

LIV Olimpiada Fizyczna – zawody II stopnia

Za rozwiązanie każdego z zadań można otrzymać 20 pkt.

Zadanie 1.

Pocisk w kształcie stożka o polu podstawy S i kącie rozwarcia 2α porusza się z prędkością v wzdłuż swojej osi (w stronę wierzchołka) w bardzo rozrzedzonym jednoatomowym gazie. Temperatura gazu jest na tyle niska, a prędkość v na tyle duża, że można przyjąć, że atomy gazu są nieruchome. Gęstość gazu jest równa ρ .

Zakładając, że atomy gazu zderzają się z powierzchnią pocisku doskonale sprężyście i nie zderzają się ze sobą, obliczyć siłę oporu, jaka działa na pocisk. Powierzchnia pocisku jest idealnie gładka. Podaj wartość liczbową dla $\rho=10^{-3}\text{kg/m}^3$, $v=7\text{ km/s}$, $\alpha=45^\circ$, $S=0,01\text{ m}^2$.

Zadanie 2

Wąska wiązka fullerenów – cząstek węgla C_{60} w kształcie piłki futbolowej – pada prostopadle na siatkę dyfrakcyjną o stałej sieci $d = 100\text{ nm}$ (siatką dyfrakcyjną jest płytką z azotu krzemu z wyciętymi równoległymi wąskimi szczelinami). Za siatką znajdują się detektory zliczające cząsteczki docierające do poszczególnych punktów płaszczyzny („ekranu”) znajdujące się w dużej odległości od siatki i równoległej do niej. Wskazania detektorów służą do wyznaczenia powstałego obrazu interferencyjnego.

- Przyjmując, że rozkład prędkości cząstek (v) w wiązce jest rozkładem jednorodnym w zakresie $v \in [v_0 - \Delta v, v_0 + \Delta v]$, wyznacz kąt ugięcia wiązki α_n odpowiada położeniu środka prążka interferencyjnego n -tego rzędu, oraz kąt $\Delta\alpha_n$ odpowiadający szerokości tego prążka (prążek jest obszarem, do którego dolatują cząsteczki). Podaj wartości liczbowe dla $n = 1$, $v_0 = 117\text{ m/s}$, $\Delta v = 0,17v_0$. Rozważ tylko te prążki, dla których $\sin\alpha_n \approx \alpha_n$.
- Jaki jest dopuszczalny rozrzut Δv prędkości cząsteczek w wiązce (przy ustalonym v_0), aby prążek n -tego rzędu był dobrze rozróżnialny, tzn. aby po obu jego stronach były miejsca, do których nie docierają cząsteczki?

Zakładamy, że każda z cząsteczek ma dokładnie określony pęd.

Masa atomu węgla jest równa $2,0 \cdot 10^{-26}\text{ kg}$, stała Plancka $h=6,6 \cdot 10^{-34}\text{ Js}$.

Zadanie 3.

- Rozważamy gumowy balonik, który po nadmuchaniu powietrzem ma kształt kuli. Gdy promień balonika wynosi $r_1 = 0,1\text{ m}$, to wewnątrz panowało ciśnienie $p_1 = 1,1 \cdot 10^5\text{ Pa}$. Jakie ciśnienie panuje wewnątrz balonika, po nadmuchaniu go tak, by miał promień $r_2 = (3/2)r_1$? W obu przypadkach temperatura powietrza wewnątrz balonika jest równa temperaturze otoczenia i wynosi $T_0 = 300\text{ K}$. Ciśnienie powietrza otaczającego balonik jest równe $p_0 = 1,0 \cdot 10^5\text{ Pa}$
- Balonik o promieniu r_2 (czyli po nadmuchaniu zgodnie z pkt. a)) zanurzono powoli w wodzie na taką głębokość, by jego promień zmalał do $r_3 = r_1$. Ile wynosi ta głębokość? Jakie są temperatura i ciśnienie wewnątrz balonika po zanurzeniu? Zakładamy, że powłoka balonika nie przepuszcza ciepła. Początkowa temperatura wewnątrz balonika była równa T_0 . Balonik przed zanurzeniem znajdował się tuż nad powierzchnią wody.
- Jaką pracę wykonano w trakcie zanurzania zgodnie z pkt. b)?

Energia sprężysta gumy, z której jest wykonany balonik, jest równa $E_s = (1/2)\alpha S^2$, gdzie α jest pewną stałą, a S – powierzchnią balonika. Balonik jest na tyle mały, że również po zanurzeniu w wodzie ma kształt kuli. Przyjmij, że powietrze zachowuje się jak gaz doskonały o molowym cieple właściwym przy stałej objętości $c_v = (5/2)R$, gdzie R jest uniwersalną stałą gazową. Guma z której jest wykonany jest balonik ma zanedbywalną masę, zanedbywalną pojemność cieplną. Zanedbaj również gęstość powietrza w porównaniu z gęstością wody $d_w = 1000 \text{ kg/m}^3$. Przyspieszenie ziemskie $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Źródło: www.of.szc.pl