和歌山県立医科大学

平 成 29 年 度

理　　　科

問 題 冊 子

物　　理

第１問　次の文章を読んで $\boxed{}$ に適した式または値をそれぞれ記せ。**問１**，**問２**は，指示にしたがって解答せよ。なお，$\boxed{}$ はすでに与えられたものと同じ式を表す。

図１－１のように，水平面と角度 θ をなす斜面と，半径 r の円筒の一部が位置Ｑでなめらかに接続された台がある。円筒の中心Ｏは位置Ｐと同じ高さにあり，位置Ｒは中心Ｏから r の高さにある。斜面上にばね定数 k のばねを置き，ばねが自然長のときに上端が位置Ｐに一致するように下端を固定し，上端に質量 m で大きさの無視できる板Ａを取り付ける。ばねの質量は無視してよい。なお，位置ＰとＱの距離はばねの伸びに比べて十分長く，斜面と円筒面はなめらかであるとする。また，重力加速度の大きさを g とする。

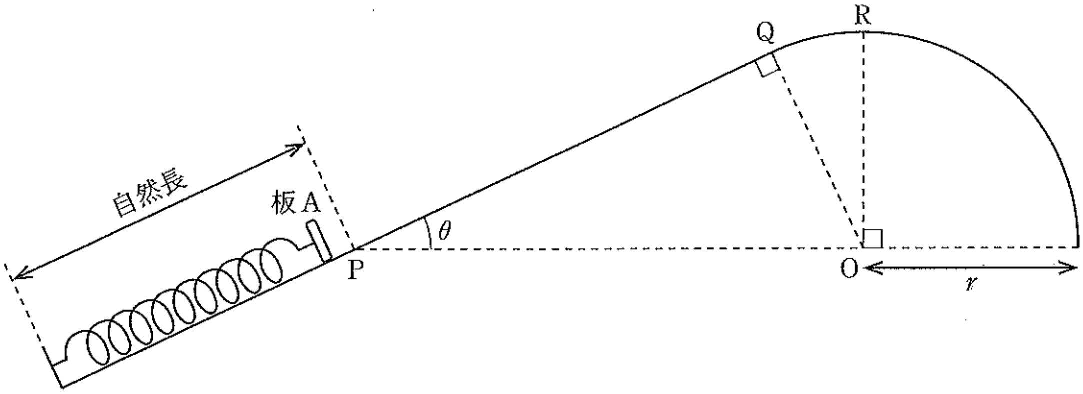


図１－１

Ⅰ　はじめ，ばねが自然長から長さ $\boxed{\ 1\ }$ だけ縮んだ位置で板Ａは静止している。ばねを自然長から d_1(> $\boxed{\ 1\ }$)だけ縮めて静かにはなすと，板Ａは振幅 $\boxed{\ 2\ }$ ，周期 $\boxed{\ 3\ }$ の単振動を行う。このとき，板Ａの速さの最大値は $\boxed{\ 4\ }$ である。

Ⅱ　次に，図1－2のように質量Mで大きさの無視できる小球Bを板Aにのせ，ばねが自然長から$d_2 =$ $\boxed{\quad 5 \quad}$ だけ縮んだつり合いの位置で静かにはなすと，板Aと小球Bは静止する。さらに，ばねを自然長から$d_3(> 2d_2)$だけ縮めて静かにはなす。板Aと小球Bはしばらくの間一緒に動き，ばねの自然長からの縮みがdのときに板Aが小球Bに加える力の大きさは $\boxed{\quad 6 \quad}$ となる。小球Bは，ばねの自然長からの縮みが $\boxed{\quad 7 \quad}$ のときに板Aから離れて斜面を上る。また，板Aから離れるまでの小球Bの速さの最大値は $\boxed{\quad 8 \quad}$ である。

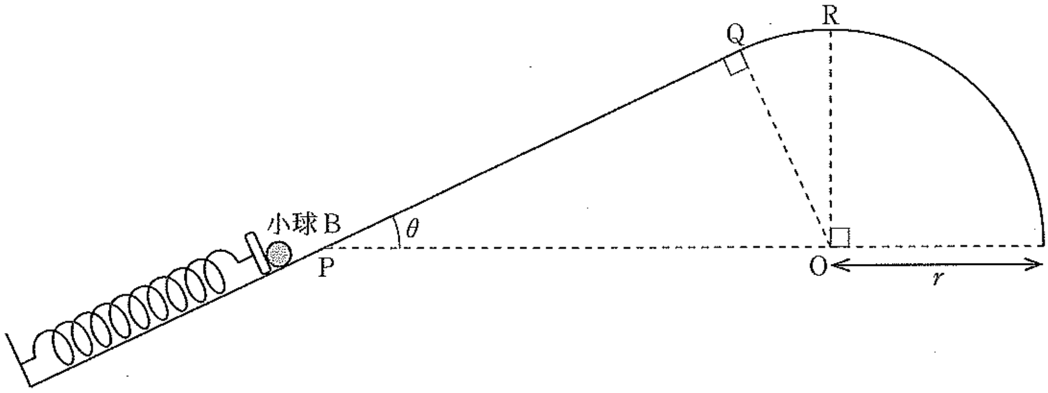


図1－2

Ⅲ　小球Bが板Aから離れたあと位置Qを通過する場合を考える。位置Qでの小球Bの速さは $\boxed{\quad 9 \quad}$ であり，このときの垂直抗力は $\boxed{\quad 10 \quad}$ である。

問 1　小球Bが位置Qで台から離れる場合，ばねの縮みd_3が満たさなければならない条件を記せ。

問 2　小球Bが台を離れずに位置Rに到達するようなばねの縮みd_3が存在するためには，斜面の角度θがある条件を満たす必要がある。$\cos\theta$を用いてこの条件を記せ。

第2問 次の文章を読んで $\boxed{}$ に適した式または値をそれぞれ記せ。問1，問2は，指示にしたがって解答せよ。ただし，$\boxed{\ 7\ }$ と $\boxed{\ 8\ }$ については，それぞれの解答群(ア)〜(オ)の中から正しいものを選び，記号で答えよ。

図2−1のように x 軸と y 軸をとり，xy 平面上で x 軸に平行に2本の金属製レールを間隔 l で置き，レール上に導体棒を y 軸と平行に置く。$x \geqq 0$ の領域に磁束密度の大きさ B の一様な磁場(磁界)が紙面に垂直に表から裏の方向にかけられている。レールには，抵抗値 R_1 の抵抗1，抵抗値 R_2 の抵抗2，電気容量 C のコンデンサー，自己インダクタンス L のコイル，スイッチS1，S2，S3からなる回路が接続され，点cは接地されている。回路の各素子に流れる電流の正方向は，図2−1の矢印の方向とし，回路は磁場の影響を受けないとする。また，レールと導体棒，導線の電気抵抗，およびレールと導体棒の自己インダクタンスは無視してよい。

なお，必要なら，微小時間を Δt として，時刻 t から $t+\Delta t$ の間の $\cos(\omega t+\varphi)$ の変化量 $\Delta\cos(\omega t+\varphi)$ と，$\sin(\omega t+\varphi)$ の変化量 $\Delta\sin(\omega t+\varphi)$ について

$$\frac{\Delta\cos(\omega t+\varphi)}{\Delta t} = -\omega\sin(\omega t+\varphi),$$

$$\frac{\Delta\sin(\omega t+\varphi)}{\Delta t} = \omega\cos(\omega t+\varphi)$$

が成り立つこと，および三角関数の公式

$$a\sin\theta + b\cos\theta = \sqrt{a^2+b^2}\sin(\theta+\alpha)$$

を用いよ。ただし，$\tan\alpha = \dfrac{b}{a}$ である。

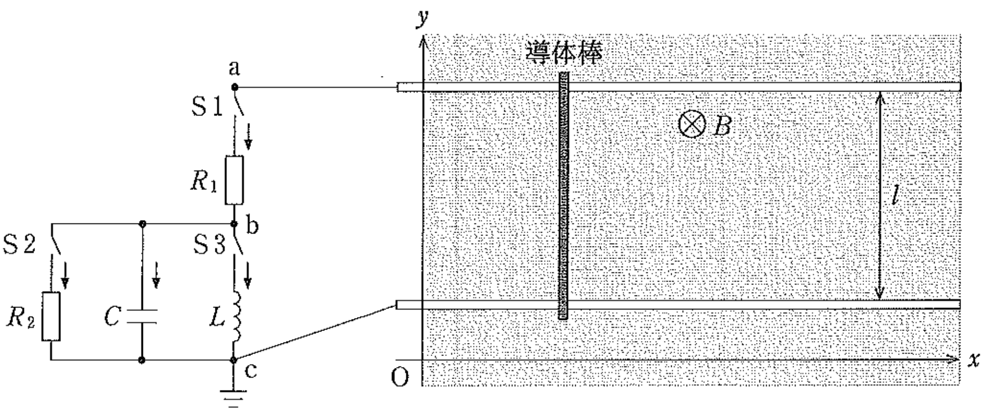


図2−1

Ⅰ　はじめ，すべてのスイッチは開き，コンデンサーに電荷は蓄えられていないものとする。導体棒を $x \geqq 0$ の領域において一定の速さ v_0 で x 軸の正方向に動かす場合，点aの電位は $\boxed{\ 1\ }$ となる。

次に，スイッチS1，S2を閉じ，再び導体棒を $x \geqq 0$ の領域において一定の速さ v_0 で x 軸の正方向に動かす。導体棒が動き始めた直後に，コンデンサーに流れ込む電流は $\boxed{\ 2\ }$ である。十分な時間が経過した後に，抵抗2に流れる電流は $\boxed{\ 3\ }$，コンデンサーに蓄えられるエネルギーは $\boxed{\ 4\ }$，導体棒を一定の速さ v_0 で動かすために加える力の仕事率は $\boxed{\ 5\ }$ となる。

さらに，スイッチS1，S2を開き，S3を閉じると，点bの電位は図2-2のように周期 T で変化し，その振幅は $V_0 = \boxed{\ 6\ }$ となる。コンデンサーとコイルに流れる電流も周期 T で変化し，コンデンサーに流れる電流の振幅は $I_0 = \boxed{\ 7\ }$，コイルに流れる電流の振幅は $\boxed{\ 8\ }$，周期 T は L と C を用いて表すと $\boxed{\ 9\ }$ となる。

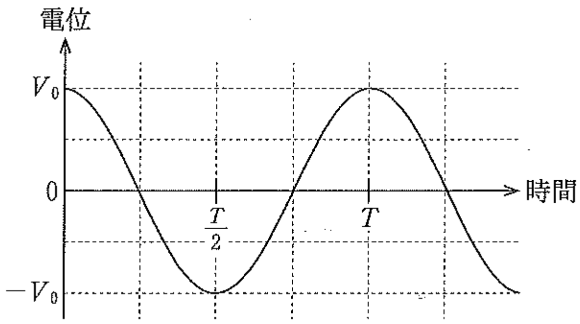


図2-2

$\boxed{\ 7\ }$ の解答群

（ア）$\dfrac{2\pi CV_0}{T}$　（イ）$\dfrac{2\pi V_0}{TC}$　（ウ）$\dfrac{TCV_0}{2\pi}$　（エ）$\dfrac{TV_0}{2\pi C}$　（オ）$\dfrac{V_0}{2\pi TC}$

$\boxed{\ 8\ }$ の解答群

（ア）$\dfrac{2\pi LV_0}{T}$　（イ）$\dfrac{2\pi V_0}{TL}$　（ウ）$\dfrac{TLV_0}{2\pi}$　（エ）$\dfrac{TV_0}{2\pi L}$　（オ）$\dfrac{V_0}{2\pi TL}$

問 1　コンデンサーに流れる電流の時間変化を表すグラフを描け。

Ⅱ　コンデンサーに電荷が蓄えられていない状態に戻す。次に，すべてのスイッチを開き，導体棒を x 軸方向に周期的に動かす。時刻 t の導体棒の位置は，角周波数 ω，振幅 x_0 を用いると，$x = x_0(1-\cos(\omega t+\varphi))$ である。時刻 t での点aの電位は $\boxed{\ 10\ }$ となる。

次に，スイッチS1，S2，S3を閉じる。時刻 t での点bの電位が $V_1 \sin \omega t$ で表されるとすると，抵抗2に流れる電流は $\boxed{\ 11\ }$，コンデンサーに流れる電流は $\boxed{\ 12\ }$，コイルに流れる電流は $\boxed{\ 13\ }$ となる。抵抗1に流れる電流は $\boxed{\ 14\ }$ $\sin(\omega t+\alpha)$ となり，$\tan\alpha$ は $\boxed{\ 15\ }$ となる。

問 2　導体棒を動かす周期を適当に選ぶと，抵抗1と抵抗2に流れる電流は等しくなる。このときの周期を，角周波数 ω を用いずに表せ。

第3問 次の文章を読んで $\boxed{}$ に適した式または値をそれぞれ記せ。問1，問2は，指示にしたがって解答せよ。なお，$\boxed{}$ （破線枠）はすでに与えられたものと同じ式を表す。

図3-1のように，点光源，ガラス板およびスクリーンを設置し，点光源からスクリーンに向けて引いた垂線のスクリーンとの交点を点Oとする。ガラス板とスクリーンは平行で，その距離は l である。点光源とガラス板の距離は s である。ガラス板の屈折率は n，厚さは d であり，d は数百 μm 程度とする。問題を簡単にするために，ガラス板の境界面で3回以上反射する光については考えないことにする。また，透過光を減らして反射光を増やすために，ガラス板の表面には厚さの無視できる薄膜がコーティングされている。この薄膜の屈折率は考えなくてよい。

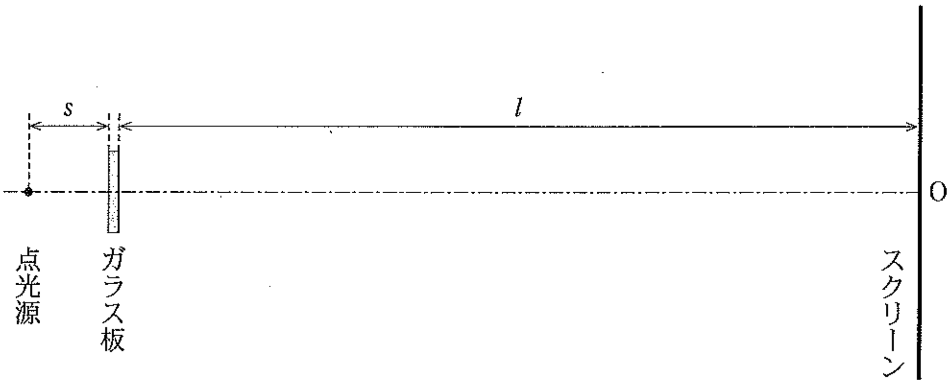


図3-1

I　図3-2のように，点光源からの光がガラス板に垂直に入射する場合を考える。入射光の一部は，ガラス板のスクリーン側の境界面Aをそのまま通過する（経路 L_1）。また一部は，境界面Aで反射してガラス板の点光源側の境界面Bで再び反射し，境界面Aを通過して出ていく（経路 L_2）。この光路差 $\boxed{\ 1\ }$ により，スクリーン上の点Oでは光の干渉が起こる。経路 L_1，L_2 の光が点Oで強め合うためには，正の整数 m_0 を用いると，入射光の波長が $\lambda_0 = \boxed{\ 2\ }$ の条件を満たす必要がある。以下の設問では，m_0 を特定の正の整数とし，$\lambda_0 = \boxed{\ 2\ }$ の条件を満たす波長の光を用いる。

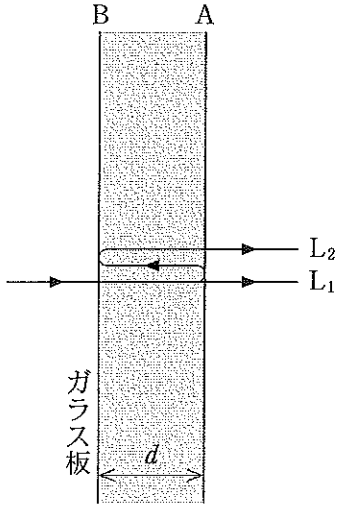


図3-2

Ⅱ　図3－3のように，点光源から波長 λ_0 の単色光が入射角 θ でガラス板に入射する場合を考える。点Pでガラス板に入射した光の一部は，境界面Aで屈折する(経路 L_1)。また一部は，境界面Aで反射し，さらに境界面Bで再び反射して境界面Aの点Rで屈折する(経路 L_2)。経路 L_1 の光はスクリーン上で点Oからの距離が $\boxed{\quad 3 \quad}$ となる位置に到達する。

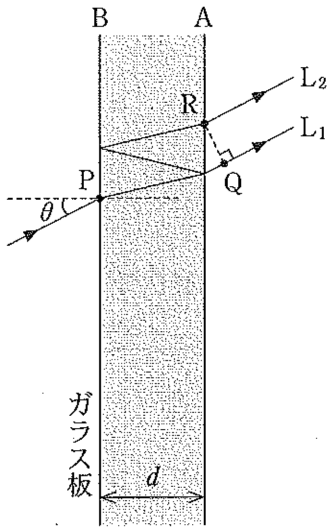


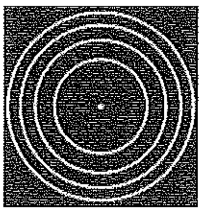
図3－3

次に，d は l に比べて十分に小さいとし，経路 L_1 と L_2 の光がスクリーン上で干渉する場合を考える。経路 L_1 の点Pから点Qの光路長は $\boxed{\quad 4 \quad}$，経路 L_2 の点Pから点Rの光路長は $\boxed{\quad 5 \quad}$ となるので，スクリーン上で光が強め合うためには，正の整数 m を用いると，$\boxed{\quad 6 \quad}$ の条件を満たすような入射角 θ であればよい。

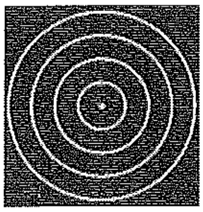
さらに，入射角 θ が十分に小さいとし，$\sin\theta \fallingdotseq \theta$，$\tan\theta \fallingdotseq \theta$ と近似できる場合を考える。以下では，$|x| \ll 1$ のとき $\sqrt{1-x} \fallingdotseq 1 - \dfrac{1}{2}x$ の近似式を用いよ。光が強め合う条件 $\boxed{\quad 6 \quad}$ より，λ_0 のかわりに m_0 を用いて m を表すと $m = \boxed{\quad 7 \quad}$ となる。スクリーン上には点Oを中心とした同心円状の明暗の縞(しま)模様が現れる。入射角 θ の光が強め合うときに現れる同心円状の明るい帯(明環)の内側に，暗めの帯が点Oより数えて k_m 本あるとき，$k_m = \boxed{\quad 8 \quad}$ となる。スクリーン上の明環の点Oからの距離は，$\dfrac{d}{l} \fallingdotseq 0$ の条件のもとで距離 $\boxed{\quad 3 \quad}$ から導かれ，m と θ を用いずに表すと $\boxed{\quad 9 \quad}$ となる。

問 1　スクリーン上で観測される $k_m \leqq 4$ での同心円状の明暗の縞模様の簡略図として，最も適切なものを以下の(ア)～(ウ)の中から選び，記号で答えよ。

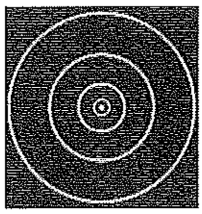
(ア)



(イ)



(ウ)



問 2　点光源からの単色光の波長を徐々に長くする場合，同心円状の明暗の縞模様はどのように変化するかを述べよ。