Ogólnopolski Konkurs Fizyczny

Lwiątko 2019

Zadania z rozwiązaniami

FUNDACJA
AKADEMIA
MŁODYCH
FIZYKÓW

Kraków 2019

Lwiątko ze Lwowa

Tradycyjnie oddajemy do Państwa rąk broszurę zawierającą zadania z Ogólnopolskiego Konkursu Fizycznego „Lwiątko" – tym razem z szesnastej edycji, która odbyła się w 2019 r. Konkurs organizują szkoły na własnym terenie, na kilku poziomach dostosowanych do wieku i klasy. Uczestnicy udzielają odpowiedzi na 30 zadań testowych (10 zadań po 3 punkty, 10 po 4 punkty i 10 po 5 punktów). Mają na to 75 minut.

Przypomnijmy trochę historii: w 2001 roku, z inicjatywy Lwowskiego Liceum Matematyczno-Fizycznego, powstał na Ukrainie Konkurs LEVENIA – Lwiątko. Na jesieni 2002 roku lwowscy organizatorzy zaproponowali, by konkurs odbywał się także w Polsce. Podchwycono tę propozycję i w 2003 roku „Lwiątko" miało po raz pierwszy swą polską edycję. Stroną organizacyjną zajęło się Towarzystwo Przyjaciół I Społecznego Liceum Ogólnokształcącego w Warszawie. Od 2009 roku organizatorem konkursu było Stowarzyszenie Absolwentów i Przyjaciół V Liceum Ogólnokształcącego im. Augusta Witkowskiego w Krakowie. Obecnie organizatorem konkursu jest Fundacja Akademia Młodych Fizyków. W 2019 roku konkurs odbył się 25 marca. Kolejna edycja Ogólnopolskiego Konkursu Fizycznego „Lwiątko" odbędzie się **30 marca 2020 roku**, jak zwykle w ostatni poniedziałek marca.

Rozwiązania najciekawszych zadań z „Lwiątka" często są publikowane w czasopismach dla nauczycieli fizyki i uczniów: „Foton" i „Neutrino".

Wszystkie informacje dotyczące konkursu (harmonogram, formularz zgłoszeniowy, zasady przeprowadzania, regulamin oraz zadania z poprzednich edycji) można znaleźć na stronie internetowej www.lwiatko.org.

Patroni Konkursu:

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego

Polskie Towarzystwo Fizyczne

Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Fizycznego

Klasy 7 i 8 szkoły podstawowej

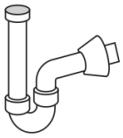
Zadania 1–10 za 3 punkty

■ **1.** Wielkościami fizycznymi są:
A. metr, kilogram, sekunda,
B. metr, siła, prędkość,
C. metr, waga, czas,
D. długość, masa, czas,
E. długość, waga, czas.

■ **2.** Milion sekund to około
A. 3 godziny, **B.** 30 godzin,
C. 12 dni, **D.** 2 lata,
E. 32 lata.

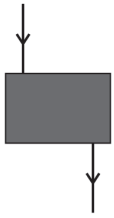
■ **3.** Drewniany klocek pływa w wodzie, przy czym 1/5 objętości klocka znajduje się nad wodą. Gęstość drewna, z którego wykonano klocek, wynosi
A. 20 g/dm^3, **B.** 200 kg/m^3,
C. 8 g/cm^3, **D.** 80 g/dm^3,
E. 800 kg/m^3.

■ **4.** Rury odpływowe zlewów i zlewozmywaków posiadają charakterystyczne „kolanko” (rysunek), aby



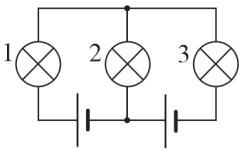
A. ograniczyć wyciek wody,
B. zatrzymać drobne, cenne przedmioty, które mogą wpaść do zlewu,
C. woda spadała do rury z większej wysokości,
D. zatrzymać gazy wydobywające się z kanalizacji,
E. miały fantazyjny wygląd.

■ **5.** Promień światła przechodzi przez czarne pudełko (rysunek). Co w nim jest?

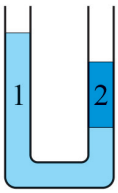


A. Soczewka skupiająca.
B. Soczewka rozpraszająca.
C. Pryzmat.
D. Jedno lustro płaskie.
E. Dwa lustra płaskie.

■ **6.** Które żaróweczki świecą? Bateryjki są identyczne. Żaróweczki także.
A. Wszystkie.
B. Żadna.
C. Tylko 1 i 2.
D. Tylko 1 i 3.
E. Tylko 2 i 3.

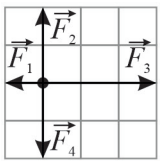


■ **7.** W naczyniu w kształcie litery U (tzw. U-rurce) znajduje się woda i olej, jak na rysunku.



A. Ciecz 1 to na pewno woda, a 2 to na pewno olej.
B. Ciecz 1 to na pewno olej, a 2 to na pewno woda.
C. Nie można jednoznacznie stwierdzić, która ciecz to woda, a która to olej bez znajomości ciśnienia atmosferycznego.
D. Nie można jednoznacznie stwierdzić, która ciecz to woda, a która to olej bez znajomości pola przekroju naczynia.
E. Żadne z powyższych stwierdzeń nie jest prawdziwe.

■ **8.** Na ciało działają cztery siły, jak na rysunku. Siła F_1 ma wartość 1 N. Wypadkowa siła działająca na ciało ma wartość
A. 1 N,
B. 2 N,
C. 3 N,
D. 5 N,
E. 8 N.

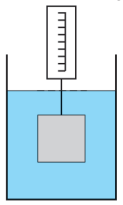


■ **9.** Jednostkę mocy w układzie SI można zapisać w postaci wyrażenia
A. $\frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}}$, **B.** $\frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}^2}$,
C. $\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^3}$, **D.** $\frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}^3}$,
E. $\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}$.

■ **10.** Jeśli wcześnie rano widzimy tęczę, to znaczy, że patrzymy
A. na wschód,
B. na zachód,
C. na południe,
D. na północ,
E. w kierunku zenitu.

Zadania 11–20 za 4 punkty

■ **11.** Gdy ciało zaczepione na siłomierzu zanurzono w cieczy o gęstości d_1, siłomierz wskazał wartość 15 N, a gdy zanurzono je w cieczy o gęstości d_2, to siłomierz wskazał 10 N. Gęstości cieczy oraz gęstość ciała d_3 spełniają nierówność



A. $d_1 < d_2 < d_3$,
B. $d_2 < d_3 < d_1$,
C. $d_2 < d_1 < d_3$,
D. $d_3 < d_1 < d_2$,
E. $d_3 < d_2 < d_1$.

■ **12.** Jeśli ciśnienie atmosferyczne wynosi 1000 hPa, to ciśnienie 1000 kPa panuje w wodzie (d = 1 kg/dm^3) na głębokości około

A. 0,9 m, **B.** 9 m, **C.** 90 m,
D. 900 m, **E.** 90 km.

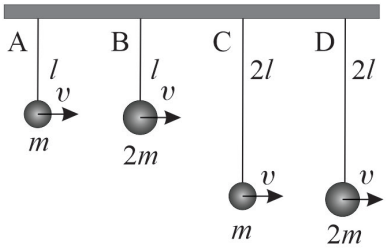
■ **13.** W którym spośród procesów: 1) promieniowanie, 2) przewodnictwo cieplne, 3) konwekcja, 4) dyfuzja, występuje transport materii?

A. 1 i 2. **B.** 1 i 4. **C.** 2 i 3.
D. 3 i 4. **E.** 2, 3 i 4.

■ **14.** Rowerzysta przejechał pierwszą połowę drogi z prędkością o wartości 10 km/h, a drugą połowę z prędkością o wartości 20 km/h. Średnia wartość prędkości w całym jego ruchu v_s spełnia równanie/nierówność

A. v_s < 10 km/h,
B. 10 km/h < v_s < 15 km/h,
C. v_s = 15 km/h,
D. 15 km/h < v_s < 20 km/h,
E. v_s > 20 km/h.

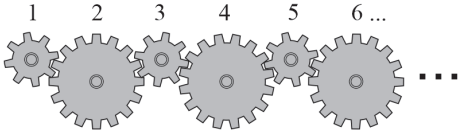
■ **15.** Cztery ciała zawieszono na nitkach pod sufitem. Masy ciał oraz długości nitek podano na rysunku.



Każdemu z tych ciał w położeniu równowagi nadano taką samą prędkość początkową skierowaną poziomo. Które z ciał wzniesie się na największą wysokość względem swojego położenia równowagi? Pomiń opory powietrza.

E. Wszystkie ciała wzniosą się na tę samą wysokość.

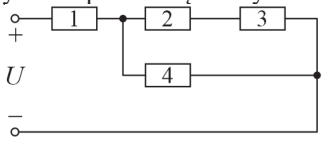
■ **16.** Rysunek przedstawia kilka kół z zestawu połączonych kolejno 2019 kół zębatych. Następne koła są ustawione według tej samej reguły.



Koło numer 2019 obraca się

A. w tę samą stronę, co koło numer 1 i szybciej od niego,
B. w przeciwną stronę niż koło numer 1 i szybciej od niego,
C. w tę samą stronę, co koło numer 1 i wolniej od niego,
D. w przeciwną stronę niż koło numer 1 i wolniej od niego,
E. w tę samą stronę, co koło numer 1 i równie szybko.

■ **17.** W obwodzie elektrycznym na rysunku wszystkie oporniki są identyczne.



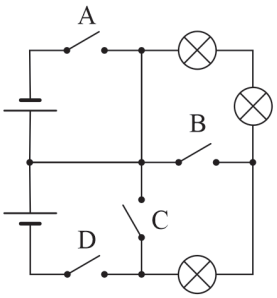
Jeśli I_1, I_2, I_3, I_4 oznaczają natężenia prądów płynących przez ponumerowane oporniki, to prawdą jest, że

A. $I_2 = I_3 > I_4 > I_1$,
B. $I_1 > I_4 > I_2 = I_3$,
C. $I_1 = I_2 = I_3 > I_4$,
D. $I_1 > I_2 = I_4 > I_3$,
E. $I_4 > I_2 = I_3 > I_1$.

■ **18.** Które stwierdzenia dotyczące siły wyporu są prawdziwe? 1) Jej wartość jest zawsze mniejsza niż wartość siły ciężkości działającej na ciało zanurzone w cieczy; 2) Nie działa na ciężkie ciała; 3) Działa tyl-

ko na ciała całkowicie zanurzone; 4) Nie występuje w gazach; 5) Ma wartość równą wskazaniu siłomierza, na którym zawieszono ciało zanurzone w cieczy.
A. Tylko 1, 2.
B. Tylko 3, 4 i 5.
C. Tylko 2, 3 i 4.
D. Tylko 1.
E. Nie ma wśród nich poprawnego stwierdzenia.

■ **19.** Który wyłącznik wystarczy zamknąć, by zaświeciła choć jedna żaróweczka (rysunek)?

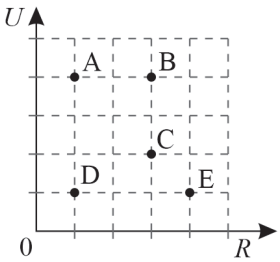


E. Zamknięcie jednego nie wystarczy.

■ **20.** Jakie fale, przewidziane dawno temu przez Einsteina, zostały zarejestrowane dopiero kilka lat temu?
A. Grawitacyjne.
B. Elektromagnetyczne.
C. Akustyczne.
D. Gamma.
E. Mikrofale.

Zadania 21–30 za 5 punktów

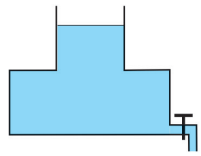
■ **21.** Na wykresie poniżej zaznaczono punkty odpowiadające napięciu U, do którego podłączono pięć odbiorników oraz oporowi R tych odbiorników. Przez który odbiornik płynie prąd o największym natężeniu?

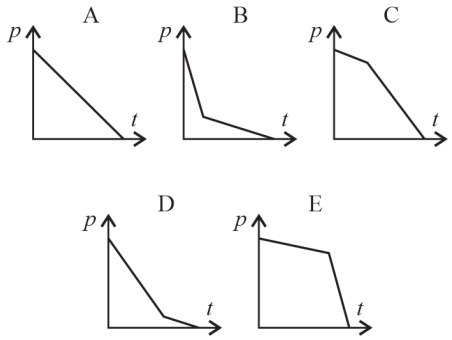


■ **22.** Lwiątko goniąc kangura ma taką samą jak ono energię kinetyczną, ale dwa razy mniejszy pęd. Lwiątko biegnie
A. dwa razy szybciej niż kangur,
B. dwa razy wolniej niż kangur,
C. cztery razy szybciej niż kangur,
D. cztery razy wolniej niż kangur,
E. tak samo szybko jak kangur.

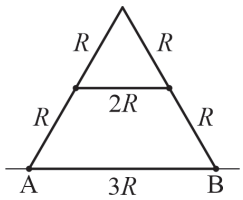
■ **23.** Z kranu o średnicy wewnętrznej 1 cm wypływa woda z prędkością 0,8 m/s. Napełnianie akwarium o pojemności 20 dm^3 potrwa około
A. 1 min, **B.** 3 min,
C. 5 min, **D.** 2 h,
E. 9 h.

■ **24.** Z naczynia pokazanego na rysunku obok woda wypływa przez kran ze stałą szybkością. Który z wykresów przedstawia zależność ciśnienia wody p przy dnie naczynia od czasu t?



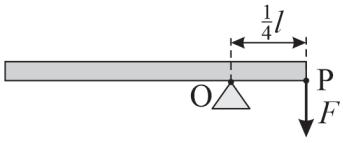


■ **25.** Odcinki przewodów połączono w siatkę jak na rysunku. Przy każdym odcinku podano jego opór. Ile wynosi opór zastępczy pomiędzy punktami A i B?
A. 0,5 R.
B. R.
C. 1,5 R.
D. 2R.
E. 3R.



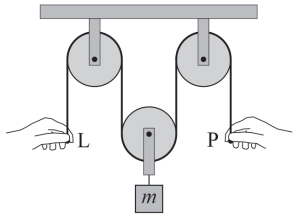
■ **26.** Linijka o masie m i długości l jest podparta w punkcie O odległym o $l/4$ od końca linijki. Siła, którą należy działać pionowo w dół w punkcie P linijki, aby utrzymać ją poziomo, ma wartość

A. $4mg$,
B. mg,
C. $\frac{1}{2}mg$,
D. $\frac{1}{4}mg$,
E. $\frac{3}{4}mg$.

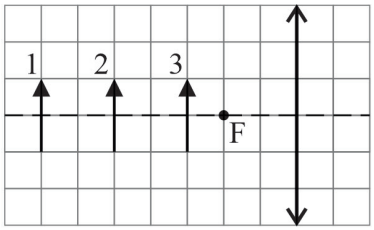


■ **27.** Koniec L nierozciągliwej liny jest ciągnięty w dół z prędkością 10 cm/s, a ciało zawieszone na środkowym krążku porusza się do góry z prędkością 8 cm/s. Z jaką prędkością jest przesuwany koniec P liny?

A. 2 cm/s.
B. 6 cm/s.
C. 18 cm/s.
D. 26 cm/s.
E. 28 cm/s.



■ **28.** Dla którego z przedmiotów ustawionych przed soczewką skupiającą o ognisku znajdującym się w punkcie F (rys.), może powstać rzeczywisty obraz odwrócony i powiększony?



A. Tylko 1.
B. Tylko 2.
C. Tylko 3.
D. 1, 2 i 3.
E. Dla żadnego z nich.

■ **29.** Lwiątko poruszało się ruchem jednostajnie przyspieszonym z prędkością początkową równą zero i w ostatniej sekundzie ruchu pokonało 9/25 całej przebytej drogi. Jak długo trwał ruch Lwiątka?

A. 3 s.
B. 4 s.
C. 5 s.
D. 6 s.
E. 7 s.

■ **30.** Robaczek siedzi na końcu wskazówki godzinowej. Ile obrotów wskazówki minutowej zliczy robaczek w ciągu doby?

A. 11.
B. 12.
C. 13.
D. 22.
E. 24.

Klasy 3 gimnazjum

Zadania 1–10 za 3 punkty

■ **1.** Wielkościami fizycznymi są:
A. metr, kilogram, sekunda,
B. metr, prędkość, napięcie,
C. metr, waga, czas,
D. długość, czas, opór,
E. długość, waga, czas.

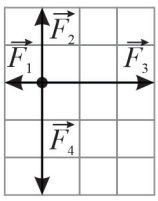
■ **2.** Miliard sekund to około
A. 12 dni, **B.** 2 lata,
C. 32 lata, **D.** 2000 lat,
E. 32 tys. lat.

■ **3.** W którym spośród procesów: 1) promieniowanie cieplne, 2) przewodnictwo cieplne, 3) konwekcja, 4) dyfuzja; nie występuje transport materii?
A. 1. **B.** 1 i 4.
C. 2 i 3. **D.** 3 i 4.
E. 1 i 2.

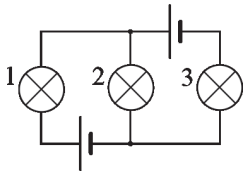
■ **4.** Czego nie można zobaczyć na własne oczy z obszaru Europy?
A. Galaktyki Andromedy.
B. Stacji ISS.
C. Ciemnej strony Księżyca.
D. Marsa blisko nowiu.
E. Perseidów.

■ **5.** Jakie fale, przewidziane dawno temu przez Einsteina, zostały zarejestrowane dopiero kilka lat temu?
A. Grawitacyjne.
B. Poprzeczne.
C. Podłużne.
D. Gamma.
E. Mikrofale.

■ **6.** Na ciało działają cztery siły, jak na rysunku obok. Wartość siły F_1 wynosi 1 N. Wypadkowa siła działająca na ciało ma wartość
A. 0 N,
B. 2 N,
C. 3 N,
D. 9 N.
E. Inna odpowiedź.

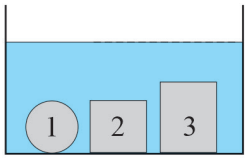


■ **7.** Bateryjki są identyczne. Żaróweczki także. Które żaróweczki świecą?
A. Wszystkie.
B. Żadna.
C. Tylko 2.
D. Tylko 1 i 3.
E. Tylko 1 i 2.

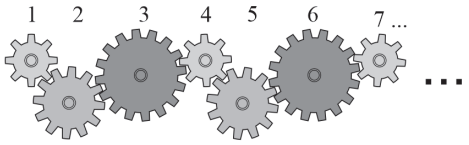


■ **8.** Jeśli przed zachodem Słońca widzimy tęczę, to znaczy, że patrzymy
A. na wschód,
B. na zachód,
C. na południe,
D. na północ,
E. w kierunku zenitu.

■ **9.** Trzy ciała o jednakowej masie, ale różnych objętościach ($V_1 < V_2 < V_3$) znajdują się w naczyniu z wodą (rysunek). Wartości sił nacisku ciał na dno naczynia spełniają warunki
A. $F_1 = F_2 = F_3$,
B. $F_1 > F_2 = F_3$,
C. $F_1 < F_2 = F_3$,
D. $F_1 < F_2 < F_3$,
E. $F_1 > F_2 > F_3$.



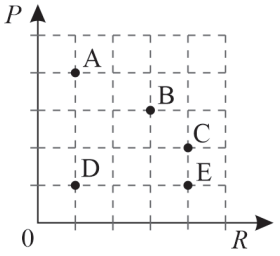
■ **10.** Rysunek przedstawia kilka kół z zestawu połączonych kolejno 2019 kół zębatych. Następne koła są ustawione według tej samej reguły.



Ostatnie koło obraca się
A. w tę samą stronę, co koło numer 1 i szybciej od niego,
B. w przeciwną stronę niż koło numer 1 i szybciej od niego,
C. w tę samą stronę, co koło numer 1 i wolniej od niego,
D. w przeciwną stronę niż koło numer 1 i wolniej od niego,
E. w tę samą stronę, co koło numer 1 i tak samo szybko.

Zadania 11–20 za 4 punkty

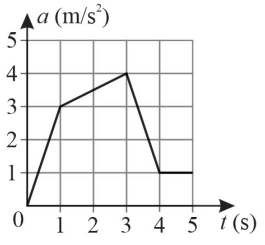
■ **11.** Na wykresie zaznaczono punkty odpowiadające mocy P ciepła wydzielanego na każdym z pięciu odbiorników oraz oporowi R odbiornika. Który z odbiorników podłączono do baterii o największym napięciu?



■ **12.** Trzy jednakowe, metalowe kulki są naładowane ładunkami: $q_1 = +5$ mC, $q_2 = -7$ mC, $q_3 = +3$ mC. Jaki ładunek zostanie na pierwszej kulce, jeśli zetkniemy ją z kulką drugą, a po odsunięciu od niej zetkniemy z kulką trzecią?

A. 0 mC. **B.** 1 mC.
C. –1 mC. **D.** 2 mC.
E. –2 mC.

■ **13.** Na wykresie przedstawiono zależność wartości przyspieszenia a od czasu t dla pojazdu, który przez 5 sekund poruszał się ruchem prostoliniowym w jedną stronę. Prędkość początkowa pojazdu wynosiła zero. Pojazd osiągnął największą prędkość po

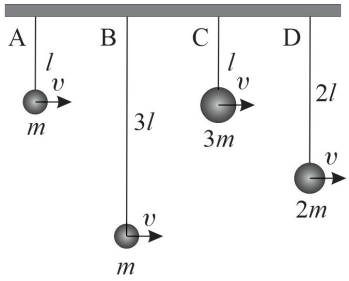


A. 1 s,
B. 3 s,
C. 4 s,
D. 5 s.
E. Na podstawie wykresu nie można stwierdzić, kiedy prędkość miała największą wartość.

■ **14.** Rowerzysta przejechał pierwszą połowę drogi z prędkością o wartości 10 km/h, trzecią ćwiartkę drogi z prędkością o wartości 20 km/h, a pozostałą część drogi z prędkością o wartości 15 km/h. Średnia wartość prędkości w całym jego ruchu v_s spełnia równanie/nierówność

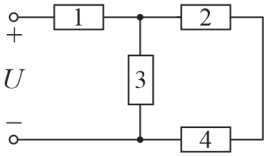
A. $v_s < 10$ km/h,
B. 10 km/h $< v_s <$ 15 km/h,
C. $v_s = 15$ km/h,
D. 15 km/h $< v_s <$ 20 km/h,
E. $v_s > 20$ km/h.

■ **15.** Cztery ciała zawieszono na nitkach pod sufitem. Masy ciał oraz długości nitek podano na rysunku. Każdemu z ciał w położeniu równowagi nadano taką samą prędkość początkową v skierowaną poziomo. Które z ciał wzniesie się na największą wysokość względem swojego położenia równowagi? Pomiń opory powietrza.



E. Wszystkie ciała wzniosą się na tę samą wysokość.

■ **16.** W obwodzie elektrycznym na rysunku wszystkie rezystory są identyczne.



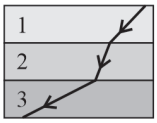
Napięcia na ponumerowanych opornikach spełniają równania/nierówności

A. $U_2 = U_4 > U_3 > U_1$,
B. $U_1 > U_3 > U_2 = U_4$,
C. $U_1 = U_2 = U_4 > U_3$,
D. $U_1 > U_2 = U_3 > U_4$,
E. $U_3 > U_2 = U_4 > U_1$.

■ **17.** Lwiątko goniące kangura ma od niego dwa razy większą energię kinetyczną, ale dwa razy mniejszy pęd. Lwiątko biegnie

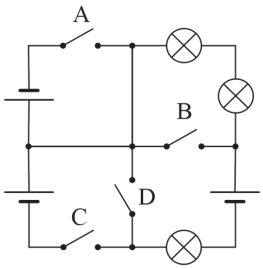
A. dwa razy szybciej niż kangur,
B. dwa razy wolniej niż kangur,
C. cztery razy szybciej niż kangur,
D. cztery razy wolniej niż kangur.
E. Taka sytuacja nie jest możliwa.

■ **18.** Na rysunku przedstawiono bieg promienia światła przez trzy stykające się ze sobą przeźroczyste materiały. Jeśli n_1, n_2 i n_3 są współczynnikami załamania światła tych materiałów, to



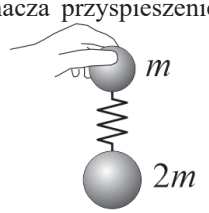
A. $n_1 < n_2 < n_3$,
B. $n_3 < n_2 < n_1$,
C. $n_1 < n_3 < n_2$,
D. $n_2 < n_1 < n_3$,
E. $n_3 < n_1 < n_2$.

■ **19.** Który wyłącznik wystarczy zamknąć, by zaświeciła choć jedna żaróweczka?



E. Jest więcej niż jedna możliwość.

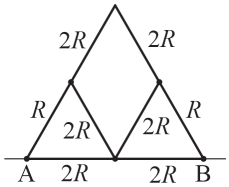
■ **20.** Dwie stalowe kule o podanych na rysunku masach są połączone nieważką sprężyną. Chwyciwszy za jedną z nich, pozwoliliśmy drugiej zwisać swobodnie. Gdy teraz górną kulę puścimy, przyspieszenia górnej i dolnej kuli w chwili puszczenia wyniosą odpowiednio (g oznacza przyspieszenie ziemskie)



A. g, g,
B. g, 0,
C. $2g$, 0,
D. g, $2g$,
E. $3g$, 0.

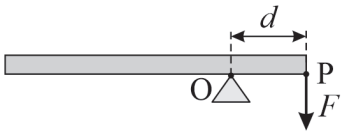
Zadania 21–30 za 5 punktów

■ **21.** Odcinki przewodów połączono w siatkę tak, jak na rysunku. Przy każdym odcinku podano jego opór. Ile wynosi opór zastępczy pomiędzy punktami A i B?



A. R.
B. 1,5 R.
C. $2R$.
D. $3R$.
E. $4R$.

■ **22.** Linijka o masie m i długości l jest podparta w punkcie O odległym o d od końca linijki.

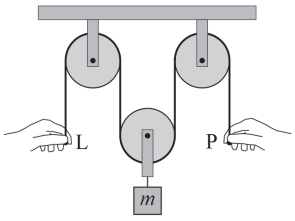


Siła, którą należy działać pionowo w dół w punkcie P linijki, aby utrzymać ją poziomo, ma wartość

A. $\frac{mgl}{d}$, **B.** $\frac{mg\left(\frac{1}{2}l-d\right)}{d}$,
C. $\frac{1}{2}mg$, **D.** $\frac{mgd}{l}$,
E. $\frac{mg(l-d)}{d}$.

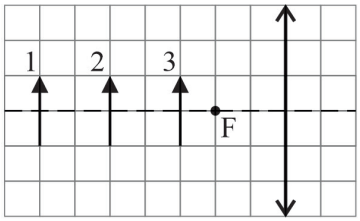
■ **23.** Porcja gorącej wody dolana do szklanki z przestudzoną herbatą podniosła jej temperaturę o 5 °C. Gdyby do szklanki dolano na raz dwie takie porcje wody, to temperatura herbaty wzrosłaby
A. o 10 °C,
B. o więcej niż 10 °C,
C. o mniej niż 10 °C.
D. Wybór między odpowiedziami A, B i C zależy od początkowej temperatury herbaty.
E. Wybór między odpowiedziami A, B i C zależy od początkowej temperatury wody.

■ **24.** Koniec L nierozciągliwej liny jest ciągnięty w dół z prędkością 20 cm/s, a ciało zawieszone na środkowym krążku porusza się do góry z prędkością 8 cm/s. Z jaką prędkością i do góry (↑) czy w dół (↓) jest przesuwany koniec P liny?



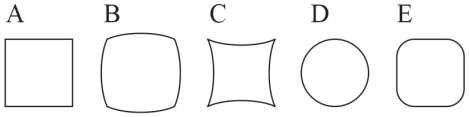
A. 4 cm/s, ↑.
B. 12 cm/s, ↑.
C. 4 cm/s, ↓.
D. 12 cm/s, ↓.
E. 28 cm/s, ↓.

■ **25.** Dla którego z przedmiotów znajdujących się przed soczewką skupiającą, której ognisko znajduje się w punkcie F (rys.), może powstać rzeczywisty obraz odwrócony i pomniejszony?

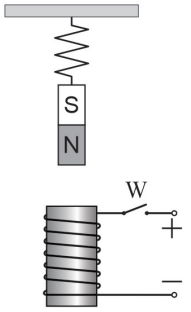


A. Wszystkich.
B. Żadnego z nich.
C. Tylko 1.
D. Tylko 3.
E. 1 i 2.

■ **26.** Lwiątko mające kwadratową głowę stoi na wprost wypukłego lusterka sferycznego. Jaki kształt będzie miał zarys głowy lwiątka widziany w lusterku?



■ **27.** Jak zmieni się długość sprężyny, na końcu której wisi przymocowany magnes (rysunek), po zamknięciu obwodu elektromagnesu włącznikiem W?



A. Zmniejszy się.
B. Zwiększy się.
C. Pozostanie bez zmian.
D. Najpierw zmniejszy się, a po chwili powróci do początkowej wartości.
E. Najpierw zwiększy się, a po chwili powróci do początkowej wartości.

■ **28.** Tak zwany *promień Schwarzschilda* czarnej dziury o masie m, określający wielkość czarnej dziury, wyraża się jednym z poniższych wzorów. Którym? (c oznacza prędkość światła w próżni, G to stała grawitacyjna wynosząca $6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N·m²/kg²).

A. $\frac{2G}{mc}$.
B. $2Gmc^2$.
C. $2Gmc$.
D. $\frac{2Gm}{c^2}$.
E. $\frac{2G}{mc^2}$.

■ **29.** Lwiątko poruszało się ruchem jednostajnie opóźnionym i w ostatniej sekundzie ruchu (do chwili zatrzymania) pokonało 4% całej przebytej drogi. Jak długo trwał ruch Lwiątka?
A. 3 s.
B. 4 s.
C. 5 s.
D. 6 s.
E. 7 s.

■ **30.** Robaczek siedzi nieruchomo na końcu wskazówki godzinowej. W układzie odniesienia robaczka koniec wskazówki minutowej mającej długość R porusza się po
A. odcinku prostej,
B. okręgu o promieniu R,
C. okręgu o promieniu $2R$,
D. elipsie.
E. Inna odpowiedź.

Klasy I liceum i technikum

Zadania 1–10 za 3 punkty

■ **1.** Wiek Wszechświata szacuje się na około
A. $1 \cdot 10^{10}$ s, **B.** $4 \cdot 10^{14}$ s,
C. $7 \cdot 10^{15}$ s, **D.** $1 \cdot 10^{17}$ s,
E. $4 \cdot 10^{17}$ s.

■ **2.** Wahadło matematyczne wykonuje 30 wahnięć „tam i z powrotem" w ciągu minuty. Wynika stąd, że jego długość wynosi około
A. 0,276 mm, **B.** 27,6 cm,
C. 0,5 m, **D.** 1,0 m.
E. Odpowiedź zależy od masy ciężarka.

■ **3.** Laureatem nagrody Nobla z fizyki, z poniżej wymienionych, nie był(-a) jedynie
A. Wilhelm Röntgen,
B. Maria Skłodowska-Curie,
C. Richard Feynman,
D. Stephen Hawking,
E. Donna Strickland.

■ **4.** Narciarz, mający wraz z ubraniem i sprzętem narciarskim masę m, zjeżdża ze stałą prędkością po stoku o kącie nachylenia (do poziomu) równym α. Uwzględniamy wszystkie siły oporu. Wypadkowa siła działająca na narciarza ma wartość
A. zero,
B. mg,
C. $mg \sin \alpha$,
D. $mg\,(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$, gdzie μ jest współczynnikiem tarcia nart o śnieg.
E. Zjazd ze stałą prędkością z nachylonego stoku jest niemożliwy.

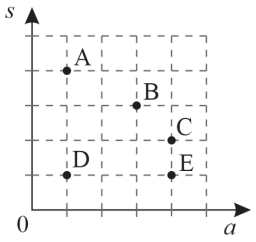
■ **5.** Aby w lecącym samolocie przez pewien czas panował stan nieważkości samolot musi poruszać się po
A. okręgu,
B. elipsie,
C. paraboli,
D. sinusoidzie.
E. W samolocie lecącym w atmosferze nie można wytworzyć stanu nieważkości.

■ **6.** Czego nie można zobaczyć na własne oczy z obszaru Europy?
A. Ciemnej strony Księżyca.
B. Wielkiej Mgławicy w Orionie.
C. Stacji ISS.
D. Perseidów.
E. Jowisza blisko nowiu.

■ **7.** Jakie fale, przewidziane przez Einsteina już na początku XX w., zostały zarejestrowane dopiero kilka lat temu?
A. Harmoniczne.
B. Grawitacyjne.
C. Spolaryzowane.
D. Gamma.
E. Mikrofale.

■ **8.** Siła grawitacji F, którą gwiazda działa na planetę poruszającą się wokół tej gwiazdy po orbicie kołowej o promieniu R, w ciągu połowy okresu obiegu planety wykonuje pracę
A. zero,
B. $2RF$,
C. πRF,
D. $2\pi RF$.
E. Do obliczenia pracy konieczna jest znajomość wartości prędkości planety lub okresu obiegu.

■ **9.** Na wykresie zaznaczono punkty odpowiadające drodze hamowania s każdego z pięciu pojazdów poruszających się ruchem jednostajnie zmiennym oraz wartości a opóźnienia pojazdu. Który pojazd posiadał największą prędkość początkową?



■ **10.** Średnia odległość Saturna od Słońca jest około 9,6 razy większa od średniej odległości Ziemi od Słońca. Wynika stąd, że natężenie promieniowania słonecznego (ilość energii przypadającej na jednostkę powierzchni, dostarczanej w jednostce czasu) jest – w porównaniu z Ziemią, na niezasłoniętej powierzchni tej planety około
A. 9,6 razy mniejsze,
B. 92,2 razy mniejsze,
C. 8500 razy mniejsze.
D. Jest tyle razy mniejsze, ile razy powierzchnia Saturna jest większa od powierzchni Ziemi.
E. Jest tyle razy większe, ile razy powierzchnia Saturna jest większa od powierzchni Ziemi.

Zadania 11–20 za 4 punkty

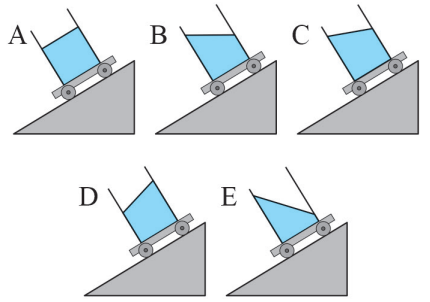
■ **11.** Średnica atomu jest większa od średnicy jego jądra około
A. 10 razy, **B.** 10^3 razy,
C. 10^5 razy, **D.** 10^7 razy,
E. 10^9 razy.

■ **12.** Szereg promieniotwórczy uranowo-aktynowy rozpoczyna się od uranu $^{235}_{92}\mathrm{U}$ i przez cykl rozpadów α i β kończy się izotopem trwałym. Tym izotopem może być
A. $^{206}_{82}\mathrm{Pb}$, **B.** $^{207}_{82}\mathrm{Pb}$,
C. $^{208}_{82}\mathrm{Pb}$, **D.** $^{209}_{83}\mathrm{Bi}$.
E. Nie może być żaden z wymienionych.

■ **13.** Przy bezwietrznej pogodzie, w chmurze deszczowej utworzyły się krople i jedna za drugą padają na ziemię. Odległość w pionie między sąsiednimi kroplami jest
A. najmniejsza tuż pod chmurą,
B. taka sama tuż pod chmurą, jak przy powierzchni Ziemi,
C. najmniejsza, gdy niższa z kropel dociera do powierzchni Ziemi,
D. najmniejsza w połowie drogi,
E. najmniejsza, gdy stosunek odległości od chmury do odległości od Ziemi wynosi $1:\sqrt{2}$.

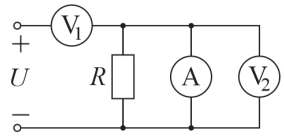
■ **14.** Jądro którego z wymienionych poniżej izotopów ma największą energię wiązania przypadającą na jeden nukleon?
A. $^{235}_{92}\mathrm{U}$. **B.** $^{238}_{92}\mathrm{U}$. **C.** $^{3}_{1}\mathrm{H}$.
D. $^{4}_{2}\mathrm{He}$. **E.** $^{64}_{29}\mathrm{Cu}$.

■ **15.** Który z rysunków przedstawia ustawienie powierzchni wody w szklance ustawionej na wózku, zjeżdżającym z równi pochyłej, jeśli oporu ruchu i lepkość są pomijalnie małe?



■ **16.** Proton zbudowany jest z dwóch kwarków *u* i jednego *d*, a neutron z dwóch *d* i jednego *u*. Łącznie 170 kwarków *u* i 190 kwarków *d* zawierają protony i neutrony jądra
A. $^{120}_{70}\mathrm{Sn}$, **B.** $^{122}_{52}\mathrm{Te}$,
C. $^{180}_{80}\mathrm{Hg}$, **D.** $^{120}_{50}\mathrm{Sn}$,
E. $^{118}_{48}\mathrm{Cd}$.

■ **17.** W obwodzie elektrycznym, którego schemat przedstawiono na rysunku, napięcie źródła $U = 6$ V, opór rezystora $R = 12\ \Omega$, mierniki są idealne.

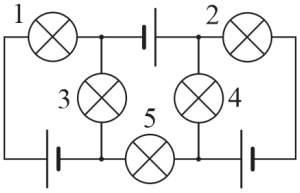


Jakie wartości wskazują woltomierze i amperomierz?
A. $U_1 = 6$ V, $U_2 = 0$ V, $I = 0{,}5$ A.
B. $U_1 = 0$ V, $U_2 = 6$ V, $I = 0{,}5$ A.
C. $U_1 = 6$ V, $U_2 = 0$ V, $I = 0$ A.
D. $U_1 = 3$ V, $U_2 = 3$ V, $I = 0$ A.
E. $U_1 = 3$ V, $U_2 = 3$ V, $I = 0{,}5$ A.

■ **18.** Aktywność promieniotwórcza to wielkość fizyczna równa szybkości rozpadu jąder atomowych danej próbki. Po czterech dniach aktywność próbki substancji promieniotwórczej, której produkt rozpadu jest już trwały, spadła do 1/5 początkowej wartości. Po następnych ośmiu dniach aktywność tej próbki w stosunku do początkowej wartości wyniesie w przybliżeniu
A. 1/20,
B. 1/25,
C. 1/100,
D. 1/125,
E. 1/320.

■ **19.** Dwie próbki o jednakowej masie różnych izotopów promieniotwórczych mają jednakową aktywność. Wynika z tego, że
A. ich okresy połowicznego rozpadu są jednakowe,
B. dłuższy okres ma izotop o mniejszej masie atomowej,
C. dłuższy okres ma izotop o większej masie atomowej,
D. izotopy te mają jednakową masę atomową.
E. Niczego nie można powiedzieć o ich aktywnościach ani masach atomowych.

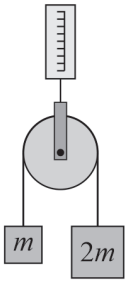
■ **20.** Które żaróweczki świecą? Bateryjki są identyczne. Żaróweczki także.



A. Wszystkie.
B. Tylko 1, 2, 3 i 4.
C. Tylko 1, 2 i 5.
D. Tylko 2, 3 i 5.
E. Tylko 5.

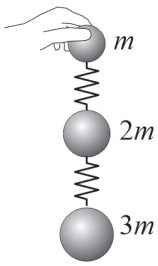
Zadania 21–30 za 5 punktów

■ **21.** Do siłomierza zaczepiono mogący się obracać bez tarcia krążek, przez który przerzucono linkę. Na końcach linki zaczepiono dwa klocki o masach podanych na rysunku. Ile wynosi wskazanie F siłomierza podczas ruchu klocków, przy założeniu, że masa krążka i masa linki są pomijanie małe?
A. $F = mg$.
B. $mg < F < 2mg$.
C. $F = 2mg$.
D. $2mg < F < 3mg$.
E. $F = 3mg$.

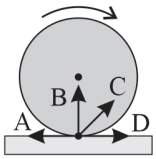


■ **22.** W jednej z serii (Lymana) widma atomu wodoru można zaobserwować linie o długościach fali 102,5 nm i 121,6 nm związane z przejściem atomu do stanu podstawowego. Wynika stąd, że w widmie atomu wodoru powinna także znaleźć się linia o długości fali około
A. 19,1 nm, **B.** 58 nm,
C. 112,1 nm, **D.** 224,1 nm,
E. 652,6 nm.

■ **23.** Trzy stalowe kule o podanych na rysunku masach są połączone nieważkimi sprężynami. Chwyciwszy za jedną z nich, pozwoliliśmy pozostałym zwisać swobodnie. Gdy teraz górną kulę puścimy, przyspieszenia górnej, środkowej i dolnej kuli w chwili puszczenia wyniosą odpowiednio (g oznacza przyspieszenie ziemskie)
A. g, g, g,
B. $g, 2g, 3g$,
C. $g, 0, 0$,
D. $g, \frac{1}{2}g, \frac{1}{3}g$,
E. $6g, 0, 0$.



■ **24.** Koło toczy się w prawo bez poślizgu (rysunek). Który z wektorów przedstawia prędkość punktu na obwodzie koła w chwili zetknięcia z podłożem?

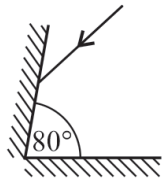


E. $v = 0$.

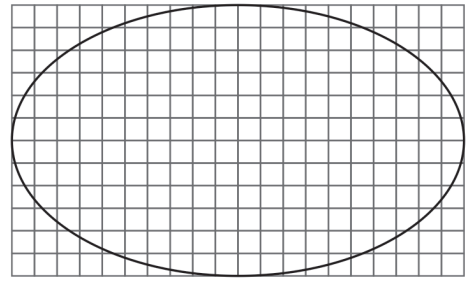
■ **25.** Żarówka zaświeca się niemal natychmiast po naciśnięciu włącznika. Dzieje się tak dlatego, że
A. elektrony w przewodniku poruszają się wzdłuż niego z prędkością bliską prędkości światła w próżni,
B. elektrony w przewodniku poruszają się wzdłuż niego z prędkością mniejszą od prędkości światła w próżni, ale znacznie większą od prędkości dźwięku,
C. elektrony w przewodniku poruszają się wzdłuż niego z prędkością bliską prędkości dźwięku,
D. elektrony w przewodniku zachowują się jak ciecz nieściśliwa,
E. natychmiast po włączeniu zjawisko samoindukcji wywołuje impuls wysokiego napięcia.

■ **26.** Prąd rzeki jest najszybszy pośrodku nurtu – ma tam prędkość 2 m/s, a ku brzegom maleje do zera równomiernie z odległością. Motorówka jest stale ustawiona prostopadle do brzegów, więc prąd znosi ją w dół rzeki. Prędkość motorówki względem wody ma wartość 0,8 m/s, a szerokość rzeki wynosi 40 metrów. Ile wyniesie odległość, na jaką prąd rzeki zniesie motorówkę, zanim przepłynie ona z jednego brzegu na drugi?
A. 25 m.
B. 50 m.
C. 64 m.
D. 100 m.
E. 200 m.

■ **27.** Dwa zwierciadła płaskie złożone są tak, że tworzą kąt 80°. Na jedno z nich pada promień światła leżący w płaszczyźnie rysunku. Ile wynosi kąt odchylenia biegu promienia od kierunku początkowego po jednokrotnym odbiciu od każdego ze zwierciadeł?
A. 10°.
B. 20°.
C. 40°.
D. 80°.
E. 180°.



■ **28.** Rysunek pokazuje eliptyczną orbitę planety wokół gwiazdy. Bok pojedynczej kratki to jednostka długości (1. j).



Ile jednostek długości wynosi odległość gwiazdy od planety w peryhelium?
A. 2. **B.** 3. **C.** 6.
D. 10. **E.** 14.

■ **29.** Planeta jest w koniunkcji, gdy w swoim ruchu po orbicie znajduje się akurat po tej samej stronie Ziemi co Słońce (dotyczy to tzw. planet górnych, czyli krążących dalej od Słońca niż Ziemia). Niech T_p oznacza okres obiegu Słońca przez planetę, której orbitę, podobnie jak ziemską, uważajmy za idealnie kołową. Przyjmij, że orbity leżą w jednej płaszczyźnie. T_Z to rok ziemski. Czas między kolejnymi koniunkcjami to
A. $T_p + T_Z$, **B.** $T_p - T_Z$,
C. $\dfrac{1}{1/T_Z + 1/T_p}$, **D.** $\dfrac{1}{1/T_Z - 1/T_p}$.
E. Nie da się obliczyć bez znajomości stosunku promieni orbit.

■ **30.** Robaczek siedzi nieruchomo na końcu wskazówki minutowej. Ile wynosi okres obrotu wskazówki godzinowej w układzie odniesienia robaczka?
A. 1 h.
B. 11/12 h.
C. 12/11 h.
D. 11 h.
E. 12 h.

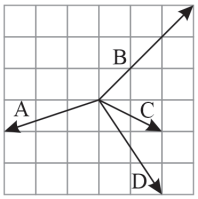
Klasy II liceum i technikum

Zadania 1–10 za 3 punkty

■ **1.** Średnia szybkość wzrostu włosa ludzkiego to 1 cm na miesiąc, czyli około
A. 40 nm/s, **B.** 4 pm/ms,
C. 400 fm/μs, **D.** 4 nm/ms,
E. 400 pm/ms.

■ **2.** Kierując na płytę CD wiązkę światła z lasera, na ekranie otrzymamy charakterystyczne jasne prążki dzięki zjawisku
A. rozproszenia, **B.** załamaniu,
C. rozszczepienia, **D.** interferencji,
E. polaryzacji.

■ **3.** Która z sił jest wypadkową trzech pozostałych?
E. Żadna.



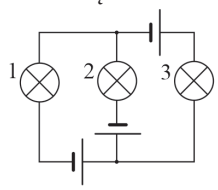
■ **4.** Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki w roku 2018 przyznano za
A. metodę generowania ultrakrótkich pulsów optycznych wysokiej mocy,
B. odkrycie oscylacji neutrin,
C. teoretyczne przewidzenie i potwierdzenie doświadczalne istnienia bozonu Higgsa,
D. wynalezienie wydajnej diody emitującej niebieskie światło,
E. decydujący wkład w detektor LIGO i zaobserwowanie fal grawitacyjnych.

■ **5.** Ołów 206 jest końcowym trwałym produktem rozpadu radonu 222. Jest on także trwałym produktem rozpadu uranu o liczbie masowej
A. 232, **B.** 233,
C. 235, **D.** 236,
E. 238.

■ **6.** II prawo Keplera mówi o stałej prędkości polowej planety. A jak będzie wyglądała prędkość polowa różnych planet? Dla uproszczenia załóż, że orbity planet są kołowe. Na przykład promień orbity Jowisza jest z dużą dokładnością razy większy niż Merkurego. Prędkość polowa Jowisza jest – w porównaniu z prędkością polową Merkurego –
A. $49\frac{8}{27}$ razy mniejsza,
B. $13\frac{4}{9}$ razy mniejsza,
C. $3\frac{2}{3}$ razy mniejsza,
D. $3\frac{2}{3}$ razy większa,
E. taka sama.

■ **7.** Przy bezwietrznej pogodzie, w chmurze deszczowej utworzyły się krople i jedna za drugą padają na ziemię. Odległość w pionie między sąsiednimi kroplami jest
A. najmniejsza w połowie drogi,
B. najmniejsza tuż pod chmurą,
C. taka sama tuż pod chmurą, jak przy powierzchni Ziemi,
D. najmniejsza, gdy niższa z kropel dociera do powierzchni Ziemi,
E. najmniejsza, gdy stosunek odległości od chmury do odległości od Ziemi wynosi $1:\sqrt{2}$.

■ **8.** Bateryjki są identyczne. Żaróweczki także. Które żaróweczki świecą?
A. Tylko 1 i 2.
B. Tylko 3.
C. Tylko 1 i 3.
D. Wszystkie.
E. Żadna.

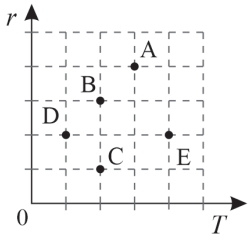


■ **9.** Natężenie światła to wielkość fizyczna równa ilorazowi mocy promieniowania padającego na daną powierzchnię i wielkości tej powierzchni. Jednostkę natężenia światła w układzie SI można przedstawić za pomocą wyrażenia
A. $\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, **B.** $\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$,
C. $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}^2}$, **D.** $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}^3}$,
E. $\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{s}^3}$.

■ **10.** Ciśnienie gazu doskonałego zwiększono 6 razy, a przy tym energia wewnętrzna wzrosła 3 razy. Jak zmieniła się objętość gazu?
A. Zmalała 18 razy.
B. Zmalała 6 razy.
C. Zmalała 2 razy.
D. Wzrosła 2 razy.
E. Wzrosła 18 razy.

Zadania 11–20 za 4 punkty

■ **11.** Na wykresie zaznaczono punkty odpowiadające promieniowi r orbity każdej z pięciu planet poruszających się po orbitach kołowych wokół różnych gwiazd oraz okresy obiegu T tych planet. Która planeta okrąża najbardziej masywną gwiazdę?

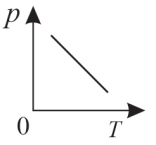


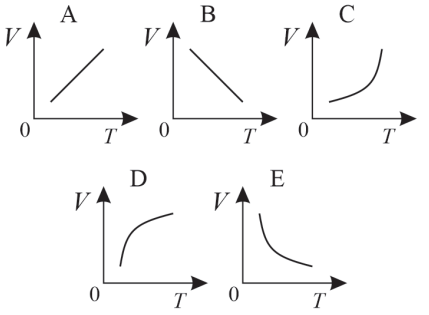
■ **12.** Średnica atomu jest większa od średnicy protonu około
A. 10^3 razy, **B.** 10^5 razy,
C. 10^7 razy, **D.** 10^9 razy,
E. 10^{15} razy.

■ **13.** Linijka o masie m i długości l jest podparta w punkcie O odległym o d od końca linijki.

Siła, którą należy działać pionowo do góry w punkcie P linijki, aby utrzymać ją poziomo, ma wartość
A. $\frac{mgl}{d}$, **B.** $\frac{1}{2}mg$,
C. $\frac{mg(l-d)}{l}$, **D.** $\frac{mg(l-2d)}{d}$,
E. $\frac{mg(l-2d)}{2l-2d}$.

■ **14.** Wykres obok przedstawia pewną przemianę gazu doskonałego. Który wykres może odpowiadać tej samej przemianie?

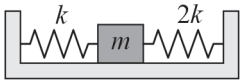




■ **15.** Silnik Carnota „1” przekazuje całe swoje „ciepło oddane” silnikowi Carnota „2”, w którym stanowi ono „ciepło pobrane”. Z kolei silnik Carnota „2” przekazuje całe swoje „ciepło oddane” silnikowi Carnota „3” itd. Sprawność każdego z silników jest równa η. Łączna sprawność czterech tak połączonych silników jest równa
A. 4η, **B.** $1-4\eta$,
C. $(\eta-1)^4$, **D.** $4\eta-6\eta^2+4\eta^3-\eta^4$.
E. Jest za mało danych, by to określić.

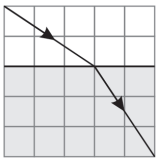
■ **16.** Ile co najmniej energii należy dostarczyć, aby zjonizować mol atomów wodoru znajdujących się w stanie podstawowym?
A. Ok. 14 J. **B.** Ok. 100 kJ.
C. Ok. 334 kJ. **D.** Ok. 1,3 MJ.
E. Ok. 2,3 MJ.

■ **17.** Klocek o masie m poruszający się bez tarcia po nieruchomym podłożu jest zamocowany do dwóch sprężyn o współczynnikach sprężystości k i $2k$ (rysunek).



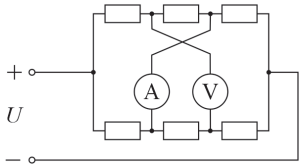
Ile wynosi okres drgań klocka?
A. $2\pi\sqrt{\frac{m}{3k}}$. **B.** $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.
C. $2\pi\sqrt{\frac{3m}{k}}$. **D.** $2\pi\sqrt{\frac{3m}{2k}}$.
E. $2\pi\sqrt{\frac{2m}{3k}}$.

■ **18.** Na rysunku pokazano przejście promienia światła przez granicę pomiędzy powietrzem i płaską płytkę. Współczynnik załamania materiału płytki jest równy



A. 0,67,
B. 0,75,
C. 1,33,
D. 1,5,
E. 2,0.

■ **19.** W obwodzie elektrycznym, którego schemat przedstawiono na rysunku, napięcie źródła $U = 6$ V, opór każdego rezystora wynosi $R = 2\ \Omega$, mierniki są idealne.



Jakie wartości wskazują mierniki?
A. $U = 2$ V, $I = 0$ A.
B. $U = 0$ V, $I = 0{,}5$ A.
C. $U = 3$ V, $I = 0{,}75$ A.
D. $U = 2$ V, $I = 0{,}5$ A.
E. Inna odpowiedź.

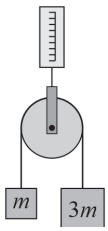
■ **20.** Gęstość ciekłego helu przy ciśnieniu 1 atm wynosi w przybliżeniu 0,125 g/cm^3. Gaz powstały po odparowaniu 1 dm^3 ciekłego helu zajmie w warunkach normalnych objętość około
A. 32 cm^3, **B.** 700 cm^3,
C. 125 dm^3, **D.** 700 dm^3,
E. 1430 dm^3.

Zadania 21–30 za 5 punktów

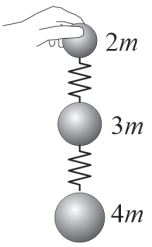
■ **21.** Okres obiegu Saturna wokół Słońca wynosi około 30 lat. Wynika stąd, że natężenie promieniowania słonecznego na powierzchni Saturna jest w porównaniu z natężeniem na powierzchni Ziemi około
A. 9,6 razy mniejsze,
B. 92,2 razy mniejsze,
C. 8500 razy mniejsze.
D. Jest tyle razy mniejsze, ile razy powierzchnia Saturna jest większa od powierzchni Ziemi.
E. Jest tyle razy większe, ile razy powierzchnia Saturna jest większa od powierzchni Ziemi.

■ **22.** Szereg promieniotwórczy uranowo-radowy rozpoczyna się od uranu $^{238}_{92}\mathrm{U}$, kończy ołowiem $^{206}_{82}\mathrm{Pb}$, a należy do niego 18 różnych izotopów promieniotwórczych. Wśród nich jest m izotopów ulegających tylko rozpadowi α, n – ulegających tylko rozpadowi β oraz p izotopów, które mogą rozpadać się na oba sposoby. Te liczby to
A. $m = 8$, $n = 6$, $p = 4$,
B. $m = 6$, $n = 4$, $p = 4$,
C. $m = 8$, $n = 6$, $p = 2$,
D. $m = 6$, $n = 8$, $p = 2$,
E. $m = 8$, $n = 4$, $p = 4$.

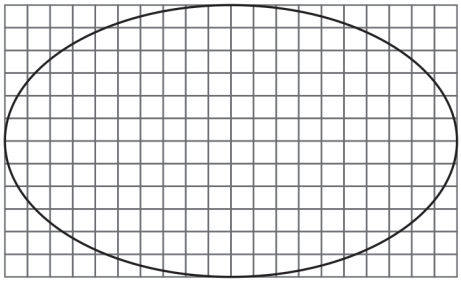
■ **23.** Do siłomierza zaczepiono mogący się obracać bez tarcia krążek, przez który przerzucono linkę. Na końcach linki zaczepiono dwa klocki o masach podanych na rysunku. Ile wynosi wskazanie F siłomierza podczas ruchu klocków, przy założeniu, że masa krążka i masa linki są pomijanie małe?
A. $F = 2mg$.
B. $2mg < F < 3mg$.
C. $F = 3mg$.
D. $3mg < F < 4mg$.
E. $F = 4mg$.



■ **24.** Trzy stalowe kule o podanych na rysunku masach są połączone nieważkimi sprężynami. Chwyciwszy za jedną z nich, pozwoliliśmy pozostałym zwisać swobodnie. Gdy teraz górną kulę puścimy, przyspieszenia górnej, środkowej i dolnej kuli w chwili puszczenia wyniosą odpowiednio (g oznacza przyspieszenie ziemskie)
A. g, g, g,
B. $\frac{1}{2}g, \frac{1}{5}g, \frac{1}{9}g$,
C. $\frac{9}{2}g, \frac{7}{3}g, g$,
D. $\frac{1}{2}g, \frac{1}{3}g, \frac{1}{4}g$,
E. $\frac{9}{2}g, 0, 0$.



■ **25.** Rysunek pokazuje eliptyczną orbitę planety wokół gwiazdy. Bok pojedynczej kratki to jednostka długości (1. j).



Ile jednostek długości wynosi odległość gwiazdy od planety w aphelium?

A. 2. **B.** 6.
C. 10. **D.** 14.
E. 18.

■ **26.** Minimalna prędkość, z jaką z powierzchni Ziemi należałoby wystrzelić pocisk, aby wzniósł się na wysokość równą połowie promienia Ziemi, jest równa około (pomijamy opory ruchu)

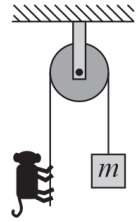
A. 2 km/s,
B. 4 km/s,
C. 6,5 km/s,
D. 7,9 km/s,
E. 41,7 km/s.

■ **27.** Jaką co najmniej moc musi osiągać silnik lokomotywy elektrycznej (nie licząc mocy potrzebnej do pokonania oporu powietrza), jeśli w czasie 40 sekund rozpędzania (ze stałym przyspieszeniem) pociąg o masie 400 ton uzyskuje prędkość 72 km/h?

A. 500 kW.
B. 1 MW.
C. 2 MW.
D. 4 MW.
E. 8 MW.

■ **28.** Na jednym końcu nieważkiej liny przerzuconej przez krążek o pomijalnie małej masie wisi skrzynka o masie m, a na drugim końcu liny wisi małpa o takiej samej masie. Jaką minimalną pracę wykona małpa wciągając się po linie na wysokość h?

A. 0.
B. $0{,}25 \cdot mgh$.
C. $0{,}5 \cdot mgh$.
D. mgh.
E. $2mgh$.



■ **29.** Prąd rzeki jest najszybszy pośrodku nurtu – ma tam prędkość 4 m/s, a ku brzegom równomiernie maleje do zera. Motorówka jest stale ustawiona prostopadle do brzegów, więc prąd znosi ją w dół rzeki. Prędkość motorówki względem wody ma wartość 1,6 m/s, a szerokość rzeki wynosi 80 metrów. Ile wyniesie odległość, na jaką prąd rzeki zniesie motorówkę, zanim przepłynie ona z jednego brzegu na drugi?

A. 55 m.
B. 100 m.
C. 128 m.
D. 200 m.
E. 400 m.

■ **30.** Robaczek siedzi nieruchomo na końcu wskazówki minutowej. Ile wynosi okres obrotu wskazówki sekundowej w układzie odniesienia robaczka?

A. 60/61 min.
B. 60/59 min.
C. 59 s.
D. 1 min.
E. 61 s.

Klasy III i IV liceum i technikum

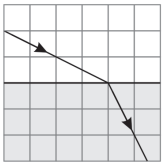
Zadania 1–10 za 3 punkty

■ **1.** Paznokcie palców rąk rosną ze średnią prędkością 0,1 mm na dobę, czyli około
A. 10 nm/s, **B.** 1 pm/μs,
C. 100 fm/μs, **D.** 1 nm/ms,
E. 1 pm/ms.

■ **2.** Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki w roku 2018 przyznano za
A. odkrycie oscylacji neutrin,
B. wynalezienie wydajnej diody emitującej niebieskie światło,
C. teoretyczne przewidywania i potwierdzenie doświadczalne istnienia bozonu Higgsa,
D. metodę generowania ultrakrótkich pulsów optycznych wysokiej mocy,
E. decydujący wkład w detektor LIGO i zaobserwowanie fal grawitacyjnych.

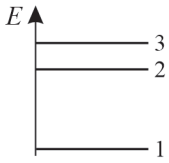
■ **3.** W latach 1974–1991 najwyższy na świecie maszt radiowy znajdował się w Polsce pod Gąbinem. Miał on 646 metrów wysokości, co było połową długości fal emitowanych przez rozgłośnię Warszawa I. Fale te, w otoczeniu masztu były
A. niespolaryzowane,
B. podłużne,
C. spolaryzowane kołowo w płaszczyźnie poziomej,
D. poprzeczne, spolaryzowane liniowo w kierunku poziomym,
E. poprzeczne, spolaryzowane liniowo w kierunku pionowym.

■ **4.** Na rysunku pokazano przejście promienia światła przez granicę pomiędzy powietrzem i płaską płytką. W płytce tej światło rozchodzi się z prędkością około
A. $7{,}5\cdot10^7$ m/s,
B. $1{,}5\cdot10^8$ m/s,
C. $2\cdot10^8$ m/s,
D. $3\cdot10^8$ m/s,
E. $6\cdot10^8$ m/s.

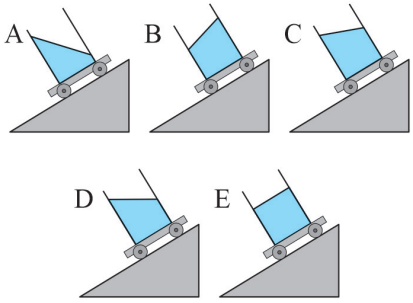


■ **5.** Promień krzywizny zwierciadła sferycznego wklęsłego wynosi 1,2 m. Ogniskowa tego zwierciadła zanurzonego w wodzie (współczynnik załamania 4/3) wynosi
A. 45 cm, **B.** 60 cm,
C. 80 cm, **D.** 90 cm,
E. 120 cm.

■ **6.** Na rysunku przedstawiono schemat poziomów energetycznych atomu. Przy którym z przejść między poziomami pochłaniany jest foton o największej długości fali?
A. 1 → 2.
B. 1 → 3.
C. 2 → 3.
D. 3 → 2.
E. 3 → 1.

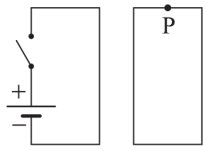


■ **7.** Które z poniższych rysunków przedstawia ustawienie powierzchni wody w szklance znajdującej się na wózku zjeżdżającym z równi pochyłej, jeśli oporu ruchu i lepkość są pomijalnie małe?



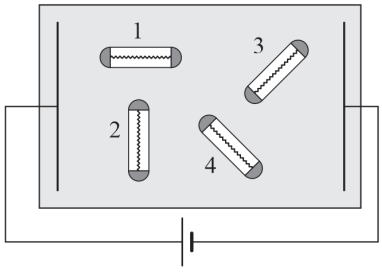
■ **8.** Soczewka o ogniskowej 15 cm znajduje się w odległości 60 cm od ekranu, na którym otrzymano ostry obraz świecącej żarówki. Odległość żarówki od ekranu wynosi
A. 20 cm,
B. 25 cm,
C. 40 cm,
D. 80 cm.
E. Inna odpowiedź

■ **9.** Obwód elektryczny składa się z baterii, wyłącznika i przewodu w kształcie prostokąta. Obok, w tej samej płaszczyźnie, umieszczono drugi przewód w kształcie prostokąta (rysunek).



W którą stronę popłynie prąd indukcyjny w punkcie P przewodu podczas 1 – zamykania wyłącznika, 2 – otwierania wyłącznika?
A. 1 – w prawo, 2 – w prawo.
B. 1 – w lewo, 2 – w prawo.
C. 1 – w prawo, 2 – w lewo.
D. 1 – w lewo, 2 – w lewo.
E. Prąd nie popłynie, bo napięcie z baterii jest stałe.

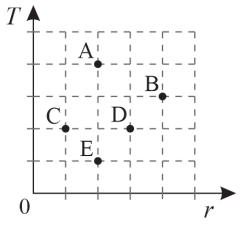
■ **10.** W naczyniu z wodnym roztworem soli kuchennej zanurzone są dwie metalowe elektrody podłączone do źródła napięcia stałego. W roztworze pływają częściowo zanurzone żarówki (na rysunku widok z góry).



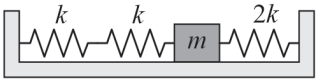
Włókno każdej żarówki jest umieszczone w szczelnie zamkniętej szklanej rurce i podłączone do metalowych kontaktów na końcach rurki. Która (lub które) żarówka świeci najjaśniej?
A. 1.
B. 2.
C. 3 i 4.
D. Wszystkie żarówki świecą tak samo jasno.
E. Żadna żarówka nie świeci.

Zadania 11–20 za 4 punkty

■ **11.** Na wykresie zaznaczono punkty odpowiadające okresowi obiegu T każdej z pięciu planet poruszających się po orbitach kołowych wokół różnych gwiazd oraz promieniowi orbity r. Która planeta okrąża najbardziej masywną gwiazdę?



■ **12.** Klocek o masie m poruszający się bez tarcia po nieruchomym podłożu przymocowano do sprężyn o współczynnikach sprężystości k i $2k$ (rysunek).



Ile wynosi okres drgań klocka?
A. $2\pi\sqrt{\frac{2m}{5k}}$. **B.** $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.
C. $2\pi\sqrt{\frac{4m}{k}}$. **D.** $2\pi\sqrt{\frac{m}{4k}}$.
E. $2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}$.

■ **13.** Jądro którego z wymienionych poniżej izotopów ma największą energię wiązania przypadającą na jeden nukleon?
A. $^{238}_{92}\mathrm{U}$. **B.** $^{59}_{27}\mathrm{Co}$. **C.** $^{2}_{1}\mathrm{H}$.
D. $^{3}_{2}\mathrm{He}$. **E.** $^{255}_{103}\mathrm{Lr}$.

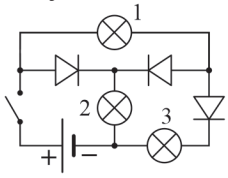
■ **14.** Odległość płomienia świeczki od ekranu, na którym powstaje ostry obraz płomienia, wynosi 80 cm. Ile może wynosić zdolność skupiająca soczewki?
A. –5 D. **B.** –1,25 D. **C.** 1,25 D.
D. 2,5 D. **E.** 8 D.

■ **15.** Płaski kondensator, pomiędzy okładkami którego znajduje się powietrze, po naładowaniu odłączono od źródła napięcia. Bardzo małą odległość między okładkami zwiększamy dwukrotnie. Wartość siły wzajemnego oddziaływania okładek
A. nie zmieni się, **B.** zmaleje $\sqrt{2}$ razy,
C. zmaleje 2 razy, **D.** zmaleje 4 razy,
E. wzrośnie 2 razy.

■ **16.** Dwie jednakowe, metalowe kulki są naładowane ładunkami: $q_1 = -6$ mC, $q_2 = +12$ mC. Trzecią, taką samą kulkę zetknięto najpierw z pierwszą kulką, a po odsunięciu od niej zetknięto z kulką drugą, w wyniku czego na trzeciej kulce pozostał ładunek +2 mC. Ładunek zgromadzony początkowo na trzeciej kulce wynosił
A. +4 mC, **B.** –4 mC, **C.** –6 mC,
D. +6 mC, **E.** –10 mC.

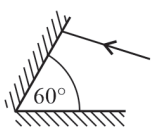
■ **17.** Na płytę CD stanowiącą odbiciową siatkę dyfrakcyjną skierowano wiązkę światła ze wskaźnika laserowego. Na ekranie uzyskano jasny prążek I rzędu w odległości 5 cm od prążka zerowego. Jeśli to doświadczenie przeprowadzić w identycznej konfiguracji w akwarium z wodą, to odległość między wspomnianymi prążkami byłaby
A. mniejsza,
B. taka sama,
C. większa.
D. W wodzie nie powstanie prążek zerowego rzędu.
E. W wodzie powstanie tylko prążek zerowego rzędu.

■ **18.** Która (lub które) z jednakowych żarówek będzie świecić najjaśniej po zamknięciu obwodu włącznikiem? Diody są idealne (czyli napięcie na diodzie spolaryzowanej w kierunku przewodzenia jest równe zero, a dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym nie przewodzi prądu).



A. 1. **B.** 2. **C.** 3.
D. 1 i 2 jednakowo jasno.
E. Wszystkie jednakowo jasno.

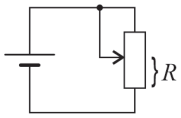
■ **19.** Dwa zwierciadła płaskie złożone są tak, że tworzą kąt 60º. Na jedno z nich pada promień światła leżący w płaszczyźnie rysunku. Ile wynosi kąt odchylenia biegu promienia od kierunku początkowego po jednokrotnym odbiciu od każdego ze zwierciadeł?
A. 0º. **B.** 30º.
C. 60º. **D.** 150º.
E. 180º.

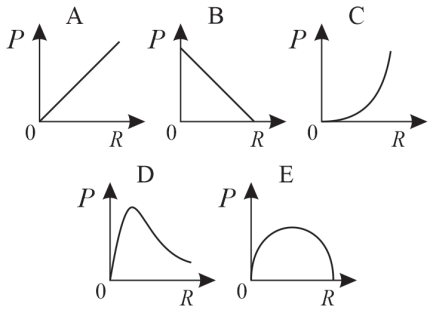


■ **20.** Objętościowa gęstość energii pola elektrycznego o natężeniu E wyraża się jednym z poniższych wzorów. Którym? ($\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ F/m to przenikalność elektryczna próżni)
A. $\frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$. **B.** $\frac{1}{2}\varepsilon_0 E$. **C.** $\frac{E}{2\varepsilon_0}$.
D. $\frac{E^2}{2\varepsilon_0}$. **E.** $\frac{E^3}{2\varepsilon_0}$.

Zadania 21–30 za 5 punktów

■ **21.** Potencjometr (tzw. opornicę suwakową, czyli rezystor o regulowanym oporze) podłączono do rzeczywistego ogniwa (rysunek obok). Który z poniższych wykresów przedstawia zależność mocy ciepła wydzielanego na rezystorze od oporu R pomiędzy suwakiem a dolnym zaciskiem?





■ **22.** Na dwa walce o tej samej długości, wykonane z tego samego materiału, mające średnice d_1 i $d_2 = 2d_1$ nawinięto takim samym cienkim drutem w izolacji zwojnice o tej samej liczbie zwojów. Obie zwojnice są nawinięte zwój przy zwoju na całej długości walców. Zwojnice podłączono równolegle do źródła stałego napięcia. Wartości indukcji pola magnetycznego w zwojnicach spełniają
A. $B_1 = 4\,B_2$,
B. $B_1 = 2\,B_2$,
C. $B_1 = B_2$,
D. $B_1 = B_2/2$,
E. $B_1 = B_2/4$.

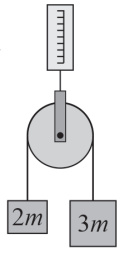
■ **23.** Jaką co najmniej moc musi osiągać silnik tramwaju (nie licząc mocy potrzebnej do pokonania oporu powietrza), aby w czasie 10 sekund początkowo spoczywający wagon o masie 40 ton uzyskał prędkość 36 km/h poruszając się ze stałym przyspieszeniem?

A. 100 kW. **B.** 200 kW.
C. 400 kW. **D.** 800 kW.
E. 5000 kW.

■ **24.** Szereg promieniotwórczy uranowo-aktynowy rozpoczyna się od uranu $^{235}_{92}\mathrm{U}$, kończy ołowiem $^{207}_{82}\mathrm{Pb}$, a należy do niego 17 różnych izotopów. Wśród nich jest m izotopów ulegających tylko rozpadowi α, n – ulegających tylko rozpadowi β oraz p izotopów, które mogą rozpadać się na oba sposoby. Te liczby to

A. $m = 7, n = 4, p = 6$,
B. $m = 5, n = 7, p = 5$,
C. $m = 7, n = 4, p = 6$,
D. $m = 7, n = 4, p = 5$,
E. $m = 5, n = 4, p = 8$.

■ **25.** Do siłomierza zaczepiono mogący się obracać bez tarcia krążek, przez który przerzucono linkę. Na końcach linki zaczepiono dwa klocki o masach podanych na rysunku. Ile wynosi wskazanie F siłomierza podczas ruchu klocków, przy założeniu, że masa krążka i masa linki są pomijanie małe?

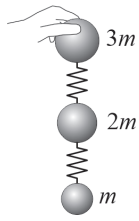


A. $F = mg$.
B. $mg < F < 3mg$.
C. $F = 3mg$.
D. $3mg < F < 5mg$.
E. $F = 5mg$.

■ **26.** Jeden kondensator ma pojemność 10 μF i dopuszczalne napięcie 6 V, a drugi odpowiednio 15 μF i 8 V. Kondensatory te połączono szeregowo. Jakie maksymalne napięcie można przyłożyć do tego układu kondensatorów?

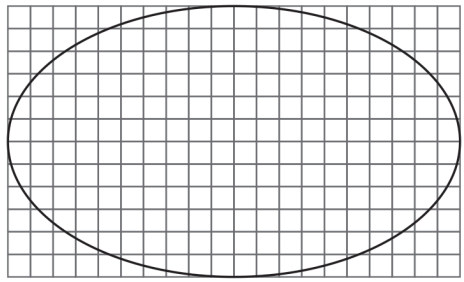
A. 6 V.
B. 8 V.
C. 10 V.
D. 14 V.
E. 20 V.

■ **27.** Trzy stalowe kule o podanych na rysunku masach są połączone nieważkimi sprężynami. Chwyciwszy za jedną z nich, pozwoliliśmy pozostałym zwisać swobodnie. Gdy teraz górną kulę puścimy, przyspieszenia górnej, środkowej i dolnej kuli w chwili puszczenia wyniosą odpowiednio (g oznacza przyspieszenie ziemskie).



A. g, g, g, **B.** $\frac{1}{3}g, \frac{1}{2}g, g$,
C. $\frac{9}{2}g, \frac{7}{3}g, g$, **D.** $2g, 0, 0$,
E. $6g, 3g, g$.

■ **28.** Rysunek pokazuje eliptyczną orbitę planety wokół gwiazdy. Ile wynosi stosunek wartość prędkości planety w peryhelium do wartości jej prędkości w aphelium?



A. 9. **B.** 1/9. **C.** 3/7.
D. 5/3. **E.** 7/3.

■ **29.** Prąd rzeki jest najszybszy pośrodku nurtu – ma tam prędkość 4 m/s, a ku brzegom równomiernie maleje do zera. Motorówka jest stale ustawiona prostopadle do brzegów, więc prąd znosi ją w dół rzeki. Prędkość motorówki względem wody ma wartość 1,6 m/s. Odległość, na jaką prąd rzeki znosi motorówkę, zanim przepłynie ona z jednego brzegu na drugi, wynosi 100 m. Ile wynosi szerokość rzeki?

A. 20 m. **B.** 40 m. **C.** 80 m.
D. 160 m. **E.** 320 m.

■ **30.** Robaczek siedzi nieruchomo na końcu wskazówki sekundowej. Ile wynosi okres obrotu wskazówki minutowej w układzie odniesienia robaczka?

A. 59 s, **B.** 1 min.
C. 61 s. **D.** 60/61 min.
E. 60/59 min.

Odpowiedzi

7 i 8 S. P.	
1	D
2	C
3	E
4	D
5	E
6	D
7	B
8	B
9	D
10	B
11	A
12	C
13	D
14	B
15	E
16	E
17	B
18	E
19	D
20	A
21	A
22	A
23	C
24	B
25	C
26	B
27	B
28	C
29	C
30	D

3 GIM.	
1	D
2	C
3	E
4	D
5	A
6	E
7	A
8	A
9	E
10	C
11	B
12	B
13	D
14	B
15	E
16	B
17	C
18	E
19	D
20	E
21	C
22	B
23	C
24	A
25	E
26	B
27	A
28	D
29	C
30	B

1 LIC.	
1	E
2	D
3	D
4	A
5	C
6	E
7	B
8	A
9	B
10	B
11	C
12	B
13	A
14	E
15	A
16	D
17	C
18	D
19	B
20	C
21	D
22	E
23	E
24	E
25	D
26	B
27	B
28	A
29	D
30	C

2 LIC.	
1	B
2	D
3	C
4	A
5	E
6	D
7	B
8	E
9	D
10	C
11	D
12	B
13	E
14	C
15	D
16	D
17	A
18	D
19	C
20	D
21	B
22	A
23	C
24	E
25	E
26	C
27	D
28	E
29	B
30	B

3 LIC.	
1	E
2	D
3	E
4	B
5	B
6	C
7	E
8	D
9	C
10	A
11	E
12	A
13	B
14	E
15	A
16	E
17	A
18	B
19	C
20	A
21	D
22	B
23	C
24	D
25	D
26	C
27	D
28	A
29	C
30	E

Klasy 7 i 8 szkoły podstawowej

■ **1.** Ponad połowa (szkoda, że nie więcej) uczestników konkursu na tym poziomie poprawnie odróżnia pojęcie wielkości fizycznej od jednostki. Przypomnijmy: wielkość fizyczna to właściwość fizyczna ciała lub zjawiska, którą można określić ilościowo, czyli zmierzyć. Prawidłowa jest **odpowiedź D**. Niektórzy nabrali się na „wagę", która formalnie rzecz traktując jest nazwą przyrządu do wyznaczania masy ciała (potocznie: ważenia), a nie synonimem ciężaru.

■ **2.** Do rozwiązania tego zadania przydał się kalkulator. Dzielimy milion przez 3600 (1 h = 60·60 s), wychodzi 278 godzin, czyli około 12 dni. **Odpowiedź C**. Spośród błędnych odpowiedzi najbardziej popularna była odpowiedź B (30 h), co prawdopodobnie było spowodowane błędem obliczeniowym.

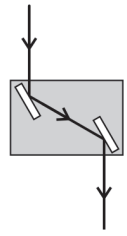
■ **3.** Skoro 1/5 objętości klocka wystaje ponad wodę, to znaczy, że 4/5 jego objętości jest zanurzone. Z równowagi ciężaru klocka i siły wyporu oraz prawa Archimedesa, otrzymujemy równanie

$$\rho_d g V = \rho_w g \frac{4}{5} V,$$

(ρ_d to gęstość drewna, ρ_w to gęstość wody, V – objętość klocka) z którego wynika, że $\rho_d = \frac{4}{5}\rho_w$, czyli prawidłowa jest **odpowiedź E**. Odpowiedzi uczestników rozłożyły się prawie po równo – czyżby odpowiadali na chybił trafił?

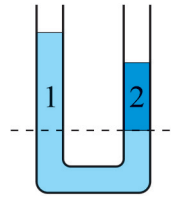
■ **4.** Praktyczne wykorzystanie praw fizyki w domu! Woda znajdująca się w kolanku stanowi korek, który nie przepuszcza do zlewu czy umywalki gazów wydobywających się z kanalizacji. **Odpowiedź D**.

■ **5.** **Odpowiedź E**. Przykładowy bieg promieni światła przedstawiono na rysunku obok. Lusterka muszą być ustawione równolegle względem siebie, ale niekoniecznie pod kątem 45° do promieni światła.



■ **6.** Zadanie okazało się trudne, prawie połowa uczestników błędnie uznała, że świecą wszystkie żarówki. Aby w miarę szybko przekonać się, że tak nie jest, wystarczy zauważyć, że bateryjka po lewej stronie wymusza przepływ prądu przez żarówkę 2 w kierunku w dół rysunku, a jednocześnie bateria po prawej stronie wymusza przepływ prądu przez tę samą żarówkę w przeciwnym kierunku. Prądy te „kasują" się więc i żarówka 2 nie świeci. Skoro tak, to jej wypięcie nie zmieni przepływu prądu w obwodzie. Otrzymujemy wtedy prosty, jedno-oczkowy obwód złożony z dwóch bateryjek połączonych szeregowo zgodnie, więc napięcia baterii się dodają, prąd w tym obwodzie płynie, zatem żarówki 1 i 3 świecą. **Odpowiedź D**.

■ **7.** Zgodnie z prawem naczyń połączonych ciśnienia w obu rurkach na poziomie styku wody i oleju (przerywana linia na rysunku obok) są równe.



Ciśnienia hydrostatyczne dwóch słupów cieczy panujące na tym poziomie muszą być równe, a zatem w lewej rurce znajduje się ciecz o mniejszej gęstości, czyli olej. **Odpowiedź B**.

■ **8.** Siły F_2 i F_4 równoważą się, bo mają ten sam kierunek, taką samą wartość i przeciwne zwroty. Siły F_1 i F_3 mają ten sam kierunek, ale przeciwne zwroty, więc ich wypadkowa ma wartość równą różnicy wartości sił. **Odpowiedź B**.

■ **9.** **Odpowiedź D**.

$$[P] = \mathrm{W} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}} = \frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = \frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = \frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^3}.$$

■ **10.** Wcześnie rano Słońce znajduje się po wschodniej stronie nieboskłonu. Tęcza powstaje w wyniku rozszczepienia światła wchodzącego do kropelek wody znajdujących się przed obserwatorem oraz odbiciu tego światła wewnątrz kropelek. **Odpowiedź B**.

■ **11.** Po zanurzeniu w każdej cieczy ciało nie pływało, więc jego gęstość jest większa od gęstości obu cieczy. Siła wyporu działająca na ciało zanurzone w drugiej cieczy miała większą wartość niż siła wyporu w pierwszej cieczy, zatem mając na uwadze wzór na ciśnienie hydrostatyczne, wnioskujemy, że $d_2 > d_1$. **Odpowiedź A**.

■ **12.** Ciśnienie hydrostatyczne na głębokości h w cieczy o gęstości ρ jest równe $p = \rho gh + p_0$, gdzie p_0 to ciśnienie atmosferyczne. **Odpowiedź C**.

■ **13.** Promieniowanie cieplne i przewodnictwo cieplne polega na transporcie energii, materia nie jest transportowana w tych procesach. **Odpowiedź D**.

■ **14.** Zdecydowana większość uczestników konkursu zaznaczyła błędną odpowiedź C. Średnia wartość prędkości nie zawsze jest równa średniej arytmetycznej wartości prędkości na poszczególnych etapach ruchu. Jest tak tylko wtedy, gdy oba etapy ruchu trwają tyle samo (równe czasy etapów, a nie przebyte drogi). Ogólnie: średnia wartość prędkości (inaczej: średnia szybkość) jest równa ilorazowi drogi do czasu trwania ruchu. Wyprowadzenie ogólnego wzoru na średnią wartość prędkości w rozważanym ruchu jest dość długie, więc aby uprościć sobie rozwiązanie zadania założymy że, znamy przebytą drogę (nie będzie to ogólne rozwiązanie, ale otrzymamy poprawny wynik). Przyjmijmy więc, że rowerzysta przejechał trasę o długości 40 km. Pierwszą połowę drogi (20 km) z podaną w zadaniu prędkością przebył w 2 h, a drugą w 1 h. Cały ruch trwał więc 3 h, a średnia wartość prędkości wynosi 40 km/3 h ≈ 13,3 km/h. **Odpowiedź B**.

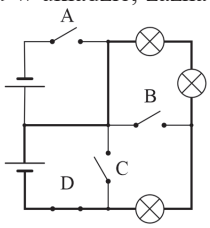
■ **15.** Wysokość, na którą wzniesie się ciało, można obliczyć korzystając z zasady zachowania energii. W rozważanym przypadku otrzymujemy równanie: $Mhg = \frac{1}{2}Mv^2$, gdzie M to masa ciała. Rozwiązanie $h = \frac{v^2}{2g}$ nie zależy ani od M, ani od długości nici. **Odpowiedź E**.

■ **16.** Zdecydowana większość uczestników zaznaczyła prawidłową **odpowiedź E**. Zazębiające się koła obracają się w przeciwne strony, a więc koła o numerach nieparzystych (np. 2019) obracają się w tę samą stronę. Koła te mają jednakowe liczby zębów na obwodzie, więc obracają się tak samo szybko.

■ **17.** Prąd przepływający przez opornik 1 ma największe natężenie, rozdziela się na prądy płynące przez pozostałe oporniki. Przez oporniki 2 i 3 płynie prąd o tym samym natężeniu, gdyż oporniki te są połączone szeregowo. Szeregowy układ oporników 2 i 3 jest połączony równolegle z opornikiem 4, a więc łączne napięcie na opornikach 2 i 3 jest takie samo, jak napięcie na oporniku 4. Opór zastępczy połączonych szeregowo oporników 2 i 3 jest większy od oporu opornika 4, więc natężenie prądu płynie przez 2 i 3 jest mniejsze od natężenia prądu płynącego przez opornik 4. **Odpowiedź B**.

■ **18.** Prawidłową **odpowiedź E** zaznaczyło mniej niż połowa uczestników konkursu. Zdanie 1 jest fałszywe – siła wyporu działająca na ciało całkowicie zanurzone w cieczy o gęstości większej niż gęstość ciała, będzie miała większą wartość od wartości siły ciężkości działającej na to ciało. Zdanie 2 jest oczywiście fałszywe. Zdanie 3 również – wartość siły wyporu zależy od objętości zanurzonej części ciała, jest niezerowa, jeśli chociaż część ciała znajduje się w cieczy. Zdanie 4 było trochę podchwytliwe – siła wyporu działa nawet w gazach, choć w tym przypadku – ze względu na małą gęstość gazu – siła wyporu ma małą wartość, ale działa!

■ **19.** **Odpowiedź D**. Przewody, którymi płynie prądu w układzie, zaznaczono pogubioną linią.



■ **20.** Warto śledzić najnowsze odkrycia w dziedzinie fizyki. W tym przypadku chodziło o fale grawitacyjne, których istnienie przewidział już 100 lat temu Albert Einstein, a zaobserwowano je po raz pierwszy dopiero w 2015 roku. **Odpowiedź A**.

■ **21.** Zgodnie z prawem Ohma: im większe napięcie, tym większe natężenie płynącego prądu, a im większy opór, tym natężenie mniejsze. Spośród przestawionych na wykresie punktów, punkt A odpowiada największemu napięciu i równocześnie najmniejszemu oporowi. **Odpowiedź A**. Oczywiście rozwiązanie tego zadania można sobie uprościć obliczając natężenie prądu dla każdego z punktów ze wzoru $I=U/R$, przyjmując za jednostkę jedną kratkę. I tak, na przykład, dla punktu A iloraz U/R wynosi 4, a dla punktu B jest równy 4/3.

■ **22.** Ponad połowa uczestników zaznaczyła błędną odpowiedź B. Prawidłowa jest **odpowiedź A**. W miarę szybki sposób rozwiązania tego zadania polega na zapisaniu dwóch równań:

$$\frac{1}{2}m_{\mathrm{L}}v_{\mathrm{L}}^2=\frac{1}{2}m_{\mathrm{K}}v_{\mathrm{K}}^2$$

$$m_{\mathrm{L}}v_{\mathrm{L}}=\frac{1}{2}m_{\mathrm{K}}v_{\mathrm{K}}$$

(gdzie m_{L} i m_{K} to odpowiednio: masa lwiątka i masa kangura, a v_{L} i v_{K} to odpowiednio: wartość prędkości lwiątka i wartość prędkości kangura) i podzieleniu stronami równania pierwszego przez drugie, w wyniku czego otrzymujemy

$$\frac{1}{2}v_{\mathrm{L}}=v_{\mathrm{K}}.$$

A zatem

$$v_{\mathrm{L}}=2v_{\mathrm{K}}.$$

Osobom nie obeznanym z układami równań pozostaje metoda prób i błędów. Próbując odpowiedź A (lwiątko biegnie dwa razy szybciej niż kangur) i uwzględniając informację, że lwiątko ma dwa razy mniejszy pęd, otrzymamy wniosek, że masa lwiątka jest 4 razy mniejsza od masy kangura. Następnie uwzględniając wzór na energię kinetyczną otrzymamy równość energii kinetycznych obu biegaczy. Dużym ułatwieniem było więc to, że prawidłowa była już pierwsza odpowiedź.

■ **23.** Korzystając ze wzoru na objętość walca obliczamy objętość wody, która wypływa z kranu w ciągu 1 s:

$V=\pi r^2 l\approx 3{,}14\cdot(0{,}5\ \mathrm{cm})^2\cdot 80\ \mathrm{cm}\approx 63\ \mathrm{cm}^3$.

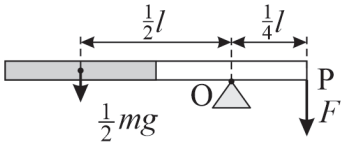
Objętość akwarium wynosi 20 000 cm^3, więc napełnianie akwarium potrwa około $20000:63\approx 317$ minut, czyli **odpowiedź C**. Kto nie zna wzoru na objętość walca, mógł przeprowadzić obliczenia przyjmując, że otwór w kranie ma kształt kwadratu, obliczyć objętość prostopadłościanu o podstawie kwadratowej (dwie krawędzie równe średnicy kranu), a następnie obliczyć czas napełniania akwarium: 250 s ≈ 4,2 minuty. Obliczona w ten sposób objętość jest zawyżona, więc uzyskany czas jest zaniżony.

■ **24.** Ciśnienie hydrostatyczne p jest wprost proporcjonalne do wysokości h cieczy w naczyniu, $p = dgh$, gdzie d to gęstość cieczy, g to wartość przyspieszenia ziemskiego. Górna część naczynia jest węższa od dolnej (ma mniejszy przekrój), więc w górnej części naczynia poziom cieczy szybciej się obniża, przez co ciśnienie szybciej spada. **Odpowiedź B**.

■ **25.** Korzystamy ze wzorów na opór zastępczy układu oporników i po kolei upraszczamy układ. Zaczynamy od połączonych szeregowo dwóch odcinków przewodów przy górnym wierzchołku – opór zastępczy wynosi $2R$. Jest on połączony równolegle z poziomą „poprzeczką” o oporze $2R$, zatem opór zastępczy tej części jest równy R. Ta część jest z kolei połączona szeregowo z dwoma ukośnymi odcinkami o oporze

R każdy, więc opór zastępczy wynosi $3R$. A ten z kolei jest połączony równolegle z podstawą o oporze $3R$, więc opór zastępczy pomiędzy punktami A i B wynosi 1,5 R. **Odpowiedź C**.

■ **26.** Zadanie okazało się bardzo trudne – prawidłową **odpowiedź B** zaznaczyło tylko kilka procent uczestników konkursu. Ciężar części linijki po prawej stronie punktu podparcia równoważy się z ciężarem części położonej symetrycznie po lewej stronie punktu podparcia. Pozostaje więc rozważyć lewą połowę linijki (o długości $l/2$).



Środek masy tej części linijki znajduje się w odległości $l/2$ od punktu podparcia. Zgodnie z zasadą równowagi dźwigni dwustronnej, skoro punkt P znajduje się dwa razy bliżej od osi obrotu niż punkt przyłożenia siły $mg/2$, to siła F musi mieć dwa razy większa wartość, czyli mg.

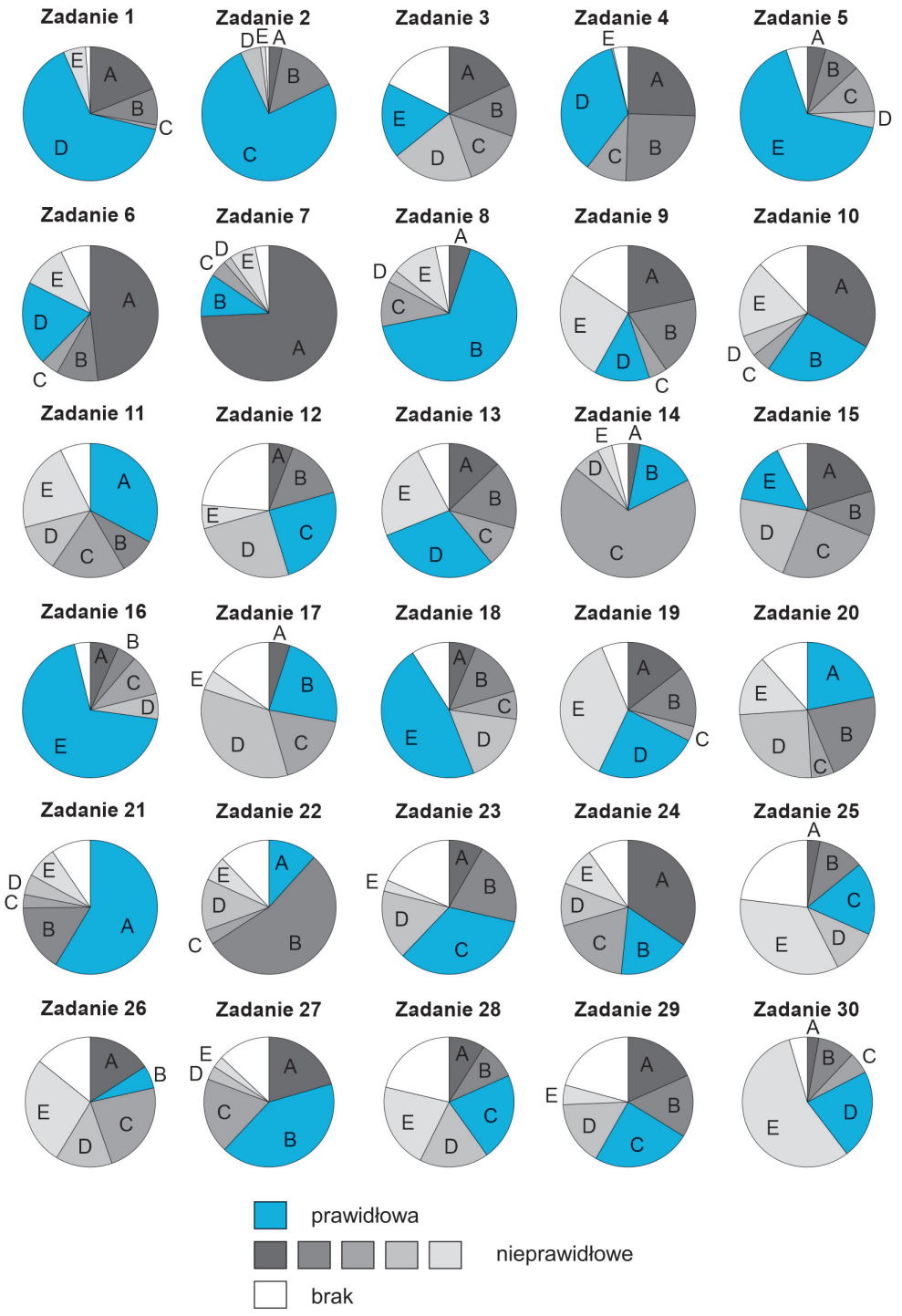
■ **27.** Najprościej będzie rozważyć, co dzieje się z linką w ciągu 1 s. Długość odcinka linki zwisającego po lewej stronie zwiększa się w tym czasie o 10 cm, a długość części linki, na której wisi krążek, zmniejsza się w tym czasie o 16 cm (2 razy 8 cm, bo dwa odcinki). Długość całej linki nie zmienia się, bo linka jest nierozciągliwa, więc odcinek po prawej stronie wydłuża się o 6 cm. Dzieje się to w ciągu 1 s, więc prawidłowa jest **odpowiedź B**.

■ **28.** Dla wszystkich narysowanych przedmiotów powstanie obraz rzeczywisty, odwrócony. Jednak w przypadku przedmiotów 1 i 2 obraz będzie powiększony, bo znajdują się w odległości od soczewki większej niż $2f$ (f to ogniskowa soczewki). **Odpowiedź C**.

■ **29.** Skoro lwiątko w ostatniej sekundzie ruchu przebyło 9/25 całej drogi, to wcześniej przebyło 16/25 całej drogi. Droga przebyta w ruchu jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej jest wprost proporcjonalna do kwadratu czasu, $s = at^2/2$, a $16/25 = (4/5)^2$, więc iloraz czasu ruchu bez ostatniej sekundy i całego czasu ruchu jest równy 4/5. **Odpowiedź C**.

■ **30.** Tradycyjnie ostatnie zadanie okazało się bardzo podchwytliwe. Ponad połowa lwiątkowiczów zaznaczyła błędną odpowiedź E. Względem tarczy zegara wskazówka minutowa w ciągu 24 godzin obróci się 24 razy, ale w tym czasie wskazówka godzinowa, na której siedzi robaczek, obróci się w tę samą stronę 2 razy. Te dwa obroty „odejmą" się od 24, więc prawidłowa jest **odpowiedź D**.
Zadanie to jest równoważne innemu znanemu problemowi: ile razy w ciągu doby spotkają się wskazówki godzinowa i minutowa zegara? Odpowiedź brzmi: 22. Podobny temat było już przedmiotem zadań lwiątkowych, np. zadanie z walcem toczącym się po walcu, a artykuł na ten temat można znaleźć w czasopiśmie „Neutrino" nr 43, zima 2018.

Klasy 7 i 8 szkoły podstawowej



Klasy 3 gimnazjum

■ **1.** Mniej niż połowa uczestników konkursu na tym poziomie poprawnie odróżnia pojęcie wielkości fizycznej od jednostki. Przypomnijmy: wielkość fizyczna to właściwość fizyczna ciała lub zjawiska, którą można określić ilościowo, czyli zmierzyć. Prawidłowa jest **odpowiedź D**. Niektórzy nabrali się na „wagę", która formalnie rzecz traktując jest nazwą przyrządu do wyznaczania masy ciała (potocznie: ważenia), a nie synonimem ciężaru.

■ **2.** Do rozwiązania tego zadania przydał się kalkulator. Dzielimy miliard przez 3600 (1 h = 60·60 s), wychodzi 278 000 godzin. Dalej dzielimy przez 24 i przez 365, otrzymujemy około 32 lata. **Odpowiedź C**.

■ **3.** Promieniowanie cieplne i przewodnictwo cieplne polegają na transporcie energii, materia nie jest transportowana w tych procesach. **Odpowiedź E**.

■ **4.** Mars zawsze znajduje się dalej od Słońca niż Ziemia, dlatego widoczna z Ziemi tarcza Marsa jest cała lub prawie cała oświetlona. **Odpowiedź D**. Wiele osób nabrało się na „ciemną stronę Księżyca" często mylnie rozumianą jako niewidoczną z Ziemi stronę Księżyca. tutaj chodziło jednak o nieoświetloną bezpośrednio przez Słońce stronę Księżyca. Ta część tarczy Księżyca bywa jednak (choć słabo) widoczna, gdyż może być oświetlona światłem rozproszonym na ziemskiej atmosferze.

■ **5.** Warto śledzić najnowsze odkrycia w dziedzinie fizyki. W tym przypadku chodziło o fale grawitacyjne, których istnienie przewidział już 100 lat temu Albert Einstein, a zaobserwowano je po raz pierwszy dopiero w 2015 roku. **Odpowiedź A**.

■ **6.** Siły F_1 i F_3 mają ten sam kierunek, ale przeciwne zwroty, więc ich wypadkowa jest zwrócona w prawo i ma wartość równą różnicy wartości sił, czyli 2 N. Analogicznie siły F_1 i F_3 – ich wypadkowa jest zwrócona w dół i ma wartość 1 N. Wartość siły wypadkowej wszystkich sił można obliczyć korzystając z twierdzenia Pitagorasa, wynosi $\sqrt{2^2+1^2}\,\mathrm{N} = \sqrt{5}\,\mathrm{N}$. **Odpowiedź E**.

■ **7.** Zadanie okazało się łatwe, prawie połowa uczestników zaznaczyła prawidłową **odpowiedź A**. Aby w miarę szybko przekonać się, że tak jest, wystarczy zauważyć, że bateryjka po lewej stronie wymusza przepływ prądu przez żarówkę 2 w kierunku w dół rysunku, a jednocześnie bateria po prawej stronie wymusza przepływ prądu przez tę samą żarówkę w tym samym kierunku. Prądy te „dodają" się i żarówka 2 świeci.

■ **8.** Przed zachodem Słońce znajduje się po zachodniej stronie nieboskłonu. Tęcza powstaje w wyniku rozszczepienia światła wchodzącego do kropelek wody znajdujących się przed obserwatorem oraz odbiciu tego światła wewnątrz kropelek. **Odpowiedź A**.

■ **9.** Na każde z rozważanych ciał działają siły: ciężkości, wyporu i rekcji dna naczynia. Ciała spoczywają, więc zgodnie z I zasadą dynamiki działające na nie siły równoważą się. Z kolei z prawa Archimedesa wynika, że, im większa objętość zanurzonego ciała, tym większa wartość siły wyporu działającej na to ciało. Najmniejszą wartość spośród sił wyporu ma siła działająca na ciało 1, gdyż ma ono najmniejszą objętość. A zatem na to ciało działa największa siła reakcji dna naczynia. Analogicznie – na ciało 3 o największej objętości działa najmniejsza siła reakcji podłoża. **Odpowiedź E**.

■ **10.** Zazębiające się koła obracają się w przeciwne strony, a więc koła o numerach nieparzystych (np. 2019) obracają się w tę samą stronę. Liczba 2019 jest podzielna przez 3, więc koło o tym numerze jest takie samo, jak koło numer 3 i ma więcej zębów niż koło numer 1, dlatego obraca się wolniej od niego. **Odpowiedź C**.

■ **11.** Ze wzoru na moc oraz z prawa Ohma można wyprowadzić zależność mocy wydzielanej na oporniku od napięcia na nim:

$$P = U \cdot I = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R},$$

a stąd otrzymujemy

$$U^2 = P \cdot R.$$

Największe napięcie odpowiada więc największej wartości iloczynu mocy i oporu. Należy zatem dla każdego punktu obliczyć ten iloczyn przyjmując za jednostkę jedną kratkę wykresu. Na przykład dla punktu A iloczyn $P{\cdot}R$ jest równy 4, a dla punktu B aż 9. **Odpowiedź B**.

■ **12.** Kulki są jednakowe, więc po zetknięciu dwóch kulek i ich rozsunięciu sumaryczny ładunek elektryczny zgromadzony na kulkach rozdziela się na kulki po połowie. A zatem po zetknięciu i rozdzieleniu kulek 1 i 2 każda z nich będzie posiadała ładunek elektryczny –1 mC. Po zetknięciu kulki 1 z kulką 3, na kulce 1 zostanie ładunek 1 mC. **Odpowiedź B**.

■ **13.** Zadanie z haczykiem (jak większość w „Lwiątku"). Prawie połowa uczestników nabrała się na odpowiedź B, odpowiadającą największej wartości przyspieszenia. Tymczasem, po tej chwili przyspieszenie nadal jest niezerowe, więc pojazd nadal przyspiesza, **odpowiedź D**.

■ **14.** Ponad połowa uczestników zaznaczyła prawidłową **odpowiedź B**, a prawie co czwarty uczestnik błędną odpowiedź C równą średniej arytmetycznej podanych w treści zadania wartości prędkości rowerzysty na poszczególnych etapach ruchu. Średnia wartość prędkości nie zawsze jest równa średniej arytmetycznej tych wartości prędkości. Jest tak tylko wtedy, gdy wszystkie etapy ruchu trwają tyle samo (równe czasy trwania etapów, a nie przebyte drogi). Ogólnie: średnia wartość prędkości (inaczej: średnia szybkość) jest równa ilorazowi drogi do czasu trwania ruchu. Wyprowadzenie ogólnego wzoru na średnią wartość prędkości w rozważanym ruchu jest dość długie, więc aby uprościć sobie rozwiązanie zadania założymy że, znamy przebytą drogę (nie będzie to ogólne rozwiązanie, ale otrzymamy poprawny wynik). Przyjmijmy, że rowerzysta przejechał 240 km (dużo, ale obliczenia będą proste). Pierwszą połowę drogi (120 km) z podaną w zadaniu prędkością przebył w 12 h, trzecią ćwiartkę (60 km) w 3 h, a pozostałą część (również 60 km) w 4 h. Cały ruch trwał więc 19 h, a średnia wartość prędkości wynosi 240 km/19 h ≈ 13 km/h. **Odpowiedź B**.

■ **15.** Zadanie okazało się trudne, tylko 14% prawidłowych odpowiedzi. Uczestnicy najczęściej wskazywali ciała o najmniejszej masie, prawdopodobnie sugerując się tym, że lekkie ciało łatwiej podnieść.
Wysokość, na którą wzniesie się ciało, można obliczyć korzystając z zasady zachowania energii. W rozważanym przypadku otrzymujemy równanie: $Mhg = \frac{1}{2} M v^2$,
gdzie M to masa ciała. Rozwiązanie $h = \frac{v^2}{2g}$
nie zależy ani od M, ani od długości nici.
Odpowiedź E.

■ **16.** Rezystory 2 i 4 są połączone szeregowo, zatem płynie przez nie prąd o tym samym natężeniu. Rezystory mają taki sam opór, więc i napięcia na nich są równe, $U_2{=}U_4$. Rezystor 3 jest połączony równolegle do układu oporników 2 i 4, więc napięcie na rezystorze 3 jest równe $U_3{=}U_2{+}U_4{=}2U_2$. Natężenie prądu płynącego przez opornik 1 jest większe od natężenia prądu płynącego przez rezystor 3, więc $U_1 > U_3$. **Odpowiedź B**.

■ **17.** Spora część uczestników zaznaczyła błędną odpowiedź E. Prawidłowa jest **odpowiedź C**. W miarę szybki sposób rozwiązania tego zadania polega na zapisaniu układu równań:

$$\frac{1}{2} m_\mathrm{L} v_\mathrm{L}^2 = 2 \cdot \frac{1}{2} m_\mathrm{K} v_\mathrm{K}^2$$

$$m_\mathrm{L} v_\mathrm{L} = \frac{1}{2} m_\mathrm{K} v_\mathrm{K}$$

(gdzie m_L i m_K to odpowiednio: masa lwiątka i masa kangura, a v_L i v_K to odpowiednio: wartość prędkości lwiątka i wartość pręd-

kości kangura) i podzieleniu stronami równania pierwszego przez drugie, w wyniku czego otrzymujemy

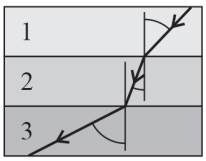
$$\frac{1}{2}v_{\mathrm{L}} = 2v_{\mathrm{K}}.$$

A zatem

$$v_{\mathrm{L}} = 4v_{\mathrm{K}}.$$

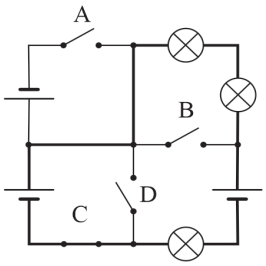
Osobom nie obeznanym z układami równań pozostaje metoda prób i błędów. Próbując odpowiedź C (lwiątko biegnie cztery razy szybciej niż kangur) i uwzględniając informację, że lwiątko ma dwa razy mniejszy pęd, otrzymamy wniosek, że masa lwiątka jest 8 razy mniejsza od masy kangura. Następnie uwzględniając wzór na energię kinetyczną otrzymamy równość energii kinetycznych obu biegaczy.

■ **18.** Im większa wartość prędkości światła w ośrodku (czyli im mniejsza wartość współczynnika załamania światła), tym większy kąt tworzy promień załamany (lub padający) z prostą prostopadłą do granicy ośrodków.

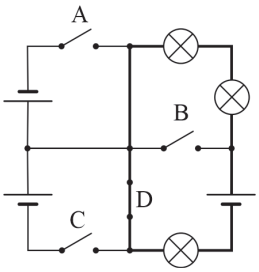


Największy kąt z normalną tworzy promień światła w materiale 3, mniejszy w materiale 1, a najmniejszy w materiale 2. **Odpowiedź E**. Najbardziej popularna była błędna odpowiedź D, szeregująca współczynniki załamania światła materiałów w odwrotnej kolejności.

■ **19.** Zamknięcie włącznika A spowoduje zwarcie bateryjki znajdującej się po lewej stronie u góry układu.
Zamknięcie włącznika B nie zamknie żadnego obwodu zawierającego bateryjkę.
Z kolei zamknięcie włącznika C zamknie obwód zaznaczony na poniższym schemacie pogrubiona linią. Jednak dwie bateryjki w tym obwodzie są połączone szeregowo przeciwnie, więc ich napięcia znoszą się, prąd w obwodzie nie płynie.



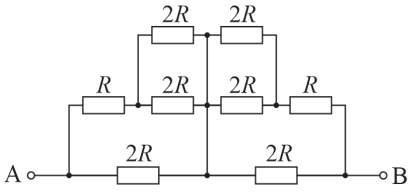
Zamknięcie włącznika D zamknie inny obwód:



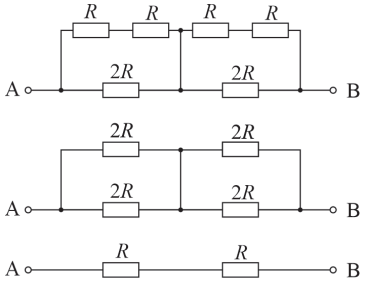
W tym obwodzie popłynie prąd i żaróweczki zaświecą się. Jest to jedyna możliwość. **Odpowiedź D**.

■ **20.** Rozważmy najpierw sytuację, gdy górną kulę trzymamy. Wtedy na dolną kulę działa siła jej ciężkości o wartości $2mg$ oraz równoważąca ją siła sprężystości pochodząca od sprężyny. Skoro dolna kula nie porusza się, to zgodnie z I zasadą dynamiki siły działające na tę kulę równoważą się, a zatem siła sprężystości również ma wartość $2mg$.
Na górną kulę działają: siła ciężkości o wartości mg, siła pochodząca od sprężyny – o wartości $2mg$, oraz siła, którą ręka trzyma kulę, o wartości $3mg$ (to wynika z I zasady dynamiki).
Kule nie poruszają się, więc bezpośrednio po puszczeniu górnej kuli, długość sprężyny nie zmieni się, więc i siła sprężystości nie zmieni wartości. Oznacza to, że siły działające na dolną kulę nadal będą się równoważyć (przyspieszenie dolnej kuli będzie równe zero). Wypadkowa siła działająca na górną kulę będzie miała wartość $3mg$. więc początkowo kula ta będzie poruszała się z przyspieszeniem o wartości $3g$. **Odpowiedź E**.

■ **21.** Skorzystamy ze wzorów na opór zastępczy układu oporników i po kolei będziemy upraszczać układ. Jednak najpierw trzeba trochę zmodyfikować układ, bo mamy do czynienia z połączeniem, które nie jest ani szeregowe, ani równoległe. Zauważmy, że układ ma symetrię prawo–lewo, więc jeśli układ podłączyć do źródła napięcia, to napięcie elektryczne pomiędzy górnym wierzchołkiem układu a środkiem podstawy wynosi zero. Złączenie (zwarcie) tych punktów nie zmieni rozpływu prądu w obwodzie, a więc nie zmieni również oporu zastępczego pomiędzy punktami A i B. Po tej procedurze schemat układu przedstawia się następująco:

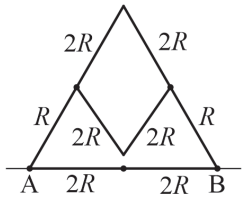


Kolejno przekształcamy układ, za każdym razem korzystając ze wzorów na opór zastępczy oporników połączonych równolegle lub szeregowo.

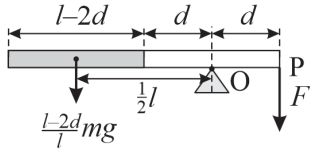


Opór zastępczy pomiędzy punktami A i B wynosi $2R$. **Odpowiedź C**.

Druga metoda rozwiązania zadania polegała na rozłączeniu przewodów tak, jak na poniższym rysunku (co nie zmienia to oporu zastępczego układu) i sukcesywnym upraszczaniu układu.



■ **22.** Zadanie okazało się bardzo trudne – prawidłową **odpowiedź B** zaznaczyło tylko kilkanaście procent uczestników konkursu. Ciężar części linijki po prawej stronie punktu podparcia równoważy się z ciężarem części położonej symetrycznie po lewej stronie punktu podparcia. Pozostaje więc rozważyć część linijki o długości $l–2d$ mierząc od lewej krawędzi linijki.



Środek masy tej części linijki znajduje się w odległości $l/2$ od punktu podparcia (obliczonej jako średnia z odległości końców tej części linijki od punktu podparcia). Masę tej części linijki można obliczyć z proporcji:

masa : długość = $m : l$,

skąd obliczamy wartość siły ciężkości rozważanej części linijki.

Korzystając z zasady równowagi dźwigni dwustronnej, $F_1 r_1 = F_2 r_2$, otrzymujemy równanie na szukaną wartość siły F:

$$F \cdot d = \frac{l-2d}{l} mg \cdot \frac{1}{2} l,$$

a stąd otrzymujemy wynik:

$$F = \frac{l-2d}{2d} mg.$$

Odpowiedź B.

■ **23.** Ilość energii cieplnej dostarczona przez dwie porcje wody jest dwa razy większa niż dostarczona przez jedna porcję, ale „rozkłada się" na większą masę wody. **Odpowiedź C**.

■ **24.** Najprościej jest rozważyć, co dzieje się z linką w ciągu 1 s. Długość odcinka linki zwisającego po lewej stronie zwiększa się w tym czasie o 20 cm, a długość części linki, na której wisi krążek, zmniejsza się o 16 cm (2 razy 8 cm, bo dwa odcinki). Długość całej linki nie zmienia się, bo linka jest nierozciągliwa, więc odcinek po prawej stronie skraca się o 4 cm. Dzieje się to w ciągu 1 s, więc prawidłowa jest o**dpowiedź A**.

■ **25.** Obraz o podanych cechach powstaje wtedy, gdy odległość przedmiotu od soczewki jest większa niż podwojona ogniskowa soczewki. **Odpowiedź E**.

■ **26.** Ponad połowa lwiątkowiczów zaznaczyła prawidłową **odpowiedź B**. Rozważmy dwa punkty na brzegu głowy lwiątka: wierzchołek kwadratu i środek boku. Wierzchołek kwadratu znajduje się $\sqrt{2}$ razy dalej od środka kwadratu niż środek boku. Aby zobaczyć wierzchołek kwadratu należy patrzeć na zwierciadło (przyjmijmy dla uproszczenia, że ze środka kwadratu) pod większym kątem (mierzonym od osi zwierciadła) niż aby zobaczyć środek boku, ale z uwagi na zakrzywienie zwierciadła sferycznego, iloraz tych kątów jest mniejszy niż iloraz odległości.

■ **27.** Po zamknięciu obwodu elektrycznego popłynie w nim prąd (w stronę od plusa do minusa baterii). Prąd ten wytworzy pole magnetyczne, którego biegun północny będzie się znajdował nad zwojnicą (reguła prawej dłoni), co z kolei spowoduje odepchnięcie magnesu (bieguny jednoimienne odpychają się). **Odpowiedź A**.

■ **28.** Należało wykonać rachunek jednostek i wybrać tę odpowiedź, która w wyniku daje jednostkę długości, czyli metr. **Odpowiedź D**.

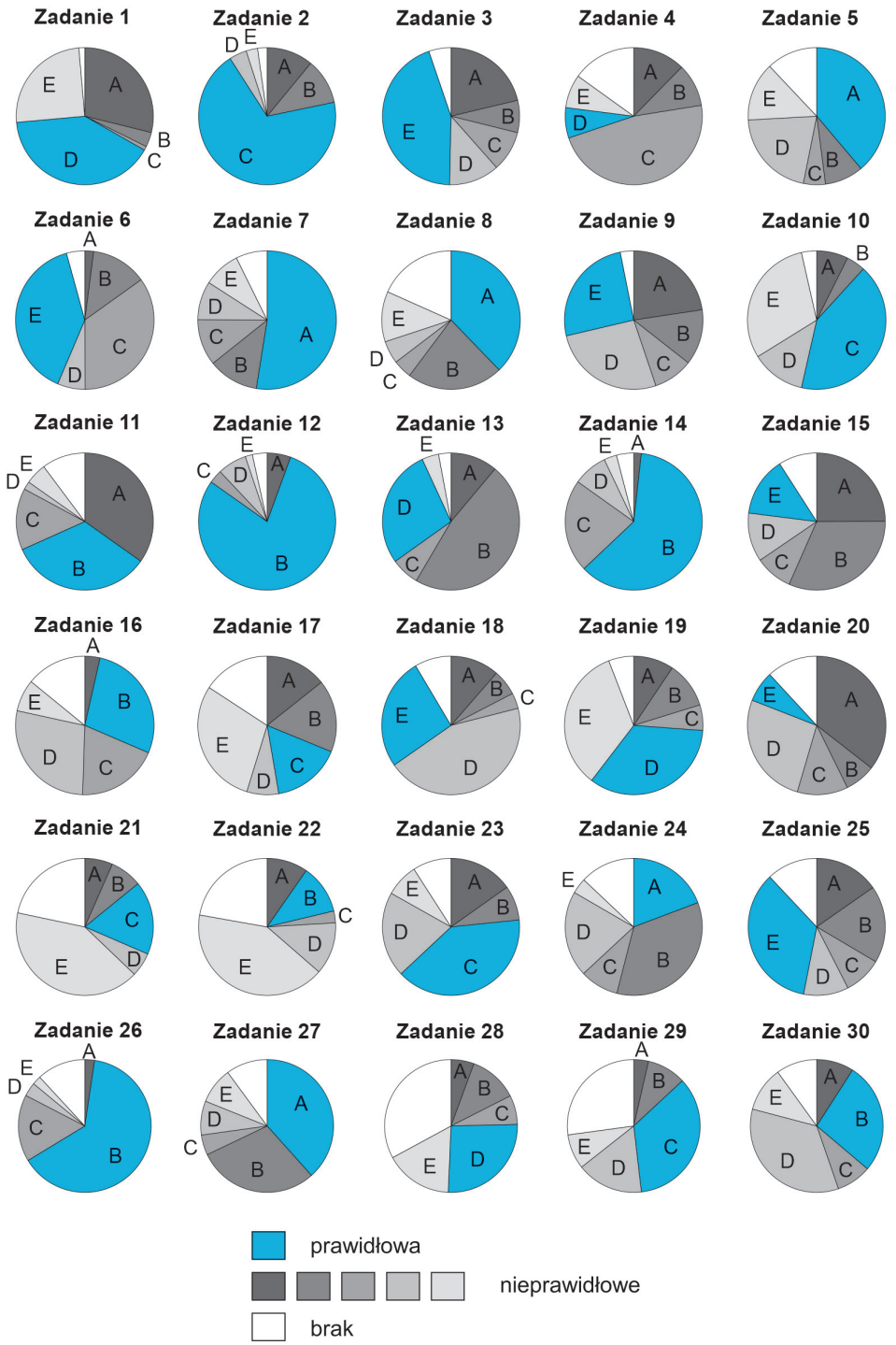
$$\left[\frac{2Gm}{c^2}\right]=\frac{\frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}^2}{\mathrm{kg}^2}\cdot\mathrm{kg}}{\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2}=\frac{\frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}^2}{\mathrm{kg}}}{\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}}=\frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{s}^2}{\mathrm{kg}}=$$

$$=\frac{\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot\mathrm{s}^2}{\mathrm{kg}}=\mathrm{m}=[r]$$

■ **29.** Wyobraźmy sobie ruch lwiątka „puszczony od tyłu”: lwiątko porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej, a w pierwszej sekundzie ruchu przebywa 4% czyli 4/100 = 1/25 całej drogi. Droga przebyta w ruchu jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej jest wprost proporcjonalna do kwadratu czasu, $s = at^2/2$, a $1/25 = (1/5)^2$, więc iloraz pierwszej sekundy i całego czasu ruchu jest równy 1/5. **Odpowiedź C**.

■ **30.** Zadanie okazało się trudne – tylko co czwarty lwiątkowicz udzielił prawidłowej odpowiedzi. Najbardziej popularna odpowiedź to „elipsa”. Ważną informacją podaną w treści zadania było to, że robaczek na końcu wskazówki „siedzi nieruchomo”, czyli w układzie odniesienia robaczka nie porusza się ani wskazówka godzinowa, ani środek zegara. Koniec wskazówki minutowej porusza się względem środka zegara po okręgu o promieniu R. Taki sam kształt ma tor ruchu końca tej wskazówki w układzie odniesienia robaczka. Różnica polega na tym, że okrąg ten jest przesunięty w którąś stronę (robaczek nie jest w środku tego okręgu). **Odpowiedź B**.

Klasy 3 gimnazjum



Klasy I liceum i technikum

■ **1.** Szacuje się, że wiek Wszechświata wynosi około 14 mld lat = $14 \cdot 10^9$ lat = $=14 \cdot 10^9 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600$ s $\approx 4{,}4 \cdot 10^{17}$ s, czyli najbliższa jest **odpowiedź E**.

■ **2.** Z treści zadania wnioskujemy, że okres drgań wahadła wynosi 2 s. Wzór na okres drgań wahadła matematycznego o długości l

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

przekształcamy do postaci

$$l = \frac{gT^2}{4\pi^2},$$

skąd obliczamy długość wahadła. **Odpowiedź D**.

■ **3.** Warto śledzić wiadomości o fizyce i fizykach. **Odpowiedź D**.

■ **4.** Skoro narciarz zjeżdża ze stałą prędkością, to zgodnie z I zasadą dynamiki, wypadkowa siła działająca na niego wynosi zero. **Odpowiedź A**. Sporo osób uznało, że zjazd z nachylonego stoku ze stałą prędkością nie jest możliwy, a jest, o ile nachylenie stoku nie jest zbyt duże.

■ **5. Odpowiedź C**. Są to tak zwane loty paraboliczne – najpierw samolot wznosi się na odpowiednio dużą wysokość, a następnie leci tak, jak ciało rzucone swobodnie przy braku oporu powietrza. Torem ruchu takiego ciała jest właśnie parabola. Przy odpowiednim sterowaniu lotem samolotu można przez pewien czas (krócej niż 1 minuta) uzyskać stan nieważkości.

■ **6.** Jowisz zawsze znajduje się dalej od Słońca niż Ziemia, dlatego widoczna z Ziemi tarcza Jowisza jest cała lub prawie cała oświetlona. **Odpowiedź E**.
Wiele osób nabrało się na „ciemną stronę Księżyca" często mylnie rozumianą jako niewidoczną z Ziemi stronę Księżyca. tutaj chodziło jednak o nieoświetloną bezpośrednio przez Słońce stronę Księżyca. Ta część tarczy Księżyca bywa jednak (choć słabo) widoczna, gdyż może być oświetlona światłem rozproszonym na ziemskiej atmosferze.

■ **7.** Warto śledzić najnowsze odkrycia w dziedzinie fizyki. W tym przypadku chodziło o fale grawitacyjne, których istnienie przewidział już 100 lat temu Albert Einstein, a zaobserwowano je po raz pierwszy dopiero w 2015 roku. **Odpowiedź B**.

■ **8.** Bardzo podchwytliwe zadanie. Większość lwiątkowiczów zapomniała chyba, że wzór na pracę: $W = F \cdot s$ stosuje się tylko wtedy, gdy siła ma taki sam zwrot jak przemieszczenie. W ruchu planety po orbicie kołowej siła grawitacji jest zwrócona w stronę gwiazdy znajdującej się w środku okręgu, a przemieszczenie planety w krótkim przedziale czasu jest styczne do orbity, a więc prostopadłe do siły. **Odpowiedź A**.

■ **9.** Można wykazać, że droga hamowania wyraża się wzorem

$$s = \frac{v_0^2}{2a},$$

gdzie v_0 to wartość prędkości początkowej, a to wartość przyspieszenia (opóźnienia), z jakim porusza się hamujące ciało. Ze wzoru tego wyprowadzamy wzór na wartość prędkości początkowej:

$$v_0 = \sqrt{2as}.$$

Pierwiastek kwadratowy jest funkcją rosnącą, a zatem największą prędkość początkową posiadał ten pojazd, dla którego iloczyn $a \cdot s$ przyjmuje największą wartość. Jeśli za jednostkę przyjmiemy jedną kratkę, to dla punktu A iloczyn ten wynosi 4, dla B – 9, dla C – 9, dla D – 1, a dla E – 4. **Odpowiedź B**.

■ **10.** Pole powierzchni, na jaką pada promieniowanie o danej mocy, jest wprost proporcjonalne do kwadratu odległości od Słońca, a zatem natężenie promieniowania jest odwrotnie proporcjonalne do kwadratu odległości. **Odpowiedź B**.

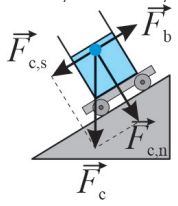
■ **11.** Średnica atomu jest rzędu 0,1 nm, natomiast średnica jądra atomowego rzędu 1 fm. **Odpowiedź C**.

■ **12.** W rozpadzie α liczba masowa zmniejsza się o 4, a w rozpadzie β nie zmienia się. Wynika z tego, że w danym szeregu promieniotwórczym występują tylko izotopy różniące się liczbą masową o całkowitą wielokrotność liczby 4. **Odpowiedź B**.

■ **13.** Krople spadają z tym samym przyspieszeniem. Jednak w chwili rozpoczęcia ruchu następnej kropli, kropla, która zaczęła spadać wcześniej, już ma pewną prędkość, więc oddala się od następnej kropli. **Odpowiedź A**.

■ **14.** Zadanie okazało się trudne, tylko kilka procent prawidłowych odpowiedzi. Trzeba było znać ogólny kształt wykresu zależności energii wiązania na jeden nukleon od liczby nukleonów w jądrze. Maksimum tej zależności przypada dla żelaza 56. Spośród wymienionych izotopów blisko jest miedź 64. **Odpowiedź E**.

■ **15.** Na rysunku zaznaczono siły działające na porcję wody znajdującą się przy powierzchni: siłę ciężkości (oraz jej składowe: styczną i normalną) oraz siłę bezwładności. Nie zaznaczono siły oddziaływania z resztą wody.



W przypadku braku oporów ruchu wózek zjeżdża z przyspieszeniem o wartości $g \sin \alpha$. Siła bezwładności ma wartość

$$ma = mg \sin \alpha,$$

czyli taką samą, jak składowa styczna siły ciężkości (m to masa porcji wody). Wypadkowa rozważanych sił jest zatem skierowana prostopadle do powierzchni równi. W stanie ustalonym ciecz może działać na małą porcję cieczy znajdującą się przy powierzchni tylko siłą prostopadłą do tej powierzchni, a więc prawidłowa jest **odpowiedź A**.

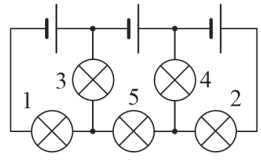
■ **16.** Jedna z metod rozwiązania tego zadania polega na zapisaniu i rozwiązaniu układu równań na liczbę kwarków każdego rodzaju w jądrze atomowym. Proton składa się z jednego kwarku d i dwóch kwarków u, a neutron z jednego kwarku u i dwóch kwarków d, a zatem
kwarki u: $Z \cdot 2 + N \cdot 1 = 170$,
kwarki d: $Z \cdot 1 + N \cdot 2 = 190$,
gdzie Z to liczba protonów, a N to liczba neutronów w jądrze.
Rozwiązaniem powyższego układu równań są liczby: $Z = 50$, $N = 70$. **Odpowiedź D**.

■ **17.** Idealny amperomierz ma zerowy opór wewnętrzny, a więc napięcie na nim, niezależnie od natężenia płynącego prądu wynosi zero, czyli $U_2 = 0$ V. W przedstawionym obwodzie amperomierz zwiera opornik, więc przez opornik prąd nie płynie. Z kolei idealny woltomierz ma nieskończenie duży opór wewnętrzny, więc w danym obwodzie prąd nie płynie, bo pierwszy woltomierz jest włączony szeregowo, $I = 0$ A. Całe napięcie źródła „odkłada się" na woltomierzu nr 1. **Odpowiedź C**.

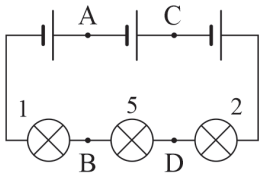
■ **18.** Skoro aktywność próbki maleje 5-krotnie co 4 dni, to po 12 dniach aktywność zmaleje $5^3 = 125$ razy. **Odpowiedź D**.

■ **19.** Aktywność promieniotwórcza jest równa iloczynowi prawdopodobieństwa rozpadu (które jest odwrotnie proporcjonalne do okresu połowicznego rozpadu) i liczby jąder atomowych w próbce. Skoro dwie próbki mają jednakową masę i jednakową aktywność, to dłuższy okres połowicznego rozpadu ma próbka zawierająca więcej jąder atomowych, czyli izotop o mniejszej masie atomowej. **Odpowiedź B**.

■ **20.** Narysujmy schemat układu trochę inaczej, zamieniając miejscami żarówki i bateryjki znajdujące się w tej samej gałęzi, co nie wpływa na działanie układu.



A teraz rozważmy układ bez żarówek 3 i 4.



Bateryjki są jednakowe, żarówki też, więc napięcie na każdej żarówce jest równe napięciu na bateryjce. Z tego wynika, że napięcie pomiędzy punktami A i B wynosi zero, tak samo napięcie pomiędzy punktami C i D. Stąd z kolei wynika, że jeśli żarówki 3 i 4 włączymy z powrotem do obwodu, to i tak prąd przez nie płynąć nie będzie. **Odpowiedź C**.

■ **21.** Gdyby krążek był zablokowany i klocki nie poruszały się, to (pomijając masę krążka i linek) siłomierz wskazywałby całkowity ciężar klocków, czyli $3mg$. Inaczej wygląda sytuacja w przypadku ruchu klocków. Klocek po prawej stronie jest o mg cięższy od klocka po lewej stronie, a całkowita masa klocków wynosi $3m$. Klocki poruszają się zatem z przyspieszeniem o wartości $g/3$. Łatwo wykazać (II zasada dynamiki dla któregokolwiek klocka), że siła naciągu linki ma wartość $4/3\ mg$. Z warunku równowagi sił dla krążka otrzymujemy wartość siły, jaką zaczep siłomierza działa na krążek: $8/3\ mg$. **Odpowiedź D**.

■ **22.** Z treści zadania wnioskujemy, że wśród poziomów energetycznych w atomie wodoru są dwa poziomy o energiach o hc/λ_1 i hc/λ_2 większych od energii stanu podstawowego (λ_1 i λ_2 to podane długości fal). W widmie atomu wodoru powinna więc znaleźć się też linia odpowiadająca przejściu pomiędzy tymi dwoma poziomami, czyli związana z emisją fotonu o energii równej różnicy energii poziomów: $hc(1/\lambda_1 - 1/\lambda_2)$, co odpowiada długości fali λ spełniającej równanie:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}.$$

Odpowiedź E.

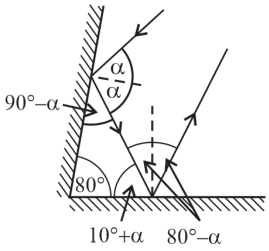
■ **23.** Rozważmy najpierw sytuację, gdy górną kulę trzymamy w ręce. Wtedy na dolną kulę działa siła jej ciężkości o wartości $3mg$ oraz równoważąca ją siła sprężystości pochodząca od dolnej sprężyny. Skoro dolna kula nie porusza się, to zgodnie z I zasadą dynamiki siły działające na tę kulę równoważą się, a zatem siła sprężystości dolnej sprężyny również ma wartość $3mg$.
Na środkową kulę działają: siła ciężkości o wartości $2mg$, siła pochodząca od dolnej sprężyny – o wartości $3mg$ i siła sprężystości górnej sprężyny. Z I zasady dynamiki wynika, że ostatnia z tych sił ma wartość $5mg$.
Na górną kulę działają: siła ciężkości o wartości mg, siła pochodząca od sprężyny – o wartości $5mg$, oraz siła, którą ręka trzyma kulę, o wartości $6mg$ (to wynika z I zasady dynamiki).
Kule nie poruszają się, więc bezpośrednio po puszczeniu górnej kuli długości sprężyn nie zmienią się, więc i siły sprężystości nie zmienią swoich wartości. Oznacza to, że siły działające zarówno na dolną, jak i na środkową kulę nadal będą się równoważyć (przyspieszenia tych kul będą równe zero), a wypadkowa siła działająca na górną kulę będzie miała wartość $6mg$. Początkowe przyspieszenie kuli będzie miało wartość $6g$. **Odpowiedź E**.

■ **24.** Brak poślizgu oznacza zerową prędkość względną stykających się ciał. **Odpowiedź E**.

■ **25.** Zadanie sprawiło wiele kłopotu. Tylko kilkanaście procent lwiątkowiczów zaznaczyło prawidłową **odpowiedź D**. Bardzo popularne były odpowiedzi A i B, sugerujące bardzo dużą (podświetlną i naddźwiękową) prędkość ruchu elektronów wzdłuż przewodnika. W rzeczywistości elektrony w metalach biorące udział w przepływie prądu elektrycznego poruszają się wzdłuż przewodu (tzw. prędkość unoszenia) z prędkością rzędu 1 mm/s.

■ **26.** Motorówka przepływa rzekę w czasie 40 m/(0,8 m/s) = 50 s. Przez połowę tego czasu prędkość motorówki wzdłuż rzeki zwiększa się od 0 m/s do 2 m/s, a przez drugą połowę (po minięciu środka rzeki) prędkość maleje do 0 m/s. Przemieszczenie motorówki wzdłuż rzeki jest zatem równe ½·2 m/s·50 s=50 m. **Odpowiedź B**.

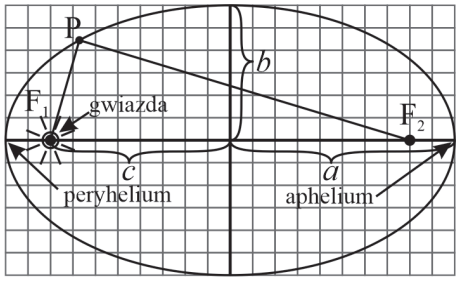
■ **27.** Prześledźmy bieg promienia światła padającego na zwierciadło. Oznaczmy kąt padania przez α. Na poniższym rysunku zaznaczono odpowiednie kąty.



Z sumy miar kątów w trójkącie utworzonym przez promień światła można wykazać, że kąt pomiędzy promieniem padającym na układ a promieniem opuszczającym układ wynosi 20°. **Odpowiedź B**.

■ **28.** Zadanie okazało się bardzo trudne - tylko kilka procent poprawnych odpowiedzi. Najbardziej popularna była odpowiedź oparta na błędnym przyjęciu, że gwiazda znajduje się w środku elipsy. Świadczy to o niezrozumieniu pojęcia ognisk orbity eliptycznej i jej własności. Przypomnijmy więc jedną z własności tej krzywej: dla wszystkich punktów elipsy suma odległości od dwóch ustalonych punktów (ognisk) jest stała.
Półoś wielka a, półoś mała b i odległość c ognisk od środka elipsy spełniają równanie

$$c^2 = a^2 - b^2.$$



Z rysunku przedstawionego w treści zadania odczytujemy: $a = 10$ j, $b = 6$ j, a stąd obliczmy $c = 8$ j. Peryhelium to punkt na orbicie ciała niebieskiego obiegającego Słońce, znajdujący się w miejscu największego zbliżenia, więc szukana odległość wynosi $a - c$. **Odpowiedź A**.

■ **29.** Pomiędzy kolejnymi koniunkcjami planeta szybciej okrążająca Słońce wykona wokół niego o jeden obieg więcej, a zatem

$$\omega_Z \cdot t - \omega_P \cdot t = 2\pi,$$

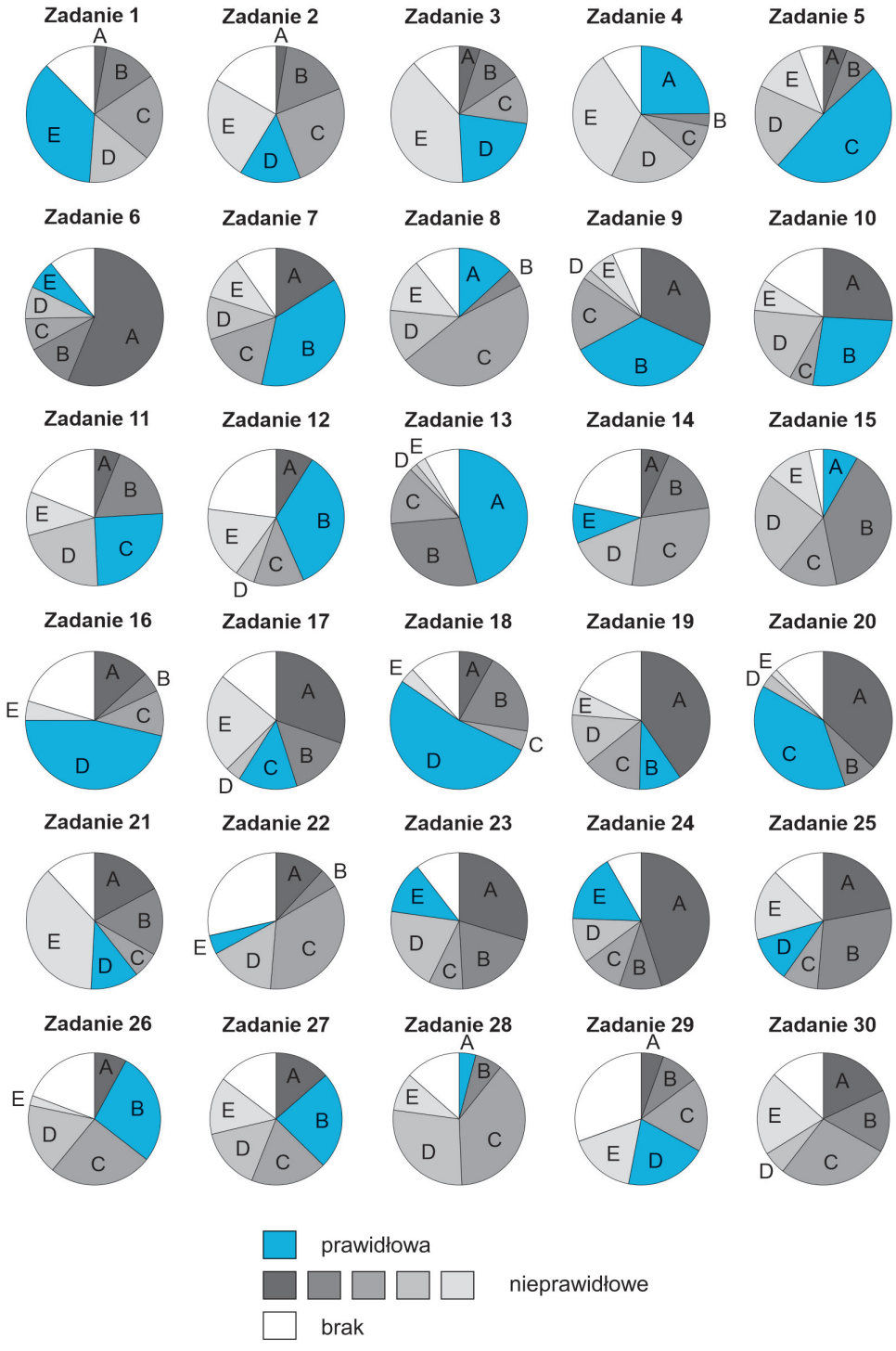
gdzie ω_Z i ω_P to prędkości kątowe Ziemi i planety, t to szukany czas pomiędzy koniunkcjami. Uwzględniając związek prędkości kątowej z okresem obiegu T, otrzymujemy równanie

$$\left(\frac{2\pi}{T_Z} - \frac{2\pi}{T_P}\right) t = 2\pi,$$

skąd wynika **odpowiedź D**.

■ **30.** Zadanie miało być łatwe, a okazało się trudne – tylko co czwarty uczestnik tego poziomu konkursu wskazał prawidłową **odpowiedź C**.
W ciągu 12 godzin robaczek siedzący nieruchomo na końcu wskazówki minutowej wykona 12 obrotów względem tarczy zegara. W tym samym czasie wskazówka godzinowa wykona tylko jeden obrót względem tarczy zegara, a więc 11 obrotów w układzie odniesienia robaczka. Zatem okres obrotu tej wskazówki w rozważanym układzie odniesienia wynosi 12 h/11.

Klasy I liceum i technikum



Klasy II liceum i technikum

■ **1.** Trzeba znać przedrostki oznaczające wielokrotności i podwielokrotności.
1 cm/miesiąc = 10^{10} pm/(30·24·3600·10^3 ms) ≈ 3,9 pm/ms. **Odpowiedź B**.

■ **2.** Płytka CD działa jak odbiciowa siatka dyfrakcyjna. Jeśli skierujemy na nią światło białe, to zaobserwujemy efekt rozszczepienia światła będący wynikiem zjawiska interferencji. Jednak z treści zadania wynika, że użyto światła monochromatycznego, nie zajdzie więc rozszczepienie. **Odpowiedź D**.

■ **3.** Zadanie dosyć łatwe. Odpowiedzi A i B można szybko odrzucić – siła A jako jedyna jest zwrócona w lewo, nie może więc być wypadkową sił zwróconych w prawo, analogicznie siła B jako jedyna jest zwrócona do góry. **Odpowiedź C**. Dowód przeprowadzimy na współrzędnych sił odczytanych z rysunku (przyjmujemy oś OX zwróconą w prawo, a oś OY do góry): $\vec{A}=[-3,-1]$, $\vec{B}=[3,3]$, $\vec{C}=[2,1]$, $\vec{D}=[2,-3]$.
$\vec{A}+\vec{B}+\vec{D}=[-3+3+2,-1+3+(-3)]=[2,1]$.

■ **4.** Warto śledzić wiadomości o fizyce i fizykach. W 2018 r. Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki otrzymali m. in. Gérard Mourou i Donna Strickland, którzy w 1985 r. opracowali metodę wytwarzania intensywnych, ultrakrótkich impulsów laserowych bez niszczenia materiału wzmacniającego impulsy. Nowa technika, nazwana CPA (ang. „*Chirped Pulse Amplification*") szybko stała się standardem dla laserów o dużej mocy. **Odpowiedź A**.

■ **5.** W rozpadzie α liczba masowa zmniejsza się o 4, a w rozpadzie β nie zmienia się. Wynika z tego, że w danym szeregu promieniotwórczym występują tylko izotopy różniące się liczbą masową o całkowitą wielokrotność liczby 4. **Odpowiedź E**.

■ **6.** W ciągu jednego obiegu wokół Słońca promień wodzący planety zakreśla koło o polu $S=\pi r^2$. Z III prawa Keplera wynika, że okres obiegu planety wokół Słońca jest wprost proporcjonalny do $r^{3/2}$. Zatem prędkość polowa planety S/T jest proporcjonalna do $\sqrt{r}$. **Odpowiedź D**.

■ **7.** Krople spadają z tym samym przyspieszeniem. Jednak w chwili rozpoczęcia ruchu następnej kropli, kropla, która zaczęła spadać wcześniej, już ma pewną prędkość, więc oddala się od następnej kropli. **Odpowiedź B**.

■ **8.** **Odpowiedź E**. Wystarczyło zauważyć, że wszystkie trzy gałęzie (czyli części obwodu pomiędzy dolnym i górnym węzłem) są identyczne – zawierają po jednej tak samo ustawionej bateryjce i jednej żarówce, więc nie ma wyróżnionego kierunku, w którym płynąłby prąd.

■ **9.** **Odpowiedź D**.

$$[I]=\frac{[P]}{[S]}=\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}=\frac{\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}}}{\mathrm{m}^2}=\frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{s}\cdot\mathrm{m}^2}=\frac{\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{s}\cdot\mathrm{m}^2}=$$
$$=\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}^3}.$$

■ **10.** Energia wewnętrzna gazu doskonałego jest wprost proporcjonalna do temperatury bezwzględnej, a więc w rozważanej przemianie temperatura wzrosła 3-krotnie. Równanie stanu gazu doskonałego

$$pV=nRT$$

można przekształcić do postaci

$$V=\frac{nRT}{p}.$$

Sześciokrotny wzrost ciśnienia i trzykrotny wzrost temperatury spowodują 2-krotne zmniejszenie objętości gazu. **Odpowiedź C**.

■ **11.** Siła grawitacji, którą gwiazda działa na planetę, pełni rolę siły dośrodkowej w ruchu planety po orbicie kołowej, można więc zapisać równanie

$$G\frac{Mm}{r^2}=\frac{4\pi^2 mr}{T^2},$$

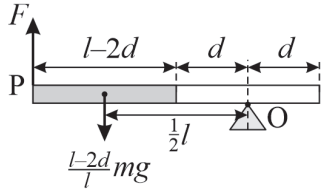
gdzie: G jest stałą grawitacji, M to masa gwiazdy, m – masa planety, r – promień orbity, a T okres obiegu planety wokół gwiazdy. Po prawej stronie równania znajduje się wyrażenie na wartość siły dośrodkowej.
Z powyższego równania można wyprowadzić wzór na masę gwiazdy:

$$M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}.$$

Masa gwiazdy jest zatem wprost proporcjonalna do sześcianu promienia orbity i odwrotnie proporcjonalna do kwadratu okresu obiegu planety wokół gwiazdy. (Oczywiście jest nie jest to zależność w sensie fizycznym.) Aby udzielić poprawnej odpowiedzi w tym zadaniu, trzeba było obliczyć wartość wyrażenia r^3/T^2 dla podanych punktów przyjmując za jednostkę jedną kratkę. Dla punktów A, B, C, D i E wyrażenie przyjmuje wartości odpowiednio: 64/9, 27/4, 1/4, 8, 1/2. **Odpowiedź D**.

■ **12.** Średnica atomu jest rzędu 0,1 nm, natomiast średnica protonu rzędu 1 fm. **Odpowiedź B**.

■ **13.** Zadanie okazało się bardzo trudne – prawidłową **odpowiedź E** zaznaczyło tylko kilkanaście procent uczestników konkursu. Ciężar części linijki po prawej stronie punktu podparcia równoważy się z ciężarem części położonej symetrycznie po lewej stronie punktu podparcia. Pozostaje więc rozważyć część linijki o długości $l–2d$ mierząc od lewej krawędzi linijki.



Środek masy tej części linijki znajduje się w odległości $l/2$ od punktu podparcia (obliczonej jako średnia z odległości końców tej części linijki od punktu podparcia). Masę tej części linijki można obliczyć z proporcji:

masa/długość = m/l,

skąd obliczamy wartość siły ciężkości rozważanej części linijki.

Korzystając z zasady równowagi dźwigni dwustronnej, $F_1 r_1 = F_2 r_2$, otrzymujemy równanie na szukaną wartość siły F:

$$F \cdot (l-d) = \frac{l-2d}{l} mg \cdot \frac{1}{2} l,$$

a stąd otrzymujemy wynik:

$$F = \frac{l-2d}{2(l-d)} mg.$$

■ **14.** W czasie rozważanej przemiany ciśnienie jest liniową funkcją temperatury:

$$p = p_0 - a \cdot T,$$

gdzie p_0 to ciśnienie odpowiadające $T = 0$ (hipotetycznie), natomiast a to współczynnik nachylenia zależności p od T ($a > 0$).
Skorzystamy z równania stanu gazu doskonałego: $pV = nRT$, skąd otrzymamy wyrażenie na objętość:

$$V = \frac{nRT}{p_0 - aT}.$$

Z matematycznego punktu widzenia przypomina to funkcję o wzorze

$$y = \frac{x}{1-x},$$

który można przekształcić do postaci:

$$y = \frac{-1}{x-1} - 1.$$

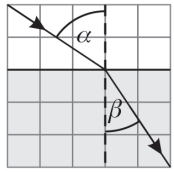
Wykresem tej funkcji jest hiperbola, a część jej wykresu przedstawiono w **odpowiedzi C**.

■ **15.** Zamiast obliczać i dodawać prace mechaniczne wykonane przez kolejne silniki, obliczmy ciepło oddane przez ostatni silnik. Jeśli przez Q oznaczymy ciepło pobrane przez pierwszy silnik, to ciepło przekazane przez pierwszy silnik do silnika drugiego wynosi $(1-\eta)Q$. Drugi silnik przekazuje do kolejnego część $(1-\eta)$ ciepła, które pobrał, czyli $(1-\eta)^2 Q$ itd. Ciepło oddane przez czwarty silnik wynosi $(1-\eta)^4 Q$. Łączna praca wykonana przez wszystkie cztery silniki wynosi $W = Q - (1-\eta)^4 Q$, a łączna sprawność to $W/Q = 1 - (1-\eta)^4$. **Odpowiedź D**.

■ **16.** 1 mol to $6{,}022 \cdot 10^{23}$, energia jonizacji atomu wodoru ze stanu podstawowego jest równa 13,6 eV (1 eV = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J). Iloczyn tych stałych to $1{,}3 \cdot 10^6$ J. **Odpowiedź D**.

■ **17.** Przy takiej konfiguracji sprężyn, wartość wypadkowej siły działającej na klocek jest równa sumie wartości sił sprężystości pochodzących od poszczególnych sprężyn, czyli $kx + 2kx = 3kx$, gdzie x to wychylenie klocka z położenia równowagi. Aby otrzymać wzór na okres drgań ciała, wystarczy współczynnik sprężystości k we wzorze na okres drgań ciała zawieszonego na jednej sprężynie zamienić na $3k$. **Odpowiedź A**.

■ **18.** Na poniższym rysunku zaznaczono kąt padania promienia światła oraz kąt załamania.



Z rysunku wynika, że:

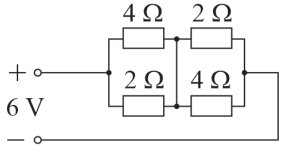
$$\sin\alpha = \frac{3}{\sqrt{3^2+2^2}} = \frac{3}{\sqrt{13}},$$

$$\sin\beta = \frac{2}{\sqrt{3^2+2^2}} = \frac{2}{\sqrt{13}}.$$

Z prawa Snelliusa otrzymujemy

$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{3}{2}$. **Odpowiedź D**.

■ **19.** Zadanie okazało się trudne. Wielu lwiątkowiczów nie zauważyło, że amperomierz zwiera dwa punkty obwodu, do których jest podłączony. Uproszczony schemat układu wygląda przez to następująco:



Obliczmy natężenia prądów płynących przez poszczególne oporniki. Opór zastępczy połączonych równolegle oporników o oporach 2 Ω i 4 Ω wynosi $\frac{2\cdot 4}{2+4}\Omega = \frac{4}{3}\Omega$.

Rozważany układ zawiera dwa takie połączenia, połączone ze sobą szeregowo, więc opór całego układu jest równy $\frac{8}{3}\Omega$.

Natężenie prądu płynącego z baterii wynosi więc 2,25 A. W połączeniu równoległym natężenie prądu rozdziela się odwrotnie proporcjonalnie do oporów gałęzi, więc przez opornik o oporze 4 Ω płynie prąd o natężeniu 0,75 A, a przez opornik 2 Ω – prąd o natężeniu 1,5 A. Do tego samego wniosku można dojść, jeśli zauważy się, że ze względu na symetrię układu na lewej i na prawej połowie układu panuje napięcie równe połowie napięcia dołączonego do zacisków, czyli po 3V, a następnie obliczy się natężenia prądów płynących przez oporniki.

Oporniki są połączone „na krzyż”, więc przez narysowany pionowo na schemacie odcinek przewodu płynie prąd o natężeniu 1,5 A – 0,75 A = 0,75 A. I takie też jest wskazanie amperomierza.

Aby wyznaczyć wskazanie woltomierza wróćmy do oryginalnego schematu układu z treści zadania i obliczmy napięcia na opornikach. Napięcie na oporniku u góry po prawej stronie jest równe 3 V, natomiast napięcie na środkowym u góry oporniku wynosi 2 Ω · 0,75 A = 1,5 V. Tyle samo wynosi napięcie na oporniku na dole po prawej stronie. Zatem napięcie na zaciskach woltomierza wynosi 3V. **Odpowiedź C**.

■ **20.** Znając gęstość ciekłego helu możemy obliczyć masę rozważanej porcji – wynosi 125 g. Stąd, znając masę molową wynoszącą 4 g/mol, możemy obliczyć liczbę moli helu: 31,25 mola. W warunkach normalnych 1 mol gazu doskonałego zajmuje objętość 22,4 dm^3, więc szukana objętość jest równa 700 dm^3. A więc 700-krotny wzrost objętości! Z ciekłym helem trzeba uważać! **Odpowiedź D**.

■ **21.** Natężenie promieniowania to iloraz mocy promieniowania padającego na daną powierzchnię przez pole tej powierzchni. Natężenie promieniowania pochodzącego z izotropowego, punktowego źródła, (za takie można uznać Słońce z odpowiednio dużej odległości) maleje więc z kwadratem odległości. Korzystając z III prawa Keplera można wykazać, że odległość Saturna od Słońca jest około 9,6 razy większa niż odległość Ziemi od Słońca. A zatem natężenie

promieniowania słonecznego na powierzchni Saturna jest około $9{,}6^2 = 92$ razy mniejsze niż na Ziemi. **Odpowiedź B**.

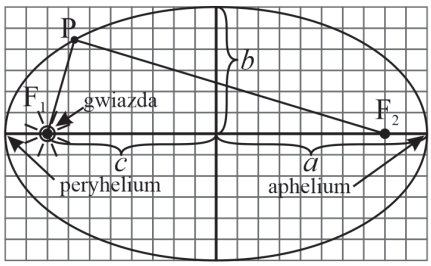
■ **22.** Liczby masowe podanych izotopów uranu i ołowiu różnią się o 32, co odpowiada 8 rozpadom α. Z kolei liczby porządkowe (równe ładunkowi jądra wyrażonemu w jednostkach ładunku elementarnego e) podanych izotopów różnią się o 10. 8 rozpadów α zmniejsza ładunek jądra o 16 e, zatem występuje jeszcze 6 rozpadów β. Gdyby każdy z izotopów ulegał tylko jednemu rodzajowi rozpadu, byłoby 14 różnych izotopów promieniotwórczych, ale w treści zadania podano, że jest ich 18. Oznacza to, że są jeszcze cztery dodatkowe izotopy, oraz, że któreś cztery izotopy w szeregu mogą rozpadać się na dwa sposoby. **Odpowiedź A**.

■ **23.** Gdyby krążek był zablokowany i klocki nie poruszały się, to (pomijając masę krążka i linek) siłomierz wskazywałby całkowity ciężar klocków, czyli $4mg$. Inaczej wygląda sytuacja w przypadku ruchu klocków. Klocek po prawej stronie jest o $2mg$ cięższy od klocka po lewej stronie, a całkowita masa klocków wynosi $4m$. Klocki poruszają się zatem z przyspieszeniem o wartości $g/2$. Łatwo wykazać (II zasada dynamiki dla któregokolwiek klocka), że siła naciągu linki ma wartość $3/2\ mg$. Z warunku równowagi sił dla krążka otrzymujemy wartość siły, jaką zaczep siłomierza działa na krążek: $3mg$. **Odpowiedź C**.

■ **24.** Rozważmy najpierw sytuację, gdy górną kulę trzymamy w ręce. Wtedy na dolna kulę działa siła jej ciężkości o wartości $4mg$ oraz równoważąca ją siła sprężystości pochodząca od dolnej sprężyny. Skoro dolna kula nie porusza się, to zgodnie z I zasadą dynamiki siły działające na tę kulę równoważą się, a zatem siła sprężystości dolnej sprężyny również ma wartość $4mg$.
Na środkową kulę działają: siła ciężkości o wartości $3mg$, siła pochodząca od dolnej sprężyny – o wartości $4mg$ i siła sprężystości górnej sprężyny. Z I zasady dynamiki wynika, że ostatnia z tych sił ma wartość $7mg$.
Na górną kulę działają: siła ciężkości o wartości $2mg$, siła pochodząca od sprężyny – o wartości $7mg$, oraz siła, którą ręka trzyma kulę, o wartości $9mg$ (to wynika z I zasady dynamiki).
Kule nie poruszają się, więc bezpośrednio po puszczeniu górnej kuli długości sprężyn nie zmienią się, więc i siły sprężystości nie zmienią swoich wartości. Oznacza to, że siły działające zarówno na dolną, jak i na środkową kulę nadal będą się równoważyć (przyspieszenia tych kul będą równe zero), a wypadkowa siła działająca na górną kulę będzie miała wartość $9mg$. Początkowe przyspieszenie kuli będzie miało wartość $9/2\ g$. **Odpowiedź E**.

■ **25.** Zadanie okazało się bardzo trudne - tylko kilka procent poprawnych odpowiedzi. Najbardziej popularna była odpowiedź oparta na błędnym przyjęciu, że gwiazda znajduje się w środku elipsy. Świadczy to o niezrozumieniu pojęcia ognisk orbity eliptycznej i jej własności. Przypomnijmy więc jedną z własności tej krzywej: dla wszystkich punktów elipsy suma odległości od dwóch ustalonych punktów (ognisk) jest stała.
Półoś wielka a, półoś mała b i odległość c ognisk od środka elipsy spełniają równanie

$$c^2 = a^2 - b^2.$$



Z rysunku przedstawionego w treści zadania odczytujemy: $a = 10$ j, $b = 6$ j, a stąd obliczmy $c = 8$ j. Aphelium to punkt na orbicie ciała niebieskiego obiegającego Słońce, znajdujący się w miejscu największego oddalenia, więc szukana odległość wynosi $a + c$. **Odpowiedź E**.

■ **26.** Zastosujemy zasadę zachowania energii mechanicznej układu Ziemia – pocisk:

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{GMm}{R} = -\frac{GMm}{1{,}5R},$$

skąd można obliczyć v:

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{3R}} = \sqrt{\frac{2}{3}}v_\mathrm{I},$$

gdzie $v_\mathrm{I} \approx 7{,}9$ km/s to pierwsza prędkość kosmiczna. **Odpowiedź C**.

■ **27.** Podchwytliwe zadanie i wielu dało się nabrać. Nie wystarczyło obliczyć energię kinetyczną rozpędzonego pociągu i podzielić przez czas ruchu – wyszłaby moc średnia. A żeby stale rozpędzać pociąg, silnik lokomotywy musi osiągać odpowiednią moc chwilową. Można wykazać, że jest ona równa iloczynowi wartości siły ciągu i wartości prędkości. Wartość siły ciągu obliczymy z II zasady dynamiki

$$F = ma = m\frac{\Delta v}{\Delta t} = 400\,000\,\mathrm{kg} \cdot \frac{20\,\mathrm{m/s}}{40\,\mathrm{s}} =$$

$$= 200\,000\,\mathrm{N}.$$

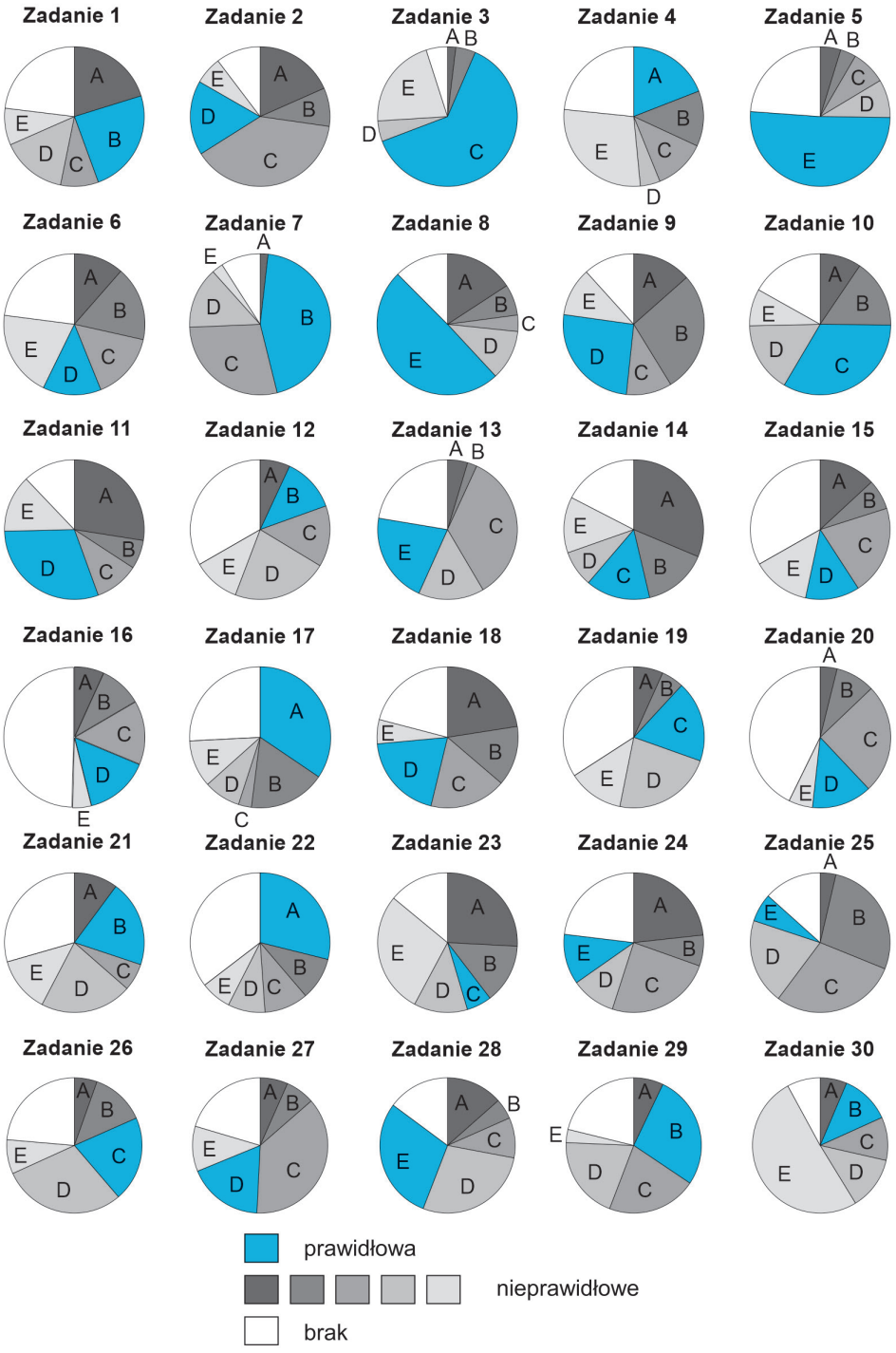
Mnożąc ten wynik przez maksymalną wartość prędkości pociągu otrzymamy **odpowiedź D**.

■ **28.** Gdy małpa wciąga się po linie, wznosi się nie tylko ona, ale również skrzynia wisząca na drugim końcu liny. Skrzynia wzniesie się na taką samą wysokość, jak małpa. **Odpowiedź E**.

■ **29.** Motorówka przepływa rzekę w czasie 80 m/(1,6 m/s) = 50 s. Przez pierwszą połowę tego czasu prędkość motorówki wzdłuż rzeki zwiększa się od 0 m/s do 4 m/s, przez drugą połowę (po minięciu środka rzeki) wartość prędkości maleje do 0 m/s. Przemieszczenie motorówki wzdłuż rzeki jest równe ½·4 m/s·50 s = 100 m. **Odpowiedź B**.

■ **30.** Zadanie miało być łatwe, a okazało się trudne – tylko co ósmy uczestnik tego poziomu konkursu wskazał prawidłową **odpowiedź B**. Choć połowa lwiątkowiczów wskazała zbliżony wynik.
W ciągu 1 godziny robaczek siedzący nieruchomo na końcu wskazówki minutowej wykona 1 obrót względem tarczy zegara. W tym samym czasie wskazówka sekundowa wykona 60 obrotów względem tarczy zegara, a więc 59 obrotów w układzie odniesienia robaczka. Zatem okres obrotu tej wskazówki w rozważanym układzie odniesienia wynosi 60 min/59.

Klasy II liceum i technikum



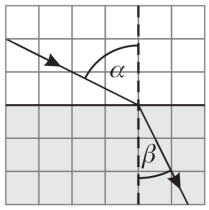
Klasy III i IV liceum i technikum

■ **1.** **Odpowiedź E**. 0,1 mm/dobę = $0{,}1 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{12}$ pm/$(24 \cdot 3600 \cdot 10^3$ ms) = 1,16 pm/ms.

■ **2.** Warto śledzić wiadomości o fizyce i fizykach. W 2018 r. Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki otrzymali m. in. Gérard Mourou i Donna Strickland, którzy w 1985 r. opracowali metodę wytwarzania intensywnych, ultrakrótkich impulsów laserowych bez niszczenia materiału wzmacniającego impulsy. Nowa technika, nazwana CPA (od angielskiego „*chirped pulse amplification*") szybko stała się standardem dla laserów o dużej mocy. **Odpowiedź D**.

■ **3.** Fale elektromagnetyczne są falami poprzecznymi (pole elektryczne i pole magnetyczne są prostopadłe do kierunku rozchodzenia się fali). Prąd elektryczny płynący w pionowej antenie nadajnika wytwarza wokół niej poziome pole magnetyczne. Z kolei zmiany pola magnetycznego wytwarzają prostopadłe do pola magnetycznego, a więc w tym przypadku pionowe, pole elektryczne. Za kierunek polaryzacji fal przyjmuje się kierunek pola elektrycznego. **Odpowiedź E**.

■ **4.** Na poniższym rysunku zaznaczono kąt padania promienia światła oraz kąt załamania.



Z rysunku wynika, że:

$$\sin\alpha = \frac{4}{\sqrt{4^2+2^2}} = \frac{4}{\sqrt{20}} = \frac{2}{\sqrt{5}},$$

$$\sin\beta = \frac{1}{\sqrt{1^2+2^2}} = \frac{1}{\sqrt{5}}.$$

Z prawa Snelliusa otrzymujemy

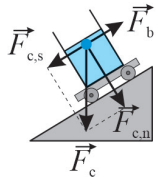
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 2.$$

W powietrzu światło rozchodzi się z prędkością bliską prędkości światła w próżni, około 300 000 km/s, a więc w płytce z prędkością dwa razy mniejszą. **Odpowiedź B**.

■ **5.** Zwierciadło zanurzone w wodzie działa tak samo, jak zanurzone w powietrzu – na zasadzie odbicia światła, a nie załamania. Zatem ogniskowa takiego zwierciadła jest równa połowie promienia krzywizny. **Odpowiedź B**.

■ **6.** Pochłonięcie fotonu przez atom powoduje przejście do wyższego stanu energetycznego. Energia fotonu jest odwrotnie proporcjonalna do długości fali, czyli największej długości fali odpowiada najmniejsza zmiana energii atomu. **Odpowiedź C**.

■ **7.** Na poniższym rysunku zaznaczono siły działające na porcję wody znajdującą się przy powierzchni: siłę ciężkości (oraz jej składowe: styczną i normalną) oraz siłę bezwładności. Nie zaznaczono siły oddziaływania z resztą wody.



W przypadku braku oporów ruchu wózek zjeżdża z przyspieszeniem o wartości $g \sin\alpha$. Siła bezwładności ma wartość

$$ma = mg \sin\alpha,$$

czyli taką samą, jak składowa styczna siły ciężkości (m to masa porcji wody). Wypadkowa rozważanych sił jest zatem skierowana prostopadle do powierzchni równi. W stanie ustalonym ciecz może działać na małą porcję cieczy znajdująca się przy powierzchni tylko siłą prostopadłą do tej powierzchni, a więc prawidłowa jest **odpowiedź E**.

■ **8.** Zadanie łatwe, ale podchwytliwe. Korzystając z równania soczewki

$$\frac{1}{x}+\frac{1}{y}=\frac{1}{f},$$

obliczamy odległość żarówki od soczewki, x = 20 cm. Odległość żarówki od ekranu wynosi więc $x+y=80$ cm. **Odpowiedź D**. Wielu lwiątkowiczów nie doczytało treści zadania i zaznaczyło odpowiedź 20 cm.

■ **9.** Po zamknięciu wyłącznika w lewym obwodzie popłynie prąd elektryczny, przy czym w lewym przewodzie tego obwodu prąd będzie płynął w górę, a w prawym w dół. Prąd wytwarza pole magnetyczne wokół przewodów. Przewód po prawej stronie jest bliżej drugiego obwodu, a więc wypadkowe pole magnetyczne w obszarze drugiego obwodu będzie miało taki zwrot, jak pole magnetyczne wytworzone przez prąd płynący w tym odcinku przewodu. Zgodnie z regułą prawej dłoni pole to będzie zwrócone w stronę nad płaszczyznę rysunku.
Zmiana strumienia pola magnetycznego przenikającego prawy obwód spowoduje powstanie siły elektromotorycznej i przepływ prądu indukcyjnego przez ten obwód. Zgodnie z regułą przekory prąd ten będzie przepływał przez obwód w kierunku zgodnym z kierunkiem ruchu wskazówek zegara. Po otwarciu wyłącznika pole magnetyczne zaniknie, więc prąd indukcyjny w drugim obwodzie popłynie w przeciwnym kierunku, niż poprzednio. **Odpowiedź C**.

■ **10.** Żarówka świeci się, gdy przepływa przez nią prąd, a to wymaga istnienia napięcia pomiędzy końcami jej włókna. W naczyniu z wodnym roztworem soli kuchennej prąd płynie od elektrody dodatniej w stronę elektrody ujemnej. Istnieje więc przestrzenne zmiana (tzw. gradient) potencjału elektrycznego wzdłuż, kierunku przepływu prądu. Im dalej od siebie w kierunku przepływu prądu znajdują się rozważane punkty, tym większe jest napięcie elektryczne pomiędzy nimi. Tak więc największe napięcie panuje pomiędzy kontaktami żarówki 1, mniejsze na żarówkach 3 i 4, a na żarówce 2 napięcie jest równe zero. **Odpowiedź A**.

■ **11.** Siła grawitacji, którą gwiazda działa na planetę, pełni rolę siły dośrodkowej w ruchu planety po orbicie kołowej, można więc zapisać równanie

$$G\frac{Mm}{r^2}=\frac{4\pi^2 mr}{T^2},$$

gdzie: G jest stałą grawitacji, M to masa gwiazdy, m – masa planety, r – promień orbity, a T okres obiegu planety wokół gwiazdy. Po prawej stronie równania znajduje się wyrażenie na wartość siły dośrodkowej.
Z powyższego równania można wyprowadzić wzór na masę gwiazdy:

$$M=\frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}.$$

Masa gwiazdy jest zatem wprost proporcjonalna do sześcianu promienia orbity i odwrotnie proporcjonalna do kwadratu okresu obiegu planety wokół gwiazdy. (Oczywiście jest nie jest to zależność w sensie fizycznym.) Aby udzielić poprawnej odpowiedzi w tym zadaniu, trzeba było obliczyć wartość wyrażenia r^3/T^2 dla podanych punktów. Przyjmując za jednostkę jedną kratkę dla punktów A, B, C, D i E wyrażenie przyjmuje wartości odpowiednio: 1/2, 64/9, 1/4, 27/4, 8. **Odpowiedź E**.

■ **12.** Dwie sprężyny po lewej stronie są połączone szeregowo. Można wykazać, że zastępczy współczynnik sprężystości takiego układu wynosi 1/2 k. (Intuicyjnie: całkowite wydłużenie układu 2 jednakowych sprężyn połączonych szeregowo jest dwa razy większe od wydłużenia pojedynczej sprężyny przy tej samej sile rozciągającej.) Na klocek działają więc siły sprężystości sprężyny „zastępczej" po lewej stronie i drugiej sprężyny po prawej stronie klocka. Przy takiej konfiguracji sprężyn, wartość wypadkowej siły działającej na klocek jest równa sumie wartości sił sprężystości sprężyn, czyli $1/2\ kx+2kx=5/2\ kx$, gdzie x to wychylenie klocka z położenia równowagi. Aby otrzymać wzór na okres drgań ciała, wystarczy współczynnik sprężystości k we wzorze na okres drgań ciała zawieszonego na jednej sprężynie zamienić na 5/2 k. **Odpowiedź A**.

■ **13.** Zadanie okazało się trudne, tylko kilka procent prawidłowych odpowiedzi. Trzeba było znać ogólny kształt wykresu zależności energii wiązania na jeden nukleon od liczby nukleonów w jądrze. Maksimum tej zależności przypada dla żelaza 56. Spośród wymienionych izotopów blisko jest kobalt 59. **Odpowiedź B**.

■ **14.** Najmniejsza odległość przedmiotu od jego ostrego, rzeczywistego obrazu wytworzonego przez soczewkę skupiającą o ogniskowej f, jest równa $4f$. Podana w treści zadania odległość narzuca więc warunek $f \leq 20$ cm. Zdolność skupiająca jest równa odwrotności ogniskowej. **Odpowiedź E**.

■ **15.** Natężenie pola elektrycznego wytworzonego przez naładowaną, nieskończenie dużą płaską powierzchnię, nie zależy od odległości od tej płaszczyzny. Okładka kondensatora płaskiego może być traktowana jak naładowana płaszczyzna – blisko powierzchni okładki pole elektryczne jest w przybliżeniu jednorodne. **Odpowiedź A**.

■ **16.** Zadanie okazało się w miarę łatwe, ponad połowa uczestników konkursu zaznaczyła prawidłową odpowiedź. Ale trzeba było pogłówkować i nie pogubić się w obliczeniach. Chyba najprościej jest ułożyć równanie z niewiadomym ładunkiem q, pamiętając, że po zetknięciu jednakowych, metalowych kulek, kulki „dzielą się" ładunkiem pół na pół:

$$\frac{\frac{-6+q}{2}+12}{2}=2,$$

gdzie wartości ładunku wyrażono w mC. Rozwiązanie prowadzi do **odpowiedzi E**.

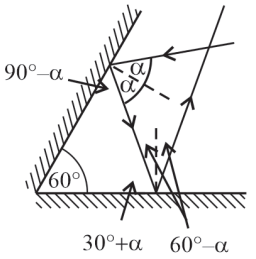
■ **17.** W wodzie światło rozchodzi się wolniej niż w powietrzu, a zatem długość fali światła używanego w doświadczeniu jest mniejsza w wodzie niż w powietrzu. Na podstawie równania siatki dyfrakcyjnej:

$$d\cdot\sin\alpha = n\lambda,$$

można wyciągnąć wniosek, że kąt ugięcia maksimum w wodzie będzie mniejszy niż w powietrzu. **Odpowiedź A**.

■ **18.** Dioda półprzewodnikowa przewodzi prąd tylko w jedną stronę, w kierunku od anody do katody. W rozważanym układzie przewodzi dioda po lewej stronie oraz dioda po prawej stronie. Napięcie na żarówce 2 jest równe napięciu baterii, a na każdej z żarówek 1 i 3 panuje napięcie równe połowie napięcia baterii. **Odpowiedź B**.

■ **19.** Prześledźmy bieg promienia światła padającego na zwierciadło. Oznaczmy kąt padania przez α. Na poniższym rysunku zaznaczono odpowiednie kąty.



Z sumy miar kątów w trójkącie utworzonym przez promień światła można wykazać, że kąt pomiędzy promieniem padającym na układ a promieniem opuszczającym układ wynosi 60°. **Odpowiedź C**.

■ **20. Odpowiedź A**. Należało przeprowadzić rachunek jednostek oraz wiedzieć, że jednostką natężenia pola elektrycznego jest N/C = V/m, a jednostką objętościowej gęstości energii pola elektrycznego ρ_E jest J/m^3.

$$\left[\frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2\right]=\frac{\mathrm{F}}{\mathrm{m}}\cdot\left(\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}\right)^2=\frac{\mathrm{F}\cdot\mathrm{V}^2}{\mathrm{m}^3}=\frac{\mathrm{C}\cdot\mathrm{V}}{\mathrm{m}^3}=$$

$$=\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{m}^3}=\left[\rho_E\right]$$

■ **21.** Rzeczywiste ogniwo posiada pewien opór wewnętrzny r. Natężenie prądu płynącego w obwodzie, zgodnie z prawem Ohma dla całego obwodu, jest równe $I = \mathcal{E}/(R+r)$. Moc ciepła wydzielanego na rezystorze jest więc równa

$$P = RI^2 = \frac{R\cdot\mathcal{E}^2}{(R+r)^2}.$$

Dla małych (w porównaniu do r) wartości

oporu R, wzór można zapisać w postaci

$$P \approx \frac{R \cdot \mathcal{E}^2}{r^2},$$

skąd wynika, że moc rośnie wraz ze zwiększaniem oporu R. Gdy opór R jest znacznie większy od r, wzór na moc można zapisać w postaci

$$P \approx \frac{\mathcal{E}^2}{R},$$

czyli moc jest w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalna do R. Oznacza to, że dla pewnej wartości oporu R (a konkretnie dla $R = r$) moc przekazana ze źródła do odbiornika energii elektrycznej jest największa. **Odpowiedź D**.

■ **22.** Wartość indukcji pola magnetycznego wewnątrz zwojnicy wyraża się wzorem

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l},$$

gdzie: μ_0 to przenikalność magnetyczna próżni, N – liczba zwojów, I – natężenie prądu płynącego przez zwojnicę, l – długość zwojnicy. Różne są tylko natężenia prądów płynących przez obie zwojnice. Drut, którym nawinięto drugą zwrotnicę jest dwa razy dłuższy od drutu na pierwszej zwojnicy, druga zwojnica ma więc dwa razy większy opór niż pierwsza, więc płynie przez nią prąd o dwa razy mniejszym natężeniu. **Odpowiedź B**.

■ **23.** Podchwytliwe zadanie i wielu dało się nabrać. Nie wystarczyło obliczyć energię kinetyczną rozpędzonego tramwaju i podzielić przez czas ruchu – wyszłaby moc średnia. Aby stale rozpędzać tramwaj, silnik musi osiągać odpowiednią moc chwilową. Można wykazać, że jest ona równa iloczynowi wartości siły ciągu i wartości prędkości. Wartość siły ciągu obliczymy z II zasady dynamiki

$$F = ma = m\frac{\Delta v}{\Delta t} = 40000\,\text{kg} \cdot \frac{10\,\text{m/s}}{10\,\text{s}} =$$

$$= 40000\,\text{N}.$$

Mnożąc ten wynik przez maksymalną wartość prędkości pociągu otrzymamy **odpowiedź C**.

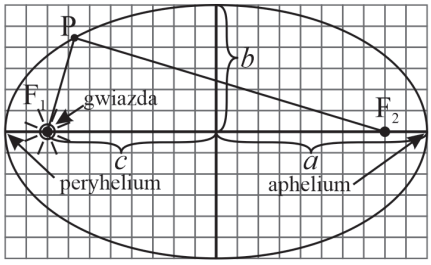
■ **24.** Liczby masowe podanych izotopów uranu i ołowiu różnią się o 28, co odpowiada 7 rozpadom α. Z kolei liczby porządkowe (równe ładunkowi jądra wyrażonemu w jednostkach ładunku elementarnego e) podanych izotopów różnią się o 10. 7 rozpadów α zmniejsza ładunek jądra o 14 e, zatem występują jeszcze 4 rozpady β. Gdyby każdy z izotopów ulegał tylko jednemu rodzajowi rozpadu, byłoby 11 różnych izotopów promieniotwórczych, ale w treści zadania podano, że jest ich 16 (siedemnasty izotop – ołów jest stabilny). Oznacza to, że jest jeszcze pięć dodatkowych izotopów, oraz, że któreś pięć izotopów w szeregu może rozpadać się na dwa sposoby. **Odpowiedź D**.

■ **25.** Gdyby krążek był zablokowany i klocki nie poruszały się, to (pomijając masę krążka i linek) siłomierz wskazywałby całkowity ciężar klocków, czyli $5mg$. Inaczej wygląda sytuacja w przypadku ruchu klocków. Klocek po prawej stronie jest o mg cięższy od klocka po lewej stronie, a całkowita masa klocków wynosi $5m$. Klocki poruszają się zatem z przyspieszeniem o wartości $g/5$. Łatwo wykazać (II zasada dynamiki dla któregokolwiek klocka), że siła naciągu linki ma wartość $12/5\ mg$. Z warunku równowagi sił dla krążka otrzymujemy wartość siły, jaką zaczep siłomierza działa na krążek: $24/5\ mg$. **Odpowiedź D**.

■ **26.** Korzystając z definicji pojemności kondensatora, $C = Q/U$, można obliczyć maksymalny ładunek zgromadzony na kondensatorze: $Q_{1,\max} = 60\ \mu\text{C}$, $Q_{2,\max} = 120\ \mu\text{C}$. W przypadku szeregowego połączenia kondensatorów, każdy z nich gromadzi taki sam ładunek elektryczny, ograniczeniem jest więc mniejszy ładunek, 60 μC. Taki ładunek zgromadzony na drugim kondensatorze wymaga napięcia 4 V. Całkowite napięcie na układzie kondensatorów jest sumą napięć na kondensatorach i wynosi 10 V. **Odpowiedź C**.

■ **27.** Rozważmy najpierw sytuację, gdy górną kulę trzymamy w ręce. Wtedy na dolna kulę działa siła jej ciężkości o wartości mg oraz równoważąca ją siła sprężystości pochodząca od dolnej sprężyny. Skoro dolna kula nie porusza się, to zgodnie z I zasadą dynamiki siły działające na tę kulę równoważą się, a zatem siła sprężystości dolnej sprężyny również ma wartość mg.
Na środkową kulę działają: siła ciężkości o wartości $2mg$, siła pochodząca od dolnej sprężyny – o wartości mg i siła sprężystości górnej sprężyny. Z I zasady dynamiki wynika, że ostatnia z tych sił ma wartość $3mg$.
Na górną kulę działają: siła ciężkości o wartości $3mg$, siła pochodząca od sprężyny – o wartości $3mg$, oraz siła, którą ręka trzyma kulę, o wartości $6mg$ (to wynika z I zasady dynamiki). Innymi słowy: ręka działa siłą równoważącą łączny ciężar wszystkich kul.
Kule nie poruszają się, więc bezpośrednio po puszczeniu górnej kuli długości sprężyn nie zmienią się, więc i siły sprężystości nie zmienią swoich wartości. Oznacza to, że siły działające zarówno na dolną, jak i na środkową kulę nadal będą się równoważyć (przyspieszenia tych kul będą równe zero), a wypadkowa siła działająca na górną kulę będzie miała wartość $6mg$. Początkowe przyspieszenie tej kuli będzie miało wartość $2g$. **Odpowiedź D**.

■ **28.** Zadanie okazało się bardzo trudne - tylko kilka procent poprawnych odpowiedzi. Najbardziej popularna była odpowiedź oparta na błędnym przyjęciu, że gwiazda znajduje się w środku elipsy. Świadczy to o niezrozumieniu pojęcia ognisk orbity eliptycznej i jej własności.



Przypomnijmy jedną z własności tej krzywej: dla wszystkich punktów elipsy suma odległości od dwóch ustalonych punktów (ognisk) jest stała. Półoś wielka a, półoś mała b i odległość c ognisk od środka elipsy spełniają równanie

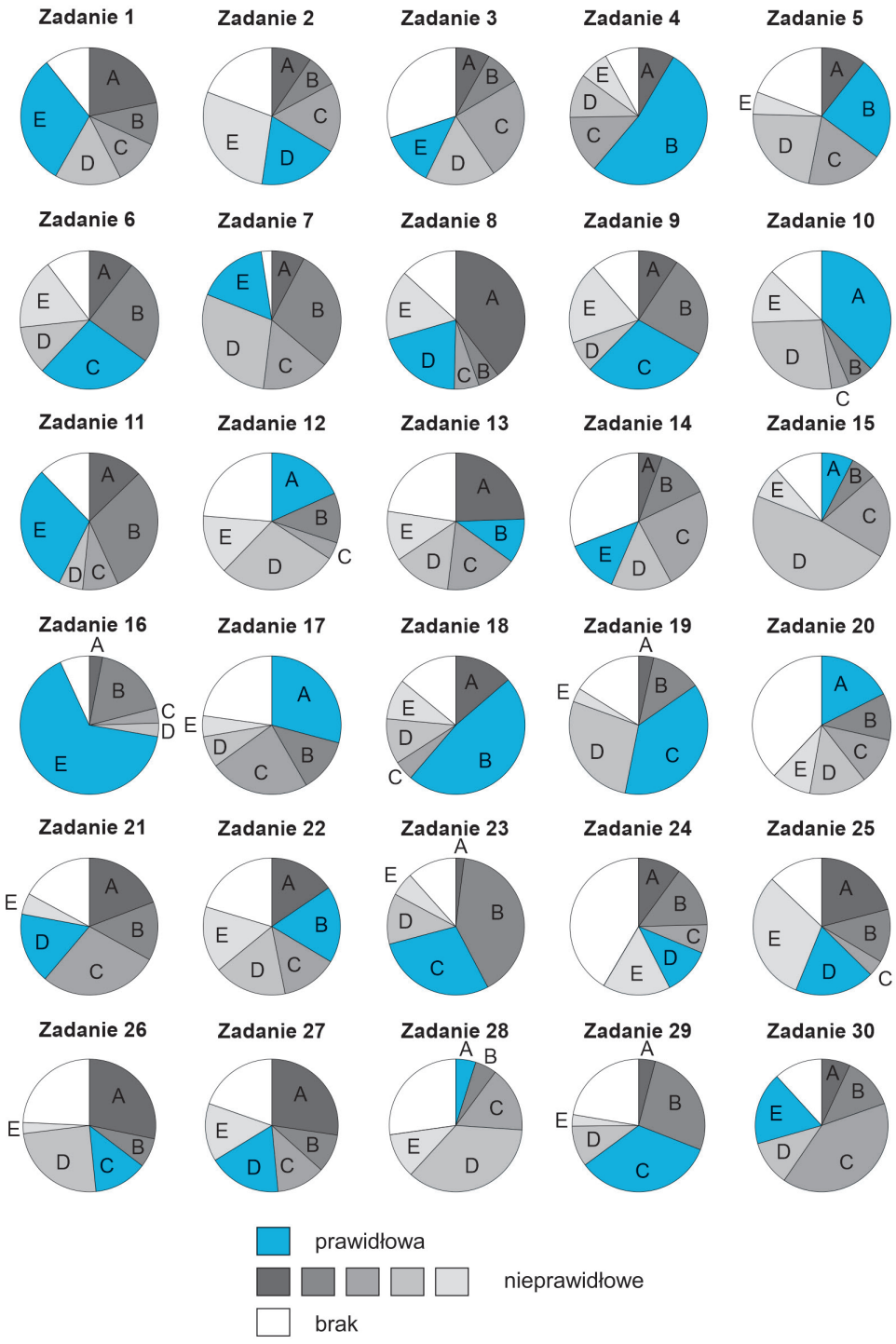
$$c^2 = a^2 - b^2.$$

Z rysunku przedstawionego w treści zadania odczytujemy: $a = 10$ j, $b = 6$ j, a stąd obliczmy $c = 8$ j. Aphelium to punkt na orbicie ciała niebieskiego obiegającego Słońce, znajdujący się w miejscu największego oddalenia, w odległości $r_a = a + c = 18$ j. od gwiazdy. Natomiast peryhelium to punkt na orbicie ciała niebieskiego obiegającego Słońce, znajdujący się w miejscu największego zbliżenia, w odległości $r_p = a - c = 2$ j. od gwiazdy.
Z zasady zachowania momentu pędu planety względem gwiazdy wynika, że iloczyn wartości prędkości planety i odległości planety od gwiazdy jest w peryhelim i aphelium taki sam, $v_p r_p = v_a r_a$. A zatem $v_p/v_a = r_a/r_p = 9$. **Odpowiedź A**.

■ **29.** Przez pierwszą połowę czasu trwania przeprawy przez rzekę prędkość motorówki wzdłuż rzeki zwiększa się od 0 m/s do 4 m/s, przez drugą połowę (po minięciu środka rzeki) wartość prędkości maleje do 0 m/s. Mamy więc do czynienia z ruchem wzdłuż rzeki najpierw jednostajnie przyspieszonym, a następnie jednostajnie opóźnionym. W każdym z tych etapów przemieszczenie motorówki wzdłuż rzeki jest takie samo i wynosi 50 m. Korzystając ze wzoru na drogę w ruchu jednostajnie przyspieszonym, $s = v_{max} \cdot t/2$, obliczamy czas, po jakim motorówka dopływa na środek rzeki – wynosi on 25 s. Cała przeprawa trwa 50 s, więc szerokość rzeki wynosi 80 m. **Odpowiedź C**.

■ **30.** Zadanie miało być łatwe, a okazało się trudne. W ciągu 1 godziny robaczek siedzący nieruchomo na końcu wskazówki sekundowej wykona 60 obrotów względem tarczy zegara. W tym samym czasie wskazówka minutowa wykona 1 obrót względem tarczy zegara, a więc 59 obrotów (wstecz) w układzie odniesienia robaczka. Zatem okres obrotu tej wskazówki w rozważanym układzie odniesienia wynosi 60 min/59. **Odpowiedź E**.

Klasy III i IV liceum i technikum



Sprawozdanie

Statystyka

Pomimo rocznej przerwy i zmiany organizatora konkurs „Lwiątko” nadal cieszy się popularnością. W obecnej edycji konkursu wzięło udział prawie 11 000 uczestników z około 1100 szkół. Tradycyjnie w konkursie wzięły udział szkoły we Lwowie oraz w czeskim Cieszynie. Rekordowo z jednej szkoły zgłoszono 95 uczniów, z dziewięćdziesięciu szkół po jednym. Około 36% uczestników to uczniowie szkół podstawowych, 22% to uczniowie gimnazjów, pozostałe 42% to uczniowie liceów i techników.

Wyniki

Średnie oraz mediany liczby uzyskanych punktów na poszczególnych poziomach:

Klasy	7 i 8 szkoły podstawowej	3 gimnazjum	liceum i technikum		
			I	II	III i IV
Średnia	49,1	54,4	38,4	40,2	40,2
Mediana	46,50	51,50	35,00	37,50	38,25

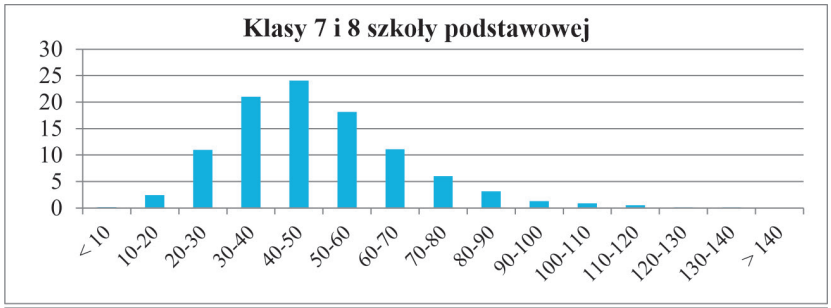
Na sąsiedniej stronie prezentujemy histogramy liczby uzyskanych punktów.

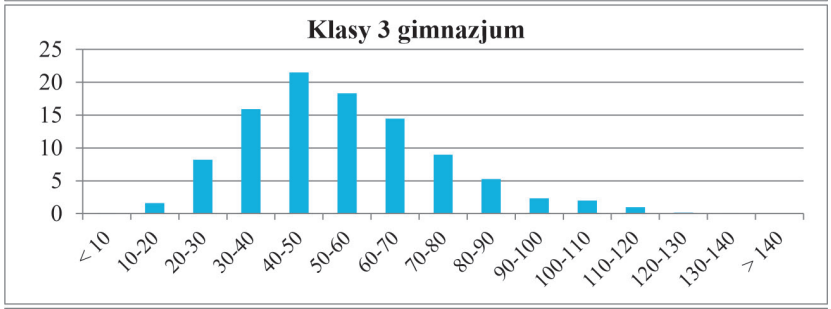
Mamy nadzieję, że zadania były ciekawe i nietrywialne, a że są trudne – to właśnie zmusza do wysiłku umysłowego. Niestety zadania we wszystkich kategoriach okazały się trudniejsze niż w poprzednich edycjach, choć autorzy bardzo starali się dostosować poziom trudności zadań do poziomu uczniów. Obiecujemy, że w kolejnej edycji, postaramy się bardziej. Przypominamy, że na starcie uczeń otrzymuje 30 pkt., za poprawną odpowiedź otrzymuje 3, 4 lub 5 pkt. w zależności od trudności, a za złą odpowiedź są punkty ujemne. Zwycięzcy oraz wyróżnieni otrzymali dyplomy oraz nagrody książkowe – między innymi książki popularnonaukowe i albumy. Mamy nadzieję, że nauczyciele również docenili pracę swoich uczniów i wynagrodzili ich wysokimi ocenami z fizyki. Wszyscy nauczyciele, którzy zorganizowali konkurs w swojej szkole otrzymali pisemne podziękowania, nauczyciele przygotowujący zwycięzców do konkursu – gratulacje.

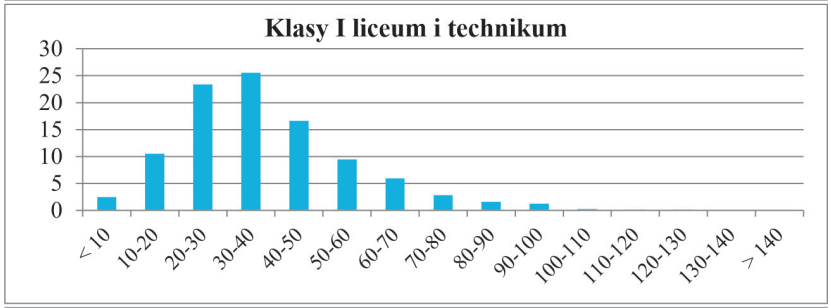
Uczestnicy, którzy zdobyli najwyższe wyniki, otrzymali nagrody oraz honorowe tytuły:

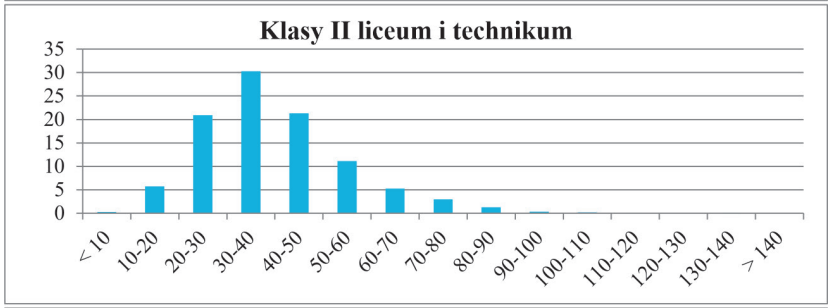
- „**hiperon Ω**” – dla osób, które uzyskały co najmniej 125 punktów,
- „**kaon**” – dla osób, które uzyskały co najmniej 100 i mniej niż 125 punktów,
- „**taon**” – dla osób, które uzyskały co najmniej 75 i mniej niż 100 punktów.

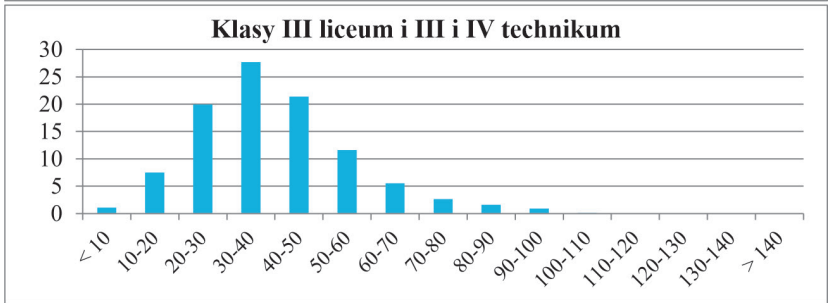
Przypominamy, że „Lwiątko” posiada swój profil na Facebooku, gdzie można również prowadzić dyskusje dotyczące zadań konkursowych. Zapraszamy do odwiedzenia i udziału w dyskusji.


Klasy 7 i 8 szkoły podstawowej
30
25
20
15
10
5
0
< 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
100-110
110-120
120-130
130-140
> 140


Klasy 3 gimnazjum
25
20
15
10
5
0
< 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
100-110
110-120
120-130
130-140
> 140


Klasy I liceum i technikum
30
25
20
15
10
5
0
< 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
100-110
110-120
120-130
130-140
> 140


Klasy II liceum i technikum
35
30
25
20
15
10
5
0
< 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
100-110
110-120
120-130
130-140
> 140


Klasy III liceum i III i IV technikum
30
25
20
15
10
5
0
< 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
100-110
110-120
120-130
130-140
> 140

A oto najlepsze rezultaty:

Klasy 7 i 8 szkoły podstawowej

1. **Antoni Staniewski**, Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 2 w Poznaniu, **138,75 pkt.**
2. *, Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 2 w Białymstoku, **133,75 pkt.**
3. **Kacper Omieliańczyk**, Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 2 w Białymstoku, **133,25 pkt.**
4. **Adam Stanowski**, Szkoła Podstawowa nr 23 we Włocławku, **132,50 pkt.**
5. **Olaf Sulima**, Szkoła Podstawowa Zgromadzenia Córek Bożej Miłości im. Franciszki Lechner w Bielsku-Białej, **125,00 pkt.**
6. *, Zespół Szkół Ogólnokształcących Integracyjnych nr 2 w Krakowie, **123,75 pkt.**
7. **Miłosz Rosa**, Zespół Oświatowy w Stoczku Łukowskim, **122,50 pkt.**
7. **Mateusz Nawrocki**, Publiczne Gimnazjum Gminy Sieradz im. Jana Pawła II w Sieradzu, **122,50 pkt.**
9. **Maciej Ziobro**, Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 64 STO w Krakowie, **118,75 pkt.**
9. *, Liceum Ogólnokształcące z Oddziałem Dwujęzycznym im. Piotra Michałowskiego TSSP w Krakowie, **118,75 pkt.**
9. **Małgorzata Jagieła**, Szkoła Podstawowa nr 5 w Rzeszowie, **118,75 pkt.**
9. **Mateusz Dobrzański**, Liceum Ogólnokształcące Katolickiego Towarzystwa Kulturalnego w Bielsku-Białej, **118,75 pkt.**

Klasy 3 gimnazjum

1. **Oliwier Urbański**, Gimnazjum nr 67 w Poznaniu, **137,50 pkt.**
2. **Jeremiasz Preiss**, Zespół Szkół nr 14 we Wrocławiu, **135,00 pkt.**
3. **Cezary Wystup**, VII Liceum Ogólnokształcące im. Dąbrówki w Poznaniu, **125,00 pkt.**
4. **Kamila Błaszczyna**, Szkoła Podstawowa z Oddziałami Integracyjnymi nr 12 im. Janusza Korczaka w Krakowie, **123,75 pkt.**
5. **Stanisław Nowakowski**, Zespół Szkół nr 14 we Wrocławiu, **122,50 pkt.**
6. **Korneliusz Obarski**, Prywatne Szkoły im. Królowej Jadwigi w Lublinie, **121,25 pkt.**
7. **Maciej Dąbkowski**, XLI Liceum Ogólnokształcące im. Joachima Lelewela w Warszawie, **120,00 pkt.**
7. **Piotr Maksymiuk**, Gimnazjum nr 3 w Świdniku, **120,00 pkt.**
7. *, Zespół Szkół Uniwersytetu Mikołaja Kopernika Gimnazjum i Liceum Akademickie w Toruniu, **120,00 pkt.**
10. **Mateusz Deptuch**, Szkoła Podstawowa nr 363 w Warszawie, **119,50 pkt.**

Klasy I liceum i technikum

1. *, IX Liceum Ogólnokształcące im. Klementny Hoffmanowej w Warszawie, **121,25 pkt.**
1. **Jakub Lewandowski**, Zespół Szkół Politechniki Łódzkiej w Łodzi, **121,25 pkt.**
3. **Antoni Grabowski**, Zespół Szkół Uniwersytetu Mikołaja Kopernika Gimnazjum i Liceum Akademickie w Toruniu, **116,25 pkt.**
4. **Władysław Młynik**, I Liceum Ogólnokształcące im. Marii Skłodowskiej- Curie w Sokołowie Podlaskim, **111,25 pkt.**
5. *, IX Liceum Ogólnokształcące im. Klementny Hoffmanowej w Warszawie, **107,50 pkt.**

6. **Piotr Kubala**, V Liceum Ogólnokształcące w Bielsku-Białej, **104,25 pkt.**
7. **Jakub Proboszcz**, Zespół Szkół Uniwersytetu Mikołaja Kopernika Gimnazjum i Liceum Akademickie w Toruniu, **103,75 pkt.**
8. **Michał Hemperek**, Zespół Szkół Elektryczno-Mechanicznych w Nowym Sączu, **102,00 pkt.**
9. **Wiktor Terlecki**, Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 2 w Białymstoku, **100,00 pkt.**
9. **Oskar Dąbkowski**, Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 7 w Szczecinie, **100,00 pkt.**

Klasy II liceum i technikum

1. **Karol Jaremczak**, I Liceum Ogólnokształcące w Słupsku, **136,00 pkt.**
2. **Marcin Makowski**, Zespół Szkół Uniwersytetu Mikołaja Kopernika Gimnazjum i Liceum Akademickie w Toruniu, **131,25 pkt.**
3. **Mateusz Winiarski**, Zespół Szkół Ogólnokształcących w Krośnie, **120,00 pkt.**
4. **Justyna Jaworska**, Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 7 w Szczecinie, **109,75 pkt.**
5. **Szymon Ryszkowski**, Zespół Szkół nr 6 w Jastrzębiu Zdroju, **105,50 pkt.**
6. **Mateusz Kapusta**, Liceum Ogólnokształcące nr III we Wrocławiu, **101,50 pkt.**
7. *, Zespół Szkół Politechniki Łódzkiej w Łodzi, **99,25 pkt.**
8. **Paweł Sajdak**, Zespół Szkół Ogólnokształcących w Krośnie, **98,75 pkt.**
9. **Jerzy Stempiński**, Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 7 w Szczecinie, **98,50 pkt.**
10. **Jakub Kappes**, Zespół Szkół Politechniki Łódzkiej w Łodzi, **97,75 pkt.**

Klasy III liceum i klasy III i IV technikum

1. **Rafał Bednarz**, Zespół Szkół Budowlanych i Ogólnokształcących im. Józefa Dechnika w Biłgoraju, **102,50 pkt.**
2. **Wojciech Kolesiński**, Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 7 w Szczecinie, **100,00 pkt.**
3. **Mateusz Kulejewski**, Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 6 w Bydgoszczy, **98,75 pkt.**
4. **Krzysztof Kowaczek**, Zespół Szkół Mechanicznych im. Arki Bożka w Raciborzu, **97,50 pkt.**
5. **Szymon Kuś**, Pijarskie Szkoły Królowej Pokoju w Łowiczu, **97,25 pkt.**
6. **Tomasz Maciocha**, Zespół Szkół Budowlanych i Ogólnokształcących im. Józefa Dechnika w Biłgoraju, **96,25 pkt.**
7. **Łukasz Majsiak**, Liceum Ogólnokształcące nr III we Wrocławiu, **94,25 pkt.**
8. *, VIII Liceum Ogólnokształcące w Katowicach, **92,25 pkt.**
9. **Michał Klimek**, Zespół Szkół Budowlanych i Ogólnokształcących im. Józefa Dechnika w Biłgoraju, **91,25 pkt.**
9. **Piotr Sawicki**, Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 7 w Szczecinie, **91,25 pkt.**

* – uczestnicy nie wyrazili zgody na publikację danych osobowych

Wszystkim uczestnikom oraz ich nauczycielom gratulujemy uzyskanych rezultatów i zapraszamy do wzięcia udziału w kolejnej edycji Ogólnopolskiego Konkursu Fizycznego „Lwiątko".

Organizatorzy

Spis treści

Lwiątko ze Lwowa 2

Zadania

Klasy 7 i 8 szkoły podstawowej 3

Klasy 3 gimnazjum 7

Klasy I liceum i technikum 11

Klasy II liceum i technikum 15

Klasy III i IV liceum i technikum 19

Odpowiedzi 23

Rozwiązania i odpowiedzi

Klasy 7 i 8 szkoły podstawowej 24

Klasy 3 gimnazjum 29

Klasy I liceum i technikum 35

Klasy II liceum i technikum 40

Klasy III i IV liceum i technikum 46

Sprawozdanie 52

Broszurkę wyprodukowano na potrzeby
Ogólnopolskiego Konkursu Fizycznego „Lwiątko”
Egzemplarz bezpłatny
Zadania i rozwiązania opracowali:
Piotr Goldstein, Paweł Kniaź, Adam Smólski, Dagmara Sokołowska, Witold Zawadzki

Zestawy zadań są chronione prawem autorskim.
© Copyright Fundacja Akademia Młodych Fizyków, Kraków

Skład i łamanie *Witold Zawadzki*
Druk *Mediaevent Sp. z o. o.*
Nakład 2000 egz.