Zadanie 1.1. (0–1)

Wymagania określone w podstawie programowej[1]	
Wymaganie ogólne	**Wymagania szczegółowe**
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: II.16) (SP) opisuje spadek swobodny […]. I.7) wyodrębnia z tekstów, […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu […]. II.4) opisuje ruchy prostoliniowe […] jednostajnie zmienne, posługując się zależnościami położenia, wartości prędkości […] od czasu.

Zasady oceniania

1 pkt – odpowiedź poprawna.

0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Rozwiązanie

FP

Zadanie 1.2. (0–2)

Wymaganie ogólne	**Wymagania szczegółowe**
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: II.16) (SP) opisuje spadek swobodny […]. I.7) wyodrębnia z tekstów, […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu […]. II.4) opisuje ruchy prostoliniowe […] jednostajnie zmienne, posługując się zależnościami położenia, wartości prędkości […] od czasu; II.6) wyznacza położenie, wartość prędkości, wartość przyspieszenia i drogę w ruchu […] jednostajnie zmiennym na podstawie danych zawartych w postaci […] wykresów.

[1] Rozporządzenie Ministra Edukacji z dnia 28 czerwca 2024 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie podstawy programowej kształcenia ogólnego dla liceum ogólnokształcącego, technikum oraz branżowej szkoły II stopnia (Dz.U. z 2024 r. poz. 1019).

Zasady oceniania[2]

2 pkt – poprawna metoda obliczenia prędkości początkowej rzutu w górę **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $v_0 \approx 7{,}85\ \mathrm{m/s}$

1 pkt – zapisanie/zastosowanie zależności między prędkością końcową a prędkością początkową, czasem i przyśpieszeniem w ruchu jednostajnie opóźnionym **oraz** uwzględnienie, że prędkość końcowa wynosi zero, a przyśpieszenie jest równe przyśpieszeniu grawitacyjnemu, np. zapisy równoważne poniższym:

$0 = v_0 - gt_{AW}$

LUB

– skorzystanie z symetrii w czasie dla rzutu pionowego w górę i spadku swobodnego **oraz** zapisanie/zastosowanie zależności między prędkością końcową a czasem i przyśpieszeniem w spadku swobodnym bez prędkości początkowej, np.:

$v_0 = v_{k\ spadanie} = gt_{WA}$ (lub zapisy równoważne)

LUB

– zapisanie kompletu równań wynikających z równań ruchu (lub/i zasady zachowania energii mechanicznej), z których można obliczyć v_0, z prawidłową identyfikacją czasów w równaniach na h_{max} i h_0, np. zapisy równoważne poniższym:

$h_{max} = \frac{v_0^2}{2g} + h_0$ oraz $h_{max} = h_0 + v_0 \cdot 0{,}8 - \frac{1}{2}g \cdot 0{,}8^2$ oraz $h_{max} = \frac{1}{2}g \cdot 1^2$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązania[3]

Sposób 1.

Ciało $\mathcal{C}$ w chwili $t_0 = 0\ \mathrm{s}$ miało prędkość początkową o wartości v_0 skierowaną pionowo w górę, a w chwili $t = 0{,}8\ \mathrm{s}$ ciało osiągnęło wysokość maksymalną i miało prędkość końcową równą zero: $v_k = 0$. Od chwili $t_0 = 0\ \mathrm{s}$ w czasie $t_{AW} = 0{,}8\ \mathrm{s}$ ciało poruszało się ruchem jednostajnie opóźnionym z przyśpieszeniem grawitacyjnym $\vec{g}$. Skorzystamy z zależności prędkości od czasu w ruchu jednostajnie opóźnionym z przyśpieszeniem o wartości g:

$$v_k = v_0 - gt_{AW} \quad \text{oraz} \quad v_k = 0$$

$$0 = v_0 - 9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 0{,}8\ \mathrm{s} \quad \rightarrow \quad v_0 = 9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 0{,}8\ \mathrm{s} \approx 7{,}85\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Sposób 2.

Skorzystamy z symetrii w czasie między wznoszeniem swobodnym w rzucie pionowym a spadkiem swobodnym z przyśpieszeniem grawitacyjnym (wartość prędkości początkowej wznoszenia jest równa wartości prędkości końcowej spadania). Rozważmy ruch zastępczy – spadek swobodny (z h_{max} do h_0) bez prędkości początkowej w czasie $t_{WA} = 0{,}8\ \mathrm{s}$. Zatem:

$$v_0 = v_{k\ spadania} \quad \text{oraz} \quad v_{k\ spadania} = gt_{WA} = 9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 0{,}8\ \mathrm{s} \approx 7{,}85\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$v_0 \approx 7{,}85\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

---

[2] Pod opisem warunków za przyznanie punktów w niektórych przypadkach podano przykładowe zapisy (lub przykładowe zapisy równoważne), które spełniają te warunki w minimalnym stopniu.

[3] Przykładowe rozwiązania mogą zawierać dodatkowe wyjaśnienia/komentarze, które nie podlegają ocenie. Wymagane elementy rozwiązania zdającego podlegające ocenie są wyszczególnione i opisane w kryteriach punktacji zasad oceniania. Dodatkowe komentarze w rozwiązaniu zamieszczono w celach dydaktycznych.

Zadanie 1.3. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: II.16) (SP) opisuje spadek swobodny […]. I.7) wyodrębnia z […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska […]. II.4) opisuje ruchy prostoliniowe jednostajne i jednostajnie zmienne, posługując się zależnościami położenia, wartości prędkości i przyspieszenia oraz drogi od czasu; II.6) wyznacza położenie, wartość prędkości, wartość przyspieszenia i drogę w ruchu […] jednostajnie zmiennym na podstawie danych zawartych w postaci […] wykresów.

Zasady oceniania (dla rozwiązania sposobem 1.)
Rozwiązanie będzie podlegało ocenie, gdy zdający spełni co najmniej jeden z poniższych warunków lub ich kombinację, określoną dalej w schemacie punktowania.

Warunek h_max-metoda
Poprawna metoda obliczenia h_{max}, tzn. skorzystanie ze związku między drogą a czasem i przyśpieszeniem grawitacyjnym w spadku swobodnym (od punktu W do B) bez prędkości początkowej, **oraz** uwzględnienie, że $t_{WB} = 1\ \text{s}$, np. zapisy równoważne poniższym:

$$h_{max} = \frac{1}{2} g t_{WB}^2 \quad \text{oraz} \quad t_{WB} = 1\ \text{s}$$

Warunek Δh-metoda
Poprawna **metoda 1.** obliczenia różnicy wysokości Δh_{WA}, tzn. skorzystanie ze związku między drogą a czasem i przyśpieszeniem grawitacyjnym w spadku swobodnym (od punktu W do A) bez prędkości początkowej, **oraz** uwzględnienie, że $t_{WA} = 0{,}8\ \text{s}$, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\Delta h_{WA} = \frac{1}{2} g t_{WA}^2 \quad \text{oraz} \quad t_{WA} = 0{,}8\ \text{s}$$

ALBO
Poprawna **metoda 2.** (zobacz *Uwaga* przy kroku 2. w sposobie 1. rozwiązania) obliczenia różnicy wysokości Δh_{AW}, tzn. skorzystanie ze związku między drogą a prędkością początkową, czasem i przyśpieszeniem grawitacyjnym w rzucie pionowym (od punktu A do punktu W), **oraz** uwzględnienie, że $t_{AW} = 0{,}8\ \text{s}$, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\Delta h_{AW} = v_0 t_{AW} - \frac{1}{2} g t_{AW}^2 \quad \text{oraz} \quad t_{AW} = 0{,}8\ \text{s}$$

Warunek h_0-metoda
Zapisanie równania wskazującego na strategię rozwiązania, np. zapisy równoważne poniższym:

$$h_0 = h_{max} - \Delta h_{AW}$$

Schemat punktowania (dla rozwiązania sposobem 1.)

3 pkt – poprawna metoda obliczenia wysokości h_0, z której wyrzucono pionowo w górę ciało $\mathcal{C}$ **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $h_0 \approx 1{,}8\ \mathrm{m}$

2 pkt – spełnienie warunków: **h_max-metoda oraz Δh-metoda oraz h_0-metoda**

LUB

– spełnienie warunków: **h_max-metoda oraz h_0-metoda oraz** podanie prawidłowej wartości $h_{max} \approx 4{,}9\ \mathrm{m}$

LUB

– spełnienie warunków: **Δh-metoda oraz h_0-metoda oraz** podanie prawidłowej wartości $\Delta h \approx 3{,}1\ \mathrm{m}$

LUB

– spełnienie warunków: **Δh-metoda oraz h_max-metoda oraz** podanie prawidłowej wartości dla $\Delta h \approx 3{,}1\ \mathrm{m}$ lub $h_{max} \approx 4{,}9\ \mathrm{m}$.

1 pkt – spełnienie warunku **h_max-metoda**

LUB

– spełnienie warunku **Δh-metoda**

LUB

– spełnienie warunku **h_0-metoda**

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Zasady oceniania (dla rozwiązania sposobem 2.)

3 pkt – poprawna metoda obliczenia wysokości h_0, z której wyrzucono pionowo w górę ciało $\mathcal{C}$, **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $h_0 \approx 1{,}8\ \mathrm{m}$

2 pkt – poprawne zapisanie kinematycznego równania ruchu dla ciała $\mathcal{C}$ **oraz** zapisanie/uwzględnienie warunków, że $h = 0$ dla $t_{AB} = 1{,}8\ \mathrm{s}$, **oraz** $v_0 = gt_{AW}$, np.:

$$0 = h_0 + gt_{AW}t_{AB} - \frac{1}{2}gt_{AB}^2$$ (lub zapisy równoważne)

1 pkt – poprawne zapisanie kinematycznego równania ruchu dla ciała $\mathcal{C}$, np.:

$$h(t) = h_0 + v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$$ (lub zapisy równoważne)

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Zasady oceniania (dla rozwiązania sposobem 3.)

3 pkt – poprawna metoda obliczenia wysokości h_0, z której wyrzucono pionowo w górę ciało $\mathcal{C}$, **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $h_0 \approx 1{,}8\ \mathrm{m}$

2 pkt – spełnienie warunku za 1 pkt **oraz** zapisanie/uwzględnienie warunków, że $h = 0$ dla $t_{A'B} = 0{,}2\ \mathrm{s}$ (A' jest punktem symetrycznym do A), **oraz** $v_0 = gt_{AW}$, np.:

$$0 = h_0 - \left(gt_{AW} \cdot 0{,}2 + \frac{1}{2}g \cdot 0{,}2^2\right)$$ (lub zapisy równoważne)

1 pkt – poprawne zapisanie kinematycznego równania ruchu (jednostajnie przyśpieszonego) dla ciała $\mathcal{C}$, licząc czas od momentu gdy osiągnie z powrotem wysokość h_0, np.:

$$h(t) = h_0 - s(t) = h_0 - \left(v_0 t + \frac{1}{2}gt^2\right)$$ (lub zapisy równoważne)

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Zasady oceniania (dla rozwiązania sposobem 4.)

3 pkt – poprawna metoda obliczenia wysokości h_0, z której wyrzucono pionowo w górę ciało $\mathcal{C}$, **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $h_0 \approx 1{,}8\ \mathrm{m}$

2 pkt – spełnienie warunku za 1 pkt **oraz** zapisanie/uwzględnienie warunku, że $v_0 = gt_{AW}$, **oraz** poprawna metoda obliczenia h_{max}, np. zapisy równoważne poniższym:

$$h_0 = h_{max} - \frac{v_0^2}{2g} \quad \text{oraz} \quad v_0 = gt_{AW} \quad \text{oraz} \quad h_{max} = \frac{1}{2}gt_{WB}^2$$

1 pkt – poprawne zapisanie równania zasady zachowania energii mechanicznej (lub równań ruchu z wyeliminowanym czasem), np. zapisy równoważne poniższym:

$$h_0 = h_{max} - \frac{v_0^2}{2g}$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Zasady oceniania (dla rozwiązania sposobem 5.)

3 pkt – poprawna metoda obliczenia wysokości h_0, z której wyrzucono pionowo w górę ciało $\mathcal{C}$, **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $h_0 \approx 1{,}8\ \mathrm{m}$

2 pkt – spełnienie warunku za 1 pkt **oraz** podstawienie do równania paraboli współrzędnych punktów A i B **oraz** wyznaczenie zależności między h_0 i h_{max}, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\begin{cases} h_0 = k(0-0{,}8)^2 + h_{max} \\ 0 = k(1{,}8-0{,}8)^2 + h_{max} \end{cases} \quad \rightarrow \quad h_0 = 0{,}36h_{max}$$

LUB

– spełnienie warunku za 1 pkt **oraz** podstawienie do równania paraboli współrzędnych punktów A i B **oraz** poprawna metoda wyznaczenia h_{max}, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\begin{cases} h_0 = k(0-0{,}8)^2 + h_{max} \\ 0 = k(1{,}8-0{,}8)^2 + h_{max} \end{cases} \quad \text{oraz} \quad h_{max} = \frac{1}{2}gt_{WB}^2$$

1 pkt – zapisanie równania paraboli (której fragment jest wykresem $h(t)$) w postaci kanonicznej z podstawionymi współrzędnymi wierzchołka W, np. zapisy równoważne poniższym:

$$h(t) = k(t-0{,}8)^2 + h_{max}$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązania

Sposób 1.

Określimy strategię postępowania:

Krok 1. Obliczymy h_{max}.

Krok 2. Obliczymy Δh_{AW}. Skorzystamy z symetrii w czasie między wznoszeniem swobodnym w rzucie pionowym a spadkiem swobodnym bez prędkości początkowej (oba ruchy z przyśpieszeniem grawitacyjnym):

$$\Delta h_{AW} = \Delta h_{WA} \quad \text{oraz} \quad t_{wznoszenia\ AW} = t_{spadania\ WA}$$

Krok 3. Obliczymy h_0. Skorzystamy z faktu, że $h_{max} = h_0 + \Delta h_{AW}$.

Krok 1. Obliczymy h_{max}. Skorzystamy ze związku między drogą (równą wysokości maksymalnej) a przyśpieszeniem (równym grawitacyjnemu) i czasem w ruchu jednostajnie przyśpieszonym. Czas opadania od punktu W do B określimy na podstawie wykresu:

$$h_{max} = \frac{1}{2} g t_{WB}^2 \qquad \text{gdzie} \qquad t_{WB} = t_B - t_W = 1{,}8\ \text{s} - 0{,}8\ \text{s} = 1{,}0\ \text{s}$$

$$h_{max} = \frac{1}{2} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (1\ \text{s})^2 = 4{,}905\ \text{m}$$

Krok 2. Obliczymy Δh_{AW}:

$$\Delta h_{AW} = \Delta h_{WA} \quad \text{oraz} \quad t_{wznoszenia\ AW} = t_{spadania\ WA} = 0{,}8\ \text{s}$$

$$\Delta h_{WA} = \frac{1}{2} g t_{spadania\ WA}^2$$

$$\Delta h_{WA} = \frac{1}{2} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (0{,}8\ \text{s})^2 = 3{,}1392\ \text{m} \quad \text{zatem} \quad \Delta h_{AW} = 3{,}1392\ \text{m}$$

Uwaga! Krok 2. można zrealizować drugą metodą, z wykorzystaniem równań ruchu dla rzutu pionowego w górę oraz z obliczonej wcześniej prędkości początkowej:

$$\Delta h_{AW} = v_0 t_{AW} - \frac{1}{2} g t_{AW}^2 = 7{,}848\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0{,}8\ \text{s} - \frac{1}{2} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (0{,}8\ \text{s})^2 = 3{,}1392\ \text{m}$$

Krok 3. Obliczymy h_0:

$$h_0 = h_{max} - \Delta h_{AW}$$

$$h_0 = 4{,}905\ \text{m} - 3{,}1392\ \text{m} = 1{,}7658\ \text{m} \approx 1{,}8\ \text{m}$$

Sposób 2.

Skorzystamy z równania ruchu jednostajnie opóźnionego ciała $\mathcal{C}$, z położeniem początkowym h_0, prędkością początkową v_0 i przyśpieszeniem grawitacyjnym g:

$$h(t) = h_0 + v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

Zauważmy, że dla $t = t_{AB}$ mamy $h = 0$, ponadto $v_0 = g t_{AW}$:

$$0 = h_0 + v_0 t_{AB} - \frac{1}{2} g t_{AB}^2 \qquad \text{oraz} \quad v_0 = g t_{AW}$$

$$0 = h_0 + g t_{AW} t_{AB} - \frac{1}{2} g t_{AB}^2$$

Obliczymy h_0. Z wykresu odczytamy czasy t_{AW} oraz t_{AB} i podstawimy do powyższego równania:

$$0 = h_0 + 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (0{,}8\ \text{s}) \cdot (1{,}8\ \text{s}) - \frac{1}{2} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (1{,}8\ \text{s})^2$$

$$h_0 = \frac{1}{2} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (1{,}8\ \text{s})^2 - 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (0{,}8\ \text{s}) \cdot (1{,}8\ \text{s})$$

$$h_0 = 1{,}7658\ \text{m} \approx 1{,}8\ \text{m}$$

Sposób 3.

Skorzystamy z równania ruchu jednostajnie przyśpieszonego ciała $\mathcal{C}$, licząc czas t od momentu, gdy osiągnie z powrotem wysokość h_0 w chwili $t_{A'} = 1{,}6\ \mathrm{s}$ (na wykresie jest to punkt A' symetryczny do punktu A). Prędkość początkowa tego ruchu ma wartość v_0 i jest skierowana w dół. Zapiszemy równanie ruchu jednostajnie przyśpieszonego z przyśpieszeniem o wartości g:

$$h(t) = h_0 - s(t) = h_0 - \left(v_0 t + \frac{1}{2} g t^2\right)$$

Zauważmy, że dla $t = t_{A'B} = 0{,}2\ \mathrm{s}$ mamy $h = 0$, ponadto $v_0 = g t_{AW}$:

$$0 = h_0 - \left(v_0 \cdot 0{,}2\ \mathrm{s} + \frac{1}{2} g \cdot (0{,}2\ \mathrm{s})^2\right) \quad \text{oraz} \quad v_0 = g t_{AW} = 7{,}85\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$h_0 = 7{,}85\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 0{,}2\ \mathrm{s} + \frac{1}{2} \cdot 9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot (0{,}2\ \mathrm{s})^2$$

$$h_0 = 1{,}7662\ \mathrm{m} \approx 1{,}8\ \mathrm{m}$$

Sposób 4.

Zapiszemy równanie wynikające z zasady zachowania energii mechanicznej:

$$g h_{max} = \frac{v_0^2}{2} + g h_0 \quad \rightarrow \quad h_0 = h_{max} - \frac{v_0^2}{2g}$$

Wyznaczymy h_{max} oraz v_0:

$$h_{max} = \frac{1}{2} g t_{WB}^2 \quad \text{oraz} \quad v_0 = g t_{AW}$$

Z powyższych równań wynika:

$$h_0 = \frac{1}{2} g t_{WB}^2 - \frac{1}{2} g t_{AW}^2 = \frac{1}{2} \cdot 9{,}81 \cdot (1^2 - 0{,}8^2)\ \mathrm{m} = 1{,}7658\ \mathrm{m} \approx 1{,}8\ \mathrm{m}$$

Sposób 5.

Wyznaczymy równanie paraboli, której fragment jest wykresem zależności $h(t)$. Skorzystamy z postaci kanonicznej równania paraboli. Współczynnik wiodący równania paraboli oznaczymy jako k. Współrzędne wierzchołka to $W = (t_W;\ h_W) = (0{,}8\ ;\ h_{max})$ zatem:

$$1)\ h(t) = k(t - t_w)^2 + h_W \quad \rightarrow \quad 2)\ \ h(t) = k(t - 0{,}8)^2 + h_{max}$$

Uwaga! W równaniach podstawiamy wartości liczbowe lub symbole odpowiednich wielkości bez wypisywania jednostek, przy czym zakładamy, że są to jednostki podstawowe układu SI.

Do równania 2) podstawimy współrzędne punktów A i B:

$$\begin{cases} A = (0; h_0) \ \rightarrow h(t) \\ B = (1{,}8\ ;\ 0) \rightarrow h(t) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} h_0 = k(0 - 0{,}8)^2 + h_{max} \\ 0 = k(1{,}8 - 0{,}8)^2 + h_{max} \end{cases}$$

$$\begin{cases} h_0 = 0{,}64k + h_{max} \\ 0 = k \cdot 1^2 + h_{max} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} h_0 = 0{,}64 \cdot (-h_{max}\ ) + h_{max} \\ k = -h_{max} \end{cases}$$

Zatem:

$$\begin{cases} h_0 = 0{,}36 h_{max} \\ k = -h_{max} \end{cases}$$

- Przykładowy sposób 1. prowadzenia dalszego rachunku

Na podstawie równania ruchu jednostajnego opóźnionego: $h(t) = h_0 + v_0 t - \frac{at^2}{2}$, zauważamy, że współczynnik wiodący równania paraboli wynosi $k = -\frac{a}{2}$. Zatem:

$$\begin{cases} h_0 = 0{,}36 h_{max} \\ -\frac{g}{2} = -h_{max} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} h_0 = 0{,}36 \cdot \frac{g}{2} \\ h_{max} = \frac{g}{2} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} h_0 = 1{,}7685\ \text{m} \approx 1{,}77\ \text{m} \\ h_{max} = 4{,}905\ \text{m} \end{cases}$$

- Przykładowy sposób 2. prowadzenia dalszego rachunku

Obliczymy h_{max} ze wzoru na wysokość w spadku swobodnym:

$$h_{max} = \frac{1}{2} g t_{WB}^2 \quad \rightarrow \quad h_{max} = \frac{1}{2} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (1\ \text{s})^2 = 4{,}905\ \text{m}$$

Zatem:

$$h_0 = 0{,}36 h_{max} = 0{,}36 \cdot 4{,}905\ \text{m} \approx 1{,}77\ \text{m}$$