

埼玉医科大学

平成23年度一般入学試験問題

後期入学試験

理 科

物 理

1 次の文章を読み、下の問い合わせ(問1～6)に答えよ。

図1のように質量 m の物体1を曲面上の点A(高さ h)に置き静かに離すと、物体1は曲面を滑り降り、加速されて速さ v_1 となり、水平な台上の点B(高さ0)に静止している質量 m の物体2に衝突した。物体1と物体2の衝突における反発係数を $e = 1/2$ とする。衝突後の物体1、物体2の速さをそれぞれ v_1' 、 v_2' とする。その後、物体2は前方の斜面を上り、高さ $h/2$ の水平面に達し、その端点Cから速さ v_2'' で飛び出し、台上の点D(高さ0)に落下した。斜面の水平からの角度を θ 、重力加速度の大きさを g とする。斜面には摩擦があるが、曲面と2つの水平面には摩擦がないものとし、それぞれの接続はなめらかであるとする。また、両物体の大きさは無視できるほど小さく、空気抵抗はないものとする。

問1 $v_1 = \boxed{1}$ 、 $v_1' = \boxed{2}$ 、 $v_2' = \boxed{3}$ となる。 $\boxed{1} \sim \boxed{3}$ に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちからそれぞれ1つずつ選べ。

- | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| ① \sqrt{gh} | ② $\sqrt{2gh}$ | ③ $\sqrt{\frac{gh}{2}}$ | ④ $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{gh}{2}}$ | ⑤ $\frac{3}{2}\sqrt{\frac{gh}{2}}$ |
| ⑥ $\frac{1}{3}\sqrt{gh}$ | ⑦ $\frac{2}{3}\sqrt{gh}$ | ⑧ $\frac{1}{3}\sqrt{2gh}$ | ⑨ $\frac{1}{3}\sqrt{\frac{gh}{2}}$ | |

問2 衝突前後で系の力学的エネルギーは $\boxed{4} \times mgh$ 減少する。 $\boxed{4}$ に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- | | | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| ① $\frac{1}{2}$ | ② $\frac{1}{3}$ | ③ $\frac{2}{3}$ | ④ $\frac{1}{4}$ | ⑤ $\frac{3}{4}$ | ⑥ $\frac{1}{8}$ | ⑦ $\frac{3}{8}$ | ⑧ $\frac{1}{16}$ | ⑨ $\frac{3}{16}$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|

問3 物体2が斜面を上るとき、(斜面に沿って上昇する方向を正とする)加速度を a 、斜面の垂直抗力を大きさを N 、斜面と物体の間の動摩擦係数を μ とすると、斜面に平行な方向の運動方程式は、 $ma = \boxed{5}$ 、斜面に垂直な方向の運動方程式は $m \times 0 = \boxed{6}$ となる。 $\boxed{5}$ 、 $\boxed{6}$ に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちからそれぞれ1つずつ選べ。

- | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| ① $mg - N$ | ② $N - mg \cos \theta$ | ③ $N - mg \sin \theta$ | ④ $N - mg$ |
| ⑤ $mg - \mu N$ | ⑥ $-mg \cos \theta - \mu N$ | ⑦ $mg \sin \theta - \mu N$ | ⑧ $-mg \sin \theta - \mu N$ |
| ⑨ $-mg \cos \theta + \mu N$ | | | |

問4 物体1の斜面における加速度は前問の運動方程式から、 $a = \boxed{7}$ となる。 $\boxed{7}$ に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- | | | |
|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| ① $g(\sin \theta + \mu \cos \theta)$ | ② $g(\cos \theta + \mu \sin \theta)$ | ③ $g(\sin \theta - \mu \cos \theta)$ |
| ④ $g(\cos \theta - \mu \sin \theta)$ | ⑤ $-g(\sin \theta + \mu \cos \theta)$ | ⑥ $2g(\cos \theta - \mu \sin \theta)$ |
| ⑦ $-2g(\cos \theta + \mu \sin \theta)$ | ⑧ $-3g(\sin \theta + \mu \cos \theta)$ | ⑨ $-g(\sin \theta + \mu \cos \theta)/2$ |

問 5 以下では、斜面もなめらか、すなわち、 $\mu = 0$ とする。物体 2 が点 C(高さ $h/2$) から飛び出す速さは 8、点 D に落下する直前の速さは 9、物体 2 が点 C から飛び出した後、点 D に落下するまでの時間は 10 である。点 C の真下で高さ 0 の点を E とすると、ED の距離は 11 となる。

8、9 に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちからそれぞれ 1 つずつ選べ。

- ① \sqrt{gh} ② $\sqrt{2gh}$ ③ $\sqrt{\frac{gh}{2}}$ ④ $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{gh}{2}}$ ⑤ $\frac{3}{2}\sqrt{\frac{gh}{2}}$
 ⑥ $\frac{1}{3}\sqrt{gh}$ ⑦ $\frac{2}{3}\sqrt{gh}$ ⑧ $\frac{1}{3}\sqrt{2gh}$ ⑨ $\frac{1}{3}\sqrt{\frac{gh}{2}}$

10 に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから 1 つ選べ。

- ① $\sqrt{\frac{h}{g}}$ ② $\sqrt{\frac{g}{h}}$ ③ $\sqrt{\frac{gh}{2}}$ ④ $\sqrt{\frac{2h}{g}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{h}{2g}}$
 ⑥ $\sqrt{\frac{g}{2h}}$ ⑦ $\sqrt{\frac{2g}{h}}$ ⑧ $\sqrt{\frac{3h}{2g}}$ ⑨ $\sqrt{\frac{3g}{2h}}$

11 に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから 1 つ選べ。

- ① h ② $\frac{h}{2}$ ③ $\frac{h}{3}$ ④ $\frac{h}{4}$ ⑤ $\frac{3h}{4}$
 ⑥ $\frac{h}{2\sqrt{2}}$ ⑦ $\frac{h}{3\sqrt{2}}$ ⑧ $\frac{\sqrt{2}h}{3}$ ⑨ $\frac{h}{4\sqrt{2}}$

問 6 ここでも、斜面もなめらか、すなわち、 $\mu = 0$ とする。衝突の後、物体 1 はどのような運動をするか。最も適切なものを、次の①～⑨のうちから 1 つ選べ。 12

- ① 衝突で跳ね返されて初めの曲面を上昇し停止する。
- ② 衝突で跳ね返されて初めの曲面を上昇して反転し、斜面と初めの曲面の間の往復を永久にくり返す。
- ③ 物体 2 に続いて点 C から飛び出し、点 D に落下する。
- ④ 物体 2 に続いて点 C から飛び出し、点 E と点 D の間に落下する。
- ⑤ 物体 2 が斜面で減速するとき、追いついて再衝突し、跳ね返されて斜面と初めの曲面の間の往復を永久にくり返す。
- ⑥ 高さ $h/2$ の水平面に達し、点 C の手前で停止する。
- ⑦ 斜面上で反転し、高さ 0 の水平面上で停止する。
- ⑧ 斜面上で反転し、高さ 0 の水平面を通過して初めの曲面に沿って上昇し停止する。
- ⑨ 斜面上で反転し、斜面と初めの曲面の間の往復を永久にくり返す。

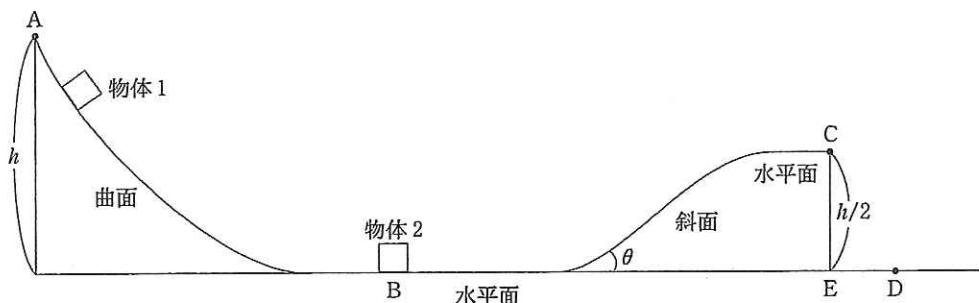


図 1

2 次の文章を読み、下の問い合わせ(問1～3)に答えよ。

図2でAは振動数fの音源であり、発生した音は左右どちらの方向にも伝わる。物体Pに音波をあてると音波はPで反射し、静止した観測者Bに届く。BはAからの音を直接聞くと同時に反射音も聞くことになる。音速をcとする。

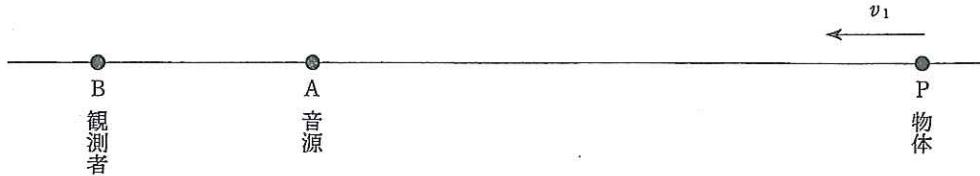


図2

問1 振動数fの音源が静止して出す音の波長を λ とすると、これらの間には $\boxed{13} = \boxed{14}$ λ の関係がある。音源に向かって速さ v_1 ($v_1 < c$ とする)で動いている物体上で、波長 λ' の音の振動数を f_1 と観測したとすると $\boxed{15} = \boxed{16}$ λ' の関係がある。また、速さ v_1 で動いている物体が振動数 f_1 で前方に発する音の波長を λ_1 とすると $\boxed{17} = \boxed{18}$ λ_1 、静止した観測者が波長 λ'_1 の音の振動数を f_2 と観測したとすると $\boxed{19} = \boxed{20}$ λ'_1 である。 $\boxed{13} \sim \boxed{20}$ に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じ番号を重複して選んでもよい。

- | | | | | |
|---------------|--------|---------|----------|---------------|
| ① c | ② $2c$ | ③ v_1 | ④ $2v_1$ | ⑤ $(c + v_1)$ |
| ⑥ $(c - v_1)$ | ⑦ f | ⑧ f_1 | ⑨ f_2 | |

問2 振動数fの音源Aが静止して出す音を、音源Aに向かって速さ v_1 で動く物体P上で観測するとき、問1の波長 λ と λ' は同じものになるので、物体P上で観測される音の振動数は $f_1 = f \boxed{21} / \boxed{22}$ となる。次に、物体Pからの反射音をBが観測するとき、問1の波長 λ_1 と λ'_1 は同じものになる。また、反射音は、速さ v_1 の物体Pが前方に発する周波数 f_1 の音と同じなので、Bが観測するPからの反射音の振動数は $f_2 = f \boxed{23} / \boxed{24}$ となる。このとき、Aからの直接の音とPからの反射音の重ね合わせで、Bが観測するうなりの振動数は $f \boxed{25} / \boxed{26}$ となる。 $\boxed{21} \sim \boxed{26}$ に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じ番号を重複して選んでもよい。

- | | | | | |
|---------------|---------------|-------------------|-------------------|---------------|
| ① c | ② $2c$ | ③ v_1 | ④ $2v_1$ | ⑤ $(c + v_1)$ |
| ⑥ $(c - v_1)$ | ⑦ $(v_1 - c)$ | ⑧ $(c^2 + v_1^2)$ | ⑨ $(c^2 - v_1^2)$ | |

問3 次にPが速さ v_1 を保ったまま、AがPに向かって速さ v_2 ($v_2 < c$ とする)で近づく場合を考える。このとき、Aからの音をBが直接観測すると振動数は $f \boxed{27} / \boxed{28}$ である。また、物体P上で観測すると振動数は $f \boxed{29} / \boxed{30}$ となるので、物体Pからの反射音をBが観測すると振動数は $f \boxed{31}$ となる。したがって、Bが観測するうなりの振動数は $\boxed{32} f$ である。 $\boxed{27} \sim \boxed{30}$ に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちからそれぞれ1つずつ選べ。

- | | | | | |
|---------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|
| ① c | ② $2c$ | ③ v_1 | ④ v_2 | ⑤ $(c + v_1)$ |
| ⑥ $(c - v_1)$ | ⑦ $(c + v_2)$ | ⑧ $(c - v_2)$ | ⑨ $(c - v_1 - v_2)$ | |

また、 $\boxed{31}$ 、 $\boxed{32}$ に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちからそれぞれ1つずつ選べ。

- | | | |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| ① $\frac{c(c - v_1)}{(c + v_1)(c + v_2)}$ | ② $\frac{c(c + v_1)}{(c - v_1)(c - v_2)}$ | ③ $\frac{(c - v_1)(c - v_2)}{(c + v_1)(c + v_2)}$ |
| ④ $\frac{(c + v_1)(c + v_2)}{(c - v_1)(c - v_2)}$ | ⑤ $\frac{2c^2(v_1 - v_2)}{(c + v_1)(c^2 - v_2^2)}$ | ⑥ $\frac{2c^2(v_1 + v_2)}{(c - v_1)(c^2 - v_2^2)}$ |
| ⑦ $\frac{2c(c^2 + v_1v_2)}{(c - v_1)(c^2 - v_2^2)}$ | ⑧ $\frac{2c(c^2 + v_1v_2)}{(c^2 - v_1^2)(c - v_2)}$ | ⑨ $\frac{2c(c^2 - v_1v_2)}{(c^2 - v_1^2)(c - v_2)}$ |

3 次の文章を読み、下の問い合わせ(問1～5)に答えよ。

極板間の距離を変化させることにより、電気容量を変えることができる平行平板コンデンサー(以下、可変コンデンサーという)と、電気容量が固定されている平行平板コンデンサー(以下、固定コンデンサーという)がある。固定コンデンサーの容量を C_1 とする。

まず、可変コンデンサーの極板間距離を d に固定し、電池に接続

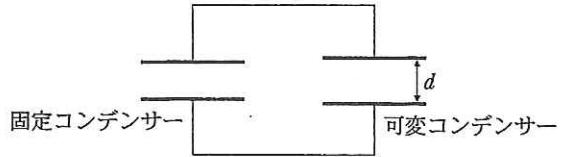


図3

して電気量 Q を充電した。これと電気量 0 の固定コンデンサーを接続して図3のような回路を作った。このときの可変コンデンサーの電気容量を C_2 とする。

問1 接続後、固定コンデンサーの電気量は $Q_1 = \boxed{33}$ 、可変コンデンサーの電気量は $Q_2 = \boxed{34}$ となる。

33、 34 に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じ番号を重複して選んでもよい。

- | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| ① Q | ② $\frac{Q}{2}$ | ③ $\frac{C_2 Q}{C_1}$ | ④ $\frac{C_1 Q}{C_2}$ | ⑤ $\frac{C_1 Q}{C_1 + C_2}$ |
| ⑥ $\frac{C_2 Q}{C_1 + C_2}$ | ⑦ $\frac{dC_1 Q}{C_1 + C_2}$ | ⑧ $\frac{dC_2 Q}{C_1 + C_2}$ | ⑨ $\frac{dC_2 Q}{C_1 + dC_2}$ | |

問2 このとき、可変コンデンサーの極板間の電場の大きさはいくらか。最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。 35

- | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| ① $\frac{Q}{C_1 d}$ | ② $\frac{Q}{2 C_1 d}$ | ③ $\frac{Q}{C_2 d}$ | ④ $\frac{Q}{2 C_2 d}$ | ⑤ $\frac{Q}{(C_1 + C_2)d}$ |
| ⑥ $\frac{Q}{2(C_1 + C_2)d}$ | ⑦ $\frac{dC_1 Q}{C_1 + C_2}$ | ⑧ $\frac{dC_2 Q}{C_1 + C_2}$ | ⑨ $\frac{dC_2 Q}{C_1 + dC_2}$ | |

問3 両コンデンサーを接続する前、固定コンデンサーが持つ電気エネルギーは $\boxed{36}$ 、可変コンデンサーが持つ電気エネルギーは $\boxed{37}$ である。接続後、両コンデンサーが持つ電気エネルギーの和は $\boxed{38}$ 、接続の過程で失われる電気エネルギーは $\boxed{39}$ である。 36～ 39 に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じ番号を重複して選んでもよい。

- | | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------|
| ① $\frac{Q^2}{2 C_1}$ | ② $\frac{Q^2}{2 C_2}$ | ③ $\frac{Q^2}{2 C_1} + \frac{Q^2}{2 C_2}$ | ④ $\frac{Q^2}{2(C_1 + C_2)}$ |
| ⑤ $\frac{C_1 Q^2}{2(C_1 + C_2)}$ | ⑥ $\frac{C_2 Q^2}{2(C_1 + C_2)}$ | ⑦ $\frac{C_1 Q^2}{2 C_2(C_1 + C_2)}$ | ⑧ $\frac{C_2 Q^2}{2 C_1(C_1 + C_2)}$ |
| ⑨ 0 | | | |

問4 次に可変コンデンサーの極板間隔を2倍に広げた。十分時間がたった後、可変コンデンサーの電気量は $\boxed{40}$ 。また、極板間の電場の大きさは $\boxed{41}$ 。 40、 41 に入る語句として最も適切なものを、次の①～③のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じ番号を重複して選んでもよい。

- ① 大きくなった ② 変わらなかった ③ 小さくなった

問5 $C_1 = C_2$ のとき、問4で極板間隔を2倍に広げるために必要な仕事は $\boxed{42}$ である。ただし、電気抵抗等による電気エネルギーの損失はないものとする。 42 に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- | | | | | |
|------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| ① $\frac{Q^2}{3 C_1}$ | ② $\frac{Q^2}{9 C_1}$ | ③ $\frac{2 Q^2}{9 C_1}$ | ④ $\frac{Q^2}{12 C_1}$ | ⑤ $-\frac{Q^2}{3 C_1}$ |
| ⑥ $-\frac{Q^2}{9 C_1}$ | ⑦ $-\frac{2 Q^2}{9 C_1}$ | ⑧ $-\frac{Q^2}{12 C_1}$ | ⑨ 0 | |