山口大学　前期

平成27年度　　入学者選抜学力検査問題

理　　科

注　意　事　項

1　試験開始の合図があるまで，問題冊子及び解答用紙の中を見てはいけません。

2　出題科目，ページ及び解答用紙の枚数は，下表のとおりです。

出題科目	ページ	解答用紙枚数
物　理	1 ～ 12	4
化　学	13 ～ 22	5
生　物	23 ～ 34	5
地　学	35 ～ 44	5

3　試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び解答用紙の枚数の過不足や汚れ等に気がついた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。

4　試験開始後，すべての解答用紙に受験番号，志望学部及び氏名を記入してください。受験番号の記入欄はそれぞれ2箇所あります。

5　解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入してください。

6　問題冊子の余白は適宜使用してください。

7　各問題の配点は100点満点としたときのものです。

8　試験終了後，問題冊子は持ち帰ってください。

物　　理

1　以下の説明文を読み，後の問いに答えなさい。(配点 25)

図 1 のように滑らかな斜面と粗い水平面が点 O で滑らかに接続している。斜面上の点では，点 O からの水平方向の距離 l〔m〕と高さ h〔m〕の関係が定数 a〔/m〕(ただし $a > 0$)を用いて

$$h = al^2$$

で表されるとする。高さ h_A〔m〕の斜面上の点 A で静止させていた質量 m〔kg〕の物体を静かに離したところ，物体は斜面に沿って動き始め，斜面上の点 B，点 O，水平面上の点 C の順に通過し，点 D で停止した。水平面と物体の間の動摩擦係数を μ'，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。ただし，物体に作用する空気抵抗は無視できるものとし，斜面と物体の間には摩擦力は働かないものとする。

問 1　点 B から点 O までの水平方向の距離を L_B〔m〕とする。物体が点 B を通過するときの速さ v_B〔m/s〕を a，h_A，L_B，g を用いて表しなさい。

問 2　点 O から点 D までの距離 L_D〔m〕を m，h_A，μ'，g のうち必要なものを用いて表しなさい。

問 3　物体が停止するまでに摩擦力が物体にした仕事を m，μ'，g，L_D を用いて表しなさい。

点Oには小球を打ち上げる装置があらかじめ設置されている。物体が点Oを通過した瞬間に，点Oから質量 m_b〔kg〕の小球を速さ v_b〔m/s〕で鉛直上向きに打ち上げた。物体が点Oを通過するときの時刻を $t=0$〔s〕とする。ただし，小球に作用する空気抵抗は無視できるものとし，物体は小球および打ち上げ装置と衝突しないものとする。

問 4　物体が点Oを通過するときの速さを v_O〔m/s〕，物体が点Cを通過する時刻を $t=t_C$〔s〕とする。点Oから点Cまでの距離 L_C〔m〕を v_O, t_C, μ', g を用いて表しなさい。

問 5　物体が点Cにあるとき，物体の位置からは小球が水平面から角度 θ_C 上方に見えた。$\tan\theta_C$ を L_C, v_b, t_C, g を用いて表しなさい。

問 6　物体が点Oを通過してから点Dで停止するまでの間，物体の位置からは小球が水平面から常に一定の角度上方に見えた。小球を打ち上げた速さ v_b を m, m_b, h_A, μ', g の中から必要なものを用いて表しなさい。

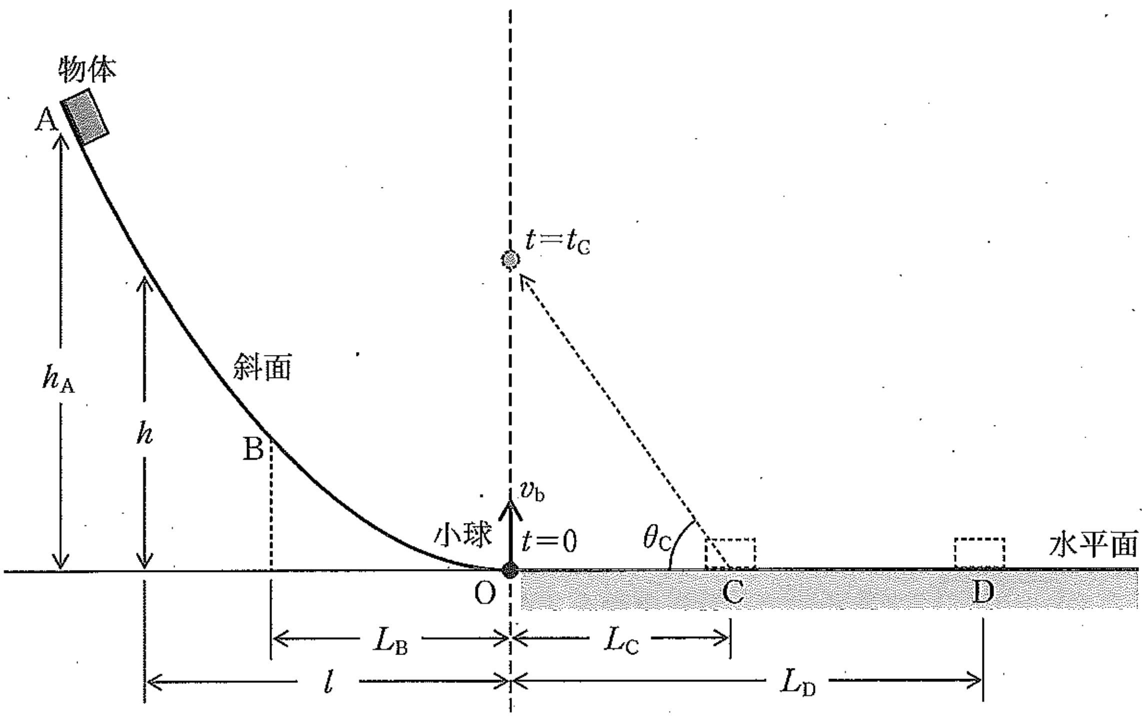

図 1

2 以下の空欄に適切な文字や数値を入れなさい。なお，同じ記号の空欄には同じ文字や数値が入る。(配点 25)

帯電した 2 つの粒子は互いに力を及ぼしあう。その力を $\boxed{\text{ア}}$ とよぶ。この力の大きさを，各粒子の電気量 q_1〔C〕, q_2〔C〕，粒子間の距離 r〔m〕，および比例定数 k を用いて表すと $F = \boxed{\text{イ}}$〔N〕である。この比例定数 k の単位を〔m〕，〔N〕，〔C〕を用いて表すと〔 $\boxed{\text{ウ}}$ 〕であり，その真空中での値 k_0 は $k_0 = 9.0 \times 10^9$〔 $\boxed{\text{ウ}}$ 〕である。このように電荷が $\boxed{\text{ア}}$ を及ぼし合う現象は，一方の電荷が周囲の電荷に力を及ぼす空間を作り，もう一方がこの空間から力を受ける現象と考えることができる。この空間のことを電場(電界)とよぶ。電場は強さと向きを持つベクトル $\vec{E}$ で表される。電場の強さの単位を〔N〕，〔V〕，〔C〕のうち必要なものを用いて表すと〔 $\boxed{\text{エ}}$ 〕であり，q〔C〕の電荷が電場 $\vec{E}$ から受ける力 $\vec{F}$ は $\vec{F} = \boxed{\text{オ}}$〔N〕である。

一様な電場中の位置 A に q〔C〕の電荷がある。位置 A から電場の向きに沿って距離 d〔m〕進んだ位置を B とする。この電荷が A から B まで進む間に電場からされる仕事は，電場の強さを E〔 $\boxed{\text{エ}}$ 〕とおくと $\boxed{\text{カ}}$〔J〕である。よって，位置 B の電気的な位置エネルギーを 0 J とすると，位置 A の位置エネルギーは $\boxed{\text{キ}}$〔J〕となる。また，1 C あたりの電気的な位置エネルギーを電位という。位置 B を基準とした位置 A の電位を表すと $V = \boxed{\text{ク}}$〔V〕である。この式より，電場の強さの単位を〔N〕，〔V〕，〔m〕より必要なものを用いると〔 $\boxed{\text{ケ}}$ 〕と表すことができる。

長さ l〔m〕，断面積 S〔m^2〕の導線の両端に起電力が V〔V〕の電池を接続して回路を作る。電池の内部抵抗は無視できるものとする。導線内部の自由電子は電場からの力を受けて加速される。一方で自由電子には速度に比例する抵抗力が運動方向と逆向きに作用する。したがって，自由電子は電場による力と抵抗力がつりあうような速さ v〔m/s〕で運動する。導線内部に生じる電場の強さは $E = \boxed{\text{コ}}$〔 $\boxed{\text{ケ}}$ 〕であるので，電気素量を e〔C〕とすると，自由電子が電場から受ける力の大きさは $\boxed{\text{サ}}$〔N〕である。自由電子が受ける抵抗力の大きさは比例定数を μ〔kg/s〕とおくと $\mu v = \boxed{\text{サ}}$ となるので

$$v = \boxed{\quad シ \quad}\ 〔\mathrm{m/s}〕\cdots(1)$$

が得られる。導線の単位体積あたりに存在する自由電子の数をn〔個 /m^3〕とすると，導線の断面を単位時間に通過する自由電子の個数は体積Svに含まれる自由電子の個数と等しいので $\boxed{\quad ス \quad}$ 〔個 /s〕である。したがって，導線を流れる電流をn, S, e, vを用いて表すと

$$I = \boxed{\quad セ \quad}\ 〔\mathrm{A}〕\cdots(2)$$

である。銅の場合，単位体積あたりの自由電子の数は$n = 8.5 \times 10^{28}$〔個 /m^3〕である。断面積$S = 1.0 \times 10^{-6}$〔m^2〕の導線に 1.0 A の電流が流れているとき，電気素量を$e = 1.6 \times 10^{-19}$〔C〕として自由電子の速さを求めると$v =$ $\boxed{\quad ソ \quad}$ 〔m/s〕となる。

(1)式と(2)式よりIとVの関係式を導くと$I =$ $\boxed{\quad タ \quad}$ 〔A〕となるので，導線の抵抗を$R =$ $\boxed{\quad チ \quad}$ 〔Ω〕とおくとオームの法則が得られる。導線全体を移動している自由電子の個数をn, S, lを用いて表すと $\boxed{\quad ツ \quad}$ であり，これらの電子が電場から受ける仕事率（1秒間あたりに受ける仕事）の総量P〔W〕をn, S, e, v, Vを用いて表すと

$$P = \boxed{\quad テ \quad}\cdots(3)$$

である。(3)式に(2)式を代入すると$P =$ $\boxed{\quad ト \quad}$ が得られる。この式は，導線を移動する電子が電場から受ける仕事がジュール熱と等しいことを示している。

3 以下の説明文を読み，後の問いに答えなさい。（配点 25）

I．図 1 のように，音源 S が等速円運動をし，観測者はこの円と同一平面上で円の外側に静止している。ドップラー効果によって観測者が観測する音の振動数は時間変化し，その最大値は f_1〔Hz〕，最小値は f_2〔Hz〕であった。音速を V〔m/s〕とする。

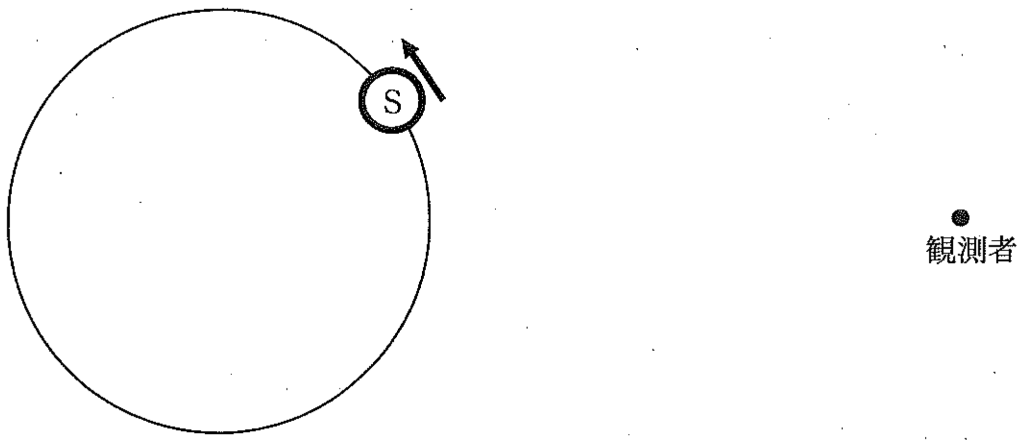

図 1

問 1　音源の振動数を f〔Hz〕，速さを v_S〔m/s〕とする。ただし，$v_S < V$ であるとする。f_1 と f_2 を f，v_S，V で表しなさい。

問 2　問 1 の方程式を解いて，f と v_S を f_1，f_2，V で表しなさい。

Ⅱ．光にもドップラー効果が起こる。一般に，観測者に対する光源の速度の観測者に向かう方向の成分を v〔m/s〕，光速を c〔m/s〕，光源の振動数を f〔Hz〕，観測者の観測する振動数を f'〔Hz〕とすると，$|v|$が c に対して十分小さいとき，次の近似式が成り立つ。

$$f' = \left(1 + \frac{v}{c}\right) f \cdots (1)$$

光のドップラー効果を使うと，ある天体の質量をその周りを公転する天体の観測から推定することができる。このことを図2のように考える。観測者を含む平面上で天体Sが軌道半径 R〔m〕の等速円運動をし，単一の振動数の光を発しているとする。観測者が観測する光の振動数は時間変化し，その最大値は f_1〔Hz〕，最小値は f_2〔Hz〕，時間変化の周期は T〔s〕であった。万有引力定数を G〔$\mathrm{Nm^2/kg^2}$〕として，以下の問いに答えなさい。

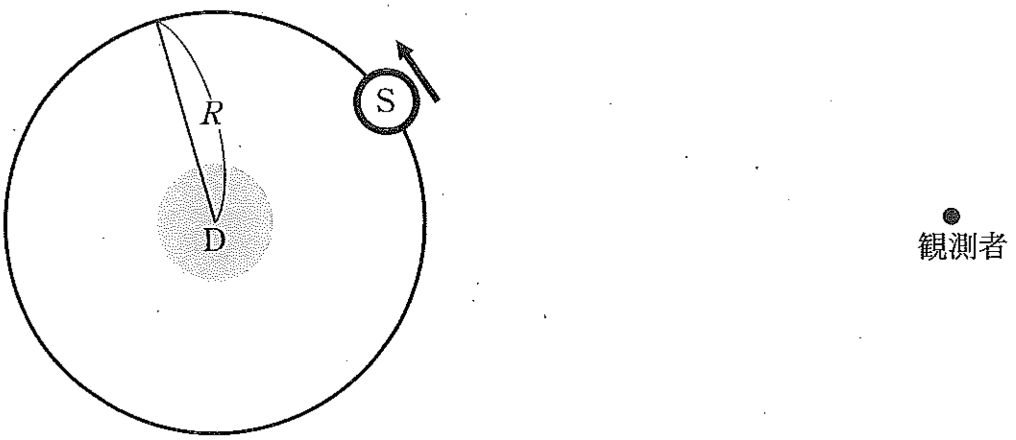

図2

問 3　(1)式を利用して天体Sの速さ v_S〔m/s〕を計算し，f_1, f_2, c で表しなさい。

問 4　天体Sの軌道半径 R を計算し，T, f_1, f_2, c で表しなさい。

問 5　天体Sの軌道中心には，Sに比べて非常に質量の大きい天体Dが存在する。天体Dの質量 M〔kg〕を計算し，T, f_1, f_2, c, G で表しなさい。

4 次の選択問題Aと選択問題Bのうち，**一方のみを選択**して解答しなさい。どちらを選択するか，**解答用紙の確認欄に○を記入**しなさい。なお，選択の確認ができない場合は採点をしません。（配点 25）

選択問題A　以下の文章は，単原子分子理想気体についての分子の熱運動に関する記述である。これを読み，後の問いに答えなさい。

図1のように直方体の箱の中に質量 m〔kg〕の分子 N 個が閉じ込められている。このとき，各分子の回転運動は無視できるとする。直方体の直交する3辺に平行に x 軸，y 軸，z 軸をとり，x 軸に平行な辺の長さを L〔m〕，x 軸に垂直な壁の面積を S〔m^2〕とする。

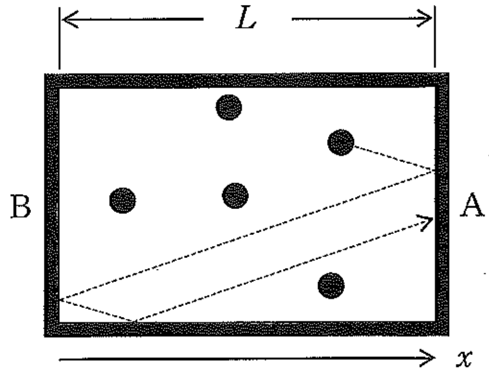

図1

箱の中の分子と壁との衝突は弾性衝突であり，すべての壁が静止しているとする。分子どうしの衝突も弾性衝突とするが，その頻度は少なく以下の計算では無視できるものとする。x 軸に垂直な壁のうち，x の正の方向にある方を壁Aとする。

$\boxed{\qquad\qquad ア \qquad\qquad}$ ある分子が壁Aに衝突するときその速度の x 成分は，衝突直前に v_x〔m/s〕であったとすれば衝突直後に $-v_x$ となり，Aの反対側にある壁Bに衝突した直後に再び v_x となる（$v_x > 0$）。この分子が壁Aに衝突してから再び壁Aに衝突するまでの時間 Δt〔s〕は，$\Delta t = \boxed{\;イ\;}$〔s〕であり，壁Aへの衝突1回で壁Aに与える力積の x 成分は $\boxed{\;ウ\;}$〔Ns〕である。分子の衝突がある時間内に頻繁におこるとき，壁に作用する力の平均は，分子が壁に与えた力積の合計をその時間で割ることにより求められる。速度の x 成分 v_x の分子1個が時間間隔 Δt で壁Aに衝突して与える力の平均 $\vec{f}$〔N〕の大きさを f〔N〕

とすれば$f=\dfrac{mv_x{}^2}{L}$となる。N個の分子についての$v_x{}^2$の平均を$\overline{v_x{}^2}$で表せば，N個の分子すべてが壁Aに与える力の平均$\vec{F}$〔N〕の大きさは，$F=N\dfrac{m\overline{v_x{}^2}}{L}$〔N〕となる。このことから，箱の中の気体の圧力$P$〔Pa〕と体積$V$〔$m^3$〕の関係は次のようになる。

$$P=\frac{F}{S}=N\frac{m\overline{v_x{}^2}}{LS}=N\frac{m\overline{v_x{}^2}}{V}$$

分子の運動する方向が無秩序であれば，速度のy成分v_y〔m/s〕とz成分v_z〔m/s〕について$\overline{v_x{}^2}=\overline{v_y{}^2}=\overline{v_z{}^2}$が成り立つと考えられ，速さ$v$〔m/s〕の2乗の平均は$\overline{v^2}=\overline{v_x{}^2}+\overline{v_y{}^2}+\overline{v_z{}^2}=3\overline{v_x{}^2}$である。ここで，

$$U=\frac{Nm\overline{v^2}}{2}=\frac{3\,Nm\overline{v_x{}^2}}{2}\cdots(1)$$

で表されるU〔J〕を用いると，$U=\dfrac{3}{2}PV$となる。

温度T〔K〕，圧力P，体積Vの理想気体の状態方程式は，ボルツマン定数k〔J/K〕，気体の分子数Nを用いると $\boxed{\text{エ}}$ と表すことができる。これより，分子1個あたりの運動エネルギーの平均値E〔J〕は温度Tを用いると$E=$ $\boxed{\text{オ}}$ と表すことができる。

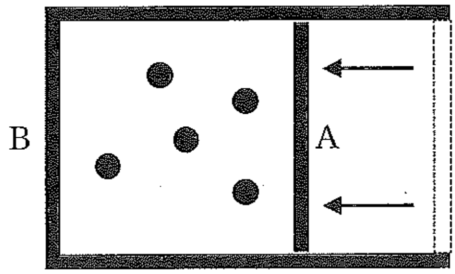

図2

次に，図2のように壁Aのみを一定の速度で少しずつ壁Bに近づけ，気体を圧縮した。実際には気体分子どうしの衝突がおこるので，$\overline{v_x{}^2}=\overline{v_y{}^2}=\overline{v_z{}^2}$が常に成り立っているとする。壁Aと分子の弾性衝突により，壁Aの運動エネルギーの一部が分子に与えられる。しかし，外部からの力により壁Aは一定の速度に保たれる。この外部からの力のした仕事は， $\boxed{\text{カ}}$ 。気体の状態のこのような変化は $\boxed{\text{キ}}$ である。

問 1 $\boxed{\quad\quad\quad ア \quad\quad\quad}$ の箇所に説明をいくつか追加したい。次の記述のうち，追加の説明として適切なものに○，不適切なものに×をつけなさい。

(a) 壁に衝突する分子には，その壁に平行な力は働かないとする。

(b) 壁に衝突する分子には，その壁に垂直な力は働かないとする。

(c) 壁 A との衝突では運動量の保存が成り立ち，分子の運動量は変化しない。

(d) 壁 A との衝突では，分子に与えられる力積の y, z 成分がゼロであるため，分子の運動量の y, z 成分は変化しない。

(e) 分子の運動エネルギーは静止している壁との弾性衝突により変化しない。

問 2 文中の空欄 $\boxed{\quad イ \quad}$ と $\boxed{\quad ウ \quad}$ を埋めるのに適切な式を書きなさい。

問 3 (1)式で表される U は何に相当すると考えられるか。次の(a)〜(d)のうち該当するものすべてに○，そうでないものには×をつけなさい。

(a) 気体の内部エネルギー

(b) 分子の運動エネルギーの総和

(c) 気体定数

(d) 分子の運動量の総和

問 4 $\boxed{\quad エ \quad}$ と $\boxed{\quad オ \quad}$ を埋める適切な式を書きなさい。

問 5 $\boxed{\quad カ \quad}$ の枠に入る語句として適切なものを次の(a)〜(c)の中から選び，記号で答えなさい。

(a) この圧縮ではゼロである

(b) U の増加と等しくなる

(c) 壁 B に対して気体分子がする仕事に等しくなる

問 6 $\boxed{\quad キ \quad}$ に入る語として適切なものを次の(a)〜(d)の中から選び，記号で答えなさい。

(a) 等温変化

(b) 断熱変化

(c) 定圧変化

(d) 定積変化

選択問題Ｂ　以下の文章の空欄に適切な語句，式，または数値を記入しなさい。

原子核を構成する陽子や中性子は素粒子ではなく，それぞれ3つの $\boxed{\text{ア}}$ から構成されると考えられている。陽子は2つのu $\boxed{\text{ア}}$ と1つのd $\boxed{\text{ア}}$ から構成され，uudと表される。一方，中性子の構成は $\boxed{\text{イ}}$ と表される。

$\boxed{\text{ア}}$ 間には4種類の力が働くが，このうち β 崩壊を引き起こす力を $\boxed{\text{ウ}}$ ，核力のもとになる力を $\boxed{\text{エ}}$ という。

原子核の質量は，ばらばらの状態にある核子の質量の総和より小さい。この質量差 Δm〔kg〕を $\boxed{\text{オ}}$ という。例えば，陽子の質量を m_p〔kg〕，中性子の質量を m_n〔kg〕，重水素 ${}^2_1\mathrm{H}$ の質量を m_D〔kg〕，光速を c〔m/s〕とすると，${}^2_1\mathrm{H}$ の Δm は $\Delta m = \boxed{\text{カ}}$ と表され，それに対応する $\boxed{\text{キ}}$ エネルギー ΔE〔J〕は $\Delta E = \Delta mc^2$ と表される。単位核子当たりの ΔE が大きい原子核ほど安定であり，また，原子核反応で生まれる大きなエネルギーは ΔE の解放によるものである。

2個以上の軽い原子核が衝突してより重い原子核ができる反応を $\boxed{\text{ク}}$ という。太陽の内部では，主に次の反応が起こっている。

$$2\,{}^1_1\mathrm{H} \rightarrow {}^2_1\mathrm{H} + e^+ + \nu + 0.4\,\mathrm{MeV}$$

$${}^2_1\mathrm{H} + {}^1_1\mathrm{H} \rightarrow {}^3_2\mathrm{He} + 5.5\,\mathrm{MeV}$$

$$2\,{}^3_2\mathrm{He} \rightarrow \boxed{\text{ケ}} + 2\,{}^1_1\mathrm{H} + 12.9\,\mathrm{MeV}$$

ここで，各反応式の1番右の項は1つの反応で放出されるエネルギーを，e^+ は陽電子を，ν はニュートリノをそれぞれ表す。重水素（${}^2_1\mathrm{H}$）やヘリウム3（${}^3_2\mathrm{He}$）は最終的に残らないので，上の3つの反応をまとめると，

$$4\,{}^1_1\mathrm{H} \rightarrow \boxed{\text{ケ}} + 2e^+ + 2\,\nu + \boxed{\text{コ}}\ \mathrm{MeV}$$

となる。この放出されるエネルギー分だけ太陽の質量は減少する。

太陽の質量の減少率は，地球が太陽から受けるエネルギー量から計算することができる。地球の受けるエネルギー量は入射する方向に垂直な単位面積当たり a〔W/m^2〕，太陽と地球の間の距離を R〔m〕とする。このとき，毎秒減少する太陽の質量は $\boxed{\text{サ}}$ 〔kg/s〕と表される。