XXXIV OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP II
Zadanie teoretyczne

ZADANIE T3

Nazwa zadania: „Rozprężania jednoatomowego gazu doskonałego"

Rozpatrz proces rozprężania jednoatomowego gazu doskonałego opisany zależnością: $pV^{\alpha} = const$ *(α≠1).* Dla jakich wartości wykładnika α w powyższym procesie gaz

a. pobiera ciepło i ogrzewa się?
b. pobiera ciepło i ochładza się?
c. oddaje ciepło?

Molowe ciepło właściwe C_v gazu nie zależy od temperatury. Dla jednoatomowych gazów doskonałych $\chi = C_n / C_v$ *= 5/3.*

ROZWIĄZANIE ZADANIA T3

Najpierw obliczamy pracę wykonywaną przez gaz w rozpatrywanej przemianie.
Mamy:

$$dW = -pdV$$

ale

$$pV^{\alpha} = const$$

a zatem

$$dW = -\frac{const}{V^{\alpha}} Dv$$

Wobec tego

$$\Delta W = -const\int_{v_1}^{v_2}\frac{dV}{V^{\alpha}} = \frac{const}{\alpha - 1}\left(\frac{1}{V_2^{\alpha-1}} - \frac{1}{V_1^{\alpha-1}}\right) = \frac{const}{\alpha-1}\left(\frac{p_2V_2}{p_2V_2^{\alpha}} - \frac{p_1V_1}{p_1V_1^{\alpha}}\right) = \frac{1}{\alpha-1}\left(p_2V_2 - p_1V_1\right)$$

Korzystając z równania stanu $\left(pV = \frac{m}{\mu}RT\right)$ dostajemy:

$$\Delta W = \frac{1}{\alpha - 1}\frac{m}{\mu}R\left(T_2 - T_1\right) = \frac{1}{\alpha - 1}\frac{m}{\mu}R\Delta T$$

Dla infinitezymalnych zmian mamy więc

$$dW = \frac{1}{\alpha - 1}\frac{m}{\mu}Rdt$$

Oznaczamy przez *C* molowe ciepło właściwe w rozważanej przemianie. Mamy

$$dQ = \frac{m}{\mu}CdT$$

Poza tym mamy

$$dU = \frac{m}{\mu}C_v dT$$

$$C_p - C_v = R$$

$$\frac{C_p}{C_v} = \chi$$

$$C_v = \frac{R}{\chi - 1}$$

Z I zasady termodynamiki mamy

$$dQ = dU - dW$$

Po podstawieniu znalezionych związków otrzymujemy:

$$\frac{m}{\mu}CdT = \frac{m}{\mu}\frac{R}{\chi - 1}dT - \frac{m}{\mu}\frac{R}{\alpha - 1}dT$$

Zatem

$$C = R\left(\frac{1}{\chi - 1} - \frac{1}{\alpha - 1}\right)$$

Zauważmy ze *C* jest stałe – nie zależy od *p, V i T*. Należy teraz przedyskutować znak C w zależności od *α:*

$$\alpha > \chi \qquad C > 0 \qquad (1)$$
$$1 < \alpha < \chi \qquad C < 0 \qquad (2)$$
$$\alpha < 1 \qquad C > 0 \qquad (3)$$

Przy rozprężaniu gazu $dW < 0$

W przypadku (1) $dW < 0$ tylko wówczas, gdy $dT < 0$. Gaz ochładza się podczas oddawania ciepła.
W przypadku (2) $dW < 0$ tylko wtedy, gdy $dT < 0$. W tym przypadku ciepło jest pobierane, chociaż temperatura spada.
W przypadku (3) $dW < 0$ wtedy, gdy $dT > 0$.
Ciepło jest pobierane a gaz się ogrzewa.

Kryteria ocen:

1.	Obliczenie pracy w rozważanym procesie	3 pkt.
2.	Obliczenie *C*	3 pkt.
3.	Zauważenie, że *C* nie zależy od *p, V i T*	1 pkt.
4.	Dyskusja	3pkt.
		10 pkt.

Zadanie wypadło dość słabo. Wiele osób odwoływało się do intuicji, nie umiejąc poprzeć swych rozważań odpowiednim rachunkiem. Wychodziły przy tym na jaw liczne braki wyniesione ze szkoły, np. związane zrozumieniem terminu „ogrzewanie", „rozprężanie" itp. Wyjaśnijmy tu przy okazji, że przez „ogrzewanie" rozumie się wzrost temperatury a nie fakt pobierania ciepła. Na przykład topiący się lód pobiera ciepło a nie ogrzewa się. Przez „rozprężanie" zaś rozumie się wzrost objętości a nie malenie ciśnienia. Na przykład gaz w zamkniętej butli przy ochłodzeniu zmniejsza swe ciśnienie, ale nie rozpręża się. Duża cześć osób miała kłopoty z prawidłowym ustaleniem znaku pracy i ciepła.

Źródło:
Zadanie pochodzi z czasopisma „Fizyka w Szkole"

Komitet Okregowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szc.pl