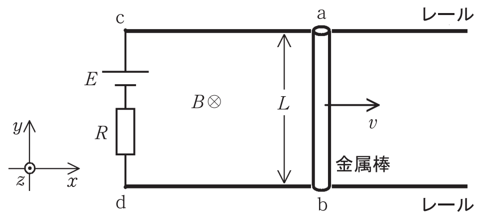
物理

［◆機械工学科　◆総合機械工学科
◆電気電子工学科
◆建築学科／建築専攻（Ⅰ型）　◆建築学科／インテリアデザイン専攻（Ⅰ型）
◆建築学科／土木・環境専攻（Ⅰ型）
◆情報システム学科／コンピュータサイエンス専攻
◆情報システム学科／情報ネットワーク専攻
◆情報デザイン学科／メディアデザイン専攻（Ⅰ型）
◆情報デザイン学科／プロダクトデザイン専攻（Ⅰ型）
◆総合情報学科／かおりデザイン専攻（Ⅰ型）
◆総合情報学科／経営情報専攻（Ⅰ型）］

［Ⅰ］　次の問いの $\boxed{}$ の中の答えを，それぞれの解答群の中から１つずつ選べ。解答群の中の番号は，同じものを何度使ってもよい。

図のように，水平面内で２本の長いレールを間隔 L で平行に置いて固定し，それぞれのレールの端点 c，d に起電力 E の電池と抵抗値 R の抵抗を接続する。２本のレールの上に長さ L の金属棒 ab をレールと垂直にのせて，回路 abdc を作る。レールと平行に c → a の向きに x 軸をとり，レールと垂直に d → c の向きに y 軸をとる。紙面と垂直に裏から表の向き（☉）に z 軸をとる。レールおよび金属棒の電気抵抗を無視する。また，回路 abdc を流れる電流がつくる磁場（磁界）を無視する。



（1）金属棒 ab を固定したとき，金属棒 ab を流れる電流の強さは $\boxed{\text{ア}}$ である。

以下では，装置全体に一様な磁場を z 軸の負の向き（⊗）に加えておき，金属棒 ab を一定の速さ v で x 軸の正の向きに動かす。磁束密度の大きさを B とする。金属棒とレールの間の摩擦を無視する。

（2）時間 Δt の間に金属棒 ab は距離 $\boxed{\text{イ}}$ だけ移動するので，回路 abdc の面積 S は $\Delta S = \boxed{\text{ウ}}$ だけ増加する。

（3）時間 Δt の間に回路 abdc を貫く磁束 Φ は $\Delta\Phi = \boxed{\text{エ}}$ だけ増加する。

（4）金属棒 ab に生じる誘導起電力の大きさは $V = \left| -\boxed{\text{オ}} \right| = \boxed{\text{カ}}$ となる。

（5）金属棒 ab を流れる電流の強さは，$I = \left| \boxed{\text{キ}} \right|$ となる。$E < V$ のとき，この電流は $\boxed{\text{ク}}$。

（6）時間 Δt の間に抵抗で発生するジュール熱は $Q = \boxed{\text{ケ}} \times \Delta t$ である。

（7）$E < V$ のとき，磁場の中を移動する金属棒 ab は $\boxed{\text{コ}}$ の向きに大きさ $F = \boxed{\text{サ}}$ の力を受ける。金属棒 ab が一定の速さで動き続けるためには，大きさ F の外力を $\boxed{\text{コ}}$ の向きと逆向きに加え続ける必要がある。

（8）$E < V$ のとき，時間 Δt の間に問い(7)の外力がした仕事は $\boxed{\text{シ}} \times \Delta t$ である。

解答群

$\boxed{ア}$

① LE　② $\dfrac{L}{E}$　③ $\dfrac{E}{L}$　④ LR　⑤ $\dfrac{L}{R}$

⑥ $\dfrac{R}{L}$　⑦ RE　⑧ $\dfrac{E}{R}$　⑨ $\dfrac{R}{E}$　⓪ 0

$\boxed{イ}$，$\boxed{ウ}$

① L　② L^2　③ $L\Delta t$　④ $L^2\Delta t$　⑤ $v\Delta t$

⑥ $v^2\Delta t$　⑦ Lv　⑧ L^2v　⑨ $Lv\Delta t$　⓪ $L^2v\Delta t$

$\boxed{エ}$

① $E\Delta S$　② $R\Delta S$　③ $B\Delta S$　④ $Ev\Delta t$　⑤ $Bv\Delta t$

⑥ $\dfrac{E\Delta S}{R}$　⑦ $\dfrac{B\Delta S}{R}$　⑧ $\dfrac{Ev\Delta t}{R}$　⑨ $\dfrac{Bv\Delta t}{R}$　⓪ $\dfrac{BvL\Delta t}{R}$

$\boxed{オ}$

① $\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$　② $\dfrac{\Delta t}{\Delta\Phi}$　③ $\dfrac{B\Delta t}{\Delta\Phi}$　④ $\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta S}$　⑤ $\dfrac{\Delta S}{\Delta\Phi}$　⑥ $\dfrac{B\Delta\Phi}{\Delta S}$　⑦ $\dfrac{B\Delta S}{\Delta\Phi}$

$\boxed{カ}$

① vB　② EB　③ EvB　④ LvB　⑤ $E-EvB$　⑥ $E+LvB$

$\boxed{キ}$，$\boxed{ケ}$，$\boxed{シ}$

① $\dfrac{V-E}{R}$　② $\dfrac{V+E}{R}$　③ $\dfrac{(V-E)E}{R}$　④ $\dfrac{(V+E)E}{R}$　⑤ $\dfrac{(V-E)V}{R}$

⑥ $\dfrac{(V+E)V}{R}$　⑦ $\dfrac{(V-E)^2}{R}$　⑧ $\dfrac{(V+E)^2}{R}$　⑨ $\dfrac{(V-E)^2}{R^2}$　⓪ $\dfrac{(V+E)^2}{R^2}$

$\boxed{ク}$

① a → b の向きに流れる　② b → a の向きに流れる

③ 流れる向きが交互に入れ替わる　④ 流れない

$\boxed{コ}$

① x 軸の正　② x 軸の負　③ y 軸の正

④ y 軸の負　⑤ z 軸の正　⑥ z 軸の負

$\boxed{サ}$

① IB　② IR　③ IE　④ EB　⑤ EIB

⑥ EvB　⑦ ILB　⑧ IvB　⑨ $\dfrac{IEB}{R}$　⓪ $\dfrac{ELB}{R}$

［Ⅱ］　次の問いの $\boxed{}$ の中の答えを，それぞれの解答群の中から１つずつ選べ。解答群の中の番号は，同じものを何度使ってもよい。

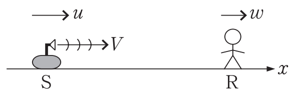


図 1

図１のように，x 軸上を音源Ｓが速度 u で運動し，観測者Ｒが速度 w で運動する。この設定で，観測者Ｒが測定する音波の振動数（周波数）を以下の３ステップで求めていく。ただし，風はなく空気は静止しており，図１で音源Ｓが観測者Ｒの左側にある場合（［Ｓの位置座標］＜［Ｒの位置座標］）を考える。また，音源Ｓが出す音波の周期は速度 u によらず一定である。

ステップ１：

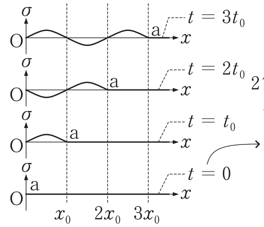


図 2

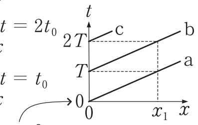


図 3

音源Ｓも観測者Ｒも静止している場合を考える。図２は，音源Ｓが音を出し始めた時刻を $t=0$ として，観測者Ｒに向かう音波を表したグラフである。グラフは下から上に時刻が t_0 ずつ経過しており，各グラフの縦軸 σ は空気の密度の平均値からのずれを表す。この図２より，音波の波長 $\lambda=\boxed{ア}$，周期 $T=\boxed{イ}$，音速（音波が空気中を伝わる速さ）$V=\boxed{ウ}$ と読み取れる。そして，音波の振動数を f とすると，波動の関係式 $\boxed{エ}$ が成立する。ステップ１の場合に観測者Ｒが測定する音波の振動数はこの関係式で得られる f である。

図３は，音波が x 軸上を伝わる様子を表したグラフである。例えば，直線ａは時刻０に出た音波の先頭（図２のａ）が伝わる様子を表す。また，直線ｂとｃは時間間隔 T ごとに音波が伝わる様子を表す。したがって，図３に示された位置座標 $x_1=\boxed{オ}$ である。

ステップ２：

音源Ｓが速度 $u\,(0<u<V)$ で運動し，観測者Ｒは静止している場合を考える。この場合，観測者Ｒが測定する音波の波長を λ'，振動数を f'，音速を V' とすると，関係式 $\boxed{エ}$ の (λ, f, V) を (λ', f', V') に置き換えた式が成立する。さらに，観測者Ｒは空気に対して静止しているので $V'=\boxed{カ}$ である。

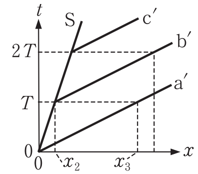


図 4

図４は，ステップ２の場合に，音源Ｓの運動と音源Ｓが出す音波が伝わる様子を表したグラフである。直線 a′，b′，c′ は，時刻０から時間間隔 T ごとに音波が伝わる様子を表す。直線Ｓは音源Ｓの運動を表す。図４に示された位置座標 $x_2=\boxed{キ}$，$x_3=\boxed{ク}$ である。よって，ステップ２の場合に観測者Ｒが測定する音波の波長 $\lambda'=\boxed{ケ}$ であり，振動数 $f'=\boxed{コ}\times f$ となる。

ステップ３：

音源Sが速度 u で運動し，観測者Rが速度 $w(w < V)$ で運動する場合を考える。この場合，観測者Rが測定する音速は $V'' =$ $\boxed{\text{サ}}$，観測者Rが測定する音源Sの速度は $u'' =$ $\boxed{\text{シ}}$ である。よって，ステップ2で求めた f' の表式の (V,u) を (V'',u'') に置き換えて，ステップ3の場合に観測者Rが測定する振動数 $f'' =$ $\boxed{\text{ス}}$ $\times f$ を得る。

解答群

$\boxed{\text{ア}}$ ① x_0　② $2x_0$　③ $3x_0$　④ $\dfrac{x_0}{2}$　⑤ $\dfrac{x_0}{3}$
⑥ $\dfrac{1}{x_0}$　⑦ $\dfrac{1}{2x_0}$　⑧ $\dfrac{1}{3x_0}$　⑨ $\dfrac{2}{x_0}$　⓪ $\dfrac{3}{x_0}$

$\boxed{\text{イ}}$ ① t_0　② $2t_0$　③ $3t_0$　④ $\dfrac{t_0}{2}$　⑤ $\dfrac{t_0}{3}$
⑥ $\dfrac{1}{t_0}$　⑦ $\dfrac{1}{2t_0}$　⑧ $\dfrac{1}{3t_0}$　⑨ $\dfrac{2}{t_0}$　⓪ $\dfrac{3}{t_0}$

$\boxed{\text{ウ}}$ ① $\dfrac{x_0}{t_0}$　② $\dfrac{t_0}{x_0}$　③ $\dfrac{2x_0}{t_0}$　④ $\dfrac{2t_0}{x_0}$　⑤ $\dfrac{3x_0}{t_0}$
⑥ $\dfrac{3t_0}{x_0}$　⑦ $\dfrac{x_0}{2t_0}$　⑧ $\dfrac{t_0}{2x_0}$　⑨ $\dfrac{x_0}{3t_0}$　⓪ $\dfrac{t_0}{3x_0}$

$\boxed{\text{エ}}$ ① $\begin{cases} V = T\lambda \\ f = T \end{cases}$　② $\begin{cases} V = T\lambda \\ f = \dfrac{1}{T} \end{cases}$　③ $\begin{cases} V = T\lambda \\ f = \dfrac{2\pi}{T} \end{cases}$　④ $\begin{cases} T = \lambda V \\ f = T \end{cases}$　⑤ $\begin{cases} T = \lambda V \\ f = \dfrac{1}{T} \end{cases}$
⑥ $\begin{cases} T = \lambda V \\ f = \dfrac{2\pi}{T} \end{cases}$　⑦ $\begin{cases} \lambda = VT \\ f = T \end{cases}$　⑧ $\begin{cases} \lambda = VT \\ f = \dfrac{1}{T} \end{cases}$　⑨ $\begin{cases} \lambda = VT \\ f = \dfrac{2\pi}{T} \end{cases}$

$\boxed{\text{オ}}$ ① V　② f　③ T　④ λ　⑤ $\dfrac{1}{V}$　⑥ $\dfrac{1}{f}$　⑦ $\dfrac{1}{T}$　⑧ $\dfrac{1}{\lambda}$　⑨ $\dfrac{1}{2}VT$　⓪ $\dfrac{1}{2}\lambda f$

$\boxed{\text{カ}}$，$\boxed{\text{キ}}$，$\boxed{\text{ク}}$
① λ　② T　③ V　④ u　⑤ $V-u$　⑥ $u-V$
⑦ VT　⑧ uT　⑨ $(V-u)T$　⓪ $(u-V)T$

$\boxed{\text{ケ}}$ ① x_2　② x_3　③ x_2x_3　④ $\dfrac{x_2}{x_3}$　⑤ $\dfrac{x_3}{x_2}$　⑥ x_2+x_3　⑦ x_3-x_2　⑧ $\dfrac{x_2+x_3}{x_3-x_2}$

$\boxed{\text{コ}}$ ① 1　② $\dfrac{V+u}{u}$　③ $\dfrac{u}{V+u}$　④ $\dfrac{V-u}{u}$　⑤ $\dfrac{u}{V-u}$
⑥ $\dfrac{V+u}{V}$　⑦ $\dfrac{V}{V+u}$　⑧ $\dfrac{V-u}{V}$　⑨ $\dfrac{V}{V-u}$　⓪ 0

$\boxed{\text{サ}}$，$\boxed{\text{シ}}$
① V　② $V+w$　③ $V-w$　④ $V+u+w$　⑤ $V+u-w$
⑥ $V-u+w$　⑦ $V-u-w$　⑧ u　⑨ $u+w$　⓪ $u-w$

$\boxed{\text{ス}}$ ① 1　② $\dfrac{V-u}{u+w}$　③ $\dfrac{u+w}{V-u}$　④ $\dfrac{V-u}{u-w}$　⑤ $\dfrac{u-w}{V-u}$
⑥ $\dfrac{V-u}{V+w}$　⑦ $\dfrac{V+w}{V-u}$　⑧ $\dfrac{V-u}{V-w}$　⑨ $\dfrac{V-w}{V-u}$　⓪ 0

［Ⅲ］次の問いの $\boxed{}$ の中の答えを，それぞれの解答群の中から１つずつ選べ。解答群の中の番号は，同じものを何度使ってもよい。

自然長が同じ a である２つの軽いばねAとBを，間隔 L を空けて水平な天井に取り付ける。ばねA, Bのばね定数はそれぞれ k_{A}，k_{B} である。この２つのばねの下端に長さ L の軽い棒の両端をつなぎ，棒の左端の点Pから距離 b の位置に質量 M の物体を取り付ける（図１）。そこから支えをはずすと，ばねAとばねBはともに鉛直方向に長さ x_0 だけ伸び，つり合って静止した（図２）。重力加速度の大きさを g とする。ばねと棒は軽いので，それぞれに作用する重力は無視できる。

このつり合っている状態では，質量 M の物体に作用する重力の大きさは $\boxed{\text{ア}}$，ばねAの弾性力の大きさは $\boxed{\text{イ}}$，ばねBの弾性力の大きさは $\boxed{\text{ウ}}$ である。これらを用いて鉛直方向の力のつり合い式は $\boxed{\text{エ}}$ と表せる。また，点Pのまわりでの力のモーメントのつり合い式 $\boxed{\text{オ}}$ から，ばねBのばね定数が $k_{\mathrm{B}} =$ $\boxed{\text{カ}}$ と求められる。ばねAのばね定数は $k_{\mathrm{A}} =$ $\boxed{\text{キ}}$ である。

図１の状態を位置エネルギーの基準とすると，図２の状態では，質量 M の物体がもつ重力の位置エネルギーは $\boxed{\text{ク}}$，ばねAとばねBがもつ弾性エネルギーの和は $\boxed{\text{ケ}}$ となる。$\boxed{\text{ケ}}$ は $\boxed{\text{コ}}$ に等しい。

次に同じばねAとBを図３のように直列につないで天井に取り付ける。このばねの端に質量 M の物体を吊るしたところ，ばねAとばねBは鉛直方向にそれぞれ長さ x_{A}，x_{B} だけ伸び，つり合って静止した。２つのばねはともに大きさ $\boxed{\text{ア}}$ の力で伸ばされるので，$x_{\mathrm{A}} =$ $\boxed{\text{サ}}$，$x_{\mathrm{B}} =$ $\boxed{\text{シ}}$ となる。したがって，つないだばねを１つのばねとみなしたときのばね定数は，$k_{\mathrm{A+B}} =$ $\boxed{\text{ス}}$ となる。

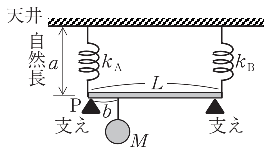


図１

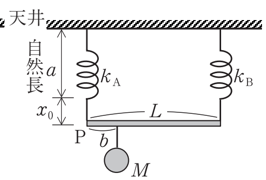


図２

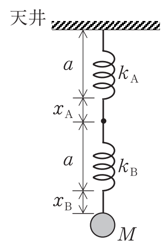


図３