INFORMATOR
o **egzaminie maturalnym** z **fizyki**

od roku szkolnego 2024/2025

Dodatkowe zadania egzaminacyjne w języku obcym nowożytnym:

angielskim
francuskim
hiszpańskim
niemieckim
rosyjskim
włoskim

Centralna Komisja Egzaminacyjna
Warszawa 2024

Zespół redakcyjny:

Mariusz Mroczek (CKE)
dr Lidia Szymczak-Mazur (OKE Jaworzno)
dr hab. Andrzej Kowalczyk (język angielski)
Katarzyna Gańko (język francuski) (CKE)
Krystyna Łapieńska-Rey, Anna Łochowska (język hiszpański) (CKE)
Marek Spławiński (język niemiecki) (CKE)
dr Yuliya Khadyniuk (język rosyjski) (CKE)
Dorota Mierzejewska (język włoski) (CKE)
dr Wioletta Kozak (CKE)

Recenzenci:

dr Waldemar Berej
dr Jerzy Brojan
Daniel Podobinski (język angielski)
Michel Tekoutcheff (język francuski)
David Vargas Vargas (język hiszpański)
Ulf Bornmann (język niemiecki)
Iryna Krasnouskaja (język rosyjski)
dr hab. Stefano Redaelli (język włoski)

Informator został opracowany przez Centralną Komisję Egzaminacyjną we współpracy z okręgowymi komisjami egzaminacyjnymi.

Centralna Komisja Egzaminacyjna
ul. Józefa Lewartowskiego 6, 00-190 Warszawa
tel. 22 536 65 00
sekretariat@cke.gov.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Gdańsku
ul. Na Stoku 49, 80-874 Gdańsk
tel. 58 320 55 90
komisja@oke.gda.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Jaworznie
ul. Adama Mickiewicza 4, 43-600 Jaworzno
tel. 32 784 16 00
sekretariat@oke.jaworzno.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Krakowie
os. Szkolne 37, 31-978 Kraków
tel. 12 683 21 01
oke@oke.krakow.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Łomży
al. Legionów 9, 18-400 Łomża
tel. 86 473 71 20
sekretariat@oke.lomza.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Łodzi
ul. Ksawerego Praussa 4, 94-203 Łódź
tel. 42 664 80 60
sekretariat@lodz.oke.gov.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Poznaniu
ul. Gronowa 22, 61-655 Poznań
tel. 61 854 01 60
sekretariat@oke.poznan.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Warszawie
ul. Józefa Bema 87, 01-233 Warszawa
tel. 22 457 03 35
info@oke.waw.pl

Okręgowa Komisja Egzaminacyjna we Wrocławiu
ul. Tadeusza Zielińskiego 57, 53-533 Wrocław
tel. 71 785 18 94
sekretariat@oke.wroc.pl

Spis treści

1. Opis egzaminu maturalnego z fizyki – dodatkowe zadania egzaminacyjne w języku obcym nowożytnym **5**
Wstęp **5**
Zadania na egzaminie **5**
Opis zestawu dodatkowych zadań egzaminacyjnych w języku obcym nowożytnym **7**
Zasady oceniania **7**
Materiały i przybory pomocnicze **9**

2. Przykładowe zestawy dodatkowych zadań egzaminacyjnych w języku obcym nowożytnym **11**
Zestaw dodatkowych zadań w języku angielskim **13**
Zestaw dodatkowych zadań w języku francuskim **27**
Zestaw dodatkowych zadań w języku hiszpańskim **41**
Zestaw dodatkowych zadań w języku niemieckim **55**
Zestaw dodatkowych zadań w języku rosyjskim **69**
Zestaw dodatkowych zadań w języku włoskim **83**

3. Zasady oceniania rozwiązań zadań **97**

1. Opis egzaminu maturalnego z fizyki – dodatkowe zadania egzaminacyjne w języku obcym nowożytnym

WSTĘP

Fizyka jest jednym z przedmiotów do wyboru na egzaminie maturalnym. Każdy maturzysta może przystąpić do egzaminu maturalnego z fizyki na poziomie rozszerzonym jako przedmiotu dodatkowego. Natomiast absolwent szkoły lub oddziału dwujęzycznego na egzaminie maturalnym z przedmiotu fizyka, nauczanego w języku w obcym będącym drugim językiem nauczania, zdawanego jako przedmiot dodatkowy, rozwiązuje w języku polskim zadania egzaminacyjne przygotowane dla absolwentów zdających egzamin maturalny w języku polskim oraz może rozwiązać w języku obcym nowożytnym (będącym drugim językiem nauczania) dodatkowe zadania egzaminacyjne przygotowane w tym języku.

Dodatkowe zadania egzaminacyjne w języku obcym nowożytnym obejmują wymagania określone w podstawie programowej kształcenia ogólnego dla szkoły ponadpodstawowej[1] w zakresie rozszerzonym, obejmującym także zakres podstawowy.

Informator o egzaminie maturalnym z fizyki dla zdających egzamin maturalny w języku polskim jest dostępny tutaj.

Niniejszy *Informator* prezentuje przykładowy zestaw z dodatkowymi zadaniami egzaminacyjnymi w języku obcym nowożytnym wraz z zasadami oceniania rozwiązań zadań. Do każdego zadania dodano wykaz wymagań ogólnych i szczegółowych z podstawy programowej kształcenia ogólnego. Zadania w przykładowym zestawie nie ilustrują wszystkich wymagań z zakresu fizyki określonych w podstawie programowej, nie wyczerpują również wszystkich typów zadań, które mogą wystąpić w zestawie dodatkowych zadań egzaminacyjnych.

ZADANIA NA EGZAMINIE

W zestawie dodatkowych zadań egzaminacyjnych znajdą się zarówno zadania zamknięte, jak i otwarte.

Zadania zamknięte to takie, w których zdający wybiera odpowiedź spośród podanych. Wśród zadań zamkniętych znajdą się m.in.:

- zadania wyboru wielokrotnego
- zadania typu prawda-fałsz
- zadania na dobieranie.

[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).

Zadania otwarte to takie, w których zdający samodzielnie formułuje odpowiedź. Wśród zadań otwartych znajdą się m.in.:

- zadania z luką, wymagające uzupełnienia zdania albo zapisania odpowiedzi jednym lub kilkoma wyrazami, symbolami lub wzorami fizycznymi, w tym wykonania lub uzupełniania rysunku, diagramu, tabeli, wykresu, zależności między wielkościami, równania
- zadania krótkiej odpowiedzi, wymagające (1) przeprowadzenia obliczeń lub wyprowadzenia zależności pomiędzy wielkościami fizycznymi, (2) ustalania i/lub uzasadniania prawidłowych stwierdzeń dotyczących zjawisk fizycznych i ich modeli, opisywania zjawisk fizycznych lub doświadczeń, przedstawiania tez i formułowania hipotez.

Przedstawione przez zdającego rozwiązanie zadania otwartego, w którym zdający m.in. oblicza, wyprowadza, wykazuje, uzasadnia, musi prezentować pełny tok rozumowania, uwzględniać warunki zadania, a także odwoływać się do praw i zależności fizycznych oraz matematycznych. Oznaczenia stosowane w rozwiązaniu przez zdającego muszą jednoznacznie umożliwiać identyfikację wielkości fizycznych opisanych w treści zadania i polecenia.

Wszystkie zadania egzaminacyjne będą sprawdzały poziom opanowania umiejętności określonych w następujących wymaganiach ogólnych w podstawie programowej kształcenia ogólnego dla szkoły ponadpodstawowej (w nawiasach zapisano numery celów kształcenia podstawy programowej):

- wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości (I)
- rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych (II)
- planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników (III)
- posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych i źródeł internetowych, oraz ocenianie wiarygodności źródeł (IV)
- budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych (V).

Zadania egzaminacyjne będą dotyczyły następujących obszarów tematycznych fizyki (w nawiasach zapisano numery treści nauczania podstawy programowej):

- mechanika punktu materialnego i bryły sztywnej (II, III)
- grawitacja i elementy astronomii (IV)
- drgania, fale i optyka (V, X)
- elektryczność i magnetyzm (VII, VIII, IX)
- własności materii, termodynamika, hydrostatyka i aerostatyka (II, VI)
- elementy fizyki atomowej i jądrowej (XI, XII).

Niezależnie od wymienionych powyżej obszarów tematycznych, zadania egzaminacyjne sprawdzą również umiejętności określone w wymaganiach przekrojowych (określonych w pkt I treści nauczania podstawy programowej).

OPIS ZESTAWU DODATKOWYCH ZADAŃ EGZAMINACYJNYCH W JĘZYKU OBCYM NOWOŻYTNYM

Egzamin maturalny z fizyki w języku polskim trwa 180 minut[2], natomiast czas przeznaczony na rozwiązanie dodatkowych zadań w języku obcym wynosi 80 minut[2]. Zestaw dodatkowych zadań w języku obcym rozwiązuje się w terminie określonym w *Komunikacie dyrektora CKE w sprawie harmonogramu przeprowadzania egzaminu maturalnego* w danym roku szkolnym.

W zestawie dodatkowych zadań egzaminacyjnych znajdzie się od 12 do 18 zadań, które mogą być ujęte w od 3 do 5 wiązek tematycznych. Numeracja zadań w zestawie uwzględnia numer wiązki i numer danego zadania w wiązce. Łączna liczba punktów, jakie można uzyskać za prawidłowe rozwiązanie wszystkich zadań, jest równa 25.

Liczbę zadań oraz liczbę punktów możliwych do uzyskania za poszczególne rodzaje zadań w całym zestawie przedstawiono w poniższej tabeli.

Rodzaj zadań	Liczba zadań	Łączna liczba punktów	Udział w wyniku sumarycznym
zamknięte	6–10	6–12	ok. 35%
otwarte	5–9	13–19	ok. 65%
RAZEM	**12–18**	**25**	**100%**

W zestawie dodatkowych zdań egzaminacyjnych będą występowały wiązki zadań lub pojedyncze zadania. Wiązka zadań to zestaw od dwóch do pięciu zadań występujących we wspólnym kontekście tematycznym, którym jest opisane zjawisko fizyczne, doświadczenie, obserwacja, materiał źródłowy itp. Każde z zadań wiązki będzie można rozwiązać niezależnie od rozwiązania innych zadań w danej wiązce. Wiązka zadań może się składać zarówno z zadań zamkniętych, jak i z zadań otwartych.

ZASADY OCENIANIA

Zadania zamknięte

Zadania zamknięte są oceniane – w zależności od maksymalnej liczby punktów, jaką można uzyskać za rozwiązanie danego zadania – zgodnie z poniższymi zasadami:

1 pkt – odpowiedź poprawna.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

ALBO

2 pkt – odpowiedź całkowicie poprawna.
1 pkt – odpowiedź częściowo poprawna lub odpowiedź niepełna.
0 pkt – odpowiedź całkowicie niepoprawna albo brak odpowiedzi.

---

[2] Czas trwania egzaminu może zostać wydłużony w przypadku zdających ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi, w tym niepełnosprawnych, oraz w przypadku cudzoziemców. Szczegóły są określane w *Komunikacie dyrektora Centralnej Komisji Egzaminacyjnej w sprawie szczegółowych sposobów dostosowania warunków i form przeprowadzania egzaminu maturalnego* w danym roku szkolnym.

Zadania otwarte

Za poprawne rozwiązanie zadania otwartego będzie można otrzymać maksymalnie 1, 2, 3 lub 4 punkty. Za każde poprawne rozwiązanie, inne niż opisane w zasadach oceniania, można przyznać maksymalną liczbę punktów, o ile rozwiązanie jest merytorycznie poprawne, zgodne z poleceniem i warunkami zadania.

Zadania otwarte są oceniane – w zależności od maksymalnej liczby punktów, jaką można uzyskać za rozwiązanie danego zadania – zgodnie z poniższymi zasadami:

Zadania otwarte, w których zdający udziela odpowiedzi opisowej

- w przypadku zadania, za którego rozwiązanie można otrzymać maksymalnie 1 pkt:

  1 pkt – odpowiedź poprawna.
  0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

- w przypadku zadania, za którego rozwiązanie można otrzymać maksymalnie 2 pkt:

  2 pkt – odpowiedź całkowicie poprawna.
  1 pkt – odpowiedź częściowo poprawna lub odpowiedź niepełna.
  0 pkt – odpowiedź całkowicie niepoprawna albo brak odpowiedzi.

Zadania otwarte, w których zdający wykonuje lub uzupełnia rysunek, wykres, diagram, tabelę, zależność lub uzupełnia tekst kilkoma wyrazami albo wykonuje proste obliczenie

- w przypadku zadania, za którego rozwiązanie można otrzymać maksymalnie 1 pkt:

  1 pkt – rozwiązanie poprawne.
  0 pkt – rozwiązanie niepoprawne lub niepełne albo brak rozwiązania.

- w przypadku zadania, za którego rozwiązanie można otrzymać maksymalnie 2 pkt:

  2 pkt – rozwiązanie całkowicie poprawne.
  1 pkt – rozwiązanie częściowo poprawne lub rozwiązanie niepełne.
  0 pkt – rozwiązanie całkowicie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Zadania otwarte, dla których określono poszczególne etapy ich rozwiązania (np. niewielki postęp, istotny postęp, zasadnicze trudności zadania)

- w przypadku zadania, za którego rozwiązanie można otrzymać maksymalnie 2 pkt:

  2 pkt – rozwiązanie poprawne.
  1 pkt – rozwiązanie, w którym zostały pokonane zasadnicze trudności zadania, ale rozwiązanie nie zostało doprowadzone poprawnie do końcowej postaci.
  0 pkt – rozwiązanie, w którym nie zostały pokonane zasadnicze trudności zadania, albo brak rozwiązania.

- w przypadku zadania, za którego rozwiązanie można otrzymać maksymalnie 3 pkt:

  3 pkt – rozwiązanie poprawne.
  2 pkt – rozwiązanie, w którym zostały pokonane zasadnicze trudności zadania, ale rozwiązanie nie zostało doprowadzone poprawnie do końcowej postaci.
  1 pkt – rozwiązanie, w którym dokonany został istotny postęp, ale nie zostały pokonane zasadnicze trudności zadania.
  0 pkt – rozwiązanie, w którym nie ma istotnego postępu, albo brak rozwiązania.

- w przypadku zadania, za którego rozwiązanie można otrzymać maksymalnie 4 pkt:

  4 pkt – rozwiązanie poprawne.
  3 pkt – rozwiązanie, w którym zostały pokonane zasadnicze trudności zadania, ale rozwiązanie nie zostało doprowadzone poprawnie do końcowej postaci.
  2 pkt – rozwiązanie, w którym dokonany został istotny postęp, ale nie zostały pokonane zasadnicze trudności zadania.
  1 pkt – rozwiązanie, w którym dokonany został niewielki postęp, ale konieczny do rozwiązania zadania.
  0 pkt – rozwiązanie, w którym nie ma niewielkiego postępu, albo brak rozwiązania.

W rozwiązaniu zadań otwartych, dla których określono poszczególne etapy ich rozwiązania, wyróżniony został najważniejszy etap, nazywany pokonaniem zasadniczych trudności zadania. Przyjęto zasadę, że za pokonanie zasadniczych trudności zadania przyznaje się co najmniej połowę punktów, jakie można otrzymać za bezbłędne rozwiązanie danego zadania. Przed pokonaniem zasadniczych trudności zadania wyróżnia się jeszcze jeden etap (w przypadku zadań za 3 pkt) lub dwa etapy poprzedzające (w przypadku zadań za 4 pkt): dokonanie istotnego postępu w rozwiązaniu zadania oraz/lub dokonanie niewielkiego postępu, który jest konieczny do rozwiązania zadania.

Etapy rozwiązania dla każdego zadania będą opisane w zasadach oceniania dla danego zadania. Ponadto dla różnych sposobów rozwiązania danego zadania te same etapy będą opisywały w zasadach oceniania jakościowo równoważny postęp na drodze do rozwiązania zadania.

MATERIAŁY I PRZYBORY POMOCNICZE NA EGZAMINIE Z FIZYKI

Przybory pomocnicze, z których mogą korzystać zdający na egzaminie maturalnym z fizyki (w języku polskim oraz w języku obcym nowożytnym), to:

- linijka
- kalkulator naukowy
- *Wybrane wzory i stałe fizykochemiczne na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*.

Szczegółowe informacje dotyczące materiałów i przyborów pomocniczych, z których mogą korzystać zdający na egzaminie maturalnym (w tym osoby, którym dostosowano warunki przeprowadzenia egzaminu), będą ogłaszane w komunikacie dyrektora Centralnej Komisji Egzaminacyjnej.

2. Przykładowe zestawy dodatkowych zadań egzaminacyjnych w języku obcym nowożytnym

W *Informatorze* zamieszczono przykładowe zestawy dodatkowych zadań w języku obcym nowożytnym. Zestawy z dodatkowymi zadaniami przedstawiono kolejno w następujących językach:

- angielskim
- francuskim
- hiszpańskim
- niemieckim
- rosyjskim
- włoskim.

Przy każdym zadaniu w zestawie – po numerze zadania – podano liczbę punktów możliwych do uzyskania za jego rozwiązanie.

Symbol zamieszczony w nagłówku zadania zwraca uwagę na to, że do rozwiązania zadania będzie pomocne lub niezbędne użycie linijki (np. do rysowania linii prostych lub do odmierzania długości odcinków).

Symbol zamieszczony w nagłówku zadania zwraca uwagę na to, że do rozwiązania zadania będzie niezbędne użycie kalkulatora naukowego.

ZESTAW DODATKOWYCH ZADAŃ W JĘZYKU ANGIELSKIM

Task 1.

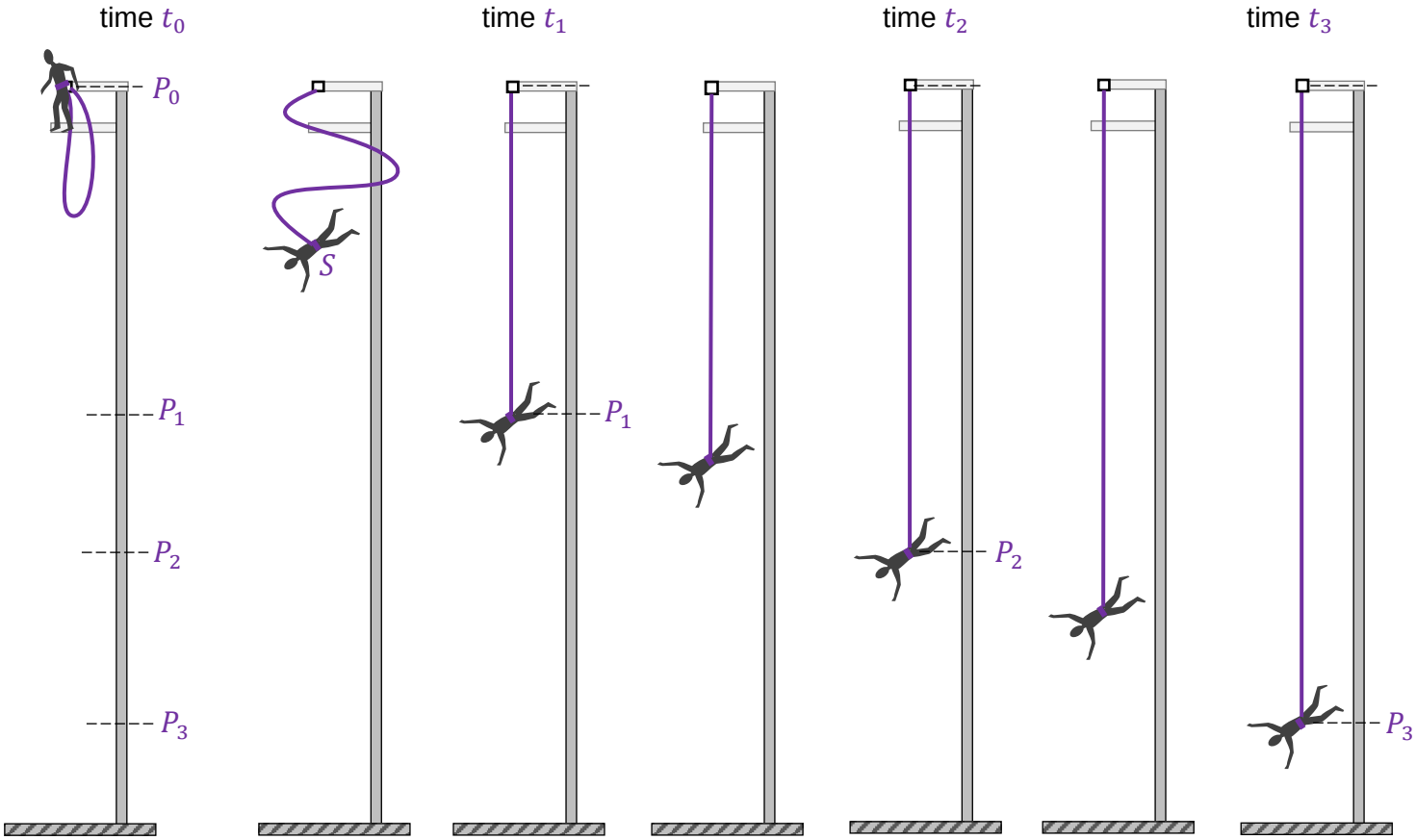
Consider an elastic cord jump known as *bungee jumping*. During the jump, one end of the cord is attached to a special harness worn by the jumper, while the other end of the cord is attached to the launching pad. A person is performing a bungee jump. The selected moments of time and the position of the centre of mass C of the jumper are marked as follows (see the figure below):

t_0, P_0 – the time and position at the beginning of motion when the centre of mass and the cord attachment point are the same,

t_1, P_1 – the time and position when the cord is extended to its full length l_0, but has not begun to stretch yet,

t_2, P_2 – the time and position when the resultant force acting on the jumper is equal to zero,

t_3, P_3 – the time and position when the jumper was at their lowest point of the fall.



To analyse the fall of the jumper, use a simplified model of the phenomenon, in which:

- we assume that the motion is vertical, and the initial velocity is zero
- we ignore any resistance to motion (only the force of gravity and the elastic restoring force act on the jumper)
- we ignore the mass of the cord
- we assume that the cord is perfectly elastic (i.e. it obeys Hooke's law).

Assume the following data for your calculations:

$l_0 = |P_0P_1| = 12\ \mathrm{m}$ – free length of the cord (i.e. the maximal unstretched length of the cord),

$k = 150\ \mathrm{N/m}$ – the spring constant,

$m = 75\ \mathrm{kg}$ – the mass of the jumper,

$g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$ – acceleration due to gravity at the Earth's surface

Task 1.1. (0–1)

Decide whether the following statements are true (T) or false (F). Mark the appropriate letter.

1.	The maximum velocity of the jumper's centre of mass is reached when s/he passes through point P_2.	**T**	**F**
2.	Between points P_2 and P_3, the jumper's centre of mass moves in a uniformly decelerated motion.	**T**	**F**

Task 1.2. (0–2)

In Diagrams 1–3, point S is the jumper's centre of mass at time points t_A, t_B, t_C, such that:

$$t_0 < t_A < t_1$$
$$t_1 < t_B < t_2$$
$$t_2 < t_C < t_3$$

The side length of each small grid in each diagram corresponds with an arbitrary unit of force.

Diagram 1. (time t_A)

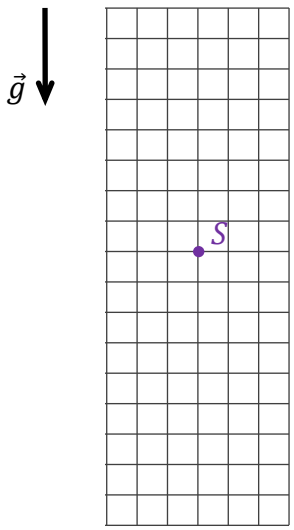


Diagram 2. (time t_B)

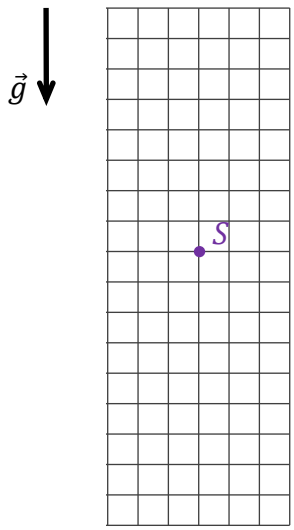
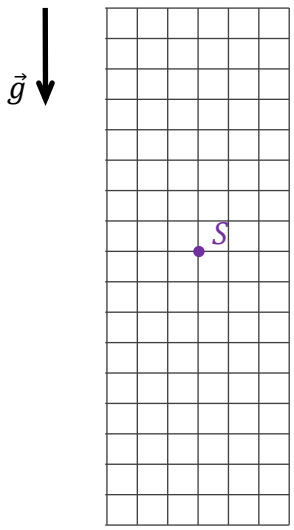


Diagram 3. (time t_C)



In Diagrams 1–3, draw and mark the forces acting on the jumper at time points: t_A, t_B, t_C. Maintain the appropriate directions and relations (higher, equal, less) between the values of the forces. Mark the forces as follows:

$\vec{F}_s$ – elastic restoring force, $\vec{F}_g$ – force of gravity.

Task 1.3. (0–1)

Finish the sentence below. Select the correct answer from points A, B, and C and numbers 1, 2, and 3.

The distance between points P_1 and P_2 is equal to

A	4,9 m,	because	**1.**	$\lvert P_1P_2 \rvert = \frac{1}{2} l_0.$
B.	6 m,		**2.**	$mg(l_0 + \lvert P_1P_2 \rvert) = \frac{1}{2} k \lvert P_1P_2 \rvert^2.$
C.	16,8 m,		**3.**	$mg = k\lvert P_1P_2 \rvert.$

Notes for Task 1.3.

Task 1.4. (0–1)

Finish the sentence. Select the correct answer from the options given below.

The value of the velocity with which the jumper's centre of mass passes through point P_1 is approximately:

A. $v \approx 5{,}4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ **B.** $v \approx 10{,}8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ **C.** $v \approx 15{,}3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ **D.** $v \approx 21{,}6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Notes for Task 1.4.

Task 1.5. (0–3)

Calculate the maximum extension of the cord beyond the free length during the described jump.

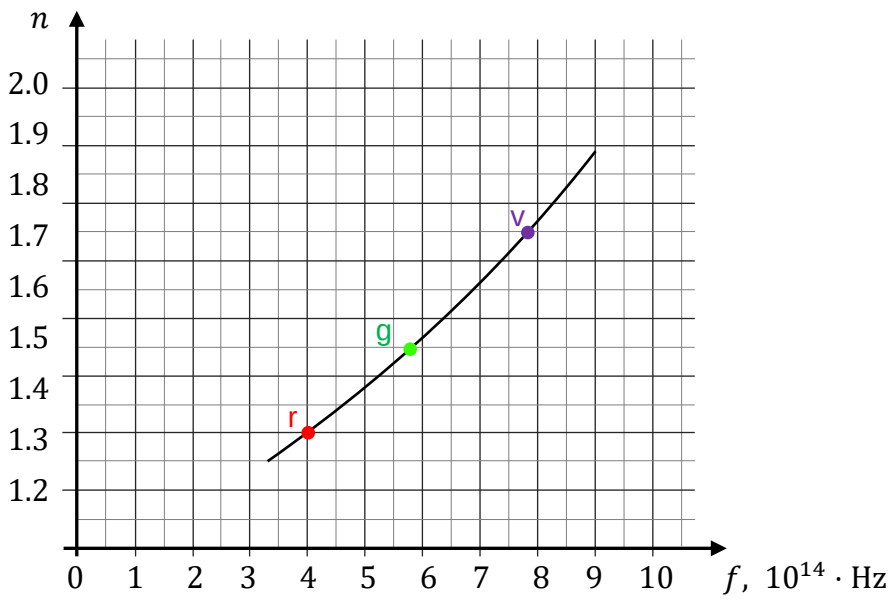
Hint: Use the principle of conservation of mechanical energy.

Task 2.

The absolute refractive index in a material medium generally depends on the frequency of light. The graph below shows the relationship between the value n of absolute refractive index and the frequency f of that light – for a certain type of glass.

On the graph, where the line represents the function $n(f)$, there are three points marked: for red (r), green (g) and violet (v) light, respectively. In the task, consider the monochrome light beams of these three colours.

Graph



Task 2.1. (0–1)

Decide whether the following statements are true (T) or false (F). Mark the appropriate letter.

1.	The speed of violet light in the glass is greater than that of red light in the glass.	**T**	**F**
2.	The frequency of light does not change after it enters the glass from the air.	**T**	**F**

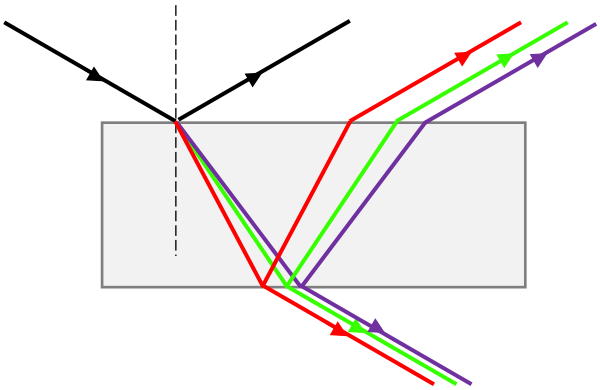
Additional information for Tasks 2.2–2.4

A parallel beam of a mixture of red, green, and violet light travelling in air is incident on a rectangular glass plate at angle $\alpha = 60°$. The plate is made of the glass described in Task 2.

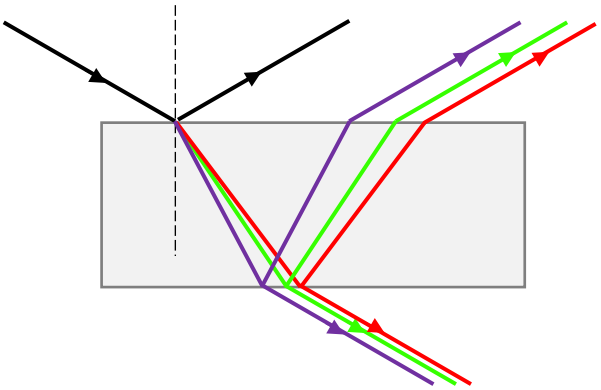
Task 2.2. (0–1)

Which figure, from options A–D, correctly shows the passage of rays of red, green, and violet light through the glass plate? Select the correct answer.

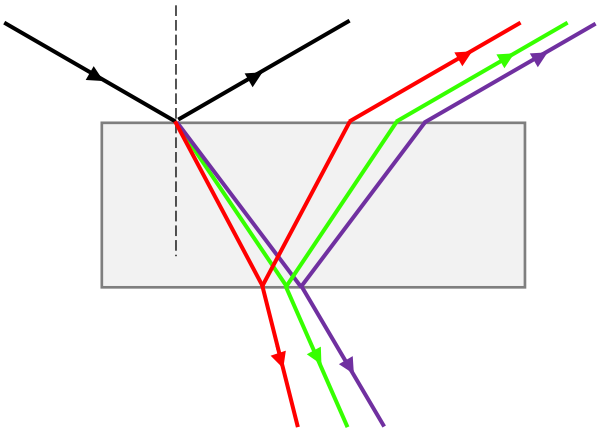
A.



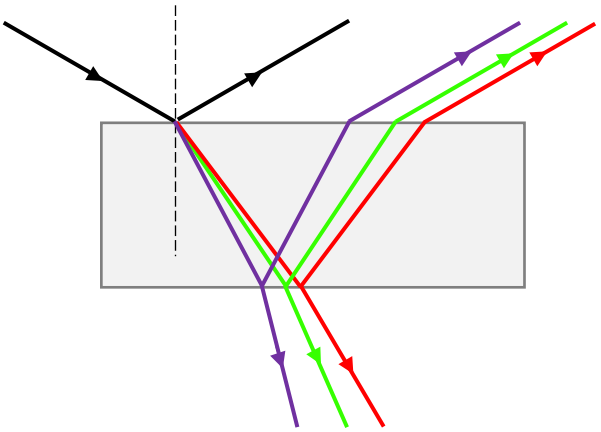
B.



C.



D.



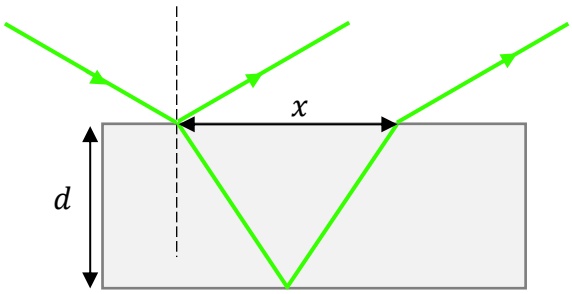
Task 2.3. (0–2)

Calculate the wavelength of green (g) light in the glass plate.

Task 2.4. (0–3)

The figure below shows the fragment of the path of a green light ray (g) through the glass plate described above. The plate thickness is $d = 0{,}9\ \mathrm{cm}$. The distance between the points at which the ray is incident on the plate and exits the plate on the same side is marked as x.

Figure

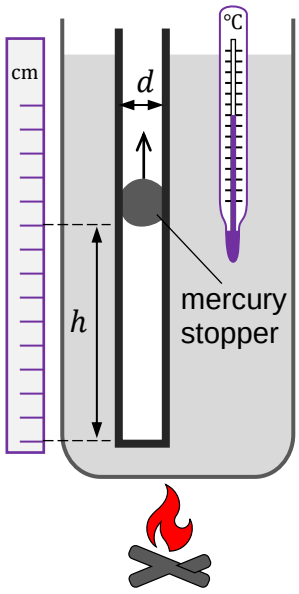


Calculate the value of x.

Task 3.

Students have studied the properties of an isobaric process. They used a thermometer and a glass tube with a diameter of $d = 6\ \mathrm{mm}$ closed at one end. They put a small amount of mercury into the vertically oriented tube to form a stopper that closed a portion of the air at the bottom of the tube and was able to slide along the tube. The students put the thermometer and the tube in a vessel with cold water, which they then heated.

When the water and air temperatures in the tube were increased, due to the isobaric process in the closed part of the tube, the mercury stopper slowly rose in a uniform motion (see the figure on the right).



Task 3.1. (0–2)

Based on the description of the stopper's motion in the tube, prove that the process occurring in the closed part of the tube is isobaric. Ignore the friction of mercury against the tube.

Task 3.2. (0–1)

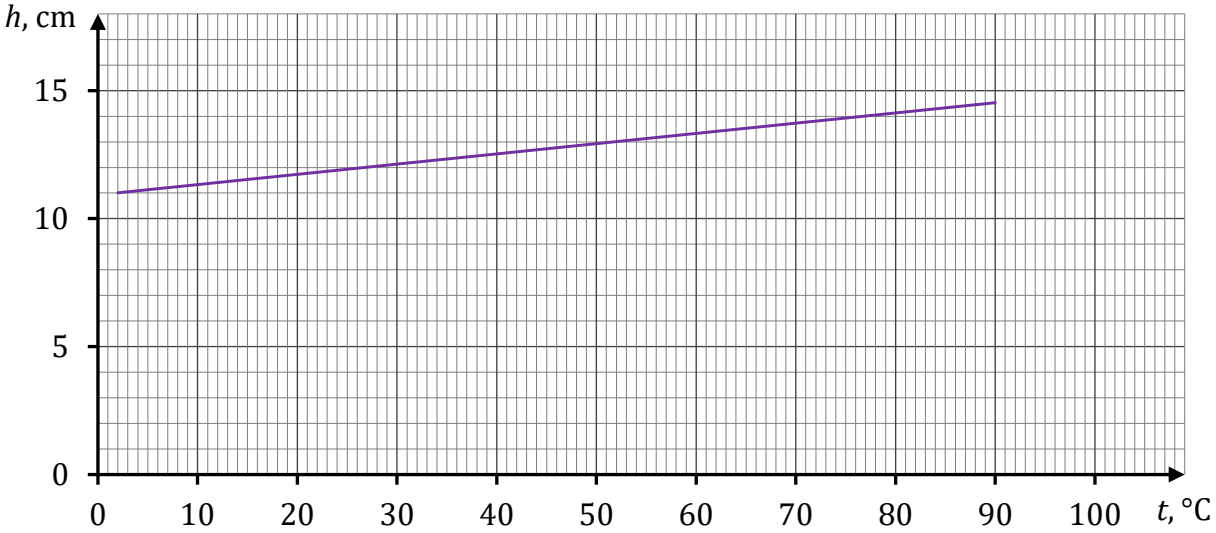
Decide whether the following statements are true (T) or false (F). Mark the appropriate letter.

During the isobaric process described in Task 3

1.	the volume of the air column in the closed part of the tube is directly proportional to the average kinetic energy of the molecules of this air.	**T**	**F**
2.	the force of air pressure on the stopper in the closed part of the tube is directly proportional to the absolute temperature of this air.	**T**	**F**

Task 3.3. (0–2)

The graph below shows the relationship between the height of the air column in the closed part of the tube and temperature on the Celsius scale. Assume that this air behaves like an ideal gas.



Based on the graph, calculate the absolute zero temperature expressed on the Celsius scale.

Note: Assume for the calculations that the temperature on the absolute scale differs from the temperature on the Celsius scale by a certain constant.

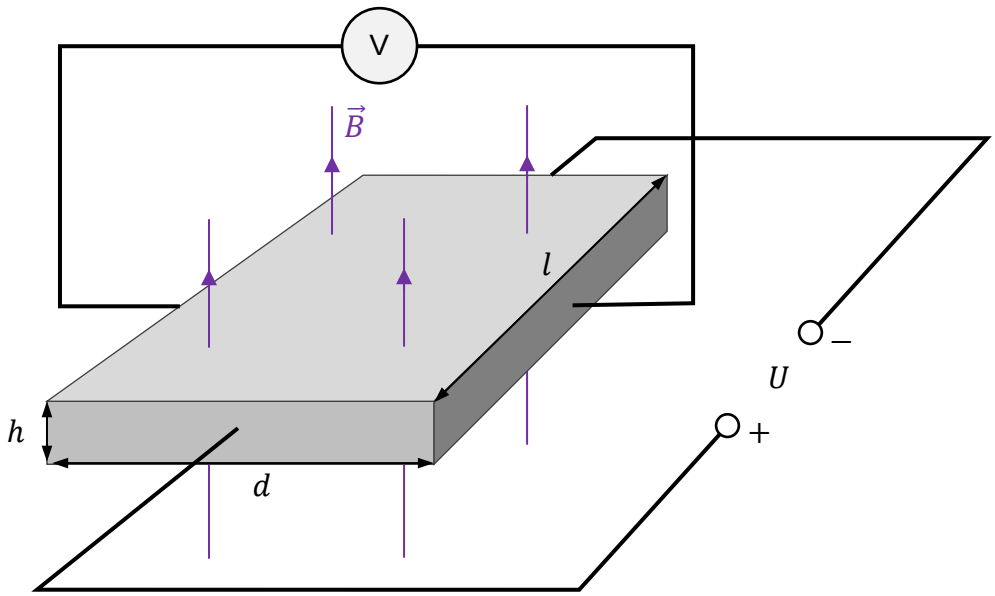
Task 4.

A rectangular conductive plate with thickness h, width d, and length l was placed in a homogeneous magnetic field. The vector $\vec{B}$ of the magnetic induction of this field is perpendicular to the plate surface.

A source of constant voltage U was connected along the plate and a voltmeter was connected across the plate. It turns out that when constant electric current I flows along the plate, then a certain voltage U_H is generated across the plate (in the direction perpendicular to the direction of the current flow).

This effect, discovered in 1879, is called the Hall effect, and its voltage is known as the Hall voltage. The situation is illustrated in Figure 1.

Figure 1.



Task 4.1. (0–1)

The experiment described in Task 4 was repeated with plates of different sizes and made of the same material.

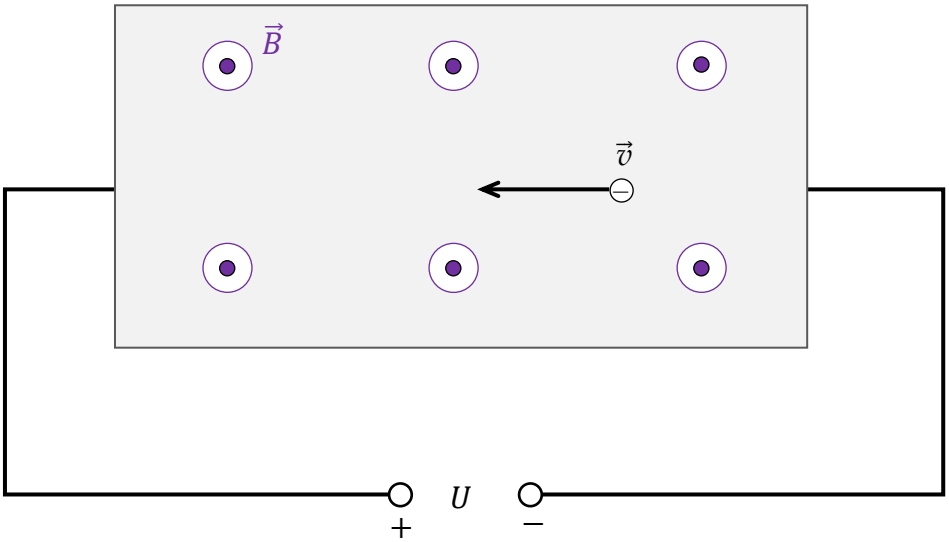
Decide whether the following statements are true (T) or false (F). Mark the appropriate letter.

1.	After replacing the plate with a plate whose thickness, width and length are $h' = 2h$, $d' = d$ and $l' = l$ respectively, a current of $\frac{1}{2}I$ will flow through it.	**T**	**F**
2.	After replacing the plate with a plate whose thickness, width, and length are $h' = h$, $d' = 2d$ and $l' = l$ respectively, the Hall voltage will not change.	**T**	**F**

Task 4.2. (0–1)

Figure 2 shows one of the conduction electrons in the plate, velocity $\vec{v}$ of this electron, the polarity of the voltage source and the direction of vector $\vec{B}$ of magnetic induction in the plate area (towards the viewer).

Figure 2.



Which figure, from options A–D, shows the correctly drawn vector $\vec{F}_L$ of the Lorentz force acting on the conduction electron in the plate? Select the correct answer.

A.

B.

C.

D.

Task 4.3. (0–3)

In an experiment, a plate with width $d = 16\ \mathrm{mm}$ was placed in a magnetic field with induction value $B = 0{,}4\ \mathrm{T}$. The measured Hall voltage is equal to $U_H = 8\ \mu\mathrm{V}$.

Assume a model in which all the conduction electrons move at the same, constant velocity $\vec{v}$ along the plate.

Calculate the value of velocity v of the conduction electrons in the plate.

Hint: Identify the forces acting across the plate on conduction electrons and use the information concerning the movement of electrons at a constant speed.

NOTES *(not subject to evaluation)*

ZESTAW DODATKOWYCH ZADAŃ W JĘZYKU FRANCUSKIM

Exercice 1

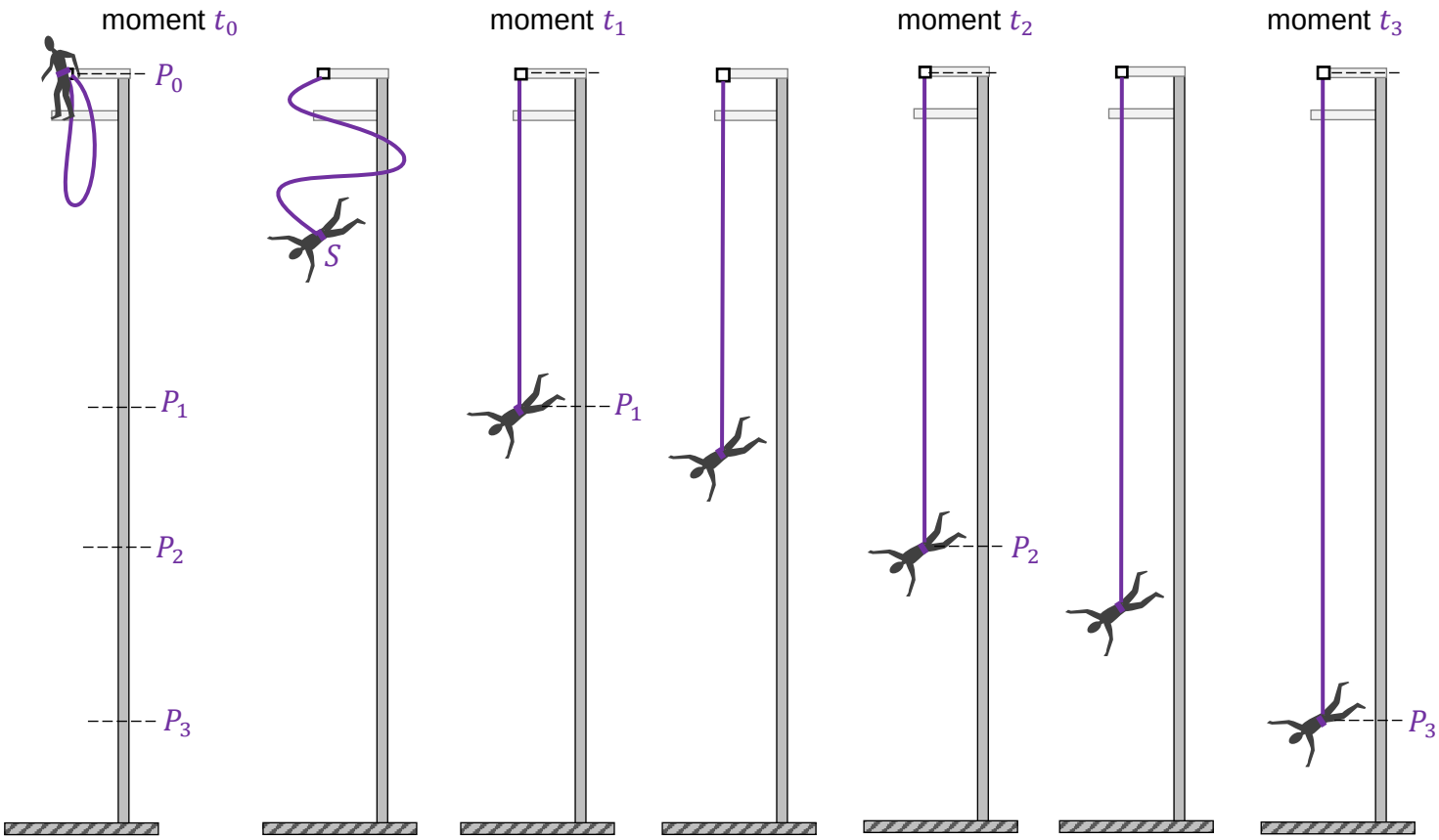
Nous allons nous intéresser au saut à l'aide d'une corde élastique connue sous le nom de *bungee jumping*. Pendant le saut, une extrémité de la corde est attachée à un harnais spécial dans lequel se trouve le sauteur et l'autre extrémité de la corde est attachée à une plate-forme de lancement. Une personne saute à l'élastique. Nous allons désigner des moments choisis du saut et la position du centre de gravité du S sauteur comme présenté ci-dessous (voir la figure ci-dessous) :

t_0, P_0 – le moment et la position au début du mouvement où le centre de gravité et le point d'attache de la corde coïncident,

t_1, P_1 – le moment et la position où la corde est développée sur toute sa longueur l_0, appelée longueur libre ou longueur à vide, mais n'a pas encore commencé à se tendre,

t_2, P_2 – le moment et la position où la force résultante agissant sur le sauteur est égale à zéro,

t_3, P_3 – le moment et la position où le sauteur se trouve dans la position la plus basse lors de la descente.



Afin d'analyser la descente de la personne qui saute, nous prenons en compte le modèle simplifié du phénomène où :

- le mouvement est vertical et la vitesse initiale est égale à zéro
- nous ne prenons pas en compte les résistances au mouvement (sur le sauteur agissent uniquement la gravité et l'élasticité de la corde)
- nous ne prenons pas en compte le poids de la corde
- nous supposons que la corde est parfaitement élastique (elle est soumise à la loi de Hooke).

Pour les calculs, nous allons utiliser les données suivantes :

$l_0 = |P_0P_1| = 12\ \mathrm{m}$ – longueur libre de la corde (c-à-d. après l'avoir redressée sans l'avoir tendue),

$k = 150\ \mathrm{N/m}$ – coefficient d'élasticité,

$m = 75\ \mathrm{kg}$ – masse du sauteur,

$g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$ – accélération due à la gravité.

Exercice 1.1 (0–1)

Indiquez si les affirmations suivantes sont vraies. Entourez le « V » si la phrase est vraie ou le « F » si elle est fausse.

1.	La vitesse maximale du centre de gravité du sauteur est atteinte lorsqu'il passe par le point P_2.	**V**	**F**
2.	Sur le segment P_2P_3 le centre de gravité du sauteur se déplace suivant un mouvement uniformément retardé.	**V**	**F**

Exercice 1.2 (0–2)

Le point S sur les diagrammes 1–3 est le centre de gravité du sauteur aux moments : t_A, t_B, t_C, comme suit :

$$t_0 < t_A < t_1 \qquad t_1 < t_B < t_2 \qquad t_2 < t_C < t_3$$

La longueur du côté de la grille sur chaque diagramme correspond à une unité de force conventionnelle.

Diagramme 1 (moment t_A)

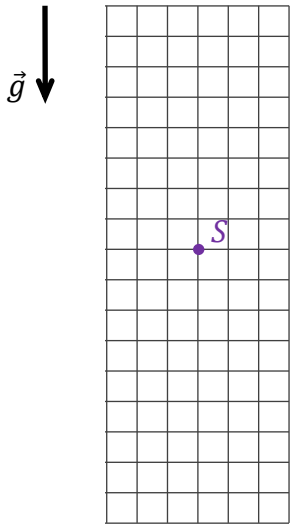


Diagramme 2 (moment t_B)

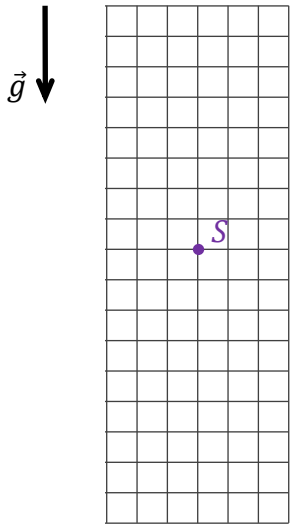
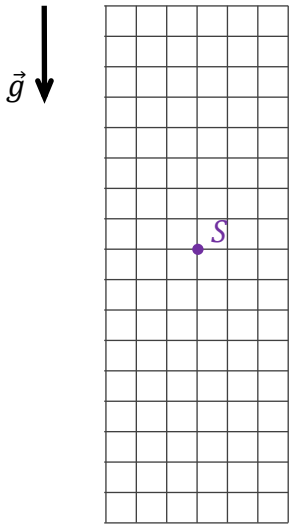


Diagramme 3 (moment t_C)



Sur les diagrammes 1–3, schématisez les forces notées $\vec{F}_s$ – force de l'élasticité de la corde $\vec{F}_g$ – force de gravité agissant sur le sauteur aux moments suivants : t_A, t_B, t_C. en respectant leurs directions, leurs sens et leur valeur ou norme de façon vraisemblable.

Exercice 1.3 (0–1)

Terminez la phrase. Cochez la réponse A, B ou C et sa justification 1, 2 ou 3.

La longueur P_1P_2 est égale à

A.	4,9 m,	parce que	**1.**	$\lvert P_1P_2 \rvert = \frac{1}{2} l_0$.
B.	6 m,		**2.**	$mg(l_0 + \lvert P_1P_2 \rvert) = \frac{1}{2} k \lvert P_1P_2 \rvert^2$.
C.	16,8 m,		**3.**	$mg = k\lvert P_1P_2 \rvert$.

Brouillon pour l'exercice 1.3

Exercice 1.4 (0–1)

Terminez la phrase. Cochez la bonne réponse parmi celles proposées.

La valeur arrondie de la vitesse avec laquelle le centre de gravité du sauteur passe par le point P_1 est de :

A. $v \approx 5{,}4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ **B.** $v \approx 10{,}8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ **C.** $v \approx 15{,}3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ **D.** $v \approx 21{,}6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Brouillon pour l'exercice 1.4

Exercice 1.5 (0–3)

Calculez l'allongement maximal de la corde dépassant la longueur libre, pendant le saut décrit.

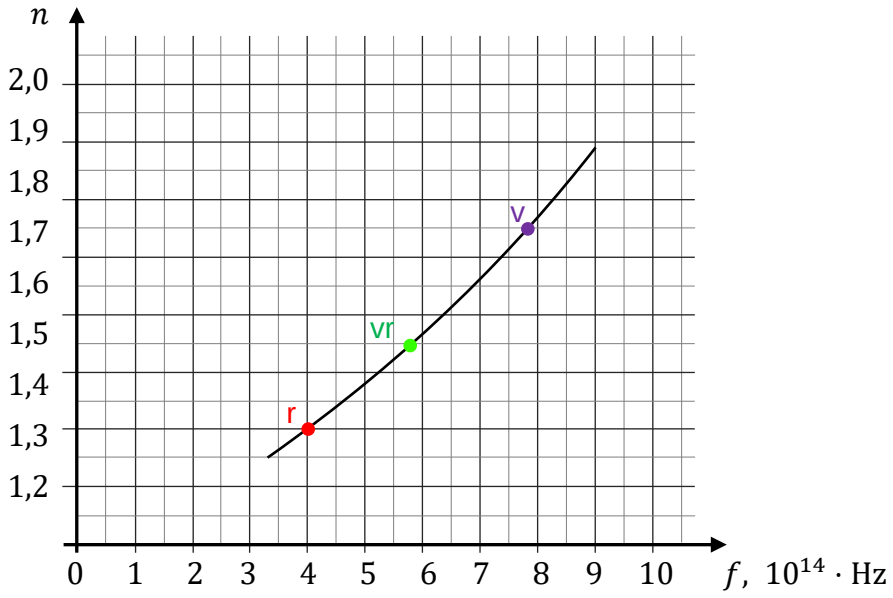
Un conseil : utilisez le principe de conservation de l'énergie mécanique.

Exercice 2

En général, l'indice de réfraction absolu dans un environnement matériel dépend de la fréquence de la lumière.
Le diagramme ci-dessous montre la dépendance de l'indice n de réfraction absolu par rapport à la fréquence f de la lumière - pour un certain type de verre.

Sur le diagramme des dépendances, on a $n(f)$ marqué trois points : pour la lumière rouge (r), verte (vr) et violette (v). Dans l'exercice, nous considérons les faisceaux de lumière monochromatiques des trois couleurs ci-dessus.

Diagramme



Exercice 2.1 (0–1)

Indiquez si les affirmations suivantes sont vraies. Entourez le « V » si la phrase est vraie ou le « F » si elle est fausse.

1.	La valeur de la vitesse de la lumière violette dans le verre est supérieure à la valeur de vitesse de la lumière rouge dans ce verre.	**V**	**F**
2.	La fréquence de la lumière après son entrée dans le verre depuis l'air ne change pas.	**V**	**F**

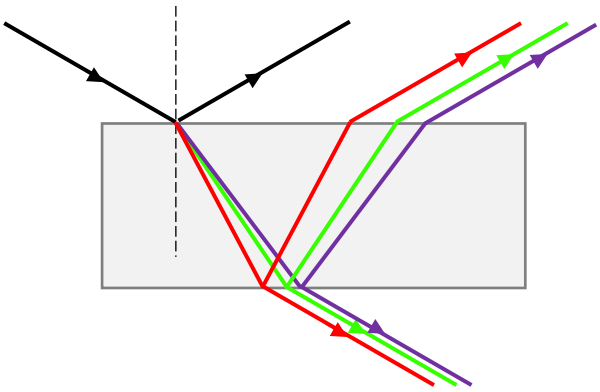
Information supplémentaire relative aux exercices 2.2-2.4.

Un faisceau parallèle d'un mélange de lumière rouge, verte et violette, se déplaçant dans l'air, frappe une plaque de verre parallélépipédique sous un angle de $\alpha = 60°$. Le matériau constituant la plaque est le verre décrit au début de l'exercice 2.

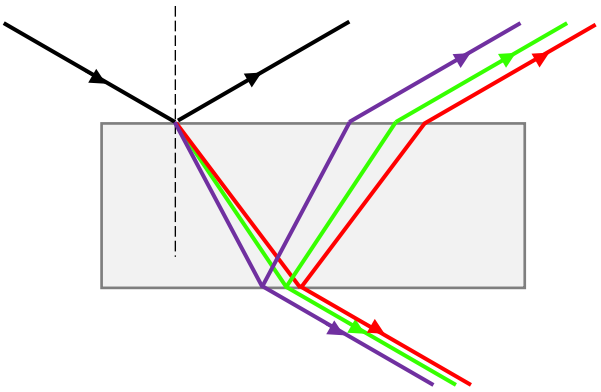
Exercice 2.2 (0–1)

Quelle figure (parmi A–D) présente de manière correcte le passage des rayons lumineux rouges, verts et violets à travers la plaque en verre ? Cochez la bonne réponse parmi celles proposées.

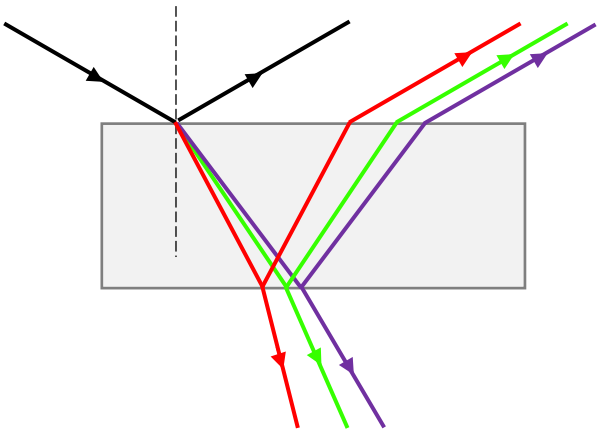
A.



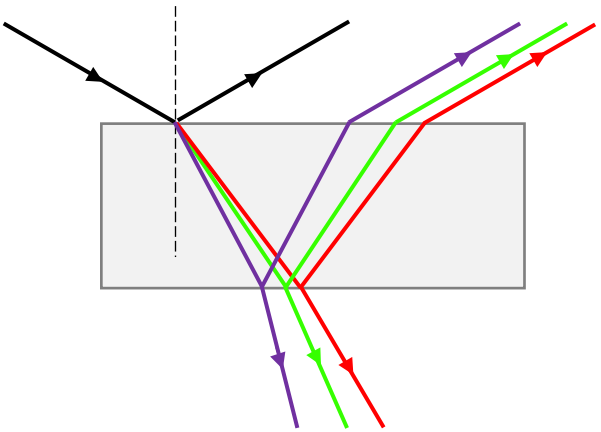
B.



C.



D.



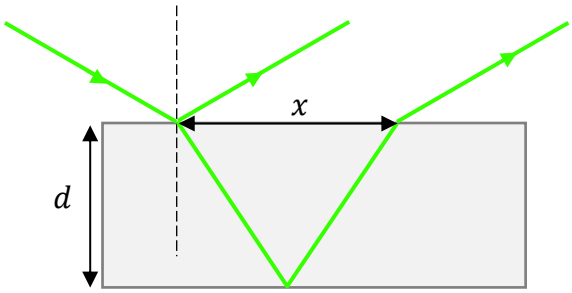
Exercice 2.3 (0–2)

Calculez la longueur d'onde de la lumière verte (vr) dans la plaque de verre.

Exercice 2.4 (0–3)

On s'intéresse à la seule composante verte de la lumière (vr), dont la traversée de la plaque est schématisée ci-dessous. L'épaisseur de la plaque est égale à $d = 0{,}9\ \mathrm{cm}$. Nous désignerons par x la distance entre les points où le rayon tombe sur la plaque et sort de la plaque du même côté.

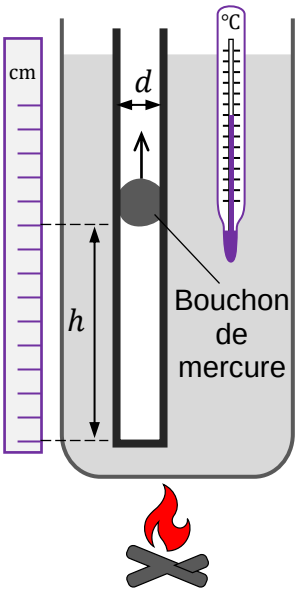
Figure



Calculez x.

Exercice 3

Des élèves étudient les propriétés d'une transformation isobare Dans un tube de verre vertical de diamètre d=6 mm fermé à une extrémité, ils ont inséré une petite quantité de mercure pour former un bouchon qui isole un volume d'air au fond du tube. La goutte peut se déplacer le long du tube. Les étudiants ont inséré le tube dans un récipient contenant de l'eau froide qu'ils ont ensuite chauffée. Un thermomètre permet de suivre l' évolution de la température.



Au fur et à mesure que la température de l'eau et de l'air dans le tube augmente, le bouchon de mercure, du fait de la transformation isobare de l'air enfermé dans le tube, se soulève lentement suivant un mouvement uniforme (voir la figure à côté).

Exercice 3.1 (0–2)

À partir de la description du mouvement du bouchon dans le tube, démontrez que la transformation du gaz (de l'air) dans la partie fermée du tube est isobare. Ignorez la force de friction du mercure sur le tube.

Exercice 3.2 (0–1)

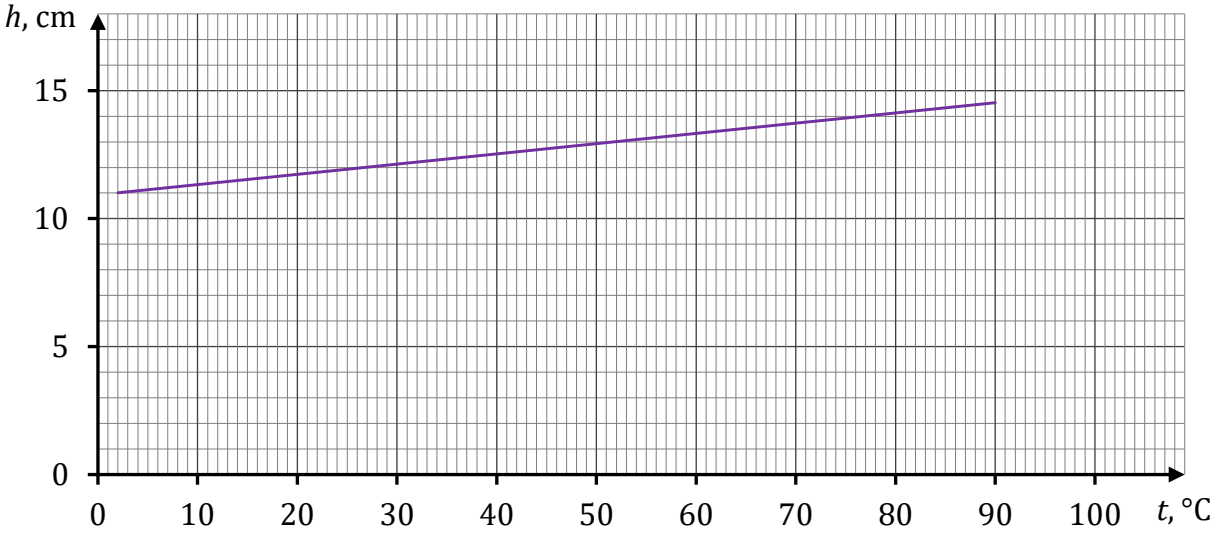
Indiquez si les affirmations suivantes sont vraies. Entourez le « V » si la phrase est vraie ou le « F » si elle est fausse.

Au cours de la transformation isobare décrite dans l'exercice 3,

1.	le volume de la colonne d'air dans la partie fermée du tube est directement proportionnel à l'énergie cinétique moyenne des particules de cet air.	**V**	**F**
2.	la force de l'air qui pousse contre le bouchon dans la partie fermée du tube est directement proportionnelle à la température absolue de cet air.	**V**	**F**

Exercice 3.3 (0–2)

Le diagramme ci-dessous présente la dépendance de la hauteur de la colonne d'air dans la partie fermée du tube par rapport à la température en Celsius. Supposons que cet air se comporte comme un gaz parfait.



À partir du diagramme ci-dessus, calculez la température du zéro absolu exprimée sur l'échelle Celsius.

Attention ! Supposez pour vos calculs que la température dans l'échelle absolue diffère de la température dans l'échelle Celsius par une certaine constante.

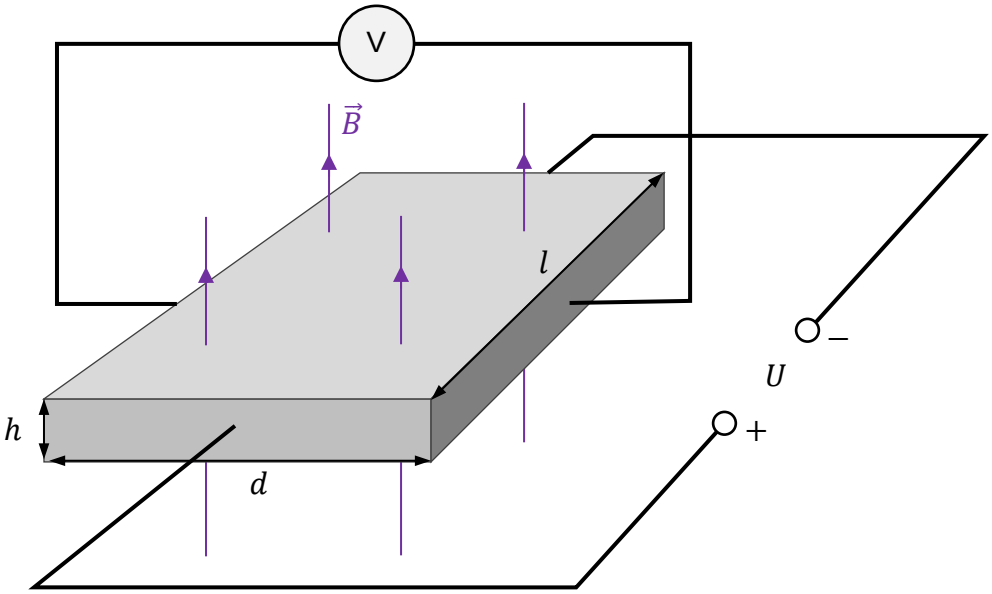
Exercice 4

Une plaque conductrice rectangulaire d'une épaisseur h, d'une largeur d et d'une longueur l a été disposée dans un champ magnétique uniforme. Le vecteur $\vec{B}$ d'induction magnétique de ce champ est perpendiculaire à la surface de la plaque.

Une source de tension constante U a été connectée le long de la plaque, et un voltmètre a été connecté en travers de la plaque. Il s'avère que lorsqu'un courant électrique constant d'intensité I circule le long de la plaque, une certaine tension U_H est générée aux bornes de la plaque (dans une direction perpendiculaire à la direction du flux de courant).

Cet effet, découvert en 1879, s'appelle l'effet Hall et la tension générée est connue sous le nom de tension de Hall. La situation est illustrée sur la figure 1.

Figure 1



Exercice 4.1 (0–1)

L'expérience décrite dans l'exercice 4 a été répétée avec des plaques de différentes tailles fabriquées à partir du même matériau.

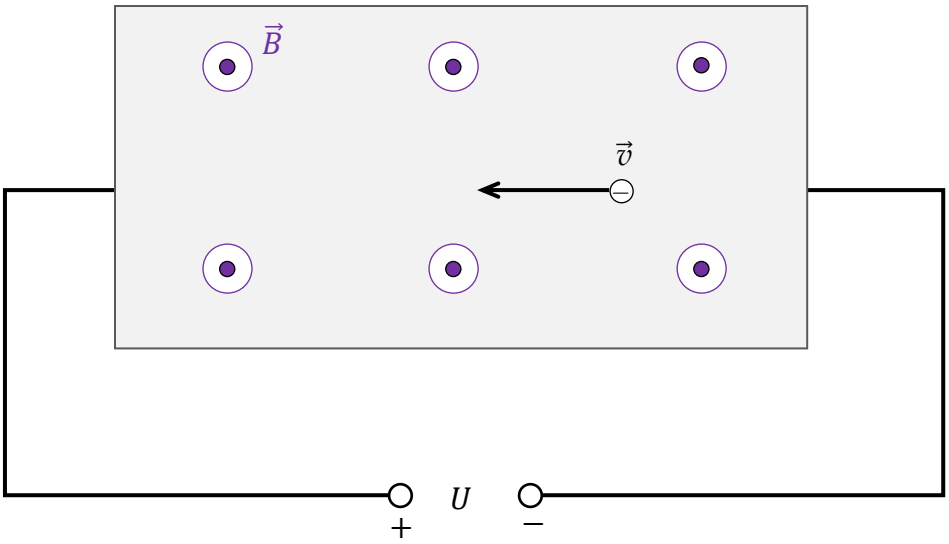
Indiquez si les affirmations suivantes sont vraies. Entourez le « V » si la phrase est vraie ou le « F » si elle est fausse.

1.	Dans le cas où une plaque est remplacée par une autre plaque d'épaisseur, de largeur et de longueur respectives $h' = 2h$, $d' = d$, $l' = l$ un courant d'une tension de $\frac{1}{2}I$ va y circuler.	**V**	**F**
2.	Dans le cas où une plaque est remplacée par une autre plaque d'épaisseur, de largeur et de longueur respectives $h' = h$, $d' = 2d$, $l' = l$ la tension de Hall ne change pas.	**V**	**F**

Exercice 4.2 (0–1)

La figure 2 présente le schéma d'un des électrons de conduction dans une plaque, la vitesse $\vec{v}$ de cet électron, la polarité de la source de tension et la direction du vecteur $\vec{B}$ d'induction magnétique dans la zone de la plaque (vers l'observateur).

Figure 2



Quelle figure (parmi A–D) présente un vecteur convenable $\vec{F}_L$ de la force magnétique de Lorentz agissant sur l'électron de conduction dans la plaque ? Cochez la bonne réponse parmi celles proposées.

A.

B.

C.

D.

Exercice 4.3 (0–3)

Pour la réalisation de cette expérience, on utilise une plaque de largeur $d = 16\ \mathrm{mm}$, placée dans un champ magnétique avec une valeur d'induction $B = 0{,}4\ \mathrm{T}$. La tension de Hall mesurée est égale à $U_H = 8\ \mu\mathrm{V}$.

Supposons un modèle du phénomène dans lequel tous les électrons impliqués dans la conduction se déplacent à la même vitesse constante $\vec{v}$ le long de la plaque.

Calculez la valeur v de la vitesse des électrons dans la plaque.

Un conseil : identifiez les forces qui agissent à travers la plaque sur les électrons de conduction, en utilisant les informations sur les électrons qui se déplacent à une vitesse constante.

BROUILLON (*ne sera pas pris en compte dans l'évaluation*)

ZESTAW DODATKOWYCH ZADAŃ W JĘZYKU HISZPAŃSKIM

Tarea 1

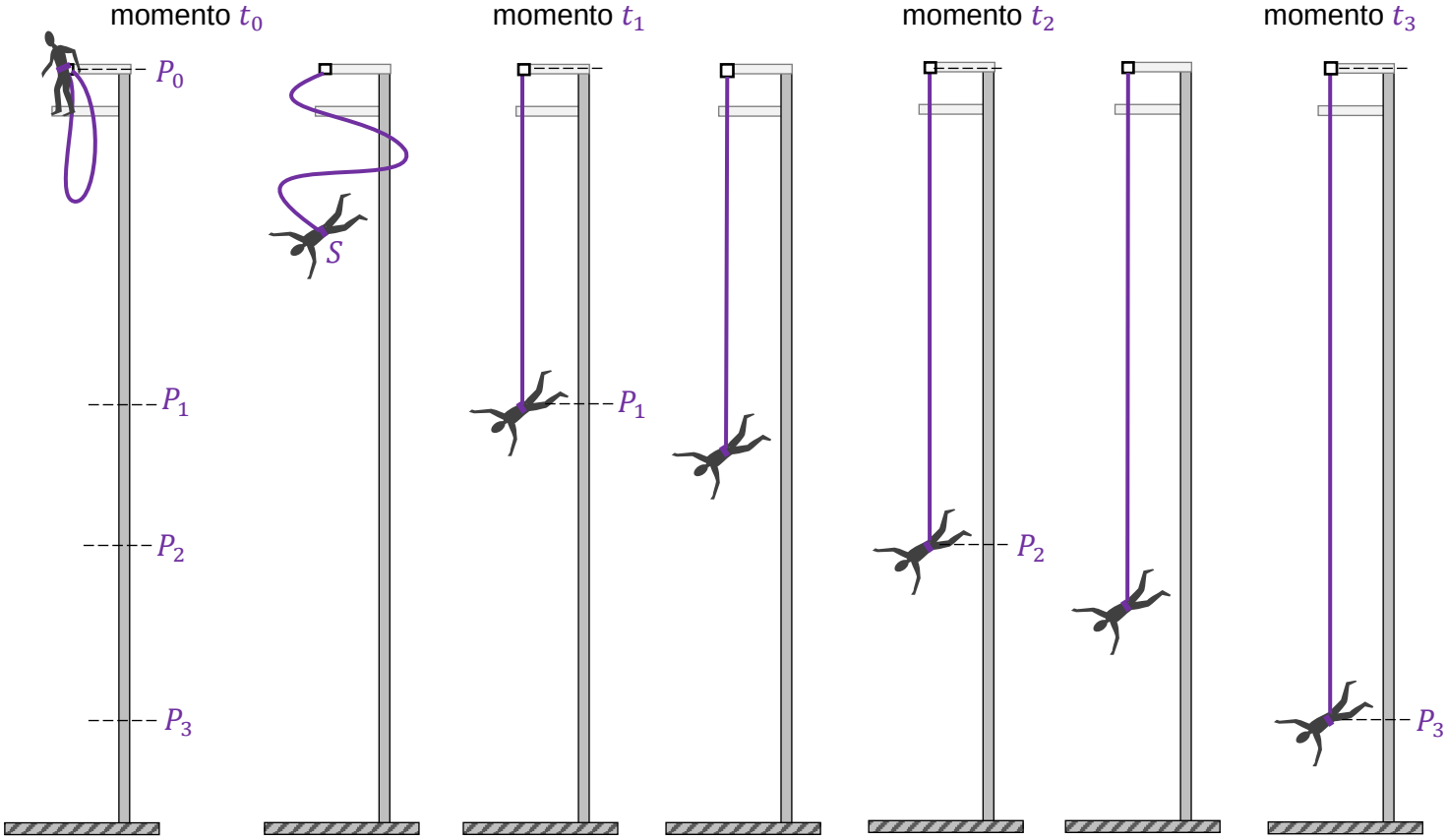
Una persona decide saltar desde un puente sujeta a una cuerda elástica, actividad conocida como puenting. Durante el salto, un extremo de la cuerda está unido a un arnés especial que lleva puesto la persona, y el otro, a la plataforma de partida. La persona da el salto. La figura presentada abajo nos muestra determinados momentos del salto y la posición del centro de masa S del saltador:

t_0, P_0 – momento y posición al comienzo del movimiento, cuando el centro de masa y el punto de anclaje de la cuerda coinciden,

t_1, P_1 – momento y posición cuando la cuerda se ha extendido por completo l_0, pero aún no ha empezado a estirarse,

t_2, P_2 – momento y posición cuando la fuerza resultante que actúa sobre el saltador es igual a cero,

t_3, P_3 – momento y posición en que el saltador se encuentra en el punto más bajo de su caída.



Para analizar la caída del saltador, adopta un modelo simplificado del fenómeno en el que:

- suponemos que el movimiento es vertical y la velocidad inicial es igual a cero
- consideramos nula cualquier resistencia al movimiento (solo actúan sobre el saltador la fuerza de gravedad y la elasticidad de la cuerda)
- no tenemos en cuenta el peso de la cuerda
- suponemos que la cuerda es perfectamente elástica (es decir, obedece a la ley de Hooke).

Para el cálculo, usa los siguientes datos:

$l_0 = |P_0P_1| = 12\ \mathrm{m}$ – longitud libre de la cuerda (es decir, desplegada completamente pero antes de empezar a estirarse),

$k = 150\ \mathrm{N/m}$ – constante elástica,

$m = 75\ \mathrm{kg}$ – masa del saltador,

$g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$ – aceleración debida a la gravedad en la superficie de la Tierra.

Tarea 1.1. (0–1)

Decide cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles son falsas. Marca "V" si la afirmación es verdadera o "F" si es falsa.

1.	La velocidad máxima del centro de masa del saltador se alcanza al pasar por el punto P_2.	**V**	**F**
2.	En la sección P_2P_3, el centro de masa del saltador se desplaza en un movimiento uniformemente desacelerado.	**V**	**F**

Tarea 1.2. (0–2)

El punto S en los diagramas 1–3 indica el centro de masa del saltador en los momentos t_A, t_B, t_C, de modo que:

$$t_0 < t_A < t_1$$
$$t_1 < t_B < t_2$$
$$t_2 < t_C < t_3$$

La longitud del lado de cada cuadrícula en los diagramas corresponde con una determinada unidad de fuerza.

Diagrama 1 (momento t_A)

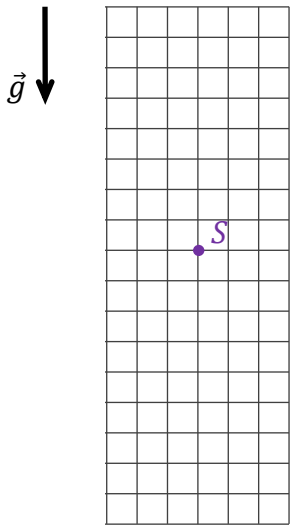


Diagrama 2 (momento t_B)

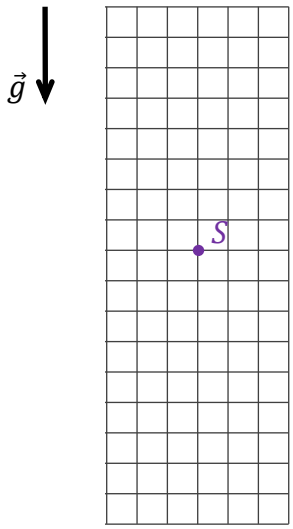
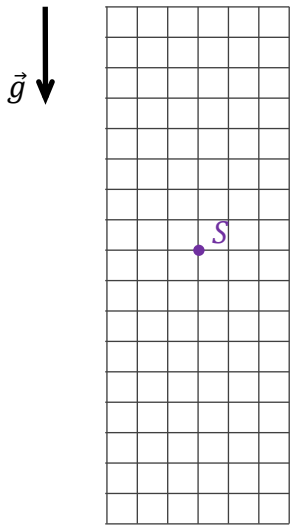


Diagrama 3 (momento t_C)



En los diagramas 1–3, dibuja y marca las fuerzas que actúan sobre el saltador en los momentos t_A, t_B, t_C. Mantén las direcciones y las relaciones apropiadas (mayor, igual, menor) entre los valores de las fuerzas. Marca las fuerzas de la siguiente manera:

$\vec{F}_s$ – fuerza de elasticidad de la cuerda, $\vec{F}_g$ – fuerza de la gravedad.

Tarea 1.3. (0–1)

Completa la frase. Marca la respuesta A, B o C y su justificación 1, 2 o 3.

La distancia entre los puntos P_1P_2 es igual a

A.	4,9 m	porque	**1.**	$\lvert P_1P_2 \rvert = \frac{1}{2} l_0$.
B.	6 m		**2.**	$mg(l_0 + \lvert P_1P_2 \rvert) = \frac{1}{2} k \lvert P_1P_2 \rvert^2$.
C.	16,8 m		**3.**	$mg = k\lvert P_1P_2 \rvert$.

Borrador para la tarea 1.3.

Tarea 1.4. (0–1)

Completa la frase eligiendo la respuesta correcta.

El valor de la velocidad a la que el centro de masa del saltador pasa por el punto P_1 es aproximadamente:

A. $v \approx 5{,}4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ **B.** $v \approx 10{,}8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ **C.** $v \approx 15{,}3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ **D.** $v \approx 21{,}6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Borrador para la tarea 1.4.

Tarea 1.5. (0–3)

Calcula la diferencia entre la longitud libre o natural de la cuerda y la longitud máxima que alcanza la cuerda al estirarse.

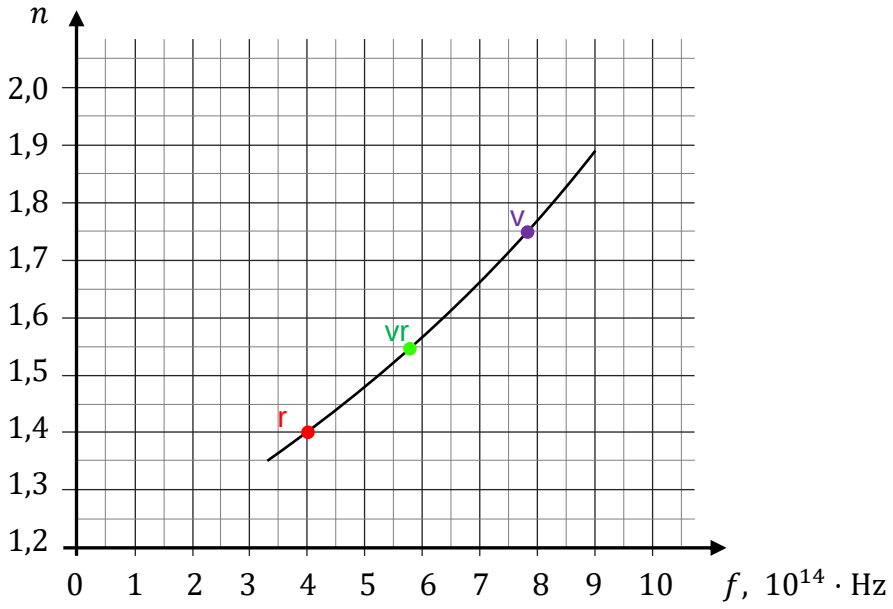
Consejo: Utiliza el principio de conservación de la energía mecánica.

Tarea 2

El índice de refracción absoluto de la luz en un medio material depende en general de la frecuencia de la luz. El siguiente gráfico muestra la relación entre el índice de refracción absoluto n y la frecuencia f de esta luz en un tipo de vidrio determinado.

En el siguiente gráfico, donde la línea presenta la función $n(f)$, se han marcado tres puntos para la luz roja (r) la luz verde (vr) y la luz violeta (v). En esta tarea, vamos a ocuparnos de los haces de luz monocromáticos de estos tres colores.

Gráfico



Tarea 2.1. (0–1)

Decide cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles son falsas. Marca "V" si la afirmación es verdadera o "F" si es falsa.

1.	La velocidad de la luz violeta en el vidrio es mayor que la velocidad de la luz roja en el mismo vidrio.	**V**	**F**
2.	La frecuencia de la luz no cambia al pasar del aire al vidrio.	**V**	**F**

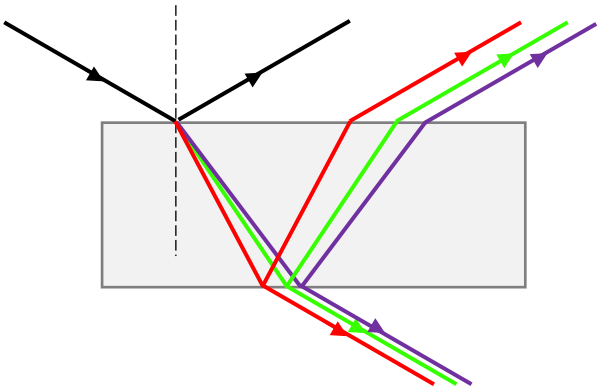
Información adicional para las tareas 2.2.–2.4.

Un haz paralelo de una mezcla de luz roja, verde y violeta que recorre el aire, cae sobre una placa de vidrio rectangular en un ángulo $\alpha = 60°$. La placa está hecha del vidrio descrito en la tarea 2.

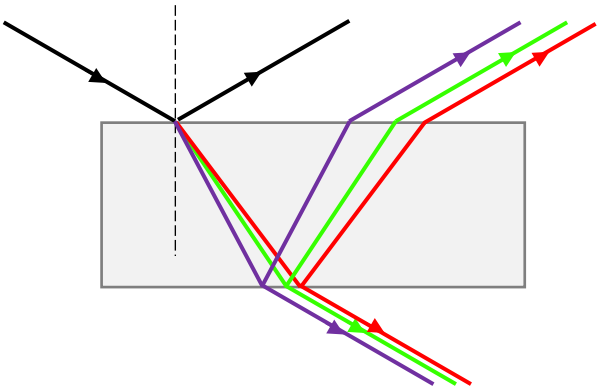
Tarea 2.2. (0–1)

¿Cuál de las figuras (A–D) representa correctamente el paso de los rayos de luz roja, verde y violeta a través de la placa de vidrio? Marca la respuesta correcta.

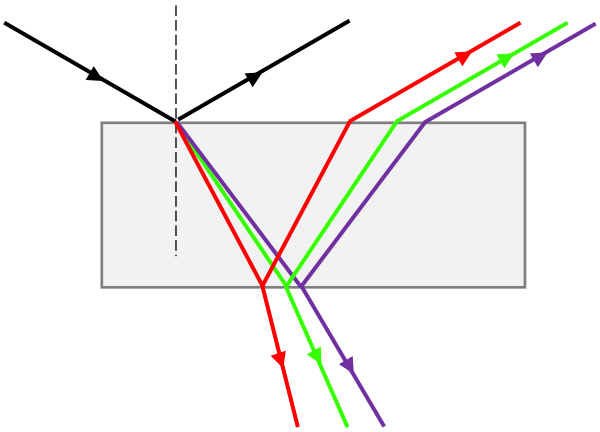
A.



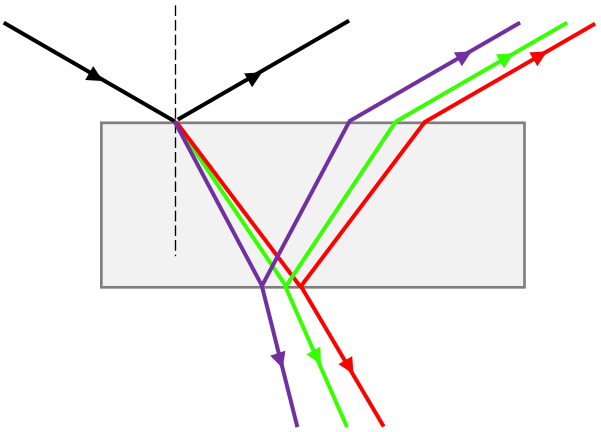
B.



C.



D.



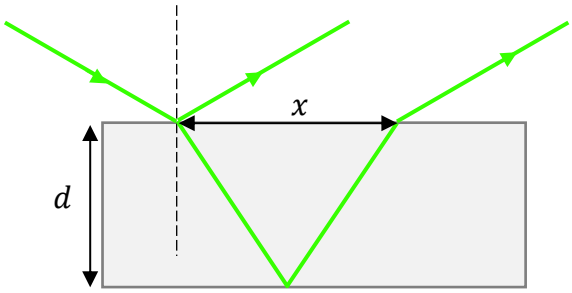
Tarea 2.3. (0–2)

Calcula la longitud de onda de la luz verde (vr) en la placa de vidrio.

Ejercicio 2.4. (0–3)

La siguiente figura muestra una parte del recorrido del rayo verde (vr) a través de la placa de vidrio. El grosor de la placa es igual a $d = 0{,}9\ \mathrm{cm}$. La distancia entre los puntos de entrada y salida del rayo (por el mismo lado de la placa) se ha marcado como x.

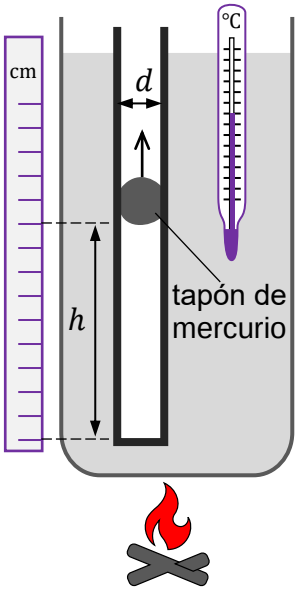
Figura



Calcula el valor de x.

Tarea 3

Unos estudiantes analizaron las propiedades de un proceso isobárico. Para realizar el experimento, utilizaron un termómetro y un tubo de vidrio de diámetro $d = 6\ \mathrm{mm}$ cerrado en un extremo. Con el tubo colocado en vertical, introdujeron una pequeña cantidad de mercurio para formar un tapón que encerrase parte del aire en la parte inferior del tubo y, además, pudiera desplazarse a lo largo del tubo. Los estudiantes sumergieron el termómetro y el tubo en un recipiente de agua fría, que luego calentaron.



A medida que aumentaba la temperatura del agua y del aire en el tubo, el tapón de mercurio se elevó lentamente en un movimiento uniforme (ver la figura de al lado) como resultado del proceso isobárico del aire en la parte cerrada del tubo.

Tarea 3.1. (0–2)

Basándote en la descripción del movimiento del tapón en el tubo, demuestra que el proceso que se produce en la parte cerrada del tubo es un proceso isobárico. Ignora la fuerza de fricción del mercurio contra el tubo.

Tarea 3.2. (0–1)

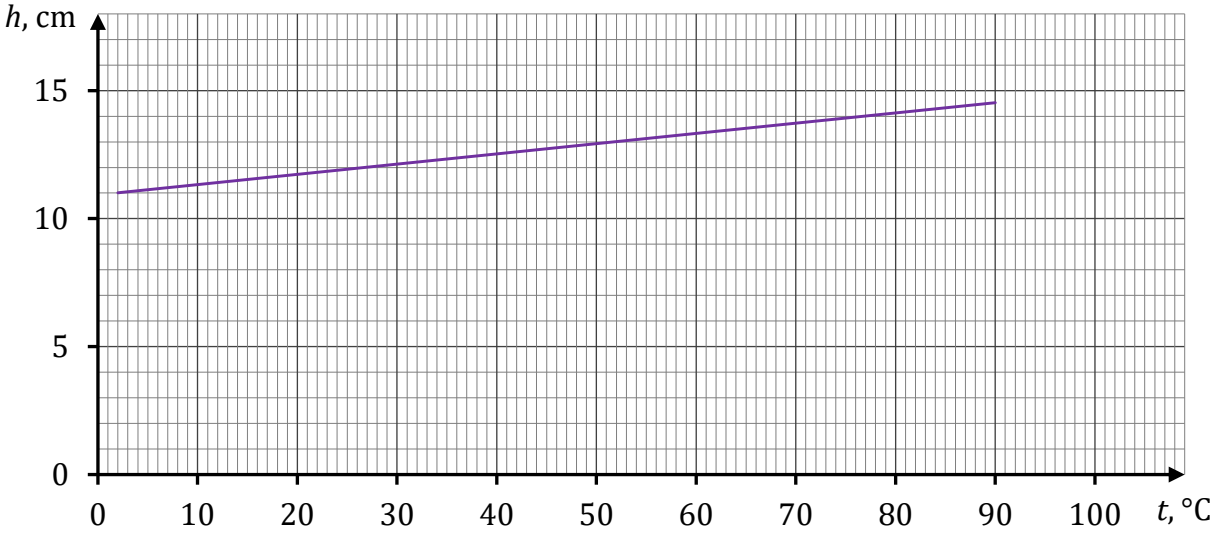
Decide cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles son falsas. Marca "V" si la afirmación es verdadera o "F" si es falsa.

Durante el proceso isobárico descrito en la tarea 3,

1.	el volumen de la columna de aire en la parte cerrada del tubo es directamente proporcional a la energía cinética media de las moléculas de ese aire.	**V**	**F**
2.	la fuerza de la presión del aire sobre el tapón en la parte cerrada del tubo es directamente proporcional a la temperatura absoluta de ese aire.	**V**	**F**

Tarea 3.3. (0–2)

El siguiente gráfico muestra la relación entre la altura de la columna de aire en la parte cerrada del tubo y la temperatura en grados Celsius. Supón que este aire se comporta como un gas ideal.



Basándote en el gráfico de arriba, calcula la temperatura del cero absoluto expresada en la escala Celsius.

¡Atención! Para el cálculo, asume que la temperatura expresada en la escala absoluta difiere de la temperatura expresada en la escala Celsius por una constante determinada.

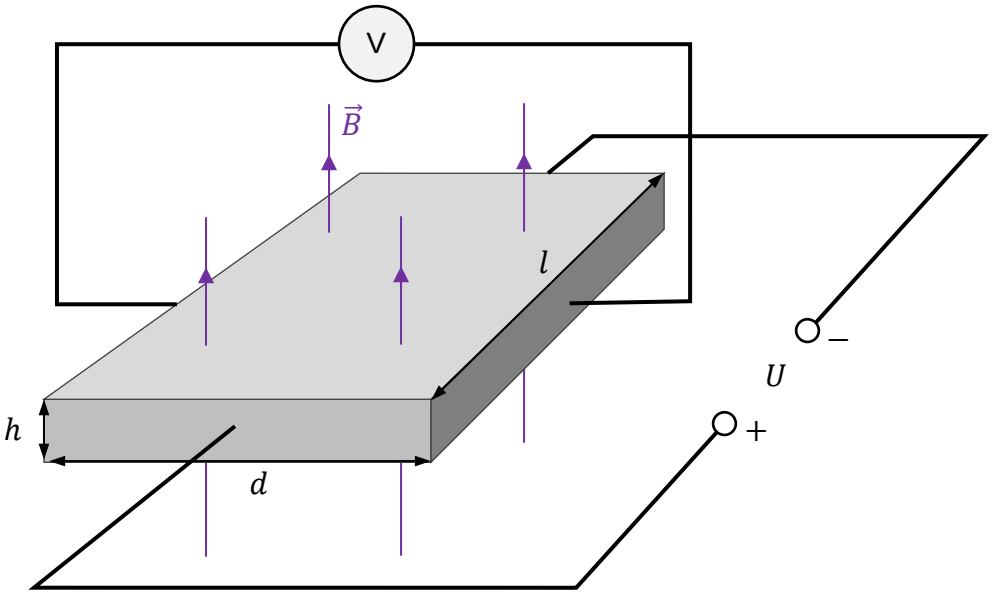
Tarea 4

Se colocó una placa conductora rectangular de espesor h, anchura d y longitud l en un campo magnético homogéneo. El vector de inducción magnética $\vec{B}$ de este campo es perpendicular a la superficie de la placa.

Se conectaron una fuente de voltaje constante U a lo largo de la placa y un voltímetro de manera transversal. Se observó que cuando una corriente eléctrica continua de intensidad I fluye a lo largo de la placa, se forma un cierto voltaje U_H de manera transversal a la placa (en dirección perpendicular a la dirección del flujo de corriente).

Este fenómeno, descubierto en 1879, se conoce como efecto Hall, y el voltaje generado en él se conoce como voltaje Hall. La situación se ilustra en la Figura 1.

Figura 1



Tarea 4.1. (0–1)

El experimento descrito en la Tarea 4 se repitió con placas de diferentes dimensiones, hechas del mismo material.

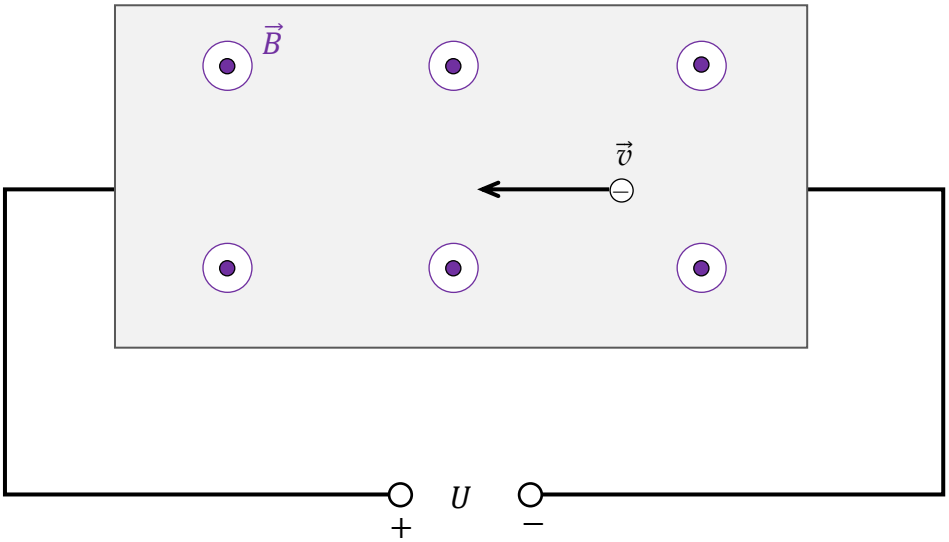
Decide cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles son falsas. Marca "V" si la afirmación es verdadera o "F" si es falsa.

1.	Después de reemplazar la placa anterior por una placa de grosor, anchura y longitud $h' = 2h$, $d' = d$, $l' = l$, respectivamente, fluirá a través de ella una corriente de intensidad $\frac{1}{2}I$.	**V**	**F**
2.	Después de reemplazar la placa anterior por una placa de grosor, anchura y longitud $h' = h$, $d' = 2d$, $l' = l$ respectivamente, el voltaje Hall no cambiará.	**V**	**F**

Tarea 4.2. (0–1)

La Figura 2 muestra de manera esquemática uno de los electrones de conducción en la placa, la velocidad $\vec{v}$ de este electrón, la polaridad de la fuente de voltaje y la dirección del vector $\vec{B}$ de inducción magnética en el área de la placa (hacia el observador).

Figura 2



¿Cuál de las siguientes figuras (A–D) presenta correctamente el vector $\vec{F}_L$ de la fuerza magnética de Lorentz que actúa sobre el electrón de conducción en la placa? Marca la respuesta correcta.

A.

B.

C.

D.

Tarea 4.3. (0–3)

Para realizar el experimento, se utilizó una placa con un ancho $d = 16\ \mathrm{mm}$, colocada en un campo magnético con un valor de inducción $B = 0{,}4\ \mathrm{T}$. El voltaje Hall medido es igual a $U_H = 8\ \mu\mathrm{V}$.

Adopta el modelo de un fenómeno en el que todos los electrones involucrados en la conducción de la corriente se mueven a la misma velocidad constante $\vec{v}$ a lo largo de la placa.

Calcula la velocidad v de los electrones de conducción en la placa.

Consejo: Identifica las fuerzas que actúan de manera transversal a la placa sobre los electrones de conducción, recurre a la información sobre el movimiento de los electrones a velocidad constante.

BORRADOR (*no se evalúa)*

ZESTAW DODATKOWYCH ZADAŃ W JĘZYKU NIEMIECKIM

Aufgabe 1

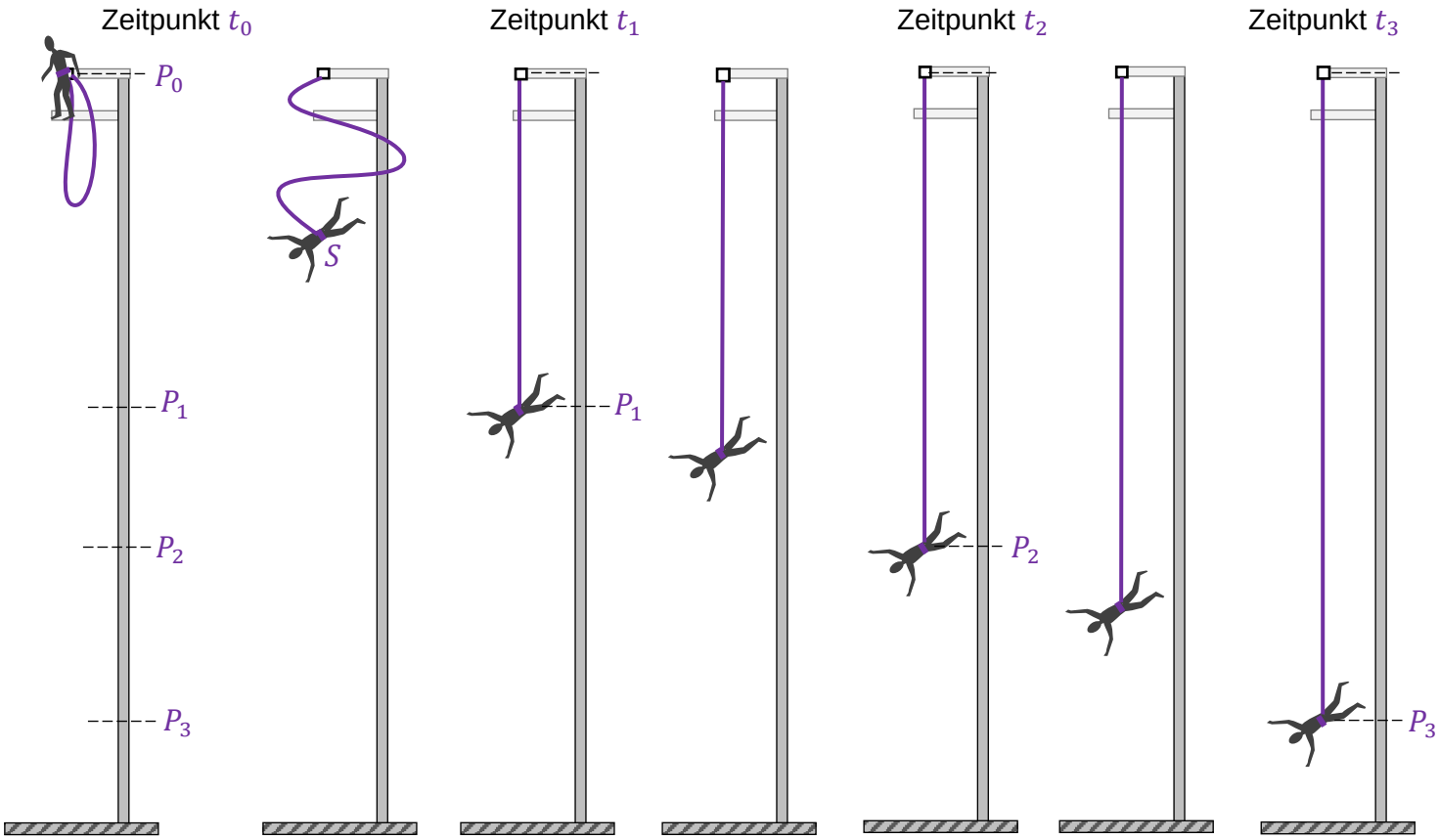
Wir analysieren einen Sprung an einem elastischen Seil, das so genannte *Bungee-Jumping*. Während des Sprungs ist ein Ende des Seils an einem speziellen Gurt, den die springende Person trägt, und das andere Ende an einer Startplattform befestigt. Eine Person führt einen Bungee-Sprung durch. Wir markieren ausgewählte Zeitpunkte des Sprungs und die Position des Massenmittelpunkts S der springenden Person wie folgt (siehe Abbildung unten):

t_0, P_0 – der Zeitpunkt und die Position zu Beginn der Bewegung, wenn der Massenmittelpunkt und der Befestigungspunkt des Seils gleich sind,

t_1, P_1 – der Zeitpunkt und die Position, wenn das Seil auf seine volle Länge l_0 ausgerollt ist, aber noch nicht begonnen hat, sich zu dehnen,

t_2, P_2 – der Zeitpunkt und die Position, wenn die resultierende Kraft, die auf den Springer wirkt, gleich 0 ist,

t_3, P_3 – der Zeitpunkt und die Position, wenn der Springer sich während des Fallens am tiefsten Punkt befindet.



Um den Fall des Springers zu analysieren, gilt ein vereinfachtes Modell des Phänomens, bei dem:

- wir annehmen, dass die Bewegung vertikal verläuft und die Anfangsgeschwindigkeit gleich 0 ist,
- wir jeglichen Bewegungswiderstand vernachlässigen (nur die Schwerkraft und die Elastizität des Seils wirken auf den Springer),
- wir die Masse des Seils vernachlässigen,
- wir annehmen, dass das Seil vollkommen elastisch ist (d. h. dem Hookeschen Gesetz unterliegt).

Bei den Berechnungen nehmen wir folgende Daten an:

$l_0 = |P_0P_1| = 12\ \mathrm{m}$ – freie Länge des Seils (d. h. im abgerollten Zustand ohne Dehnung),

$k = 150\ \mathrm{N/m}$ – Elastizitätskoeffizient des Seils,

$m = 75\ \mathrm{kg}$ – Masse der springenden Person,

$g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$ – Erdbeschleunigung.

Aufgabe 1.1 (0–1)

Beurteile die Richtigkeit der nachfolgend aufgeführten Aussagen. Wähle die Antwort R, wenn die Aussage richtig ist, oder F, wenn sie falsch ist.

1	Die maximale Geschwindigkeit des Massenmittelpunkts des Springers wird beim Überschreiten des Punkts P_2 erreicht.	**R**	**F**
2	Auf dem Abschnitt P_2P_3 bewegt sich der Massenmittelpunkt des Springers mit gleichmäßig verzögerter Bewegung.	**R**	**F**

Aufgabe 1.2 (0–2)

Der Punkt S in den Diagrammen 1 – 3 stellt den Massenmittelpunkt des Springers zu den Zeitpunkten: t_A, t_B, t_C dar.

Es gilt: $t_0 < t_A < t_1$ $\quad t_1 < t_B < t_2$ $\quad t_2 < t_C < t_3$

Dabei entspricht die Länge der Seite des Quadrats in jedem Diagramm einer Krafteinheit.

Diagramm 1 (Zeitpunkt t_A)

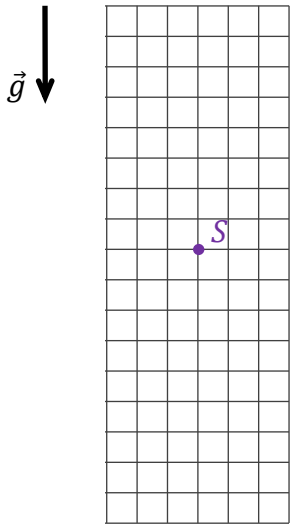


Diagramm 2 (Zeitpunkt t_B)

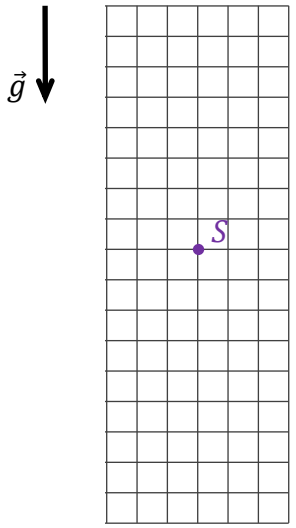
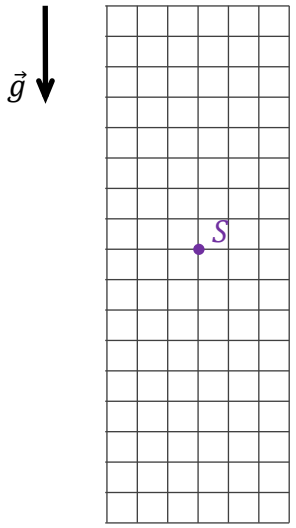


Diagramm 3 (Zeitpunkt t_C)



Zeichne und kennzeichne die Kräfte in den Diagrammen 1 – 3, die auf den Springer zu den Zeitpunkten t_A, t_B, t_C wirken. Behalte die entsprechenden Richtungen, Ausdrücke und Beziehungen (größer, gleich, kleiner) zwischen den Werten der Kräfte bei. Bezeichne die Kräfte wie folgt:

$\vec{F}_s$ – Elastizitätskraft des Seils, $\quad$ **$\vec{F}_g$ - Gravitationskraft.**

Aufgabe 1.3 (0–1)

Vervollständige den Satz. Markiere Antwort A, B oder C und ihre Begründung 1, 2 oder 3

Die Länge von Abschnitt P_1P_2 beträgt

A	4,9 m,	weil,	**1**	$\lvert P_1P_2 \rvert = \frac{1}{2} l_0.$
B	6 m,		**2**	$mg(l_0 + \lvert P_1P_2 \rvert) = \frac{1}{2} k \lvert P_1P_2 \rvert^2.$
C	16,8 m,		**3**	$mg = k\lvert P_1P_2 \rvert.$

Notizen zu Aufgabe 1.3

Aufgabe 1.4 (0–1)

Vervollständige den Satz. Wähle die richtige Antwort aus den angegebenen Möglichkeiten.

Der gerundete Wert der Geschwindigkeit, mit der der Massenmittelpunkt des Springers den Punkt P_1 überschreitet, beträgt:

A. $v \approx 5{,}4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ **B.** $v \approx 10{,}8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ **C.** $v \approx 15{,}3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ **D.** $v \approx 21{,}6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Notizen zu Aufgabe 1.4

Aufgabe 1.5 (0–3)

Berechne die maximale Dehnung des Seils über die freie Länge während des beschriebenen Sprungs.

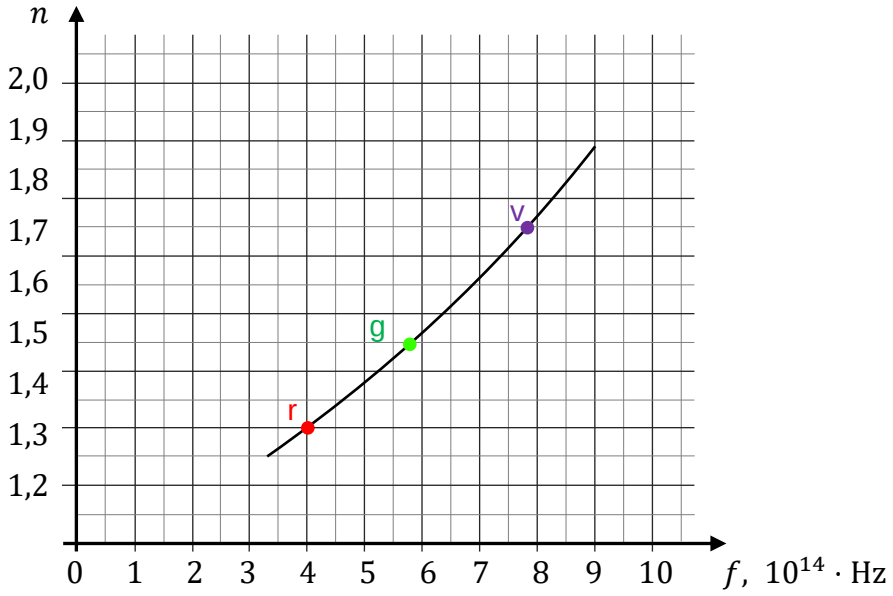
Hinweis: Nutze den Energieerhaltungssatz.

Aufgabe 2

Der absolute Brechungsindex eines optischen Mediums hängt im Allgemeinen von der Frequenz des Lichts ab. Das nachstehende Diagramm zeigt die Abhängigkeit des Wertes n des absoluten Brechungsindexes des Lichts von der Frequenz f dieses Lichts für eine bestimmte Glasart.

Im nachfolgenden Diagramm der Abhängigkeit $n(f)$ sind drei Punkte dargestellt: für Licht der drei unterschiedlichen Farben rot (r), grün (g) und violett (v). In der Aufgabe betrachten wir monochromatische Lichtbündel dieser drei Farben.

Diagramm



Aufgabe 2.1 (0–1)

Beurteile die Richtigkeit der nachfolgend aufgeführten Aussagen. Wähle die Antwort R, wenn die Aussage richtig ist, oder F, wenn sie falsch ist.

1	Der Wert der Geschwindigkeit von violettem Licht ist in Glas größer als der Wert der Geschwindigkeit von rotem Licht in diesem Glas.	**R**	**F**
2	Die Frequenz des Lichts ändert sich nicht, wenn es von Luft in Glas übergeht.	**R**	**F**

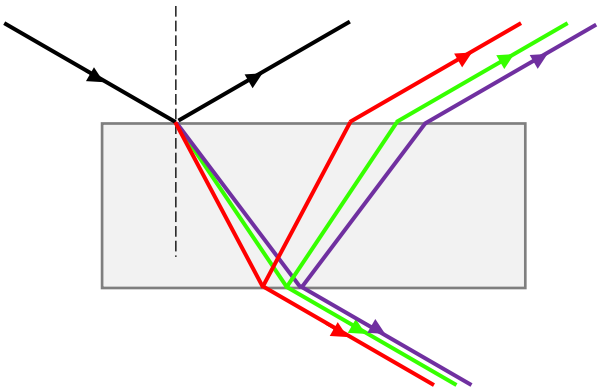
Zusätzliche Informationen zu den Aufgaben 2.2–2.4

Ein paralleles Bündel von gemischtem rotem, grünem und violettem Licht, das sich in der Luft bewegt, fällt auf eine Quader-Glasplatte in einem Winkel von $\alpha = 60°$. Die Platte ist aus dem gleichen Glas hergestellt, welches in Aufgabe 2 beschrieben wurde.

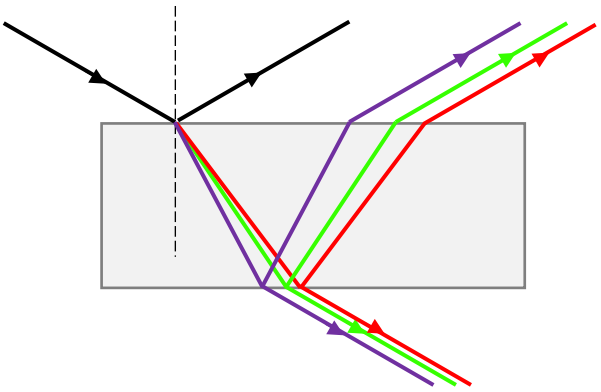
Aufgabe 2.2 (0–1)

Welche der Abbildungen (A bis D) zeigt den Durchgang von rotem, grünem und violettem Licht durch eine Glasplatte korrekt? Wähle die richtige Antwort aus den angegebenen Möglichkeiten.

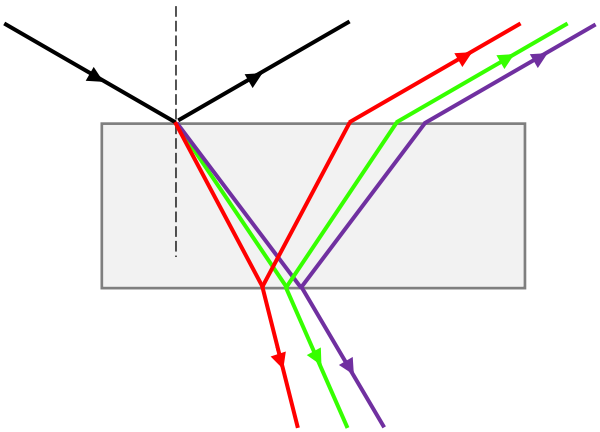
A.



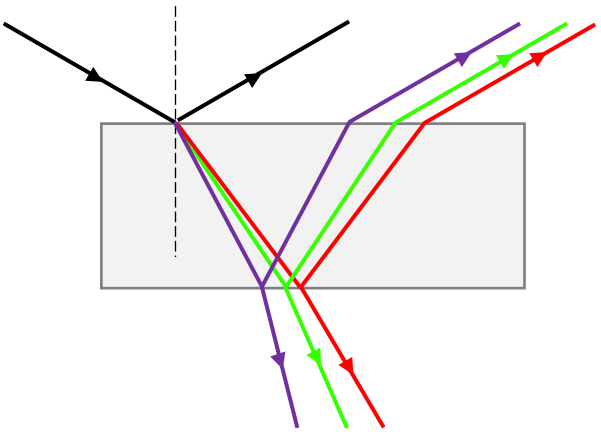
B.



C.



D.



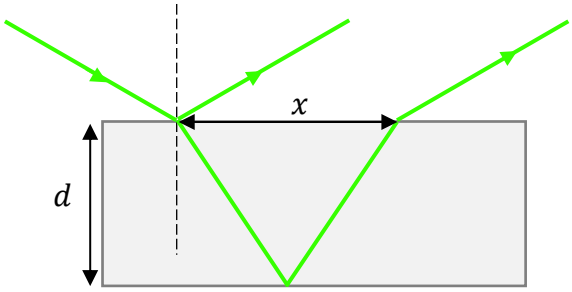
Aufgabe 2.3 (0–2)

Berechne die Wellenlänge von grünem Licht (g) in der Glasplatte.

Aufgabe 2.4 (0–3)

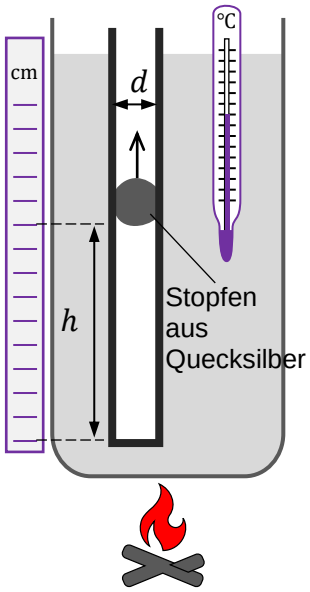
Die folgende Abbildung zeigt den Durchgang von einem grünen Lichtbündel (g) durch eine Glasplatte. Die Dicke der Platte beträgt $d = 0{,}9\ \mathrm{cm}$. Wir bezeichnen den Abstand zwischen den Punkten, an denen das Bündel auf die Platte fällt und die Platte auf derselben Seite verlässt, als x.

Abbildung



Berechne x.

Aufgabe 3



Schüler untersuchten die Eigenschaften einer isobaren Zustandsänderung. Zur Durchführung des Experiments verwendeten sie ein Thermometer und ein Glasröhrchen mit einem Durchmesser von $d = 6\ \mathrm{mm}$, das an einem Ende geschlossen war. Sie fügten eine kleine Menge Quecksilber in das senkrecht stehende Glasröhrchen zu, um einen Stopfen zu bilden, der einen Teil der Luft am Boden des Rohrs sperren und sich entlang des Röhrchens bewegen konnte. Sie tauchten das Thermometer und das Röhrchen in einen Topf mit kaltem Wasser, den sie dann erhitzten.

Während die Temperatur des Wassers und der Luft in dem Röhrchen stieg, bewegte sich der Quecksilber-Stopfen infolge der isobaren Zustandsänderung der Luft im geschlossenen Teil des Röhrchens langsam und gleichmäßig nach oben (siehe nebenstehende Abbildung).

Aufgabe 3.1 (0–2)

Beweise, basierend auf der Beschreibung der Bewegung des Stopfens im Röhrchen, dass die Zustandsänderung des Gases (Luft) im geschlossenen Teil des Röhrchens isobar ist. Ignoriere die Reibungskraft des Quecksilbers im Röhrchen.

Aufgabe 3.2 (0–1)

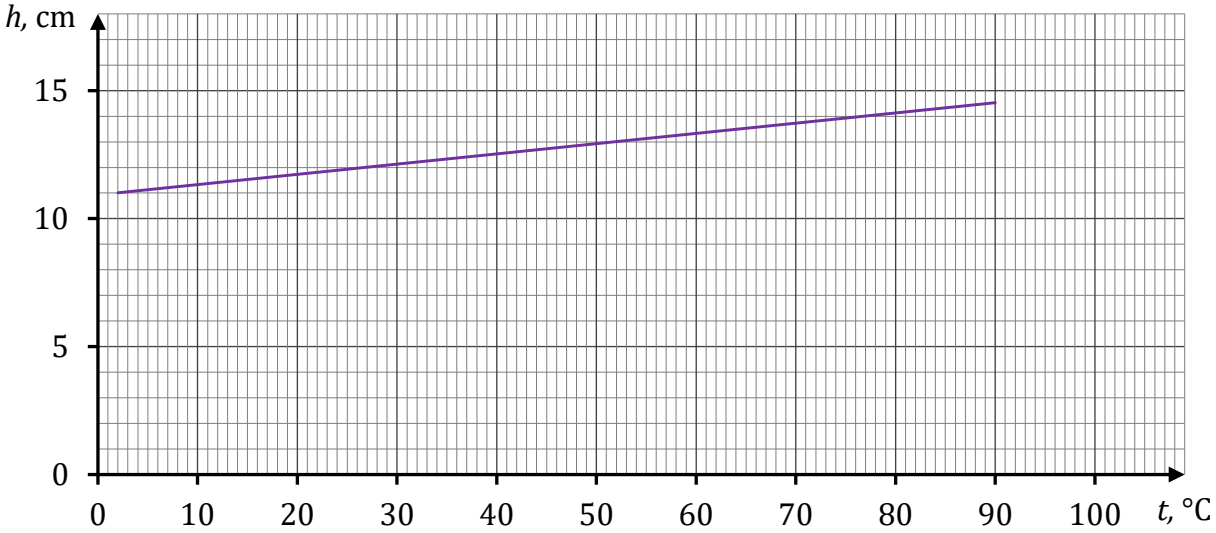
Beurteile die Richtigkeit der nachfolgend aufgeführten Aussagen. Wähle die Antwort R, wenn die Aussage richtig ist, oder F, wenn sie falsch ist.

Bei der in Aufgabe 3 beschriebenen isobaren Zustandsänderung

1	ist das Volumen der Luftsäule im geschlossenen Teil des Röhrchens direkt proportional zur durchschnittlichen kinetischen Energie der Luftmoleküle.	**R**	**F**
2	ist die Kraft der Luft, die gegen den Stopfen im geschlossenen Teil des Röhrchens drückt, direkt proportional zur absoluten Temperatur der Luft.	**R**	**F**

Aufgabe 3.3 (0–2)

Das folgende Diagramm zeigt die Abhängigkeit der Höhe der Luftsäule (in cm) im geschlossenen Teil des Röhrchens von der Temperatur (in °C). Nimm an, dass sich die Luft wie ein ideales Gas verhält.



Berechne, basierend auf dem obigen Diagramm, den absoluten Nullpunkt in Grad Celsius.

Achtung! Nimm für die Berechnungen an, dass sich die Temperatur auf der absoluten Skala von der Temperatur auf der Celsiusskala um eine Konstante unterscheidet.

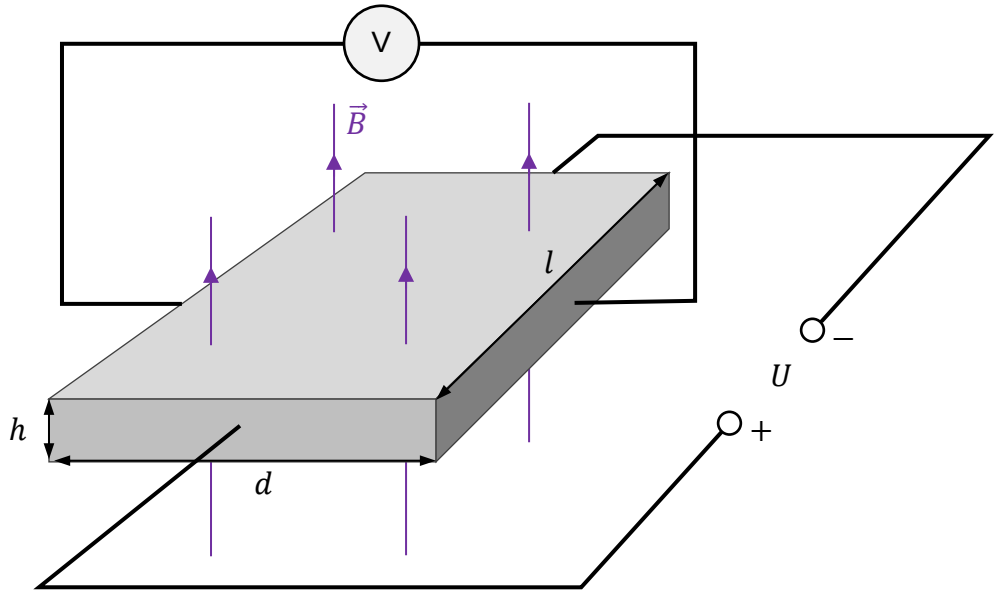
Aufgabe 4

Eine leitfähige Quader-Platte mit einer Dicke von h, einer Breite von d und einer Länge von l befindet sich in einem homogenen Magnetfeld. Der Vektor $\vec{B}$ der magnetischen Induktion dieses Feldes steht senkrecht zur der Oberfläche der Platte.

Entlang der Platte wurde eine konstante Spannung U angelegt und quer an die Platte ein Voltmeter angeschlossen. Es stellt sich heraus, dass, wenn ein konstanter elektrischer Strom mit einer Stromstärke I entlang der Platte fließt, eine bestimmte Spannung U_H quer an der Platte entsteht (senkrecht zur Richtung des Stromflusses).

Dieser im Jahr 1879 entdeckte Effekt wird als Hall-Effekt und die erzeugte Spannung als Hall-Spannung bezeichnet. Die Situation ist in Abbildung 1 dargestellt.

Abbildung 1



Aufgabe 4.1 (0–1)

Das in Aufgabe 4 beschriebene Experiment wurde mit Platten aus demselben Material, aber mit unterschiedlichen Größen wiederholt.

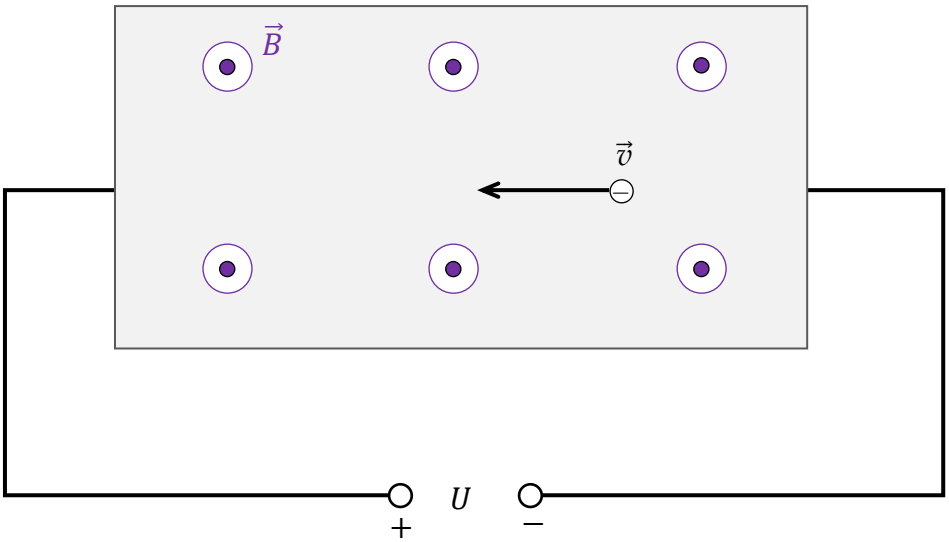
Beurteile die Richtigkeit der nachfolgend aufgeführten Aussagen. Wähle die Antwort R, wenn die Aussage richtig ist, oder F, wenn sie falsch ist.

1	Wenn eine gegebene Platte durch eine Platte mit einer Dicke, Breite und Länge $h' = 2h$, $d' = d$, $l' = l$ ersetzt wird, fließt ein Strom mit einer Stromstärke von $\frac{1}{2}I$.	**R**	**F**
2	Wenn die gegebene Platte durch eine Platte mit einer Dicke, Breite und Länge $h' = h$, $d' = 2d$, $l' = l$ ersetzt wird, ändert sich die Hall-Spannung nicht.	**R**	**F**

Aufgabe 4.2 (0–1)

Abbildung 2 zeigt schematisch eines der Leitungselektronen in einer Platte. Außerdem sind die Geschwindigkeit $\vec{v}$ dieses Elektrons, die Polarität der Spannungsquelle und die Richtung des Vektors $\vec{B}$ der magnetischen Induktion im Bereich der Platte (in Richtung des Betrachters) eingezeichnet.

Abbildung 2



In welcher Abbildung (A–D) ist der Vektor $\vec{F}_L$ der magnetischen Lorentzkraft, die auf das Leitungselektron in der Platte wirkt, korrekt gezeichnet? Wähle die richtige Antwort aus den angegebenen Möglichkeiten.

A.

B.

C.

D.

Aufgabe 4.3 (0–3)

Im Experiment wird eine Platte mit einer Breite von $d = 16\ \mathrm{mm}$ verwendet, die sich in einem magnetischen Feld mit der Induktion von $B = 0{,}4\ \mathrm{T}$ befindet. Die gemessene Hall-Spannung beträgt $U_H = 8\ \mu\mathrm{V}$.

Nimm ein Modell des Phänomens an, bei dem sich alle an der Stromleitung beteiligten Elektronen mit der gleichen konstanten Geschwindigkeit $\vec{v}$ längs in der Platte bewegen.

Berechne den Wert v der Geschwindigkeit der Leitungselektronen in der Platte.

Hinweis: Bestimme die Kräfte, die senkrecht in der die Platte auf die Leitungselektronen wirken. Verwende außerdem die Information, dass sich die Elektronen mit konstanter Geschwindigkeit bewegen.

NOTIZEN *(von der Bewertung ausgeschlossen)*

ZESTAW DODATKOWYCH ZADAŃ W JĘZYKU ROSYJSKIM

Задание 1.

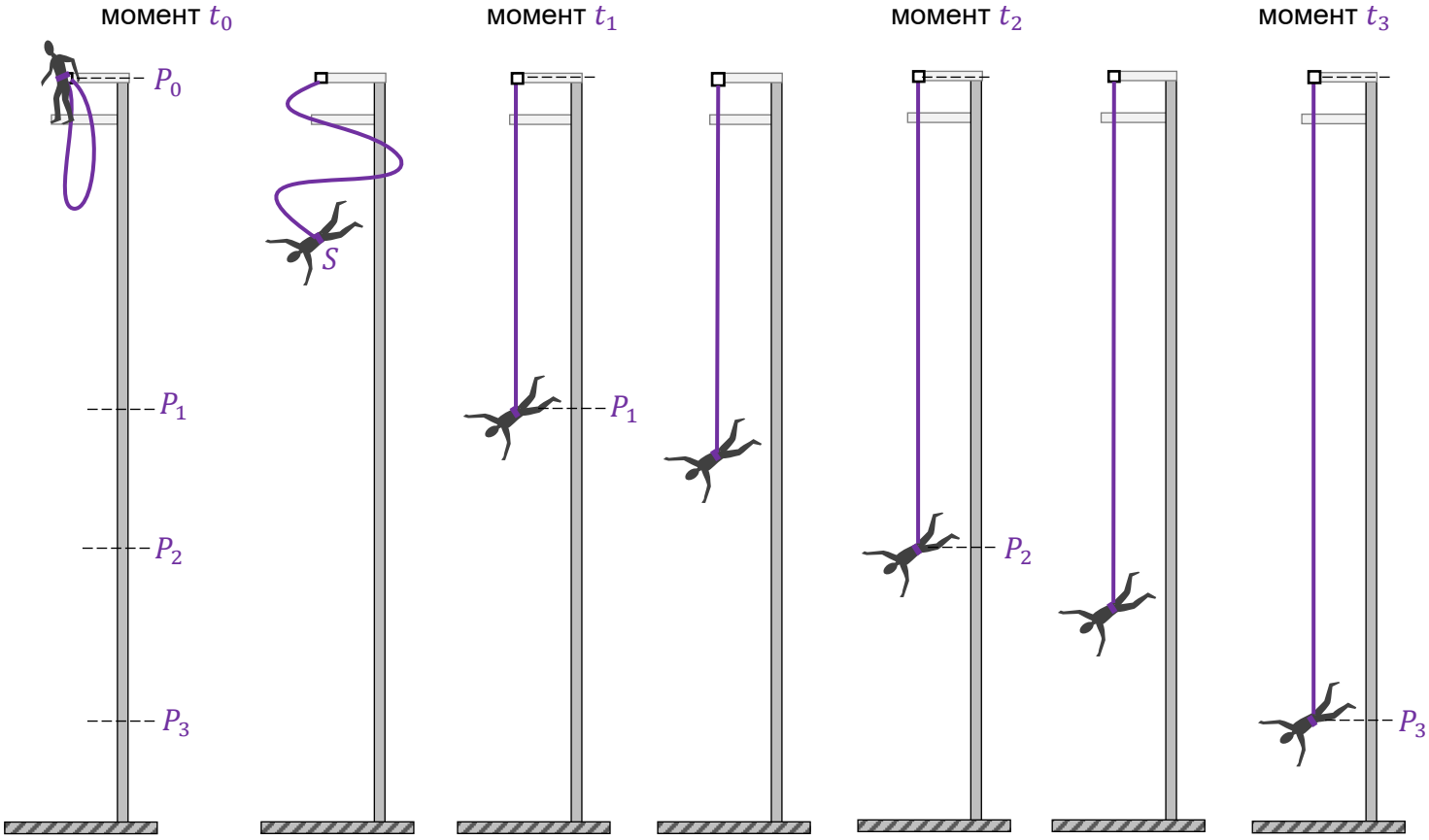
Рассмотрим прыжок с эластичным канатом, известный как *банджи-джампинг*. При прыжке один конец каната крепится к специальной обвязке, в которую одет прыгун, а другой конец каната крепится к стартовой платформе. Прыгун выполняет банджи-прыжок. Отметим выбранные моменты прыжка и положение центра масс S прыгуна следующим образом (см. рисунок ниже):

t_0, P_0 – момент времени и координата в начале движения, когда центр масс и точка крепления каната совпадают,

t_1, P_1 – момент времени и координата, когда канат развернут на полную длину l_0, но ещё не начал растягиваться,

t_2, P_2 – момент времени и координата, когда равнодействующая сила, действующая на прыгуна, равна нулю,

t_3, P_3 – момент времени и координата, когда прыгун находился в самом нижнем положении при падении.



Для анализа падения прыгуна примем упрощенную модель явления, в которой:

- будем считать, что движение вертикальное и начальная скорость равна нулю
- пренебрегаем сопротивлением движению (на прыгуна действует только сила тяжести и упругости каната)
- пренебрегаем весом каната
- будем считать, что канат является идеально упругим (т.е. подчиняется закону Гука).

Для расчётов используйте следующие данные:

$l_0 = |P_0P_1| = 12$ м – длина каната в недеформированном состоянии (т.е. после выпрямления без растяжения),

$k = 150$ Н/м – коэффициент упругости каната,

$m = 75$ кг – масса прыгуна,

$g = 9{,}8$ м/с^2 – ускорение свободного падения.

Задание 1.1. (0–1)

Оцените верность следующих утверждений. Обведите П, если утверждение верно, или Н – если неверно.

1.	Максимальная скорость центра масс прыгуна достигается при прохождении точки P_2.	**П**	**Н**
2.	На отрезке P_2P_3 центр масс прыгуна движется равнозамедленно	**П**	**Н**

Задание 1.2. (0–2)

Точка S на диаграммах 1–3 соответствует координате центра масс прыгуна в моменты времени: t_A, t_B, t_C, такие, что:

$$t_0 < t_A < t_1 \qquad t_1 < t_B < t_2 \qquad t_2 < t_C < t_3$$

Длина стороны решётки на каждой схеме соответствует условной единице силы.

Диаграмма 1. (момент t_A)

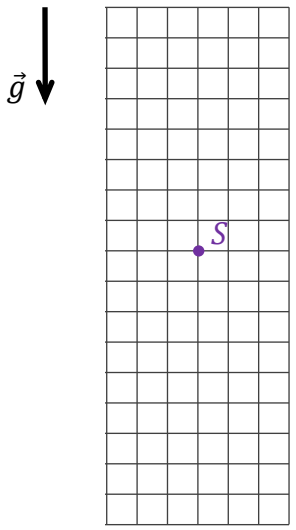


Диаграмма 2. (момент t_B)

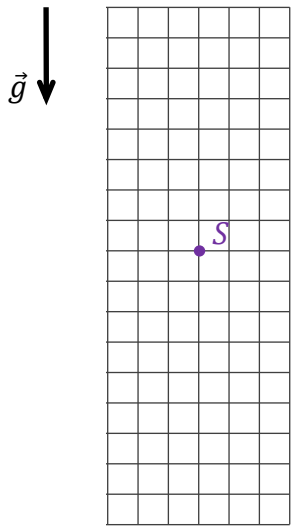
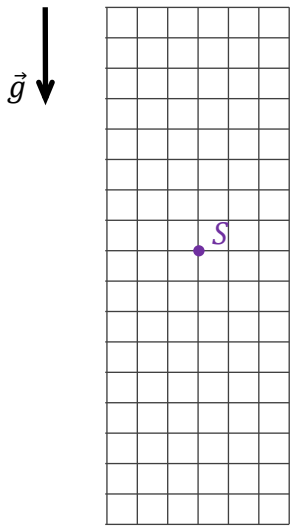


Диаграмма 3. (момент t_C)



На диаграммах 1-3 нарисуйте и отметьте силы, действующие на прыгуна в моменты времени: t_A, t_B, t_C. Соблюдайте соответствующие направления и соотношения (больше, равно, меньше) между величинами сил. Обозначьте силы следующим образом:

$\vec{F}_{\text{упр}}$ **– сила упругости каната,** $\vec{F}_{\text{т}}$ **– сила тяжести.**

Задание 1.3. (0–1)

Закончите предложение. Обведите ответ A, B или C и его обоснование 1, 2 или 3.

Длина отрезка P_1P_2 равна

A.	4,9 м,	поскольку	**1.**	$\lvert P_1P_2 \rvert = \frac{1}{2} l_0.$
B.	6 м,		**2.**	$mg(l_0 + \lvert P_1P_2 \rvert) = \frac{1}{2} k \lvert P_1P_2 \rvert^2.$
C.	16,8 м,		**3.**	$mg = k\lvert P_1P_2 \rvert.$

Черновик для задания 1.3.

Задание 1.4. (0–1)

Закончите предложение. Обведите правильный ответ из приведенных.

Значение скорости, с которой центр масс прыгуна проходит через точку с координатой P_1 приблизительно составляет:

A. $v \approx 5{,}4\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$ **B.** $v \approx 10{,}8\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$ **C.** $v \approx 15{,}3\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$ **D.** $v \approx 21{,}6\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Черновик для задания 1.4.

Задание 1.5. (0–3)

Рассчитайте максимальное удлинение каната при описанном прыжке.

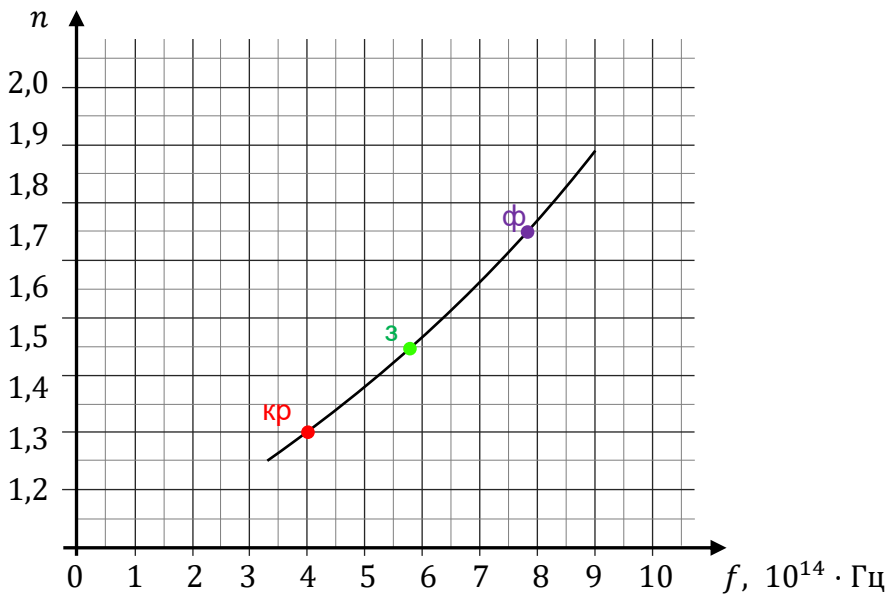
Подсказка: Используйте закон сохранения механической энергии.

Задание 2.

Абсолютный показатель преломления среды в общем случае зависит от частоты света. Ниже на графике показана зависимость значения n абсолютного показателя преломления света от частоты f света для определенного типа стекла.

На графике зависимости $n(f)$ выделены три точки: для красного (кр), зелёного (з) и фиолетового (ф) света. Будем считать световые лучи этих трёх цветов монохроматическими.

График



Задание 2.1. (0–1)

Оцените верность следующих утверждений. Обведите П, если утверждение верно, или Н – если неверно.

1.	Значение скорости фиолетового света в стекле больше значения скорости красного света в этом стекле.	**П**	**Н**
2.	Частота света при переходе из воздуха в стекло не меняется.	**П**	**Н**

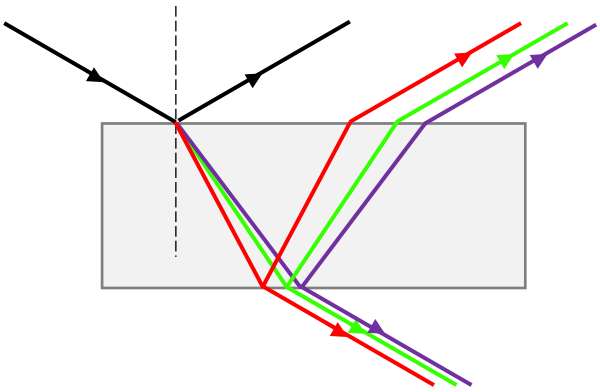
Дополнительная информация к заданиям 2.2–2.4.

Параллельный пучок лучей смеси красного, зеленого и фиолетового света, идущий в воздухе, падает на плоскопараллельную стеклянную пластину под углом $\alpha = 60°$. Пластина изготовлена из стекла, описанного в задании 2.

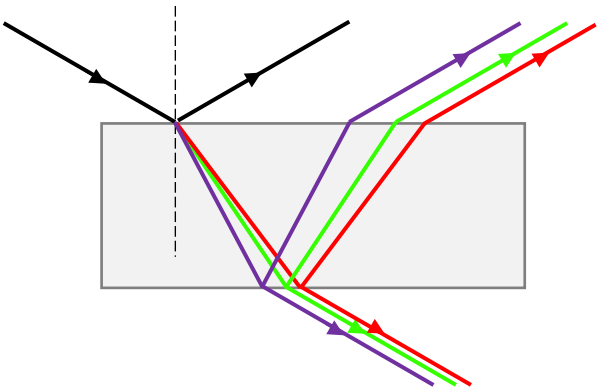
Задание 2.2. (0–1)

На каком рисунке (A–D) правильно показано прохождение лучей красного, зелёного и фиолетового света через стеклянную пластинку? Обведите правильный ответ.

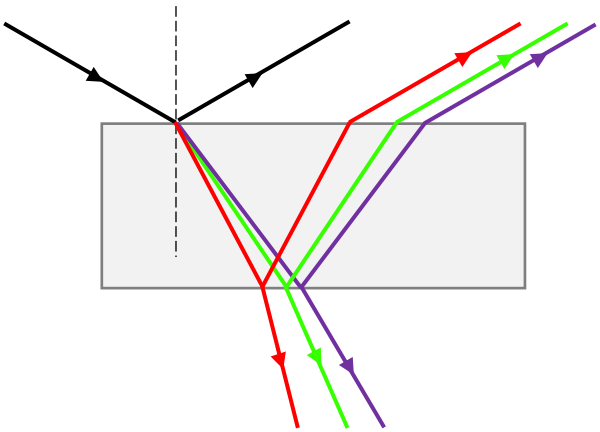
A.



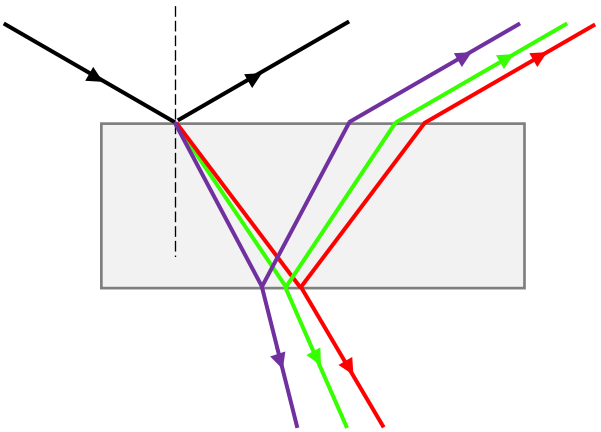
B.



C.



D.



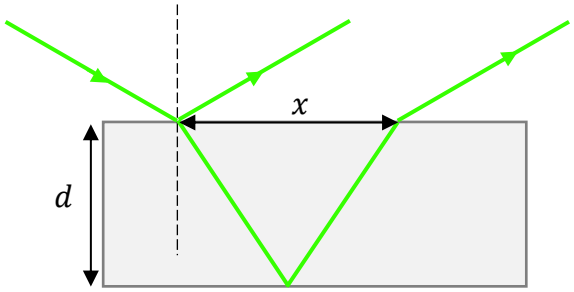
Задание 2.3. (0–2)

Рассчитайте длину волны зелёного света (з) в стеклянной пластине.

Задание 2.4. (0–3)

Ход луча зелёного цвета (з) через стеклянную пластину показан на рисунке ниже. Толщина пластины $d = 0{,}9$ см. Расстояние между точками, в которых луч падает на пластину и выходит из пластины с той же стороны, обозначим как x.

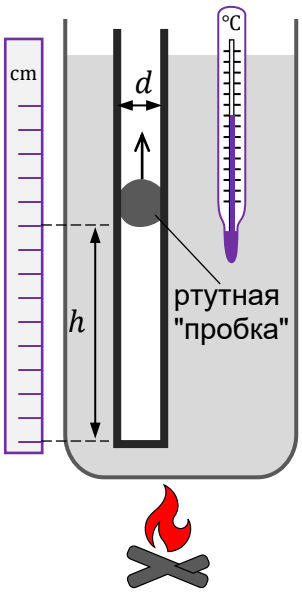
Рисунок



Рассчитайте x.

Задание 3.

Ученики изучали свойства изобарического процесса. Для проведения эксперимента они использовали термометр и стеклянную трубку диаметром $d = 6$ мм, закрытую с одного конца. В вертикально расположенную трубку они ввели небольшое количество ртути так, чтобы образовалась «пробка», которая запирает часть воздуха в нижней части трубки и может свободно перемещаться по трубке. Ученики погрузили термометр и трубку в сосуд с холодной водой, который затем нагревали.



При повышении температуры воды и воздуха в трубке ртутная пробка за счет изобарического расширения воздуха в закрытой части трубки медленно и равномерно поднималась вверх (см. рисунок справа).

Задание 3.1. (0–2)

На основании описанного движения «пробки» в трубке докажите, что процесс, происходящий с газом (воздухом) в закрытой части трубки, является изобарным. Силу трения ртути о трубку не учитывайте.

Задание 3.2. (0–1)

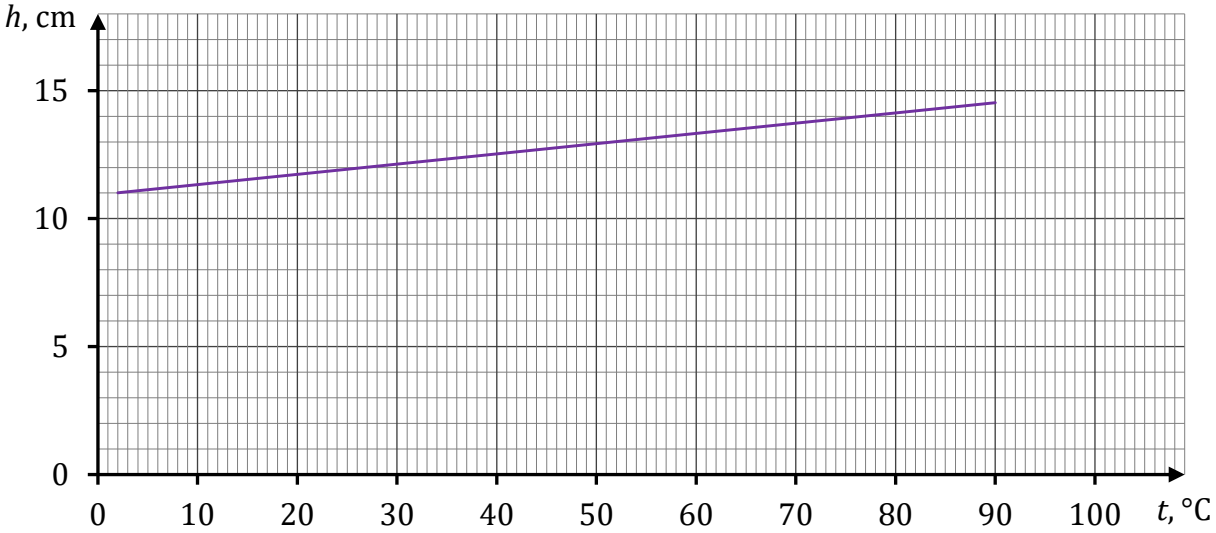
Оцените верность следующих утверждений. Обведите П, если утверждение верно, или Н – если неверно.

При изобарном процессе, описанном в задаче 3

1.	объём столба воздуха в закрытой части трубки прямо пропорционален средней кинетической энергии молекул воздуха.	**П**	**Н**
2.	сила давления воздуха на пробку в закрытой части трубки прямо пропорциональна абсолютной температуре этого воздуха.	**П**	**Н**

Задание 3.3. (0–2)

На приведенном ниже графике показана зависимость высоты столба воздуха в закрытой части трубки от температуры по шкале Цельсия. Считайте, что этот воздух ведёт себя как идеальный газ.



Рассчитайте – на основе приведенного выше графика – температуру абсолютного нуля, выраженную по шкале Цельсия.

Внимание! При вычислениях считайте, что температура, выраженная по абсолютной шкале, отличается от температуры, выраженной по шкале Цельсия, на некоторую константу.

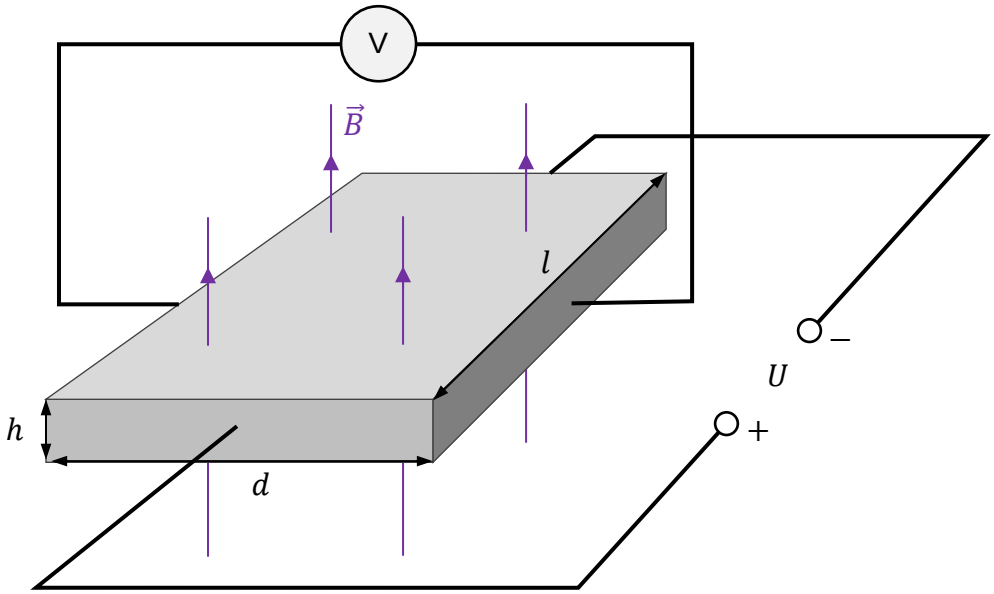
Задание 4.

Прямоугольная проводящая пластина толщиной h, шириной d и длиной l помещена в однородное магнитное поле. Вектор $\vec{B}$ магнитной индукции этого поля перпендикулярен поверхности пластины.

Вдоль пластины подключен источник постоянного напряжения U, а поперёк пластины – вольтметр. Оказывается, что при протекании вдоль пластины постоянного электрического тока I, между гранями пластины возникает определённое напряжение U_x (в направлении, перпендикулярном направлению протекания тока).

Этот эффект, открытый в 1879 году, называется эффектом Холла, а возникающее при этом напряжение известно, как напряжение Холла. Рисунок 1 иллюстрирует эту ситуацию.

Рисунок 1.



Задание 4.1. (0–1)

Эксперимент, описанный в задании 4, был повторён с пластинами разных размеров, изготовленными из того же материала.

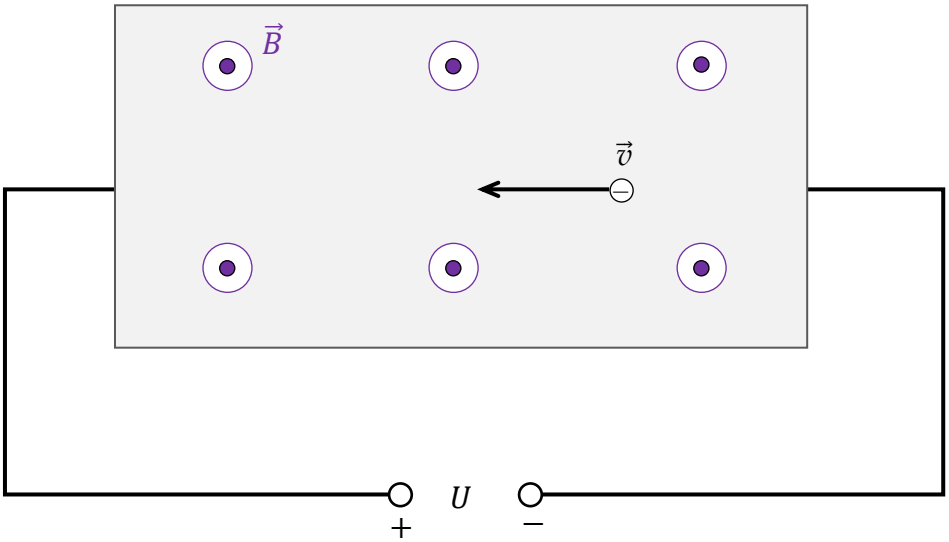
Оцените верность следующих утверждений. Обведите П, если утверждение верно, или Н – если неверно.

1.	Если данную пластину заменить пластиной толщиной, шириной и длиной соответственно $h' = 2h$, $d' = d$, $l' = l$, в ней потечет ток с силой $\frac{1}{2}I$.	**П**	**Н**
2.	Если данную пластину заменить пластиной толщиной, шириной и длиной соответственно $h' = h$, $d' = 2d$, $l' = l$, напряжение Холла не изменится.	**П**	**Н**

Задание 4.2. (0–1)

На рисунке 2 схематично показаны один из электронов проводимости в пластине, скорость $\vec{v}$ этого электрона, полярность источника напряжения и направление вектора $\vec{B}$ магнитной индукции в области пластины (к наблюдателю).

Рисунок 2.



На каком рисунке (A–D) правильно нарисован вектор $\vec{F}_л$ магнитной силы Лоренца, действующей на электрон проводимости в пластине? Обведите правильный ответ из приведенных.

A.

B.

C.

D.

Задание 4.3. (0–3)

В эксперименте использовалась пластина шириной $d = 16$ мм, помещённая в магнитное поле с величиной индукции $B = 0{,}4$ Тл. Измеренное напряжение Холла равно $U_{\text{х}} = 8$ мкВ.

Рассмотрим модель явления, в которой все электроны, проводящие ток, движутся вдоль пластины с одинаковой постоянной скоростью $\vec{v}$.

Рассчитайте скорость v электронов проводимости в пластине.

Подсказка: Определите силы, действующие поперёк пластины на электроны проводимости и используйте информацию о движении электронов с постоянной скоростью.

ЧЕРНОВИК (*не оценивается*)

ZESTAW DODATKOWYCH ZADAŃ W JĘZYKU WŁOSKIM

Quesito nr. 1.

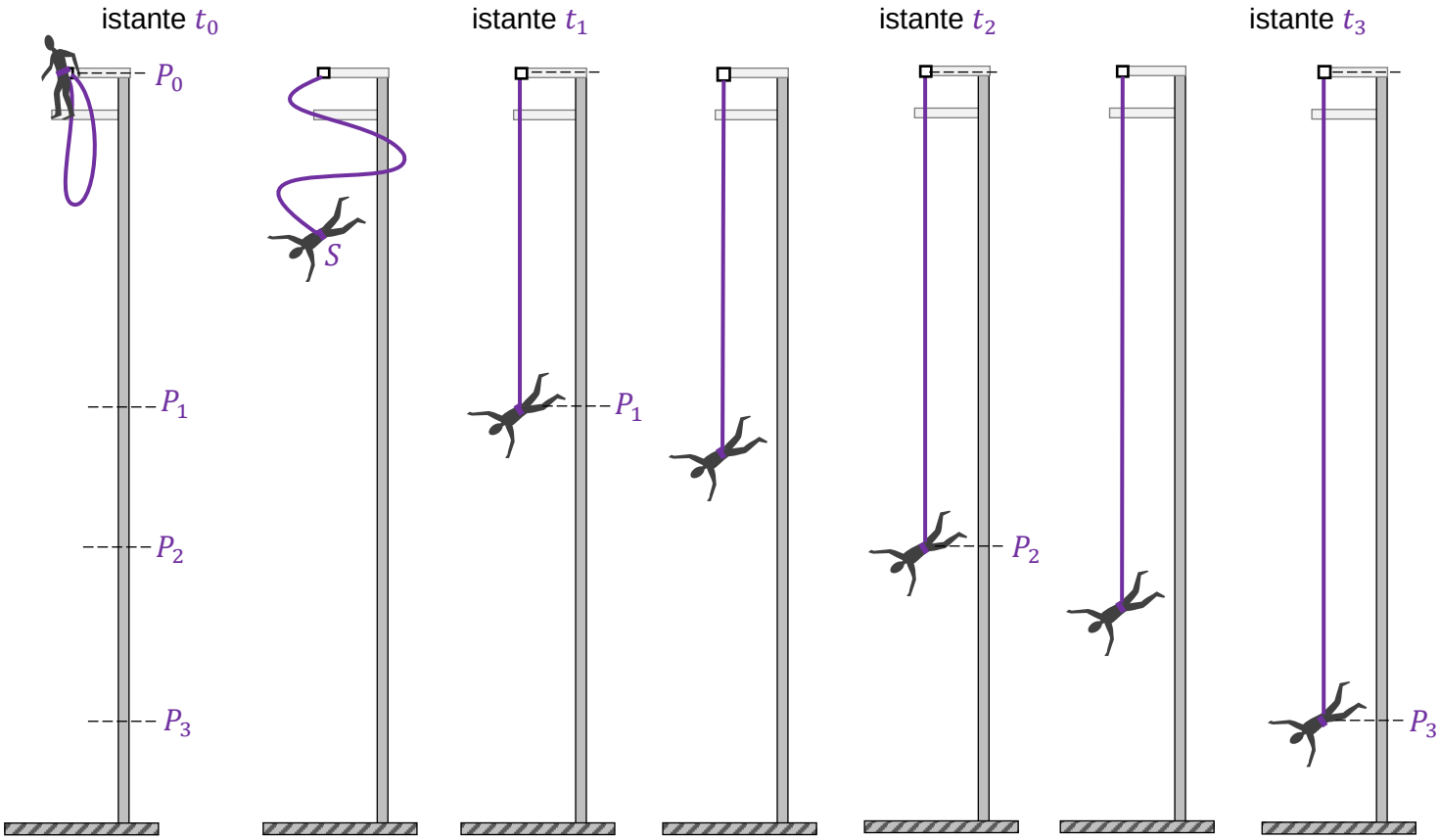
Consideriamo il salto con una corda elastica, noto come *bungee jumping*. Durante il salto, un'estremità della corda è attaccata ad una speciale imbracatura con cui il saltatore è vestito, e l'altra estremità della corda è attaccata a una piattaforma di lancio. Una persona esegue un salto con l'elastico – bungee jumping. Indichiamo gli istanti selezionati del salto e la posizione del centro di massa S della persona che salta come segue (vedi figura seguente):

t_0, P_0 – l'istante e la posizione all'inizio del movimento quando il centro di massa e il punto di attacco della corda coincidono,

t_1, P_1 – l'istante e la posizione in cui la corda è tesa per tutta la sua lunghezza l_0, ma non ha ancora iniziato ad allungarsi,

t_2, P_2 – l'istante e la posizione in cui la forza risultante che agisce sul saltatore è zero,

t_3, P_3 – l'istante e la posizione in cui il saltatore si trova nel suo punto più basso durante la discesa.



Per analizzare la caduta della persona che salta, assumiamo un modello semplificato del fenomeno in cui:

- assumiamo che il moto sia verticale e che la velocità iniziale sia zero
- trascuriamo tutta la resistenza al movimento (solo la gravità e l'elasticità della corda agiscono sul saltatore)
- ignoriamo la massa della corda
- assumiamo che la corda sia perfettamente elastica (cioè che obbedisca alla legge di Hooke).

Utilizza i seguenti dati per il calcolo:

$l_0 = |P_0P_1| = 12\ \mathrm{m}$ – lunghezza a riposo della corda (cioè quando è dritta senza tensione),

$k = 150\ \mathrm{N/m}$ – coefficiente di elasticità della corda,

$m = 75\ \mathrm{kg}$ – massa della persona che salta,

$g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$ – accelerazione gravitazionale.

Quesito nr. 1.1. (0–1)

Valuta la veridicità delle seguenti frasi. Segna V se la frase è vera oppure F se è falsa.

1.	La velocità massima del centro di massa del saltatore è raggiunta quando passa attraverso il punto P_2.	**V**	**F**
2.	Nel segmento P_2P_3 il centro di massa del saltatore si muove con un moto uniformemente decelerato.	**V**	**F**

Quesito nr. 1.2. (0–2)

Il punto S nei diagrammi 1.–3. rappresenta il centro di massa del saltatore negli istanti t_A, t_B, t_C, tali che:

$$t_0 < t_A < t_1$$
$$t_1 < t_B < t_2$$
$$t_2 < t_C < t_3$$

La lunghezza del lato della griglia in ogni diagramma corrisponde a un'unità prestabilita di forza.

Diagramma 1. (istante t_A)

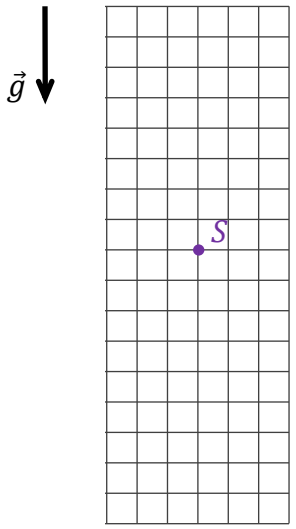


Diagramma 2. (istante t_B)

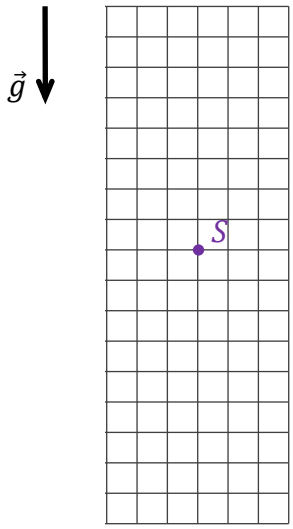
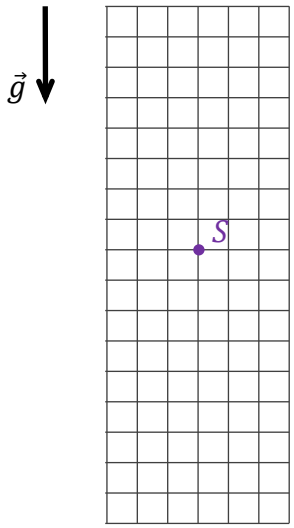


Diagramma 3. (istante t_C)



Nei diagrammi 1.–3. disegna e determina le forze che agiscono sul saltatore negli istanti: t_A, t_B, t_C. Mantieni le direzioni appropriate, i versi e le relazioni (maggiore, uguale, minore) tra i valori delle forze. Indica le forze in maniera seguente:

$\vec{F}_s$ **– forza di elasticità della corda**

$\vec{F}_g$ **– forza di gravità.**

Quesito nr. 1.3. (0–1)

Completa la frase. Segna la risposta A, B oppure C e una delle sue motivazioni 1., 2. oppure 3.

La lunghezza del segmento P_1P_2 è uguale a

A.	4,9 m	perché	**1.**	$\lvert P_1P_2 \rvert = \frac{1}{2} l_0$.
B.	6 m		**2.**	$mg(l_0 + \lvert P_1P_2 \rvert) = \frac{1}{2} k \lvert P_1P_2 \rvert^2$.
C.	16,8 m		**3.**	$mg = k\lvert P_1P_2 \rvert$.

Brutta per il quesito 1.3.

Quesito nr. 1.4. (0–1)

Completa la frase. Segna la risposta corretta tra quelle date.

Il valore della velocità con cui il centro di massa del saltatore passa per il punto P_1 è arrotondato a:

A. $v \approx 5{,}4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ **B.** $v \approx 10{,}8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ **C.** $v \approx 15{,}3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ **D.** $v \approx 21{,}6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Brutta per il quesito 1.4.

Quesito nr. 1.5. (0–3)

Calcola l'allungamento massimo della corda sulla lunghezza a riposo, durante il salto descritto.

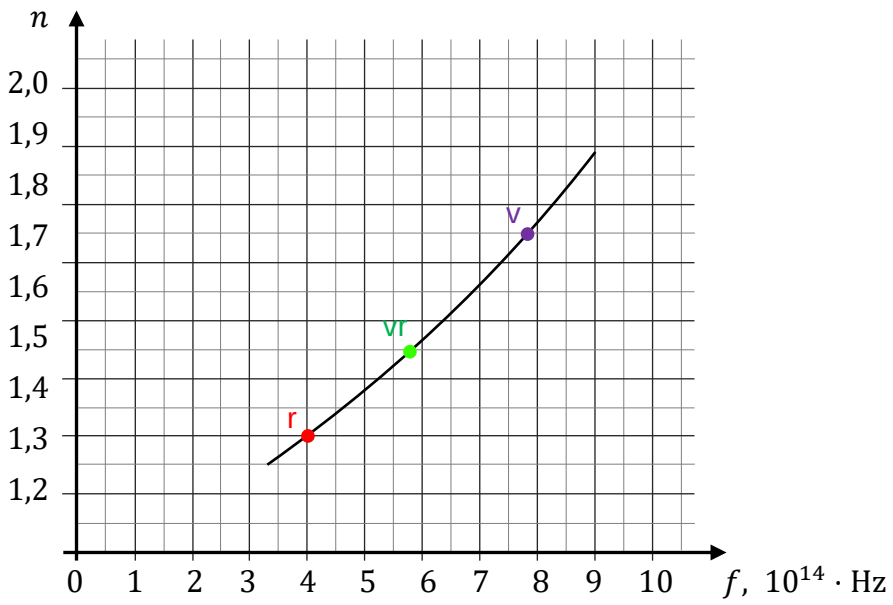
Suggerimento: Utilizza il principio di conservazione dell'energia meccanica.

Quesito nr. 2.

L'indice di rifrazione assoluto di un mezzo materiale dipende generalmente dalla frequenza della luce. Il grafico sottostante mostra la dipendenza dell'indice n di rifrazione assoluto della luce dalla frequenza f della luce – per un certo tipo di vetro.

Sul grafico di dipendenza $n(f)$ si distinguono tre punti: per la luce rossa (r), la luce verde (vr) e la luce viola (v). Nel quesito consideriamo fasci di luce monocromatica di questi tre colori.

Grafico



Quesito nr. 2.1. (0–1)

Valuta la veridicità delle seguenti frasi. Segna V se la frase è vera oppure F se è falsa.

1.	Il valore della velocità della luce viola nel vetro è maggiore del valore della velocità della luce rossa nel vetro.	**V**	**F**
2.	La frequenza della luce dopo che entra nel vetro dall'aria non cambia.	**V**	**F**

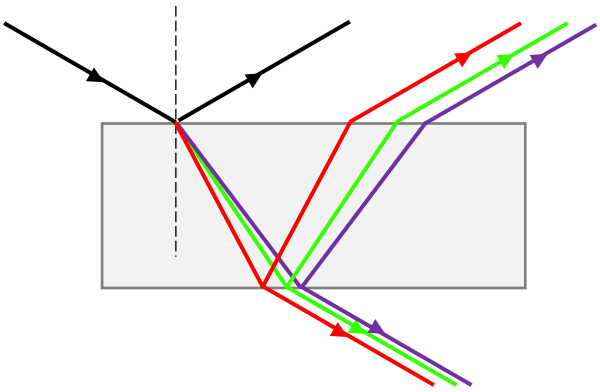
Informazioni aggiuntive per i quesiti 2.2.–2.4.

Un fascio parallelo di una miscela di luce rossa, verde e viola, che scorre nell'aria, cade su una lastra di vetro rettangolare con un angolo $\alpha = 60°$. La lastra è fatta di vetro come descritto nel quesito 2.

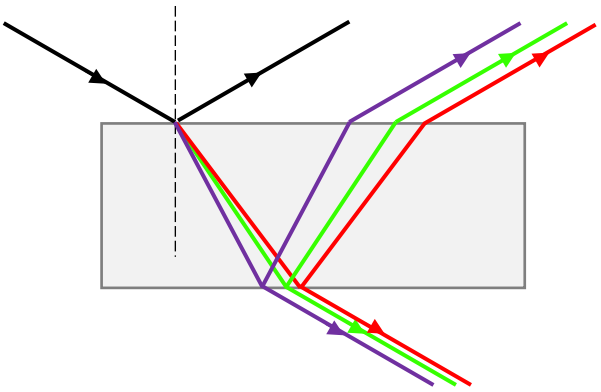
Quesito nr. 2.2. (0–1)

Quale dei disegni (da A a D) rappresenta correttamente il passaggio dei raggi di luce rossa, verde e viola attraverso la lastra di vetro? Segna la risposta corretta tra quelle date.

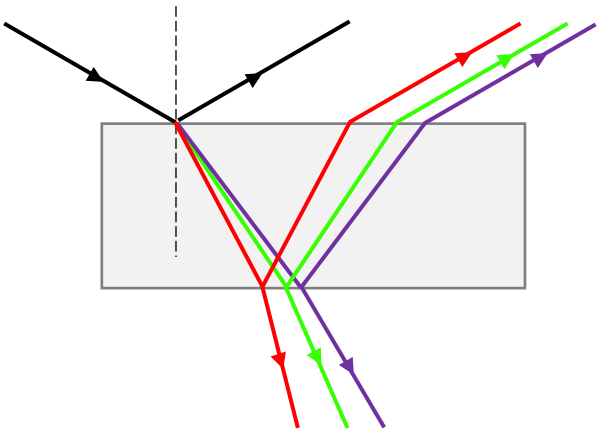
A.



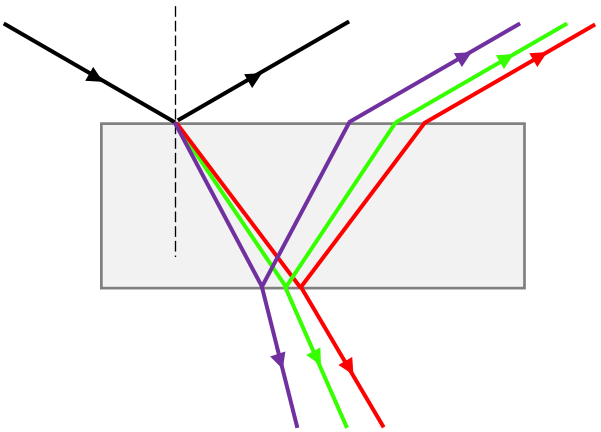
B.



C.



D.



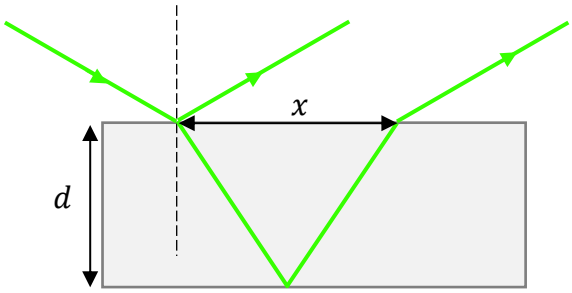
Quesito nr. 2.3. (0–2)

Calcola la lunghezza d'onda della luce verde (vr) nella lastra di vetro.

Quesito nr. 2.4. (0–3)

Un frammento del percorso di un raggio verde (vr) attraverso una lastra di vetro è mostrato nella figura qui sotto. Lo spessore della lastra è uguale a $d = 0{,}9\ \mathrm{cm}$. La distanza tra i punti in cui il raggio cade sulla lastra e lascia la lastra dallo stesso lato è indicata da x.

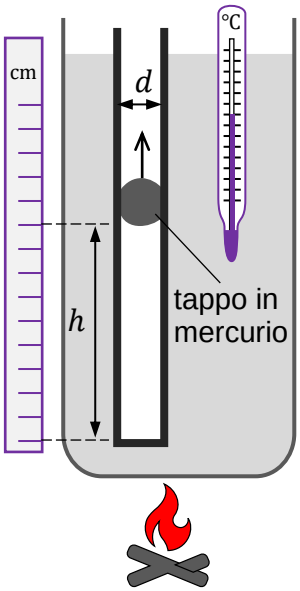
Figura



Calcola x.

Quesito nr. 3.

Gli studenti hanno studiato le proprietà di una trasformazione isobarica. Per realizzare l'esperimento hanno usato un termometro e un tubo di vetro di diametro $d = 6\ \mathrm{mm}$ chiuso ad un'estremità. Hanno inserito una piccola quantità di mercurio nel tubo posizionato verticalmente per formare un tappo che chiudeva parte dell'aria sul fondo del tubo e che poteva anche muoversi lungo il tubo. Il termometro e il tubo sono stati immersi in un contenitore riempito di acqua fredda, che è stato poi riscaldato.



Man mano che la temperatura dell'acqua e dell'aria nel tubo aumentava, il tappo di mercurio saliva lentamente verso l'alto con un movimento uniforme a causa della trasformazione isobarica dell'aria nella parte chiusa del tubo (vedi figura a fianco).

Quesito nr. 3.1. (0–2)

Sulla base della descrizione del moto del tappo nel tubo, dimostra che la trasformazione del gas (dell'aria) nella parte chiusa del tubo è isobarica. Ignora la forza di attrito del mercurio sul tubo.

Quesito nr. 3.2. (0–1)

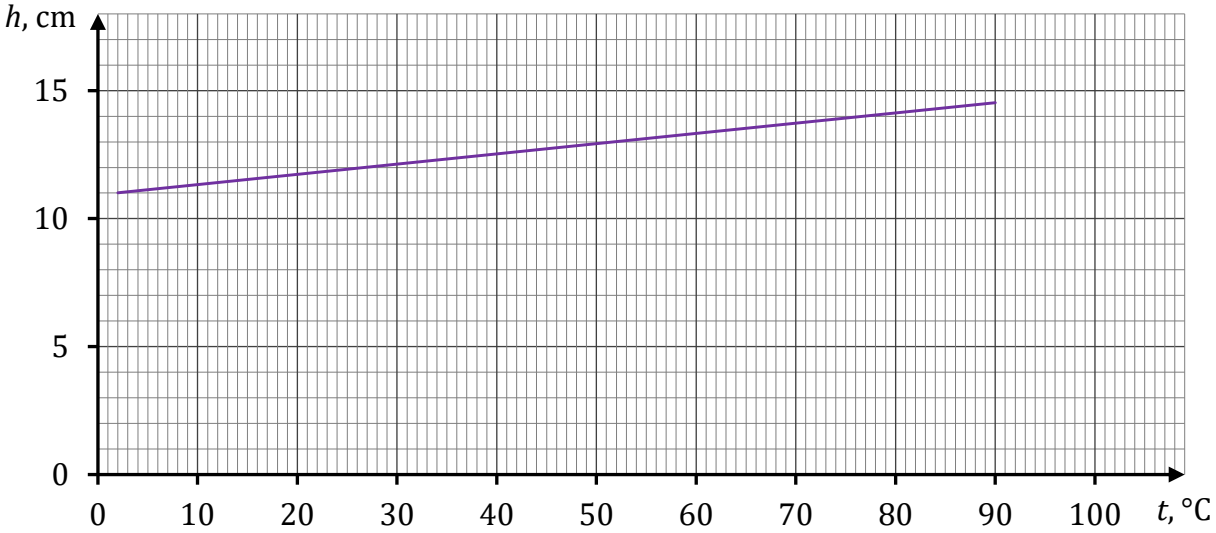
Valuta la veridicità delle seguenti frasi. Segna V se la frase è vera oppure F se è falsa.

Durante la trasformazione isobarica descritta nel quesito 3

1.	il volume della colonna d'aria nella parte chiusa del tubo è direttamente proporzionale all'energia cinetica media delle molecole d'aria.	**V**	**F**
2.	la forza dell'aria che spinge contro il tappo nella parte chiusa del tubo è direttamente proporzionale alla temperatura assoluta dell'aria.	**V**	**F**

Quesito nr. 3.3. (0–2)

Il seguente grafico mostra la dipendenza dell'altezza della colonna d'aria nella parte chiusa del tubo dalla temperatura in Celsius. Supponiamo che quest'aria si comporti come un gas ideale.



Calcola – sulla base del grafico precedente – la temperatura dello zero assoluto espressa in Celsius.

Attenzione! Per i calcoli supponi che la temperatura espressa sulla scala assoluta differisca da quella espressa sulla scala Celsius di una certa costante.

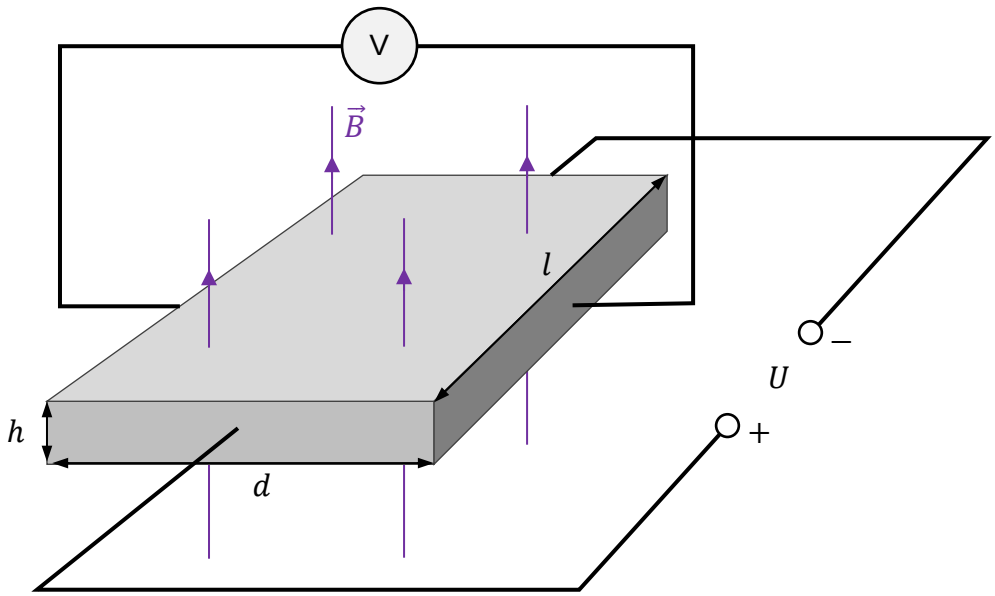
Quesito nr. 4.

Una piastra conduttiva rettangolare di spessore h, larghezza d e lunghezza l è posta in un campo magnetico uniforme. Il vettore $\vec{B}$ di induzione magnetica di questo campo è perpendicolare alla superficie della piastra.

Una fonte di tensione costante U è collegata lungo la piastra e un voltmetro è collegato in maniera trasversale alla piastra. Si scopre che, quando lungo la piastra scorre una corrente elettrica costante I, in maniera trasversale alla piastra (in direzione perpendicolare alla direzione del flusso di corrente) si genera una certa tensione U_H.

Questo effetto, scoperto nel 1879, è chiamato effetto Hall, e la tensione generata è conosciuta come tensione di Hall. La situazione è illustrata in figura 1.

Figura 1.



Quesito nr. 4.1. (0–1)

L'esperimento descritto nel quesito 4 è stato ripetuto con piastre di differenti dimensioni fatte dello stesso materiale.

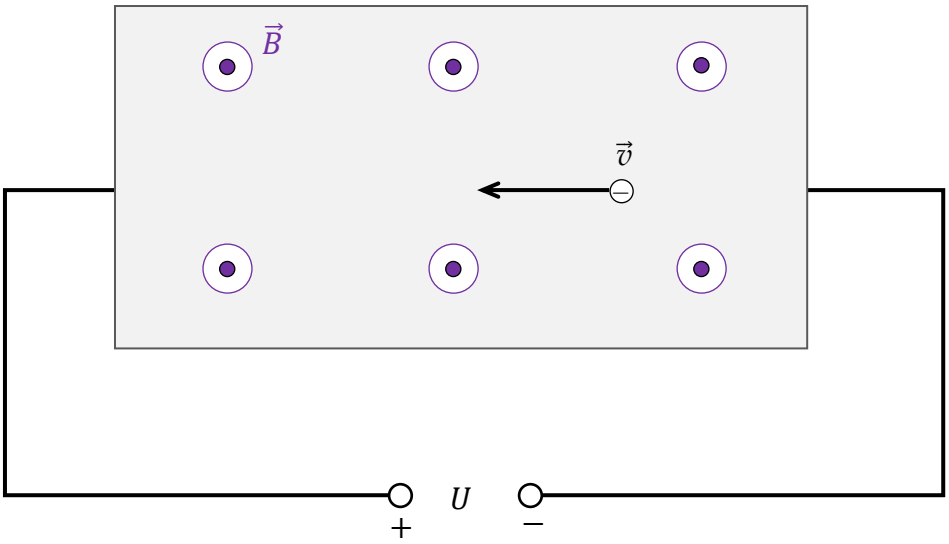
Valuta la veridicità delle seguenti frasi. Segna V se la frase è vera oppure F se è falsa.

1.	Quando una data piastra viene sostituita da una piastra di spessore, larghezza e lunghezza di $h' = 2h$, $d' = d$, $l' = l$ in essa scorrerà una corrente pari a $\frac{1}{2}I$.	**V**	**F**
2.	Quando una data piastra viene sostituita da una piastra di spessore, larghezza e lunghezza di $h' = h$, $d' = 2d$, $l' = l$ la tensione di Hall non cambia.	**V**	**F**

Quesito nr. 4.2. (0–1)

La figura 2 mostra schematicamente uno degli elettroni di conduzione nella piastra, la velocità $\vec{v}$ di questo elettrone, la polarità della sorgente di tensione e il verso del vettore $\vec{B}$ dell'induzione magnetica nella zona della piastra (verso l'osservatore).

Figura 2.



In quale disegno (da A a D) è disegnato correttamente il vettore $\vec{F}_L$ della forza magnetica di Lorentz che agisce sull'elettrone di conduzione nella piastra? Segna la risposta corretta tra quelle date.

A.

B.

C.

D.

Quesito nr. 4.3. (0–3)

L'esperimento utilizza una piastra di larghezza $d = 16\ \mathrm{mm}$, posta in un campo magnetico di induzione $B = 0{,}4\ \mathrm{T}$. La tensione di Hall misurata è uguale a $U_H = 8\ \mu\mathrm{V}$.

Supponiamo un modello del fenomeno in cui tutti gli elettroni coinvolti nella conduzione si muovono con la stessa velocità costante $\vec{v}$ lungo la piastra.

Calcola il valore v della velocità degli elettroni di conduzione nella piastra.

Suggerimento: Identifica le forze che agiscono attraverso la piastra sugli elettroni di conduzione, utilizza le informazioni sugli elettroni che si muovono a velocità costante.

BRUTTA COPIA *(non soggetta a valutazione)*

3. Zasady oceniania rozwiązań zadań

Do przykładowych zestawów z dodatkowymi zadaniami egzaminacyjnymi w języku obcym nowożytnym zamieszczono *Zasady oceniania rozwiązań zadań*. Zasady oceniania rozwiązań zadań przedstawiono w języku polskim.

W *Zasadach oceniania rozwiązań zadań* dla każdego zadania podano:

- najważniejsze wymagania ogólne i szczegółowe, które są sprawdzane w tym zadaniu
- zasady oceniania rozwiązania tego zadania
- poprawne rozwiązanie w przypadku zadania zamkniętego oraz przykładowe rozwiązanie w przypadku zadania otwartego.

Uwaga: Akceptowane są wszystkie odpowiedzi merytorycznie poprawne i spełniające warunki zadania.

Zadanie 1.1. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; […]. II.3) opisuje ruchy postępowe, posługując się wielkościami wektorowymi: przemieszczeniem, prędkością i przyspieszeniem […]; II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał. V.2) analizuje ruch pod wpływem siły sprężystości; […].

Zasady oceniania

1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch zdaniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie

PF

Zadanie 1.2. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.6) tworzy […] diagramy lub […] rysunki schematyczne […] dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; […]. II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał. V.2) analizuje ruch pod wpływem siły sprężystości; […].

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne narysowanie i oznaczenie sił na trzech diagramach, tzn. z uwzględnieniem prawidłowych zwrotów i relacji (większy / równy / mniejszy) między wartościami sił.

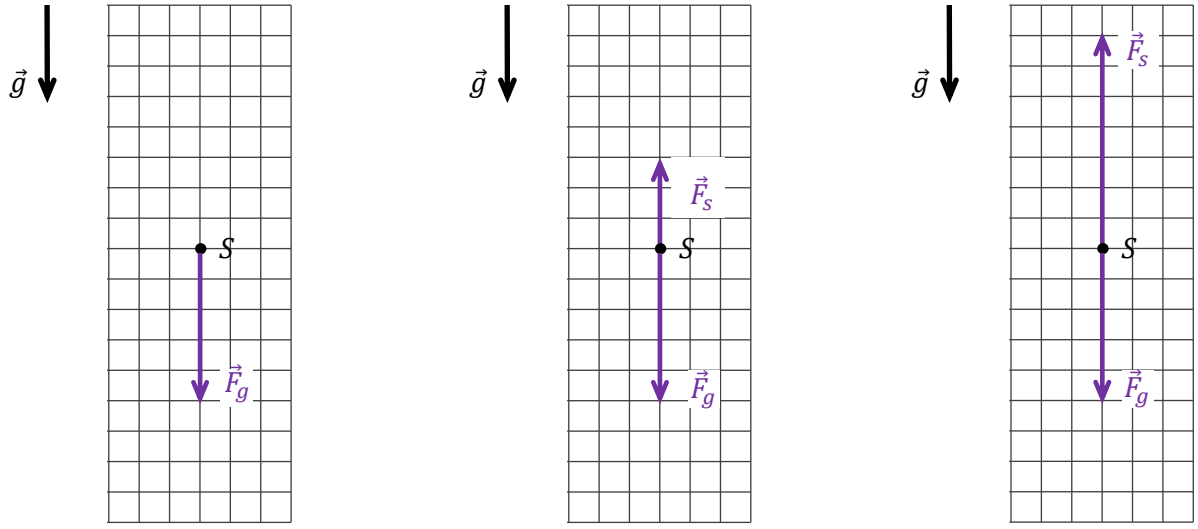
1 pkt – poprawne narysowanie tylko siły grawitacji na diagramie 1. oraz narysowanie siły grawitacji i siły sprężystości na diagramie 2. lub 3. z poprawnymi zwrotami, ale bez zachowania prawidłowych relacji (większy / równy / mniejszy) między wartościami sił

LUB

– poprawne narysowanie i oznaczenie sił na dwóch diagramach, tzn. z uwzględnieniem prawidłowych zwrotów i relacji (większy / równy / mniejszy) między wartościami sił.

0 pkt – rozwiązanie całkowicie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie



Zadanie 1.3. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; […]. II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał. V.2) analizuje ruch pod wpływem siły sprężystości; […].

Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.

0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie

A3

Zadanie 1.4. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; […]. II.16) [szkoła podstawowa] opisuje spadek swobodny (bez oporów ruchu) jako przykład ruchu jednostajnie przyspieszonego pod wpływem siły grawitacji […]. II.4) opisuje ruchy prostoliniowe jednostajne i jednostajnie zmienne, posługując się zależnościami położenia, wartości prędkości i przyspieszenia oraz drogi od czasu.

Zasady oceniania

1 pkt – odpowiedź poprawna.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna albo brak odpowiedzi.

Rozwiązanie

C

Zadanie 1.5. (0–3)

Wymaganie 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.20) posługuje się pojęciami […] energii kinetycznej, energii potencjalnej wraz z ich jednostkami; wykorzystuje […] zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczeń. V.6) oblicza energię potencjalną sprężystości i uwzględnia ją w analizie przemian energii.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia maksymalnego wydłużenia liny ponad długość swobodną oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
2 pkt – zastosowanie zasady zachowania energii mechanicznej, tzn. przyrównanie energii potencjalnej grawitacji w chwili t_0 do energii potencjalnej sprężystości w chwili t_3 oraz poprawne zastosowanie wzorów na obie energie z użyciem odpowiednich oznaczeń wielkości oraz zapisanie równania kwadratowego, z którego można wyznaczyć maksymalne wydłużenie liny.
1 pkt – zastosowanie zasady zachowania energii mechanicznej, tzn. przyrównanie energii potencjalnej grawitacji w chwili t_0 do energii potencjalnej sprężystości w chwili t_3.
0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Skorzystamy z zasady zachowania energii mechanicznej. Zero energii potencjalnej przyjmiemy na poziomie punktu P_3. W chwili t_0 skoczek ma tylko energię potencjalną grawitacji, a w chwili t_3 skoczek ma tylko energię potencjalną sprężystości. Zatem:

$$E_0 = E_3 \quad \rightarrow \quad E_{potg} = E_{pots}$$

Wykorzystamy wzory na energie potencjalną grawitacji i sprężystości, zastosujemy oznaczenia wprowadzone w zadaniu:

$$mg|P_0P_3| = \frac{1}{2}k|P_1P_3|^2 \quad \rightarrow \quad mg(l_0 + y_{max}) = \frac{1}{2}ky_{max}^2$$

Ostatnie równanie przekształcimy do postaci ogólnej równania kwadratowego:

$$\frac{1}{2}ky_{max}^2 - mgy_{max} - mgl_0 = 0$$

Rozwiążemy równanie kwadratowe (można rozwiązać na symbolach jak poniżej albo po podstawieniu danych liczbowych):

$$\Delta_y = m^2g^2 + 2mgl_0k \quad \rightarrow \quad \sqrt{\Delta_y} = mg\sqrt{1 + \frac{2l_0k}{mg}}$$

$$y_{max} = \frac{mg}{k} + \frac{mg}{k}\sqrt{1 + \frac{2l_0k}{mg}} = 4{,}9 + 4{,}9\sqrt{1 + \frac{24}{4{,}9}} \approx 16{,}8\ \mathrm{m}$$

Zadanie 2.1. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. X.4) opisuje widmo światła białego jako mieszaniny fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach; X.6) stosuje […] prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków; posługuje się pojęciem współczynnika załamania ośrodka […]. IX.6) [szkoła podstawowa] opisuje jakościowo zjawisko załamania światła na granicy dwóch ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się światła; wskazuje kierunek załamania.

Zasady oceniania
1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch zdaniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie
FP

Zadanie 2.2. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. X.6) stosuje […] prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków; posługuje się pojęciem współczynnika załamania ośrodka […]. IX.6) [szkoła podstawowa] opisuje jakościowo zjawisko załamania światła na granicy dwóch ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się światła; […]; IX.9) [szkoła podstawowa] opisuje światło białe jako mieszaninę barw; omawia jakościowo rozszczepienie światła w pryzmacie.

Zasady oceniania
1 pkt – odpowiedź poprawna.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna albo brak odpowiedzi.

Rozwiązanie
B

Zadanie 2.3. (0–2)

Wymaganie 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: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. X.6) stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków; posługuje się pojęciem współczynnika załamania ośrodka […]. VIII.4) [szkoła podstawowa] posługuje się pojęciami […] częstotliwości, długości fali i prędkości rozchodzenia się fali do opisu fal oraz stosuje do obliczeń związki między tymi wielkościami wraz z ich jednostkami.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia długości fali światła zielonego w szkle, tzn. zastosowanie poprawnego związku między prędkością fali a jej długością i częstotliwością oraz zastosowanie wzoru na bezwzględny współczynnik załamania światła w ośrodku oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką (z przedziału od $330\ \mathrm{nm}$ do $340\ \mathrm{nm}$).

1 pkt – zastosowanie związku między prędkością fali w szkle, a długością fali w szkle i jej częstotliwością oraz zastosowanie wzoru na bezwzględny współczynnik załamania światła w ośrodku, np. zapisanie równań:

$$v_z = \tilde{\lambda}_z f_z \quad \text{oraz} \quad n_z = \frac{c}{v_z}$$

LUB

– poprawna metoda obliczenia długości fali światła zielonego w próżni oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką, np.:

$$\lambda_z \approx \frac{c}{f_z} \approx 522\ \mathrm{nm}$$

LUB

– poprawna metoda obliczenia prędkości fali światła zielonego w szkle oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką, np.:

$$v_z = \frac{c}{n_z} \approx 1{,}94 \cdot 10^8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Sposób 1.

Zastosujemy związek między prędkością fali, a długością fali i jej częstotliwością. Prędkość oraz długość fali światła zielonego w szkle oznaczymy odpowiednio jako v_z oraz $\tilde{\lambda}_z$. Częstotliwość f_z światła zielonego w każdym ośrodku i próżni jest taka sama, zatem:

$$v_z = \tilde{\lambda}_z f_z$$

Wykorzystamy definicję bezwzględnego współczynnika załamania światła, dla światła zielonego:

$$n_z = \frac{c}{v_z} \qquad \rightarrow \qquad n_z = \frac{c}{\tilde{\lambda}_z f_z} \qquad \rightarrow \qquad \tilde{\lambda}_z = \frac{c}{n_z f_z}$$

Z wykresu odczytamy dane dla światła zielonego i wykonamy obliczenia:

$$\tilde{\lambda}_z \approx \frac{3 \cdot 10^8 \ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{1{,}55 \cdot 5{,}75 \cdot 10^{14} \ \frac{1}{\mathrm{s}}} \approx 0{,}337 \cdot 10^{-6} \ \mathrm{m} \approx 337 \ \mathrm{nm}$$

Sposób 2.

Wyrazimy bezwzględny współczynnik załamania światła poprzez długości fali. Zastosujemy związek między prędkością fali, a długością fali i jej częstotliwością. Prędkość oraz długość fali światła zielonego w szkle oznaczymy odpowiednio jako v_z oraz $\tilde{\lambda}_z$. Prędkość oraz długość fali światła zielonego w próżni oznaczymy odpowiednio jako c oraz λ_z. Częstotliwość f_z światła zielonego w każdym ośrodku i próżni jest taka sama, zatem:

$$n_z = \frac{c}{v_z} = \frac{f_z \lambda_z}{f_z \tilde{\lambda}_z} \qquad \rightarrow \qquad n_z = \frac{\lambda_z}{\tilde{\lambda}_z} \qquad \text{oraz} \qquad \lambda_z = \frac{c}{f_z}$$

Obliczymy długość fali światła zielonego w próżni:

$$\lambda_z \approx \frac{3 \cdot 10^8 \ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{5{,}75 \cdot 10^{14} \ \frac{1}{\mathrm{s}}} \approx 0{,}522 \cdot 10^{-6} \ \mathrm{m} \approx 522 \ \mathrm{nm}$$

Obliczymy długość fali światła zielonego w szkle:

$$\tilde{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{n_z} \approx \frac{522 \ \mathrm{nm}}{1{,}55} \approx 337 \ \mathrm{nm}$$

Sposób 3.

Prędkość oraz długość fali światła zielonego w szkle oznaczymy odpowiednio jako v_z oraz $\tilde{\lambda}_z$. Obliczymy prędkość światła zielonego w szkle. W tym celu wykorzystamy definicję bezwzględnego współczynnika załamania światła, dla światła zielonego:

$$n_z = \frac{c}{v_z} \qquad \rightarrow \qquad v_z = \frac{c}{n_z} \approx 1{,}94 \cdot 10^8 \ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Obliczymy długość fali światła zielonego w szkle. Zastosujemy związek między prędkością fali, a długością fali i jej częstotliwością. Częstotliwość f_z światła zielonego w każdym ośrodku i próżni jest taka sama, zatem:

$$v_z = \tilde{\lambda}_z f_z \qquad \rightarrow \qquad \tilde{\lambda}_z = \frac{v_z}{f_z} \approx \frac{1{,}94 \cdot 10^8 \ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{5{,}75 \cdot 10^{14} \ \frac{1}{\mathrm{s}}} \approx 0{,}337 \cdot 10^{-6} \ \mathrm{m} \approx 337 \ \mathrm{nm}$$

Zadanie 2.4. (0–3)

Wymaganie 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: I.4) przeprowadza obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem; I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. X.6) stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków; posługuje się pojęciem współczynnika załamania ośrodka […].

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia x i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

2 pkt – wyznaczenie x w funkcji d i kąta β oraz zapisanie równania wynikającego z prawa załamania światła z uwzględnieniem miary kąta padania i prawidłowej wartości współczynnika załamania światła zielonego w szkle, np. zapisy

$x = 2d \operatorname{tg} \beta$ oraz $\dfrac{\sin 60°}{\sin \beta} = 1{,}55$

1 pkt – wyznaczenie x w funkcji d i kąta β, np. zapis (lub zapis równoważny):

$x = 2d \operatorname{tg} \beta$

LUB

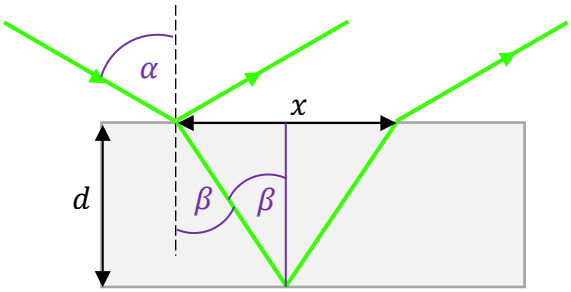
– zapisanie równania wynikającego z prawa załamania światła z uwzględnieniem miary kąta padania i prawidłowej wartości współczynnika załamania światła zielonego w szkle, np. zapis (lub zapis równoważny):

$\dfrac{\sin 60°}{\sin \beta} = 1{,}55$

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Wprowadzimy dodatkowe oznaczenia na rysunku (*kolor fioletowy*)



Sposób 1.

Wyznaczymy x w funkcji kąta załamania β:

$$\frac{\frac{x}{2}}{d} = \operatorname{tg}\beta \qquad \rightarrow \qquad x = 2d\operatorname{tg}\beta$$

Otrzymane wyrażenie można zapisać w postaci równoważnej:

$$x = 2d\,\frac{\sin\beta}{\cos\beta} = \frac{2d\sin\beta}{\sqrt{1-\sin^2\beta}}$$

Wartość wyrażenia $\sin\beta$ wyznaczymy z prawa załamania światła w szkle (dla promienia zielonego):

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_z \qquad \rightarrow \qquad \sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n_z}$$

$$\sin\beta = \frac{\sin 60^\circ}{1{,}55} \approx 0{,}559$$

Otrzymaną wartość podstawimy do wzoru na x i obliczymy x:

$$x \approx \frac{2\cdot 0{,}9\cdot 0{,}559}{\sqrt{1-0{,}559^2}}\ \text{cm} \approx 1{,}2\ \text{cm}$$

Sposób 2.

Wyznaczymy x w funkcji kąta załamania β:

$$\frac{\frac{x}{2}}{d} = \operatorname{tg}\beta \qquad \rightarrow \qquad x = 2d\operatorname{tg}\beta$$

Wartość kąta β wyznaczymy z prawa załamania światła w szkle (dla promienia zielonego):

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_z \qquad \rightarrow \qquad \sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n_z} = \frac{\sin 60^\circ}{1{,}55} \approx 0{,}559$$

$$\sin\beta \approx 0{,}559 \quad \xrightarrow{\text{kalkulator naukowy}} \quad \beta \approx 34^\circ$$

Otrzymaną wartość kąta β podstawimy do wzoru na x:

$$x = 2d\operatorname{tg}\beta \approx 2\cdot 0{,}9\cdot \operatorname{tg} 34^\circ \approx 1{,}2\ \text{cm}$$

Zadanie 3.1. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.18) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu; I.19) tworzy modele fizyczne lub matematyczne wybranych zjawisk i opisuje ich założenia; ilustruje prawa i zależności fizyczne z wykorzystaniem tych założeń. II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał. V.3) [szkoła podstawowa] posługuje się pojęciem siły parcia oraz pojęciem ciśnienia w cieczach i gazach wraz z jego jednostką; stosuje do obliczeń związek między siłą parcia a ciśnieniem.

Zasady oceniania

2 pkt – zapisanie warunku równowagi sił działających na korek (za pomocą wzorów albo słownie), zastosowanie wzoru na siłę parcia i poprawna argumentacja faktu, że ciśnienie wewnątrz zamkniętej części rurki jest stałe.

1 pkt – zapisanie warunku równowagi sił działających na korek

LUB

– stwierdzenie, że siła działająca na korek w górę (siła parcia o gazu wewnątrz rurki) lub w dół (siła parcia atmosferycznego i ciężar korka łącznie) jest stała.

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Ponieważ ruch korka jest jednostajny, to siła parcia $\vec{F}_{wew}$ od wewnętrznej strony korka równoważy sumę siły parcia $\vec{F}_{zew}$ od zewnętrznej strony korka ciężar $\vec{Q}$ korka:

$$F_{wew} = Q + F_{zew}$$

Zastosujemy wzór na siłę grawitacji oraz wzór na siłę parcia:

$$p_{wew}S = mg + p_{at}S$$

Ponieważ m, p_{at}, S są ustalone, to:

$$p_{wew}S = \text{const}$$

To oznacza, że ciśnienie p_{wew} w zamkniętej części rurki jest stałe.

Zadanie 3.2. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: VI.8) […] rozróżnia przemiany: izotermiczną, izobaryczną, izochoryczną i adiabatyczną gazów; VI.10) opisuje związek między temperaturą w skali Kelvina a średnią energią ruchu cząsteczek i energią wewnętrzną gazu doskonałego. V.3) [szkoła podstawowa] posługuje się pojęciem siły parcia oraz pojęciem ciśnienia w cieczach i gazach wraz z jego jednostką; stosuje do obliczeń związek między siłą parcia a ciśnieniem.

Zasady oceniania

1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch zdaniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie

PF

Zadanie 3.3. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. VI.11) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego; VI.12) stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda wyznaczenia temperatury zera bezwzględnego wyrażonej w stopniach Celsjusza oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 pkt – zapisanie równości wynikającej z równania stanu gazu doskonałego i własności przemiany izobarycznej: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ (lub związków równoważnych np.: $pV_1 = nRT_1$ oraz $pV_2 = nRT_2$) (podobnie jak w sposobie 1.) i zapisanie związku między temperaturą wyrażoną w skali Kelvina i Celsjusza: $T = t + C$, np. zapis:

$$\frac{V_1}{t_1 + C} = \frac{V_2}{t_2 + C}$$

LUB

– stwierdzenie, że miejscem zerowym funkcji liniowej, której wykres zawiera wykres opisanej przemiany izobarycznej, jest temperatura zera bezwzględnego w skali Celsjusza (podobnie jak w sposobie 2.) albo zapisy temu równoważne: prowadzące do wyznaczenia t_0 dla $h = 0$.

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Sposób 1.

Z równania stanu gazu doskonałego i własności przemiany izobarycznej wynika, że:

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

gdzie T jest temperaturą wyrażaną w skali bezwzględnej Kelvina, V jest objętością zajmowaną przez gaz. Zatem jeśli T_1, V_1 są parametrami gazu w jakimś stanie 1., natomiast T_2, V_2 są parametrami gazu w stanie 2. tej przemiany, to zachodzi:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Temperaturę T w skali Kelvina wyrazimy poprzez temperaturę t w skali Celsjusza zakładając jedynie, że obie skale różnią się o stałą C:

$$T = (t + C)\,\frac{\text{K}}{°\text{C}}$$

Uwzględnimy też, że gaz zajmuje objętość o kształcie walca ($V_1 = h_1 S$, $V_2 = h_2 S$), zatem:

$$\frac{h_1}{(t_1 + C)\,\frac{\text{K}}{°\text{C}}} = \frac{h_2}{(t_2 + C)\,\frac{\text{K}}{°\text{C}}}$$

Na wykresie przemiany wybierzemy dwa stany:

$$X_1 = (2\ °\text{C}, 11\ \text{cm})\,, \qquad X_2 = (77\ °\text{C}, 14\ \text{cm})$$

Podstawimy dane do ostatniego równania i obliczymy C:

$$\frac{11}{2 + C} = \frac{14}{77 + C} \quad \rightarrow \quad 847 + 11C = 28 + 14C \quad \rightarrow \quad C = 273\ °\text{C}$$

Obliczymy w skali Celsjusza temperaturę zera bezwzględnego:

$$0\ \text{K} = t_0 + 273\ °\text{C} \quad \rightarrow \quad t_0 = -273\ °\text{C}$$

Sposób 2.

Z własności przemiany izobarycznej i równania stanu wynika, że objętość V gazu jest wprost proporcjonalna do jego temperatury T (w skali bezwzględnej):

$$V \propto T$$

Ponieważ $V = hS$, to:

$$h \propto T \quad \rightarrow \quad h \propto t + C$$

W związku z tym, wysokość wiąże się z temperaturą w skali Celsjusza zależnością liniową:

$$h = at + b$$

dla pewnych stałych współczynników a i b. Temperatura t_0 zera bezwzględnego jest osiągana dla $h = 0$. Wyznaczymy równanie prostej i obliczymy miejsce zerowe. Wybierzemy dwa punkty na prostej:

$$P_1 = (2\ ^\circ\mathrm{C};\ 11\ \mathrm{cm}), \qquad P_2 = (77\ ^\circ\mathrm{C};\ 14\ \mathrm{cm})$$

Zapiszemy równanie prostej przechodzącej przez te dwa punkty:

$$\frac{14-11}{77-2} = \frac{h-14}{t-77} \quad \rightarrow \quad \frac{3}{75} = \frac{h-14}{t-77}$$

Obliczymy miejsce zerowe:

$$h = 0 \quad \rightarrow \quad \frac{1}{25} = \frac{-14}{t_0 - 77}$$

$$t_0 - 77 = -350 \quad \rightarrow \quad t_0 = -273\ ^\circ\mathrm{C}$$

Zadanie 4.1. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. VII.8) analizuje zmianę energii potencjalnej podczas ruchu ładunku w polu elektrycznym. VIII.3) analizuje zależność oporu od wymiarów przewodnika, posługuje się pojęciem oporu właściwego materiału i jego jednostką. VI.9) [szkoła podstawowa] posługuje się pojęciem napięcia elektrycznego jako wielkości określającej ilość energii potrzebnej do przeniesienia jednostkowego ładunku w obwodzie; […].

Zasady oceniania
1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch zdaniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie
FF

Zadanie 4.2. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.6) tworzy […] diagramy lub […] rysunki schematyczne […] dla zilustrowania zjawisk bądź problemu. IX.2) posługuje się pojęciem wektora indukcji magnetycznej wraz z jego jednostką, analizuje oddziaływanie pola magnetycznego […] na poruszającą się cząstkę naładowaną ([…] siła Lorentza).

Zasady oceniania
1 pkt – odpowiedź poprawna.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna albo brak odpowiedzi.

Rozwiązanie
C

Zadanie 4.3. (0–3)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał. VII.3) posługuje się wektorem natężenia pola elektrycznego wraz z jego jednostką; […]; VII.9) […]; stosuje związek między napięciem i natężeniem pola w jednorodnym polu elektrycznym; IX.2) posługuje się pojęciem wektora indukcji magnetycznej wraz z jego jednostką, analizuje oddziaływanie pola magnetycznego […] na poruszającą się cząstkę naładowaną ([…] siła Lorentza).

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia prędkości elektronu przewodnictwa wzdłuż płytki oraz prawidłowy wynik liczbowy.

2 pkt – zapisanie warunku równowagi sił w poprzek płytki, tzn. przyrównanie wartości siły magnetycznej Lorentza do siły elektrycznej powstałego pola elektrycznego, oraz skorzystanie ze wzorów na siłę magnetyczną Lorentza, siłę elektryczną i związku między natężeniem i napięciem w polu elektrycznym jednorodnym, np. zapisanie równań

$qvB = qE_H \qquad U_H = E_H d$

1 pkt – zapisanie warunku równowagi sił w poprzek płytki, tzn. przyrównanie wartości siły magnetycznej Lorentza do siły elektrycznej powstałego w pola elektrycznego, np. zapisy:

$F_{mag} = F_{el}$ wraz z określeniem kierunku (tzn. w poprzek płytki) powstałego pola elektrycznego (równoważnie: odróżnienie tego pola od pola zewnętrznego).

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Ponieważ elektron porusza się ze stała prędkością wzdłuż płytki, to siły działające na elektron (wzdłuż i poprzek płytki) się równoważą. W poprzek płytki działają siła magnetyczna Lorentza oraz siła elektryczna od powstałego w poprzek pola elektrycznego Halla:

$$F_{mag} = F_{el} \qquad \rightarrow \qquad qvB = qE_H$$

Natężenie pola elektrycznego Halla wiąże się z powstałym w poprzek płytki napięciem Halla następująco:

$$E_H = \frac{U_H}{d}$$

Zatem:

$$qvB = q \cdot \frac{U_H}{d} \qquad \rightarrow \qquad v = \frac{U_H}{Bd}$$

Do powyższego wzoru na prędkość podstawimy dane liczbowe i wykonamy obliczenia:

$$v = \frac{8 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{V}}{4 \cdot 10^{-1}\ \mathrm{T} \cdot 16 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}} = 0{,}125 \cdot 10^{-2}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 1{,}25 \cdot 10^{-3}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 1{,}25\ \frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{s}}$$