

平成 23 年度入学者選抜学力検査問題

理 科

(医 学 部)

科	目	頁	数
物	理 I・II	2 頁	～ 6 頁
化	学 I・II	8 頁	～ 12 頁
生	物 I・II	14 頁	～ 19 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理、化学、生物の問題がのっているが、そこから二つを選択し、解答すること。

注 意 事 項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

(この頁は空白)

物 理 I・II

1 図1のように、水平面に土台となる板が置かれ、その上に n 枚の板を右にずらしながら積み重ねていく。板は一樣な薄い直方体で、質量 m [kg]、長さ l [m] である。以下、板が転倒しないための条件について考える。

図2のように、土台となる板の左端を原点とし、右向きが正の向きとなる水平な座標を設定する。 i 番目の板が下の板から受ける垂直抗力の大きさを N_i [N]、その垂直抗力の作用点の座標を x_i [m] と表す。また、 i 番目の板の重心の座標を G_i [m]、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、次の問1～問6に答えよ。

問1 図2に示したように、 i 番目の板には、

- ・重力(大きさ mg)
- ・ $i - 1$ 番目の板から受ける力(大きさ N_i)
- ・ $i + 1$ 番目の板から受ける力(大きさ N_{i+1})

が働く。 i 番目の板について、力が釣り合う条件と座標原点まわりの力のモーメントが釣り合う条件を N_i , N_{i+1} , x_i , x_{i+1} , m , g , G_i の中から必要な記号を用いて書け。ただし、 $N_{n+1} = 0$ で、 $i = 0$ 番目の板は土台の板を意味するものとする。

問2 垂直抗力の大きさ N_i を n , i , m , g を用いて表せ。

問3 力 N_{i+1} の作用点 x_{i+1} は i 番目の板の右端より左側でなければならない。このことから、 x_{i+1} と G_i の間に成り立つ不等式を、 l , G_i , x_{i+1} を用いて表せ。

問4 問1～問3の結果を整理して、 x_{i+1} の上限を表す不等式を x_{i+1} , x_i , n , i , l を用いて書け。

問5 個々の板が転倒しないように積み重ねたとき、どれだけ板を右へずらすことができるか。最も上の板について、右端の座標 X が取りうる範囲の上限を l , n を用いた級数で表せ。

問6 土台をのぞく n 枚の板全体をひとつの物体と考えて、その物体が転倒しないための条件を調べる。

- (a) n 枚の板全体の重心の座標は x_1 となる。このことを問1と問2の結果を用いて説明せよ。
- (b) n 枚の個々の板は安定に積み重ねられているとして、 n 枚の板全体が土台から転倒しないためにはどのような条件が成立すればよいか。理由を述べて説明せよ。

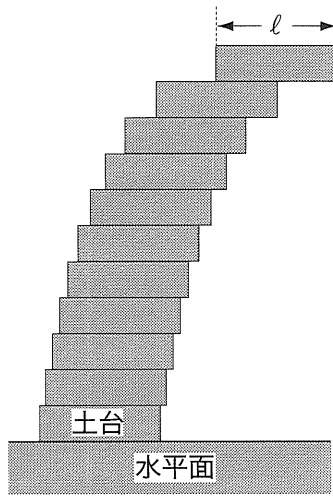


図 1

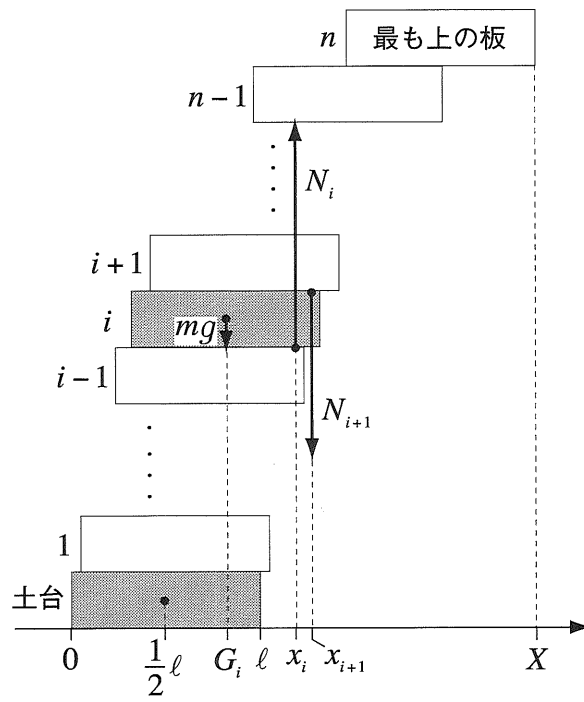


図 2

2

図1のように、 n molの単原子理想気体がA→B→C→D→Aの順に状態変化する熱機関を考える。状態A→Bおよび状態C→Dの過程は断熱変化、状態B→Cの過程は等圧変化、状態D→Aの過程は等積変化である。表1に示したように、状態Aでの温度を T_0 [K]、体積を V_0 [m³]、状態Bでの温度を $2T_0$ [K]、体積を V_1 [m³]、状態Cでの温度を $3T_0$ [K]とする。

気体定数を R [J/(mol·K)]とし、理想気体の状態方程式が成り立つものとする。また、気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ で、定圧モル比熱は $\frac{5}{2}R$ であるとして、次の問1～問6に答えよ。

問1 図2は、単原子理想気体を圧縮する場合について、等温変化と断熱変化の圧力と体積の関係を表している。気体が同じ体積変化をするとき、等温変化より断熱変化のほうが圧力の変化が大きい。図2の場合を例として、断熱変化のほうが圧力変化が大きくなる理由を述べよ。

断熱変化では、圧力 P 、体積 V の間に、定数 $\gamma (> 1)$ を用いて

$$PV^\gamma = \text{一定}$$

の関係があることが知られている。以下、断熱変化において、この関係が成立するものとする。

問2 状態Bの温度が $2T_0$ となるには $\frac{V_0}{V_1}$ にどのような条件が成り立てばよいか。 γ を用いた式で表せ。

問3 表1の

1

 ～

5

 にあてはまる式を V_1 、 T_0 、 n 、 R 、 γ の中から必要な記号を用いて表せ。

問4 外部から熱を吸収する過程、外部へ熱を放出する過程はどれか。また、それぞれの過程において出入りする熱量の大きさを γ 、 T_0 、 n 、 R の中から必要な記号を用いて表せ。

単原子理想気体の場合、断熱変化の関係において

$$PV^{5/3} = \text{一定}$$

であることが知られている。以下、 $\gamma = 5/3$ として計算せよ。

問5 状態変化A→B→C→D→Aについて、体積に対する温度変化の様子を解答用紙のグラフに描け。グラフを描くために必要な数値は、図3から小数点下1桁目まで読みとって使うこと。なお、解答用紙のグラフについて、横軸の目盛には状態Bの体積 V_1 を用い、縦軸の目盛には状態Aの温度 T_0 を用いていることに注意せよ。

問6 この熱機関の効率はどうなるか。小数点下1桁目まで求めよ。計算に必要な数値は、図3から小数点下1桁目まで読みとって使うこと。

状态	体积[m ³]	压力[Pa]	温度[K]
A	V_0	2	T_0
B	V_1	3	$2T_0$
C	1	3	$3T_0$
D	V_0	4	5

表 1

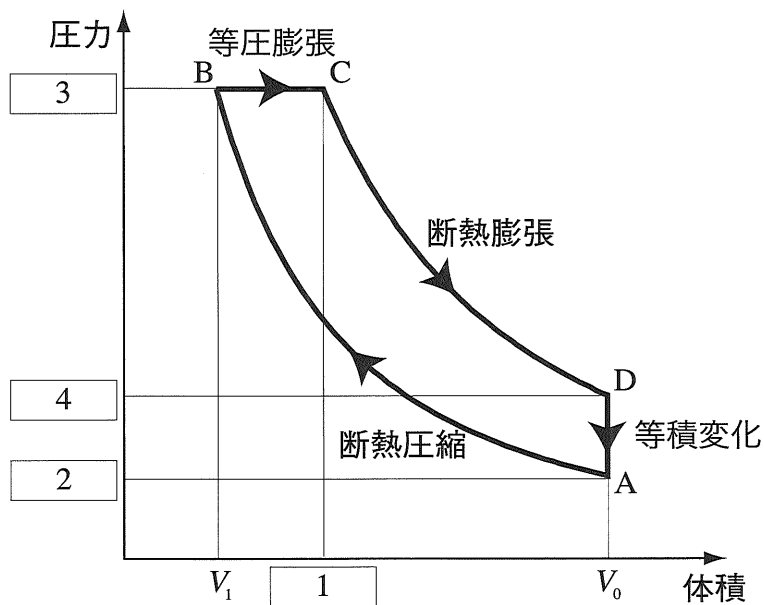


图 1

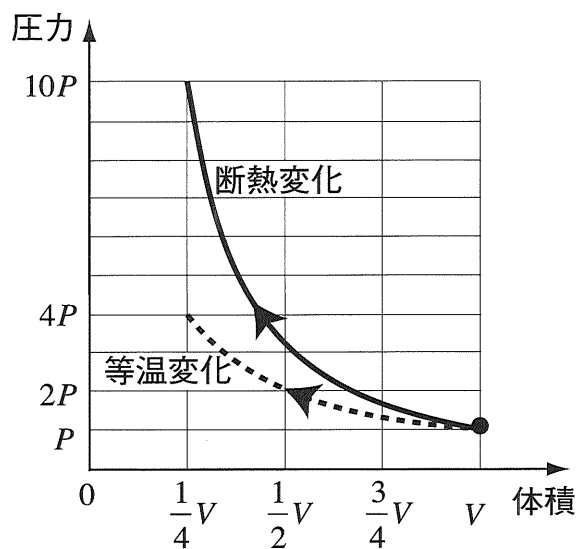


图 2

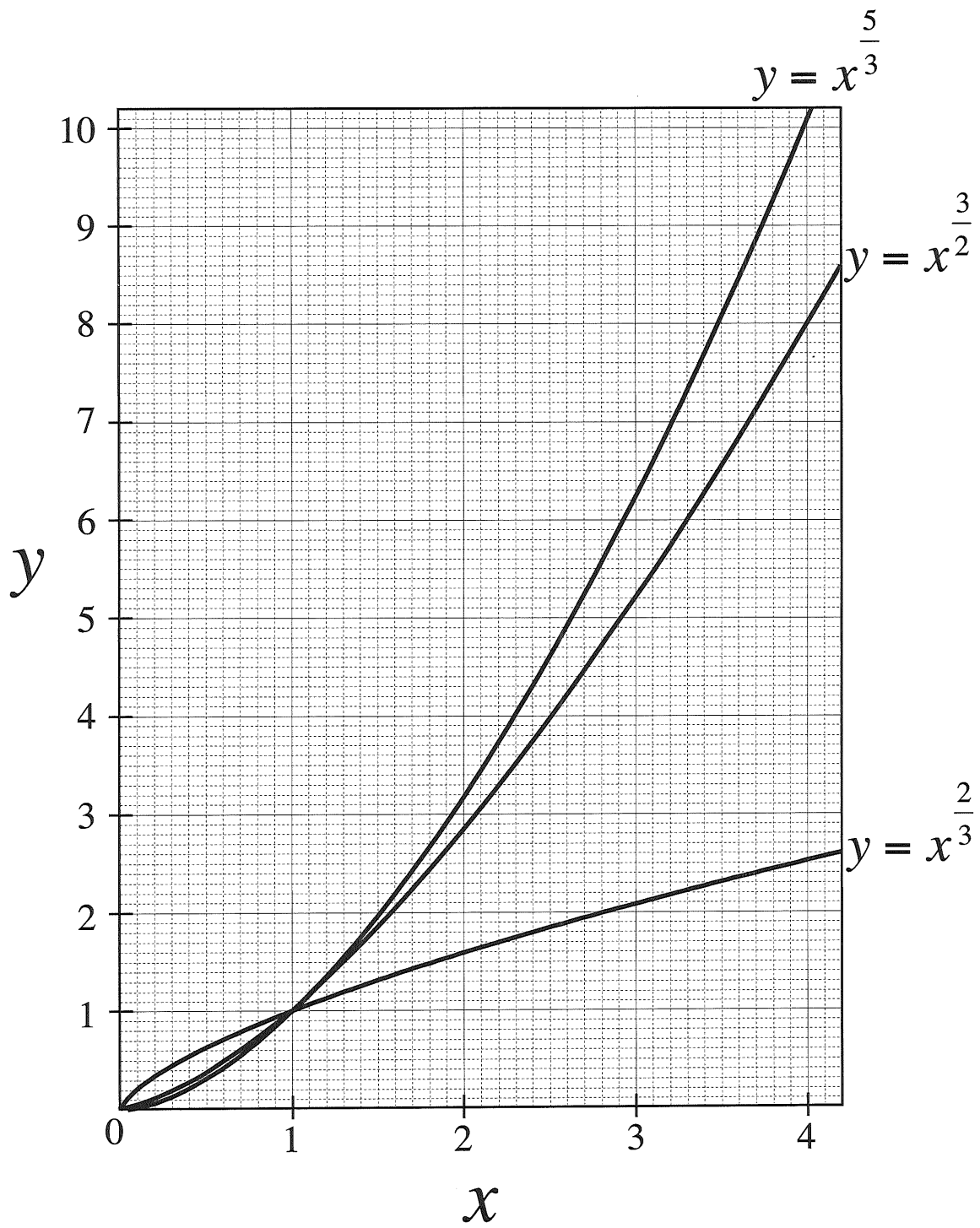


图 3

(この頁は空白)