## Zadanie 2.1. (0–3)

### Schemat punktowania

3 p. – prawidłowa metoda i prawidłowe obliczenie wartości siły $\vec{F}$.

2 p. – zapisanie warunku równowagi składowej poziomej sumy sił $\vec{F}$ i wzoru na siłę tarcia z uwzględnieniem w sile nacisku ciężaru składowej pionowej $\vec{F}$ – np. zapisanie równań (może być to pojedyncze równanie): $2F_{\parallel} = T_{s\,max}$ oraz $T_{s\,max} = \mu_s(mg - 2F_{\perp})$.

1 p. – zapisanie warunku równowagi sił z uwzględnieniem poziomej składowej siły $\vec{F}$ oraz z uwzględnieniem maksymalnej siły tarcia (np. zapisanie równania $2F_{\parallel} = T_{s\,max}$).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Podwojona wartość poziomej składowej siły, z jaką pracownik działa na skrzynię musi być równa maksymalnej wartości, jaką może osiągnąć siła tarcia statycznego:

$$2F_{\parallel} = T_{s\,max} \quad \rightarrow \quad 2F_{\parallel} = \mu_s N \quad \rightarrow \quad 2F\cos 25^\circ = \mu_s N$$

gdzie $N$ jest wartością siły nacisku na podłoże:

$$N = mg - 2F_{\perp} = mg - 2F\sin 25^\circ$$

Zatem:

$$2F\cos 25^\circ = \mu_s(mg - 2F\sin 25^\circ) \quad \rightarrow \quad 2F = \frac{\mu_s mg}{\cos 25^\circ + \mu_s \sin 25^\circ}$$

$$2F = \frac{0{,}6 \cdot 63 \cdot 9{,}81}{0{,}91 + 0{,}6 \cdot 0{,}42}\ \mathrm{N} \approx 319\ \mathrm{N} \approx 320\ \mathrm{N} \quad \rightarrow \quad F \approx 160\ \mathrm{N}$$

## Zadanie 2.2. (0–3)

**Schemat punktowania**

3 p. – prawidłowa metoda i prawidłowe obliczenie wartości przyspieszenia skrzyni: $a \approx 1{,}6\ \mathrm{m/s^2}$ lub $a \approx 1{,}5\ \mathrm{m/s^2}$.

2 p. – zapisanie II zasady dynamiki dla ruchu skrzyni w kierunku poziomym z uwzględnieniem poziomej składowej siły $\vec{F}$ i wzoru na siłę tarcia z uwzględnieniem w sile nacisku składowej pionowej siły $\vec{F}$.

1 p. – zapisanie II zasady dynamiki dla ruchu skrzyni w kierunku poziomym z uwzględnieniem poziomej składowej siły $\vec{F}$ oraz siły tarcia (np. zapisanie równania $ma = 2F_{\parallel} - T_k$).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Zapisujemy II zasadę dynamiki dla ruchu skrzyni w kierunku poziomym:

$$ma = 2F_{\parallel} - T_k$$

gdzie $T_k$ jest siłą tarcia równą

$$T_k = \mu_k N = \mu_k(mg - 2F_{\perp})$$

przy czym

$$F_{\parallel} = F\cos 25^\circ \qquad F_{\perp} = F\sin 25^\circ$$

Zapisujemy wszystko jednym równaniem

$$ma = 2F\cos 25^\circ - \mu_k(mg - 2F\sin 25^\circ)$$

$$a = \frac{320 \cdot 0{,}91 - 0{,}4 \cdot (63 \cdot 9{,}81 - 320 \cdot 0{,}42)}{63}\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \approx 1{,}55\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}} \approx 1{,}6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}}$$

## Zadanie 2.3. (0–3)

**Schemat punktowania**

3 p. – prawidłowe obliczenie pracy w trzech punktach zadania.

2 p. – prawidłowe obliczenie pracy w dwóch punktach zadania.

1 p. – prawidłowe obliczenie pracy w jednym z punktów zadania.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie a)**

$$W_{2F} = 2Fs\cos 25^\circ \quad \rightarrow \quad W_{2F} = 320 \cdot 2 \cdot \cos 25^\circ\ \mathrm{J} \approx 582\ \mathrm{J}$$

**Przykładowe rozwiązanie b)**

$$W_T = T_k\, s\cos 180^\circ \quad \rightarrow \quad W_T = 193 \cdot 2 \cdot \cos 180^\circ\ \mathrm{J} \approx -386\ \mathrm{J}$$

**Przykładowe rozwiązanie c)**

Zmiana energii kinetycznej równa jest pracy siły wypadkowej, a praca siły wypadkowej jest równa sumie prac poszczególnych sił:

$$\Delta E_k = W_w \quad \rightarrow \quad E_k - 0 = W_{2F} + W_T = 582\ \mathrm{J} + (-386)\ \mathrm{J} = 196\ \mathrm{J}$$

lub równoważnie

$$\Delta E_k = W_w \quad \rightarrow \quad E_k - 0 = W_{2F-T} = (320 \cdot \cos 25^\circ - 193) \cdot 2 \approx 196\ \mathrm{J}$$

Zmianę energii kinetycznej można obliczyć bezpośrednio, z wykorzystaniem wyniku zadania 2.2., ponieważ jest ta sama dynamika ruchu:

$$\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 - 0 = \frac{1}{2}m \cdot (2as) = mas = 63\ \mathrm{kg} \cdot 1{,}55\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}} \cdot 2\ \mathrm{m} \approx 195\ \mathrm{J}$$