平成16年度

前期日程

理科問題

〔注　意〕

1. 問題冊子及び解答用冊子は，試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 問題冊子は，物理，化学，生物の順序で1冊にまとめてある。

   問題は｛物理　2ページから7ページ／化学　10ページから16ページ／生物　20ページから31ページ｝にある。

   ページの脱落があれば直ちに申し出ること。
3. 解答用紙は，物理3枚，化学4枚，生物4枚が一緒に折り込まれている。受験する科目の解答用紙をミシン目に従って切り離すこと。
4. **受験番号は，受験する科目の解答用紙の受験番号欄に1枚ずつはっきりと記入すること。**
5. 解答は，1ページの「**理科の解答についての注意**」の指示に従い，解答用紙の指定されたところに記入すること。
6. 問題冊子の余白は，適宜下書きに使用してもよい。
7. 配付した解答用紙は持ち帰ってはいけない。
8. 問題冊子は持ち帰ること。

「理科の解答についての注意」

理学部志願者

○ **数学科**，**化学科**，**生物学科**を志望する者は，物理，化学，生物の３科目のうちから２科目を選んで解答すること。

○ **物理学科**を志望する者は，物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから１科目を選んで解答すること(計２科目)。

医学部医学科・医学部保健学科(放射線技術科学専攻・検査技術科学専攻)・歯学部・薬学部志願者

物理，化学，生物の３科目のうちから２科目を選んで解答すること。

医学部保健学科(看護学専攻)志願者

物理，化学，生物の３科目のうちから１科目を選んで解答すること。

工学部・基礎工学部志願者

物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから１科目を選んで解答すること(計２科目)。

物 理 問 題

(解答はすべて物理解答用紙に記入すること)

〔1〕 図のように，長さL，質量Mの細く一様な剛体棒が，トラックの荷台後部の鉛直面に立てかけてある。水平方向にx軸，鉛直方向にy軸を，図のようにとる。荷台の鉛直面はなめらかで，棒との間に摩擦力ははたらかない。荷台の水平面はあらく，棒との間に摩擦力がはたらく。棒はxy平面内にあり，荷台の鉛直面と角度θ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$)をなしている。棒が荷台の水平面に接する点をAとし，Aにおいて棒が荷台から受ける垂直抗力の大きさをN_A，摩擦力の大きさをF_Aとする。また，棒が荷台の鉛直面に接する点をBとし，Bにおける垂直抗力の大きさをN_Bとする。棒と荷台の水平面の間の静止摩擦係数をμ，重力加速度の大きさをgとする。道路は水平として，以下の問いに答えよ。

最初，トラックは道路上に停止していた。このとき，棒は静止していた。

問 1 棒にはたらく力のつりあいの式を，水平成分および鉛直成分それぞれについて，F_A，N_A，N_B，M，gのうちの必要なものを用いて表せ。

問 2 点Aのまわりの，棒にはたらく力のモーメントのつりあいの式を，N_B，θ，L，M，gのうちの必要なものを用いて表せ。

問 3 棒が動かないためのθの最大値をθ_mとする。$\tan\theta_m$を，L，M，g，μのうちの必要なものを用いて表せ。

次に，停止していたトラックは，一定の大きさa_1($a_1 > 0$)の加速度で前方(x軸の正の向き)に動きだした。このとき，棒は荷台に対して動かなかった。以下の問4から問8では，$0 < \theta \leqq \theta_m$とする。

問 4 N_BとF_Aを，a_1，θ，L，M，gのうちの必要なものを用いて，それぞれ表せ。

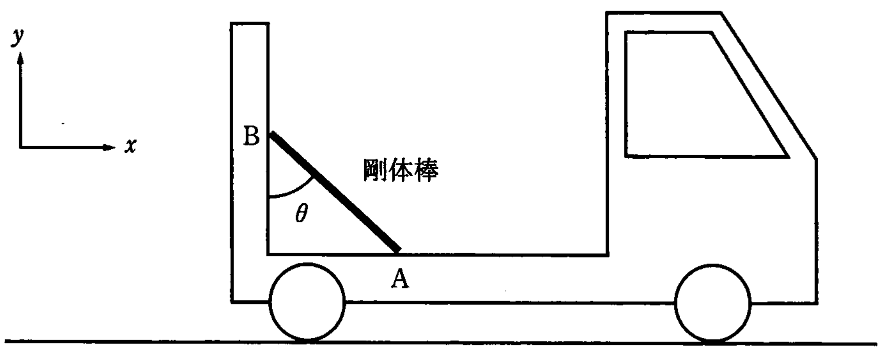
問 5 棒が荷台に対して動かないためには，a_1 と $\tan\theta$ の間に，ある関係がなければならない。この関係を，a_1，θ，L，M，g，μ のうちの必要なものを用いて，不等式で表せ。

その後，トラックは一定の加速度で減速を始めた。この加速度の大きさを a_2（$a_2 > 0$）とする。減速中，棒は荷台に対して動かなかった。

問 6 N_B と F_A を，a_2，θ，L，M，g のうちの必要なものを用いて，それぞれ表せ。

問 7 棒が荷台に対して動かないためには，a_2 と $\tan\theta$ の間に，ある関係がなければならない。この関係を，a_2，θ，L，M，g，μ のうちの必要なものを用いて，不等式で表せ。ただし，いくつかの不等式を用いて表してもよい。結果だけでなく考え方も簡潔に記せ。

問 8 問 7 で求めた，a_2 と $\tan\theta$ の関係を満たす領域を，解答欄のグラフに斜線で描け。



〔2〕 極板の面積がA，間隔がhで，極板間が真空の平行板コンデンサーの電気容量は，極板の端の影響を無視すると，$\frac{\varepsilon_0 A}{h}$で与えられる。ここで$\varepsilon_0$は真空の誘電率である。

図に示すように，面積がAの4枚の薄い金属板K，L，M，Nが，端をそろえて真空中にお互いに平行に置かれている。金属板KN間の距離をD，金属板LM間の距離をd $(d < D)$とする。金属板には，抵抗，スイッチS1，S2，および内部抵抗の無視できる電池B1，B2が図のように接続されている。電池B1の起電力はV $(V > 0)$である。最初の状態ではスイッチS1，S2は開いていた。そのとき，金属板K，L，M，N上の電気量はそれぞれ0で，すべての金属板の電位は等しかった。金属板の端の影響は無視できる。隣りあう金属板間に生じる電界(電場)はそれぞれ一様であるとして，以下の問いに答えよ。

スイッチS1を閉じると抵抗が発熱し，しばらくすると発熱はとまった。このとき，金属板Lにたくわえられた電気量はq，金属板Mにたくわえられた電気量は$-q$となった。

問 1 qを，V，A，D，d，ε_0のうちの必要なものを用いて表せ。

問 2 金属板LM間の電界の強さを，q，A，D，d，ε_0のうちの必要なものを用いて表せ。

問 3 金属板LM間にたくわえられたエネルギーを，V，A，D，d，ε_0のうちの必要なものを用いて表せ。

問 4 抵抗で発生した熱量を，V，A，D，d，ε_0のうちの必要なものを用いて表せ。

次に，スイッチS1を開いてからスイッチS2を閉じたところ，金属板Kにたくわえられた電気量はQ $(Q > 0)$に，金属板Nにたくわえられた電気量は$-Q$になった。

問 5　このとき，金属板 KL 間，および金属板 LM 間の電界の強さを，Q，q，A，D，d，ε_0 のうちの必要なものを用いて，それぞれ表せ。

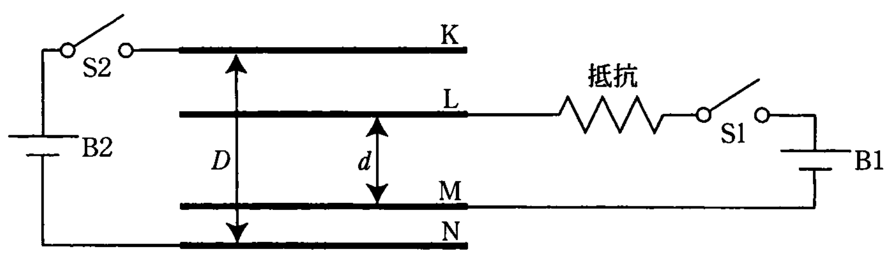
問 6　電池 B 2 の起電力を，Q，q，A，D，d，ε_0 のうちの必要なものを用いて表せ。

次に，スイッチ S 2 を開いてからスイッチ S 1 を閉じた。しばらくすると，金属板 L にたくわえられた電気量は q' に，金属板 M にたくわえられた電気量は $-q'$ になった。

問 7　q' を Q，q，A，D，d，ε_0 のうちの必要なものを用いて表せ。

最後に，スイッチ S 1 を閉じたままスイッチ S 2 を閉じた。しばらくすると，金属板 K にたくわえられた電気量は Q から $Q+\Delta Q$ になり，金属板 L にたくわえられた電気量は q' から $q'+\Delta q'$ になった。また，金属板 M にたくわえられた電気量は $-q'-\Delta q'$ に，金属板 N にたくわえられた電気量は $-Q-\Delta Q$ になった。

問 8　ΔQ と $\Delta q'$ を，V，Q，A，D，d，ε_0 のうちの必要なものを用いて，それぞれ表せ。



〔3〕 図1のように，振動数f_0の音を発する音源が，O点で静止している観測者に向かって，一定の速さvでまっすぐに進んでいる。音源は，時刻$t=0$にA点を通過し，時刻$t=\Delta t\ (\Delta t>0)$にA′点を通過した。無風状態での音速をcとして，風の状態が以下のⅠ，Ⅱ，Ⅲそれぞれの場合に，観測者が聞く音の振動数を考えよう。以下の文中の $\boxed{}$ に適切な数式を書き入れよ。ただし，音源の移動する速さv，風速wは，ともに音速cに比べて十分に小さいものとする。

Ⅰ まず，風のない状態($w=0$)について考えよう。A点で時刻$t=0$に発した音の波面は，時刻$t=t_1$にO点に達した。また，A′点で時刻$t=\Delta t$に発した音の波面は，時刻$t=t_1+\Delta t_1$にO点に達した。時間Δtの間に音源が発した音を時間Δt_1の間に観測者が聞くので，観測者が聞く音の振動数f_1は，f_0，Δt，Δt_1を用いて，$f_1=\boxed{(1)}$ と表される。AO間の距離dは$d=ct_1$，A′O間の距離d'は$d'=c(t_1+\Delta t_1-\Delta t)$で与えられる。したがって，$\dfrac{\Delta t}{\Delta t_1}$は，$v$，$c$を用いて，$\dfrac{\Delta t}{\Delta t_1}=\boxed{(2)}$ と表される。これらのことから，観測者が聞く音の振動数f_1は，v，c，f_0を用いて，$f_1=\boxed{(3)}$ と表される。

Ⅱ 図2のように，突然，風が$\overrightarrow{\mathrm{AO}}$の向きに吹き始める場合について考えよう。時刻$t=0$では風は吹いていなかった。A点で時刻$t=0$に発した音の波面がO点に達する前のある時刻$t=t_0$に，速さ$w$の風が，$\overrightarrow{\mathrm{AO}}$の向きにすべての場所でいっせいに吹き始めた。その後，この音の波面は，時刻$t=t_2\ (t_2>t_0)$にO点に達した。また，風が吹き始める前の時刻$t=\Delta t\ (\Delta t<t_0)$に音源はA′点を通過し，A′点で発した音の波面は，時刻$t=t_2+\Delta t_2$にO点に達した。このとき，AO間の距離dは，t_0，t_2，w，cを用いて，$d=\boxed{(4)}$ と表され，A′O間の距離d'は，t_0，t_2，Δt，Δt_2，w，cを用いて，$d'=\boxed{(5)}$ と表される。したがって，$\dfrac{\Delta t}{\Delta t_2}$は，$v$，$w$，$c$を用いて，$\dfrac{\Delta t}{\Delta t_2}=\boxed{(6)}$ と表される。これらのことから，観測者が聞く音の振動数f_2は，v，w，c，f_0を用いて，$f_2=\boxed{(7)}$ と表される。

その後，音源がO点を通過する前に，O点の観測者が聞く音の振動数はf_2からf'_2に変化した。振動数f'_2は，v，w，c，f_0を用いて，$f'_2 = \boxed{\ (8)\ }$と表される。

III　図3のように，速さwの一様な風が常に真横に吹いている場合について考えよう。A点で時刻$t = 0$に発した音の波面は，時刻$t = t_3$にO点に達した。そのときの波面を表す円の一部が図3に示されている。この円の中心をB点とする。AB間の距離sは，t_3を含んだ式で，$s = \boxed{\ (9)\ }$と表される。また，BO間の距離s'は，t_3を含んだ式で，$s' = \boxed{\ (10)\ }$と表される。このとき，AO間の距離dは，t_3，w，cを用いて，$d = \boxed{\ (11)\ }$と表される。音源は，時刻$t = \Delta t$にA′点を通過し，A′点で発した音の波面は，時刻$t = t_3 + \Delta t_3$にO点に達した。したがって，$\dfrac{\Delta t}{\Delta t_3}$は，$v$，$w$，$c$を用いて表され，これらのことから，観測者が聞く音の振動数f_3は，v，w，c，f_0を用いて，$f_3 = \boxed{\ (12)\ }$と表される。

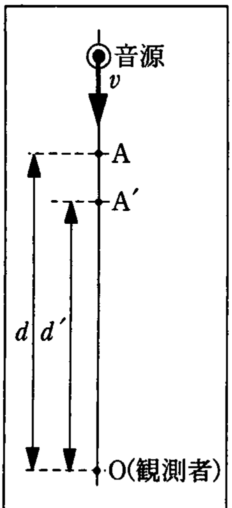


図1

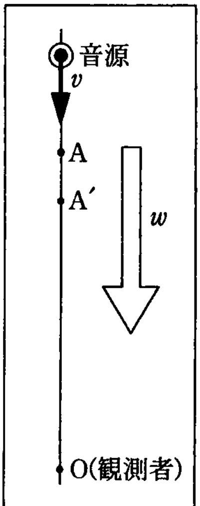


図2

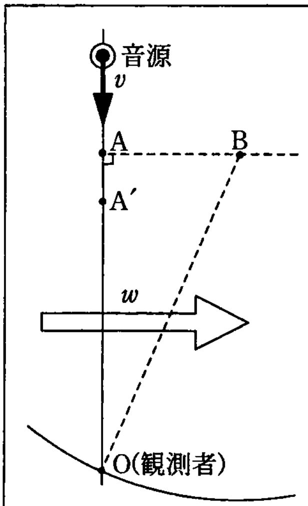


図3