

XLV OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP I

Zadania teoretyczne

Pięć poniższych problemów stanowi łącznie jedno zadanie. Podaną wybraną przez siebie odpowiedź krótko uzasadnij,

ZADANIE T1

- A. Dwie siły F_1 i F_2 zaczepione na końcach jednorodnego pręta działają wzdłuż jego osi symetrii w przeciwnych kierunkach (ryc. 1)



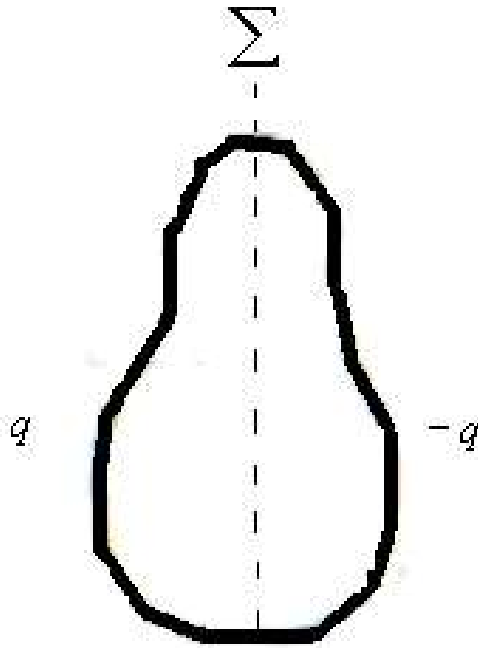
Ryc. 1

Siła naprężenia w środku 0 jest równą

- a) $N = (F_1 - F_2)$
- b) $N = F_1 + F_2$
- c) $N = (F_1 + F_2)2$

gdzie $F_i = (F_i)(i = 1,2)$ oznaczają wartość bezwzględne sił.

- B. Po dwóch stronach ciała przewodzącego znajdują się dwa ładunki elektryczne q i a (ryc. 2).



Ryc. 2

Ciało ma kształt symetryczny względem płaszczyzny Σ . Ładunki są położone symetrycznie względem Σ . Całkowity ładunek elektryczny ciała wynosi zero. Po uziemieniu ciała siła elektrostatyczna działająca na każdy z ładunków

- a) zwiększy się
- b) nie zwiększy się
- c) zmniejszy się

C. Alpinista odpadł od ściany i runął w przepaść. Poniżej punktu odpadnięcia, na wysokości mniejszej o H zaczęła się napinać linia asekuracyjna. Ryzyko zerwania liny jest większe, gdy koniec liny jest umocowany

- a) w punkcie odpadnięcia (linia ma długość H)
- b) powyżej punktu odpadnięcia (linia ma długość $H+h$)

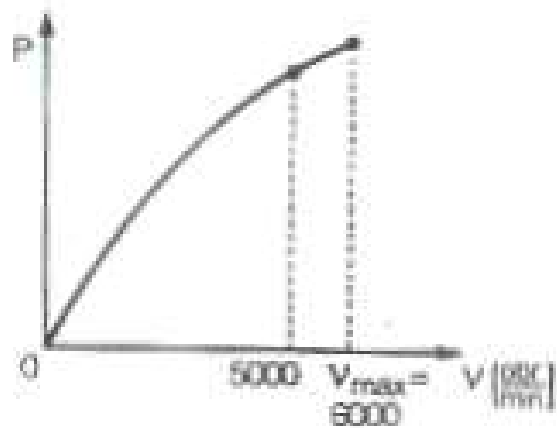
D. W zamkniętym naczyniu o stałej objętości pod ciśnieniem p_0 znajduje się gaz doskonały. W naczyniu jest zawór, który otwiera się wtedy, gdy ciśnienie gazu przewyższa wartość p_0 i zamyka się, gdy tylko ciśnienie osiągnie ponownie wartość p_0 . Przez otwarty zawór część gazu ucieka i naczynia. Czy po powolnym ogrzaniu gazu o $1T$ energia wewnętrzna gazu ma energii kinetycznych cząsteczek tej części gazu, która pozostała w naczyniu jest

- a) większa niż

taka sama jak

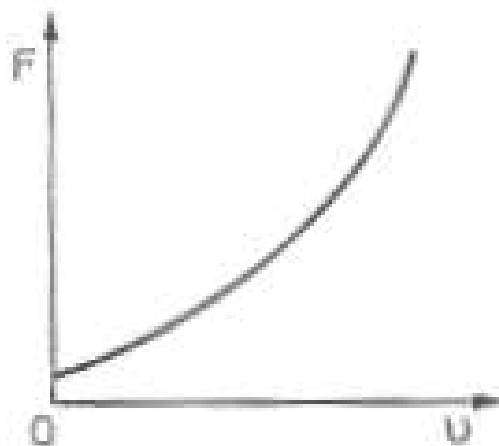
b) mniejsza niż energia wewnętrzna gazu znajdującego się w naczyniu przed ogrzaniem?

E. Zależność mocy P silnika od częstości obrotów jest pokazana na ryc. 3.



Ryc. 3

Wszelkie opory ruchu samochodu możemy zastąpić siłą hamującą F skierowaną przeciwnie do kierunku jazdy. Zależność siły F od prędkości samochodu jest pokazana na ryc. 4



Ryc. 4

Jeżeli zmniejszymy promień kół samochodu o około 5^n , to jego maksymalna prędkość

- a) zwiększy się
- b) nie ulegnie zmianie
- c) zmniejszy się

Przyjmujemy, że siła F po zmianie kół zależy od prędkości praktycznie tak samo, jak przed zmianą. Prędkość maksymalna samochodu przed zmianą kół odpowiada częstości obrotów silnika równej 5000 obr/min.

ROZWIĄZANIE ZADANIA T1

A (odp. c) Wypadkowa sił F_1 i F_2 ($F_2 > F_1$) powoduje przyspieszenie a pręta, skierowane w prawo o wartości $a = (F_2 - F_1)/m$ gdzie m jest masą pręta. Lewa (na przykład) połowa pręta o masie $m/2$ uzyskuje przyspieszenie a pod działaniem sił F_1 oraz N , gdzie N jest wartością siły naprężenia pręta w punkcie 0. Ponieważ pręt jest rozciągany, to siła N działa na lewą połowę w prawo. Mamy zatem równanie

$$(m/2)a = N - F_1$$

Podstawiając do niego a z pierwszego równania otrzymujemy

$$N = (F_1 + F_2)/2$$

B. Odp. b) Ładunki q i $-q$ położone symetrycznie względem płaszczyzny Σ indukują symetryczny rozkład ładunków powierzchniowych, odpowiednio σ i $-\sigma$. Ładunki te są rozłożone na przewodniku, tak że potencjał pola elektrycznego na powierzchni przewodnika jest stały. Załóżmy najpierw, że potencjał ten nie jest równy zero (przyjmujemy, że potencjał w nieskończoności i na powierzchni Ziemi jest równy zero). Wtedy do przeniesienia z Ziemi próbnego ładunku e (np. dodatniego) wzdłuż drogi leżącej na pł. Σ potrzebna byłaby pewna praca $W \neq 0$, zaś w przypadku próbnego ładunku $-e$ (tu ujemnego) potrzeba byłaby praca $-W$, co ze względu na symetrię problemu jest niemożliwe. Stąd wynika że potencjał przewodnika jest równy zero. Uziemienie przewodnika nie spowoduje przepływu żadnych ładunków, a siły działające na ładunki q i $-q$ pozostaną niezmienione.

Uwaga: Jeżeli zawodnik wyraźnie stwierdzi, że odpowiedź zależy od ustawienia układu ładunków i bryły względem powierzchni Ziemi w przypadku bliskiego sąsiedztwa układu Ziemi, a rysunek niewystarczająco jednoznacznie wskazuje na ustawienie symetryczne (pł. Σ prostopadła do pow. Ziemi) to taka odpowiedź należy również uznać za prawidłową (wtedy odp. a) lub b) mogą być słuszne)

C. odp. a) Maksymalne wydłużenie Δl liny następuje wtedy, gdy prędkość alpinisty staje się równa zero. Z zasady zachowania energii mamy

$$-mg(H + \Delta l) + (1/2)(ESl) \cdot \Delta l^2 = 0$$

gdzie l jest początkową długością liny, S przekrojem poprzecznym, zaś F modułem żystości Younga charakterystycznym dla materiału liny. Maksymalna wartość siły działającej na linie równa $F = (ESH) \cdot \Delta l$ spełnia równanie

$$-mg(ESH/l + F) + (1/2)F^2 = 0$$

którego rozwiązaniem jest

$$F = mg \pm (m^2 g^2 + 2mgESH/l)^{1/2}$$

Rozważmy dodatnie wartości F , więc wybieramy rozwiązanie ze znakiem „+”. To oznacza, że im mniejsza jest początkowa długość liny L tzn. większa jest wartość siły F , a zarazem ryzyko zerwania liny.

D. odp. b) Ponieważ ciśnienie p_0 gazu znajdującego się w naczyniu oraz obojętność V naczynia są stałe, to iloczyn $nRT = p_0V$ jest też stały (wraz ze wzrostem temperatury maleje liczba n moli gazu pozostającego w naczyniu). W konsekwencji stała jest energia wewnętrzna gazu znajdującego się w naczyniu

$$U = nC_v T = (C_v / l)nRT = (C_v / R)p_0V$$

E. odp. a) Maksymalna prędkość samochodu V_0 odpowiada częstości $V_0 = 5000 \text{ obr/min}$. To oznacza, że zachodzi równość $P(V_0) = F(V_0)U_0$. Po zmianie kół na mniejsze prędkości V_0 będzie odpowiadała większa częstość v obrotów silnika ($v > v_0$), czyli silnik będzie pracował z większą mocą. Dla prędkości V_0 będzie zachodziła nierówność $P(v) > F(u_0)u_0$ a samochód będzie przyspieszał. Zrównanie mocy P z iloczynem $F(v)u$ nastąpi dla pewnej prędkości u większej od v_0 . W przypadku mniejszych kół prędkość maksymalna samochodu będzie więc większa a dla większych będzie mniejsza.