平成21年度学力検査問題

理　　科

	ページ		ページ	(解答用紙枚数)	
物　理	1	〜	10	2	枚
化　学	11	〜	22	3	枚
生　物	23	〜	34	2	枚

○志望学部別，科目選択方法及び解答時間

志望学部	科　目　選　択　方　法	解答時間
医　学　部	物理，化学，生物から2科目選択すること。	2時間30分
工　学　部	物理，化学から1科目選択すること。 ただし，第1・第2志望にかかわらず電気電子工学科を志望する場合は，物理を選択すること。	1時間30分
生物資源学部	物理，化学，生物から1科目選択すること。	1時間30分

注　意　事　項

1. 試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
2. 本冊子のページ数は上記のとおりである。落丁，乱丁，印刷不鮮明の箇所などがある場合は申し出ること。
3. 解答はすべて**別紙解答用紙のそれぞれの解答欄**に記入すること。
4. あらかじめ届け出た科目について解答すること。
5. 解答用紙の指定された欄(物理の場合は計**4箇所**，化学の場合は計**6箇所**，生物の場合は計**4箇所**)に，忘れずに本学の**受験番号**を記入すること。
6. 化学の問題 $\boxed{5}$ は，〔選択問題〕1か〔選択問題〕2のいずれか一題を選択し，解答用紙には選択した問題に☑を記入してから答えること。
7. 試験場内で配布された問題冊子は試験終了後持ち帰ること。

物　　　理

1　図1に示すように，水平な床面に点Oがあり，その鉛直上方 h〔m〕の位置に固定点O′がある。点O′には，伸び縮みせず質量の無視できる長さ ℓ〔m〕の糸により，質量 m〔kg〕の小球Aがつるされている(ただし $\ell \leqq h$)。小球Aは，糸O′Aが鉛直線O′Oに対し一定の角度 θ〔rad〕を保つように，一定の水平面内において角速度 ω〔rad/s〕の等速円運動を行う(これを円すい振り子という)。

小球Aの大きさや空気抵抗などは無視できるものとし，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕として，以下の $\boxed{}$ に，適切な式を入れなさい。

問 1　糸の張力を S〔N〕とするとき，S の水平方向成分は小球Aの等速円運動の向心力と等しいので，S を m，ℓ および ω を用いて表すと $S =$ $\boxed{\text{あ}}$ となる。

次に，S の鉛直方向成分が小球Aに作用する重力とつり合うことを考慮し，$\cos\theta$ を ℓ，ω および g により表すと，$\cos\theta =$ $\boxed{\text{い}}$ となる。

また，小球Aの速さ v〔m/s〕を ℓ，ω および $\sin\theta$ により表すと $v =$ $\boxed{\text{う}}$ となる。

問 2　上記の円すい振り子において，$h = \ell$ とし，さらに $\cos\theta = \dfrac{3}{5}$ の場合を考える。

小球Aが突然糸からはずれたものとすると，その後床面に衝突する直前の小球Aの運動エネルギー E〔J〕を，m，g および ℓ を用いて表すと $E =$ $\boxed{\text{え}}$ となる。

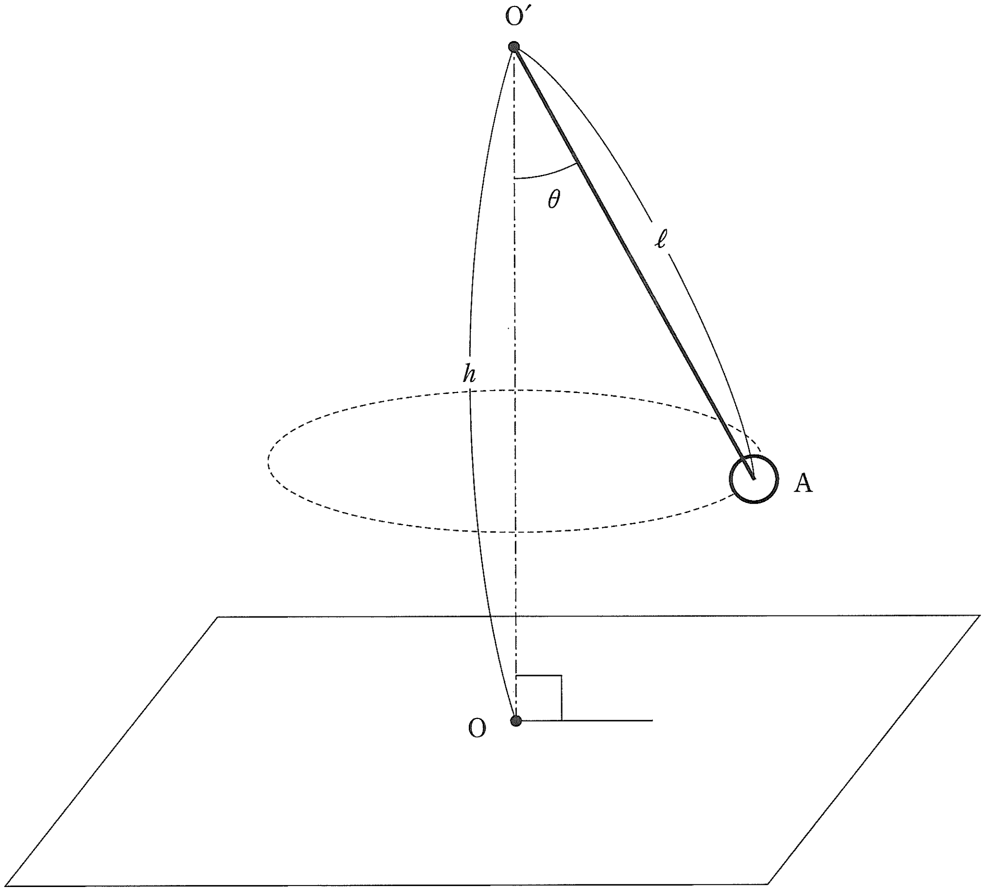

図 1

$\boxed{2}$ 図1に示すように，傾斜角30°の斜面上の点Pから質量m〔kg〕の小球を矢印のように水平方向に初速度v_0〔m/s〕で発射した。小球は落下して斜面上の点Qに衝突した。点Qは点Pより高さがh〔m〕低い位置にある。次の文章中の $\boxed{\quad 1 \quad}$ ～ $\boxed{\quad 6 \quad}$ に適切な式を入れなさい。また， $\boxed{\quad 7 \quad}$ については選択肢より適切な語句を選び記号で記入しなさい。なお，重力加速度の大きさをg〔m/s^2〕とし，小球の大きさ，空気抵抗，斜面と小球との間の摩擦は無視できるものとする。解答に平方根が含まれる場合は，平方根のままで表しなさい。

問 1 小球を発射してから斜面に衝突するまでの時間は，gとhを用いて表すと $\boxed{\quad 1 \quad}$ 〔s〕であり，gとv_0を用いて表すと $\boxed{\quad 2 \quad}$ 〔s〕である。

問 2 小球が斜面に衝突する直前の速度を，図2に示すように，斜面に対して平行な成分v_a〔m/s〕と垂直な成分v_b〔m/s〕に分けたとき，これらをv_0を用いて表すと，$v_a = \boxed{\quad 3 \quad}$，$v_b = \boxed{\quad 4 \quad}$ である。なお，v_aとv_bは図2の矢印の方向を正とする。

問 3 小球が斜面に弾性衝突した直後の速度を，図3に示すように，水平面に対して平行な成分v_x〔m/s〕と垂直な成分v_y〔m/s〕に分けたとき，これらをv_0を用いて表すと，$v_x = \boxed{\quad 5 \quad}$，$v_y = \boxed{\quad 6 \quad}$ である。なお，v_xとv_yは図3の矢印の方向を正とする。したがって，小球の衝突直後の運動について正しいのは $\boxed{\quad 7 \quad}$ である。

$\boxed{\quad 7 \quad}$ の選択肢

ア）小球は点Qを含む水平面より上方にはね返る。
イ）小球は点Qを含む水平面より下方にはね返る。
ウ）小球は水平方向にはね返る。

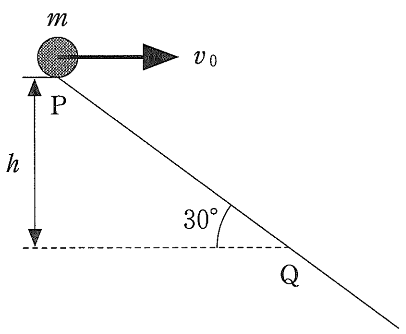

図1

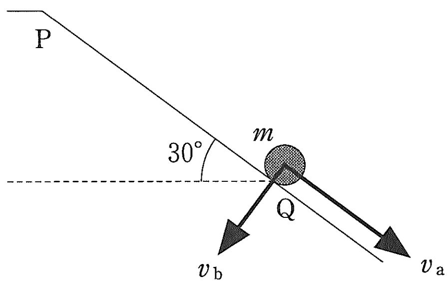

図2

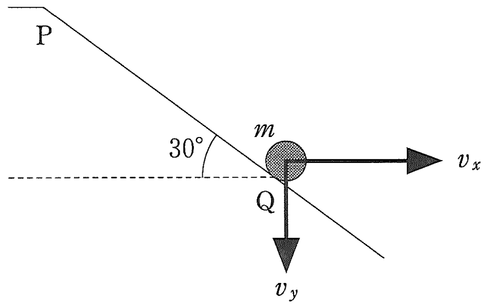

図3

$\boxed{3}$ 波動現象に関して，以下の $\boxed{}$ に適切な語句または式を入れなさい。

問 1　媒質内の波源で生じた振動が次々に伝達する現象を波動という。波動では媒質全体が波とともに移動することはなく，単に，媒質内の各点がある点を中心に振動している。その振動方向と波の進行方向が互いに $\boxed{\quad A \quad}$ である波を横波，媒質の振動方向と波の進行方向が $\boxed{\quad B \quad}$ である波を縦波または疎密波という。

問 2　地震では震源で発生した波が媒質である地盤中を伝わる。地盤では横波より縦波の方が速く伝わり，ある地点において，縦波が到達した後，横波が到達するまでの揺れを初期微動という。地盤を均質な媒質とし，地盤中の縦波の速さを v_{p}，横波の速さを v_{s}，震源距離(震源と観測点間の距離)を L と表せば，震源を点とみなしたとき，縦波と横波の到達時間は，それぞれ $\boxed{\quad C \quad}$ と $\boxed{\quad D \quad}$ となる。したがって，震源距離 L は，初期微動の継続時間 T および波の伝わる速さ v_{p} と v_{s} から求まり，$\boxed{\quad E \quad}$ と表せる。

問 3　一般に，地震では初期微動で細かい縦揺れを感じた後，大きな横揺れを感じる。これは，問 2 で示したように縦波と横波の到達時間の差，および，以下に導くように地表面に到達するときの入射角と振動の方向によって説明できる。

地盤は水平の層をなしていることが多く，地震波すなわち波動が伝わる媒質として図 1 に示す地盤を考える。層は n 層からなり，地表側から 1，2，…，n と層番号をつける。それぞれの層内は均質とする。それぞれの層内では，波の伝わる速さは一定と仮定し，層 1 から順に v_1，v_2，…，v_n とする。図 1 に示すように層 n から層 $n-1$ に平面波(波面が平面の波)が入射角 i_n で入射したとして以下の(1)〜(3)に答えなさい。

(1) 地盤中の波は層境界において屈折と反射をともないながら伝わり，地表面に達する。いま，屈折のみに着目して，ある層 $k+1$ から層 k への入射角 i_{k+1} と屈折角 r_k の関係について，波の伝わる速さ v_k と v_{k+1} を用いて示すと， $\boxed{\quad F \quad}$ と表せる。この問いでは $k = 1, 2, \cdots, n-1$ とする。

(2) 層 $n-1$ への入射角を i_n とすれば，地表への入射角 i_1 との関係について，波の伝わる速さ v_n と v_1 を用いて表すと $\boxed{\quad G \quad}$ となる。ここで，地表面まで到達する間には全反射は起こらないものとする。

(3) 一般に，地盤は地表に近い層ほど，波の伝わる速さは小さくなり（$v_1 < v_2 < \cdots < v_n$），波の進行方向について着目すると，地表に近づくにつれ地表面に対する角度は $\boxed{\quad H \quad}$ に近づく。さらに，一般に，地震では横波の振幅が縦波に比べて大きいことから，地表では横揺れが大きくなる。

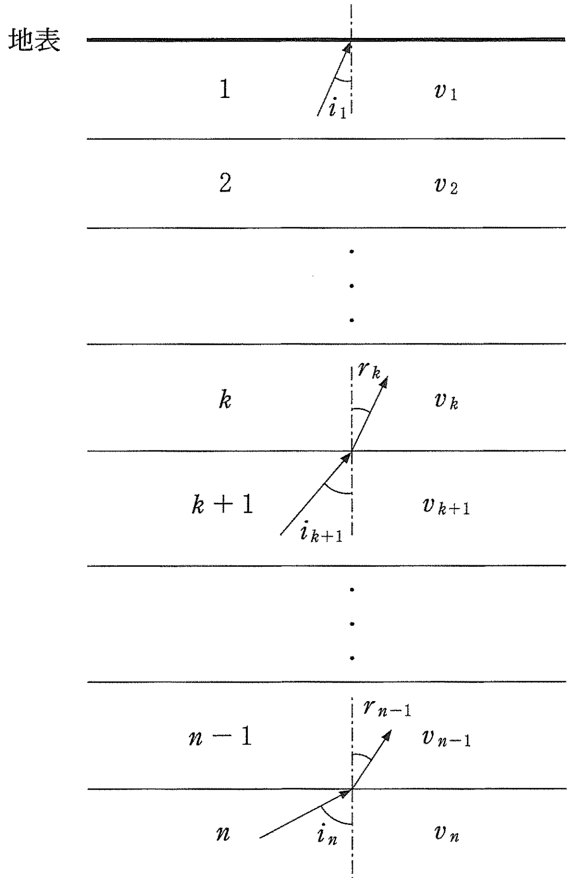

図1

4 図1の回路では，直流電源(電圧E〔V〕)に抵抗1～4（抵抗値R_1～R_4〔Ω〕）が接続されている。一方，図2の回路では，図1の回路の抵抗1と点Pとの間に十分に長い二本の導線abとcdが間隔ℓ〔m〕で互いに平行に配置されていて，この平行導線部分にはこれら導線を含む面(紙面)と垂直に，図の向きに(紙面手前に)磁束密度B〔T〕の一様な磁界が加わっている。また，長さℓ〔m〕の金属棒stは導線abおよびcdと直角かつ滑らかに接触している。直流電源によって流れる電流がつくる磁界や，導線および金属棒の電気抵抗，導線と金属棒との間の電気抵抗，および直流電源の内部抵抗は無視できるものとして，以下の $\boxed{\quad\quad}$ に適切な式または記号を入れなさい。

問 1 図1の回路において，抵抗1を流れる電流I_1と，抵抗2を流れる電流I_2は$I_1 = \boxed{①}$ および$I_2 = \boxed{②}$ となる。この回路では，抵抗値R_1～R_4を適当に選ぶと，点Pと点Qの電位が等しく(点Pと点Qの間の電圧が0V)なり，このときには抵抗値R_1～R_4の間に $\boxed{③}$ の関係が成り立つ。

以下の問2～問4においては，抵抗値R_1～R_4はこの $\boxed{③}$ の関係を満たしているものとする。

問 2 図2の回路において，金属棒stを導線abおよびcdと直角に保ちながら外力によって一定の速さv〔m/s〕でbからa(dからc)の方向へ移動させると，金属棒stの両端間には誘導起電力e〔V〕が生じる。このときの起電力eは，$e = \boxed{④}$ と表される。ただし，$e < E$とする。

問 3 問2の状態のときには，金属棒stのところに $\boxed{④}$ の起電力を有する直流電源が追加されたと考えることができる。このときに抵抗1を流れる電流I_1と，抵抗2を流れる電流I_2を，E，eおよびR_1～R_4のうちの適切なものを用いて表すと，$I_1 = \boxed{⑤}$ および$I_2 = \boxed{⑥}$ となる。

問 4 問2の状態のとき，点Pと点Qの電位は等しくなくなる。そして，点Pと点Qの間の電圧(点Qの電位を基準にしたときの点Pの電位)をV_{PQ}とすると，V_{PQ}は金属棒stの移動する速さvに比例し，その比例係数は $\boxed{\quad ⑦ \quad}$ で与えられる。

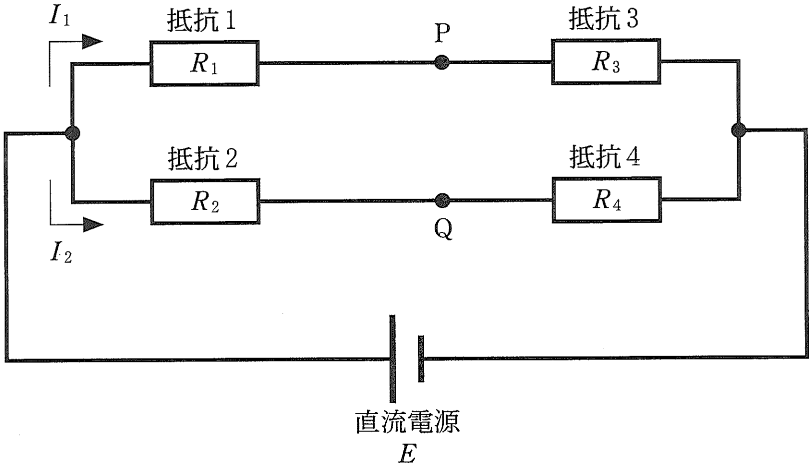

図1

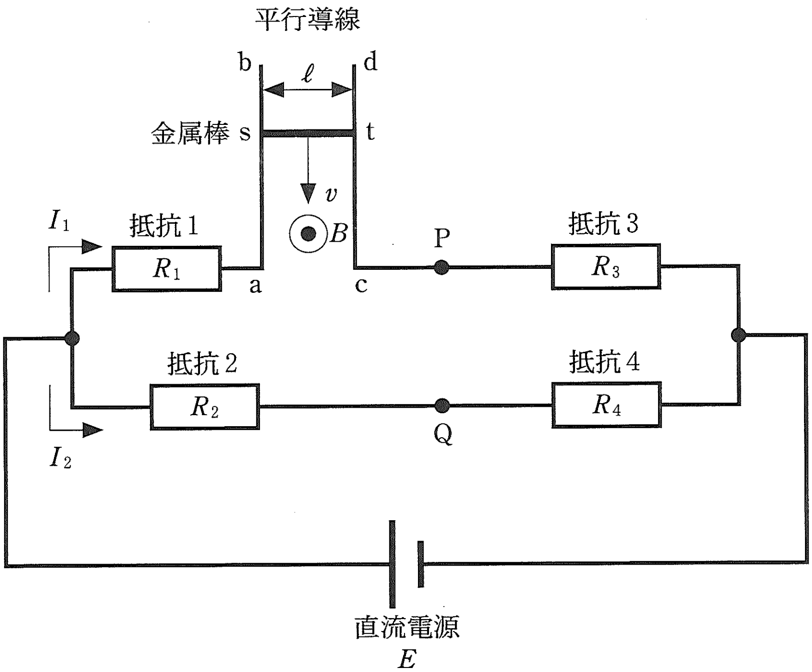

図2

5 ミクロ(微視的)な気体分子の運動論とマクロ(巨視的)な気体の状態方程式から，分子の運動エネルギーと絶対温度の関係を求める。以下の $\boxed{}$ に適切な数式を入れなさい。

図1に示すような一辺の長さ L の立方体の箱に理想気体分子(1個の質量は m)を1モル(N 個)を閉じ込める。i 番目の分子の速さを $v(i)$ とする。これが箱の壁に弾性衝突するとき，x 方向を考えるとその速度成分 $v_x(i)$ が x 軸に垂直な壁 S_x で反転し，その壁に与える力積は $\boxed{(ア)}$ と表される。分子間の衝突がなく等速運動するとすれば，i 番目の分子が同じ壁 S_x に戻ってくるまでの時間は $\boxed{(イ)}$ である。1秒間に i 番目の分子がこの壁に衝突する回数は $\boxed{(ウ)}$ であるから，壁が1秒間に i 番目の分子から受ける力積 $f(i)$ は $\boxed{(エ)}$ になる。

次に N 個の分子を考える。N 個の分子が同じ壁 S_x に衝突するので，その壁が受ける1秒間の平均の力積すなわち平均の力 F は(エ)を N 個について総和したもの $(f(1)+f(2)+f(3)+\cdots+f(N))$ になる。x 軸方向の速度成分の2乗の平均を $\langle v_x^2 \rangle$ とすると，F は $\boxed{(オ)}$ (N と $\langle v_x^2 \rangle$ などを用いなさい)と表される。圧力 P は，F と L を用いて表すと $\boxed{(カ)}$ であり，これに(オ)の式を代入すると $P=\boxed{(キ)}$ となる。箱の体積を V とすると，(キ)の式から $PV=\boxed{(ク)}$ となる。ここで分子1個の x 方向の平均運動エネルギー成分を ε_x とすると，(ク)の式から $PV=\boxed{(ケ)}$ (N と ε_x を用いなさい)と表すこともできる。

(ケ)の式は y および z 方向についても成り立つので，y および z 方向の平均運動エネルギー成分をそれぞれ ε_y および ε_z として x，y，z の各成分を加え合わせると，$3PV=\boxed{(コ)}$ である。ここで，$\varepsilon_x+\varepsilon_y+\varepsilon_z=\varepsilon$ とすると，(コ)の式から $PV=\boxed{(サ)}$ (N と ε を用いなさい)となり，圧力は分子1個の平均運動エネルギー ε で定まる。(サ)の式で分子の運動エネルギーの総和を E と置くと，$PV=\boxed{(シ)}$ となり，E は理想気体の内部エネルギーという。

一方，経験的なマクロな状態方程式は1モルの気体に対して，$PV=RT$

(R：気体定数，T：絶対温度)と表される。この式と(サ)の式から，$\varepsilon =$ $\boxed{\quad (ス) \quad}$
となり，R/N をボルツマン定数 k で置くと，$\varepsilon =$ $\boxed{\quad (セ) \quad}$ となる。すなわち
気体の絶対温度は分子１個の運動エネルギーに比例することになる。

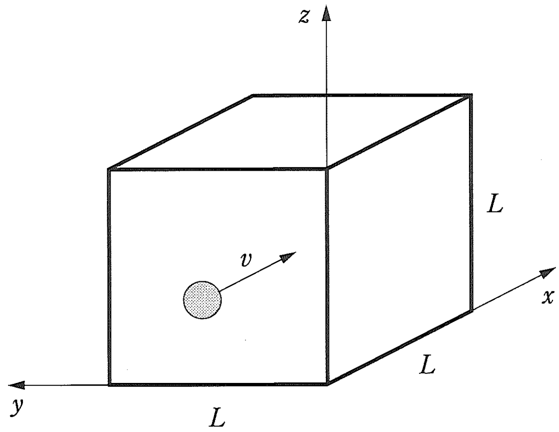

図１