

問題・解答 用紙番号	28
---------------	----

の解答用紙に解答しなさい。

## 物 理

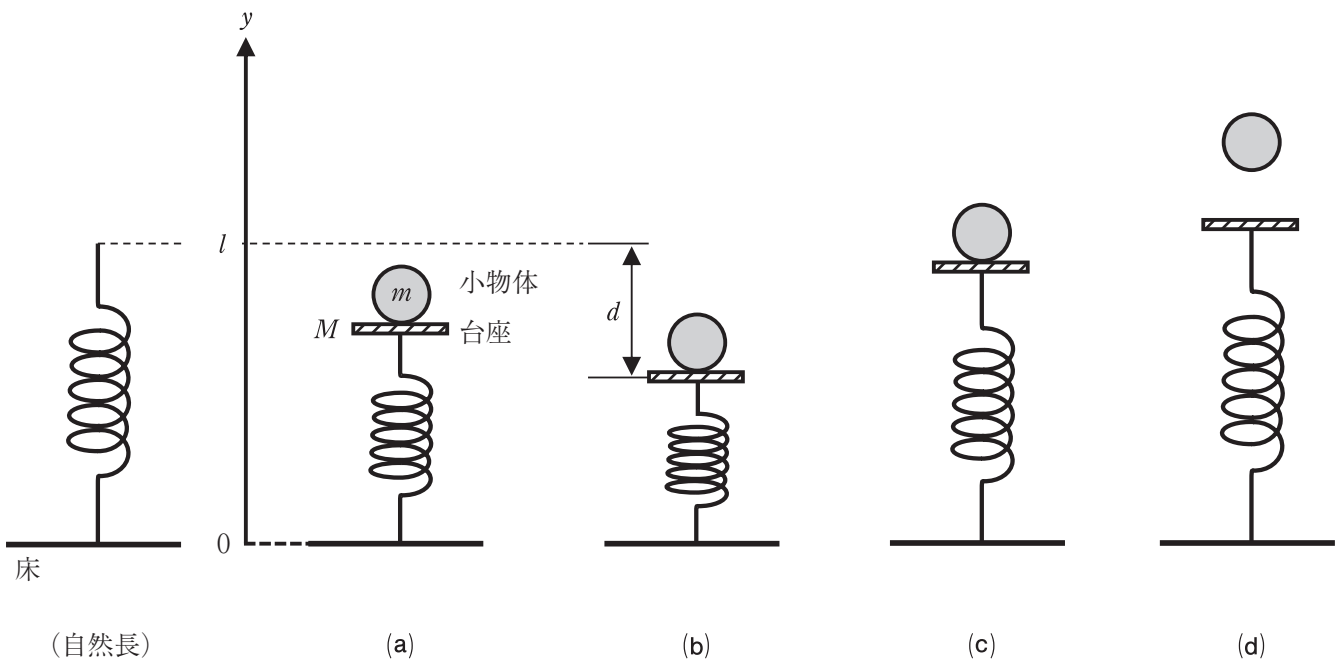
〈受験学部・学科〉

理工学部(住環境デザイン学科・建築学科・都市環境工学科・機械工学科・電気電子工学科)

問題は100点満点で作成しています。

**I** 次の文を読み、各問いに対する最も適切な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。また、記述問題への解答は指示による。なお、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とし、空気抵抗は無視できるものとする。(40点)

図に示すように、水平な床に固定された質量の無視できる自然長  $l$  [m]、バネ定数  $k$  [N/m] のバネの上に厚さの無視できる質量  $M$  [kg] の台座を取り付け、台座の上に質量  $m$  [kg] の小物体を静かに置いた。バネは常に鉛直方向のみに運動するものとする。なお、鉛直上向きに  $y$  軸をとり、床を  $y$  軸の原点とする。



図

[1] 小物体を台座に静かに置いた後、バネはつり合いの状態(a)となった。以下の問いに答えよ。

問1. 台座の位置は床から何 m か。

解答群

$$\begin{array}{lll} \text{(ア)} \frac{(m+M)g}{k} & \text{(イ)} \frac{Mg}{k} & \text{(ウ)} l - \frac{Mg}{k} \\ \text{(エ)} l - \frac{(m+M)g}{k} & \text{(オ)} l - \frac{mg}{k} & \end{array}$$

問2. 台座と小物体の間の垂直抗力の大きさは何 N か。

解答群

$$\text{(ア)} Mg \quad \text{(イ)} mg \quad \text{(ウ)} (m+M)g \quad \text{(エ)} km \quad \text{(オ)} \frac{(m+M)}{k}$$

[2] 手で力を加え、バネを自然長から  $d$  [m] 縮めて静止させた。この状態を(b)とする。以下の問いに答えよ。

問3. 小物体, 台座, バネに蓄えられる力学的エネルギーの合計は何 J か。ただし, 床を重力による位置エネルギーの基準とする。

解答群

$$\begin{array}{lll} \text{(ア)} \frac{1}{2}kd^2 + (m+M)gd & \text{(イ)} \frac{1}{2}kd^2 & \text{(ウ)} \frac{1}{2}kd^2 + (m+M)g(l-d) \\ \text{(エ)} \frac{1}{2}kd^2 + (m+M)gl & \text{(オ)} \frac{1}{2}(m+M)d^2 + (m+M)g(l-d) & \end{array}$$

[3] 状態 (b) から静かに手を離すと、小物体と台座は一体となって鉛直上向きに運動した。この状態を (c) とする。このとき、小物体と台座の加速度を  $a$  [m/s<sup>2</sup>] (鉛直上向きを正)、小物体と台座の間の垂直抗力の大きさを  $N$  [N] とする。以下の問いに答えよ。

問4. バネが自然長から  $\Delta y$  [m] 縮んでいるとき、小物体の運動方程式として正しいものを選べ。

解答群

- (ア)  $ma = -mg$                       (イ)  $ma = N$                       (ウ)  $ma = N - mg$   
 (エ)  $ma = k\Delta y$                       (オ)  $ma = k\Delta y + N - mg$

問5. バネが自然長から  $\Delta y$  [m] 縮んでいるとき、台座の運動方程式として正しいものを選べ。

解答群

- (ア)  $Ma = k\Delta y - N - Mg$                       (イ)  $Ma = k\Delta y - (M + m)g$   
 (ウ)  $Ma = N - Mg$                       (エ)  $Ma = k\Delta y - N$   
 (オ)  $Ma = k\Delta y - N - (m + M)g$

問6. バネが自然長から  $\Delta y$  [m] 縮んでいるとき、垂直抗力の大きさは何 N か。

解答群

- (ア)  $\frac{m}{M}k\Delta y$                       (イ)  $\frac{M}{m}k\Delta y$                       (ウ)  $\frac{m}{m + M}k\Delta y$   
 (エ)  $\frac{M}{m + M}k\Delta y$                       (オ)  $k\Delta y$

[4] 状態(c)の後に、小物体が台座から離れた。この状態を(d)とする。以下の問いに答えよ。

問7. 小物体が台座から離れる直前の台座の位置は床から何 m か。

解答群

(ア)  $l - d$       (イ)  $l + d$       (ウ)  $l$       (エ)  $d$       (オ)  $\frac{m}{M}l$

問8. 小物体が台座から離れる直前の台座の速度の大きさは何 m/s か。

解答群

(ア)  $\sqrt{\frac{k}{M+m}d^2}$       (イ)  $\sqrt{\frac{k}{M+m}d^2 - 2gd}$   
(ウ)  $\sqrt{\frac{k}{M+m}d^2 - 2g(l-d)}$       (エ)  $\sqrt{\frac{k}{M+m}d^2 - 2g(l+d)}$   
(オ)  $\sqrt{\frac{k}{M+m}d^2 - 2gl}$

問9. 小物体が台座から離れ飛び出すためには、はじめ手でバネをどれだけ縮めればよいか。  
バネの自然長からの縮み  $d$  が満たすべき条件を  $k, g, M, m$  で表せ。

Ⅱ 次の文を読み、各問いに対する最も適当な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。また、記述問題への解答は指示による。なお、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。(30点)

[1] 図1のように、十分に長い2本の導線が水平面上に間隔  $d$  [m] だけ隔てて平行に置かれている。その平行導線上に導線 P-Q が渡され、端部に起電力  $E$  [V] の内部抵抗が無視できる電池と、抵抗  $R$  [Ω] を取り付け回路を作った。導線 P-Q は、平行導線に対し垂直を保ったまま摩擦なく左右にすべることができる。また、導線 P-Q には伸び縮みのしない軽い糸が結ばれ、他端には質量  $m$  [kg] のおもりがなめらかな滑車を通して連結されている。この回路全体に、鉛直上向きに磁束密度  $B$  [T] の一様な磁界を加えると、導線 P-Q はおもりとつり合い静止した。導線 P-Q や配線に用いた導線の電気抵抗は無視できるものとする。また、導線を通る電流によって生じる磁界の影響はないものとする。以下の問いに答えよ。

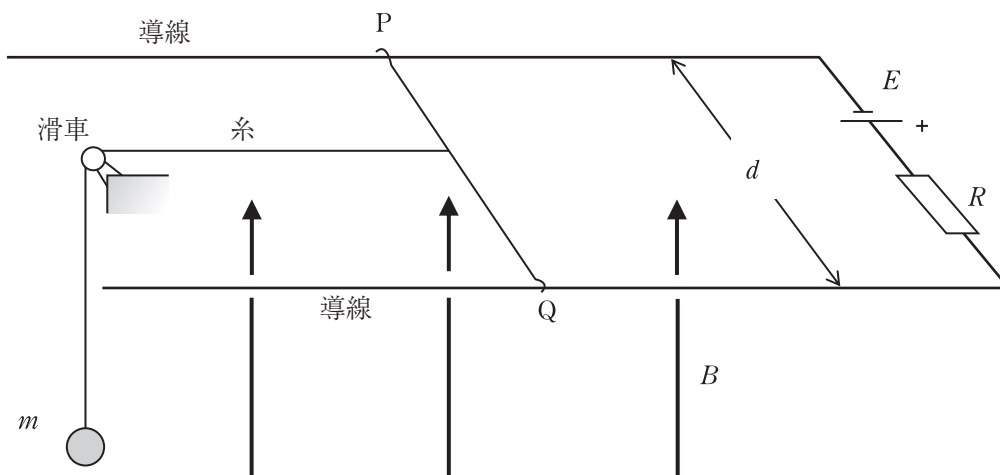


図1

問1. 導線 P-Q に流れる電流の大きさは何 A か。

解答群

- (ア)  $\frac{E}{R}$       (イ)  $\frac{EB}{R}$       (ウ)  $\frac{EBd}{R}$       (エ)  $\frac{EBd}{Rg}$       (オ)  $\frac{EBd}{Rmg}$

問2. 導線 P-Q が磁界から受ける力の大きさは何 N か。

解答群

- (ア)  $\frac{E}{R}$       (イ)  $\frac{EB}{R}$       (ウ)  $\frac{EBd}{R}$       (エ)  $\frac{EBd}{Rg}$       (オ)  $\frac{EBd}{Rmg}$

問3. 導線 P-Q が磁界から受ける力の向きを、図2を参考に解答群の中から選べ。

解答群

- (ア) 平行導線に沿って左向き  
 (イ) 磁界に平行で反対の向き (鉛直下向き)  
 (ウ) 導線 P-Q に沿って P から Q に向かう向き  
 (エ) 平行導線に沿って右向き  
 (オ) 磁界に平行で同じ向き (鉛直上向き)  
 (カ) 導線 P-Q に沿って Q から P に向かう向き

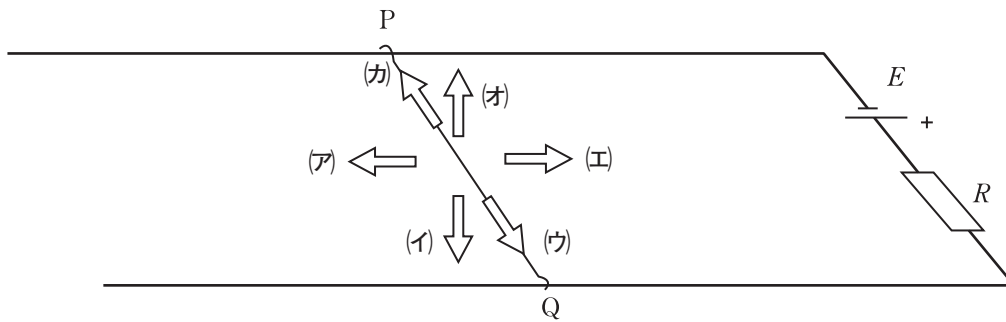


図2

問4. おもりの質量  $m$  は何 kg か。

解答群

- (ア)  $\frac{E}{R}$       (イ)  $\frac{g}{R}$       (ウ)  $\frac{EB}{R}$       (エ)  $\frac{EBd}{R}$       (オ)  $\frac{EBd}{Rg}$

[2] [1] の回路から電池を取り除いた (図3)。導線 P-Q を支えていた手を離すと、導線 P-Q は図3の回路上の平行導線に対し垂直を保ったまま静かにすべり始めた。導線 P-Q と滑車の質量は無視できるほど小さく、滑車と糸との摩擦や空気抵抗は無視できるものとする。また、導線を通る電流によって生じる磁界の影響はないものとする。以下の問いに答えよ。

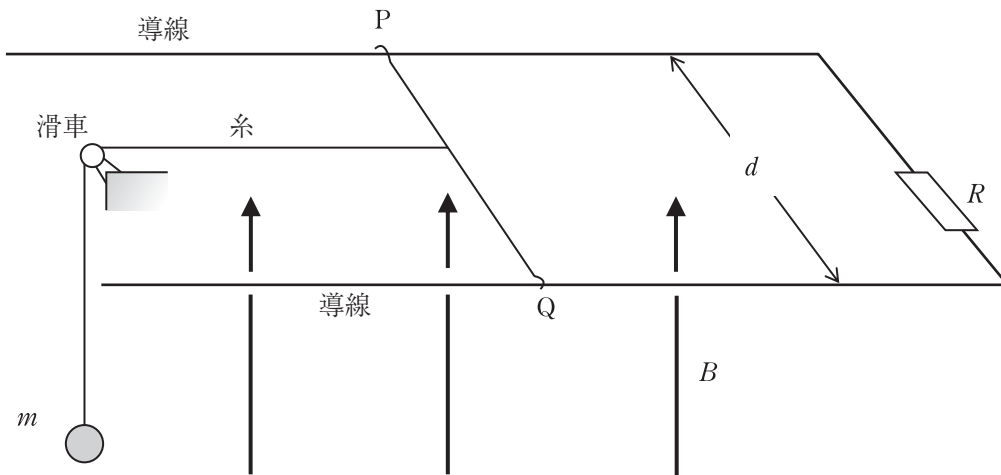


図3

問5. 導線 P-Q 中の自由電子（電荷は負）に働くローレンツ力の向きを、図4を参考に解答群の中から選べ。

解答群

- (ア) 平行導線に沿って左向き
- (イ) 磁界に平行で反対の向き（鉛直下向き）
- (ウ) 導線 P-Q に沿って P から Q に向かう向き
- (エ) 平行導線に沿って右向き
- (オ) 磁界に平行で同じ向き（鉛直上向き）
- (カ) 導線 P-Q に沿って Q から P に向かう向き

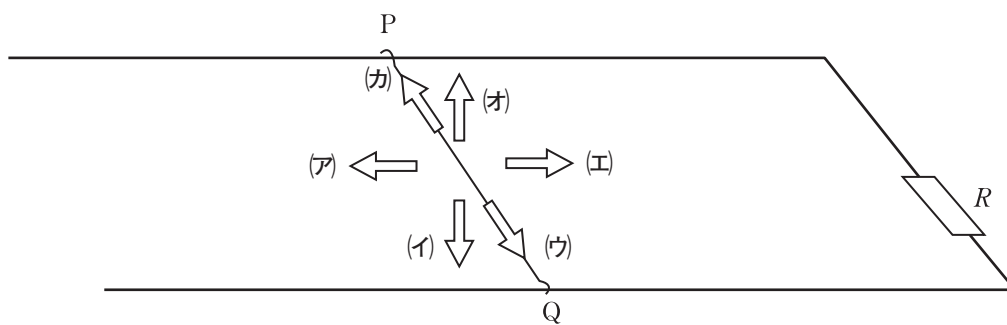


図4

問6. 導線 P-Q がすべり始めてから  $t$  [s] 経過後、その速度の大きさを  $v(t)$  [m/s] としたとき、導線 P-Q に生じる誘導起電力の大きさは何 V か。

解答群

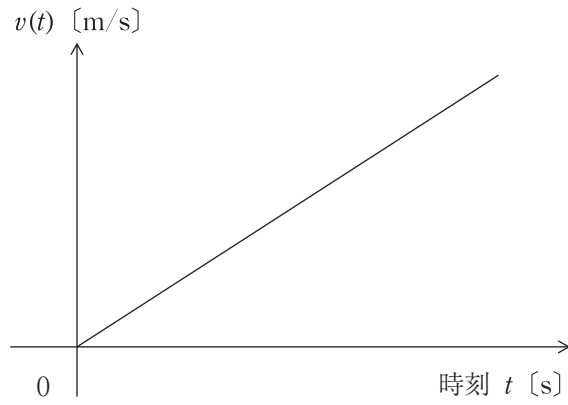
- (ア)  $Bv(t)$
- (イ)  $dBv(t)$
- (ウ)  $\frac{Bv(t)}{d}$
- (エ)  $\frac{v(t)}{dB}$
- (オ)  $\frac{Bd}{v(t)}$



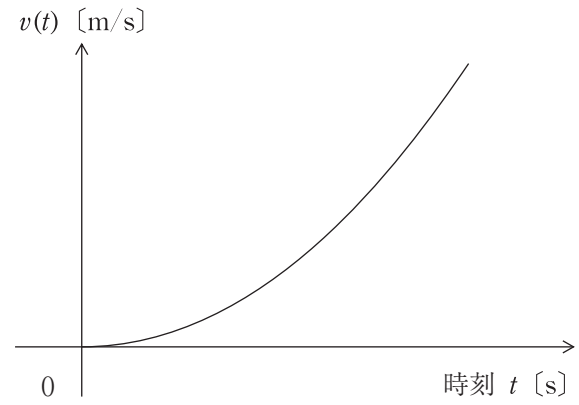
問7. 導線 P-Q がすべり始めた時刻を  $t = 0\text{s}$  と定める。時刻  $t$  [s] と導線 P-Q の速度の大きさ  $v(t)$  [m/s] との関係を表したグラフとして最も適切なものはどれか。

解答群

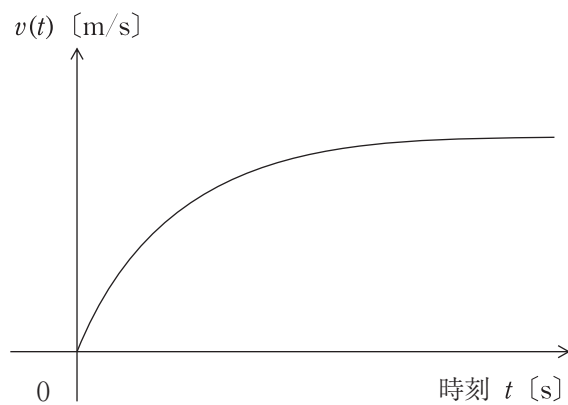
(ア)



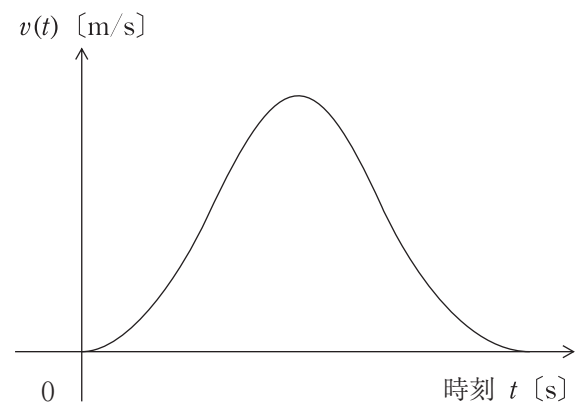
(イ)



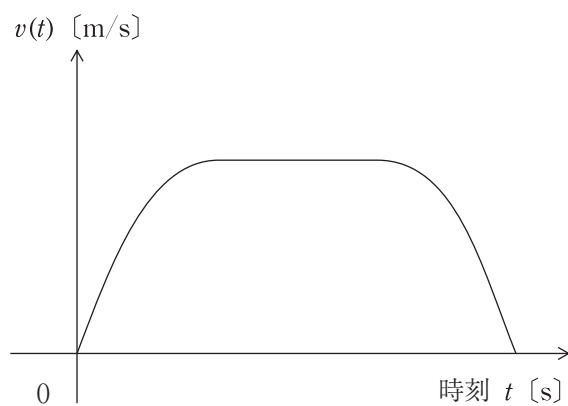
(ウ)



(エ)



(オ)



問 8. 問 7 で選択した理由を説明せよ。与えられた解答の枠内であれば、言葉だけでなく図や式を記載してもよい。

Ⅲ 次の文を読み、各問いに対する最も適当な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。なお、数値は最も近い値を解答群から選べ。(30点)

[1] シャボン玉や透明な物質でできた薄膜の表面は、さまざまな色に色づいて見える。これは、薄膜の面からの反射光が干渉した結果である。図1のように、空気中において、屈折率  $n$ 、厚さ  $d$  [m] の透明な薄膜に、その真上の点 O から出た波長  $\lambda$  [m] の光を垂直に入射し、その真上の点 O' で観察した。空気の屈折率を 1.0、薄膜の屈折率  $n$  は 1.0 より大きいものとして以下の問いに答えよ。

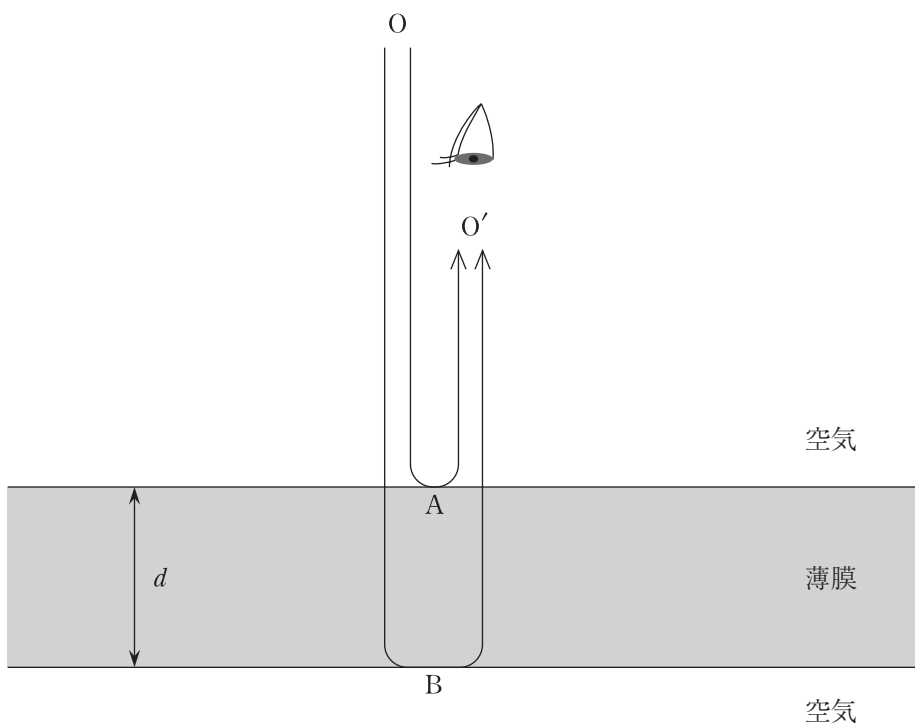


図1

問1. 空気から薄膜の上面で反射される光の道筋を  $OAO'$  とし、薄膜内を透過し、薄膜の下面で反射される道筋を  $OBO'$  とする。2つの道筋の差(経路差)は何 m か。

解答群

- (ア)  $d$       (イ)  $\frac{3}{2}d$       (ウ)  $2d$       (エ)  $\frac{5}{2}d$       (オ)  $3d$

問2. 2つの反射光の位相のずれは何 rad か。ただし、屈折率の大きな薄膜で反射する経路 OAO' では、光の位相が半波長分 ( $\pi$  [rad]) 変化することに注意せよ。

解答群

- (ア)  $2\frac{d}{\lambda} + \pi$                       (イ)  $2\pi\frac{d}{\lambda} + \pi$                       (ウ)  $2\pi\frac{d n}{\lambda} + \pi$   
 (エ)  $4\pi\frac{d}{\lambda} + \pi$                       (オ)  $4\pi\frac{d n}{\lambda} + \pi$

問3. 2つの反射光の位相差がちょうど  $2\pi$  [rad] の整数倍となったとき、強い反射光が観測される。 $m$  を正の整数 ( $m = 1, 2, 3 \dots$ ) とした場合、強め合いの条件として正しいのはどれか。

解答群

- (ア)  $2dn = (2m - 1)\frac{\lambda}{2}$             (イ)  $dn = (2m - 1)\frac{\lambda}{2}$             (ウ)  $2d = (2m - 1)\frac{\lambda}{2}$   
 (エ)  $dn = m\lambda$                       (オ)  $2dn = m\lambda$

問4.  $4.0 \times 10^{-7} \text{ m}$  から  $7.0 \times 10^{-7} \text{ m}$  の範囲の波長からなる白色光を真上から照射し、薄膜の厚さを薄くしていくと強い反射光が観測できなくなる。強い反射光が観測できなくなる薄膜の厚みで最も近いものを選び。なお、薄膜の屈折率を  $n = 1.4$  とする。

解答群

- (ア)  $0.36 \times 10^{-7}$                       (イ)  $0.71 \times 10^{-7}$                       (ウ)  $0.10 \times 10^{-6}$   
 (エ)  $0.13 \times 10^{-6}$                       (オ)  $0.21 \times 10^{-6}$

[2] 図2のように、1.0 mm あたり 50 本のスリットをもつ回折格子を、スクリーンから 2.0 m 離して、スクリーンに平行に置いた。波長  $\lambda$  [m] の平行光線を回折格子に垂直に入射したところ、スクリーンに 5.0 cm の間隔で明線が並ぶのを観測した。

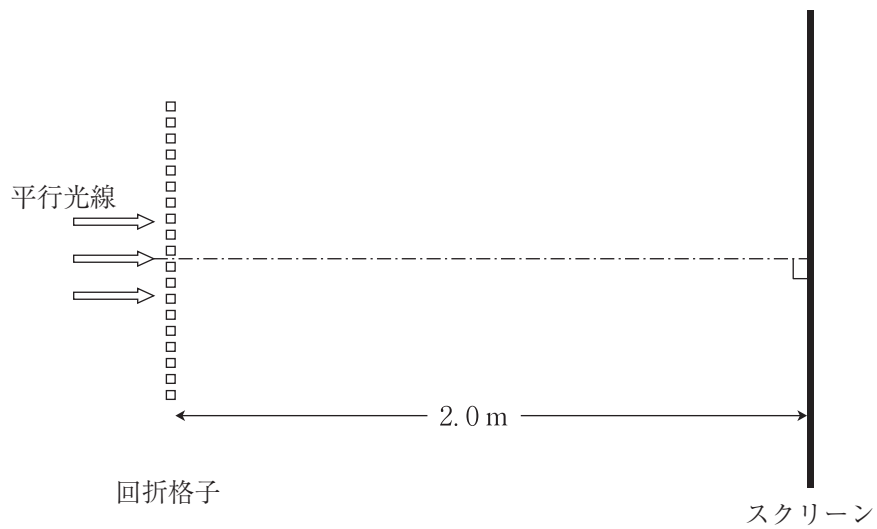


図2

問5. 回折格子の格子定数は何 m か。

解答群

- (ア)  $2.0 \times 10^{-6}$                       (イ)  $2.0 \times 10^{-5}$                       (ウ)  $2.0 \times 10^{-4}$   
 (エ)  $2.0 \times 10^{-3}$                       (オ)  $2.0 \times 10^{-2}$

問6. 入射光の波長  $\lambda$  は何 m か。

解答群

- (ア)  $4.0 \times 10^{-7}$                       (イ)  $4.5 \times 10^{-7}$                       (ウ)  $5.0 \times 10^{-7}$   
 (エ)  $5.5 \times 10^{-7}$                       (オ)  $6.5 \times 10^{-7}$

問7. 太陽光のようないろいろな波長の光が混じりあっている光は白色光と呼ばれる。その白色光のスペクトルは図3のようになる。図3中の(i), (ii), (iii)にあてはまる語句はどれか。最も適切なものを下の(ア)～(キ)から選びマークせよ。

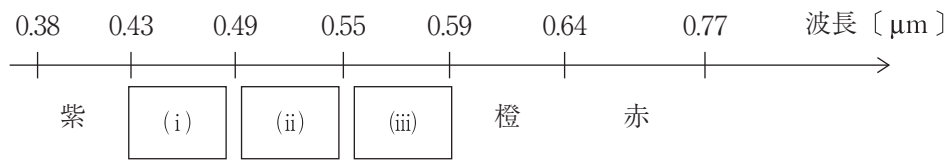


図3

解答群

- |       |         |       |         |
|-------|---------|-------|---------|
| (ア) 白 | (イ) 緑   | (ウ) 青 | (エ) 紫外線 |
| (オ) 黒 | (カ) 赤外線 | (キ) 黄 |         |

問8. 入射光を紫色の単色光に変えたとき、明線の間隔はどのようにになるか正しいものを選びよ。

解答群

- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| (ア) 明線の間隔は狭まる | (イ) 明線の間隔は変わらない |
| (ウ) 明線の間隔は広がる |                 |