明治大学
理工学部

て

理　科　問　題

注　意

1. この問題冊子は 51 ページあります。解答用紙には，表と裏があります。
2. あなたの受験番号は解答用紙に印刷されています。印刷されている受験番号と，受験票の受験番号が一致していることを確認しなさい。
3. 解答用紙の所定の欄に氏名を記入しなさい。
4. 問題は物理３題(Ａ，Ｂ，Ｃ)，化学３題(Ｄ，Ｅ，Ｆ)の合計６題からなっています。
5. この６題のうちから３題を任意に選択して解答しなさい。
   ４題以上解答した場合には，すべての解答が無効になります。
6. 解答はすべて解答用紙の所定の欄にマークするか，または所定の欄に書きなさい。
7. １問につき２つ以上マークしないこと。２つ以上マークした場合には，その解答は無効になります。
8. 解答は，必ず鉛筆またはシャープペンシル(いずれもHB・黒)で記入しなさい。
9. 訂正するときは，消しゴムできれいに消し，消しクズを残さないこと。
10. 解答用紙は，絶対に汚したり折り曲げたりしないこと。また，所定の欄以外には絶対に記入しないこと。
11. 解答用紙は必ず提出しなさい。
12. 試験時間は 80 分です。

※　この問題冊子は必ず持ち帰りなさい。

(マーク記入例)

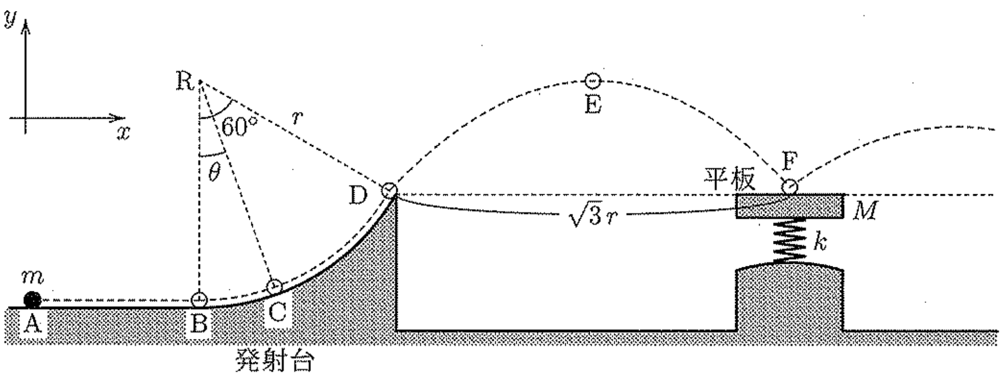
良い例	悪い例
	

物　　　理

〔A〕　次の文中の $\boxed{\text{ア}}$ 〜 $\boxed{\text{ク}}$ に最も適するものをそれぞれの解答群から一つ選び，解答用紙の所定の欄にその記号をマークせよ。また，空欄 $\boxed{\text{a}}$ に適する式を解答用紙の所定の欄に記入せよ。

図のように，質量 m の小球が発射台から打ち出され，放物運動のあと，ばねで床に取り付けられた平板に衝突する運動を考える。ただし，小球は図の下向きに重力を受けており，また，小球の運動は紙面内に限られる。重力加速度の大きさを g とし，以下では図の右向きに x 軸，上向きに y 軸をとる。小球の大きさや回転は無視でき，発射台の面との摩擦や空気抵抗は考えなくてよい。

発射台は水平な面 AB と円筒面 BCD からなる。円筒面 BCD は軸 R を中心とした半径 r，角度 $60°$ の弧をなし，位置 B で面 AB と滑らかにつながっている。小球は位置 A から水平に速さ v_0 で打ち出され，ABCD に沿って運動を行う。小球が位置 D に達するためには，v_0 は $\boxed{\text{ア}}$ 以上でなければならない。$\angle\mathrm{BRC} = \theta$ である位置 C を通り過ぎるとき，小球の速さは $\boxed{\text{イ}}$ で，円筒面から受ける垂直抗力の大きさは $\boxed{\text{ウ}}$ である。位置 D に達すると小球は速度 $\vec{v} = (v_x, v_y)$ で空中に打ち出される。ここで，速度の x 成分は $v_x = \boxed{\text{エ}}$ である。打ち出された小球は，最高点 E を通り過ぎ，落下をはじめる。



小球と平板が衝突する前，平板はばねとつりあい，その上面が位置Dとちょうど同じ高さになる位置で静止していた。平板は質量がMで，水平面を保ったまま鉛直方向にのみ運動を行う。また，ばねのばね定数はkで，その質量は無視してよい。衝突位置Fは水平距離で位置Dから$\sqrt{3}r$離れており，このことから，$v_0 = $ $\boxed{\text{オ}}$ ，衝突直前の小球の速度のy成分は$v_y{}' = $ $\boxed{\text{カ}}$ である。衝突後，小球ははね返り，平板は運動をはじめた。平板の表面が滑らかで，小球との衝突のはねかえり係数をeとすると，衝突直後の小球の速度のy成分は$v_y{}'' = $ $\boxed{\text{a}}$ $\times(-v_y{}')$となる。ただし，$v_y{}'' > 0$とし，小球と平板の衝突は一度だけ瞬時に起こるものとする。平板は単振動を行い，その振幅は $\boxed{\text{キ}}$ ，周期は $\boxed{\text{ク}}$ である。

$\boxed{\text{ア}}$ の解答群

① $\sqrt{\dfrac{gr}{2}}$　② $\sqrt{gr}$　③ $\sqrt{2gr}$

④ $\sqrt{3gr}$　⑤ $\sqrt{\dfrac{1}{2gr}}$　⑥ $\sqrt{\dfrac{1}{gr}}$

⑦ $\sqrt{\dfrac{2}{gr}}$　⑧ $\sqrt{\dfrac{3}{gr}}$

$\boxed{\text{イ}}$ の解答群

① $\sqrt{{v_0}^2 - gr\sin\theta}$　② $\sqrt{{v_0}^2 - gr\cos\theta}$　③ $\sqrt{{v_0}^2 - 2gr\sin\theta}$

④ $\sqrt{{v_0}^2 - 2gr\cos\theta}$　⑤ $\sqrt{{v_0}^2 - gr(1-\sin\theta)}$　⑥ $\sqrt{{v_0}^2 - gr(1-\cos\theta)}$

⑦ $\sqrt{{v_0}^2 - 2gr(1-\sin\theta)}$　⑧ $\sqrt{{v_0}^2 - 2gr(1-\cos\theta)}$

$\boxed{\text{ウ}}$ の解答群

① $\dfrac{m{v_0}^2}{r} + mg(3\cos\theta - 2)$　② $\dfrac{m{v_0}^2}{r} + mg(3\sin\theta - 2)$

③ $\dfrac{m{v_0}^2}{r} + 3mg\cos\theta$　④ $\dfrac{m{v_0}^2}{r} + 3mg\sin\theta$

⑤ $\dfrac{m{v_0}^2}{r}\cos\theta + mg$　⑥ $\dfrac{m{v_0}^2}{r}\sin\theta + mg$

⑦ $\dfrac{m{v_0}^2}{r}\cos\theta + 3mg\cos\theta$　⑧ $\dfrac{m{v_0}^2}{r}\sin\theta + 3mg\sin\theta$

$\boxed{\text{エ}}$ の解答群

① $\dfrac{\sqrt{{v_0}^2 - gr}}{3}$　② $\dfrac{\sqrt{{v_0}^2 - gr}}{2}$　③ $\sqrt{{v_0}^2 - gr}$

④ $2\sqrt{{v_0}^2 - gr}$　⑤ $\dfrac{\sqrt{{v_0}^2 - 2gr}}{3}$　⑥ $\dfrac{\sqrt{{v_0}^2 - 2gr}}{2}$

⑦ $\sqrt{{v_0}^2 - 2gr}$　⑧ $2\sqrt{{v_0}^2 - 2gr}$

$\boxed{\text{オ}}$ の解答群

① $\sqrt{\dfrac{gr}{2}}$　② $\sqrt{gr}$　③ $\sqrt{2gr}$

④ $\sqrt{3gr}$　⑤ $\sqrt{\dfrac{1}{2gr}}$　⑥ $\sqrt{\dfrac{1}{gr}}$

⑦ $\sqrt{\dfrac{2}{gr}}$　⑧ $\sqrt{\dfrac{3}{gr}}$

$\boxed{\text{カ}}$ の解答群

① $-\sqrt{\dfrac{3gr}{2}}$　② $-\sqrt{gr}$　③ $-\sqrt{2gr}$

④ $-\sqrt{3gr}$　⑤ $-\sqrt{\dfrac{1}{2gr}}$　⑥ $-\sqrt{\dfrac{1}{gr}}$

⑦ $-\sqrt{\dfrac{2}{3gr}}$　⑧ $-\sqrt{\dfrac{4}{3gr}}$

$\boxed{\text{キ}}$ の解答群

① $\dfrac{m(1+e)}{m+M}\sqrt{\dfrac{3Mgr}{2k}}$ ② $\dfrac{m(1+e)}{m+M}\sqrt{\dfrac{2Mgr}{3k}}$

③ $\dfrac{m(1+e)}{m+M}\sqrt{\dfrac{3kgr}{2M}}$ ④ $\dfrac{m(1+e)}{m+M}\sqrt{\dfrac{2kgr}{3M}}$

⑤ $\dfrac{M(1+e)}{m+M}\sqrt{\dfrac{3Mgr}{2k}}$ ⑥ $\dfrac{M(1+e)}{m+M}\sqrt{\dfrac{2Mgr}{3k}}$

⑦ $\dfrac{M(1+e)}{m+M}\sqrt{\dfrac{3kgr}{2M}}$ ⑧ $\dfrac{M(1+e)}{m+M}\sqrt{\dfrac{2kgr}{3M}}$

$\boxed{\text{ク}}$ の解答群

① $2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$ ② $2\pi\sqrt{\dfrac{k}{m}}$ ③ $2\pi\sqrt{\dfrac{M}{k}}$

④ $2\pi\sqrt{\dfrac{k}{M}}$ ⑤ $2\pi\sqrt{\dfrac{M+m}{k}}$ ⑥ $2\pi\sqrt{\dfrac{k}{M+m}}$

⑦ $2\pi\sqrt{\dfrac{(m+M)k}{Mm}}$ ⑧ $2\pi\sqrt{\dfrac{Mm}{(m+M)k}}$

（このページは，計算に使用してよい。）

〔B〕　次の文中の $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{キ}}$ に最も適するものをそれぞれの解答群から一つ選び，解答用紙の所定の欄にその記号をマークせよ。また，空欄 $\boxed{\text{b}}$ に適する式を解答用紙の所定の欄に記入せよ。

図1に示すように，磁束密度の大きさが B〔T〕で y 軸の正の向きを向いた一様な磁場(磁界)中で，細い導線でできた長方形の一巻きコイル ABCD が回転する。辺 AB と辺 CD の長さは a〔m〕であり，辺 BC と辺 DA の長さは b〔m〕である。辺 AB，BC，CD の電気抵抗は無視できるが，辺 DA の電気抵抗は R〔Ω〕である。点 A は座標原点にある。コイルは z 軸にある辺 AD を軸にして，z 軸の正の側から見て反時計回りに一定の角速度 ω〔rad/s〕で回転している。一巻きコイルの自己インダクタンスは無視できる。必要であれば以下の公式を用いてもよい。

$$\begin{aligned}\sin(\alpha \pm \beta) &= \sin\alpha\cos\beta \pm \cos\alpha\sin\beta \\ \cos(\alpha \pm \beta) &= \cos\alpha\cos\beta \mp \sin\alpha\sin\beta\end{aligned} \qquad \text{(複号同順)}$$

図1のように，x 軸の正の向きと辺 AB のなす角が θ〔rad〕のとき，辺 BC の速度の x 成分 v_x〔m/s〕は $v_x = \boxed{\text{ア}}$ である。辺 BC の中にある電荷 $-e$〔C〕(ただし，$e > 0$) を持つ自由電子の速度の x 成分も v_x と同じとすれば，$0 < \theta < \dfrac{\pi}{2}$ のとき，電子は $\boxed{\text{イ}}$ のローレンツ力を受ける。これによって，閉じている一巻きコイル ABCD には誘導電流が流れる。

これを，コイルを貫く磁束が時間的に変化するという見方で見てみよう。コイルの面と常に垂直でコイルとともに回転する矢印 N を図1のようにとる。コイルの面を矢印 N の向きに磁束線が貫く場合，コイルを貫く磁束は正，逆向きに貫く場合を負とする。θ の範囲が $-\dfrac{\pi}{2} < \theta < \dfrac{\pi}{2}$ の場合，磁束線はコイルを矢印 N の向きに貫いており，コイルを貫く磁束 $\Phi(\theta)$〔Wb〕は $\boxed{\text{ウ}}$ である。ファラデーの電磁誘導の法則によれば，コイルを貫く磁束 Φ が微小な時間 Δt〔s〕の間に $\Delta\Phi$〔Wb〕だけ変化するとき，A→B→C→D の向きに誘導電流を流すような誘導起電力 V〔V〕は，$V = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ で求められる。今の場合，微小な時間 Δt の間に角度 θ は $\omega\Delta t$〔rad〕だけ増えるので，その間の磁束の変化量 $\Delta\Phi$ は $\Delta\Phi = \Phi(\theta + \omega\Delta t) - \Phi(\theta)$ である。$\omega\Delta t$ は1と比べて十分小さいので，$\sin\omega\Delta t \fallingdotseq \omega\Delta t$，$\cos\omega\Delta t \fallingdotseq 1$ の近似を使えば，誘導起電力 V は，a，b，ω，B，θ を使って書くと，$V = \boxed{\text{b}}$ となる。これに

よって，閉じているコイルには，誘導電流が流れる。

回転が進んでθが$\dfrac{\pi}{2}$と$\dfrac{3\pi}{2}$の間にきたときには，コイルを貫く磁束線の向きはコイルの面に固定された矢印Nと逆向きになるので磁束Φは負になるが，前に求めた誘導起電力の式はそのまま使うことができる。例えばθが$\dfrac{5\pi}{4}$のときに流れる電流は $\boxed{\text{エ}}$ である。

さらに回転して，θが$2\pi < \theta < \dfrac{5\pi}{2}$をみたす範囲に入った。辺BCに流れている誘導電流の大きさをI〔A〕とすると，辺BC全体には磁場により $\boxed{\text{オ}}$ の力がはたらいている。一方，辺ABと辺CDには $\boxed{\text{カ}}$ 。図2は図1をz軸の正の側から見た図である。辺BCはz軸を中心とした円上を運動するので，微小な時間Δtの間に，辺BCはこの円の接線の方向に$a\omega\Delta t$〔m〕の距離だけ動くと考えてよい。この図を参考にすると，コイルの回転を持続させるために時刻t〔s〕と$t + \Delta t$の間に外力がしなければならない仕事は，$\boxed{\text{キ}}$〔J〕と計算される。これは，Δtの時間に辺DAの抵抗で発生するジュール熱に等しい。

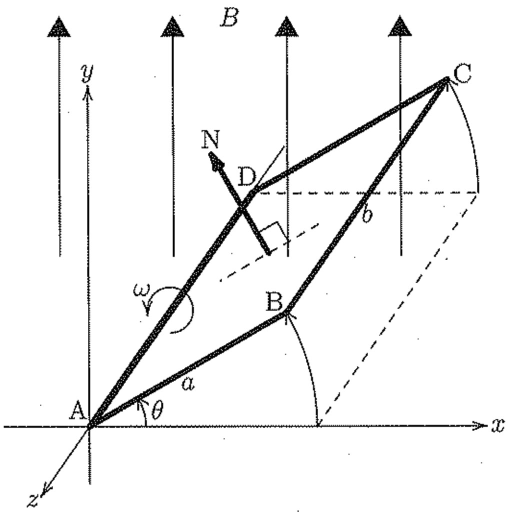


図1

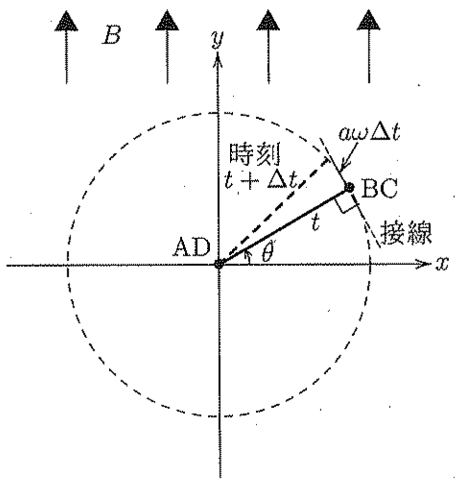


図2

$\boxed{ア}$ の解答群

① ωa　② $\omega a\sin\theta$　③ $\omega a\cos\theta$　④ $\omega a\tan\theta$

⑤ $-\omega a$　⑥ $-\omega a\sin\theta$　⑦ $-\omega a\cos\theta$　⑧ $-\omega a\tan\theta$

$\boxed{イ}$ の解答群

① C→B の向きに大きさ ωaeB〔N〕

② C→B の向きに大きさ $\omega aeB\sin\theta$〔N〕

③ C→B の向きに大きさ $\omega aeB\cos\theta$〔N〕

④ C→B の向きに大きさ $\omega aeB\tan\theta$〔N〕

⑤ B→C の向きに大きさ ωaeB〔N〕

⑥ B→C の向きに大きさ $\omega aeB\sin\theta$〔N〕

⑦ B→C の向きに大きさ $\omega aeB\cos\theta$〔N〕

⑧ B→C の向きに大きさ $\omega aeB\tan\theta$〔N〕

$\boxed{ウ}$ の解答群

① abB　② $abB\sin\theta$　③ $abB\cos\theta$　④ $abB\tan\theta$

⑤ $-abB$　⑥ $-abB\sin\theta$　⑦ $-abB\cos\theta$　⑧ $-abB\tan\theta$

$\boxed{\text{エ}}$ の解答群

① A→B→C→D の向きに，$\dfrac{ab\omega B}{2R}$〔A〕

② A→B→C→D の向きに，$\dfrac{ab\omega B}{\sqrt{2}R}$〔A〕

③ A→B→C→D の向きに，$\dfrac{ab\omega B}{R}$〔A〕

④ A→B→C→D の向きに，$\dfrac{\sqrt{2}ab\omega B}{R}$〔A〕

⑤ A→D→C→B の向きに，$\dfrac{ab\omega B}{2R}$〔A〕

⑥ A→D→C→B の向きに，$\dfrac{ab\omega B}{\sqrt{2}R}$〔A〕

⑦ A→D→C→B の向きに，$\dfrac{ab\omega B}{R}$〔A〕

⑧ A→D→C→B の向きに，$\dfrac{\sqrt{2}ab\omega B}{R}$〔A〕

$\boxed{\text{オ}}$ の解答群

① x 軸の正の向きに大きさ IBb〔N〕

② x 軸の正の向きに大きさ $IBb\sin\theta$〔N〕

③ A→B の向きに大きさ IBb〔N〕

④ A→B の向きに大きさ $IBb\sin\theta$〔N〕

⑤ x 軸の負の向きに大きさ IBb〔N〕

⑥ x 軸の負の向きに大きさ $IBb\sin\theta$〔N〕

⑦ B→A の向きに大きさ IBb〔N〕

⑧ B→A の向きに大きさ $IBb\sin\theta$〔N〕

カ の解答群

① 辺 BC にはたらく力と同じ向きで同じ大きさの力がそれぞれの辺にはたらく

② 辺 BC にはたらく力と同じ向きで半分の大きさの力がそれぞれの辺にはたらく

③ x 方向に互いに逆向きの力がはたらく

④ y 方向に互いに逆向きの力がはたらく

⑤ z 方向に互いに逆向きの力がはたらく

⑥ 辺 AB と平行で互いに逆向きの力がはたらく

⑦ 力ははたらかない

キ の解答群

① $\dfrac{a^2b^2\omega^2B^2}{R}(\sin^2\theta)\,\Delta t$　　② $\dfrac{a^2b^2\omega^2B^2}{R}(\cos^2\theta)\,\Delta t$

③ $\dfrac{a^2b^2\omega^2B^2}{R}(\sin^2\theta\cos^2\theta)\,\Delta t$　　④ $\dfrac{a^2b^2\omega^2B^2}{R}(\sin\theta)\,\Delta t$

⑤ $\dfrac{a^2b^2\omega^2B^2}{R}(\cos\theta)\,\Delta t$　　⑥ $\dfrac{a^2b^2\omega^2B^2}{R}(\sin\theta\cos\theta)\,\Delta t$

（このページは，計算に使用してよい。）

〔C〕　次の文中の $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{コ}}$ に最も適するものをそれぞれの解答群から一つ選び，解答用紙の所定の欄にその記号をマークせよ。

図1のように，空気中での波長 λ〔m〕の単色光が x 軸の正の向きに進んでいる。$x=0$ の位置には x 軸に垂直に大きなついたてが置かれている。ついたて上の $y=\pm d$〔m〕の位置には紙面に垂直な狭いスリット S_1，S_2 があいている。ついたてから L〔m〕離れた位置に x 軸に垂直にスクリーンが置かれており，スクリーン上での単色光の明るさが観測できる。気体定数は R〔J/(mol·K)〕とする。必要があれば，$|\varepsilon|$ が1に比べて十分に小さいとき，$\sqrt{1+\varepsilon} \fallingdotseq 1+\frac{1}{2}\varepsilon$ の近似を用いてよい。

平面波として進んできた光はスリット S_1，S_2 を通り，スクリーンに到達し，その結果，スクリーン上に明暗の縞模様ができた。スクリーン上の $y=D$〔m〕の位置に明線が見える条件は，整数 m を用いると，$\boxed{\text{ア}}$ である。この式の左辺を δ〔m〕とすると，L^2 が $(d\pm D)^2$ に比べて十分に大きい条件の下で，$\delta=$ $\boxed{\text{イ}}$ と近似できる。したがって，隣りあう明線の間隔は $\boxed{\text{ウ}}$〔m〕である。以下の設問では，この近似が常に成り立っているものとする。

図2のように，ついたての手前に，光路に沿った長さが等しく内部が空洞の透明直方体容器A，Bを，光の通過する面が x 軸と垂直になるように置いた。スリット S_1 の手前の容器Aには y 軸に沿ってなめらかに動くピストンがついており，内部にはヒーターがついている。スリット S_2 の手前の容器Bには可動部分はなく，

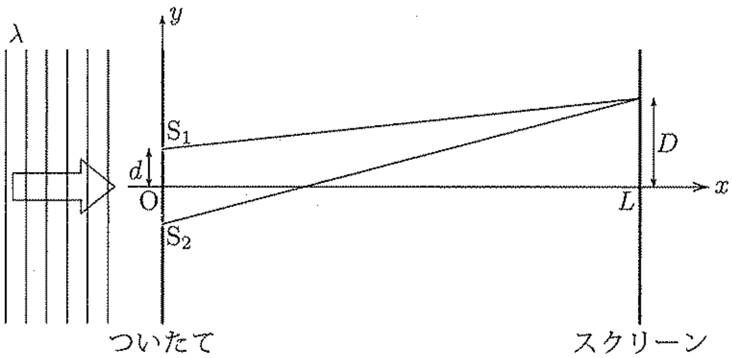


図1

容積は一定である。ピストンとヒーターはスリットを通る光を妨げないものとする。容器による光の反射や散乱は起きず，温度や圧力が変わることによって容器A，Bは形を変えない。装置をとりまく空気の屈折率は1としてよい。

はじめ，容器Aのピストンを固定し，容器A，Bともに真空にした。この状態で光を通してもスクリーン上の明線の位置は，容器を置く前と比べて変化しなかった。つぎに，容器Aにのみ理想気体を徐々に入れていった。この気体の屈折率nは単位体積当たりのモル数ρ〔mol/m^3〕と温度によらない正の定数c〔m^3/mol〕を用いて，$n = 1 + c\rho$と表される。気体の流入により明線は $\boxed{\text{エ}}$ 。容器Aに気体を入れる前に$y = 0$の位置にあった明線の隣の明線が，気体の流入の結果，D_1〔m〕の距離だけ移動して，$y = 0$の位置まできた。容器内の光が通る部分のx軸に沿った方向の厚みをℓ〔m〕とすると，このときの気体の屈折率は $\boxed{\text{オ}}$ と書ける。また，このときの容器Aの気体の温度はT_a〔K〕，圧力はp_a〔Pa〕であったので，定数cは，$c =$ $\boxed{\text{カ}}$ と求められる。

上の状態で容器Aを密封し，ピストンを固定したまま，中の気体をヒーターで一様に加熱して，温度をT_b〔K〕にしたところ，気体の圧力は $\boxed{\text{キ}}$ 〔Pa〕となった。加熱している間にスクリーン上の明線は，$\boxed{\text{ク}}$ 。加熱が終わったときに，スクリーン上の$y = 0$の位置に明線がきていた。次に，ピストンの固定をはずし，気体をゆっくり膨張させ体積を2倍にすると，気体の屈折率は $\boxed{\text{ケ}}$ となる。膨張させることで，$y = 0$の位置にあった明線は $\boxed{\text{コ}}$ 。

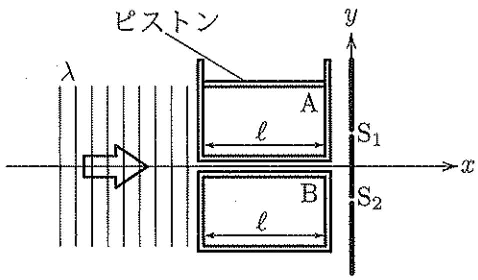


図2

$\boxed{\text{ア}}$ の解答群

① $\sqrt{L^2+(d+D)^2}-\sqrt{L^2+(d-D)^2}=\dfrac{m}{2}\lambda$

② $\sqrt{L^2+(d+D)^2}+\sqrt{L^2+(d-D)^2}=\dfrac{m}{2}\lambda$

③ $\sqrt{L^2+(d+D)^2}-\sqrt{L^2+(d-D)^2}=m\lambda$

④ $\sqrt{L^2+(d+D)^2}+\sqrt{L^2+(d-D)^2}=m\lambda$

⑤ $\sqrt{L^2+(d+D)^2}-\sqrt{L^2+(d-D)^2}=(m+\dfrac{1}{2})\lambda$

⑥ $\sqrt{L^2+(d+D)^2}+\sqrt{L^2+(d-D)^2}=(m+\dfrac{1}{2})\lambda$

⑦ $\sqrt{L^2+(d+D)^2}-\sqrt{L^2+(d-D)^2}=2m\lambda$

⑧ $\sqrt{L^2+(d+D)^2}+\sqrt{L^2+(d-D)^2}=2m\lambda$

$\boxed{\text{イ}}$ の解答群

① $\dfrac{2dD}{L}$	② $\dfrac{dD}{L}$	③ $\dfrac{dD}{2L}$	④ $\dfrac{dD}{4L}$
⑤ $\dfrac{2dD}{L^2}$	⑥ $\dfrac{dD}{L^2}$	⑦ $\dfrac{dD}{2L^2}$	⑧ $\dfrac{dD}{4L^2}$

$\boxed{\quad ウ \quad}$ の解答群

① $\dfrac{L}{2\lambda d}$　② $\dfrac{L}{\lambda d}$　③ $\dfrac{2L}{\lambda d}$　④ $\dfrac{\lambda L}{2d}$

⑤ $\dfrac{\lambda L}{d}$　⑥ $\dfrac{2\lambda L}{d}$　⑦ $\dfrac{\lambda d}{2L}$　⑧ $\dfrac{\lambda d}{L}$

⑨ $\dfrac{2\lambda d}{L}$

$\boxed{\quad エ \quad}$ の解答群

① 間隔を広げながら動く。$y=0$ にあった明線は y 軸の正の向きに移動する

② 間隔を広げながら動く。$y=0$ にあった明線は y 軸の負の向きに移動する

③ 間隔を狭めながら動く。$y=0$ にあった明線は y 軸の正の向きに移動する

④ 間隔を狭めながら動く。$y=0$ にあった明線は y 軸の負の向きに移動する

⑤ 間隔を変えずに y 軸の正の向きに移動する

⑥ 間隔を変えずに y 軸の負の向きに移動する

$\boxed{\quad オ \quad}$ の解答群

① $\dfrac{\lambda}{2\ell}$　② $\dfrac{\lambda}{\ell}$　③ $\dfrac{2\lambda}{\ell}$

④ $\dfrac{4\lambda}{\ell}$　⑤ $1+\dfrac{\lambda}{2\ell}$　⑥ $1+\dfrac{\lambda}{\ell}$

⑦ $1+\dfrac{2\lambda}{\ell}$　⑧ $1+\dfrac{4\lambda}{\ell}$

$\boxed{\text{カ}}$ の解答群

① $\dfrac{RT_a}{\ell p_a}$　② $\dfrac{(\lambda-\ell)RT_a}{\ell p_a}$　③ $\dfrac{\lambda RT_a}{\ell p_a}$

④ $\dfrac{(\lambda+\ell)RT_a}{\ell p_a}$　⑤ $\dfrac{T_a}{\ell p_a}$　⑥ $\dfrac{(\lambda-\ell)T_a}{\ell p_a}$

⑦ $\dfrac{\lambda T_a}{\ell p_a}$　⑧ $\dfrac{(\lambda+\ell)T_a}{\ell p_a}$

$\boxed{\text{キ}}$ の解答群

① $\dfrac{T_b}{T_a}p_a$　② $\dfrac{T_a}{T_b}p_a$　③ $\dfrac{T_b+T_a}{2T_b}p_a$

④ $\dfrac{T_b+T_a}{2T_a}p_a$　⑤ $\dfrac{2T_b}{T_b+T_a}p_a$　⑥ $\dfrac{2T_a}{T_b+T_a}p_a$

⑦ $\left(\dfrac{T_b}{T_a}\right)^{\frac{5}{2}}p_a$　⑧ $\left(\dfrac{T_a}{T_b}\right)^{\frac{5}{2}}p_a$

$\boxed{\text{ク}}$ の解答群

① 間隔を広げながら動く。$y=0$ にあった明線は y 軸の正の向きに移動する

② 間隔を広げながら動く。$y=0$ にあった明線は y 軸の負の向きに移動する

③ 間隔を狭めながら動く。$y=0$ にあった明線は y 軸の正の向きに移動する

④ 間隔を狭めながら動く。$y=0$ にあった明線は y 軸の負の向きに移動する

⑤ 間隔を変えずに y 軸の正の向きに移動する

⑥ 間隔を変えずに y 軸の負の向きに移動する

⑦ 間隔も位置も変えない

$\boxed{\text{ケ}}$ の解答群

① $1+c\dfrac{2RT_a}{p_a}$　② $1+c\dfrac{2p_a}{RT_a}$　③ $1+c\dfrac{RT_a}{2p_a}$

④ $1+c\dfrac{p_a}{2RT_a}$　⑤ $c\dfrac{2RT_a}{p_a}$　⑥ $c\dfrac{2p_a}{RT_a}$

⑦ $c\dfrac{RT_a}{2p_a}$　⑧ $c\dfrac{p_a}{2RT_a}$　⑨ $\dfrac{1}{2}$

$\boxed{\text{コ}}$ の解答群

① y 軸の正の向きに，$\dfrac{D_1}{2}$ だけ移動した

② y 軸の正の向きに，D_1 だけ移動した

③ y 軸の正の向きに，$2D_1$ だけ移動した

④ y 軸の負の向きに，$\dfrac{D_1}{2}$ だけ移動した

⑤ y 軸の負の向きに，D_1 だけ移動した

⑥ y 軸の負の向きに，$2D_1$ だけ移動した

⑦ 移動しなかった

（このページは，計算に使用してよい。）

（このページは，計算に使用してよい。）