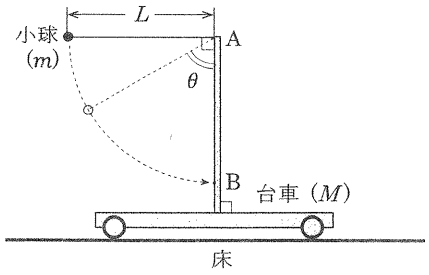
平成27年度 金沢医科大学医学部入学試験問題
一般入学試験（物 理）

次の 1 ～ 3 の問題に答えなさい。設問の解答は最も適切な数式，数値または文章を指定の解答群より1つ選びなさい。
〔解答番号 1 ～ 36 〕

1 図のように，水平でなめらかな床の上に，質量 M の台車をのせる。台車には鉛直な壁があり，その壁の頂点Aに質量の無視できる長さ L の糸の一端を固定し，もう一方の端に大きさの無視できる質量 m の小球をとりつける。はじめ，台車も小球も静止しており，糸はたるまない状態で図のように水平になっている。小球と壁の反発係数を e ($0 < e < 1$)，重力加速度の大きさを g として，次の問いに答えなさい。なお，運動は全て図の紙面内でおこり，空気抵抗は無視できるものとする。



（1）台車が固定されている場合

はじめの状態から小球を静かにはなすと，小球は円軌道を描き，点Bで壁と衝突した。衝突直前の小球の速さを求めると 1 ，そのときの糸の張力の大きさは 2 ×g である。この衝突後，小球が最高点に達したときに糸と鉛直方向のなす角をθ_0とすれば，$\cos\theta_0 =$ 3 である。

（2）台車が固定されていない場合

はじめの状態から小球を静かにはなすと，小球は台車上で観察すると円軌道を描き，点Bで壁と衝突した。衝突直前の小球の速さ v_1，そのときの糸の張力の大きさ T，その間の台車の移動距離 x は，それぞれ次式で示される。

$$v_1 = M \times \sqrt{\frac{\boxed{4}}{\boxed{5}}} \qquad T = \left(\boxed{6} + \frac{\boxed{7}}{\boxed{8}}\right) \times g \qquad x = \frac{\boxed{9}}{\boxed{10}} \times L$$

この1回目の衝突後，小球が最高点に達したときに糸と鉛直方向のなす角をθ_1とすれば，$\cos\theta_1 =$ 11 である。

小球と壁が衝突をくり返し十分に時間がたったとき，はじめの状態から失われた力学的エネルギーは 12 である。またこのとき，台車は 13 。

1 の解答群

① $\sqrt{gL}$　② $\sqrt{2gL}$　③ $2\sqrt{gL}$　④ $\sqrt{3gL}$　⑤ $e\sqrt{gL}$　⑥ $e\sqrt{2gL}$　⑦ $2e\sqrt{gL}$　⑧ $e\sqrt{3gL}$

2 , 6 , 9 の解答群

① m　② $2m$　③ $3m$　④ $4m$　⑤ $5m$　⑥ $\frac{1}{2}m$　⑦ $\frac{\sqrt{2}}{2}m$　⑧ $\frac{\sqrt{3}}{2}m$

3 , 11 の解答群

① 1　② $1-e$　③ $1-e^2$　④ $1-\frac{m}{M}e$　⑤ $1-\frac{m}{M}e^2$　⑥ $1-\frac{m}{m+M}e$　⑦ $1-\frac{m}{m+M}e^2$

4 の解答群

① L　② $2L$　③ $3L$　④ gL　⑤ $2gL$　⑥ $3gL$

5 , 7 の解答群

① m^2　② $2m^2$　③ $3m^2$　④ mM　⑤ $2mM$　⑥ $3mM$　⑦ $m^2 + M^2$　⑧ $m^2 + mM$　⑨ $M^2 + mM$

8 , 10 の解答群

① M　② $2M$　③ $3M$　④ $4M$　⑤ $5M$　⑥ $m + M$　⑦ $2m + M$　⑧ $m + 2M$

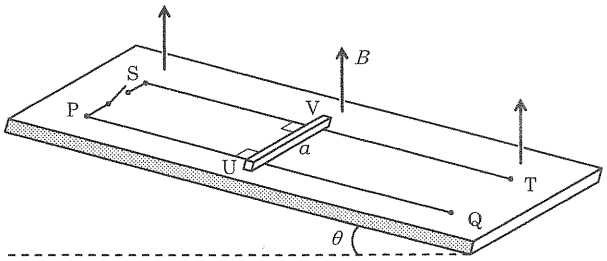
12 の解答群

① mgL　② $mgL\cos\theta_1$　③ $mgL(1-\cos\theta_1)$　④ $mgL+\frac{1}{2}mv_1^2$　⑤ $mgL\cos\theta_1+\frac{1}{2}mv_1^2$　⑥ $mgL(1-\cos\theta_1)+\frac{1}{2}mv_1^2$

13 の解答群

① はじめの位置より左側で等速度運動している
② はじめの位置より右側で等速度運動している
③ はじめの位置より左側で等加速度運動している
④ はじめの位置より右側で等加速度運動している
⑤ はじめの位置より左側で静止している
⑥ はじめの位置より右側で静止している
⑦ はじめの位置で静止している

2 図のように，鉛直上向きで一様な磁場（磁束密度 B）の中に，水平面と角度 θ をなす斜面がある。この斜面の上に電気抵抗を無視できる2本の導線PQおよびSTを平行に固定した。辺PQと辺STの間隔は l で，PS間にはスイッチが取り付けられている。まず，スイッチを閉じた状態で質量 m，電気抵抗 R の細い金属棒 a を導線に静かにのせたところ，金属棒 a は導線PQおよびSTに常に直角をなしたまま，滑らかに斜面をすべりはじめた。金属棒 a と導線が接する点をそれぞれUおよびVとする。



（1）金属棒 a の速度が v になったとき閉回路PSVUを貫く磁束の単位時間あたりの変化は [14] である。

① $+\dfrac{Blv}{\sin\theta}$ ② $+\dfrac{Blv}{\cos\theta}$ ③ $+Blv\sin\theta$ ④ $+Blv\cos\theta$ ⑤ $-\dfrac{Blv}{\sin\theta}$ ⑥ $-\dfrac{Blv}{\cos\theta}$ ⑦ $-Blv\sin\theta$ ⑧ $-Blv\cos\theta$ ⑨ 0

（2）速度 v での金属棒に流れる電流の大きさは [15] である。

① $\dfrac{BlRv}{\sin\theta}$ ② $\dfrac{BlRv}{\cos\theta}$ ③ $BlRv\sin\theta$ ④ $BlRv\cos\theta$ ⑤ $\dfrac{Blv}{R\sin\theta}$ ⑥ $\dfrac{Blv}{R\cos\theta}$ ⑦ $\dfrac{Blv\sin\theta}{R}$ ⑧ $\dfrac{Blv\cos\theta}{R}$ ⑨ 0

（3）金属棒 a で消費される単位時間あたりのエネルギーは [16] である。

① $BlRv^2\sin^2\theta$ ② $B^2l^2R^2v^2\sin^2\theta$ ③ $\dfrac{Blv^2\sin^2\theta}{R}$ ④ $\dfrac{B^2l^2v^2\sin^2\theta}{R}$ ⑤ $\dfrac{B^2l^2v^2}{R\sin^2\theta}$

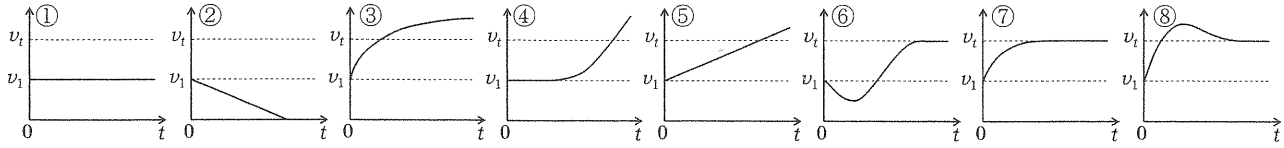
⑥ $BlRv^2\cos^2\theta$ ⑦ $B^2l^2R^2v^2\cos^2\theta$ ⑧ $\dfrac{Blv^2\cos^2\theta}{R}$ ⑨ $\dfrac{B^2l^2v^2\cos^2\theta}{R}$ ⑩ $\dfrac{B^2l^2v^2}{R\cos^2\theta}$

（4）重力加速度を g とすると，金属棒 a の終端速度 v_t は [17] である。

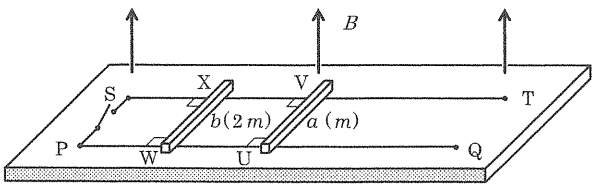
① $\dfrac{mg\sin\theta}{Bl\cos\theta}$ ② $\dfrac{mgR\sin\theta}{Bl\cos\theta}$ ③ $\dfrac{mgR\sin\theta}{B^2l^2\cos^2\theta}$ ④ $\dfrac{mgR\sin\theta}{2Bl\cos\theta}$ ⑤ $\dfrac{mgR\cos\theta}{2B^2l^2\sin^2\theta}$

⑥ $\dfrac{mg\cos\theta}{Bl\sin\theta}$ ⑦ $\dfrac{mgR\cos\theta}{Bl\sin\theta}$ ⑧ $\dfrac{mgR\cos\theta}{B^2l^2\sin^2\theta}$ ⑨ $\dfrac{mgR\cos\theta}{2Bl\sin\theta}$ ⑩ $\dfrac{mgR\sin\theta}{2B^2l^2\cos^2\theta}$

（5）終端速度 v_t より小さい初速度 v_1 で金属棒 a をすべらせた。運動を始めた時間を0として，速度と時間 t との関係を表すグラフは [18] である。



次に角度 θ を0とし，スイッチを開いた状態で質量 m，電気抵抗 R の細い金属棒 a を導線上に置く。さらに辺PUおよびSVの中点に質量 $2m$，電気抵抗が $2R$ の細い金属棒 b を置き，導線と接する点をそれぞれWおよびXとする。2本の金属棒が静止した状態から，金属棒 a に対して右側に初速度 v_2 を与えたところ，t 秒後に2つの金属棒の速度は一定となった。金属棒 a および b は導線PQおよびSTに常に直角をなしたまま，滑らかに導線上をすべるものとする。



（6）速度が一定になる前の金属棒 a および b の速度は，それぞれ v_a および v_b であった。金属棒 a および b にはたらく力は，それぞれ，F_a = [19]，F_b = [20] である。ただし，右方向を正とする。

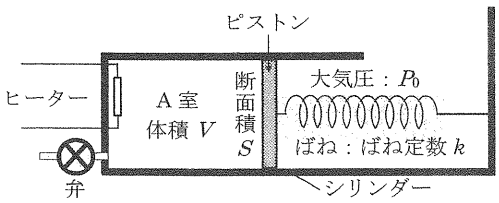
① $+B^2l^2R(v_a-v_b)$ ② $+2B^2l^2R(v_a-v_b)$ ③ $+\dfrac{B^2l^2(v_a-v_b)}{R}$ ④ $+\dfrac{B^2l^2(v_a-v_b)}{2R}$ ⑤ $+\dfrac{B^2l^2(v_a-v_b)}{3R}$

⑥ $-B^2l^2R(v_a-v_b)$ ⑦ $-2B^2l^2R(v_a-v_b)$ ⑧ $-\dfrac{B^2l^2(v_a-v_b)}{R}$ ⑨ $-\dfrac{B^2l^2(v_a-v_b)}{2R}$ ⑩ $-\dfrac{B^2l^2(v_a-v_b)}{3R}$

（7）金属棒 a に初速度 v_2 を与えてから t 秒までに閉回路UVXWで消費されたエネルギーは [21] である。

① mv_2^2 ② $\dfrac{1}{2}mv_2^2$ ③ $\dfrac{1}{3}mv_2^2$ ④ $\dfrac{2}{3}mv_2^2$ ⑤ $\dfrac{1}{4}mv_2^2$ ⑥ $\dfrac{3}{4}mv_2^2$ ⑦ $\dfrac{1}{5}mv_2^2$ ⑧ $\dfrac{2}{5}mv_2^2$ ⑨ $\dfrac{3}{5}mv_2^2$ ⑩ $\dfrac{4}{5}mv_2^2$

3 図のようにシリンダーが水平横向きに固定され，このシリンダーの内壁に沿ってなめらかに動く断面積 S のピストンがはめ込まれている。ピストンはばね定数 k のばねで壁に取りつけられている。シリンダーとピストンは断熱材でできており，A室には気体を暖めるためのヒーターと気体を注入あるいは排気するための弁が取りつけられている。ピストンの右側は大気圧 P_0 の外気に接している。気体定数を R として，次の問いに答えなさい。



ただし，解答欄 24 ~ 36 の一つ一つには，それぞれ0から9までの数字のいずれか一つが入るものとして，解答群から適するものを選びなさい。また解答の分数は既約分数になるようにすること。

（1） A室の空気を弁から排気して真空にしたとき，ピストンは左に動いてA室の体積が $\frac{1}{5}V$ になった。このとき，ばねののび x は 22 と表せる。ピストンにおける力のつり合いの式は 23 である。
従って，ばね定数 k は以下の式で示される。

$$k = \frac{\boxed{24}}{\boxed{25}} \times \frac{P_0S^2}{V}$$

（2） 次に，弁からA室に絶対温度 T の単原子分子のみからなる理想気体をゆっくり注入し，A室の体積が $\frac{4}{5}V$ になったところで弁を閉じた。A室の圧力 P_1，A室に注入された気体のモル数 n はそれぞれ以下の式で示される。

$$P_1 = \frac{\boxed{26}}{\boxed{27}} \times P_0 \qquad n = \frac{\boxed{28}}{\boxed{29}} \times \frac{P_0V}{RT}$$

（3）この後，ヒーターを使ってA室の体積が V になるまでゆっくり加熱した。

(i) この加熱後の気体の温度 T_1 は以下の式で示される。

$$T_1 = \frac{\boxed{30}}{\boxed{31}} \times T$$

(ii) この加熱による内部エネルギーの増加 ΔU は以下の式で示される。

$$\Delta U = \frac{\boxed{32}}{\boxed{33}} \times P_0V$$

(iii) この加熱によって気体のした仕事 W は以下の式で示される。なお，解答が $\frac{1}{5}$ のような場合は，$\frac{\boxed{1}}{\boxed{0}\boxed{5}}$ として選択しなさい。

$$W = \frac{\boxed{34}}{\boxed{35}\boxed{36}} \times P_0V$$

22 の解答群

① $\frac{VS}{5}$ ② $\frac{4VS}{5}$ ③ $\frac{S}{5V}$ ④ $\frac{4S}{5V}$ ⑤ $\frac{V}{5S}$ ⑥ $\frac{4V}{5S}$ ⑦ $\frac{1}{5SV}$ ⑧ $\frac{4}{5SV}$

23 の解答群

① $P_0V = kx$ ② $P_0V = kS$ ③ $P_0x = kV$ ④ $P_0x = kS$
⑤ $P_0S = kV$ ⑥ $P_0S = kx$ ⑦ $P_0k = xV$ ⑧ $P_0k = xS$

24 ~ 36 の解答群

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0