平成27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】　神奈川理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	理	Ｗ１２３４

※受験番号等のマークについて（女子受験者は，番号のＷについてはマークしなくてよい。）

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．問題中にマークセンス解答問題と表記のある設問の解答は，理科（物理・マークセンス）解答用紙にマークすること。

3．解答方法は，設問ごとの指示に従い，理科（物理・マークセンス）解答用紙の解答マーク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］の解答マーク欄の ③ にマークすること。

例

解答マーク欄								
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．問題中に記述式解答問題と表記のある設問の解答は，理科（物理・記述式）解答用紙に記入すること。

2．解答はすべて別紙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 問1，問2と問4，問5は記述式解答問題，問3はマークセンス解答問題である。

2つの物体が水平な直線に沿って運動する場合について考察した以下の一連の文を読み，それらに続く各問に答えよ。

互いに力を及ぼし合うことはあっても外部からの力は働かない2つの物体について，その運動量の合計は時間が経っても一定である。このとき，2つの物体の重心は2つの物体の質量を合計した質量を持ち一定の速度で運動する物体と同じ運動をする。その運動の速度は，2つの物体の運動量の合計を質量の合計で割った値に等しく，重心の速度と呼ばれる。運動量保存の法則が成立することと重心の速度が一定であることとは等価である。

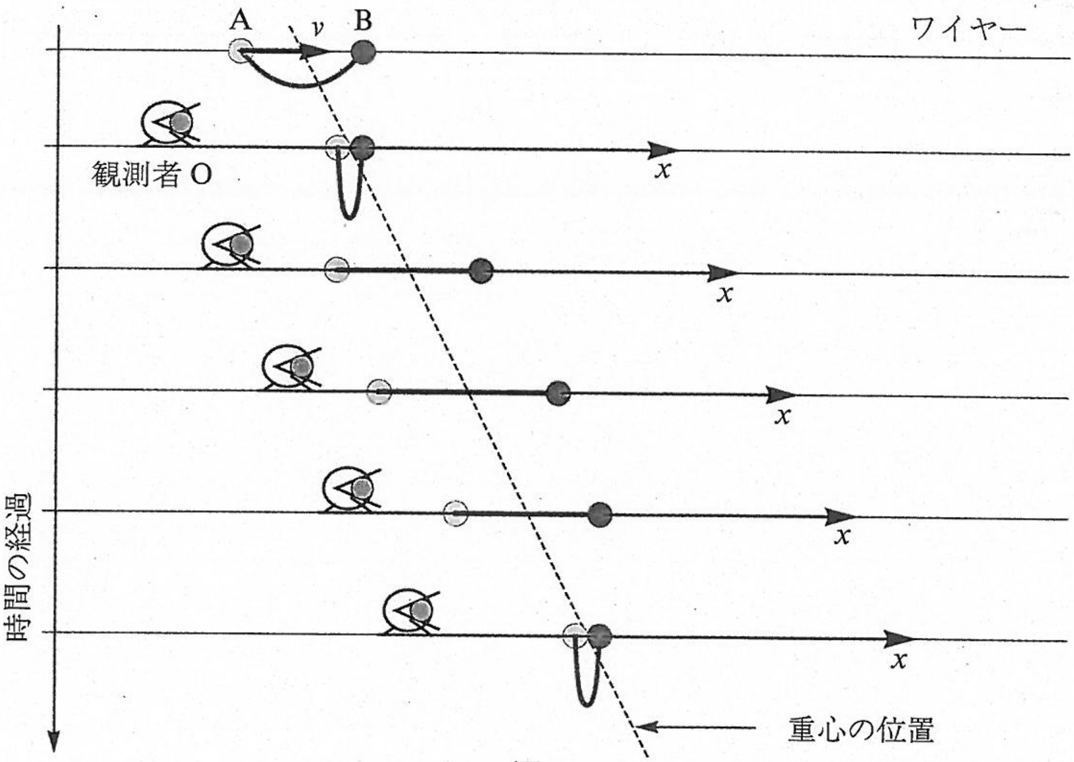
問1　質量 m_1 の物体の速度を v_1 とし，質量 m_2 の物体の速度を v_2 とする。この2つの物体の重心の速度を答えよ。

問2　この2つの物体に外部から働く力はないとする。2つの物体の重心とともに一定の速度で運動する観測者から見た，2つの物体の運動エネルギーの合計を答えよ。

次に，等しい質量 m をもち，大きさを無視できるような2つの小さな物体Aと物体Bがまっすぐで水平に張られた1本の細いワイヤーに沿って滑らかに運動する状況を考える。

2つの物体は質量の無視できる自然の長さ l_0 のゴムひもで結ばれており，ゴムひもの長さ l が自然の長さ l_0 よりも大きいとき，その伸び $l-l_0$ に比例する大きさ $k(l-l_0)$ の力で互いに引きつけ合う。しかし，2つの物体の距離がゴムひもの自然の長さ l_0 よりも小さいときには，ゴムひもは2つの物体の運動に影響を与えない。

問3　図は静止した物体Bに物体Aを速度 v で衝突させたときの2つの物体の運動の様子を時間の経過とともに示している。図とその内容に関する以下の文について，文中の空欄［1］から［10］に当てはまる最適な答えを下記のそれぞれの選択肢から1つ選び解答欄の［1］から［10］にマークせよ。ただしゴムひもの自然の長さからの伸びは終始小さいとし，2つの物体が衝突する際にエネルギーは失われないものとする。



図

はじめにワイヤー上に固定され図の右側が正の方向となる座標軸を考え，２つの物体ＡとＢが最初に衝突する瞬間の重心の位置をその原点とする。重心の速度は常に一定であるから，はじめの衝突から時間 t だけ経過した後の重心の位置は ［1］ である。ゴムひもはたるんだままであるとすれば，このとき物体Ｂの位置は ［2］ である。したがって，はじめの衝突からゴムひもがはじめて自然の長さでたるみのない状態となるまでにかかる時間は ［3］ である。

重心と同じ速度で運動する観測者Ｏは，図に示すように，重心が常に原点となるような x 軸を用いて２つの物体の運動を観察する。この運動する座標軸での物体ＡとＢの位置をそれぞれ x_A および x_B と記し，対応する速度を v_A および v_B，加速度を a_A および a_B とする。衝突後はじめてゴムひもが自然の長さでたるみのない状態となるときの物体ＡおよびＢの位置は，観測者Ｏの座標軸では $x_A =$ ［4］ および $x_B =$ ［5］ である。またこのとき物体Ａと物体Ｂの速度はそれぞれ $v_A =$ ［6］ および $v_B =$ ［7］ である。

ゴムひもが自然の長さよりも伸びている間の物体Ａと物体Ｂの運動方程式は，それぞれ $ma_A = k(x_B - x_A - l_0)$ および $ma_B = -k(x_B - x_A - l_0)$ となるが，２つの物体の位置 x_A および x_B の間には常に ［8］ の関係が成り立つ。これを用いて変形すると物体Ａの運動方程式は $ma_A =$ ［9］ となり，物体Ｂの運動方程式は $ma_B =$ ［10］ となる。これらの運動方程式は鉛直バネ振り子の運動方程式と同じ形の方程式である。よってこの間，２つの物体は観測者Ｏに対して単振動と同様の運動をする。

[1]　① $\frac{vt}{8}$　② $\frac{vt}{4}$　③ $\frac{3vt}{8}$　④ $\frac{vt}{2}$　⑤ $\frac{5vt}{8}$　⑥ $\frac{3vt}{4}$　⑦ $\frac{7vt}{8}$　⑧ vt

[2]　① $-vt$　② $-\frac{vt}{2}$　③ $-\frac{vt}{4}$　④ 0　⑤ $\frac{vt}{4}$　⑥ $\frac{vt}{2}$　⑦ $\frac{3vt}{4}$　⑧ vt

[3]　① $\frac{l_0}{4v}$　② $\frac{l_0}{3v}$　③ $\frac{l_0}{2v}$　④ $\frac{l_0}{v}$　⑤ $\frac{2l_0}{v}$　⑥ $\frac{3l_0}{v}$　⑦ $\frac{4l_0}{v}$　⑧ $\frac{5l_0}{v}$

[4]　① $-l_0$　② $-\frac{3}{4}l_0$　③ $-\frac{1}{2}l_0$　④ $-\frac{1}{4}l_0$　⑤ $\frac{1}{4}l_0$　⑥ $\frac{1}{2}l_0$　⑦ $\frac{3}{4}l_0$　⑧ l_0

[5]　① $-l_0$　② $-\frac{3}{4}l_0$　③ $-\frac{1}{2}l_0$　④ $-\frac{1}{4}l_0$　⑤ $\frac{1}{4}l_0$　⑥ $\frac{1}{2}l_0$　⑦ $\frac{3}{4}l_0$　⑧ l_0

[6]　① $-v$　② $-\frac{3}{4}v$　③ $-\frac{1}{2}v$　④ $-\frac{1}{4}v$　⑤ $\frac{1}{4}v$　⑥ $\frac{1}{2}v$　⑦ $\frac{3}{4}v$　⑧ v

[7]　① $-v$　② $-\frac{3}{4}v$　③ $-\frac{1}{2}v$　④ $-\frac{1}{4}v$　⑤ $\frac{1}{4}v$　⑥ $\frac{1}{2}v$　⑦ $\frac{3}{4}v$　⑧ v

[8]　① $x_A+x_B=l_0$　② $x_A-x_B=l_0$　③ $x_A-x_B=-l_0$　④ $x_A+x_B=0$

⑤ $x_A-x_B=0$　⑥ $x_A+x_B=2l_0$　⑦ $x_A+x_B=-2l_0$　⑧ $x_A+x_B=-l_0$

[9]　① $2k\left(x_A-\frac{3}{2}l_0\right)$　② $-2k\left(x_A-\frac{1}{2}l_0\right)$　③ $-2k\left(x_A+\frac{1}{2}l_0\right)$　④ $2k\left(x_A+\frac{3}{2}l_0\right)$

⑤ $2k\left(x_B-\frac{3}{2}l_0\right)$　⑥ $-2k\left(x_B-\frac{1}{2}l_0\right)$　⑦ $-2k\left(x_B+\frac{1}{2}l_0\right)$　⑧ $2k\left(x_B+\frac{3}{2}l_0\right)$

[10]　① $2k\left(x_A-\frac{3}{2}l_0\right)$　② $-2k\left(x_A-\frac{1}{2}l_0\right)$　③ $-2k\left(x_A+\frac{1}{2}l_0\right)$　④ $2k\left(x_A+\frac{3}{2}l_0\right)$

⑤ $2k\left(x_B-\frac{3}{2}l_0\right)$　⑥ $-2k\left(x_B-\frac{1}{2}l_0\right)$　⑦ $-2k\left(x_B+\frac{1}{2}l_0\right)$　⑧ $2k\left(x_B+\frac{3}{2}l_0\right)$

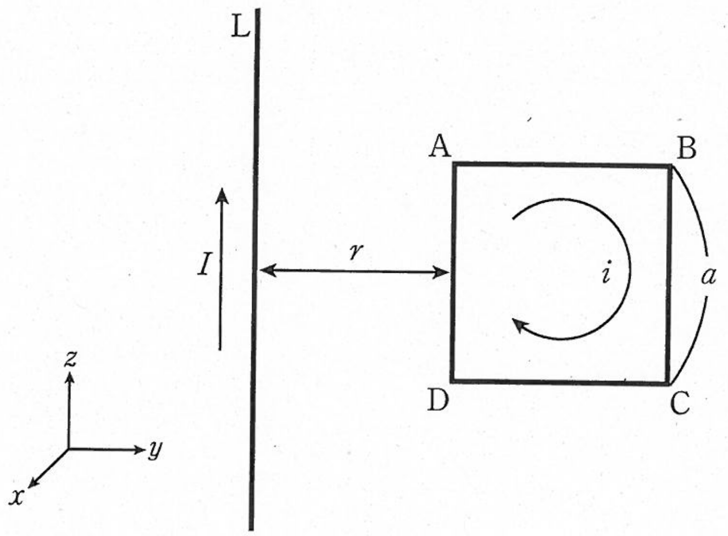
問４　２つの物体ＡとＢが最も離れたときにゴムひもに蓄えられたエネルギーを質量 m と速度 v を用いて表せ。

問５　２つの物体ＡとＢが最も離れたときの物体間の距離をゴムひもの自然の長さ l_0，復元力の係数 k および質量 m と速度 v を用いて表せ。

2 問1～問4は記述式解答問題である。

図のように，真空中に z 軸と平行で十分に長い直線状の導線Lがあり，z 軸正の向きに電流 I〔A〕が流れている。また，y 軸に平行で導線Lと同一平面内に一辺の長さ a〔m〕の正方形コイルABCDが固定されており，A→B→C→Dの向きに電流 i〔A〕が流れている。コイルの辺ADは導線Lと平行で，y 軸正の向きに r〔m〕だけはなれている。真空の透磁率を μ_0〔N/A^2〕として，以下の問に答えよ。ただし，向きを答える際には以下の選択肢から選び，番号で答えよ。

① x 軸正の向き　② x 軸負の向き　③ y 軸正の向き
④ y 軸負の向き　⑤ z 軸正の向き　⑥ z 軸負の向き



図

問1　コイルの辺ADと辺BCそれぞれの位置において，電流 I がつくる磁場の強さと向きを答えよ。

問2　電流 I がつくる磁場からコイルの辺ADが受ける力の大きさと向きを答えよ。

問3　次に，空間全体に y 軸正の向きへ一様な磁場を加えたところ，電流 I がつくる磁場と一様な磁場からコイルの辺ADが受ける力の合力の大きさが，問2において電流 I がつくる磁場から受ける力の大きさの2倍となった。この一様な磁場の強さを答えよ。

問4　問3のとき，電流 I がつくる磁場と一様な磁場からコイルABCD全体が受ける力の合力の大きさと向きを答えよ。

3 **問１～問５はマークセンス解答問題である。**

図１のように，内部抵抗が無視できる電池Ｅ（起電力５Ｖ），抵抗Ｒ（抵抗値100Ω），コンデンサーＣ（電気容量20μＦ），半導体ダイオードＤ，およびスイッチＳからなる電気回路がある。図２は半導体ダイオードＤの特性曲線であり，順方向に電圧 V_D〔Ｖ〕をかけると電流 I_D〔mA〕が流れる。ただし，$V_D \leqq 0.5$ Ｖのとき $I_D = 0$ mAである。抵抗Ｒに流れる電流を I_R〔mA〕，コンデンサーＣに流れ込む電流を I_C〔mA〕として，以下の問に答えよ。

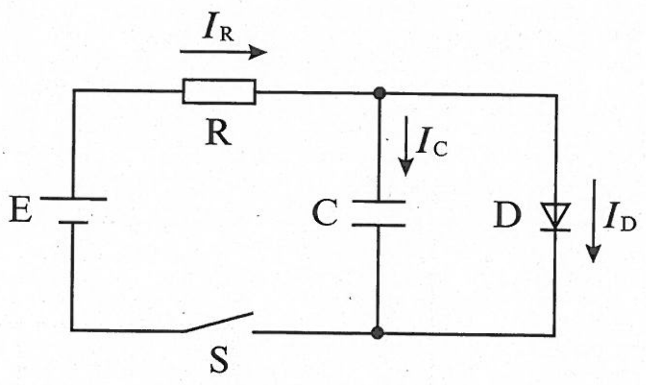


図１

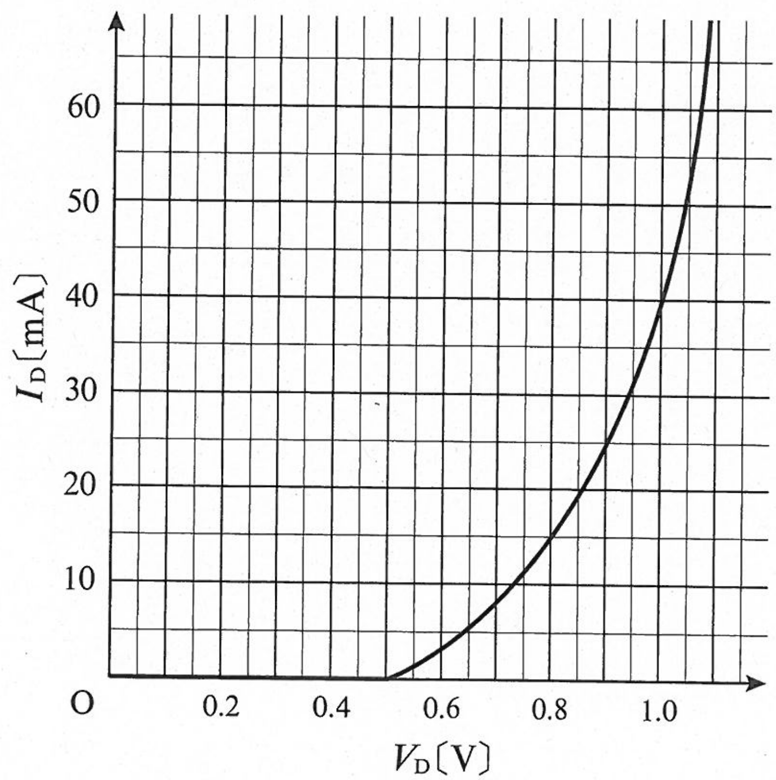


図２

問1　スイッチSを閉じた直後の電流 I_R，I_C，I_D〔mA〕の大きさとして，以下の選択肢から最も近い数値を選び，I_R は解答欄の［11］，I_C は解答欄の［12］，I_D は解答欄の［13］にマークせよ。ただし，スイッチSを閉じる前，コンデンサーCに電荷はたくわえられていないものとする。

① 0　② 5　③ 10　④ 20　⑤ 30　⑥ 40　⑦ 50　⑧ 60

問2　スイッチSを閉じてから十分な時間がたったときの電流 I_R，I_C，I_D〔mA〕の大きさとして，以下の選択肢から最も近い数値を選び，I_R は解答欄の［14］，I_C は解答欄の［15］，I_D は解答欄の［16］にマークせよ。

① 0　② 5　③ 10　④ 20　⑤ 30　⑥ 40　⑦ 50　⑧ 60

問3　問2のとき，コンデンサーCにたくわえられた電気量 Q〔C〕の大きさとして，以下の選択肢から最も近い数値を選び，解答欄の［17］にマークせよ。

① 0　② 2.5×10^{-6}　③ 5.0×10^{-6}　④ 1.0×10^{-5}
⑤ 1.4×10^{-5}　⑥ 1.7×10^{-5}　⑦ 2.0×10^{-5}　⑧ 2.3×10^{-5}

問4　スイッチSを閉じてから十分な時間がたった後でスイッチSを開いたところ，半導体ダイオードDにしばらくの間電流が流れてから $I_D = 0$ mA となった。この $I_D = 0$ mA となった時にコンデンサーCにたくわえられている電気量 Q〔C〕の大きさとして，以下の選択肢から最も近い数値を選び，解答欄の［18］にマークせよ。

① 0　② 2.5×10^{-6}　③ 5.0×10^{-6}　④ 1.0×10^{-5}
⑤ 1.4×10^{-5}　⑥ 1.7×10^{-5}　⑦ 2.0×10^{-5}　⑧ 2.3×10^{-5}

問5　問4において，スイッチSを開いてから $I_D = 0$ mA になるまでに半導体ダイオードDで消費されたエネルギー W〔J〕の大きさとして，以下の選択肢から最も近い数値を選び，解答欄の［19］にマークせよ。

① 0　② 2.5×10^{-6}　③ 3.0×10^{-6}　④ 4.0×10^{-6}
⑤ 5.0×10^{-6}　⑥ 7.5×10^{-6}　⑦ 1.0×10^{-5}　⑧ 2.0×10^{-5}

4 問１はマークセンス解答問題，問２は記述式解答問題である。

以下の文章は，眼鏡やカメラレンズなどに用いられている反射防止膜の説明である。説明文を読み，各問に答えよ。

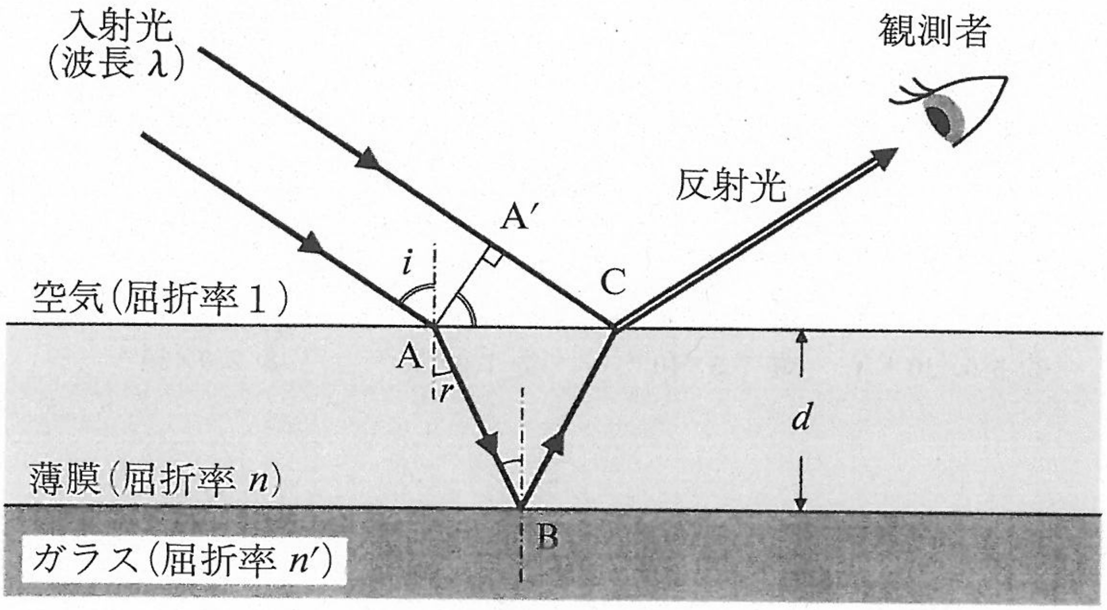
反射防止膜は，異なる経路を通る反射光が，光の $\boxed{[20]}$ によって弱め合うよう設計された薄膜であり，光学レンズのガラスの表面などにコーティングされている。

いま，空気，厚さ $d\,(>0)$ の薄膜，ガラスからなる層を考える。ここでは空気の屈折率を１とみなし，薄膜の屈折率 n とガラスの屈折率 n' との関係は $1 < n < n'$ とする。

図のように，波長 λ の同一光源の光が，空気中から薄膜に入射角 i で入射するとき，薄膜の表面で反射する光と，屈折角 r で屈折して薄膜中を進み薄膜の底面で反射する光がある。点Aで薄膜に入射した光は，ABCの経路（経路１）を進む。一方，点A′を通る光はA′Cの経路（経路２）を進み，いずれも点Cを通る反射光として観測者に届く。なお，入射角 i と屈折角 r の間には $\boxed{[21]}$ の関係が成り立っている。

光が薄膜中を進む速さは，空気中における速さの $\boxed{[22]}$ 倍である。よって，光が薄膜中を距離 L だけ進むと，同じ時間に空気中では距離 $\boxed{[23]}$ だけ進む。この距離 $\boxed{[23]}$ を光路長と呼び，同一の光路長に含まれる波の数は媒質によらず等しい。経路１における薄膜中のABC間の光路長は $\boxed{[24]}$，経路２における空気中のA′C間の光路長は $\boxed{[25]}$ であるから，経路１と経路２を通る光の光路長の差（光路差）は $\boxed{[26]}$ となる。

図の点Bおよび点Cにおける反射のように，光が屈折率の小さい媒質から入射し屈折率の大きい媒質の境界面で反射した場合，反射光は逆位相となる。よってこの図の場合，経路１と経路２の光路差が $\boxed{[27]}$ である時，反射光が互いに弱め合い反射防止膜として機能する。逆に，この光路差が $\boxed{[28]}$ の時には反射光が互いに強め合う。



図

問１　文中の空欄$\boxed{}$に当てはまる最適な式または語句を下記のそれぞれの選択肢から１つ選び解答欄の［20］～［28］にマークせよ。

［20］ ① 回折　② 散乱　③ 共振　④ 分散
⑤ 偏光　⑥ ドップラー効果　⑦ 全反射　⑧ 干渉

［21］ ① $n^2 \sin i = \sin r$　② $\sin i = n^2 \sin r$　③ $n \sin i = \sin r$　④ $\sin i = n \sin r$
⑤ $n^2 \cos i = \cos r$　⑥ $\cos i = n^2 \cos r$　⑦ $n \cos i = \cos r$　⑧ $\cos i = n \cos r$

［22］ ① n^2　② n　③ $2n$　④ $4n^2$
⑤ $\dfrac{1}{n^2}$　⑥ $\dfrac{1}{n}$　⑦ $\dfrac{1}{2n}$　⑧ $\dfrac{1}{4n^2}$

［23］ ① n^2L　② nL　③ $2nL$　④ $4n^2L$
⑤ $\dfrac{L}{4n^2}$　⑥ $\dfrac{L}{2n}$　⑦ $\dfrac{L}{n}$　⑧ $\dfrac{L}{n^2}$

［24］ ① $\dfrac{2d}{n\cos r}$　② $\dfrac{2d\cos r}{n}$　③ $\dfrac{2d}{n\sin r}$　④ $\dfrac{2d\sin r}{n}$
⑤ $\dfrac{2nd}{\cos r}$　⑥ $2nd\cos r$　⑦ $\dfrac{2nd}{\sin r}$　⑧ $2nd\sin r$

［25］ ① $\dfrac{2d\sin^2 r}{n\cos r}$　② $\dfrac{2nd\sin^2 r}{\cos r}$　③ $\dfrac{2d\cos r}{n}$　④ $2nd\cos r$
⑤ $\dfrac{2d\sin r}{n}$　⑥ $2nd\sin r$　⑦ $\dfrac{2d\sin^2 r}{\cos r}$　⑧ $2d\cos r$

［26］ ① $\dfrac{2nd}{\sin r}$　② $2nd\sin r$　③ $\dfrac{2d\sin r}{n}$　④ $\dfrac{2d}{n\sin r}$
⑤ $\dfrac{2nd}{\cos r}$　⑥ $2nd\cos r$　⑦ $\dfrac{2d\cos r}{n}$　⑧ $\dfrac{2d}{n\cos r}$

[27] ① $\lambda, 2\lambda, 3\lambda, 4\lambda, \cdots$ ② $\frac{1}{2}\lambda, \lambda, \frac{3}{2}\lambda, 2\lambda, \cdots$ ③ $\frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, \frac{7}{2}\lambda, \cdots$

④ $\lambda, 3\lambda, 5\lambda, 7\lambda, \cdots$ ⑤ $\frac{\lambda^2}{d}, 2\frac{\lambda^2}{d}, 3\frac{\lambda^2}{d}, 4\frac{\lambda^2}{d}, \cdots$ ⑥ $\frac{1}{2}\frac{\lambda^2}{d}, \frac{\lambda^2}{d}, \frac{3}{2}\frac{\lambda^2}{d}, 2\frac{\lambda^2}{d}, \cdots$

⑦ $2\lambda, 4\lambda, 6\lambda, 8\lambda, \cdots$ ⑧ $\frac{1}{2}\frac{\lambda^2}{d}, \frac{3}{2}\frac{\lambda^2}{d}, \frac{5}{2}\frac{\lambda^2}{d}, \frac{7}{2}\frac{\lambda^2}{d}, \cdots$

[28] ① $\lambda, 2\lambda, 3\lambda, 4\lambda, \cdots$ ② $\frac{1}{2}\lambda, \lambda, \frac{3}{2}\lambda, 2\lambda, \cdots$ ③ $\frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, \frac{7}{2}\lambda, \cdots$

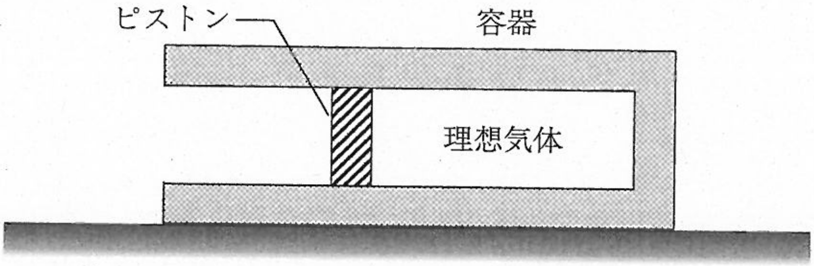
④ $\lambda, 3\lambda, 5\lambda, 7\lambda, \cdots$ ⑤ $\frac{\lambda^2}{d}, 2\frac{\lambda^2}{d}, 3\frac{\lambda^2}{d}, 4\frac{\lambda^2}{d}, \cdots$ ⑥ $\frac{1}{2}\frac{\lambda^2}{d}, \frac{\lambda^2}{d}, \frac{3}{2}\frac{\lambda^2}{d}, 2\frac{\lambda^2}{d}, \cdots$

⑦ $2\lambda, 4\lambda, 6\lambda, 8\lambda, \cdots$ ⑧ $\frac{1}{2}\frac{\lambda^2}{d}, \frac{3}{2}\frac{\lambda^2}{d}, \frac{5}{2}\frac{\lambda^2}{d}, \frac{7}{2}\frac{\lambda^2}{d}, \cdots$

問2　反射防止を目的として，平面のガラスの上に屈折率1.5の薄膜をコーティングした。波長4.2×10^{-7} mの単色光が入射角0°で薄膜に入射する場合に反射光が弱め合う条件を満たす反射防止膜のうち，最小の膜の厚さを有効数字2桁で答えよ。ただし，ガラスの屈折率は1.5よりも大きいとする。

5 問1と問2は記述式解答問題である。

図のように，なめらかに動くピストンによって n〔mol〕の単原子分子理想気体を閉じ込めた容器が外気の圧力 p〔Pa〕のもと水平な床の上に固定されている。ピストンの断面積を S〔m²〕とし，容器は熱をよく通すものとする。理想気体のはじめの温度を外気と同じ T〔K〕とし，気体定数を R〔J/(mol·K)〕として以下の問に答えよ。



図

問1　理想気体の温度を T〔K〕に保ったまま，ピストンに外部から力を加えながら，ゆっくりと容器の内側へ動かした。外気による力以外に加えた力が F〔N〕になったときについて各問に答えよ。ただし，そのときまでに外部から理想気体にした仕事は W〔J〕であった。

(1)　理想気体の圧力を求めよ。

(2)　理想気体の体積を求めよ。

(3)　理想気体から外部に放出した熱量を求めよ。

問2　理想気体をはじめの状態に戻してから，容器を温めて理想気体の温度を少しずつ上げたところ，ピストンがゆっくりと外向きに L〔m〕移動した。各問に答えよ。

(1)　理想気体が外部にした仕事を求めよ。

(2)　理想気体の温度を求めよ。

(3)　理想気体に与えられた熱量を求めよ。