

平成 26 年 度 一 般 採 用 試 験 前 期

理 科 (物 理) 試 験 問 題

(理 工 学 専 攻)

(注 意)

1. 試験時間中は、すべて試験係官の指示に従うこと。
2. 理科（物理）試験問題の余白は計算に利用してもよい。

(マークセンス注意)

1. 理科（物理・マークセンス）解答用紙の注意事項を確認のうえ、例にならって氏名及び受験番号を理科（物理・マークセンス）解答用紙に必ず記入及びマークすること。

例 【氏名】 防大 渚 【受験番号】 神奈川県W1234 の場合

※氏名及び受験番号の記入について

	姓	名
フリガナ	ボウダイ	ナギサ
漢 字	防大	渚

	志願地本名	専攻区分	番 号
受験番号	神奈川県	理	W1234

女子受験者について、番号のWはマークしなくてよい。

※受験番号等のマークについて

志願地本名	札幌：(01)	福島：(10)
	函館：(02)	茨城：(11)
	旭川：(03)	栃木：(12)
	帯広：(04)	群馬：(13)
	青森：(05)	埼玉：(14)
	岩手：(06)	千葉：(15)
	宮城：(07)	東京：(16)
	秋田：(08)	神奈川：(●)
	山形：(09)	新潟：(18)

専攻区分	
人社	(1)
理工	(●)
性別	
男	(1)
女	(●)

番 号			
(0)	(0)	(0)	(0)
(●)	(1)	(1)	(1)
(2)	(●)	(2)	(2)
(3)	(3)	(●)	(3)
(4)	(4)	(4)	(●)
(5)	(5)	(5)	(5)
(6)	(6)	(6)	(6)
(7)	(7)	(7)	(7)
(8)	(8)	(8)	(8)
(9)	(9)	(9)	(9)

2. Iの問題は、すべて理科（物理・マークセンス）解答用紙に解答すること。
3. 解答方法は、択一式であり、設問ごとの指示に従い、理科（物理・マークセンス）解答用紙の解答欄にマークすること。例えば、問1で「1」と表示のある問題に対して③と解答する場合は、次の例のように問1、「1」の解答欄の③にマークすること。

解 答 マ ー ク 欄									
例	問1 [1]	(1)	(2)	(●)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)

4. 理科（物理・マークセンス）解答用紙の余白には書き込まないこと。

(記述式注意)

1. IIの問題は、すべて理科（物理・記述式）解答用紙に解答すること。
2. 解答はすべて理科（物理・記述式）解答用紙の定められた欄または枠内に記入すること。
正しく記入していない場合には採点されないので注意すること。
3. 理科（物理・記述式）解答用紙の余白は計算に利用してもよい。

1

I 次の設問1～4に答えよ。

問1 実効値が100 Vで周波数が50 Hzである交流電圧の最大値(振幅)の大きさはいくらか。下の①～⑧のうちから最も近いものを一つ選び、解答欄の[1]にマークせよ。

- ① 0.5 V ② 2 V ③ 6.28 V ④ 70.7 V
 ⑤ 141 V ⑥ 282 V ⑦ 314 V ⑧ 5000 V

問2 1次コイルの巻き数が N_1 、2次コイルの巻き数が N_2 の理想変圧器がある。1次コイルに実効値 V_1 [V]の交流電圧をかけると、2次コイルには実効値 V_2 [V]の交流電圧が発生する。1次コイルと2次コイルに流れる交流電流の実効値をそれぞれ I_1 [A]、 I_2 [A]とする。この変圧器に関する2つの関係式を正しく表しているものを下の①～⑧のうちから一つ選び、解答欄の[2]にマークせよ。

- ① $V_1 V_2 = N_1 N_2$, $V_1 I_2 = V_2 I_1$ ② $V_1 V_2 = N_1 N_2$, $V_1 I_1 = V_2 I_2$
 ③ $V_1 N_1 = V_2 N_2$, $V_1 V_2 = I_1 I_2$ ④ $V_1 N_1 = V_2 N_2$, $V_1 I_2 = V_2 I_1$
 ⑤ $V_1 N_1 = V_2 N_2$, $V_1 I_1 = V_2 I_2$ ⑥ $V_1 N_2 = V_2 N_1$, $V_1 V_2 = I_1 I_2$
 ⑦ $V_1 N_2 = V_2 N_1$, $V_1 I_2 = V_2 I_1$ ⑧ $V_1 N_2 = V_2 N_1$, $V_1 I_1 = V_2 I_2$

問3 実効値400 Vの電圧を発生し、実効値10 Aの電流を供給する発電機がある。この発電機で発電した電力を全抵抗が 6Ω の長距離送電線で送電する場合、ジュール熱として送電線で失われる電力は発電電力の何%か。下の①～⑧のうちから一つ選び、解答欄の[3]にマークせよ。

- ① 0.25% ② 0.6% ③ 1.5% ④ 2.5%
 ⑤ 6% ⑥ 15% ⑦ 25% ⑧ 60%

問4 問3の発電機で発生させた電圧を理想変圧器を用いて実効値2000 Vに変換し、全抵抗が 6Ω の長距離送電線で電力を送電する場合、ジュール熱として送電線で失われる電力は発電電力の何%か。下の①～⑧のうちから一つ選び、解答欄の[4]にマークせよ。

- ① 0.25% ② 0.6% ③ 1.5% ④ 2.5%
 ⑤ 6% ⑥ 15% ⑦ 25% ⑧ 60%

II 電気容量が C_1 [F], C_2 [F] である2つのコンデンサー C_1 , C_2 と、一定電圧 V_0 [V] を発生する直流電源を、3つのスイッチ $S_1 \sim S_3$ を用いて図1のように接続する。ただし、初めはコンデンサーには電荷は蓄えられていない。この回路について以下の問に答えよ。

問1 スイッチ S_1 を①に接続し、スイッチ S_2 を閉じて C_1 を充電する。ただし、スイッチ S_3 は開いたままとする。十分に時間がたったときの C_1 に蓄えられる電気量 Q_0 [C] を求めよ。

問2 問1で C_1 が蓄えた電気量 Q_0 を失わないように、次の手順でスイッチを切り替える。

- ① スイッチ S_2 を開く
- ② スイッチ S_1 を②に接続する
- ③ スイッチ S_3 を閉じる

このときの回路は、図2のように表される。 C_1 および C_2 の両端の電位差をそれぞれ V_1 [V], V_2 [V] とし、十分に時間がたったときの C_1 および C_2 に蓄えられる電気量をそれぞれ Q_1 [C], Q_2 [C] とする。

(ア) Q_1 , Q_2 , および問1で求めた電気量 Q_0 の間の関係を等式で表せ。また、その関係を表す物理法則の名称を答えよ。

(イ) V_0 , V_1 , V_2 の間の関係を等式で表せ。

(ウ) V_1 , V_2 , Q_1 , Q_2 を、それぞれ V_0 , C_1 , C_2 を用いて表せ。

(エ) V_2 を V_0 より大きくするためには、 C_1 と C_2 の間の関係はどのような条件を満たせばよいか。数式で答えよ。

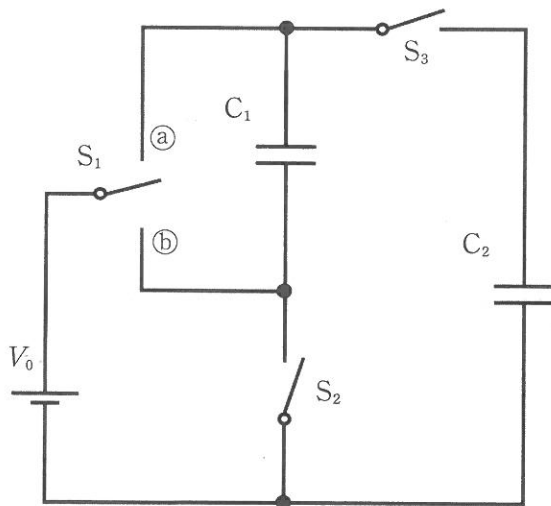


図1

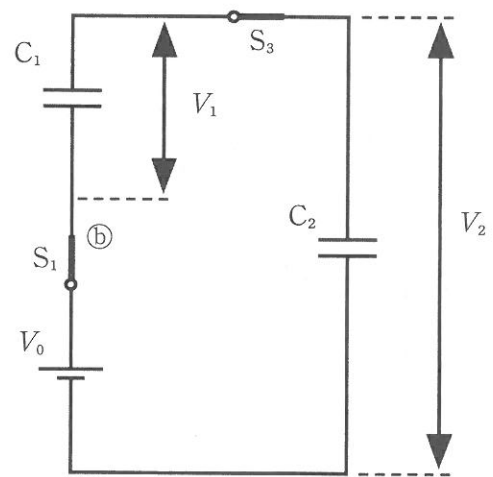


図2

2 なめらかに動くピストンの付いたシリンダー内に、1 [mol] の単原子分子理想気体を閉じ込め、気体の状態を変化させる。図1はこの理想気体の状態変化を表したものであり、縦軸は圧力 p [Pa]、横軸は体積 V [m³] を表す。原点 O は $p = 0$ 、 $V = 0$ である。

状態 A の圧力、体積、温度を、それぞれ p_0 [Pa]、 V_0 [m³]、 T_0 [K] とする。図1に示すように、状態 A にある気体に熱を加えて、状態 B および状態 C へゆっくり変化させる。状態 B と状態 C の温度は等しく、その温度を T [K] とする。状態 D は、状態 B と状態 C をむすぶ等温線上にあり、その圧力は $3p_0$ [Pa]、体積は $3V_0$ [m³] である。状態 E は、状態 X から状態 Y までの状態変化を表す曲線上にあり、その圧力、体積、および温度を、それぞれ p_1 [Pa]、 V_1 [m³]、 T_1 [K] とする。

気体定数を R [J/mol·K] として以下の設問に答えよ。ただし、状態変化 $A \rightarrow B$ は定積変化、状態変化 $A \rightarrow C$ は定圧変化である。

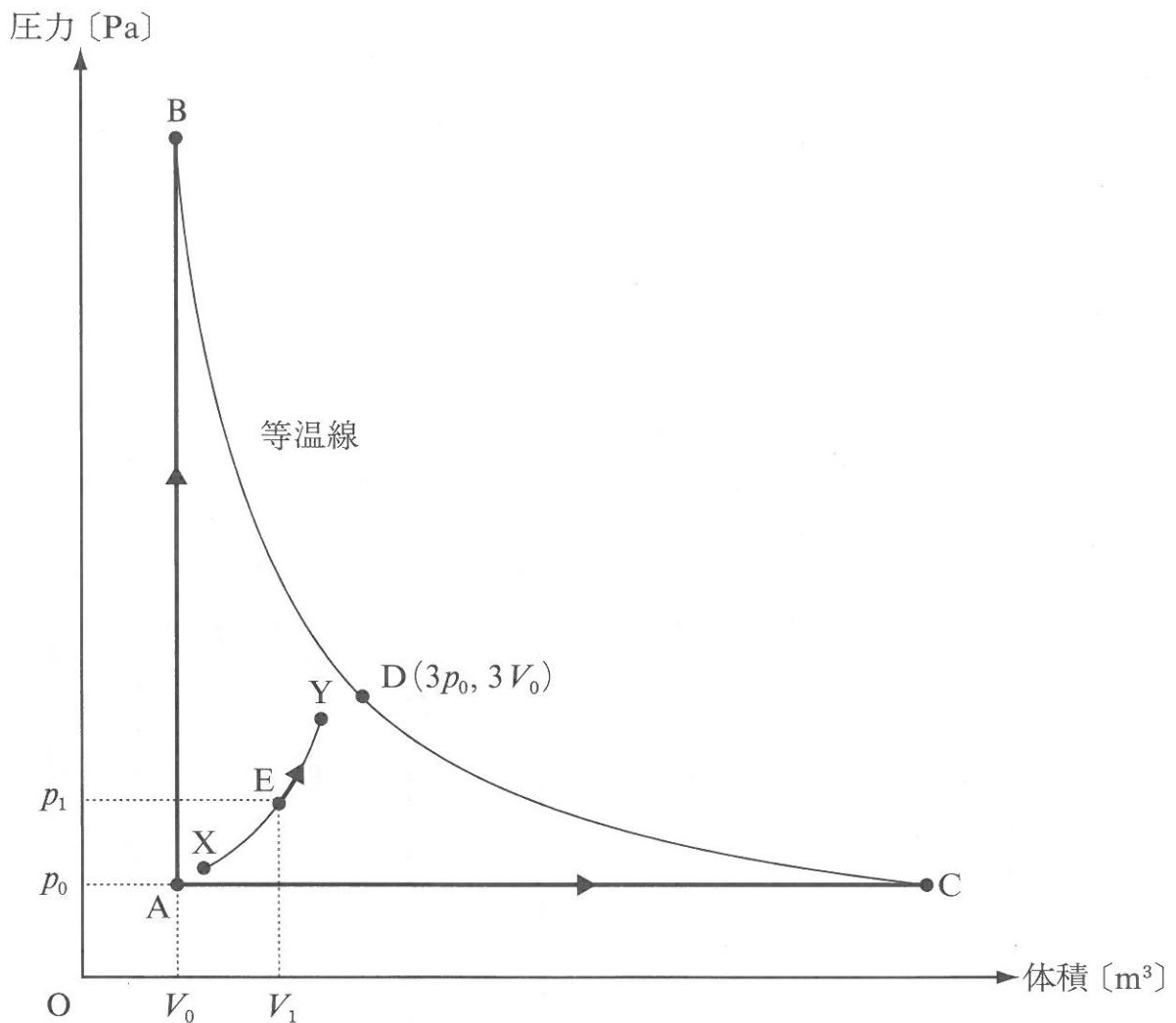


図1

I

問1 次の文章中の(ア)～(オ)の解答の組み合わせとして最も適切なものを、下の①～⑧のうちから一つ選び、解答欄 [5] にマークせよ。

$A \rightarrow B$, $A \rightarrow C$ のいずれの状態変化においても、気体の温度は(ア)し、内部エネルギーは(イ)する。 $A \rightarrow B$ の変化では、気体は外部に(ウ)。 $A \rightarrow C$ の変化では、気体は外部に(エ)。そのため $A \rightarrow B$ の変化に比べて $A \rightarrow C$ の変化の方が、気体が吸収する熱量は(オ)。

- | | | | | | | | | | | |
|---|---|----|---|----|---|--------|---|--------|---|-----|
| ① | ア | 上昇 | イ | 増加 | ウ | 仕事をする | エ | 仕事をしない | オ | 少ない |
| ② | ア | 上昇 | イ | 減少 | ウ | 仕事をする | エ | 仕事をする | オ | 少ない |
| ③ | ア | 上昇 | イ | 増加 | ウ | 仕事をしない | エ | 仕事をする | オ | 多い |
| ④ | ア | 上昇 | イ | 減少 | ウ | 仕事をしない | エ | 仕事をしない | オ | 多い |
| ⑤ | ア | 上昇 | イ | 増加 | ウ | 仕事をしない | エ | 仕事をする | オ | 少ない |
| ⑥ | ア | 下降 | イ | 減少 | ウ | 仕事をしない | エ | 仕事をする | オ | 少ない |
| ⑦ | ア | 下降 | イ | 増加 | ウ | 仕事をする | エ | 仕事をしない | オ | 多い |
| ⑧ | ア | 下降 | イ | 減少 | ウ | 仕事をしない | エ | 仕事をしない | オ | 多い |

問2 $A \rightarrow B$, $A \rightarrow C$ のいずれについても、状態変化後の気体の温度 T は(カ) [K] である。 T を表す式として、最も適切なものを下の①～⑥のうちから一つ選び、解答欄 [6] にマークせよ。

- ① $\frac{3}{2}T_0$ ② $2T_0$ ③ $\frac{5}{2}T_0$ ④ $4T_0$ ⑤ $6T_0$ ⑥ $9T_0$

問3 $A \rightarrow B$, $A \rightarrow C$ のいずれについても、状態変化による気体の内部エネルギーの増加量 ΔU は、(キ) [J] である。 ΔU を表す式として、最も適切なものを下の①～⑥のうちから一つ選び、解答欄 [7] にマークせよ。

- ① $\frac{3}{4}RT_0$ ② $\frac{3}{2}RT_0$ ③ $\frac{9}{4}RT_0$ ④ $9RT_0$ ⑤ $12RT_0$ ⑥ $\frac{27}{2}RT_0$

II 本設問IIは前の設問Iの続きであるが、記述式である。設問ごとの指示に従い、記述式の解答用紙の定められた欄内に解答すること。ただし解答は、 R , T_0 のうち必要な記号を用いて表せ。

問1

- (ア) 状態変化 $A \rightarrow B$ で理想気体に与えられた熱量を Q_{AB} [J] とする。 Q_{AB} を求めよ。
- (イ) 状態変化 $A \rightarrow B$ におけるモル比熱を C_{AB} [J/mol·K] とする。 C_{AB} を求めよ。
- (ウ) 状態変化 $A \rightarrow C$ で理想気体が外部にした仕事を W_{AC} [J] とする。 W_{AC} を求めよ。
- (エ) 状態変化 $A \rightarrow C$ におけるモル比熱を C_{AC} [J/mol·K] とする。 C_{AC} を求めよ。

問2

図2は、図1の一部（状態変化 $X \rightarrow Y$ の過程）を拡大して表したものである。状態Eにある気体に熱を加えることで、体積を V_1 [m³] から $V_1 + \Delta V$ [m³] へ微小変化させる。このとき、微小体積変化 ΔV に対する圧力の変化 Δp を $a\Delta V$ と近似すると、微小変化後の圧力は、 $p_1 + a\Delta V$ [Pa] で表される。この微小な状態変化について以下の問に答えよ。ただし解答は $(\Delta V)^2$ を無視 ($(\Delta V)^2 \doteq 0$) し、 $a, R, p_1, V_1, \Delta V$ のうち必要な記号を用いて表せ。

- (ア) この微小な状態変化における理想気体の温度変化を ΔT_E [K] とする。 ΔT_E を ΔV の1次までで求めよ。
- (イ) この微小な状態変化で理想気体がした仕事を ΔW_E [J] とする。 ΔW_E を ΔV の1次までで求めよ。
- (ウ) この微小な状態変化におけるモル比熱を C_E [J/mol·K] とする。(ア)と(イ)の結果を用いて C_E を求めよ。

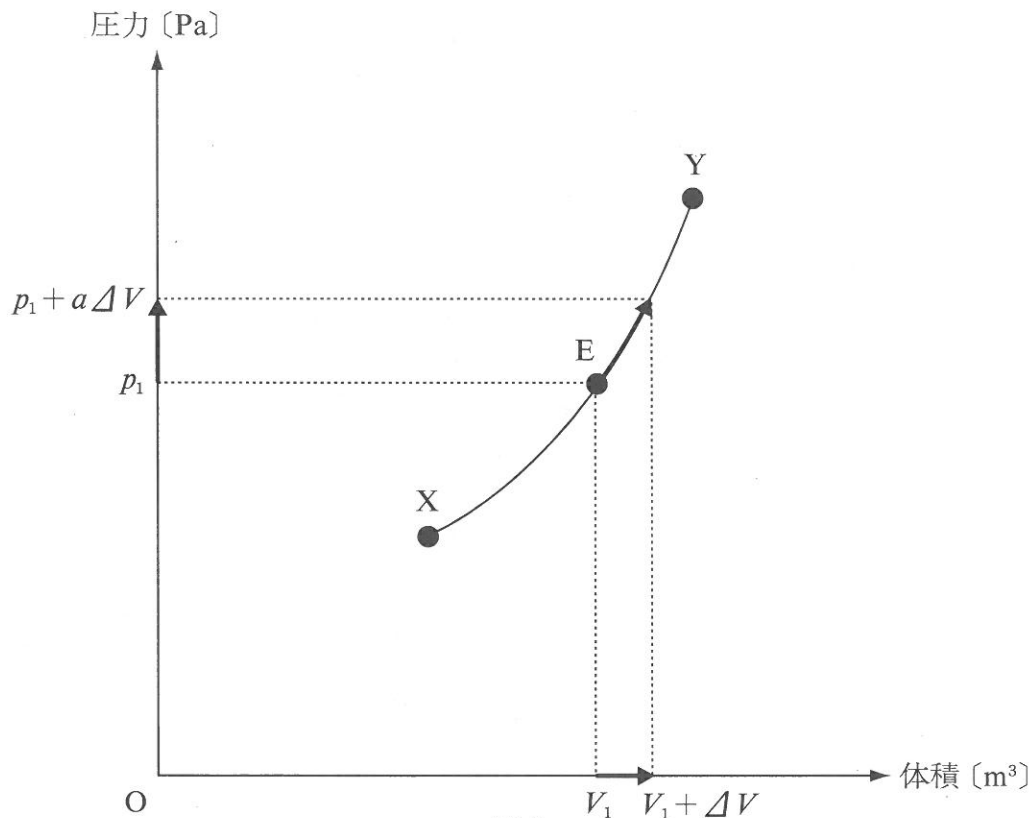


図2

3

I 空欄 [8] ~ [16] に入る最も適切な解答を、下記のそれぞれの空欄の番号ごとに示す選択肢から一つ選び、解答欄の [8]~[16] にマークせよ。

晴れた風のない夜、遠くの音が聞こえることがある。これは地表が冷え地表付近の気温が下がるのに対し、上空の気温はさほど下がらず、気温によって音速が変化することにより音の [8] または反射の現象が起こるためである。気温の低い地表付近では音速は上空より [9]。音速が連続的に変化する媒質内では、常に音速の [9] 側に連続的に [8] するため遠くからの音を聞くことができる。波の性質を持つ光についても連続的に気温が変化する場合、同様な [8] または反射の現象が起こることが知られている。

富山県魚津市では図1、2に示すような現象が観測されることで有名である。この現象は [10] と呼ばれ、大気中に発生する大気温度差により、音波と同様に光が [8] または反射して起こる現象である。つまり [11] が気温により [12] して起こると考えられている。図1に示すように海面付近の気温が [13] 場合で、さらに上空の気温が [14] 場合、船の虚像が実像の上空に逆さにあるように観測される。また、図2に示すように海面付近の気温が [15] 場合で、さらに上空の気温が [16] 場合、船の虚像が実像の下に逆さに見え、かつ海面から浮いているように観測される。

選択肢

- [8] ①干渉 ②回折 ③屈折 ④反射 ⑤吸収 ⑥放射 ⑦回転 ⑧反転
 [9] ①暖かい ②大きい ③濃い ④冷たい ⑤薄い ⑥小さい
 [10] ①透過 ②回折 ③干渉 ④雷 ⑤虹 ⑥蜃気楼 ⑦オーロラ ⑧スプライト
 [11] ①吸収率 ②屈折率 ③透過率 ④放射 ⑤回折 ⑥回転
 [12] ①変化 ②高速化 ③上昇 ④一定 ⑤下降 ⑥低速化
 [13] ①高い ②低い
 [14] ①高い ②低い
 [15] ①高い ②低い
 [16] ①高い ②低い

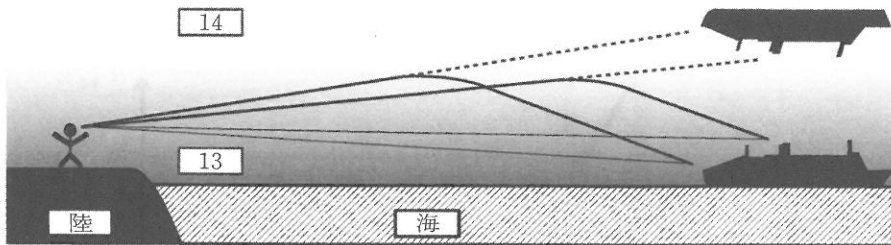


図1

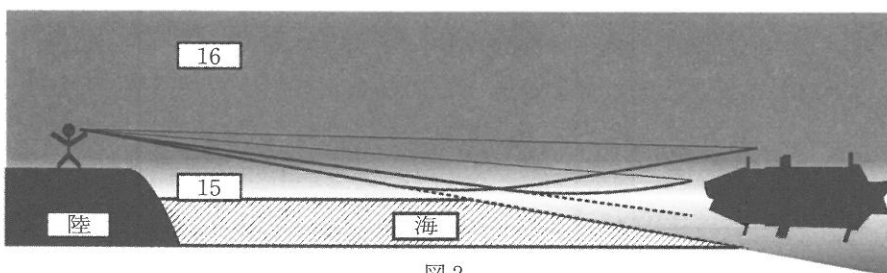


図2

II 図3に示すようにレーザー光源、CD (Compact Disk) およびスクリーンが設置してある。回折格子でなくともCDに刻まれた溝を利用して同様な光の干渉を観察することができ、次のような実験を行った。レーザー光をスクリーンに開いた小さな穴を通して照射した。レーザー光はCDに垂直に入射し、CDの記録面で反射した。図3に示すようにスクリーンでは0次と1次の回折光のみを観測することを考える。CDからスクリーンまでの距離 ℓ を変化させて0次の回折光からの1次回折光の位置 d を測定した。その結果、図4に示すようなグラフを得た。このグラフの二つの直線のなす角度を測ると角度 θ_1 は 46.6° であった。レーザー光源の波長は $0.633\ \mu\text{m}$ の赤色のものとし、CD記録面にある保護層による影響は無視できるものとする。また、三角関数の値は下記のものを使用して計算をすること。 $(1\ \mu\text{m} = 1 \times 10^{-6}\ \text{m})$

$\sin(\theta_1/4) = 0.202, \sin(\theta_1/2) = 0.395, \sin(\theta_1) = 0.727, \sin(1.5\theta_1) = 0.998,$
 $\cos(\theta_1/4) = 0.979, \cos(\theta_1/2) = 0.918, \cos(\theta_1) = 0.687, \cos(1.5\theta_1) = 0.343$

以下の問に答えよ。

問1 CDの記録面に作られている溝の間隔は回折格子の間隔である格子定数と同様に求めることができる。何 μm となるか。小数点以下3桁目を四捨五入し、小数点以下2桁のa. b c μm の形で解答せよ。

問2 前問にあるようにこの実験で用いられる格子定数は μm 程度でレーザー光の波長と同程度である。このため、得られる回折光の数は限られたものとなる。スクリーンを無限に大きくしたとして本実験では何次の回折光まで得られるか。次数を解答欄に記せ。

問3 レーザー光源をブルーレイディスクに用いられる $0.405\ \mu\text{m}$ のレーザーに変更した場合、回折光は何次まで得られるか。次数を解答欄に記せ。

問4 赤色のレーザーの代わりに白色光を用いた場合、回折光はどのように変化するか。次の空欄に当てはまる最も適切な言葉を下記の選択肢から選び記号で解答せよ。

白色光は様々な色で構成されている。0次の回折光は (a) 色光となるが、1次以降の n 次の回折光では可視光で最も波長の短い (b) 色が (c) 側に、可視光で最も波長の (d) い (e) 色が (f) 側に現れる。このように波長によって回折される角度が異なることが分かる。(n は 1, 2, 3, ... の自然数)

選択肢

- ア. 赤 イ. 白 ウ. 紫 エ. 緑 オ. 黄 カ. 橙 キ. 短 ク. 長
 ケ. 中 コ. 細か サ. 粗 シ. 濃 ス. 薄 セ. ($n+1$) 次 ソ. ($n-1$) 次

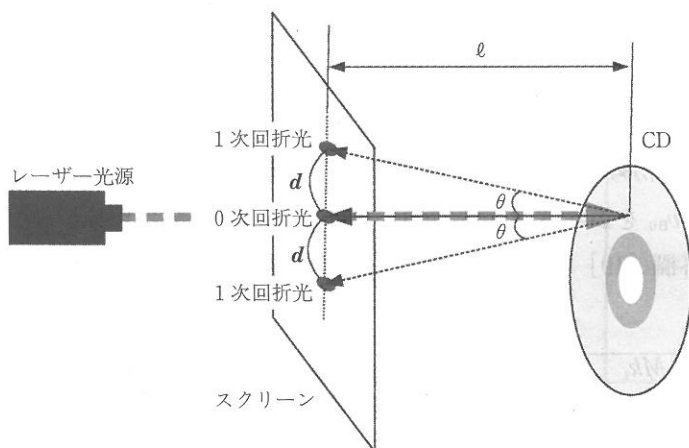


図3

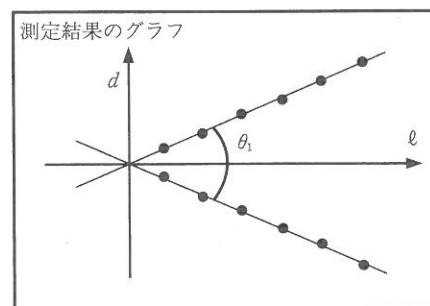


図4

4

I 図1(1)のように、滑らかで水平な床の上に質量 M [kg] の水平台 A が置かれている。A の左右端には、自然長が L [m]、バネ定数が k_1 [N/m] の質量が無視できるバネ 1 と、自然長が L [m]、バネ定数が k_2 [N/m] の質量が無視できるバネ 2 とが、A の水平面に対し平行になるように、それぞれ取り付けられている。さらに、A の中央には質量 m [kg] の小物体 B が置かれており、B の左右端にはそれぞれ、バネ 1 とバネ 2 の他端が隙間なく接触している。A と B との間の摩擦は無視できるとし、バネの伸縮を含め、運動は全て同一直線上で生じるものとし、床に沿って右向きを x 軸の正方向とする。

図1(1)の状態から、図1(2)のように、A を始めの位置から動かさないようにしながら B を x 軸の負の方向に距離 x_0 [m] だけずらし、A、B から同時に静かに手を離す。

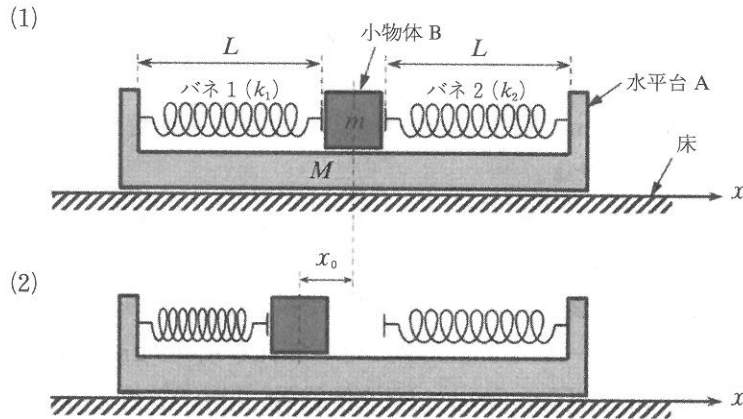


図1

問1 手を離れた瞬間に A と B は動き始める。このときの A の加速度を a_{A0} [m/s²] とする。

a_{A0} を表す式として適切なものを下の①～⑥のうちから一つ選び、解答欄 [17] にマークせよ。

① $\frac{k_1}{M}x_0$ ② $-\frac{k_1}{M}x_0$ ③ $\frac{k_1}{m}x_0$ ④ $-\frac{k_1}{m}x_0$ ⑤ $\frac{k_1}{M+m}x_0$ ⑥ $-\frac{k_1}{M+m}x_0$

問2 手を離れた瞬間に A と B は動き始める。このときの B の加速度を a_{B0} [m/s²] とする。

a_{B0} を表す式として適切なものを下の①～⑥のうちから一つ選び、解答欄 [18] にマークせよ。

① $\frac{k_1}{M}x_0$ ② $-\frac{k_1}{M}x_0$ ③ $\frac{k_1}{m}x_0$ ④ $-\frac{k_1}{m}x_0$ ⑤ $\frac{k_1}{M+m}x_0$ ⑥ $-\frac{k_1}{M+m}x_0$

問3 A、B が運動開始後、バネ 1 が初めて自然長に戻る瞬間の A の速度を v_{A0} (m/s)、B の速度を v_{B0} (m/s) とする。 v_{A0} 、 v_{B0} を表す式として適切なものを下の①～⑧のうちから一つずつ選び、 v_{A0} については解答欄 [19] に、 v_{B0} については解答欄 [20] にそれぞれマークせよ。

① $-\sqrt{\frac{k_1}{M+m}}x_0$ ② $-\sqrt{\frac{Mk_1}{(M+m)m}}x_0$ ③ $-\sqrt{\frac{mk_1}{(M+m)M}}x_0$ ④ $-\sqrt{\frac{k_1}{M}}x_0$
 ⑤ $\sqrt{\frac{k_1}{M+m}}x_0$ ⑥ $\sqrt{\frac{Mk_1}{(M+m)m}}x_0$ ⑦ $\sqrt{\frac{mk_1}{(M+m)M}}x_0$ ⑧ $\sqrt{\frac{k_1}{M}}x_0$

II 本設問IIは前の設問Iの続きであるが、記述式である。以下の間に答えよ。

その後、A、Bは互いに逆向きに同じ周期で往復運動を始めた。そこで、図2のようにバネ1の左端と小物体Bの左端の座標をそれぞれ x_A [m]、 x_B [m] とし、A、Bのそれぞれの加速度を a_A [m/s²]、 a_B [m/s²] とする。そして、自然長 L [m] に対するバネ1の変位 $x(=x_B-x_A-L)$ [m] と、Aから見たBの加速度 $a(=a_B-a_A)$ [m/s²] を考える。

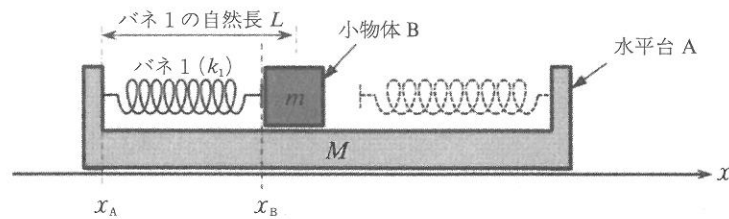


図2

問1 小物体Bがバネ1に接している間の、A、Bそれぞれについての運動方程式を a_A 、 a_B 、 M 、 m 、 k_1 、 x を用いて表せ。

問2 a は、Aから見たBの加速度とみなせる。したがって、設問IIの問1の答えから a と x の関係式を求めると、角振動数を ω [1/s] として単振動の方程式 $a = -\omega^2 x$ を得ることができる。この式の ω を M 、 m 、 k_1 を用いて表せ。

問3 以上の結果を参考に、Aから見たBの往復運動の周期 T_s [s] を、 M 、 m 、 k_1 、 k_2 を用いて表せ。

運動しているAとBを一旦静止させ、図3(1)のように、Bの左右両端にバネ1、バネ2をそれぞれ取り付ける。さらに固定台でAを床に固定する。次に、図3(2)のようにBを x 軸の負の方向に距離 x_0 [m] だけずらし、Bから静かに手を離す。

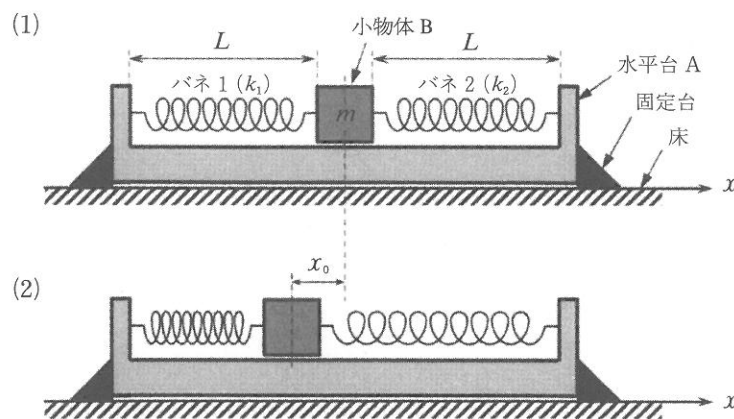


図3

問4 手を離れた瞬間にBは単振動を始める。手を離す瞬間のBの加速度を、 b_B [m/s²] とする。 b_B を m 、 k_1 、 k_2 、 x_0 を用いて表せ。

問5 Bの単振動の周期を T_c [s] とする。 T_c を m 、 k_1 、 k_2 を用いて表せ。