受験番号	学部 番

A — 1

物 理 解 答 用 紙

(標準的な正答例であり，この他にも正解となる解答はあります。)

1

		評点

問1

(1) P と S の全系に力学的エネルギー保存則をたてると

答　力学的エネルギー保存の式： $mgh=\frac{1}{2}mv_P^2+\frac{1}{2}Mv_S^2$ ……①

運動量保存則をたてると

答　運動量保存の式： $0=mv_P+Mv_S$ ……②

(2) [説明と計算式]

P は右向きに，また，S は左向きに運動するから，$v_P>0$，$v_S<0$である。

②より$v_S=-\frac{m}{M}v_P$ ……②$'$ これを①に代入して

$$mgh=\frac{1}{2}mv_P^2+\frac{1}{2}M\left(-\frac{m}{M}v_P\right)^2=\frac{1}{2}mv_P^2\left(1+\frac{m}{M}\right)=\frac{m(m+M)}{2M}v_P^2$$

ゆえに $v_P=+\sqrt{\frac{2Mgh}{m+M}}$，これを②$'$に代入して$v_S=-\frac{m}{M}\sqrt{\frac{2Mgh}{m+M}}$　答 $v_P=+\sqrt{\frac{2Mgh}{m+M}}$，$v_S=-\frac{m}{M}\sqrt{\frac{2Mgh}{m+M}}$

問2

(1) [説明と計算式]

求める重心をy_Tとすると，重心の式より$y_T=\frac{my_P+My_S}{m+M}$　答 $y_T=\frac{my_P+My_S}{m+M}$

(2) [説明と計算式]

衝突直前の位置を基準にすると，P，S の位置はそれぞれy_P+x_P，y_S-x_Sと表せることに注意し，求める重心をy_T'とすると，(1) と同様に$y_T'=\frac{m(y_P+x_P)+M(y_S-x_S)}{m+M}$　答 $y_T'=\frac{m(y_P+x_P)+M(y_S-x_S)}{m+M}$

(3) [説明と計算式]

題意より　$y_T=y_T'$

ゆえに $mx_P-Mx_S=0$ したがって$mx_P=Mx_S$ ……③　答 $mx_P=Mx_S$

(4) [説明と計算式]

このときのばねの縮みは，x_P+x_Sと表せるから，③を考慮して

$F=-k(x_P+x_S)=-k(x_P+\frac{m}{M}x_P)=-\frac{m+M}{M}\cdot kx_P$　答 $F=-\frac{m+M}{M}\cdot kx_P$

(5) [説明と計算式]

P の加速度をaとして，右向きに運動方程式をたてると$ma=F=-\frac{m+M}{M}\cdot kx_P$

したがって$a=-\frac{m+M}{mM}\cdot kx_P$であり，ここで，P の単振動の角振動数を$\omega_P$とし，単振動の加速度$a=-\omega_P{}^2x_P$と上の式を比較して　$\omega_P=\sqrt{\frac{(m+M)k}{mM}}$，　求める周期$T_P$は　$T_P=\frac{2\pi}{\omega_P}=2\pi\sqrt{\frac{mM}{(m+M)k}}$

次に，③を考慮して，Fをm，M，k，x_Sで表すと$F=-k(x_P+x_S)=-\frac{m+M}{m}\cdot kx_S$

ここで，S の加速度をAとして，左向きに運動方程式をたてると$MA=F=-\frac{m+M}{m}\cdot kx_S$

加速度Aは$A=-\frac{m+M}{mM}\cdot kx_S$であり，S の角振動数，周期をそれぞれ$\omega_S$，$T_S$として，P と同様に

$\omega_S=\sqrt{\frac{(m+M)k}{mM}}$，$T_S=2\pi\sqrt{\frac{mM}{(m+M)k}}$　答 $T_P=T_S=2\pi\sqrt{\frac{mM}{(m+M)k}}$

(6) [説明と計算式]

P が地面に対して一旦停止するとき，P の右向きの変位をz_P，S の左向きの変位をz_Sとすると，z_P，z_Sが求める振幅である。そこで，このときのばねの縮みは，③を考慮して$z_P+z_S=z_P+\frac{m}{M}z_P=\frac{m+M}{M}z_P$と表せることに注意し，力学的エネルギー保存則から$\frac{1}{2}mv_P^2+\frac{1}{2}Mv_S^2=\frac{1}{2}k\left(\frac{m+M}{M}z_P\right)^2$　ここで，①より，左辺はmghに等しいことに注意すると$mgh=\frac{1}{2}k\left(\frac{m+M}{M}z_P\right)^2$

したがって$z_P=\frac{M}{m+M}\sqrt{\frac{2mgh}{k}}$，$z_S=\frac{m}{M}z_P=\frac{m}{m+M}\sqrt{\frac{2mgh}{k}}$

答 $z_P=\frac{M}{m+M}\sqrt{\frac{2mgh}{k}}$，$z_S=\frac{m}{M}z_P=\frac{m}{m+M}\sqrt{\frac{2mgh}{k}}$

	小計

受験番号	学部　　　　番

A — 2

物　理　解　答　用　紙

（標準的な正答例であり，この他にも正解となる解答はあります。）

2

問1

[説明と計算式]

音源から発せられた波が観測者に到達するまでに要する時間は，音源と観測者との間の距離が l_1，音速が V なので，l_1/V である。ただし，はじめの山を観測した時刻を $t=0$ としているので，この山が音源から発せられた時刻 t_1 はこれより l_1/V だけ前になる。したがって，$t_1=-l_1/V$ となる。次に，次の山が音源から発せられた時刻 t_2 は t_1 から1周期後であるから $T=1/f$ を t_1 に加えればよい。したがって，$t_2=-l_1/V+1/f$ となる。

答　$t_1=-l_1/V$　，$t_2=-l_1/V+1/f$

問2

[説明と計算式]

つぎの山が音源から発せられた時刻は t_2 なので，これに時刻 t_3 における観測者と音源との距離 l_2 と音速 V から得られる到達所要時間を加えればよい。したがって，$t_3=-l_1/V+1/f+l_2/V=1/f-(l_1-l_2)/V$ となる。

答　$t_3=1/f-(l_1-l_2)/V$

問3

(1) [説明と計算式]

観測者の移動距離は vt_3 と表すことができる。また，観測者と音源を結ぶ方向と観測者の進行方向のなす角は θ なので，$t=0$ の観測者の位置から H までの距離は $vt_3\cos\theta$ になる。

答　$vt_3\cos\theta$

(2) [説明と計算式]

$t=t_3$ の観測者の位置から音源までの距離が l_2 で，l_1 と l_2 のなす角が α なので，音源から H までの距離は $l_2\cos\alpha$ になる。

答　$l_2\cos\alpha$

(3) [説明と計算式]

(1)と(2)の結果から，$l_1=vt_3\cos\theta+l_2\cos\alpha$ となる。

ここで，$\cos\alpha=1$ を用い，式を整理すると，$l_1-l_2=vt_3\cos\theta$ が得られる。

答　$l_1-l_2=vt_3\cos\theta$

(4) [説明と計算式]

t_3 は観測者が観測する波の周期に等しいので，$1/f'=1/f-(l_1-l_2)/V$ になる。これに $l_1-l_2=v\cos\theta/f'$ を代入し，f' について解くと $f'=f(V+v\cos\theta)/V$ が得られる。

答　$f'=f(V+v\cos\theta)/V$

問4

[説明]

観測者が観測する波の振動数は，観測者が音源に近づくにつれて小さくなり，$\theta=90^\circ$ の位置で音源本来の振動数 f になる。その後，観測者が音源から離れるにつれて小さくなる。

小計	

受験番号	学部　　　　番

A — 3

物　理　解　答　用　紙

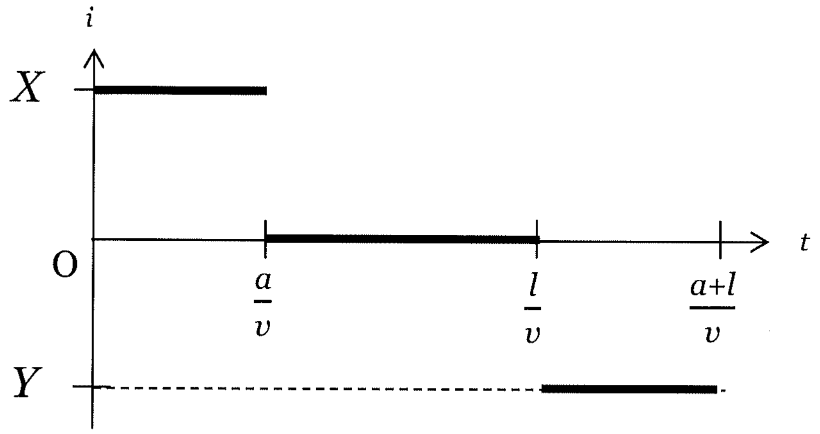
（標準的な正答例であり，この他にも正解となる解答はあります。）

3

問 1

(1)	(2)	(3)
$vb\Delta t$	$Bvb\Delta t$	Bvb

問 2



[説明と計算式]
コイルが磁場中を移動するとき、誘導起電力 $V=Bvb$ が生じる。レンツの法則より誘導電流の向きは$0<t<\frac{a}{v}$で時計回り、$\frac{l}{v}<t<\frac{a+l}{v}$で反時計回り。辺 QR と辺 PS のどちらか一辺のみ磁場中にある場合に電流が生じる。流れる電流の大きさはオームの法則より$\frac{Bvb}{r}$である。

答　最大値 X :　$\frac{Bvb}{r}$　　最小値 Y :　$-\frac{Bvb}{r}$

問 3

[説明と計算式]
長さbの辺 QR を流れる電流が磁場から受ける力の大きさは、(電流の大きさ) $\times Bb=\frac{B^2vb^2}{r}$。辺 PQ と辺 RS に働く力は互いに打ち消しあうので、縦方向の力はゼロとなる。力の向きはフレミング左手の法則より左向きとなる。

答　大きさ :　$\frac{B^2vb^2}{r}$　　向き :　左向き

問 4

[説明と計算式]
問 3 で求めた力Fに逆らって速さvでコイルを動かすため、外力が単位時間あたりにする仕事（仕事率）は$Fv=\frac{B^2v^2b^2}{r}$。
起電力 Bvb により電流$\frac{Bvb}{r}$が流れていることからコイルで消費される電力は$\frac{B^2v^2b^2}{r}$
（仕事率＝電力の関係を用いるのも可）。

答　外力が単位時間あたりにする仕事 :　$\frac{B^2v^2b^2}{r}$　　電力 :　$\frac{B^2v^2b^2}{r}$

小計	