

L OLIMPIADA FIZYCZNA

(2000/2001)

ZAWODY I STOPNIA

CZEŚĆ TEORETYCZNA

Zadanie teoretyczne – T3

Nazwa – Sprawność cyklu 3 przemian jednoatomowego gazu doskonałego.

Źródła – Komitet Główny Olimpiady Fizycznej

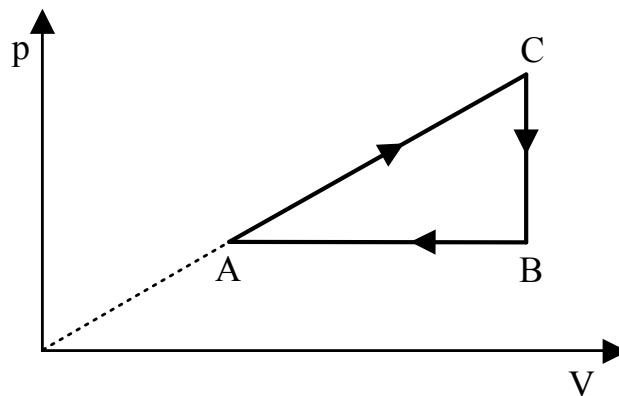
– Marek Trippenbach¹, Krzysztof Karpierz²: *Fizyka w szkole* nr 1, 2001, s. 47

– Paweł Janiszewski³, Jan Mostowski⁴ (red.): *50 lat olimpiad fizycznych.*

Wybrane zadania z rozwiązaniami, WN PWN, Warszawa 2002, zad. 109, s. 51, 169-170

– T.M. Molenda, IF US, www.OF.szc.pl.

Jednoatomowy gaz doskonały poddano cyklicznej przemianie, którą przedstawia rysunek. Wiedząc, że stosunek temperatury najwyższej do najniższej (w skali bezwzględnej), jaką osiąga gaz podczas przemiany, wynosi 16, oblicz sprawność tego cyklu.



Rys. 1

¹Marek Trippenbach (dr – wówczas) był sekretarzem naukowym ds. zadań teoretycznych w KGOF od L do LIV OF; współautor artykułów w *Fizyce w Szkole* z L i LI OF (przyp. red.).

²Dr Krzysztof Karpierz był sekretarzem naukowym ds. zadań doświadczalnych w KGOF w OF: XLI, XLII, L i LI, w tym okresie był współautorem/autorem części artykułów w *Fizyce w Szkole* z OF (przyp. red.).

³Dr Paweł Janiszewski – Kierownik Organizacyjny Olimpiady Fizycznej od XLII OF do LVIII OF; w tym okresie był autorem artykułów w *Fizyce w Szkole* (do czasu ich publikowania w tym czasopiśmie, tj. do LV OF), dot. informacji o przebiegu i wynikach olimpiad fizycznych; współautorem ww. książki z zadaniami. (przyp. red.).

⁴Prof. dr hab. Jan Mostowski był sekretarzem naukowym ds. zadań w KGOF od XXXVIII OF do XXXIX OF, od L OF do LX pełnił funkcję Przewodniczącego KGOF a od LXIX – wiceprzewodniczący KGOF; był autorem artykułów w *Fizyce w Szkole* z OF, współautorem ww. książki z zadaniami. (przyp. red.).

Rozwiązanie zadania T3 – L OF, I stopień, część teoretyczna

Gaz doskonały spełnia równanie stanu $pV = nRT$. Najniższa temperatura T_0 na rys. 1 odpowiada punktowi A o współrzędnych V_A, p_A (będziemy także używać $T_A = T_0$). Posługując się równaniem stanu dla p, V spełniających równanie $p = (p_A/V_A)V$ (odcinek AC cyklu na rys. 1), otrzymujemy

$$nRT_C = (p_A/V_A)V_C^2.$$

Zatem temperaturze $T_C = 16T_A$ odpowiada objętość równa $V_C = 4V_A$. Na prostej $p = (p_A/V_A)V$ objętości $V_C = 4V_A$ odpowiada też ciśnienie $p = 4p_A$. Podobnie, korzystając z równania stanu, otrzymujemy, że w punkcie B temperatura jest równa $4T_A$. Sprawność cyklu wyraża się wzorem

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{L}{L + Q_2},$$

gdzie Q_1 oznacza ciepło pobrane, Q_2 oznacza ciepło oddane w cyklu, $L = Q_1 - Q_2$ zaś oznacza pracę wykonaną przez gaz. Ciepło oddane w cyklu składa się z dwóch części: ciepła Q_{BC} oddanego na izochorze oraz ciepła Q_{AB} oddanego na izobarze. Wówczas

$$Q_2 = Q_{BC} + Q_{AB} = nC_V(12T_A) + nC_p(3T_A) = 12\frac{3}{2}nRT_A + 3\frac{5}{2}nRT_A = \frac{51}{2}nRT_A.$$

Natomiast praca L jest równa polu powierzchni trójkąta na diagramie p, V :

$$L = \frac{1}{2}(3p_A)(3V_A) = \frac{9}{2}p_AV_A.$$

Podstawiając otrzymane wyrażenia na L i Q_2 do wzoru na sprawność cyklu wyprowadzonego powyżej i korzystając z równości $p_AV_A = nRT_A$ dostajemy

$$\eta = \frac{(9/2)p_AV_A}{(9/2)p_AV_A + (51/2)nRT_A} = \frac{3}{20}.$$

Punktacja

1. Wyznaczenie temperatur w punktach ABC 2 pkt.
2. Wzór na sprawność silnika 1 pkt.
3. Obliczenie ciepła 3 pkt.
4. Obliczenie pracy 2 pkt.
5. Obliczenie sprawności cyklu 2 pkt.