

(平 21 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 5
化 学	6～13
生 物	14～21
地 学	22～28

・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

物 理

I 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。

(配点 25 点)

質量 m および $2m$ の2つのおもりが図1のように糸でつながれ、ばね定数 k のばねにつるされて、つり合いの位置で静止している。図2のように2つのおもりを鉛直下向きに d だけ引き下げた後、時刻 $t = 0$ で静かに離し、糸がたるまないように鉛直方向に単振動させた。重力加速度を g とし、おもりは鉛直方向にのみ運動する。ばねと糸の質量、糸の伸び、空気抵抗は無視してよい。

問 1 単振動の周期とおもりの速さの最大値を求めなさい。

問 2 変位 x をつり合いの位置から図のように測るものとする。 x の時間変化を式で表しなさい。

問 3 変位が x のときの糸の張力を求めなさい。

問 4 d を大きくしすぎると糸がたるむようになる。糸がたるむことなく2つのおもりが単振動できる d の最大値を求めなさい。

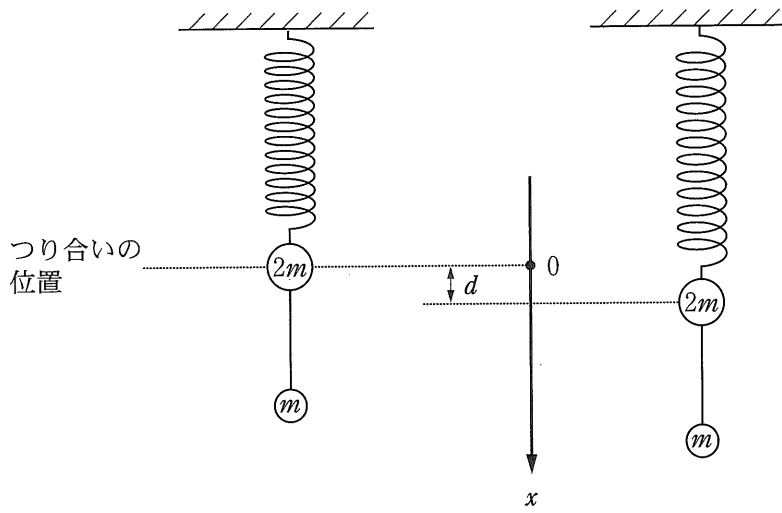


図 1

図 2

II 次の文章を読んで，問 1～4 に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。

(配点 25 点)

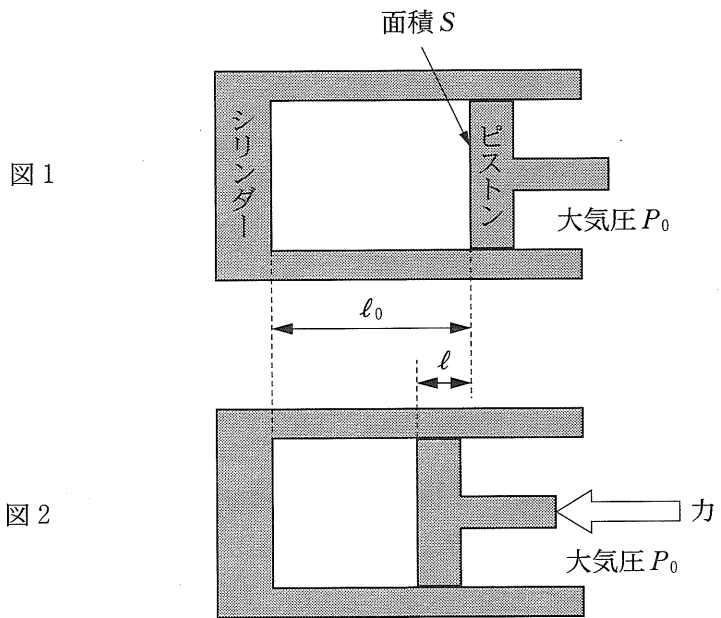
単原子分子の理想気体 n モルが，図 1 のようにシリンダーと面積 S のピストンによって封入され，大気圧 P_0 の下で静止している。ただしシリンダーとピストンは熱を通さない材質でできている。シリンダーの底面からピストンまでの長さは l_0 である。図 2 のように手でピストンに力を加え，力を徐々に大きくしてピストンを十分にゆっくり移動させた。移動量が l のとき手がピストンに加えている力は F となり，理想気体の温度は最初より ΔT 変化した。ピストンが動く際の摩擦は無視できる。また気体定数を R とする。

問 1 ピストンを移動させる前後における理想気体の内部エネルギーの変化を， ΔT を含む式で表しなさい。

問 2 熱力学第 1 法則を使って ΔT が正か負かを説明しなさい。

問 3 理想気体の状態方程式を使って ΔT を求めなさい。

問 4 手がピストンを移動させるために行った仕事を求めなさい。



Ⅲ 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。

(配点 25 点)

真空中の x - y 平面上の位置 $(a, 0)$ に電荷 $+Q$ をもつ点電荷 A を固定し、位置 $(-a, 0)$ に電荷 $+Q$ をもつ点電荷 B を固定した。ただし $a > 0$ 、 $Q > 0$ とし、重力の影響は無視できるとする。

文中に与えられた物理量の他に問題の解答に必要な物理量があれば、それを表す記号はすべて各自が定義し、解答欄に明示しなさい。

問 1 位置 $(0, 2a)$ に生じる電場ベクトル \vec{E} を求めたい。点電荷 A, B が位置 $(0, 2a)$ につくる電場をそれぞれ \vec{E}_A , \vec{E}_B とし、解答欄のグラフに \vec{E}_A , \vec{E}_B および \vec{E} の関係をベクトルで図示しなさい。また \vec{E}_A , \vec{E}_B および \vec{E} の大きさを求めなさい。

問 2 位置 $(0, 2a)$ での電位を求めなさい。ただし電位の基準点は無限遠にとるものとする。

問 3 さらに電荷 $-e$ ($e > 0$) をもつ電子を位置 $(0, 0)$ に置いた。電子を位置 $(0, 0)$ から、位置 $(0, 2a)$ までゆっくり動かすために必要な仕事を求めなさい。

問 4 つぎに問 3 の電子を位置 $(0, b)$ において固定した。ただし $b > 0$ とする。 b が a に比べて十分小さいとき、電子に働く力が b に比例することを示しなさい。必要があれば b が a に比べて十分小さいときに成り立つ式 $a^2 + b^2 \doteq a^2$ を用いなさい。また、電子を静かに離すとどのような運動をするか説明しなさい。ただし、電子は y 軸方向にのみ運動する。