

XXXVII OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP I

Zadanie teoretyczne.

ZADANIE T3

Nazwa zadania: „Prawo dynamiki dla ruchu obrotowego”

Oblicz ilość energii rozproszonej w czasie lądowania samolotu na skutek tarcia opon o płytę lotniska. Momenty bezwładności trzech identycznych kół są równe I (dla każdego z kół). Promienie kół są równe r . Prędkość samolotu w czasie lądowania wynosi V . Zakładamy, że prędkość ta nie zmienia się aż do ustania poślizgu kół o płytę lotniska. Tarcie potoczyste zaniedbujemy.

ROZWIĄZANIE ZADANIA T3

W zadaniu mamy do czynienia ze zmianą energii w ruchu, w którym występują siły niezachowawcze, a mianowicie tarcie. Możemy skorzystać z prawa, które brzmi następująco: *zmiana całkowitej energii mechanicznej punktu materialnego podczas ruchu równa jest pracy sił niezachowawczych*

$$\Delta E = E_{kin}(t) + E_{pot}(t) - E_{kin}(t_0) - E_{pot}(t_0) = L$$

gdzie:

$$L = \int_{t_0}^t \vec{F} \cdot \vec{V} dt$$

Praca rozproszona w czasie zetknięcia się kół z płytą lotniska (dla jednego koła) wynosi

$$L = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}(t) \cdot (\vec{V}_0 - \vec{V}(t)) dt$$

\mathbf{V}_0 – prędkość samolotu względem lotniska

$\mathbf{V}(t)$ – prędkość obrotowa koła

t_1, t_2 – czas, w którym rozpoczął się poślizg i czas w którym poślizg ustał ($t_2 - t_1 = T$)

$\mathbf{F}(t)$ – zmienna siła działająca na brzeg koła. Jest to różnica między całkowitą pracą siły tarcia:

$$L_c = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}(t) \cdot \vec{V}_0 dt$$

a częścią tej pracy użytej na nadanie kołom ruchu obrotowego:

$$L_0 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}(t) \cdot \vec{V}(t) dt$$

Z prawa dynamiki dla ruchu obrotowego dla każdego z kół mamy:

$$\vec{F}(t) \cdot \vec{r} = I \cdot \vec{\epsilon}(t)$$

$\epsilon(t)$ – przyspieszenie kątowe kół

I – moment bezwładności

Znając związek pomiędzy prędkością liniową, a prędkością kątową w postaci:

$$\vec{\omega} = \frac{\vec{V}}{\vec{r}}$$

możemy zapisać:

$$\vec{F}(t) \cdot \vec{r} = I \cdot \vec{\epsilon}(t) = I \cdot \frac{d\vec{\omega}(t)}{dt} = \frac{I}{\vec{r}} \cdot \frac{d\vec{V}(t)}{dt}$$

Zatem otrzymujemy:

$$L = \frac{I}{\vec{r}^2} \int_0^T (\vec{V}_o - \vec{V}(t)) \cdot \frac{d\vec{V}(t)}{dt} dt = \frac{I}{\vec{r}^2} \int_0^{V_o} (\vec{V}_o - \vec{V}) dV = \frac{I}{\vec{r}^2} \cdot \frac{V_o^2}{2}$$

Jest to energia rozproszona na każdym z trzech kół samolotu. Energia rozproszona na wszystkich kołach wynosi więc:

$$E = \frac{3}{2} \cdot \frac{I \cdot V_o^2}{\vec{r}^2}$$

Odpowiedź:

W czasie lądowania samolotu na skutek tarcia opon o płytę lotniska nastąpiło rozproszenie energii w ilości wynikającej ze wzoru:

$$E = \frac{3}{2} \cdot \frac{I \cdot V_o^2}{\vec{r}^2}$$

Punktacja:

Wzór na pracę	3 pkt.
Posługiwanie się siłą zależną od czasu	2 pkt.
Skorzystanie z prawa ruchu i wyznaczenie pracy	4 pkt.
Obliczenie energii rozproszonej na wszystkich 3 kołach	1 pkt.

razem 10 pkt.

Zadanie pochodzi z czasopisma „Fizyka w szkole” styczeń-luty 1988

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szcz.pl