物　　　理

（解答番号 $\boxed{1}$ ～ $\boxed{20}$）

第1問　次の問い（問1～5）に答えよ。（配点　25）

問1　次の文章中の空欄 $\boxed{ア}$・$\boxed{イ}$ に入れる文字列と式の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑥のうちから一つ選べ。$\boxed{1}$

太陽から見たときの彗星（すいせい）の運動について考える。彗星が図1のような軌道を描いて運動している。軌道上の点Aと点Cは太陽から同じ距離にあり，点Bでは太陽からの距離が最小である。

A，B，Cの各点における，太陽による万有引力が彗星に対してする単位時間あたりの仕事（力の大きさ×速度の力方向の成分）は正，負，0のいずれかになる。点A，B，Cのそれぞれの場合について，正，負，0のうち該当するものを，左から順に並べると $\boxed{ア}$ となる。

A，B，Cの各点での彗星の速さを v_A，v_B，v_C とするとき，$\boxed{イ}$ が成り立つ。

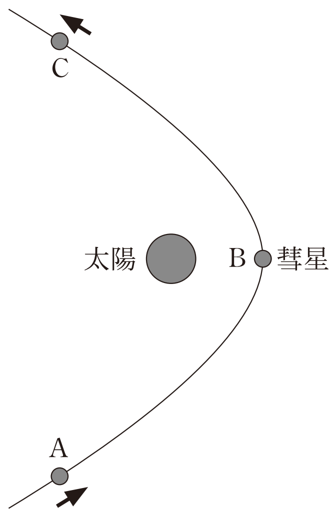


図　1

	ア	イ
①	負，0，正	$v_A = v_C > v_B$
②	負，0，正	$v_A = v_C < v_B$
③	負，0，正	$v_A < v_B < v_C$
④	正，0，負	$v_A = v_C > v_B$
⑤	正，0，負	$v_A = v_C < v_B$
⑥	正，0，負	$v_A < v_B < v_C$

物　理

問 2　次の文章中の空欄 $\boxed{\text{ウ}}$ ・ $\boxed{\text{エ}}$ に入れる語句の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑨のうちから一つ選べ。ただし，振り子は鉛直面内で振動し，振幅は十分小さいものとする。 $\boxed{2}$

軽くて伸びないひもと小球で長さ L の振り子をつくり，ひもの一端を自動車の内部の天井に固定した。自動車が静止しているとき，振り子をある鉛直面内で小さく振らせると，その周期 T は重力加速度の大きさを g として $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{L}{g}}$ となる。

この自動車を静止状態から一定の加速度 a で水平方向に加速した。重力と慣性力の合力を考えると，このとき自動車の中で観測される振り子の周期は $\boxed{\text{ウ}}$ 。

自動車の速さが v に達した後，しばらく自動車を等速直線運動させた。このとき自動車の中で観測される振り子の周期は $\boxed{\text{エ}}$ 。

	ウ	エ
①	T より長い	T より長い
②	T より長い	T に等しい
③	T より長い	T より短い
④	T に等しい	T より長い
⑤	T に等しい	T に等しい
⑥	T に等しい	T より短い
⑦	T より短い	T より長い
⑧	T より短い	T に等しい
⑨	T より短い	T より短い

問 3　次の文章中の空欄 $\boxed{\text{オ}}$ ・ $\boxed{\text{カ}}$ に入れる式と数値の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑧のうちから一つ選べ。 $\boxed{3}$

なめらかに動くピストンのついたシリンダーに，気体を閉じ込めた熱機関がある。図 2 は，この熱機関の 1 サイクル A→B→C→A における，気体の圧力 p と体積 V の変化の様子を表す。A→B，B→C，C→A の各過程における気体の内部エネルギーの変化と気体がする仕事は表 1 のとおりである。この表を利用して，過程 A→B において気体が吸収する熱量を計算すると $\boxed{\text{オ}}$ となる。また，過程 B→C と過程 C→A において，気体は熱を放出することがわかる。これらのことをもとにし，この熱機関の熱効率を計算すると $\boxed{\text{カ}}$ となる。

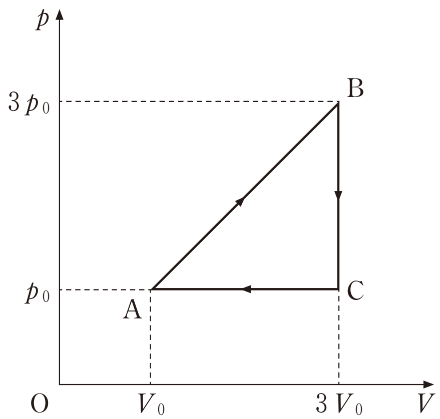


図　2

表　1

	気体の内部エネルギーの変化	気体がする仕事
A→B	$20p_0V_0$	$4p_0V_0$
B→C	$-15p_0V_0$	0
C→A	$-5p_0V_0$	$-2p_0V_0$

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
オ	$16p_0V_0$	$16p_0V_0$	$16p_0V_0$	$16p_0V_0$	$24p_0V_0$	$24p_0V_0$	$24p_0V_0$	$24p_0V_0$
カ	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	4	8	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{6}$	6	12

問 4　次の文章中の空欄 $\boxed{\text{キ}}$ ・ $\boxed{\text{ク}}$ に入れる式の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑧のうちから一つ選べ。 $\boxed{4}$

ミクロな世界の粒子は，粒子としての性質と波動としての性質をあわせもっている。大きさ p の運動量をもつ粒子の物質波としての波長(ド・ブロイ波長)は，h をプランク定数として $\boxed{\text{キ}}$ で表される。

質量 m の電子と質量 M の陽子をそれぞれ同じ大きさの電圧で加速すると，同じ大きさの運動エネルギーをもつ。このとき，電子のド・ブロイ波長 $\lambda_{\text{電子}}$ と陽子のド・ブロイ波長 $\lambda_{\text{陽子}}$ の比は

$$\frac{\lambda_{\text{電子}}}{\lambda_{\text{陽子}}} = \boxed{\text{ク}}$$

である。

	キ	ク
①	$\dfrac{p}{h}$	$\sqrt{\dfrac{M}{m}}$
②	$\dfrac{p}{h}$	$\dfrac{M}{m}$
③	$\dfrac{p}{h}$	$\sqrt{\dfrac{m}{M}}$
④	$\dfrac{p}{h}$	$\dfrac{m}{M}$
⑤	$\dfrac{h}{p}$	$\sqrt{\dfrac{M}{m}}$
⑥	$\dfrac{h}{p}$	$\dfrac{M}{m}$
⑦	$\dfrac{h}{p}$	$\sqrt{\dfrac{m}{M}}$
⑧	$\dfrac{h}{p}$	$\dfrac{m}{M}$

問 5　次の文章中の空欄 $\boxed{\text{ケ}}$ ～ $\boxed{\text{サ}}$ に入れるものの組合せとして最も適当なものを，後の①～⑧のうちから一つ選べ。 $\boxed{5}$

深さ h の水の底に落ちているコインを真上から見る。ここではコインの見かけの深さを考察しよう。水の空気に対する屈折率を $n(n > 1)$ とする。図 3 のように，点 A から出て目に入る光は，鉛直線に対し角 θ の方向に進み，水面の点 P で鉛直線に対し角 θ' の方向に屈折し，B の方向に進んだ光である。点 A を通る鉛直線と点 P との距離を d，直線 BP が鉛直線と交わる点を Q とする。角 θ，θ' がきわめて小さいとして考えると，$\sin\theta \fallingdotseq \tan\theta$，$\sin\theta' \fallingdotseq \tan\theta'$ と近似できるので，点 Q の水面からの深さ h' は，$\boxed{\text{ケ}}$ と表される。このように，h' は $\boxed{\text{コ}}$ によらず，点 A から θ の小さい方向に進む光はどれも，$\boxed{\text{サ}}$ から出ているように見え，コインの位置は実際より浅く見える。

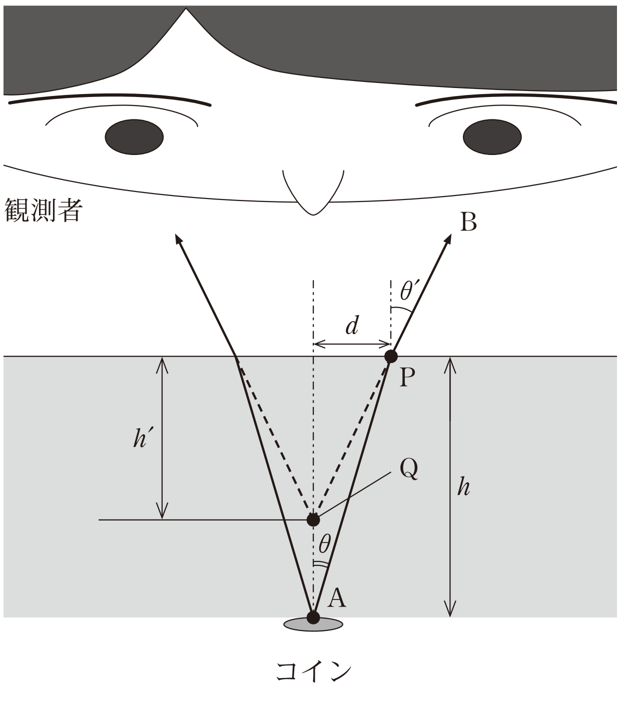


図　3

	ケ	コ	サ
①	$\frac{n}{h}$	d	点 P
②	$\frac{n}{h}$	d	点 Q
③	$\frac{h}{n}$	d	点 P
④	$\frac{h}{n}$	d	点 Q
⑤	$\frac{n}{d}$	h	点 P
⑥	$\frac{n}{d}$	h	点 Q
⑦	$\frac{d}{n}$	h	点 P
⑧	$\frac{d}{n}$	h	点 Q

物　理

第２問　ＡさんとＢさんがスマートフォン（スマホ）の無線充電器の仕組みについて話をしている。次の会話文を読んで，後の問い（**問１～３**）に答えよ。（配点　25）

Ａさん：最近のスマホって，充電器の上に置くだけで充電できるらしいけど，どういう仕組みか知ってる？

Ｂさん：コイルを利用して，充電器からスマホに電力を送っているらしいよ。

Ａさん：なるほど。それでは，どのように電力を送っているのか，実験で確かめてみよう。

二人は，図１のように，コイルの中心軸が一致するようにコイル１とコイル２を配置した。コイル１には交流電源と交流電流計を，コイル２には抵抗とオシロスコープをそれぞれ図１のように接続し，オシロスコープで抵抗の両端の電圧を測定した。

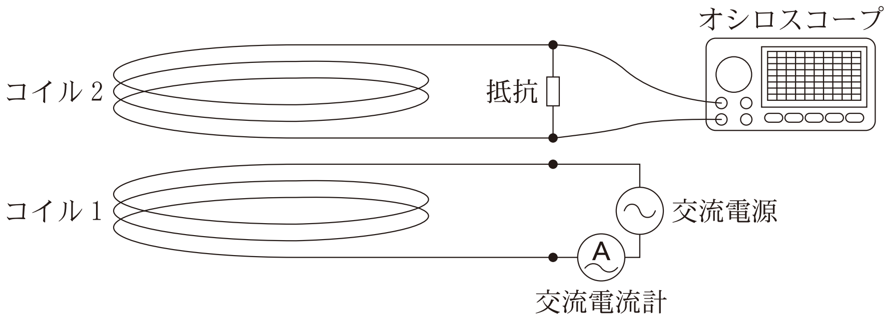


図　１

Ａさん：交流電源のスイッチを入れると，オシロスコープに交流電圧の波形が現れたよ。

Ｂさん：起電力が生じているから抵抗に電流が流れている，つまり，コイル１から離れたコイル２へ電力を送ることができている証拠だね。これは，コイル１で生じた変動する磁場（磁界）がコイル２も貫くことによって起こる電磁誘導（相互誘導）によって説明できるよ。では，それが実験条件によってどのように変わるか見てみよう。

Ｂさんは，図１の状態から，図２のようにコイル２を上に持ち上げて，二つのコイルを離した。

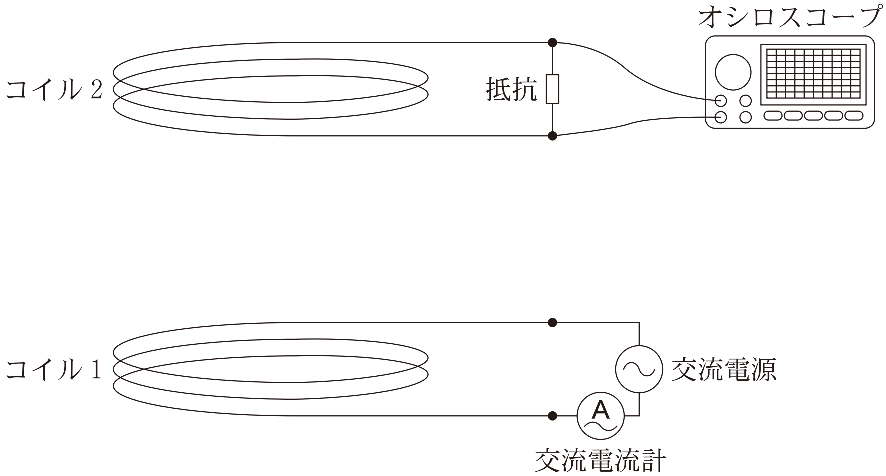


図　2

物　理

問 1　次の会話文の内容が正しくなるように，空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ・ $\boxed{\text{イ}}$ および $\boxed{\text{ウ}}$ ・ $\boxed{\text{エ}}$ に入れる語句の組合せとして最も適当なものを，後のそれぞれの①～⑨のうちから一つずつ選べ。 $\boxed{6}$ ・ $\boxed{7}$

Ｂさん：図 2 の実験で，オシロスコープに現れた波形はどうなりましたか？

Ａさん：波形の振幅は， $\boxed{\text{ア}}$ 。

Ｂさん：山と山の間隔はどうですか？

Ａさん：間隔は $\boxed{\text{イ}}$ 。

Ｂさん：次に，図 2 の配置のままで，交流電流計で読み取る値，つまり実効値が一定になるように交流電源の電圧を調整しながら，交流電源の周波数を高くしてみましょう。波形はどうなりましたか？

Ａさん：波形の振幅は， $\boxed{\text{ウ}}$ 。

Ｂさん：山と山の間隔はどうですか？

Ａさん：間隔は $\boxed{\text{エ}}$ 。

$\boxed{6}$ の選択肢

	ア	イ
①	大きくなりました	広がりました
②	大きくなりました	狭くなりました
③	大きくなりました	変わりません
④	小さくなりました	広がりました
⑤	小さくなりました	狭くなりました
⑥	小さくなりました	変わりません
⑦	変わりません	広がりました
⑧	変わりません	狭くなりました
⑨	変わりません	変わりません

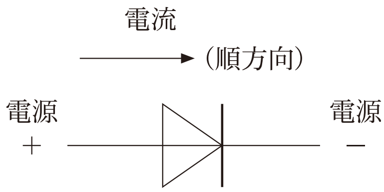
$\boxed{7}$ の選択肢

	ウ	エ
①	大きくなりました	広がりました
②	大きくなりました	狭くなりました
③	大きくなりました	変わりません
④	小さくなりました	広がりました
⑤	小さくなりました	狭くなりました
⑥	小さくなりました	変わりません
⑦	変わりません	広がりました
⑧	変わりません	狭くなりました
⑨	変わりません	変わりません

物　理

離れたコイルへ電力を送る仕組みについて学んだ二人は，次に充電について考えることにした。

Ａさん：相互誘導で電力を送ることができるんだね。これで充電できるのかな？
Ｂさん：いや，実際にはダイオードを用いた回路がコイル２につながれているようだよ。
Ａさん：ダイオードってどんなはたらきをするの？
Ｂさん：ダイオードには，電流を一方向にしか流さない性質があるんだ。図３のように，電流が流れる向きを順方向，その反対の向きを逆方向というんだ。ダイオードを用いた回路のはたらきを調べてみよう。



ダイオードを示す電気用図記号

図　3

二人は，コイル２を再びコイル１に近づけ，図１の回路のコイル２と抵抗の間にダイオードを直列に入れた図４のような回路を作成し，オシロスコープで端子ab間，および端子cd間の電圧を同時に測定した。ただし，オシロスコープは図の矢印の向きに電流を流そうとする起電力を正の電圧として表示する。

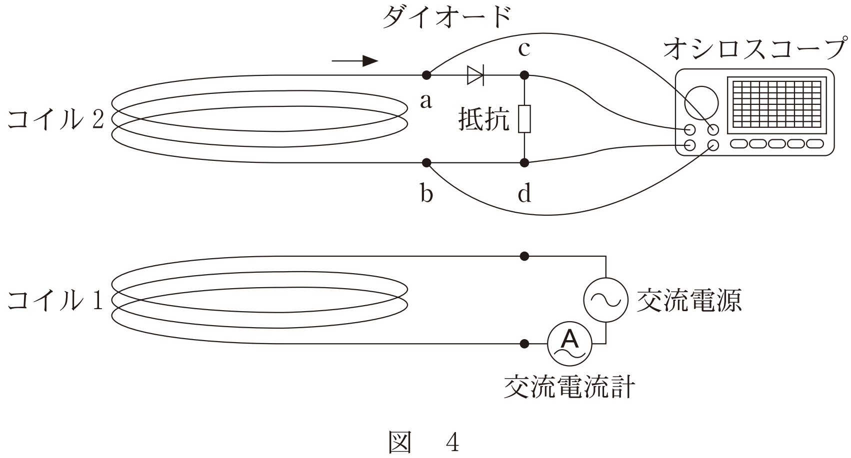


図　4

問 2　次の会話文の内容が正しくなるように，空欄 $\boxed{8}$ に入れる図として最も適当なものを，直後の｛　｝で囲んだ選択肢のうちから一つ選べ。

Aさん：端子 ab 間の電圧波形は，図 5 のようになったよ。

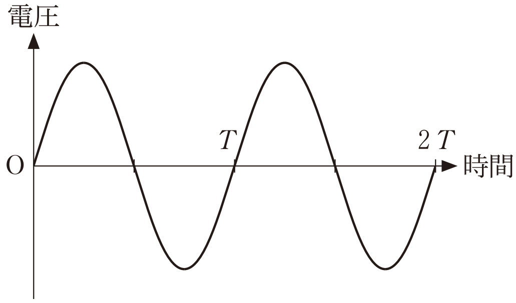
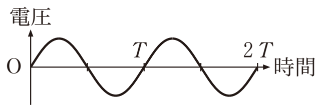


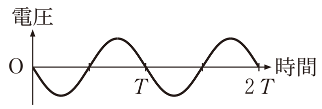
図　5

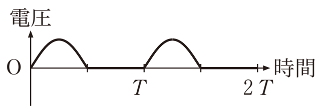
Bさん：コイル 2 に交流電圧が発生しているのが確認できるね。では，端子 cd 間はどうなっているだろう？

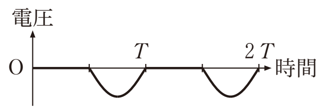
Aさん：端子 cd 間の電圧波形は，

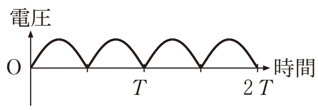
$\boxed{8}$

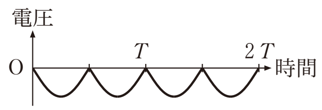
①


②


③


④


⑤


⑥


のようになっているね。

問 3　次の会話文の内容が正しくなるように，空欄 $\boxed{\ 9\ }$ ・ $\boxed{\ 10\ }$ に入れる語句または図として最も適当なものを，それぞれの直後の｛　｝で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。

Ａさん：複数個のダイオードを使った図 6 のような回路もあるみたいだね。複雑だけど，電流はどのように流れているの？

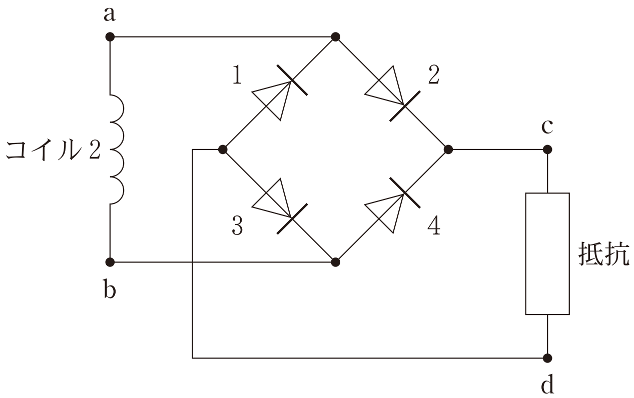


図　6

Ｂさん：例えば，コイル 2 に誘導起電力が生じ，点 b からダイオードに向かって電流が流れる場合を考えよう。このとき，電流は点 b から

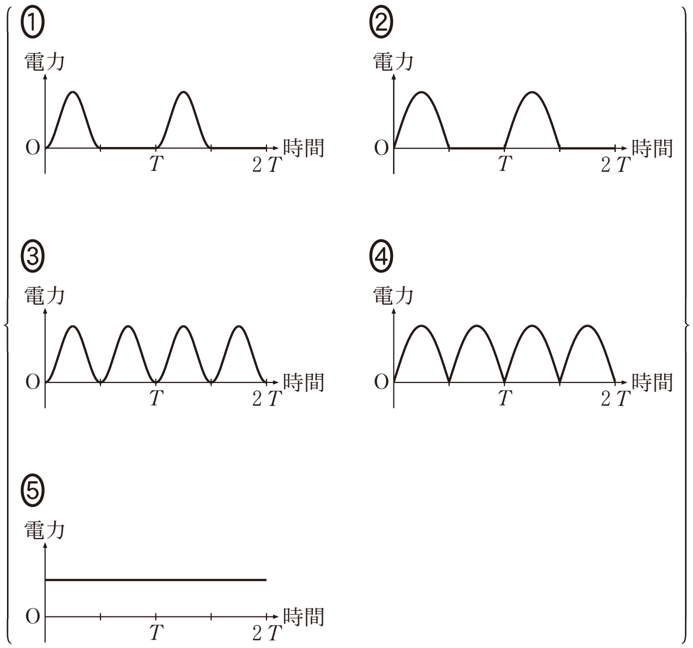
$\boxed{\ 9\ }$
① ダイオード 4，点 c，点 d，ダイオード 3
② ダイオード 4，点 c，点 d，ダイオード 1，点 a，コイル 2
③ ダイオード 3，点 d，点 c，ダイオード 4
④ ダイオード 3，点 d，点 c，ダイオード 2，点 a，コイル 2

を順に通って点 b に戻ってくるんだ。点 a の電位が高い場合についても，同じように考えればいいんだ。

Ａさん：それでは，抵抗で消費される電力はどうなっているんだろう？

Ｂさん：点 ab 間の電圧波形が図 5 となるとき，抵抗で消費される電力の時間変化は

$\boxed{10}$



のようになるよ。

Ａさん：ダイオードにはこんな使い方があるんだね。抵抗の代わりにバッテリーを回路につなげば，送った電力でスマホを充電できそうだね。

物　理

第3問　次の文章を読み，後の問い(**問1～4**)に答えよ。(配点　20)

図1のように，薄いものさしを両手の人差し指の上にのせて，同じ高さのまま水平に保ち，左右の指の間隔をゆっくりと縮める。左右の指は交互に滑り，ものさしの重心付近でたがいに接する。

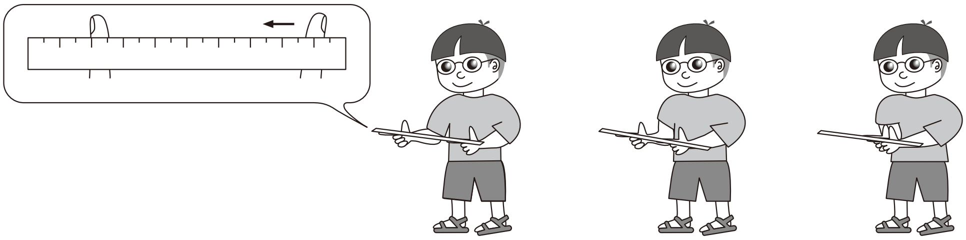


図　1

この現象を段階を踏んで物理的に考察してみよう。

図2には，左右の指の間隔をゆっくりと縮めるときに，ものさしにはたらく力の向きを矢印で，作用点を黒丸で示している。左指からものさしにはたらく垂直抗力と摩擦力の大きさをそれぞれN_{L}，f_{L}，右指からものさしにはたらく垂直抗力と摩擦力の大きさをそれぞれN_{R}，f_{R}，ものさしの重心から左指までの距離をx_{L}，右指までの距離をx_{R}，ものさしの質量をm，重力加速度の大きさをgとする。指とものさしの間の静止摩擦係数μや動摩擦係数μ'($\mu > \mu'$)は，それぞれ左指と右指で等しいものとする。

また，指の間隔を縮めるとき左指は動かさず，右指を左指に近づけるようにする。

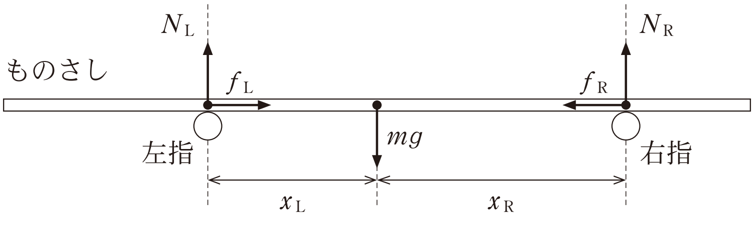


図　2

問 1　次の文章中の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ・ $\boxed{\text{イ}}$ に入れる式の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑥のうちから一つ選べ。 $\boxed{11}$

最初に，ものさしにはたらく鉛直方向の力の関係を考えよう。ものさしは同じ高さのまま水平に保たれるので，x_{L} と x_{R} の大小関係にかかわらず，垂直抗力と重力の間には $\boxed{\text{ア}}$ が成り立ち，重心から指までの距離と垂直抗力の間には $\boxed{\text{イ}}$ が成り立つ。

	ア	イ
①	$N_{\mathrm{L}} + N_{\mathrm{R}} = mg$	$N_{\mathrm{L}}x_{\mathrm{L}} = N_{\mathrm{R}}x_{\mathrm{R}}$
②	$N_{\mathrm{L}} + N_{\mathrm{R}} = mg$	$N_{\mathrm{L}}x_{\mathrm{R}} = N_{\mathrm{R}}x_{\mathrm{L}}$
③	$N_{\mathrm{L}} = N_{\mathrm{R}} = mg$	$N_{\mathrm{L}}x_{\mathrm{L}} = N_{\mathrm{R}}x_{\mathrm{R}}$
④	$N_{\mathrm{L}} = N_{\mathrm{R}} = mg$	$N_{\mathrm{L}}x_{\mathrm{R}} = N_{\mathrm{R}}x_{\mathrm{L}}$
⑤	$N_{\mathrm{L}} = N_{\mathrm{R}} = \dfrac{mg}{2}$	$N_{\mathrm{L}}x_{\mathrm{L}} = N_{\mathrm{R}}x_{\mathrm{R}}$
⑥	$N_{\mathrm{L}} = N_{\mathrm{R}} = \dfrac{mg}{2}$	$N_{\mathrm{L}}x_{\mathrm{R}} = N_{\mathrm{R}}x_{\mathrm{L}}$

次に，ものさしに指からはたらく摩擦力と水平方向の運動について**段階 1** から**段階 4** に分けて考えてみよう。指の間隔を縮める前は $x_L < x_R$ とする。

問 2　次の文章中の空欄 **ウ** ・ **エ** に入れる式の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑥のうちから一つ選べ。 **12**

段階 1　図 3 に示すように，左右の指の間隔を縮めようと力を加えるが，この段階では指とものさしは静止している。このとき，ものさしにはたらく摩擦力は静止摩擦力であり，f_L と f_R の関係は **ウ** である。左指および右指からものさしにはたらく最大摩擦力の大きさには **エ** の関係があるので，さらに力を加えると，右指から滑り始める。

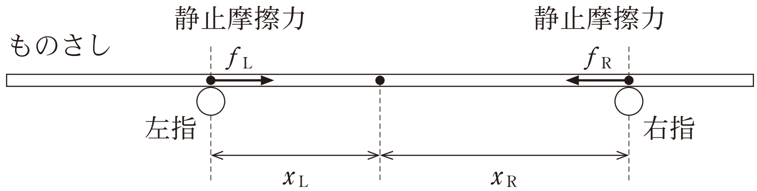


図　3

	ウ	エ
①	$f_L > f_R$	$\mu N_L > \mu N_R$
②	$f_L > f_R$	$\mu N_L < \mu N_R$
③	$f_L = f_R$	$\mu N_L > \mu N_R$
④	$f_L = f_R$	$\mu N_L < \mu N_R$
⑤	$f_L < f_R$	$\mu N_L > \mu N_R$
⑥	$f_L < f_R$	$\mu N_L < \mu N_R$

問 3　次の文章中の空欄 $\boxed{\textbf{オ}}$ ・ $\boxed{\textbf{カ}}$ に入れる語と式の組合せとして最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。 $\boxed{13}$

段階 2　図 4 のように右指が滑り始めてからは，右指から動摩擦力，左指から静止摩擦力がものさしにはたらく。この段階では x_{R} が小さくなるにつれ，N_{R} は $\boxed{\textbf{オ}}$ なり，f_{R} も変化する。f_{R} と左指からものさしにはたらく最大摩擦力の大きさとが等しくなるまで右指だけが滑り，ものさしの重心に近づく。f_{R} と左指での最大摩擦力の大きさとが等しくなったときの N_{L} を N_{L2}，N_{R} を N_{R2} とすると，$\dfrac{N_{\mathrm{L2}}}{N_{\mathrm{R2}}} = \boxed{\textbf{カ}}$ となる。したがって，このとき $x_{\mathrm{L}} > x_{\mathrm{R}}$ であることがわかる。f_{R} と左指での最大摩擦力の大きさが等しくなると，今度は左指が滑り始める。

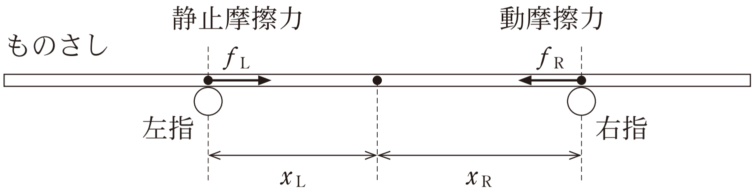


図　4

	①	②	③	④
オ	小さく	小さく	大きく	大きく
カ	$\dfrac{\mu}{\mu'}$	$\dfrac{\mu'}{\mu}$	$\dfrac{\mu}{\mu'}$	$\dfrac{\mu'}{\mu}$

問 4　次の文章中の空欄 $\boxed{\textbf{キ}}$ ・ $\boxed{\textbf{ク}}$ に入れる語句の組合せとして最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。 $\boxed{14}$

段階 3　左指が滑り始めた直後は図 5 のように，ものさしにはたらく摩擦力は動摩擦力となる。この段階では，f_{R} は f_{L} より $\boxed{\textbf{キ}}$ ため，ものさしは $\boxed{\textbf{ク}}$ に加速され，ものさしの速度が右指の速度に等しくなると右指の滑りが止まる。

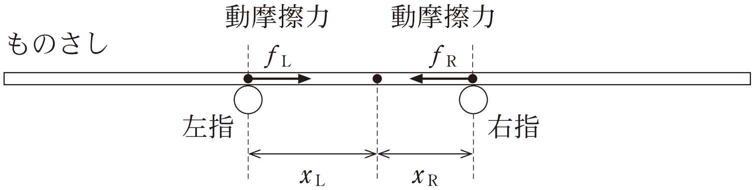


図　5

	①	②	③	④
キ	小さい	小さい	大きい	大きい
ク	右向き	左向き	右向き	左向き

段階 4　この段階では，左指が滑るが，右指は滑らない。つまり，**段階 2** から**段階 3** で考察した現象の左右が逆転し，しばらくは左指が滑る。これらの現象が交互に繰り返され，最後には左右の指がものさしの重心の近くで接することになる。

物　理

第４問　授業中の外部の騒音に困ったＰさんとＱさんは「音を使って音を消すことはできないのかな？」と考え，先生に相談した。次の問い（**問１～５**）に答えよ。ただし，会話文の内容は正しいものとする。（配点　30）

問１　次の会話文中の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ・ $\boxed{\text{イ}}$ にはそれぞれの直後の $\{\quad\}$ 内の語句および図のいずれか一つが入る。入れるものを示す記号の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑧のうちから一つ選べ。 $\boxed{15}$

先　生：まずは音ではなくウェーブマシンを伝わる横波で考えましょうか。ここでは単純化して，図１のように，三角形の波形をもつ二つの波が，たがいに逆向きに同じ速さで進行している場合を考えましょう。これらの波が出あって図２のように重なったとき，合成波の変位は０になります。

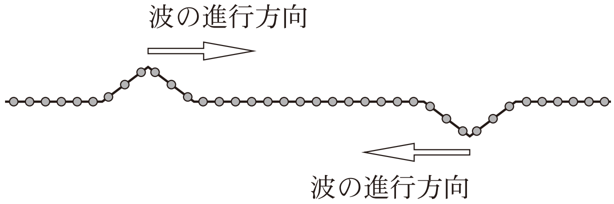


図　1

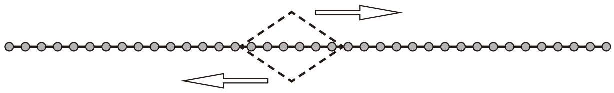


図　2

Ｐさん：この状態では波がなくなってしまっているから，これ以降も波は完全に消えてしまうのかな？

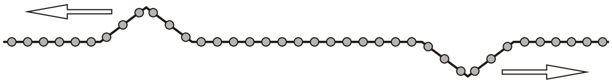
Ｑさん：それはよくある間違いだよ。もし完全に消えてしまったら，最初に波のもっていた力学的エネルギーがなくなってしまうことになり，その保存則に反することになるね。実際には，

ア　(a)　屈折の法則　(b)　反射の法則　(c)　波の独立性　(d)　熱力学第二法則

からわかるように，図 2 の状態になった後

イ

(e)



(f)

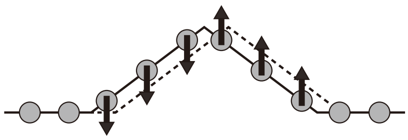
のようになるから波は消えてしまわないよね。

15 の選択肢

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ア	(a)	(a)	(b)	(b)	(c)	(c)	(d)	(d)
イ	(e)	(f)	(e)	(f)	(e)	(f)	(e)	(f)

問 2　次の会話文中の空欄 **ウ** ・ **エ** にはそれぞれ直後の｛　｝内の図のいずれか一つが入る。入れる図を示す記号の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑥のうちから一つ選べ。 **16**

先　生：図 2 の状態の後でも波が消えない理由をもう少し考えてみましょうか。波が出あう前には，図 1 の左側にある，波が右へ進んでいる部分では，各点の速度は図 3 の矢印の向きになります。

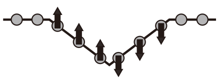


 点の速度の向き

------ わずかに時間を進めた波形

図　3

　同じように考えると，図 1 の右側にある，波が左へ進んでいる部分では，各点の速度はどちらを向くかわかりますか？

Qさん： **ウ** ｛(g) 　(h) ｝

のようになりますね。

先　生：すると，合成波について，各点の速度の向きはどうなりますか？波の重ね合わせの原理はすべての時刻で成り立つから，変位の時間に対する変化率である各点の速度についても重ね合わせの原理が使えると思ってよいです。

Qさん：図 2 のように，二つの波が重なって合成波の変位が 0 になっているとき，重なっている部分での各点の速度の向きは

エ ｛(i) 　(j) 

(k) すべて速度 0 ｝のよう

になりますね。

Ｐさん：なるほど，こう考えると波が消えない理由がわかりますね。

$\boxed{16}$ の選択肢

	①	②	③	④	⑤	⑥
ウ	(g)	(g)	(g)	(h)	(h)	(h)
エ	(i)	(j)	(k)	(i)	(j)	(k)

先　生：広がる波の場合，重ね合わせによって波が消える条件も複雑になります。次は平面上を伝わる横波を考えましょう。平面上の波源Ａと波源Ｂから円形の波面をもつ波が広がっていくと，二つの波が重なり合って，ある時刻では図４のようになります。ただし，変位は平面に垂直で，二つの波源は同位相で振動しているとします。

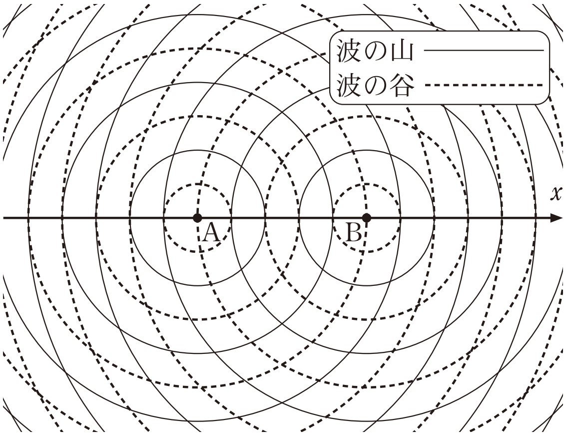


図　4

Ｐさん：波の波長を λ とすると，この二つの波源の間の距離は $\dfrac{5\lambda}{2}$ ですね。

Ｑさん：そうですね。図４のＡ，Ｂを通る直線上にできる波だけを，Ａを原点にして x 軸の正の向きをＡ→Ｂの向きにとってグラフを描くと図５のようになりました。ただし，波源から離れることで波の振幅が小さくなることは無視しています。

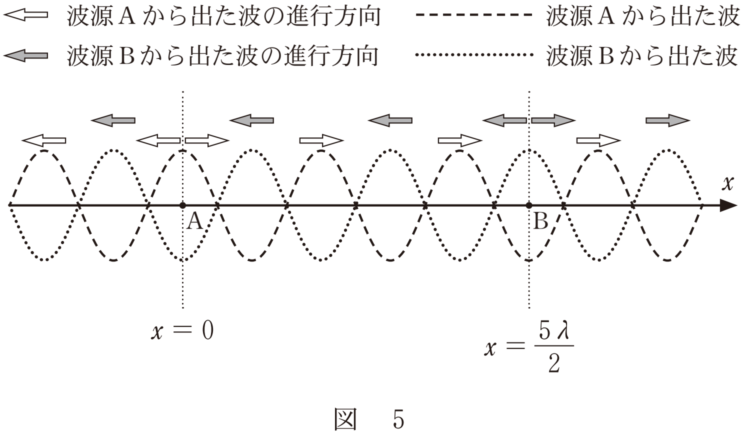


図　5

Ｐさん：この瞬間はＡ，Ｂを通る直線上では合成波が消えているんだね。でもずっと消えたままかどうかは，じっくり考えないと。

先　生：時間が経過すると変位はどう変わるでしょうか。どちらの波も，波源より左側では左向き，波源より右側では右向きに進行するので，少し時間がたった後のグラフは図６のようになることに注意して考えていきましょう。

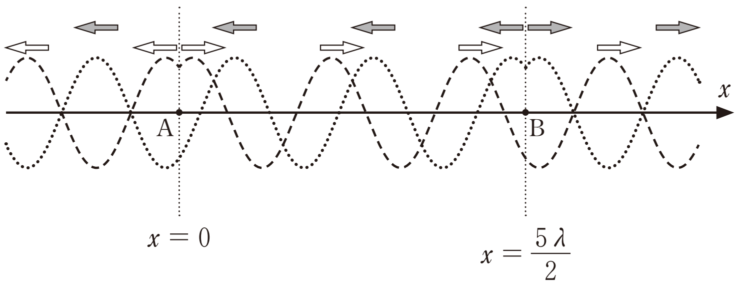
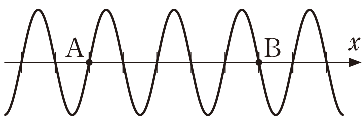
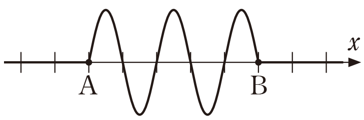
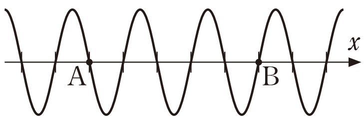


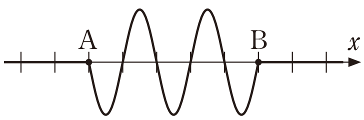
図　6

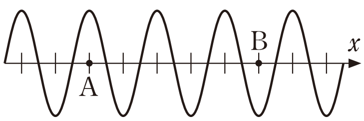
問 3　図５に示した状態より $\frac{1}{4}$ 周期後の合成波の図として最も適当なものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。 $\boxed{17}$

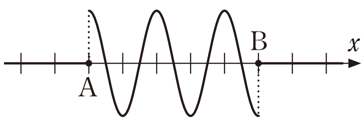
①


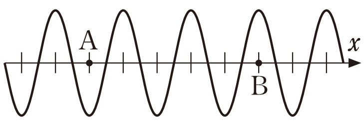
②


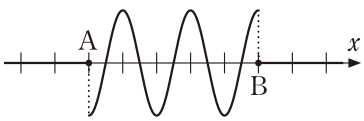
③


④


⑤


⑥


⑦


⑧


物　理

問 4　次の会話文の空欄 $\boxed{18}$ ・ $\boxed{19}$ に入れる式として最も適当なものを，それぞれの直後の $\{\quad\}$ で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。

先　生：**問 3** で求めた図において合成波の変位が 0 の位置で，時間によらずその変位が 0 になるかどうかを数式で確認してみましょう。

　図 5 が $t = 0$ の瞬間だと考えると，時刻 t における波源 A から出た波(----)の点 A での変位も，波源 B から出た波(⋯⋯⋯)の点 B での変位も，振幅を A_0，周期を T として $A_0 \cos \dfrac{2\pi t}{T}$ という同じ式で表現されます。

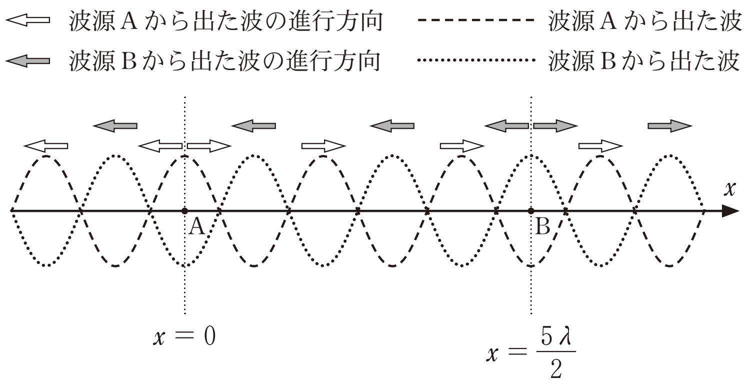


図　5 (再掲)

P さん：まず，点 B の右側 $\left(\dfrac{5\lambda}{2} \leqq x\right)$ を考えてみます。図 5 を見ると，ここでは二つの波の変位の向きが逆になっていて，波の進行方向が同じです。

Q さん：二つの波源の間の距離は $\dfrac{5\lambda}{2}$ なので，点 B の右側では波源 A から出た波と波源 B から出た波の間には常に $\boxed{18}$ $\left\{\begin{array}{ll} ① & \dfrac{\pi}{2} \\ ② & \dfrac{5\pi}{4} \\ ③ & \dfrac{5\pi}{2} \\ ④ & 5\pi \end{array}\right\}$ の位相の差が生じます。

先　生：点Bの右側では，二つの波は常に逆位相になっているので，打ち消しあうことが確認できました。この打ち消しあいは点Aの左側でも同じですね。

次に，点Aと点Bの間$\left(0 < x < \dfrac{5\lambda}{2}\right)$の範囲を考えてみましょう。時刻$t$，座標$x$の点における波源Aから出た波の変位は，

$y_{\mathrm{A}} = A_0 \cos \dfrac{2\pi}{T}\left(t - \dfrac{x}{v}\right)$と表されます。

Qさん：波源Bから出た波も同様に考えることができます。点Bから座標xまでの距離を考えれば，時刻t，座標xの点における波源Bから出た波の変位は，

$y_{\mathrm{B}} =$ $\boxed{19}$

① $A_0 \cos \dfrac{2\pi}{T}\left\{t - \dfrac{1}{v}\left(x - \dfrac{5\lambda}{2}\right)\right\}$

② $A_0 \cos \dfrac{2\pi}{T}\left\{t - \dfrac{1}{v}\left(x + \dfrac{5\lambda}{2}\right)\right\}$

③ $A_0 \cos \dfrac{2\pi}{T}\left\{t + \dfrac{1}{v}\left(x - \dfrac{5\lambda}{2}\right)\right\}$

④ $A_0 \cos \dfrac{2\pi}{T}\left\{t + \dfrac{1}{v}\left(x + \dfrac{5\lambda}{2}\right)\right\}$

と表されます。

先　生：波が打ち消しあう位置では，波源Aから出た波と波源Bから出た波の位相が常に逆になっています。合成波の変位$y_{\mathrm{A}} + y_{\mathrm{B}}$の式に，**問3**で求めた合成波の図において変位が0の座標xを代入すると，時間によらずその位置の変位が0となることが確認できるでしょう。

物　理

問 5　次の会話文の空欄 $\boxed{20}$ に入れる語句として最も適当なものを，直後の $\{\quad\}$ で囲んだ選択肢から一つ選べ。

先　生：それでは次に線分 AB 以外の平面上に範囲をひろげて考えてみましょう。図 7 は，図 4 に点 P_1～点 P_3 を加えたものです。

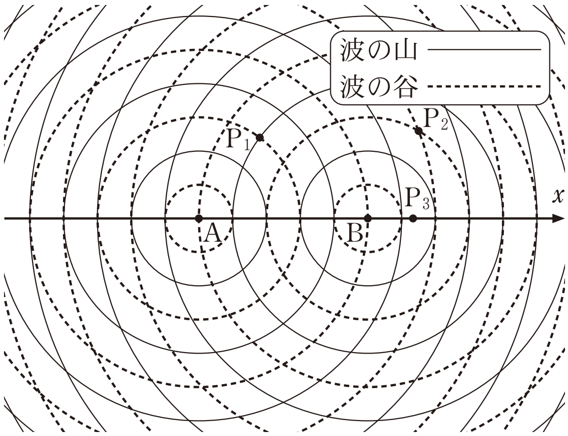


図　7

Qさん：点 P_1～点 P_3 の内で，常に波が弱めあう点をすべて選ぶと，

その組合せは $\boxed{20}$ $\left\{\begin{array}{ll} ① \ P_1 & ② \ P_2 \\ ③ \ P_3 & ④ \ P_1,\ P_2 \\ ⑤ \ P_1,\ P_3 & ⑥ \ P_2,\ P_3 \\ ⑦ \ P_1,\ P_2,\ P_3 & \end{array}\right\}$ です。

Pさん：あらゆる場所で音を消すのは難しいみたいですね。しかし，ある振動数の音に対して特定の場所に限れば音で音を消すことができそうだということがわかりました。

先　生：実際に空気中を伝わる音波は縦波ですが，同様の議論が成り立ちます。また，ここでは波源から出る二つの波を同位相として考察しましたが，逆位相の波によって音を消すこともできます。この原理を応用したものにアクティブ・ノイズキャンセリング・ヘッドフォンがあります。