



Fizyka drona – projekt edukacyjny

Opis techniczny typowego drona

(przykład – dron rekreacyjny klasy DJI Mini)

Parametr	Wartość
Masa drona (z baterią)	ok. 250 g
Maksymalny udźwig	ok. 50–100 g
Liczba śmigieł (wirników)	4 (quadrokopter)
Maksymalna prędkość pozioma	ok. 15 m/s
Maksymalny czas lotu	ok. 30 minut
Bateria	LiPo 2S, 7.4 V, 2400 mAh
Moc pojedynczego silnika	ok. 20–30 W
Łączna moc silników	ok. 80–120 W
Wysokość lotu	do 500 m (w praktyce ograniczona do 120 m z powodów prawnych)

Najważniejsze zagadnienia z fizyki związane z działaniem drona

— szczególnie wielowirnikowego (np. quadcoptera)



Zasada działania drona

Drony wielowirnikowe działają dzięki prawu akcji i reakcji (III zasada Newtona):

– Śmigła obracają się i wypychają powietrze w dół, a w odpowiedzi dron unosi się w górę.

Każde śmigło działa jak śruba powietrzna, a wytworzona siła nośna (ciąg) przeciwdziała sile ciężkości.



Główne siły działające na dron

1. Siła nośna (ciąg z silników) – w górę, zależy od prędkości obrotowej śmigieł.
2. Ciężar (siła grawitacji) – działa w dół, $F_g = m \cdot g$
3. Opór powietrza – działa przeciwnie do ruchu.
4. Siły reakcyjne – obracające się śmigła powodują momenty obrotowe.

⚙ Sterowanie dronem (fizyka manewrowania)

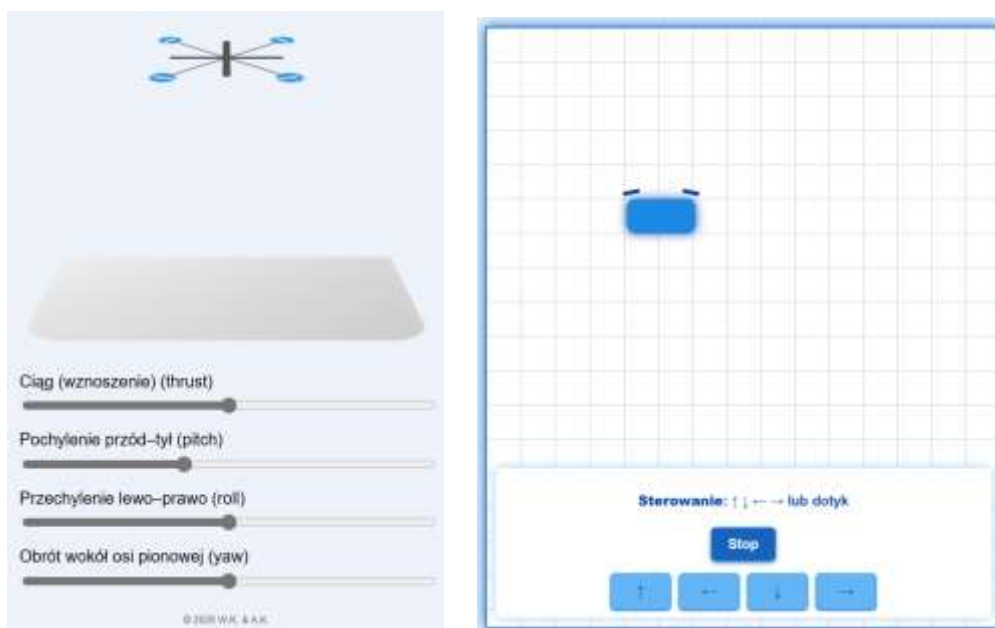
- Wznoszenie/opadanie – wszystkie śmigła przyspieszają/zwalniają (zmiana siły nośnej).
- Przechył (pitch) – różnica ciągu między przodem a tyłem (np. przednie śmigła wolniej, tylne szybciej → dron "pochyla się" do przodu).
- Przechył boczny (roll) – różnica ciągu między lewą a prawą stroną.

Obrót wokół osi pionowej (yaw) – przeciwne śmigła kręcą się w przeciwnych kierunkach. Zmiana ich prędkości powoduje obrót całego dronu.

🌀 Moment pędu i kompensacja obrotu

Aby dron nie obracał się sam z siebie:

- Śmigła obracają się na przemian zgodnie i przeciwnie do ruchu wskazówek zegara, by zrównoważyć moment pędu.



⚡ Energia i zasilanie

- Dron korzysta z energii elektrycznej (z akumulatora), która jest przekształcana w energię kinetyczną śmigieł i potencjalną (podczas wznoszenia).
- Przy wznoszeniu: energia potencjalna wzrasta $E_p = mgh$

- Przy ruchu: energia kinetyczna $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

Równowaga i stabilizacja

Dron w locie utrzymuje równowagę poprzez:

- Czujniki (akcelerometr, żyroskop) wykrywające przechyły,
- Automatyczne dostosowanie sił ciągu przez kontroler lotu (regulacja PID),
- Zasada równowagi momentów sił.

Nawigacja i pozycjonowanie

W bardziej zaawansowanych modelach:

- GPS – określa pozycję i wysokość.
- Barometr – mierzy wysokość względem ciśnienia powietrza.
- IMU (Inertial Measurement Unit) – łączy dane z żyroskopu i akcelerometru.

Zagadnienia fizyczne do analizy I

1. Ciężar drona

$$F_g = mg$$

gdzie:

m – masa drona (kg),

g – przyspieszenie ziemskie (9.81 m/s²)

2. Siła nośna (unosząca dron)

W stanie zawisu:

$$F_{nośna} = F_g$$

czyli: $F_{nośna} = mg$

3. Przyspieszenie i prędkość

Dron może poruszać się w poziomie z określoną prędkością. Przyspieszenie:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Energia kinetyczna:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

4. Moc silników

$P = F \cdot v$ – moc mechaniczna,

moc elektryczna: $P = U \cdot I$

5. Zasilanie i energia

Energia zmagazynowana w baterii:

$$E = U \cdot Q, \text{ gdzie:}$$

$$Q = C \cdot 3600 \text{ (ładunek w kulombach),}$$

C – pojemność baterii w Ah

Sprawdzenie, na jak długo wystarczy energia przy znanej mocy zużycia.

6. Opór powietrza

$$F_{op} = \frac{1}{2}C_d\rho Av^2$$

gdzie:

C_d – współczynnik oporu,

ρ – gęstość powietrza,

A – powierzchnia czołowa drona

7. Zmiana masy – wpływ ładunku

Jak zmienia się zasięg, czas lotu i moc potrzebna przy dodatkowym ładunku.

Zagadnienia fizyczne do analizy II

1. Siły działające na drona:

- Siła nośna (ciąg) generowana przez śmigła.
- Siła grawitacji: $F_g = m \cdot g$.
- Siły oporu powietrza i momenty obrotowe.

2. Równowaga sił:

- Dron w zawisie: $F_{\text{ciagu}} = F_{\text{ciężaru}}$.
- Wznoszenie i opadanie: analizujemy przyspieszenie pionowe.

3. Moment siły i stabilizacja:

- Jak przeciwnie obracające się śmigła równoważą momenty.
- Zasada zachowania momentu pędu.

4. Energia i moc:

- Obliczanie mocy: $P = F \cdot v$, $P = U \cdot I$.
- Energia zużyta w czasie lotu: $E = P \cdot t$.

5. Zasięg i czas pracy:

- Obliczenia na podstawie pojemności akumulatora:

$$t = \frac{Q}{I} \quad \text{lub} \quad t = \frac{E}{P}$$

Przykładowe zadania obliczeniowe

Zadanie 1 – Siła nośna

Oblicz siłę nośną, którą muszą generować silniki drona o masie 0.25 kg, aby utrzymać go w zawisie.

Rozwiązanie:

$$F = mg = 0.25 \cdot 9.81 = 2.45 \text{ N}$$

Zadanie 2 – Energia baterii

Oblicz energię zgmagazynowaną w baterii drona LiPo 7.4 V, 2400 mAh. Podaj wynik w dżulach.

Rozwiązanie:

$$Q = 2.4 \text{ Ah} = 2.4 \cdot 3600 = 8640 \text{ C}$$

$$E = U \cdot Q = 7.4 \cdot 8640 = 63936 \text{ J}$$

Zadanie 3 – Moc potrzebna do lotu

Jeśli dron unosi się z mocą 80 W przez 10 minut, ile energii zużyje?

Rozwiązanie:

$$t = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$$

$$E = P \cdot t = 80 \cdot 600 = 48000 \text{ J}$$

Zadanie 4 – Zasięg poziomy

Dron leci z prędkością 10 m/s przez 20 minut. Jaki przebył dystans?

Rozwiązanie:

$$t = 20 \text{ min} = 1200 \text{ s}$$

$$s = v \cdot t = 10 \cdot 1200 = 12000 \text{ m} = 12 \text{ km}$$