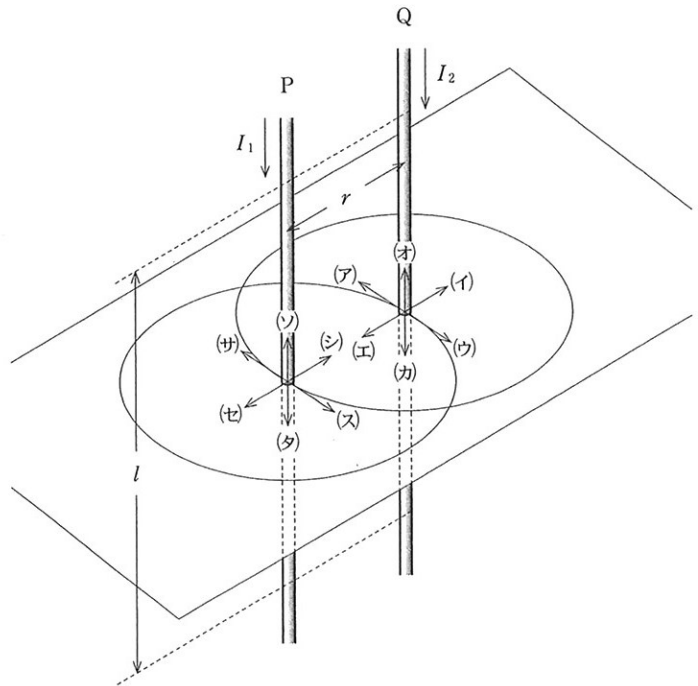


物 理 301 その 1

第1問 次の文中の()には語句を, には式を記入し, { }の中の正しいものを○で囲め。また問いに答えよ。

図のように、距離 r (m)だけ離れた十分長い二本の平行導線 P, Q に、同じ向きにそれぞれ電流 I_1 (A), I_2 (A)が流れている。このとき、それぞれの導線の長さ l (m)の部分に働きあう力について考える。ここで長方形は導線 P, Q に垂直な平面を表している。空気中の透磁率は真空中の透磁率 μ_0 (N/A²)に等しいとする。



導線 P に流れる電流 I_1 が、導線 Q の位置に作る磁場は導線に(垂直)であり、その向きは{ア, イ, ウ, エ, オ, カ}である。導線 Q の位置に作る磁束密度 B (Wb/m²)と、磁場の強さ H (A/m)の関係は、

$$B = \mu_0 H$$

であり、これを μ_0, I_1, r を用いて表すと、

$$B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$$

である。

導線 Q の長さ l の部分が受ける力の向きは、フレミングの左手の法則により導線と磁場に(垂直)であり、{ア, イ, ウ, エ, オ, カ}の向きになる。また、その大きさ F (N)は I_2, B, l を用いて表すと、

$$F = I_2 B l$$

であり、これを μ_0, I_1, I_2, r, l を用いて表すと、

$$F = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi r} l$$

である。

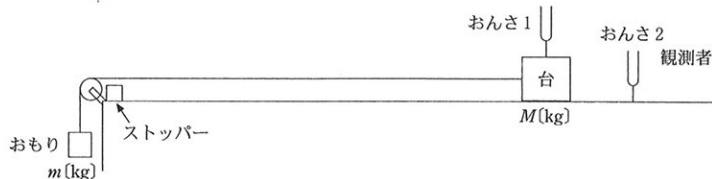
電流 I_2 が導線 P の長さ l の部分に及ぼす力 F' (N)の向きは{サ, シ, ス, セ, ソ, タ}である。 F' の大きさは、 F の大きさと比べると{大きい, 等しい, 小さい}。

問 電流 I_2 の向きを逆にした場合に、導線に働きあう力はどうなるか。大きさと向きについて、上の式と図の記号を用いて答えよ。

答	電流 I_2 の向きを逆にすると、導線 P の位置に作る磁場の向きは逆の(ス)になるので働きあう力の大きさは変わらず $\mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi r} l$ で(イ)(セ)の向きになる。
---	--

物 理 3 0 1 そ の 2

第2問 図のように滑らかな水平面上におんさ1 (振動数 f_0 [Hz])を固定した台を置き、伸びないひもを台に結び、ひものもう片方を滑車を経て質量 m [kg]のおもりに結んだ。おんさ1と台の総質量は M [kg]である。ひもと滑車の質量は無視でき、空気抵抗および摩擦は考えないものとする。



[1] 台から手を放したときの台の動きを考えよう。

問 1 重力加速度を g [m/s²]としたとき、台の加速度 a [m/s²]を求めよ。

〔式と計算〕
 ひもの張力を T とする。

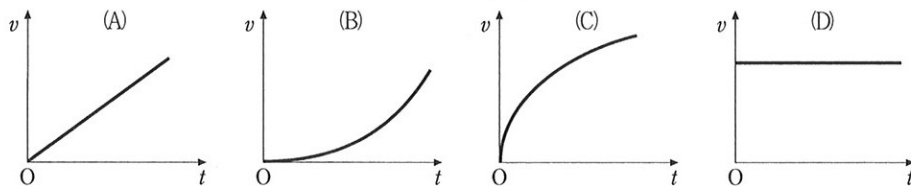
$$\begin{cases} Ma = T \dots \textcircled{1} \\ ma = mg - T \dots \textcircled{2} \end{cases}$$

①+②より

$$(M+m)a = mg.$$

答 $\frac{m}{M+m}g.$

問 2 時刻 t [s]における台の速さ v [m/s]を表すグラフを、図の(A)~(D)の中から選べ。



答 (A)

[2] 台に固定されたおんさ1を叩いて台から手を放した。図に示す観測者が、運動する台上のおんさ1の音の振動数を観測した。

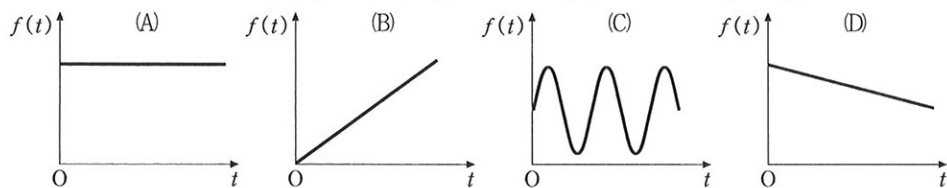
問 3 音速を V [m/s]として観測されるおんさ1の音の振動数の時間変化 $f(t)$ [Hz]を、 a 、 f_0 、 t 、 V を用いて表せ。ただし、 $v \ll V$ とする。

〔式と計算〕

$$f(t) = \frac{V}{V+v} f_0 = \frac{V}{V+at} f_0$$

答 $\frac{V}{V+at} f_0$

問 4 観測される振動数の時間変化 $f(t)$ [Hz]を表すグラフを、図の(A)~(D)の中から選べ。



答 (D)

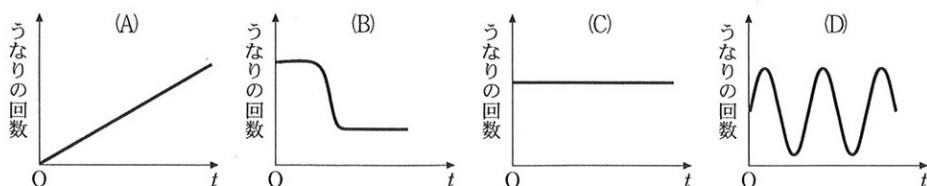
[3] 図のように、観測者の近くにもうひとつのおんさ2 (振動数 f_0 [Hz])を置き、二つのおんさを同時に叩いて台から手を放した。このとき音を観測するとうなりが聞こえた。

問 5 時刻 t における、1秒間に生じるうなりの回数を、 a 、 f_0 、 t 、 V を用いて表せ。

〔式と計算〕
 $f_0 > f(t)$ であるので $f_0 - f(t) = \frac{at}{V+at} f_0$

答 $\frac{at}{V+at} f_0$

問 6 1秒間に生じるうなりの回数の時間変化を表すグラフを、図の(A)~(D)の中から選べ。



答 (A)

小 計	点
-----	---

物 理 301 その3

第3問 図1のように、傾斜角 θ の粗い斜面を持つ質量 M (kg)の斜面台が水平面上にある。この斜面の上に質量 m (kg)の小物体を静かに置いたところ、小物体は斜面を滑り始めた。重力加速度を g (m/s^2)、小物体と斜面の間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' ($\mu' < \mu$)とし、空気抵抗を無視して、以下の問1～問6に答えよ。

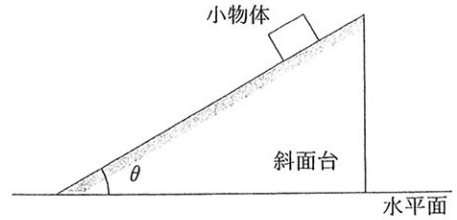


図1

(1) 斜面台を水平面に固定した場合を考える。問1では、文章中の枠内に適切な式を入れよ。

問1 小物体が斜面から受ける垂直抗力の大きさ N (N)は $mg \cos\theta$ なので、最大静止摩擦力の大きさは $\mu mg \cos\theta$ である。小物体は斜面を滑り始めるから、 θ と μ の関係は $\tan\theta > \mu$ である。

斜面に沿った小物体の加速度の大きさは $(\sin\theta - \mu' \cos\theta)g$ である。

問2 小物体が斜面に沿って距離 d (m)だけ滑り落ちたとき、小物体の力学的エネルギーは滑り始める前と比べてどれだけ減少したか。非保存力である動摩擦力のした仕事か、減少量はそのままである。
 (式と計算) 力学的エネルギーの変化分になるので
 $W = \mu' mg \cos\theta \times d \times \cos 180^\circ$

答 $\mu' mg d \cos\theta$

(2) 斜面台の底面と水平面との摩擦が無視できて、斜面台が水平面上で自由に動ける場合を、観測者の位置に注意して考える。

小物体が斜面を滑り始めると同時に、斜面台も小物体から力を受け、水平面上を右向きに加速度運動を始める。小物体が斜面から受ける垂直抗力の大きさを N (N)、斜面上の観測者から見た小物体の斜面に沿った下向きの加速度を a (m/s^2)とする。また、水平面上の観測者から見た斜面台の水平面に沿った右向きの加速度を β (m/s^2)とする。

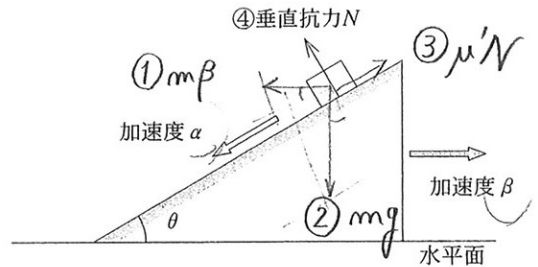


図2

問3 小物体が斜面上を滑るとき、斜面上の観測者から見ると、小物体には、①慣性力、②重力、③動摩擦力および④垂直抗力がはたらく。①、②、③の力の向きを表わす矢印とともに、その大きさを表わす式を、④垂直抗力 N の例にならない図2の中に記入しなさい。

問4 斜面上の観測者から見て、小物体にはたらく力の斜面に垂直な成分について力のつりあいの式を書け。

(式と計算)

答 $N + m\beta \sin\theta = mg \cos\theta$

問5 斜面上の観測者から見て、斜面に沿った小物体の運動について運動方程式を立てよ。

(式と計算)

答 $m\alpha = mg \sin\theta + m\beta \cos\theta - \mu'N$

問6 水平面上の観測者から見て、水平面に沿った斜面台の運動について運動方程式を立てよ。

(式と計算)

答 $M\beta = N \sin\theta - \mu'N \cos\theta$

小 計	点
-----	---

物 理 3 0 1 その 4

第 4 問 (1)~(7)の文中の下線部分に間違いがあれば、その箇所を○で囲み、例にならって解答欄に訂正したものを記入せよ。間違いがなければ、解答欄に○を記入せよ。また、(8)については図中に解答を示せ。

(例) 電力をある抵抗値の送電線で送電するとき、発電所を出る時の電圧が高いほど、送電線の発熱による損失が増加する。

答	減少
---	----

(1) 平行板コンデンサーに電位差を与えたとき、極板間の電界の強さを 2 倍にするためには、極板間隔を変えずに電位差を 2 倍にするか、電位差を変えずに極板間隔を 2 倍にするか、

答(a)	○	答(b)	$\frac{1}{2}$ 倍
------	---	------	-----------------

(2) 真空中で、一様な磁界に垂直に電子がある速さで入射した。電子には運動方向に垂直にローレンツ力がはたらくので等速円運動をする。円運動の半径の大きさは、磁界の強さを増すと大きくなり、電子の速さを増すと大きくなる。

答(a)	小さくなり	答(b)	○
------	-------	------	---

(3) 光が屈折率の大きい物質から小さい物質へ入射する場合を考える。入射角が臨界角より小さいときには、境界面で光はすべて反射する。

答	一部反射屈折する
---	----------

(4) 自然の長さから a (m) だけ縮めたときにばねにたくわえられる弾性エネルギー E_1 (J) と、自然の長さから $2a$ (m) だけ伸ばしたときにばねにたくわえられる弾性エネルギー E_2 (J) を比較する。 E_2 は E_1 の 2 倍である。

(但し、ばね定数は等しいとする)

答	4倍
---	----

(5) 2 つの物体が完全非弾性衝突したとき、衝突の前後で 2 つの物体の運動量の和は保存され、2 つの物体の運動エネルギーの和は保存されない。

答(a)	○	答(b)	○
------	---	------	---

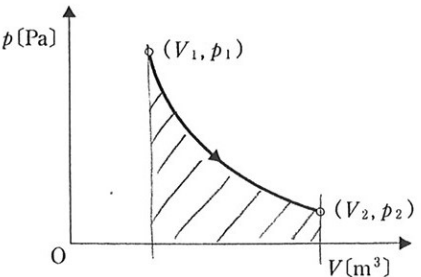
(6) 理想気体の定積モル比熱は定圧モル比熱よりも $\frac{3}{2}R$ だけ小さい。ただし、 R (J/mol·K) は気体定数である。

答	R だけ小さい
---	-----------

(7) 理想気体では、気体分子の運動エネルギーの平均値は絶対温度の 2 乗に比例する。

答	正比例する
---	-------

(8) 理想気体を断熱変化させると、図に示した p - V (圧力-体積) グラフで、気体の体積 V (m³) と圧力 p (Pa) は状態 (V_1, p_1) から状態 (V_2, p_2) へ曲線に示すように変化した。この状態変化の間に、気体が外にする仕事 W (J) を表す部分を右図中で実線で囲み斜線を付けて示せ。



小 計		点
-----	--	---