広島大学

令和 4 年度　広島大学光り輝き入試
総合型選抜Ⅱ型

解答例

工学部　第一類
（機械・輸送・材料・エネルギー系）

科目名：筆記試験

　解答の公表に当たって，一義的な解答が示せない記述式の問題等については，「出題の意図又は複数の若しくは標準的な解答例等」を公表することとしています。

　また，記述式の問題以外の問題についても，標準的な解答例として正答の一つを示している場合があります。

公開用解答例

問題１

（１）小球Ａの速度をv，Ｂの速度をVとする。点Ｏは小球Ａ，Ｂとばねがなす系の重心である。

運動量保存の式から　$mv + MV = 0$

力学的エネルギー保存の式から　$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}ka^2$

但し，xはばねの自然長からの伸び（縮み）である。

小球の速度が最大になるのは，$x = 0$の時であるから，小球Ａ，Ｂの最大速度をそれぞれv_{max}，V_{max}とすると，$\frac{1}{2}mv_{max}{}^2 + \frac{1}{2}MV_{max}{}^2 = \frac{1}{2}ka^2$　となる。

これらを解いて　$v_{max} = \sqrt{\frac{M}{m+M}}\sqrt{\frac{k}{m}}a$，　$V_{max} = \sqrt{\frac{m}{m+M}}\sqrt{\frac{k}{M}}a$　となる。

（２）小球Ａ，Ｂについて，ばねが自然長の状態からの変位をそれぞれx_A, x_Bとし，加速度をa_A, a_Bとする。このとき小球Ａ，Ｂの運動方程式は　$ma_A = -k(x_A - x_B)$, $Ma_B = k(x_A - x_B)$　となる。

ここで，$\Delta x = x_A - x_B$, $\Delta a = a_A - a_B$　として２式の差を取ると　$\Delta a = -k\left(\frac{1}{m} + \frac{1}{M}\right)\Delta x$　となる。

一方，小球Ａ，Ｂとばねのなす系は単振動するので，単振動の角振動数をωとすると，$\Delta a = -\omega^2\Delta x$となる。以上から　$-\omega^2\Delta x = -k\left(\frac{1}{m} + \frac{1}{M}\right)\Delta x$ となり，角振動数ωは　$\omega = \sqrt{\frac{k(m+M)}{mM}}$ となる。

（３）ばねが自然長になった時に小球Ｂが垂直面から離れるので，その時の小球Ａの速度をv_0とすると$\frac{1}{2}mv_0{}^2 = \frac{1}{2}ka^2$となる。また，全体の運動量は$mv_0$である。

全質量は$(m + M)$であるから，重心の速度をV_Gとすると，力学的エネルギー保存の式から$(m + M)V_G = mv_0 = \sqrt{mk}a$ となり，$V_G = \frac{\sqrt{mk}}{m+M}a$ となる。

（４）（３）より，小球Ｂの重心に対する最大速度は，$V_{max.G} = \frac{\sqrt{mk}}{m+M}a$　となるから，

垂直面に対する小球Ｂの最大速度は，$V_{max} = \frac{2\sqrt{mk}}{m+M}a$ となる。

（５）運動中のばねの最大伸びをa'とすると，力学的エネルギー保存の法則から

$\frac{1}{2}(m + M)V_G{}^2 + \frac{1}{2}ka'^2 = \frac{1}{2}ka^2$　となり，$a' = a\sqrt{\frac{M}{m+M}}$　となる。

以上から，小球Ａ，Ｂとばねのなす系は，角振動数 $\omega = \sqrt{\frac{k(m+M)}{mM}}$，ばねの最大伸びが $a\sqrt{\frac{M}{m+M}}$ で単振動を続けながら，重心の速度 $V_G = \frac{\sqrt{mk}}{m+M}a$ で垂直面から左方向に離れていく。

問題２

（１） 単原子分子なので定積比熱C_Vは $\frac{3}{2}R = 12.45$ J/(mol・K)，定圧比熱C_pは $\frac{5}{2}R = 20.75$ J/(mol・K)

答え：定積比熱　1.2×10^1 J/(mol・K) 定圧比熱　2.1×10^1 J/(mol・K)

（２）ボイル・シャルルの法則を用いて温度を求め温度差ΔTから内部エネルギーの増加量ΔUを求める。

$\Delta U = nC_V\Delta T \approx 7.5 \times 10^3$ J

答え　7.5×10^3 J

（３）理想気体の状態方程式を用いてこのときの温度を求める。等圧変化なので

$Q = nC_p\Delta T \approx 5.6 \times 10^4$ J

答え　5.6×10^4 J

（４）固定具を外すまでは等積変化，その後は等圧変化となる。等積変化による温度変化はボイル・シャルルの法則より求まる。その後の等圧変化により初期状態に戻ったとあるので，ここでの全放熱量を求めることができる。

外部にする仕事の総和は吸熱量と放熱量との差になる。

答え　1.5×10^4　J

熱効率は吸熱量に対する外部への仕事の総和の割合であるから

答え　0.24