旺文社　物理　校正テスト

次の問題と解答・解説を見て，校正してください。内容に加えて，体裁面などすべての面で間違いを見つけ，訂正の指示を入れてください。

1

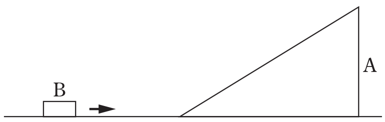
次の問いに答えよ。

⑴　比熱 0.45 J/g･K の鉄球に 1.8×10^4 J の熱を加えると，温度が 20 °C から 100 °C に上昇した。鉄球の質量は何 kg か。

⑵　一定の振動数 f で音を出している音源が，静止した観測者に向かって一直線上を一定の速さ v で接近した。音速を V とするとき，観測者が聞く音の振動数を求めよ。

2

斜面をもつ質量 M の物体Aと，質量 m $(<M)$ の小物体Bが水平な床に置かれている。床や物体Aの斜面はなめらかであり，摩擦や空気抵抗は無視できるものとしてよい。速度の方向は右向きを正として，以下の問いに答えよ。



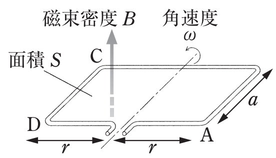
⑴　図のように，静止した物体Aに向かって，左側から小物体Bが速度 v_0 で進んできた。小物体Bが斜面を上がり始めると物体Aも運動を始めた。斜面上で小物体Bが達する最高点の高さ h，そのときの物体Aの速度 V を求めよ。

その後，小物体Bは斜面をすべり下りて，物体Aと分かれて床の上を運動した。

⑵　このときの物体Aと小物体Bの速度を，M，m，v_0 を用いてそれぞれ表せ。また，運動の向きについても，それぞれ答えよ。

3

図のような，1巻きの長方形コイル ABCD を考える。コイルの辺 AB (＝CD) の長さを a〔m〕，辺 AD (＝BC) の長さを $2r$〔m〕とする。上向きで，磁束密度の大きさ B〔Wb/m²〕が一様な磁場中で，AD および BC の中点を結ぶ軸のまわりに，図の矢印の向きに一定の角速度 ω〔rad/s〕でコイルを回転させる。以下の文中の空欄にあてはまる適切な値を求よ。



コイルを貫く磁束 $\varPhi(t)$〔Wb〕が，時間 $\varDelta t$〔s〕の間に $\varDelta\varPhi$〔Wb〕だけ変化するとき，発生する誘導起電力 V〔V〕は，$V=$ $\boxed{⑴}$〔V〕で表される。ただし，上図のとき，コイルを貫く磁束が正となるように $\varPhi(t)$ の符号を定め，起電力 V についてはA→B→C→Dの向きを正方向とする。

コイル面が磁場と垂直なときの時刻を 0 s とすると，時刻 t〔s〕でのコイル面は角度 $\boxed{⑵}$〔rad〕だけ回転しているので，コイルの面積を S〔m²〕とすれば，時刻 t でのコイルを貫く磁束 $\varPhi(t)$ は $\varPhi(t)=$ $\boxed{⑶}$〔Wb〕，時刻 $t+\varDelta t$ においては $\varPhi(t+\varDelta t)=$ $\boxed{⑷}$〔Wb〕で与えられる。ここで，$\varDelta t$ が十分小さいものとすると

$$\cos\omega\varDelta t \fallingdotseq \omega\varDelta t,\ \sin\omega\varDelta t \fallingdotseq 1$$

と近似できる。したがって $\varPhi(t+\varDelta t) \fallingdotseq$ $\boxed{⑸}$〔Wb〕となり，$\varDelta\varPhi=$ $\boxed{⑹}$〔Wb〕を得る。この結果を用いれば，時刻 t でコイルに発生する交流の起電力 V は，$V=$ $\boxed{⑺}$〔V〕で与えられる。

1 ⑴　0.5 kg　　⑵　$\dfrac{V}{V-v}f$

解説 ⑴　鉄球の質量を m とすると，熱量と比熱の関係から，

$$1.8\times10^3=m\times0.45\times(100-20)$$

が成り立つ。よって，

$$m=500\ \mathrm{g}=0.5\ \mathrm{kg}$$

⑵　観測者に伝わる音の波長を λ' とすると，

$$\lambda'=\frac{V-v}{f}$$

である。観測者が聞く音の振動数を f' とすると，

$$f'=\frac{V}{\lambda}=\frac{V}{V-v}f$$

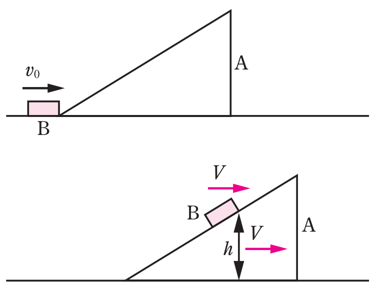
2 ⑴　$h=\dfrac{Mv_0{}^2}{2(M+m)g}$，$V=\dfrac{m}{M+m}v_0$　　⑵　A：水平左向き，B：水平右向き

解説 ⑴　小物体Bが斜面の最高点に達した瞬間には物体 A，B は床に対して同じ水平右向きの速度 V をもつ。

また，水平方向には外力が作用しないから，水平方向の運動量保存の法則より，

$$mv_0=(M+m)V\quad よって\quad V=\frac{m}{M+m}v_0\quad \cdots\cdots①$$

図 1



である。一方，重力の位置エネルギーの基準を床にとると，エネルギー保存の法則より，

$$\frac{1}{2}mv_0{}^2=\frac{1}{2}(M+m)V^2-mgh\quad \cdots\cdots②$$

が成り立つ。①を②に代入して，

$$\frac{1}{2}mv_0{}^2\left(1-\frac{m}{M+m}\right)=mgh\quad よって h=\frac{Mv_0{}^2}{2(M+m)g}$$

⑵　AとBが分離した後の速さをそれぞれ V'，v' とおくと，運動量保存の法則より，

$$mv_0=MV'-mv'\quad \cdots\cdots③$$

が成り立つ。また，力学的エネルギー保存の法則より，

$$\frac{1}{2}mv_0{}^2=\frac{1}{2}MV'^2+\frac{1}{2}mv'^2\quad \cdots\cdots④$$

である。③と④から mv' を消去して，

$$MV'\{(M+m)V'-2mv_0\}=0$$

となる。BがAの上を運動する間，AはBから水平右向きの力積を受け続けるならば，$V'>0$ である。よって，

$$V'=\frac{2m}{M+m}v_0$$

であり，このとき③より，

$$v'=\frac{m-M}{M+m}v_0$$

を得る。ここで，$m<M$ であるから $v'<0$ となる。よってAは水平右向き，Bは水平左向きに運動する。

なお，この V'，v' はAとBが弾性衝突したときの結果と一致する。

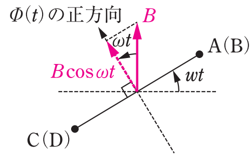
3 (1) $-N\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$　(2) ωt　(3) $BS\cos\omega t$　(4) $BS\cos\omega(t+\Delta t)$
(5) $BS(\cos\omega t-\omega\Delta t\sin\omega t)$　(6) $\omega BS\sin\omega t\Delta t$　(6) $-\omega BS\sin\omega t$〔V〕

解説 (1) ファラデーの電磁誘導の法則より，$V=-N\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$〔V〕である。

(2) 角速度は一定の ω (>0) より，求める回転角は ωt〔rad〕となる。

(3) コイルの面の法線と磁束密度のなす角も ωt となり，
コイルを貫く磁束密度 B は ωt の大きさに関わらず，

$$\Phi(t)=B\cos\omega t\cdot S=BS\cos\omega t\text{〔Wb〕}\quad\cdots\cdots②$$



(4) ②を用いて，

$$\Phi(t+\Delta t)=BS\cos\omega(t+\Delta t)\quad\cdots\cdots③$$

(5) ③より，

$$\Phi(t+\Delta t)=BS(\cos\omega t\cdot\cos\omega\Delta t+\sin\omega t\cdot\sin\omega\Delta t)$$
$$\fallingdotseq BS(\cos\omega t+\omega\Delta t\sin\omega t)\text{〔Wb〕}\quad\cdots\cdots④$$

(7) (6)の結果より，

$$V=-\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=-\omega BS\sin\omega t\text{〔V〕}$$

参考 微分公式 $\dfrac{d}{dt}(\cos\omega t)=-\omega\sin\omega t$ を使うと $V=-\dfrac{d\Phi}{dt}=\omega BS\sin\omega t$ となることが確かめられる。