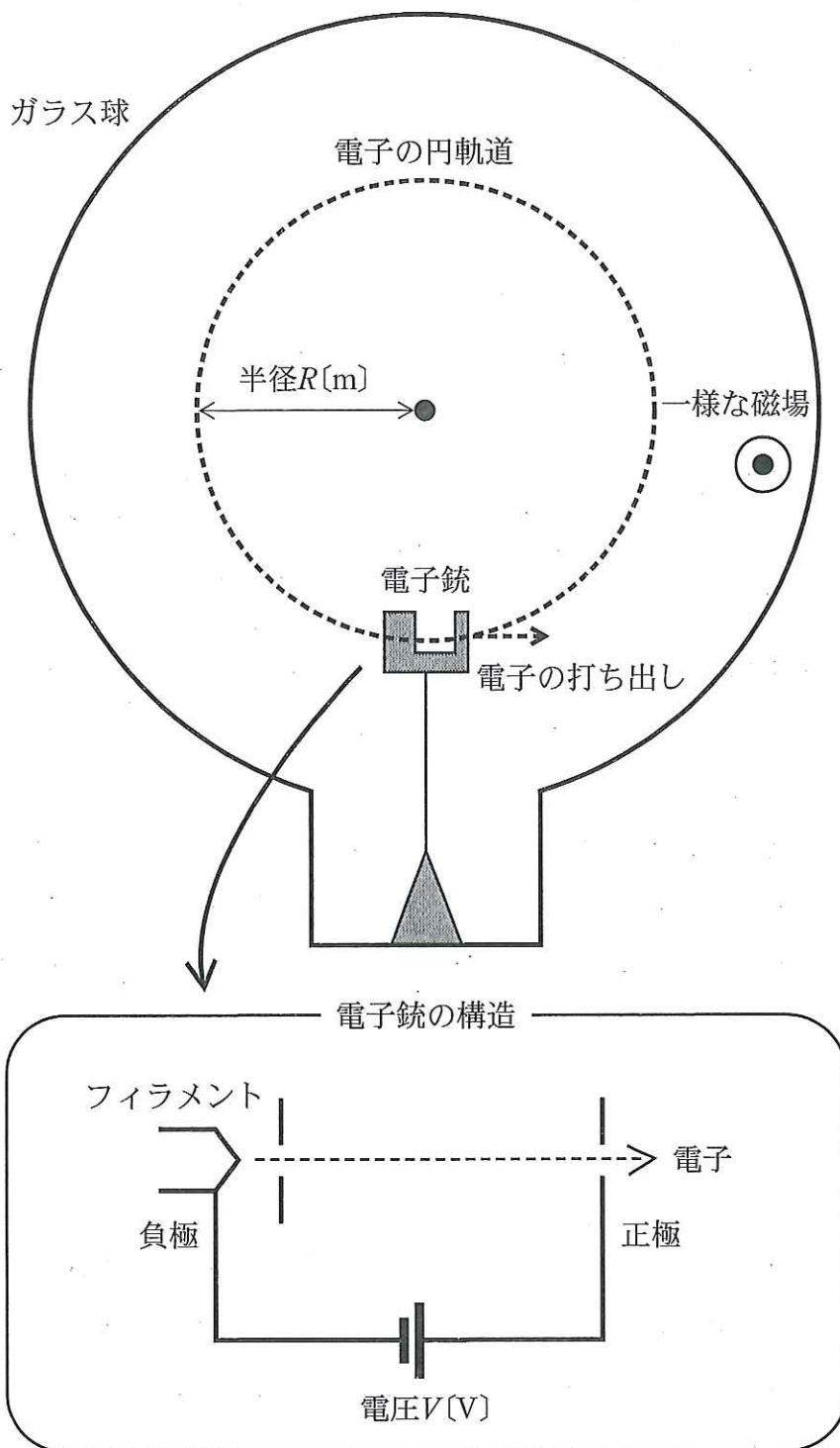


図 1

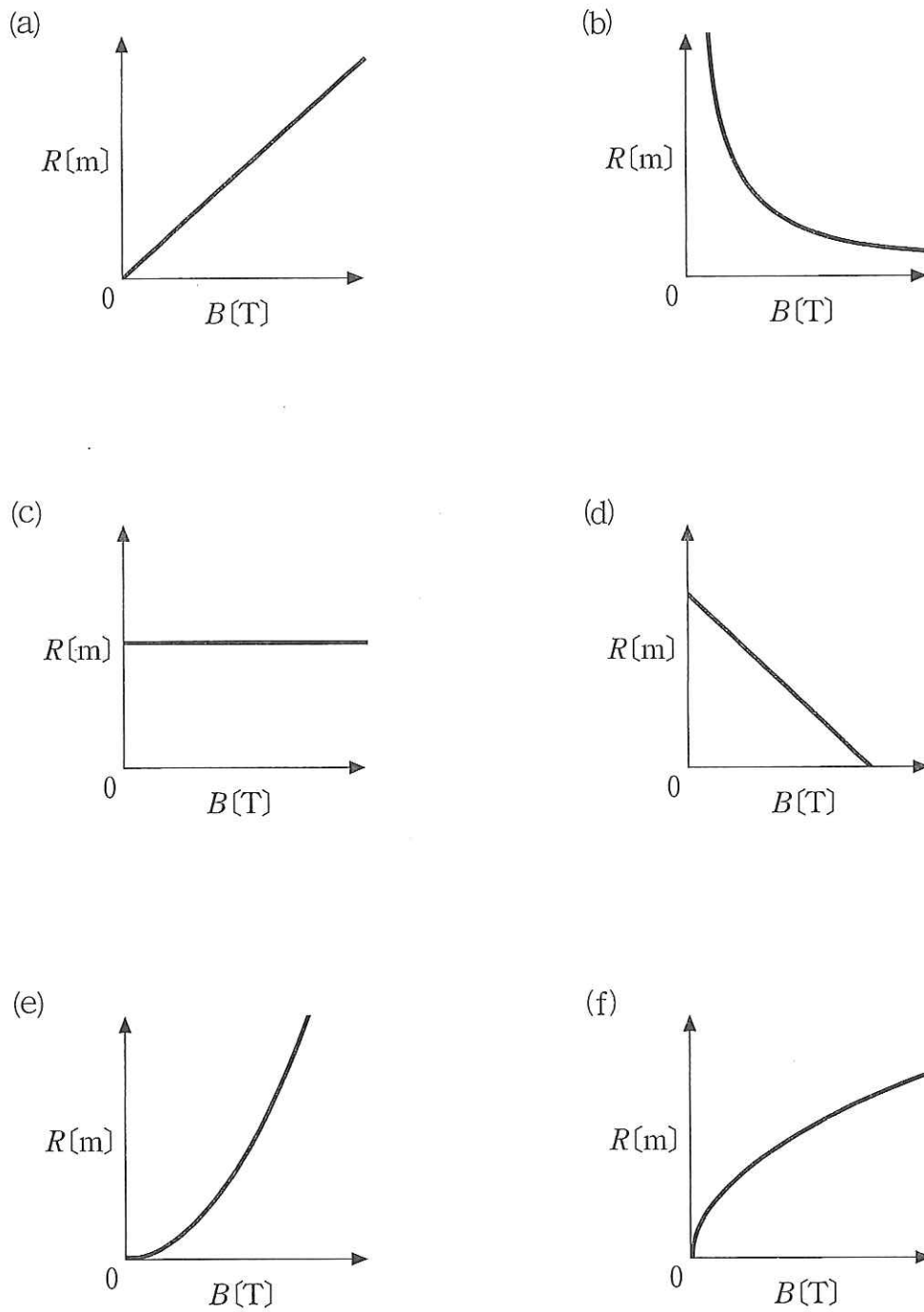


图 2

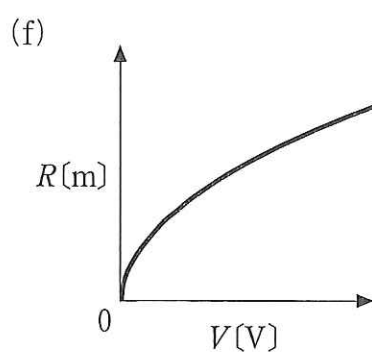
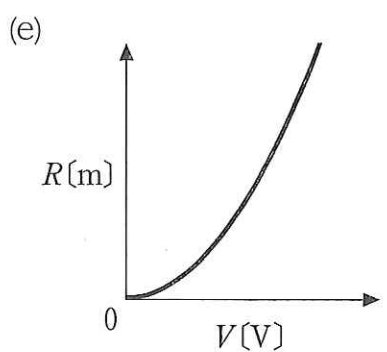
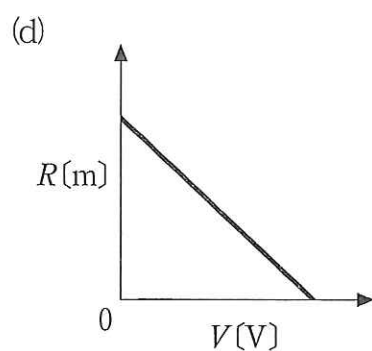
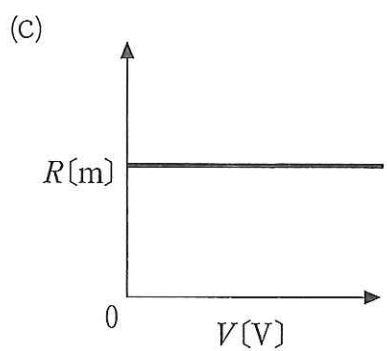
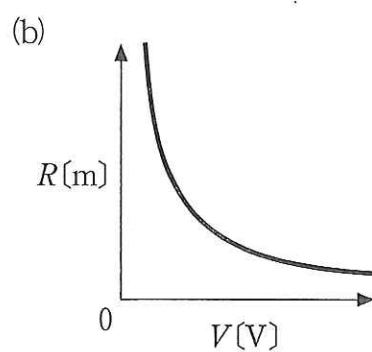
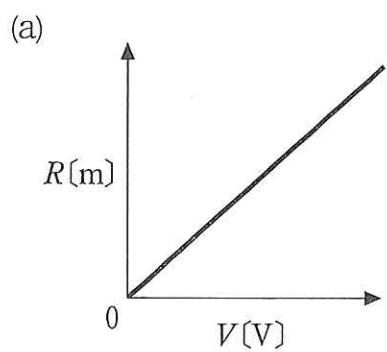
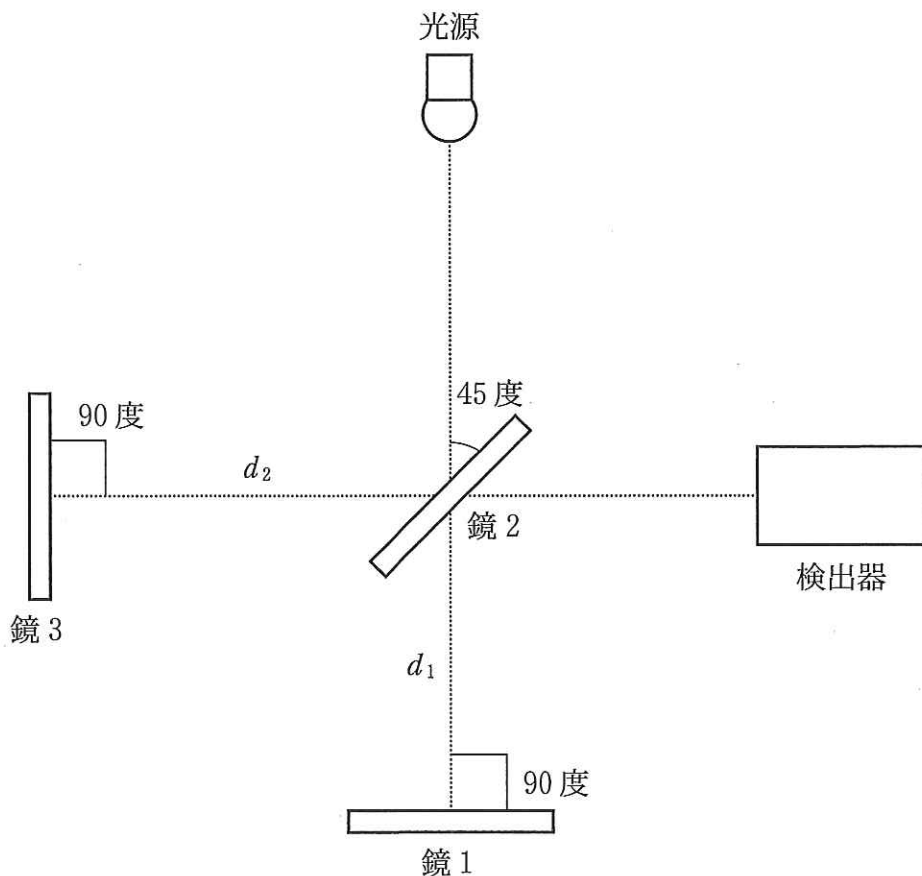


图 3

4 以下の説明文を読み、その後の問いに答えなさい。(配点 25)

フーリエ赤外分光装置は、物質の赤外領域の光の吸収率を測定することによって物質内に含まれる基(原子団)を知ることができる。この装置には光の干渉を利用した機構が組み込まれている。

この機構を下図に示す。図中の鏡1，鏡3では入射光を全反射し，鏡2では，反射光の振幅は入射光の $1/2$ に，透過光の振幅は入射光の $1/2$ になる。したがって検出器に入る光の経路には，光源→鏡2→鏡3→鏡2→検出器と光源→鏡2→鏡1→鏡2→検出器の2通りあることになる。ただし，光源の光の波長を $\lambda(\text{m})$ ，振幅を A とする。



問 1 光源→鏡2→鏡3→鏡2 を通って検出器に入る光の振幅は入射光の振幅の何倍になるか答えなさい。

問 2 鏡 1 と鏡 2 の距離を d_1 [m], 鏡 2 と鏡 3 との距離を d_2 [m] とする。光源 → 鏡 2 → 鏡 3 → 鏡 2 と光源 → 鏡 2 → 鏡 1 → 鏡 2 の経路で検出器に入る光の経路差を求めなさい。

問 3 検出器で観測される光の強度を求める。空欄(ア)~(カ)に適切な値または数式を入れなさい。

光源 → 鏡 2 → 鏡 3 → 鏡 2 を通って検出器に入る光を表す波の式を

$\times \sin \frac{2\pi}{\lambda}(ct - x)$ (x [m] は光源 → 鏡 2 → 鏡 3 → 鏡 2 → 検出器の光路長, c [m/s] は光速, t [s] は時間) と表すことができるとすると, 光源 → 鏡 2 → 鏡 1 → 鏡 2 を通って検出器に入る光の式は問 2 の経路差から と表すことができる。したがって検出器に入るすべての光の波の式は, 重ね合わせの原理および三角関数の公式 ($\sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta) = 2 \sin \alpha \cos \beta$) を用いてまとめると となる。(ウ) で表される波の式のうち位相は , 振幅は である。光の強度は波の振幅の 2 乗で求めることができるから, 検出器で観測される光の強度は三角関数の半角の公式 ($\sin^2(\alpha/2) = (1 - \cos \alpha)/2$ あるいは $\cos^2(\alpha/2) = (1 + \cos \alpha)/2$) を使って整理すると となる。

問 4 光の波長を $\lambda = a$ [m] とし, 鏡 1 を一定の速さ a [m/s] で鏡 2 に近づけ d_1 を変化させた。検出器にどのような強度の時間変化が記録されるか, 測定時刻を t_m , $d_1 = d_2 - at_m$ として式で表しなさい。また, この計算結果から, 検出器で測定される光は 1 秒間に何回点滅するか答えなさい。