Pierwsza Ławka · zestaw działowy · liceum i technikum

Dział 12

# Grawitacja i elementy astronomii

Prawo powszechnego ciążenia, przyspieszenie grawitacyjne, prędkość orbitalna, prawa Keplera (orbity kołowe i eliptyczne), energia potencjalna grawitacji i prędkość ucieczki, nieważkość, budowa Wszechświata, prawo Hubble'a; tekst popularnonaukowy. Osiem kart: najważniejsze wiadomości z przykładami, ćwiczenia, zadania typu maturalnego, doświadczenie i materiał źródłowy, kartkówka (A i B) i sprawdzian (A i B) – z kluczem i zasadami oceniania.

Fizyka | klasa 2 LO i technikum | Dział 12 | zakres rozszerzony (ZR)

| | Karta | Rodzaj | Poziom | Zadania |
|---|---|---|---|---|
| 1 | **Grawitacja i elementy astronomii – najważniejsze wiadomości**<br>Teoria w pigułce, przykłady rozwiązane krok po kroku, rozgrzewka | Najważniejsze wiadomości | ZR | 4 zad. · 9 pkt |
| 2 | **Grawitacja i elementy astronomii – ćwiczenia podstawowe**<br>Ćwiczę umiejętności z działu | Ćwiczenia | ZR | 7 zad. · 18 pkt |
| 3 | **Grawitacja i elementy astronomii – zadania typu maturalnego**<br>Polecenia i punktacja jak na maturze 2027 z fizyki | Zadania typu maturalnego | ZR | 6 zad. · 16 pkt |
| 4 | **Grawitacja i elementy astronomii – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy**<br>Pomiary, wykres, niepewność, tekst i dane | Praca z materiałem źródłowym | ZR | 3 zad. · 15 pkt |
| 5 | **Kartkówka: grawitacja i astronomia – grupa A** | Kartkówka | ZR | 4 zad. · 8 pkt · 15 min |
| 6 | **Kartkówka: grawitacja i astronomia – grupa B** | Kartkówka | ZR | 4 zad. · 8 pkt · 15 min |
| 7 | **Sprawdzian: Grawitacja i elementy astronomii – grupa A** | Sprawdzian | ZR | 9 zad. · 21 pkt · 45 min |
| 8 | **Sprawdzian: Grawitacja i elementy astronomii – grupa B** | Sprawdzian | ZR | 9 zad. · 21 pkt · 45 min |

## Jak korzystać z zestawu

- Karta 1 przypomina najważniejsze prawa i wzory działu oraz pokazuje przykłady rozwiązane krok po kroku – od niej warto zacząć.
- Karta 2 to ćwiczenia podstawowe, karta 3 – zadania w formule matury 2027 z fizyki (polecenia i punktacja jak w arkuszach CKE), karta 4 – doświadczenie i materiał źródłowy (pomiary, wykres, tekst, dane).
- Karty 5–6 to kartkówka (15 minut), a karty 7–8 – sprawdzian (45 minut), każda w grupach A i B: te same typy zadań i ta sama punktacja, inne dane.
- Klucz na końcu: odpowiedzi, wymaganie z podstawy przy każdym zadaniu, przykładowe rozwiązania i zasady oceniania etapami, jak w zasadach oceniania CKE. Osobny plik „Powtórka": prawa i wzory (co jest w broszurze CKE), typowe błędy, test „Sprawdź się".

## Oznaczenia

| | |
|---|---|
| ZP | zakres podstawowy |
| ZR | zakres rozszerzony (treści tylko dla ZR) |
| (0–2 pkt) | liczba punktów możliwych do zdobycia za zadanie |
| Zadanie 4.1. | wiązka zadań do wspólnego materiału źródłowego |

## Wymagania z podstawy programowej (Dz.U. 2024 poz. 1019)

- **ZR I.2** posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych;
- **ZR I.17** przedstawia własnymi słowami główne tezy tekstu popularnonaukowego z dziedziny fizyki lub astronomii;
- **ZR IV.1** posługuje się prawem powszechnego ciążenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego; wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał;
- **ZR IV.2** stosuje do obliczeń związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem;
- **ZR IV.3** analizuje jakościowo wpływ siły grawitacji Słońca na niejednostajny ruch planet po orbitach eliptycznych i siły grawitacji planet na ruch ich księżyców;
- **ZR IV.4** wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej, oblicza wartość prędkości na orbicie kołowej o dowolnym promieniu; omawia ruch satelitów wokół Ziemi;
- **ZR IV.5** interpretuje III prawo Keplera jako konsekwencję prawa powszechnego ciążenia; stosuje do obliczeń III prawo Keplera dla orbit kołowych i eliptycznych;
- **ZR IV.6** interpretuje II prawo Keplera jako konsekwencję zasady zachowania momentu pędu;
- **ZR IV.7** oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i stosuje zasadę zachowania energii do ruchu pod wpływem siły grawitacji; posługuje się pojęciem drugiej prędkości kosmicznej (prędkości ucieczki);
- **ZR IV.8** opisuje stan nieważkości i stan przeciążenia oraz podaje warunki i przykłady jego występowania;
- **ZR IV.9** opisuje budowę Układu Słonecznego; wskazuje Słońce jako jedną z wielu gwiazd w Galaktyce oraz Galaktykę jako jedną z wielu galaktyk we Wszechświecie; posługuje się pojęciami jednostki astronomicznej, roku świetlnego;
- **ZR IV.10** opisuje Wielki Wybuch jako początek znanego nam Wszechświata; zna przybliżony wiek Wszechświata, opisuje rozszerzanie się Wszechświata (ucieczkę galaktyk); stosuje do obliczeń prawo Hubble'a jako proporcjonalność prostą między odległością względną dalekich galaktyk a ich prędkością względną.

Materiał oryginalny – zadania nie są kopiami zadań CKE ani podręczników. Podstawa programowa LO i technikum w brzmieniu z 2024 r. (Dz.U. 2024 poz. 1019). Wymagania (PR): I.2, I.17, IV.1, IV.2, IV.3, IV.4, IV.5, IV.6, IV.7, IV.8, IV.9, IV.10. Stałe fizyczne – według broszury CKE „Wybrane wzory i stałe fizykochemiczne na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki". Do użytku własnego i pracy z własnymi uczniami.

PIERWSZA ŁAWKA

# Grawitacja i elementy astronomii – najważniejsze wiadomości

Teoria w pigułce, przykłady rozwiązane krok po kroku, rozgrzewka

ZR KARTA 1/8

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ... / 9 pkt

Najważniejsze wiadomości · 9 pkt

## Przypomnij sobie

- **Prawo powszechnego ciążenia:** $F = G\frac{Mm}{r^2}$, $G = 6{,}674\cdot10^{-11}$ N·m²/kg² ($r$ – odległość środków ciał kulistych). Siła grawitacji jest przyczyną spadania ciał, ruchu planet wokół Słońca i księżyców wokół planet.
- **Przyspieszenie grawitacyjne** na powierzchni planety: $g = \frac{GM}{R^2}$; na wysokości $h$: $g_h = \frac{GM}{(R+h)^2}$.
- **Orbita kołowa:** siła grawitacji jest siłą dośrodkową: $\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, $T = \frac{2\pi r}{v}$ (nie zależy od masy satelity). Satelita geostacjonarny: okres równy dobie gwiazdowej, orbita w płaszczyźnie równika.
- **Prawa Keplera:** I – orbity są elipsami, Słońce (planeta) w ognisku; II – promień wodzący zakreśla w równych czasach równe pola – to skutek zasady zachowania momentu pędu ($mv_P r_P = mv_A r_A$, najszybciej w peryhelium); III – $\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$, gdzie $a = \frac{r_P + r_A}{2}$ – półoś wielka (dla okręgu $a = r$).
- **Energia potencjalna grawitacji:** $E_p = -\frac{GMm}{r}$ (zero w nieskończoności). Wzór $mgh$ jest przybliżeniem tylko dla $h \ll R$. Zasada zachowania energii: $\frac{mv_1^2}{2} - \frac{GMm}{r_1} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{GMm}{r_2}$. **Druga prędkość kosmiczna** (ucieczki): $v_{II} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$; z Ziemi ok. 11,2 km/s.
- **Nieważkość** – stan, w którym ciało porusza się tylko pod wpływem grawitacji (spadek swobodny, orbita, lot balistyczny); nacisk na podłoże jest równy zero, choć siła grawitacji działa. **Przeciążenie** – nacisk większy niż ciężar (start rakiety, wyjście z pętli, hamowanie).
- **Budowa Wszechświata:** Układ Słoneczny – Słońce, 8 planet, planety karłowate, księżyce, planetoidy, komety. Słońce jest jedną ze ok. $10^{11}$ gwiazd Galaktyki (Drogi Mlecznej), a Galaktyka – jedną z miliardów galaktyk. 1 au = $1{,}496\cdot10^{11}$ m (średnia odległość Ziemia–Słońce); rok świetlny – droga światła w próżni w ciągu roku ($9{,}46\cdot10^{15}$ m).
- **Wielki Wybuch i prawo Hubble'a:** Wszechświat powstał ok. 13,8 mld lat temu i się rozszerza – dalekie galaktyki oddalają się od nas z prędkością $v = H_0 r$, $H_0 \approx 70$ km/(s·Mpc), gdzie 1 Mpc = $3{,}086\cdot10^{22}$ m. Odwrotność $\frac{1}{H_0}$ to oszacowanie wieku Wszechświata.

## Przykłady z rozwiązaniem

**Przykład 1. Oblicz wartość przyspieszenia grawitacyjnego na powierzchni Marsa (masa $6{,}4169\cdot10^{23}$ kg, promień równikowy 3396 km – dane NASA). Wynik podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących.**

$g = \frac{GM}{R^2} = 6{,}674\cdot10^{-11} \cdot 6{,}4169\cdot10^{23} : (3{,}3962\cdot10^{6})^2$ m/s² ≈ **3,71 m/s²** – ok. 38% wartości na Ziemi.

**Przykład 2.** **Satelita obserwacyjny krąży po orbicie kołowej na wysokości 700 km nad Ziemią. Oblicz wartość jego prędkości i okres obiegu. Wyniki podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących.**

$r = R_Z + h = 7078$ km. $v = \sqrt{\frac{GM_Z}{r}} = \sqrt{(3{,}986 \cdot 10^{14} : 7{,}078 \cdot 10^{6})}$ m/s ≈ **7,50 km/s**.

$T = \frac{2\pi r}{v} \approx 5926$ s ≈ **98,8 min**.

**Przykład 3.** **Oblicz drugą prędkość kosmiczną dla Ziemi. Wynik podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących.**

Zasada zachowania energii: $\frac{mv^2}{2} - \frac{GMm}{R} = 0$ (ciało „dociera do nieskończoności" z zerową prędkością).

$v_{II} = \sqrt{\frac{2GM_Z}{R_Z}} = \sqrt{(2 \cdot 3{,}986 \cdot 10^{14} : 6{,}378 \cdot 10^{6})}$ m/s ≈ **11,2 km/s**.

**Przykład 4.** **Galaktyka leży w odległości 200 Mpc. Oblicz, z jaką prędkością się od nas oddala, i oszacuj wiek Wszechświata jako $1/H_0$. Przyjmij, że $H_0 = 70$ km/(s·Mpc), 1 Mpc = $3{,}086 \cdot 10^{22}$ m = $3{,}086 \cdot 10^{19}$ km, 1 rok = $3{,}156 \cdot 10^{7}$ s.**

$v = H_0 r = 70 \cdot 200$ km/s = **14000 km/s**.

$\frac{1}{H_0} = 3{,}086 \cdot 10^{19}$ km : 70 km/s ≈ $4{,}4 \cdot 10^{17}$ s ≈ $1{,}4 \cdot 10^{10}$ roku ≈ **14 mld lat** (zgodne z wiekiem ok. 13,8 mld lat).

## Zadania

### Zadanie 1. (0–2 pkt) ..... / 2

Oblicz wartość siły, którą Ziemia przyciąga Księżyc. Masę Ziemi odczytaj z karty wzorów; masa Księżyca $7{,}346 \cdot 10^{22}$ kg, odległość ich środków $3{,}844 \cdot 10^{8}$ m. Wynik zapisz w notacji wykładniczej z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

### Zadanie 2. (0–3 pkt) ..... / 3

Oceń, czy zdanie jest prawdziwe (P), czy fałszywe (F).

| | | |
|---|---|---|
| 1. Siła grawitacji, którą Ziemia działa na Księżyc, ma tę samą wartość co siła, którą Księżyc działa na Ziemię. | **P** | **F** |
| 2. Astronauta na orbicie wokół Ziemi jest w stanie nieważkości, bo nie działa na niego siła grawitacji. | **P** | **F** |
| 3. Planeta porusza się najszybciej, gdy jest najbliżej Słońca. | **P** | **F** |

### Zadanie 3. (0–3 pkt) ..... / 3

Uzupełnij zdania.

1. Średnia odległość Ziemi od Słońca to jedna _____ .
2. Rok świetlny jest jednostką _____ .
3. Galaktyka, do której należy Słońce, to _____ .

# Grawitacja i elementy astronomii – ćwiczenia podstawowe

Ćwiczę umiejętności z działu

ZR

KARTA 2/8

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 18 pkt

Ćwiczenia · 18 pkt

**Zadanie 1.** (0–2 pkt) ..... / 2

Oblicz wartość przyspieszenia grawitacyjnego na wysokości 400 km nad Ziemią (orbita stacji kosmicznych). Masę i promień Ziemi odczytaj z karty wzorów. Wynik podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących. Wyjaśnij, dlaczego załoga stacji jest w stanie nieważkości.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 2.** (0–3 pkt) ..... / 3

Satelita geostacjonarny obiega Ziemię z okresem równym dobie gwiazdowej 86164 s. Oblicz promień jego orbity i wysokość nad powierzchnią Ziemi. Wysokość podaj w kilometrach z dokładnością do trzech cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 3.** (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Planeta karłowata obiega Słońce po orbicie o półosi wielkiej 4 au. Jej okres obiegu jest równy

A. 16 lat. B. 4 lata. C. 8 lat. D. 64 lata.

**Zadanie 4.** (0–3 pkt) ..... / 3

Oceń, czy zdanie jest prawdziwe (P), czy fałszywe (F).

| | | |
|---|---|---|
| 1. Na orbicie eliptycznej siła grawitacji Słońca w peryhelium ma największą wartość. | P | F |
| 2. Na orbicie eliptycznej moment pędu planety względem Słońca jest stały. | P | F |
| 3. Na orbicie eliptycznej energia kinetyczna planety jest stała. | P | F |

**Zadanie 5.** (0–3 pkt) ..... / 3

Satelitę o masie 1000 kg przeniesiono z powierzchni Ziemi na orbitę odległą od środka Ziemi o $2R_Z$. Oblicz przyrost jego energii potencjalnej grawitacji i porównaj go z wynikiem wzoru $mgh$ dla $h = R_Z$ i g = 9,81 m/s². Wyniki podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 6.** (0–4 pkt) ..... / 4

Przyporządkuj każdemu pojęciu (1–4) właściwy opis (a–d).

| | |
|---|---|
| 1. jednostka astronomiczna | a) układ ok. $10^{11}$ gwiazd, w tym Słońca |
| 2. rok świetlny | b) początek znanego nam Wszechświata ok. 13,8 mld lat temu |
| 3. Galaktyka (Droga Mleczna) | c) średnia odległość Ziemi od Słońca |
| 4. Wielki Wybuch | d) droga, którą światło przebywa w próżni w ciągu roku |

1 ____ 2 ____ 3 ____ 4 ____

**Zadanie 7.** (0–2 pkt) ..... / 2

Galaktyka oddala się od nas z prędkością 10500 km/s. Oblicz jej odległość w Mpc i w metrach. Przyjmij, że $H_0$ = 70 km/(s·Mpc), 1 Mpc = $3{,}086 \cdot 10^{22}$ m. Odległość w metrach podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

# Grawitacja i elementy astronomii – zadania typu maturalnego

Polecenia i punktacja jak na maturze 2027 z fizyki

ZR

KARTA 3/8

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 16 pkt

Zadania typu maturalnego · 16 pkt

## Zadanie 1. (0–1 pkt) ..... / 1

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń. Wybierz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

| | | |
|---|---|---|
| 1. W czasie startu rakiety astronauta jest w stanie przeciążenia – naciska na fotel siłą większą niż jego ciężar. | P | F |
| 2. Skoczek spadochronowy opadający ze stałą prędkością jest w stanie nieważkości. | P | F |

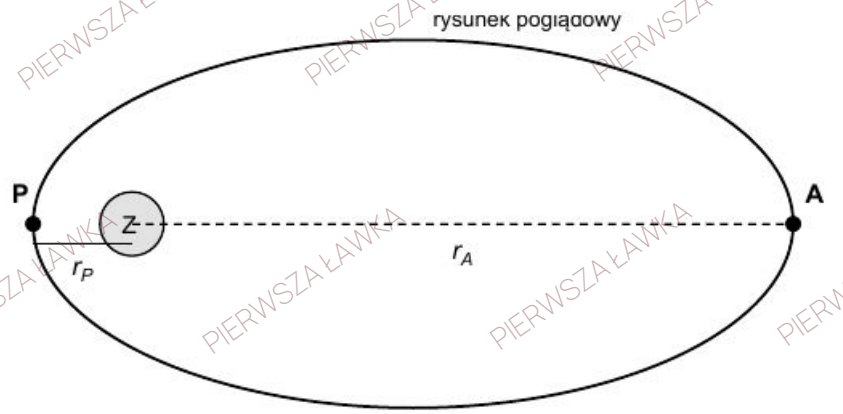
## Zadanie 2. (0–7 pkt)

Satelity łączności typu Mołnia krążą po silnie wydłużonej orbicie eliptycznej. Satelita Mołnia 1-71 ma perygeum P ok. 530 km, a apogeum A – ok. 39 900 km nad powierzchnią Ziemi (dane: https://in-the-sky.org/spacecraft.php?id=18946; parametry orbity z czasem nieco się zmieniają). Dzięki temu satelita długo przebywa nad wysokimi szerokościami geograficznymi.

Przyjmij, że:

- na satelitę działa tylko siła grawitacji Ziemi;
- masę i promień Ziemi odczytujesz z karty wzorów.

rysunek poglądowy




## Zadanie 2.1. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Iloraz wartości prędkości satelity w perygeum do wartości prędkości w apogeum jest równy około

A. 0,15. B. 2,6. C. 6,7. D. 45.

**Zadanie 4.** (0–2 pkt) ..... / 2

Wykaż, że druga prędkość kosmiczna dla ciała startującego z odległości $r$ od środka planety jest $\sqrt{2}$ razy większa niż prędkość na orbicie kołowej o promieniu $r$. Powołaj się na: • zasadę zachowania energii; • warunek ruchu po okręgu.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 5.** (0–3 pkt) ..... / 3

Z powierzchni Marsa (masa $6{,}4169 \cdot 10^{23}$ kg, promień 3396 km – NASA) wystrzelono pionowo w górę próbnik z prędkością 3,0 km/s. Oblicz maksymalną wysokość, na jaką się wzniesie. Pomiń opór atmosfery i obrót planety. Wynik podaj w kilometrach z dokładnością do dwóch cyfr znaczących i porównaj z wynikiem wzoru $h = \frac{v^2}{2g}$ dla $g = 3{,}71\ \mathrm{m/s^2}$. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 6.** (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Gdyby zmierzona wartość stałej Hubble'a okazała się większa, wiek Wszechświata oszacowany jako $\frac{1}{H_0}$ byłby

A. taki sam.
B. większy.
C. niemożliwy do oszacowania.
D. mniejszy.

# Grawitacja i elementy astronomii – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy

Pomiary, wykres, niepewność, tekst i dane

ZR KARTA 4/8

Imię i nazwisko: ..... Klasa: ..... Data: ..... Wynik: ..... / 15 pkt

Praca z materiałem źródłowym · 15 pkt

## Zadanie 1. (0–6 pkt)

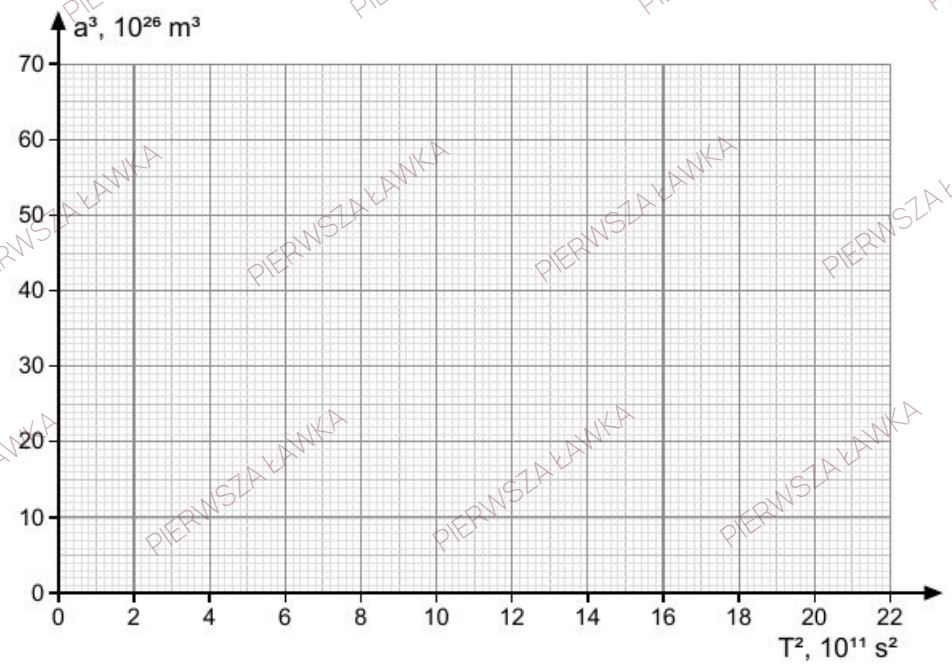
Uczniowie przez kilka tygodni fotografowali Jowisza przez teleskop i z położeń czterech księżyców galileuszowych wyznaczyli promienie ich orbit $a$ i okresy obiegu $T$. Ich wyniki okazały się zgodne z danymi NASA (https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/joviansatfact.html), które podano w tabeli.
Uczniowie obliczyli $a^3$ i $T^2$.
Przyjmij, że orbity są kołowe, a masy księżyców są pomijalne wobec masy Jowisza.

| Księżyc | Io | Europa | Ganimedes | Kallisto |
|---|---|---|---|---|
| a, $10^8$ m | 4,218 | 6,711 | 10,704 | 18,827 |
| T, d | 1,769 | 3,551 | 7,155 | 16,689 |
| $T^2$, $10^{11}$ $s^2$ | 0,234 | 0,941 | 3,821 | 20,792 |
| $a^3$, $10^{26}$ $m^3$ | 0,750 | 3,02 | 12,3 | 66,7 |

### Zadanie 1.1. (0–2 pkt) ..... / 2

Na siatce zaznacz punkty ($T^2$, $a^3$) i narysuj prostą najlepiej dopasowaną do punktów, przechodzącą przez początek układu współrzędnych.

Miejsce na odpowiedź



**Zadanie 1.2.** (0–3 pkt) ..... / 3

Korzystając z nachylenia narysowanej prostej, wyznacz masę Jowisza. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 1.3.** (0–1 pkt) ..... / 1

Wyjaśnij, dlaczego punkty wszystkich czterech księżyców leżą na jednej prostej przechodzącej przez początek układu współrzędnych.

Miejsce na odpowiedź

**Zadanie 2.** (0–5 pkt)

Przeczytaj tekst i wykonaj zadania. Przyjmij, że 1 Mpc = $3{,}086 \cdot 10^{19}$ km, a 1 rok = $3{,}156 \cdot 10^{7}$ s.

**Ile lat ma Wszechświat?**

Pierwsze pomiary prędkości oddalania się galaktyk wykonane w latach 20. XX wieku pokazały, że Wszechświat się rozszerza. Tempo tego rozszerzania opisuje stała Hubble'a. Dziś mierzy się ją dwiema niezależnymi drogami.

Pierwsza wykorzystuje promieniowanie tła – „echo" Wielkiego Wybuchu. Z pomiarów satelity Planck (ESA) wynika $H_0 = 67{,}4 \pm 0{,}5$ km/(s·Mpc) i wiek Wszechświata 13,8 mld lat. Druga mierzy odległości bliskich galaktyk za pomocą gwiazd zmiennych (cefeid) i bardzo jasnych wybuchów gwiazd o znanej mocy promieniowania. Zespół SH0ES podał w 2022 r. $H_0 = 73{,}04 \pm 1{,}04$ km/(s·Mpc).

Różnica jest kilka razy większa niż niepewności obu pomiarów. Astronomowie nazywają ją „napięciem Hubble'a". Jeśli nie wynika z niewykrytego błędu, może oznaczać, że nasz model Wszechświata jest niepełny.

*Opracowano na podstawie: Planck Collaboration, A&A 641, A6 (2020), https://arxiv.org/abs/1807.06209; A.G. Riess i in., ApJL 934, L7 (2022), https://arxiv.org/abs/2112.04510; CERN Courier, https://cerncourier.com/a/the-hubble-tension/.*

**Zadanie 2.1.** (0–2 pkt) ..... / 2

Oblicz $\frac{1}{H_0}$ dla obu wartości stałej Hubble'a podanych w tekście. Wyniki podaj w miliardach lat z dokładnością do trzech cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 2.2.** (0–2 pkt) ..... / 2

Przedstaw własnymi słowami, na czym polega problem opisany w tekście i dlaczego naukowcy uznają go za ważny.

Miejsce na odpowiedź

**Zadanie 2.3.** (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Galaktyka oddala się od nas z prędkością 7000 km/s. Odległość obliczona z prawa Hubble'a dla $H_0$ = 73,04 km/(s·Mpc) w porównaniu z odległością obliczoną dla $H_0$ = 67,4 km/(s·Mpc) jest

A. taka sama.

B. mniejsza o ok. 8%.

C. mniejsza o ok. 50%.

D. większa o ok. 8%.

**Zadanie 3.** (0–4 pkt)

Mars ma dwa małe księżyce. Według NASA (https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/marsfact.html) Fobos krąży w odległości 9378 km od środka Marsa z okresem 0,31891 doby, a Deimos – w odległości 23 459 km z okresem 1,26244 doby. Przyjmij, że orbity są kołowe, a 1 doba = 86 400 s.

**Zadanie 3.1.** (0–2 pkt) ..... / 2

Oblicz masę Marsa z danych dla Fobosa. Wynik podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących i porównaj z masą $6{,}4169 \cdot 10^{23}$ kg podaną przez NASA. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 3.2.** (0–2 pkt) ..... / 2

Korzystając z III prawa Keplera i danych dla Fobosa, oblicz okres obiegu Deimosa. Wynik podaj w dobach z dokładnością do czterech cyfr znaczących i porównaj z wartością podaną przez NASA. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

# Kartkówka: grawitacja i astronomia – grupa A

ZR

KARTA 5/8

Imię i nazwisko: ..... Klasa: ..... Data: ..... Wynik: ..... / 8 pkt

Kartkówka · 15 minut · 8 pkt

**Zadanie 1.** (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Odległość między środkami dwóch ciał stała się trzy razy większa. Wartość siły grawitacji między nimi

A. zmalała 9 razy. B. zmalała 3 razy. C. wzrosła 2 razy. D. wzrosła 4 razy.

**Zadanie 2.** (0–2 pkt) ..... / 2

Hipotetyczna planeta ma masę $2{,}0 \cdot 10^{24}$ kg i promień $3{,}0 \cdot 10^{6}$ m. Oblicz wartość przyspieszenia grawitacyjnego na jej powierzchni. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 3.** (0–3 pkt) ..... / 3

Satelita krąży po orbicie kołowej na wysokości 1000 km nad Ziemią. Oblicz wartość jego prędkości i okres obiegu w minutach. Masę i promień Ziemi odczytaj z karty wzorów. Wyniki podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 4.** (0–2 pkt) ..... / 2

Galaktyka oddala się od nas z prędkością 8400 km/s. Oblicz jej odległość. Przyjmij, że $H_0 = 70$ km/(s·Mpc). Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

PIERWSZA ŁAWKA

CO JESZCZE JEST W ŚRODKU

# Grawitacja i elementy astronomii – kartkówka, sprawdzian i karty pracy z powtórką, fizyka, klasa 2 LO i technikum (zakres rozszerzony)

Podgląd pokazał 12 z 37 stron. Pełna wersja: 37 stron A4, PDF do druku i DOCX do edycji.

- Karta 1: Grawitacja i elementy astronomii – najważniejsze wiadomości – 4 zadania, 9 pkt
- Karta 2: Grawitacja i elementy astronomii – ćwiczenia podstawowe – 7 zadań, 18 pkt
- Karta 3: Grawitacja i elementy astronomii – zadania typu maturalnego – 6 zadań, 16 pkt
- Karta 4: Grawitacja i elementy astronomii – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy – 3 zadania, 15 pkt
- Karta 5: Kartkówka: grawitacja i astronomia – grupa A – 4 zadania, 8 pkt
- Karta 6: Kartkówka: grawitacja i astronomia – grupa B – 4 zadania, 8 pkt
- Karta 7: Sprawdzian: Grawitacja i elementy astronomii – grupa A – 9 zadań, 21 pkt
- Karta 8: Sprawdzian: Grawitacja i elementy astronomii – grupa B – 9 zadań, 21 pkt Karta 1 przypomina teorię i pokazuje przykłady rozwiązane krok po kroku, dalej ćwiczenia, zadania

Kup pełną wersję – plik od razu na e-mail
pierwszalawka.pl/material/fizyka-liceum-klasa-2-dzial-12-grawitacja-i-astronomia-zakres-rozszerzony