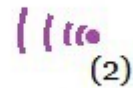
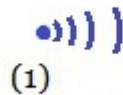


### Zadanie 1. (10p.)

Z przeciwnych kierunków (1) i (2), do punktu, w którym aktualnie znajduje się odrzutowiec, dochodzą ciągle sygnały o stałej częstotliwości: odpowiednio,  $v_1$  ze źródła (1) oraz  $v_2 = 5v_1$  ze źródła (2). Oba źródła mają tę samą moc (amplitudę) sygnału, która – zakładamy – nie spada wraz z odległością od źródła (bo sygnały są dobrze skolimowane i ukierunkowane prosto na samolot).



Odrzutowiec wyposażony jest w wielokierunkowy mikrofon, skonstruowany w ten sposób, że wychwytuje tylko zewnętrzne źródła dźwięku (a nie dźwięki z kadłuba, spowodowane pracą silnika czy rozcinaniem w locie powietrzem).

Z jaką prędkością i w jakim kierunku musi lecieć odrzutowiec, aby mikrofon rejestrował... ciszę, czyli nic? Prędkość dźwięku w powietrzu wynosi  $c$ .

Wskazówka:

- dźwięk ciągły i stały, to po prostu dźwięk sinusoidalny  $A \sin(\omega t) = A \sin(2\pi \nu t)$ . Takie samo drganie powietrza dociera do samolotu; amplitudę  $A$  uznajemy za stałą.

Przydatne wzory:

- efekt Dopplera:  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ;  $\nu' = \frac{c \pm v}{\lambda} = \nu(1 \pm \frac{v}{c})$  ;
- suma sinusów:  $\sin(a) + \sin(b) = 2\sin(\frac{a+b}{2})\cos(\frac{a-b}{2})$ .

### Zadanie 2. (5p.)

Ile drobnoziarnistego śrutu stalowego ( $\rho = 7.86 \text{ g/cm}^3$ ) należy wsypać do cienkiego sześciennego pojemnika o boku 10 cm, wypełnionego dotąd samym powietrzem ( $0.001 \text{ g/cm}^3$ ), aby ten zaczął tonąć w wodzie ( $1 \text{ g/cm}^3$ )? Odpowiedź podaj w wysokości [cm] warstwy śrutu w pojemniku.

### Zadanie 3. (10p.)

- (8p.) Oblicz sprawność silnika cieplnego na bazie gazu doskonałego ( $C_p = 5/2 R$ ;  $C_v = 3/2 R$ ), działającego w cyklu przedstawionym na rysunku.

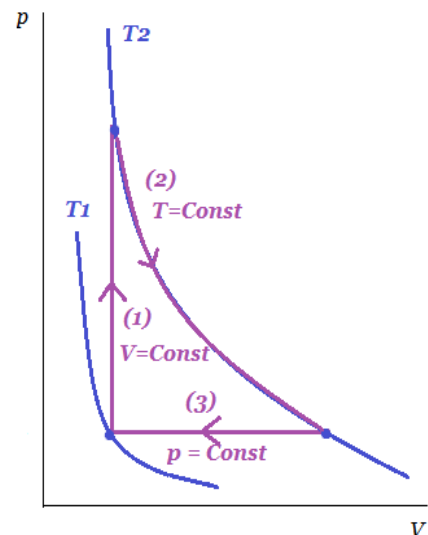
Dany jest jedynie stosunek  $T_2/T_1$ .

- (2p.) Dla  $T_2 = 10 \times T_1$  porównaj sprawność tego silnika z silnikiem Carnota.

(4p.) *Podpunkt ponadmaturalny:* sprawdź, że sprawność tego silnika zawiera się między zerem (wtedy, gdy  $T_2/T_1$  dąży do 1), a jedynką (gdy  $T_2/T_1$  dąży do  $+\infty$ ).

Wskazówka:

- Przy liczeniu granicy symbolu nieoznaczonego (licznik i mianownik ułamka jednocześnie dążący do  $\infty$  lub 0), można zastosować regułę de L'Hopitala: zróżniczkuj licznik, zróżniczkuj mianownik, podziel przez siebie, i ten ułamek dąży do tej samej granicy, co wyjściowy.



Przydatne wzory:

- równanie stanu gazu doskonałego:  $pV = nR T$  ;
- Praca w przemianie izotermicznej od  $V_1$  do  $V_2$ :  $W = nR T \ln V_2/V_1$  ;
- $[f \cdot g]' = f' \cdot g + f \cdot g'$  .

(25p.+ ↔6; 22p. ↔5; 19p. ↔4; 16p. ↔3; 13p.- ↔2)