

[I] 次の文中の空欄(ア)～(ケ)にあてはまる式を解答用紙(一)の該当する欄に記入せよ。また、空欄(a)にあてはまる図を解答群から選び、その番号を解答用紙(一)の該当する欄に記入せよ。ただし、重力加速度の大きさを g とし、必要であれば三角関数の公式 $\tan(\alpha+\beta) = \frac{\tan\alpha + \tan\beta}{1 - \tan\alpha \tan\beta}$ を用いてよい。

密度が均一で質量 m_A の直方体の物体 A がある。図1のように、なめらかな定滑車と質量 m_1 の動滑車に質量の無視できるワイヤーを通す。この動滑車に A をつり下げトラックの荷台にのせる。A を高さ H だけ持ち上げる間にワイヤーを引く力のする仕事は である。A を持ち上げた状態に保つために必要な力の大きさは である。

図2のように、物体 A と荷台の間には質量 m_P の板 P が置かれている。荷台を水平に保ったまま、静止していたトラックは水平な直線道路を一定の加速度で走り始める。その加速度の大きさを a 、A と P との間の静止摩擦係数を μ_A 、P と荷台との間の静止摩擦係数を μ_P とする。P が荷台に対してすべらず、A が倒れない (P に対して傾かない) として A が P に対してすべり出さない条件は $\mu_A \geq$ であり、A が P に対して相対的に動かないとして P が荷台に対してすべり出さない条件は $\mu_P \geq$ である。

次に、トラックは勾配が徐々に大きくなる斜面をまっすぐに上る道を一定の速さで走る。荷台の傾き角は坂道の傾きと等しく θ とする。ただし、 θ の変化による加速度は無視できるとする。 θ が θ_f のとき物体 A が板 P に対して倒れずにすべり始めるとすると $\tan\theta_f =$ である。A にはたらく力は重力 \vec{W} (大きさ $m_A g$)、摩擦力 \vec{F} 、垂直抗力 \vec{N} であるが、これらの力をそれぞれ1本の矢印で表したとき、解答群の中で最も適切な図は である。A の高さは h で、底面は1辺の長さが l の正方形で、図2のように置かれている。 μ_A が大きい場合、 θ が θ_r のとき A が P に対してすべらずに倒れるとすると $\tan\theta_r =$ である。

その後、一定の速さ v でトラックが一定半径の円弧状のカーブを走る。このカーブは進行方向に水平で、図3のように、その路面は円弧の外側に向かって高くなっている。物体 A や板 P はトラックに対して静止している。このカーブの半径はトラックの大きさに比べて十分に大きく、A が受ける向心力の大きさを F_C とすると、この半径は と表さ

れる。このカーブの路面の横傾斜(バンク)の水平面からの傾き角を θ_i ($v=0$ でも倒れたりすべったりすることのない角度)とする。 $\frac{F_C}{m_A g}$ を考えると、Pがすべらない次の2つの場合には、 θ_f や θ_r および θ_i を用いて、それぞれ1つの三角関数に整理して表すことができる。Aが倒れないとしてすべり出さないためには $\frac{F_C}{m_A g} \leq \square$ (ク)であり、Aがすべらないとして倒れないためには $\frac{F_C}{m_A g} \leq \square$ (ケ)である必要がある。

[解答群]

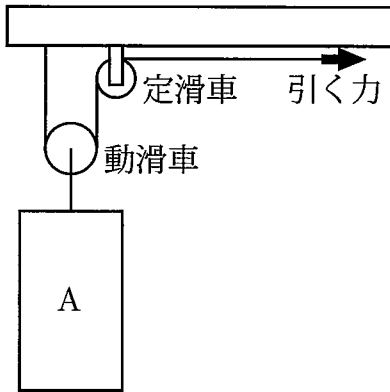
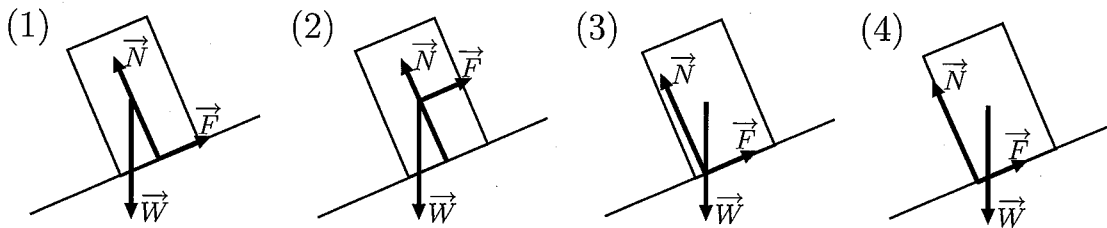


図1

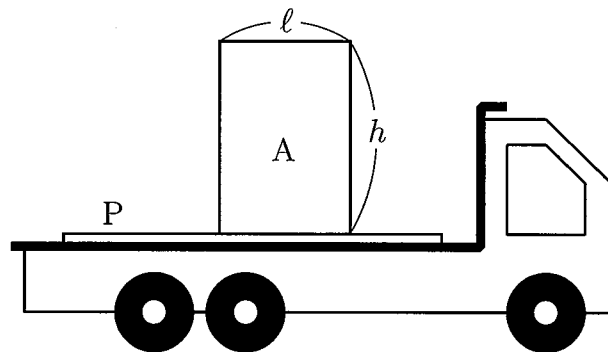


図2

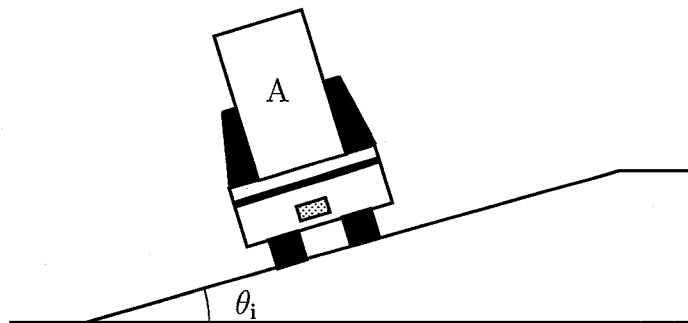


図3

〔II〕 次の文中の空欄(ア)～(ケ)にあてはまる式または数値を解答用紙(一)の該当する欄に記入せよ。

気体中の音速の温度依存性について調べよう。図1のように、音を反射しない壁で作られた容器内に、水素ガスが満たされている。容器の中には、長さを変えることができる両端の開いた管Aがある。音源SをAの左端に、音の検知器DをAの右側に設置する。

はじめに、容器内の気温を 10°C に保ち、音源Sから振動数 650 Hz の音を出しながら管Aの長さを変えたところ、長さが 1.0 m のときA内の気柱が共鳴して音が大きくなったのを検知器Dで観測した。共鳴しているとき定常波の腹の位置は開口端にあるとする。この共鳴がA内の気柱の基本振動であることは、ゆっくりとAの長さを短くして、少なくとも m とするまでの間に共鳴することがなかったことからわかる。この共鳴している音の波長は m と表される。

次に、管Aを長さ 1.0 m に固定し、容器内の気温を上げて同様の実験を行った。音源Sから出る音の大きさを一定に保ちながら振動数を徐々に大きくして最初の共鳴が起こるように調整した。この状態で、図2のように、管の右下に設置した音源 S_0 から振動数 650 Hz の音を出すと、検知器Dで強いうなりを観測した。 1.0 秒間あたりのうなりの回数が n のときSから出ている音の振動数は $[\text{Hz}]$ で、音速は $[\text{m/s}]$ と表される。気温が 10°C から 40°C の範囲で、気温 $t\text{ }^{\circ}\text{C}$ と 1.0 秒間あたりのうなりの回数 n は図3のようになった。図3より、 $n =$ の関係があるから、音速は t を用いて $[\text{m/s}]$ と表される。

一般に、音速は気体の圧力 $P\text{ }[\text{Pa}]$ と密度 $\rho_0\text{ }[\text{kg/m}^3]$ を使って $K P^a \rho_0^b$ という関係式で与えられる。ここで、 K は、一定圧力の下での比熱と一定体積の下での比熱との比で、次元をもたない比例定数である。次元を考慮して a と b の数値の組み合わせとして正しいものを求めると、音速は、 K, P, ρ_0 を用いて、 $[\text{m/s}]$ と表される。酸素ガスと水素ガスとの密度の比が気温によらず $16:1$ であるとする、酸素ガス中の音速は、図3を得た実験と同じ条件の下で、 t を用いて $[\text{m/s}]$ と表される。次元を考慮して得られた音速の表現とシャルルの法則とから、音速は絶対温度の 乗に比例することがわかる。上の実験で得られた温度依存性を表す式はこの結果の近似式となっている。

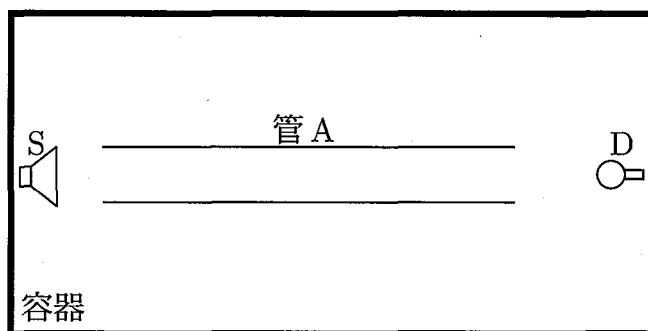


図 1

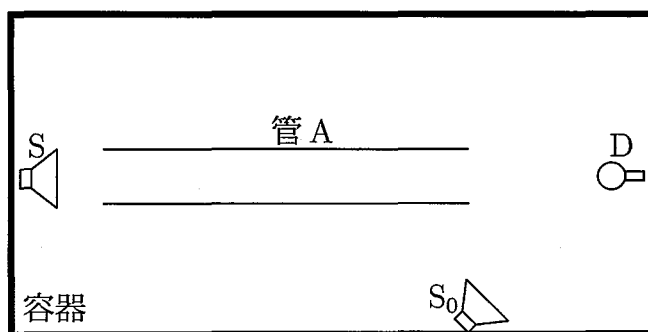


図 2

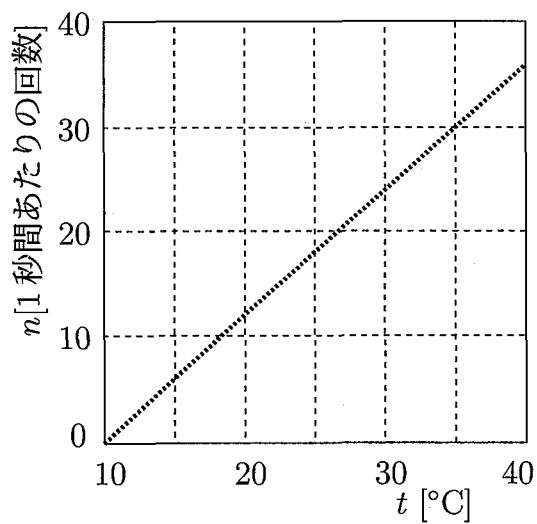


図 3

〔 III 〕 次の文中の空欄 (ア) ~ (ケ) にあてはまる式または数値を解答用紙 (二) の該当する欄に記入せよ。また、解答用紙 (二) の解答図 (A) には適切なグラフの概形を描け。

図 1 のように、2つの電池 E_1 , E_2 とスイッチ S_1 , S_2 , および 4つの抵抗 R_1 , R_2 , R_3 , X からなる回路がある。 R_2 は可変抵抗であり、 X は非直線抵抗で、その電流と電圧の関係は図 2 で与えられる。 E_1 と E_2 の起電力はそれぞれ 10.0 V と 7.2 V であり、それらの内部抵抗は無視できる。 R_1 の抵抗値は 100 Ω である。また、それぞれの抵抗に流れる電流は図中に示す矢印の向きを正とし、点 A の電位を 0 V とする。

はじめに、スイッチ S_1 を端子 K_1 に接続し、スイッチ S_2 を開いておく。可変抵抗 R_2 の値を 0 から 400 Ω まで変えたとき、点 B の電位と抵抗 R_1 を流れる電流の関係を、範囲に注意して、解答図 (A) に記入せよ。 R_2 の抵抗値が R_2 [Ω] のとき R_2 で消費する電力は (ア) [W] と表すことができる。

次に、スイッチ S_2 を開いた状態でスイッチ S_1 を端子 K_2 に接続した。このとき、抵抗 R_1 に流れる電流は (イ) mA となる。また、非直線抵抗 X で消費される電力は (ウ) W である。 S_1 を K_2 に接続したまま S_2 を閉じると、 X には図 1 の矢印とは逆向きに 20.0 mA の電流が流れた。この結果から、 R_1 に流れる電流は (エ) mA であり、抵抗 R_3 の値は (オ) Ω であることがわかる。

さらに、スイッチ S_1 を端子 K_2 に接続したまま、スイッチ S_2 もそのまま閉じた状態で、抵抗 R_3 を 20 Ω に替えた。点 B の電位を $-V_B$ [V] とし、抵抗 R_1 に流れる電流を表すと (カ) [mA] となり、 R_3 に流れる電流は (キ) [mA] となる。この結果とキルヒホッフの第 1 法則から、非線形抵抗 X に流れる電流は V_B を用いて (ク) [mA] と表される。ここで、図 2 のグラフを用いると、 V_B の値が (ケ) V と求まる。

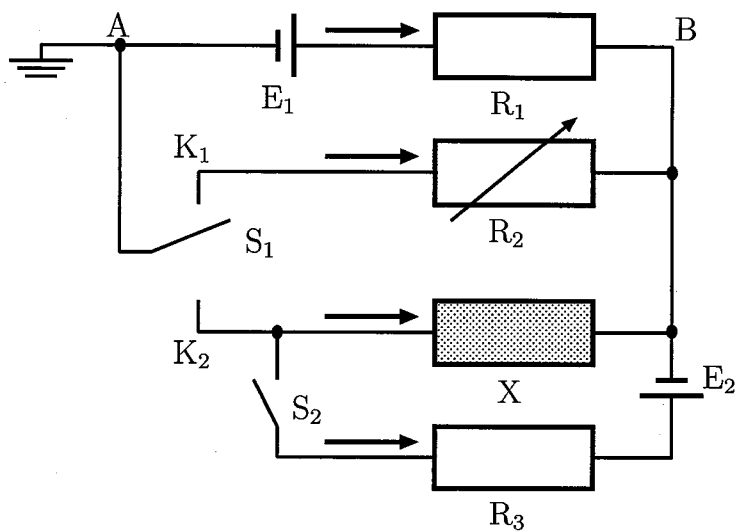


図 1

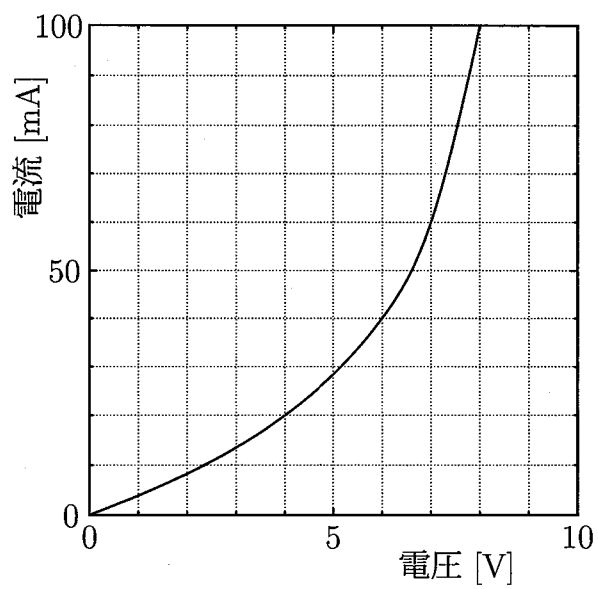


図 2

連絡表

さくらの個別指導(さくら教育研究所)

記号

201

科目名

物理

受験者に対して、連絡事項があることを口頭で伝え、下の枠の内容を黒板に書いてください。

6ページ

〔Ⅲ〕 下から2行目

「非線形抵抗」は「非直線抵抗」と
同じものである。