

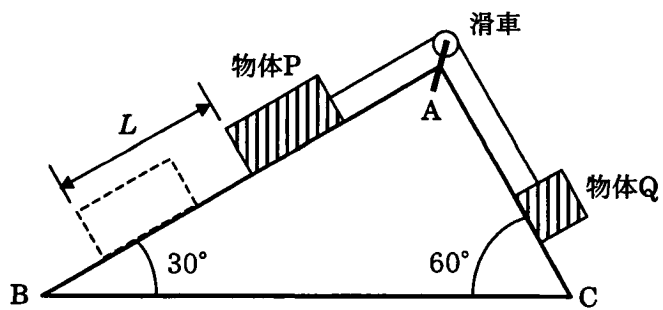
物 理

1 図のように、水平面とそれぞれ 30° 、 60° の角をなす斜面 AB、AC がある。軽い糸で質量 M_P [kg] の物体 P と質量 M_Q [kg] の物体 Q を結び、図のようになめらかな滑車にかけて、物体 P を AB 面に、物体 Q を AC 面に、糸がたるまないように置く。この時、糸はそれぞれの斜面と平行になっている。また、AB 面はあらい面となっており、物体 P との間の静止摩擦係数は μ 、動摩擦係数は μ' である。一方、AC 面はなめらかな面となっている。以下の文章中の に適切な数式を入れなさい。なお重力加速度を g [m/s²] とする。

問 1 物体 P が AB 面上で滑車の方向にすべり始めないための条件は、 $M_P \geq$ M_Q である。また、この時の糸が引く力は [N] である。

問 2 物体 P が AB 面上で滑車と反対方向にすべり始めないための条件は、 $M_P \leq$ M_Q である。

問 3 物体 P が静止している状態の時、突然糸が切れ、物体 P は AB 面上で滑車と反対方向に静かにすべり始めた。このすべっている時の物体 P の加速度は、滑車と反対方向を正とした場合 [m/s²] である。また、物体 P がすべり始めてから、斜面に沿って L [m] すべった時の物体 P の速さは [m/s] である。



2 最近二酸化炭素濃度などの増大により、大気の温暖化が問題となっている。一方、比熱の大きい海水による冷却作用もあり、大気の温暖化について簡単なモデルで考察した。以下の問に答えよ。問4以外は解答欄には解答の基礎となる式とその式から求まる解答の両方を記述すること。

問1 大気の熱容量を推算するため、地面で測定した大気圧を利用することを考えた。図1のように片側が閉じた断面が 1 cm^2 の十分に長いガラス管の中を真空にして水銀の中に立てると、比重が 13.6 (1 cm^3 の質量が 13.6 g)の水銀は 76 cm の高さ(h_1)までガラス管の中を上がった。同じ実験を比重が 1.0 の水を用いて行った場合、水がガラス管の中を上がる高さ h_1 を推定せよ。

問2 大気の比熱を $1.4\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ あるいは $0.33\text{ cal}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とし、問1の結果から面積 1 cm^2 の地面あるいは海面上にある大気の熱容量を推定せよ。実際の大気の空間分布に関連する問題は無視してよい。

問3 今図2のように面積 1 cm^2 の海面上にある大気の熱容量を比熱が $4.2\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ あるいは $1.0\text{ cal}/(\text{g}\cdot\text{K})$ の海水に換算すると、その海水の厚さ(h_2)はどれくらいになるか。ここで海水の比重は 1.0 とする。

問4 問3の結果では、大気の比熱を $1.4\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ と仮定した場合と、 $0.33\text{ cal}/(\text{g}\cdot\text{K})$ と仮定した場合では少し異なる h_2 の値が得られる。異なる値となる理由を計算式を用いて説明せよ。

問5 仮に図2の大気全体が温暖化で 10°C 昇温したとする。問3の結果を利用して、この大気の昇温を 100 m までの深さの海水が冷却して大気が温暖化前の温度に戻る場合、海洋の 100 m までの深さの水温の上昇を求めよ。海水の比熱は $4.2\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ あるいは $1.0\text{ cal}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とする。ここで海洋の水深 100 m までの水溫は一定と仮定し、陸地の存在は考えず空気と海洋のみが接した場合を考える。実際には温暖化するのは大気のすべてではないが、ここではその影響は無視する。

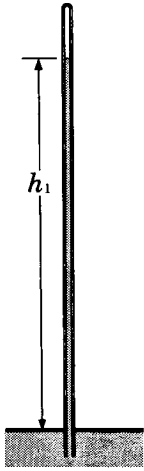


图1

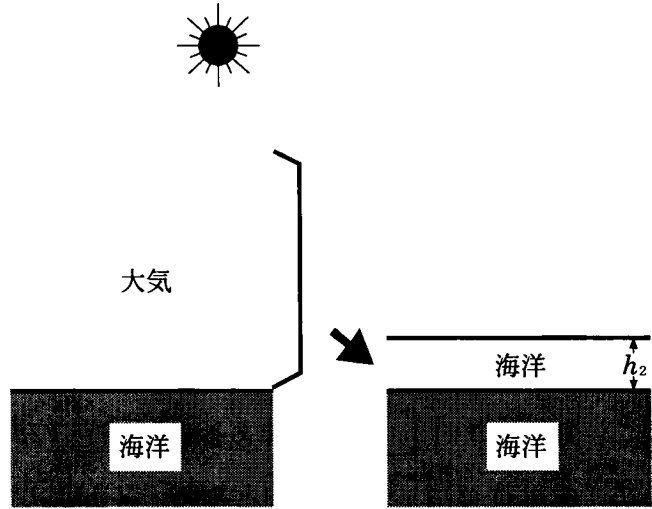


图2

3 物理量の把握に単位は重要である。また、同じ物理量でもいろいろな単位の表
 わし方がある。以下でそのような例を考えてみよう。次の にはいる適
 切な一つの単位を解答群から選び、ア、イ、ウ、…の記号で答えなさい。必要な
 らば、同じ記号を二度以上使ってもよい。また、問5と問9に答えなさい。

問1 静電気力 F , 電荷 q , 電界の強さ E の間には、
 $E = F/q$ の関係がある。これより E の単位は / とな
 る。一方、一様な電界の中で、電界の方向に距離 d [m] だけ離れた2点間の
 電位差が V であるとき、 $E = V/d$ の関係がある。これより E
 の単位は /m となる。以上より、 E の単位は /
 = /m である。

問2 一定の電流 I [A] が時間 t [s] だけ流れたとき、運ばれる電荷
 q は $q = It$ である。

問3 R [Ω] の抵抗に一定の電圧 V [V] を与えて、電流 I [A] を時間 t [s] だけ流し
 たとき、抵抗における発熱量 Q は $Q = Vit$ である。また電流
 がした仕事、すなわち電力量 W は $W = Vit$ である。

問4 物体に力 F [N] を加えて力の方向に距離 d [m] だけ動かしたとき、力がし
 た仕事 W は $W = Fd$ である。

問5 問2～4を用いて、問1の / = /m を
 証明しなさい。

問 6 自己インダクタンス L [] のコイルに一定の電流 I [A] を流したとき、コイルにたまっている磁界のエネルギー E [] は $E = (1/2)LI^2$ である。 $(1/2)LI^2$ の単位は [] $\cdot A^2$ であるから、
 [] = [] $\cdot A^2$ となる。

問 7 周波数を f とすると、コイルのリアクタンス X [] は $X = 2\pi fL$ である。 f の単位は [] であるが、 $[1 / \text{}]$ とも表わされるので、
 [] = [] / [] となる。

問 8 R [Ω] の抵抗に一定の電圧 V [V] を与えて、電流 I [A] を流したとき、電流がした仕事の仕事率、すなわち電力 P は $P = I^2 R$ である。 P の単位は [] であるが、 $[\text{} / \text{}]$ とも表わされるので、
 [] / [] = $[A^2 \cdot \Omega]$ となる。

問 9 問 7 と問 8 を用いて、問 6 の [] = [] $\cdot A^2$ を証明しなさい。

解答群

- | | | | | |
|-------------|-------|------|-------|-------|
| ア. m | イ. kg | ウ. s | エ. A | オ. N |
| カ. J | キ. W | ク. V | ケ. C | コ. Wb |
| サ. Ω | シ. F | ス. H | セ. Hz | ソ. K |

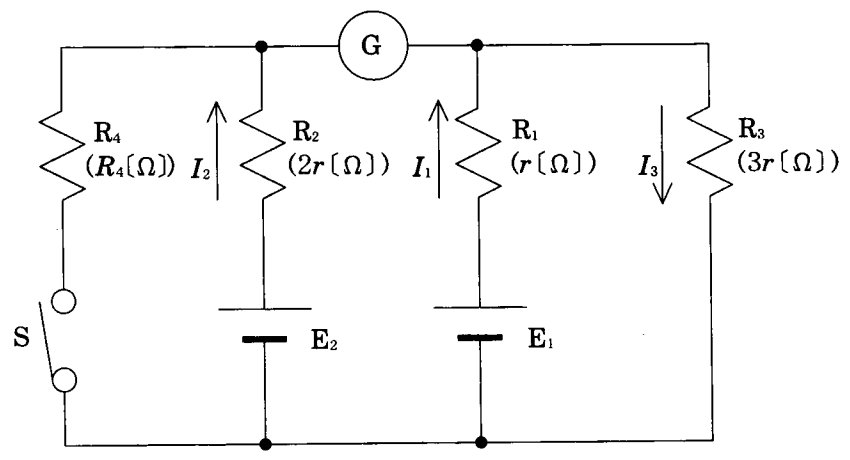
4 図の回路で、 E_1 、 E_2 はそれぞれ内部抵抗の無視できる起電力 E_1 [V]、 E_2 [V] の電池、 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 はそれぞれ抵抗値 r [Ω]、 $2r$ [Ω]、 $3r$ [Ω]、 R_4 [Ω] の抵抗、 S はスイッチ、そして G は内部抵抗の無視できる検流計である。

問 1 スイッチ S が開かれているとき、 R_1 、 R_2 、 R_3 を図の矢印の向きに流れる電流 I_1 [A]、 I_2 [A]、 I_3 [A]の値を r 、 E_1 、 E_2 を用いて表せ。

$I_1 =$ [A]
 $I_2 =$ [A]
 $I_3 =$ [A]

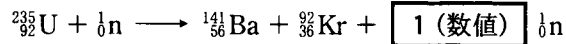
問 2 $E_2 = 2E_1$ であるとき、スイッチ S を閉じて検流計 G には電流が流れなかった。このときの R_4 の値を r を用いて表せ。

$R_4 =$ [Ω]



5 核分裂反応に関する次の文章を読み、下の問1～問3に答えよ。計算には設問の後に記載した値を用いること。

^{235}U の原子核に熱運動の速さくらいの中性子を当てると、原子核は質量数140前後と95前後の2つの原子核に分裂し、数個の高速中性子を放出する。このときの核反応は様々であるが、次式はその一例を示している。



この核分裂における質量欠損は $\boxed{2 \text{ (数値)}}$ [u]で、約 $\boxed{3 \text{ (数値)}}$ Jのエネルギーが放出される。この核分裂で放出される核エネルギーは、核分裂生成物である ^{141}Ba 原子核、 ^{92}Kr 原子核、中性子の $\boxed{4 \text{ (語句)}}$ と γ 線のエネルギーなどになり、その大部分は最終的には熱になる。一回の核反応で放出されるエネルギーは、化学反応の場合に比べるとけた違いに大きい。しかし、そのエネルギーを実用として使うためには、多くの原子核を次々と反応させる必要がある。 ^{235}U の核分裂では反応の後に中性子が出てくるので、その中性子がまた別の ^{235}U 原子核に当たれば核分裂がつづけて起こることになる。これを核分裂の $\boxed{5 \text{ (語句)}}$ という。核分裂は $\boxed{6 \text{ (語句)}}$ 過剰な重い原子核で起こるので、分裂してできた原子核はたいてい $\boxed{6 \text{ (語句)}}$ 過剰な不安定な放射性同位体で、平均3回ぐらい崩壊する。このため、核分裂によって生じた物質は放射能が強い。

問 1 本文中の $\boxed{1}$ ~ $\boxed{6}$ に適当な数値・語句を記入せよ。数値は有効数字 3 桁で記せ。

問 2 質量 1.0 kg の 3 % 濃縮 ^{235}U 燃料がすべて核分裂して得られるエネルギーは何 J か。結果は有効数字 2 桁で記せ。

問 3 問 2 で求めたエネルギーを、石油を燃やして得るには、何 kg の石油が必要か。ただし、石油 1.0 kg を燃やすときに発生する熱は 1.0×10^4 kcal とする。結果は有効数字 2 桁で記せ。

$1 \text{ u} = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$, 光速 $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$, $1 \text{ cal} = 4.19 \text{ J}$, 各原子核と中性子の質量は下記の値を用いて計算せよ。

$^{235}_{92}\text{U}$	—	235.044 u
$^{141}_{56}\text{Ba}$	—	140.914 u
$^{92}_{36}\text{Kr}$	—	91.897 u
^1_0n	—	1.009 u