



LXIII Olimpiada Fizyczna

Zadania zawodów I stopnia

Rozwiązania zadań I stopnia należy przysyłać do **Okręgowych Komitetów Olimpiady Fizycznej** w terminach:

część I – do 11 października br.

część II – do 15 listopada br.

O kwalifikacji do zawodów II stopnia będzie decydować suma punktów uzyskanych za rozwiązania zadań części I i II.

Szczegóły dotyczące regulaminu oraz organizacji Olimpiady można znaleźć na stronie internetowej <http://www.kgof.edu.pl>.

Krótką informacją na temat poprawnej redakcji rozwiązań zadań Olimpiady Fizycznej

Zadania powinny być rozwiązane jasno, przejrzysto i czytelnie. Każde zadanie powinno być rozwiązane na oddzielnej kartce papieru. Poszczególne etapy rozumowania należy opisać, a wszelkie zależności fizyczne, które nie są wprost podane w podręcznikach szkolnych – udowodnić. Należy również objaśnić wszelkie oznaczenia występujące w rozwiązaniach zadań. Rysunki mogą być wykonane odręcznie – muszą być jednak przejrzyste i czytelne oraz dobrze opisane w tekście.

Rozumowanie przedstawione w rozwiązaniach nie może zawierać luk logicznych. Każdy krok rozumowania powinien być zwięźle opisany, a przyjęte założenia – klarownie uzasadnione. Rozwlekłość jest uznawana za ujemną cechę pracy.

Rozwiązanie zadania teoretycznego powinno być poprzedzone analizą problemu poruszanego w zadaniu, a zakończone dyskusją wyników. Rozwiązania zadań teoretycznych powinny odnosić się do ogólnej sytuacji opisanej w treści, dane liczbowe (o ile podane) powinny być podstawione dopiero do ostatecznych wzorów.

W zadaniach doświadczalnych należy wyraźnie rozgraniczyć część teoretyczną i doświadczalną. Część teoretyczna zadania doświadczalnego powinna zawierać analizę problemu wraz z wyprowadzeniem niezbędnych wzorów (o ile nie ma ich wprost w podręcznikach szkolnych) oraz sugestie metody doświadczalnej. Część doświadczalna powinna zawierać m.in. opis układu doświadczalnego ilustrowany rysunkiem, opis wykonanych pomiarów, wyniki pomiarów, analizę czynników mogących wpływać na wyniki (jak np. rozpraszanie energii lub opory wewnętrzne mierników), opracowanie wyników wraz z dyskusją niepewności pomiarowych. Wykresy do zadania doświadczalnego powinny być starannie wykonane, najlepiej na papierze milimetrowym. Ocenie podlegają wyłącznie elementy rozwiązania opisane w pracy. W zadaniach doświadczalnych osobno oceniana jest część teoretyczna i część doświadczalna.

W rozwiązaniach można posługiwać się dowolnym układem jednostek, chyba że tekst zadania mówi wyraźnie inaczej.

Część I (termin wysyłania rozwiązań – 11 października 2013 r.)

Uwaga: Rozwiązania zadań należy zamieścić w kolejności zgodnej z ich numeracją. Wszystkie strony pracy powinny być ponumerowane. Na każdym arkuszu należy umieścić nazwisko i imię oraz adres autora pracy. Na pierwszym arkuszu pracy dodatkowo należy podać nazwę, adres szkoły i klasę oraz nazwisko i imię nauczyciela fizyki.

Podaj i krótko uzasadnij odpowiedź. Za każde z 15 zadań można otrzymać maksimum 4 punkty.

1. Rozważmy balon w kształcie bryły obrotowej o wydłużonym kształcie. Powłoka balonu jest jednakowo gruba w każdym miejscu. Jak zmienia się proporcje balonu po dalszym dopompowywaniu: będzie on bardziej wydłużony, bliższy kształtem kuli, czy proporcje się nie zmienią?

Dla uproszczenia przyjmij, że początkowo balon ma kształt walca zakończonego półsferami, a ciśnienie w jego wnętrzu jest równe ciśnieniu na zewnątrz.

2. Ujemny biegun akumulatora samochodowego jest zwykle podłączony do karoserii (masy). Chcemy wymontować taki akumulator, odłączając przewody przy pomocy niez izolowanych metalowych narzędzi. Biorąc pod uwagę względy bezpieczeństwa, od którego bieguna powinniśmy najpierw odłączyć przewód? W jakiej kolejności powinniśmy podłączać przewody montując akumulator z powrotem?

3. Stojąc na podłodze, jedną ręką podtrzymujemy lekko rower, żeby się nie przewrócił, a drugą ciągniemy w kierunku tyłu roweru za pedał znajdujący się w najniższym położeniu. W którą stronę – do przodu, czy do tyłu – przesunie się rower? Czy dla każdego roweru odpowiedź jest taka sama?

4. Rurka obraca się w płaszczyźnie poziomej podłogi ze stałą prędkością kątową ω . W odległości r od osi obrotu, wewnątrz rurki znajduje się kulka o średnicy nieco mniejszej od wewnętrznej średnicy rurki, utrzymywana w tej odległości za pomocą nitki.

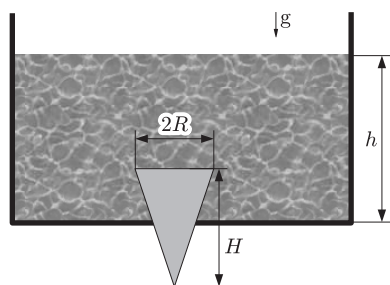
Ile będzie wynosić według nieruchomego obserwatora przyspieszenie kulki tuż po pęknięciu nitki?

Pomiń tarcie kulki o rurkę.

5. Kartka papieru leży na równym poziomym stole. Przez środek kartki w stół wbito szpilkę, a do rogu kartki przyłożono siłę skierowaną równoległe do krótszego boku. Maksymalna wartość tej siły, przy której kartka jeszcze się nie obraca, to F_1 . Ile wynosi maksymalna wartość siły nie powodującej jeszcze obrotu kartki, jeśli jest ona tak samo skierowana jak poprzednio i przyłożona w tym samym punkcie, a szpilka jest wbita w kartkę tuż przy rogu przeciwnym do punktu przyłożenia siły?

6. Rozważmy dwie identyczne kulki, znajdujące się początkowo na tej samej wysokości. W tym samym momencie jedną z nich rzucono poziomo, a drugą upuszczono z zerową prędkością początkową. Siła oporu powietrza działająca na kulki jest proporcjonalna do kwadratu prędkości. Która kulka wcześniej spadnie na ziemię? Jaka powinna być zależność siły oporu od prędkości, żeby kulki spadły jednocześnie?

7. Powiększenie w aparacie fotograficznym można uzyskać na dwa sposoby: zmieniając ogniskową (powiększenie optyczne) oraz powiększając do wymiarów zdjęcia jedynie fragment obrazu padającego na matrycę aparatu (powiększenie cyfrowe). Rozpatrzmy prosty model pierwszego przypadku: soczewka o ogniskowej f_1 znajdująca się w przybliżeniu w odległości f_1 od matrycy zostaje zastąpiona przez soczewkę o identycznej średnicy jak poprzednia (ta sama wielkość otworu, przez który przechodzi światło) o ogniskowej $f_2 > f_1$ znajdującą się w przybliżeniu w odległości f_2 od matrycy. Który przypadek – powiększenie optyczne, czy cyfrowe – jest bardziej korzystny z punktu widzenia teoretycznej przydatności do robienia zdjęć przy słabym świetle (tzn. w którym przypadku na obszar matrycy, z którego powstanie zdjęcie, w tym samym czasie pada więcej światła)?



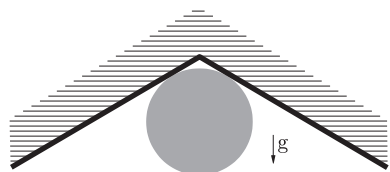
Rys. 1

Przyjmij, że przedmiot znajduje się w odległości od soczewki znacznie większej od ogniskowej, a ogniskowa jest znacznie większa od średnicy soczewki.

8. Maksymalna możliwa zdolność rozdzielcza układu optycznego jest określona przez efekty dyfrakcyjne. Dla aparatu fotograficznego możemy ją określić jako wielkość na zdjęciu plamki będącej obrazem odległego, punktowego źródła światła. Rozważając wprowadzone w zadaniu 7. metody powiększenia (optyczne i cyfrowe) ustal, która metoda prowadzi do lepszej teoretycznej zdolności rozdzielczej aparatu.

Przyjmij takie same założenia jak w zadaniu 7.

9. Mamy dwa trójkołowe rowery o jednym kole sterującym z przodu i dwóch kołach z tyłu. Przednie koła są takie same, natomiast tylne w pierwszym rowerze są duże, a w drugim małe. Który z rowerów jest stabilniejszy przy szybkiej jeździe na zakręcie o małym promieniu, tzn. w którym przypadku niebezpieczeństwo przewrócenia się na bok jest mniejsze?



Rys. 2

Przyjmij, że położenie punktów styczności kół z podłożem, położenie środka masy oraz masa roweru z rowerzystą są takie same w obu przypadkach. Droga jest równa i pozioma. Koła rowerów nie są amortyzowane, a ich masa w obu przypadkach jest taka sama. Przyjmij, że większość masy koła znajduje się w pobliżu jego obwodu.

10. W płaskim dnie naczynia znajduje się okrągły otwór o promieniu $R/2$. Otwór zatkało korkiem w kształcie stożka o wysokości H i promieniu podstawy R (patrz rysunek 1). Wysokość poziomej cieczy w naczyniu wynosi h . Jakie co najmniej musi być h , aby korek nie wyskoczył z otworu?

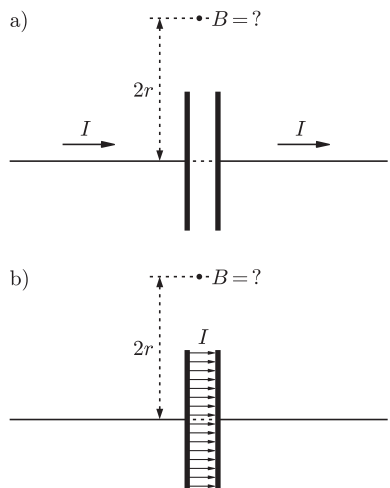
Średnia gęstość korka jest znacznie mniejsza od gęstości cieczy. Między korkiem a otworem nie występuje tarcie.

11. Robert kopnął piłkę tak, że ugrzęzła w załamaniu – o kącie 120° – skośnego sufitu (patrz rysunek 2). Ile co najmniej musi wynosić współczynnik tarcia piłki o sufit, aby to było możliwe?

Piłki nie przykleja się do sufitu.

12. Rozważmy kondensator płaski, którego okładki są kołami o promieniu r , a odległość między nimi wynosi d . Do kondensatora dochodzą długie, prostoliniowe przewody. Wyznacz pole magnetyczne w punkcie znajdującym się w równej odległości od każdej z okładek, w odległości $R = 2r$ od osi kondensatora, gdy

- przez przewody płynie prąd I ,
- przez przewody nie płynie prąd, ale ośrodek między okładkami ma pewne przewodnictwo elektryczne i między okładkami płynie jednorodny prąd o całkowitej wartości I (kondensator się rozładowuje).



Rys. 3

13. Przez gęsto nawiniętą cewkę o N zwojach, długości L i promieniu $R \ll L$ płynie prąd o natężeniu I . Rozważmy płaszczyznę przechodzącą przez środek cewki i prostopadłą do jej osi. Ile wynosi strumień indukcji pola magnetycznego przez część tej płaszczyzny, znajdującą się na zewnątrz cewki?

Uwzględnij, że płaszczyzna jest nieskończona (tzn. jej rozmiary są znacznie większe od L).

14. Marek używa elektronicznej wagi łazienkowej. Ze zdziwieniem stwierdził, że gdy waży się w łazience, której podłoga wyłożona jest płytkami ceramicznymi, to waga wskazuje 60 kg, a gdy waży się w pokoju wyłożonym miękką wykładziną, to waga wskazuje 55 kg. Jak to jest możliwe?

15. Wyniki eksperymentów przeprowadzonych w Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC) Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych (CERN) potwierdzają hipotezę, że istnieje cząstka nazwana bozonem Higgsa i że masa tej cząstki wynosi ok. $125 \text{ GeV}/c^2$.

Jedną z możliwości rozpadu bozonu Higgsa jest rozpad na cztery miony (dwa μ^+ i dwa μ^-) o masie $106 \text{ MeV}/c^2$ i średnim czasie życia $\tau = 2,2 \cdot 10^{-6} \text{ s}$ każdy. Jaką średnio drogę w układzie bozonu Higgsa przebędzie do momentu swojego rozpadu każdy z mionów przy założeniu, że nie zderzy się z innymi cząstkami?

W przypadku relatywistycznym obowiązują wzory: $E^2 = m^2 c^4 + p^2 c^2$, $v = pc^2/E$, $T = T_0 \cdot E/(mc^2)$, gdzie E , p , m , v oraz c to odpowiednio energia całkowita, pęd, masa, prędkość oraz prędkość światła, T_0 to średni czas życia cząstki we własnym układzie odniesienia, T to średni czas życia tej cząstki dla obserwatora, względem którego ma ona energię E .

Uwaga: Pierwszym etapem opisanego rozpadu bozonu Higgsa są dwa bozony Z , a dopiero one rozpadają się na miony. Średni czas życia bozonu Z jest jednak tak mały, że ten etap został powyżej pominięty.

Część II (termin wysyłania rozwiązań – 15 listopada 2013 r.)

Uwaga: Rozwiązanie każdego zadania powinno być napisane na oddzielnym arkuszu papieru podaniowego. Na każdym arkuszu należy umieścić nazwisko i imię oraz adres autora pracy, a także nazwę, adres szkoły i klasę oraz nazwisko i imię nauczyciela fizyki. Do pracy należy dołączyć kopertę zaadresowaną do siebie.

Zadania teoretyczne

Należy przesłać rozwiązania trzech (i tylko trzech) dowolnie wybranych zadań teoretycznych. Za każde z trzech zadań można otrzymać maksimum 20 punktów.

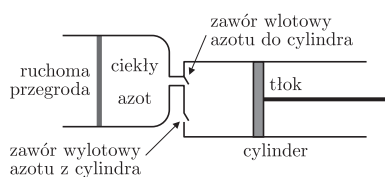
T1. Astronomowie zaobserwowali zbliżającą się do Ziemi planetoidę. Ustalono, że planetoida znajdowała się w odległości $r_0 = 50000 \text{ km}$ od środka Ziemi, zbliżała się do niego z prędkością $v_0 = 20 \text{ km/s}$, a jej prędkość kątowna względem tego środka, mierzona w układzie inercjalnym, wynosiła $\omega_0 = 5,6 \cdot 10^{-5} \text{ rad/s}$.

Pomijając wpływ Słońca, Księżyca i innych ciał niebieskich ustal, czy planetoida ominie Ziemię.

T2. Skonstruowano samochód napędzany ciekłym azotem. Silnik samochodu działa wieloetapowo. W pierwszym etapie porcja azotu wrze w temperaturze T_1 i pod ciśnieniem p_1 , a powstająca para przesuwając tłok. Po odparowaniu całej porcji azotu jest on jednocześnie ogrzewany i rozprężany, tak, że ciśnienie maleje liniowo ze wzrostem objętości, a w końcowym punkcie tego etapu ciśnienie i temperatura azotu są równe ciśnieniu otoczenia p_0 i temperaturze otoczenia T_0 . Następnie tłok wypychając azot do otoczenia powraca do położenia początkowego i pobierana jest kolejna porcja ciekłego azotu. Zbiornik posiada przegrodę, przesuwającą się w trakcie pobierania tej porcji tak, by ciśnienie w zbiorniku pozostawało stałe (całkowita praca wykonywana w tym etapie jest równa zero – praca zużywana na przesunięcie przegrody jest równa pracy uzyskiwanej przy przesuwaniu tłoka).

Gęstość ciekłego azotu w temperaturze T_1 i pod ciśnieniem p_1 wynosi ρ_1 , a ciepło parowania – q_1 .

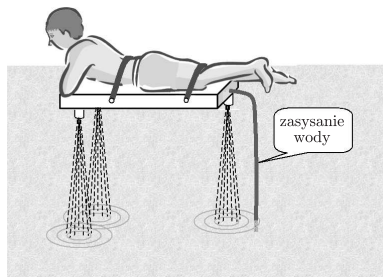
Jaką średnią moc P ma silnik samochodu, jeśli zużywa on masę Δm azotu w ciągu czasu Δt ?



Rys. 4

Podaj wartość liczbową tej mocy dla $T_1 = 107 \text{ K}$, $p_1 = 1,23 \cdot 10^6 \text{ Pa}$, $\rho_1 = 644 \text{ kg/m}^3$, $T_0 = 300 \text{ K}$, $p_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $\Delta m = 10 \text{ kg}$, $\Delta t = 3600 \text{ s}$.

Przyjmij, że gazowy azot jest gazem doskonałym o stałym cieple właściwym. Masa molowa gazowego azotu to $\mu = 0,028 \text{ kg/mol}$. Uniwersalna stała gazowa $R = 8,31 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$.



Rys. 5

T3. Skonstruowano urządzenie, które przypięte do człowieka, umożliwia unoszenie się go nad powierzchnią wody. Posiada ono dysze, z których pionowo w dół wytryskuje woda, przy czym całkowita powierzchnia przekroju poprzecznego wytryskujących strumieni wynosi s_1 . Woda jest zasysana rurą o przekroju poprzecznym s_2 . Gęstość wody wynosi ρ , przyspieszenie ziemskie wynosi g .

Jaka powinna być prędkość wypływu wody v , aby to urządzenie wraz przypiętą osobą utrzymało się nad powierzchnią wody, jeśli całkowita masa (urządzenie, człowiek, woda w rurach) wynosi m ?

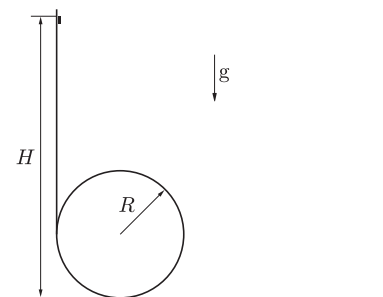
Pomijając straty energii przy zasysaniu wody oraz na dalszych etapach jej przepływu, wyznacz moc P , jaka jest wydatkowana, gdy urządzenie unosi się na wysokości h (jest to odległość wylotów dysz od powierzchni wody).

Przyjmując $m = 150 \text{ kg}$, $s_1 = 0,005 \text{ m}^2$, $s_2 = 0,005 \text{ m}^2$, $h = 5 \text{ m}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ wyznacz v oraz P .

T4 (zadanie numeryczne). Rozważmy tor składający się z bardzo długiego pionowego odcinka oraz pętli o promieniu R i kącie 45° przechodzącej w poziomy odcinek.

Z pewnej wysokości, po pionowym odcinku toru puszczamy mały klocek, którego współczynnik tarcia o tor wynosi μ . Niech H będzie minimalną wysokością, z której puszczony klocek przebędzie całą pętlę nie odrywając się od niej.

Wyznacz H dla μ od 0 do 0,5 co 0,05.



Rys. 6

Pomiń opór powietrza.

Uwaga: Wskazówki dotyczące rozwiązywania zadań numerycznych znajdziesz w treściach i rozwiązaniach zadań numerycznych z poprzednich olimpiad.

Zadania doświadczalne

Przesłać należy rozwiązania dwóch (i tylko dwóch) zadań dowolnie wybranych z trzech podanych zadań doświadczalnych. Za każde zadanie można otrzymać maksimum 40 punktów.

D1. Na ciecz przepływającą przez wąską rurkę działa siła oporu F_{op} proporcjonalna do iloczynu długości rurki L oraz przepływu cieczy Q (masy cieczy wypływającej z rurki w jednostce czasu). Możemy zatem zapisać $F_{op} = \alpha \cdot Q \cdot L$, gdzie α jest pewnym współczynnikiem. Masz do dyspozycji:

- plastikową butelkę o pojemności około 1 litra,
- menzurkę o pojemności około 1 litra,
- olej spożywczy (np. słonecznikowy),
- linijkę lub papier milimetrowy,
- słomkę do napojów o średnicy $5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$,
- plastelinę i taśmę klejącą,
- nożyczki do cięcia butelki i słomki,
- statyw,
- kamerę internetową podłączoną do komputera z programem umożliwiającym odczytanie dokładnego czasu danej klatki filmu.

Wyznacz zależność przepływu oleju przez słomkę od ciśnienia na wysokości wlotu słomki. Pomiary przeprowadź w zakresie ciśnień od 0 do 1200 Pa ponad ciśnienie atmosferyczne. Na tej podstawie wyznacz współczynnik α . Przyjmij, że gęstość oleju wynosi $\rho = 0,9 \text{ g/cm}^3$.

D2. Podczas działania latarki wolframowe włókno żaróweczki znaczną część dostarczanej energii emituje w postaci promieniowania elektromagnetycznego. Jeśli jednak stłuc szklaną bańkę i umieścić żaróweczkę w cieczy, dominujące

stają się inne mechanizmy chłodzenia. Odprowadzana moc P jest w znacznym zakresie temperatur proporcjonalna do różnicy temperatury włókna T i temperatury otoczenia T_0 :

$$P = \alpha \cdot (T - T_0).$$

Wyznacz współczynnik α dla trzech różnych cieczy: wody, gliceryny i oleju jadalnego. Masz do dyspozycji:

- żaróweczkę od latarki na napięcie z zakresu 3 V do 6 V,
- regulowane źródło napięcia stałego (np. zasilacz lub baterię z opornicą),
- woltomierz i amperomierz (np. dwa mierniki uniwersalne),
- kable połączeniowe,
- zlewkę,
- wodę, glicerynę i olej jadalny (np. słonecznikowy).

Przyjmij następującą zależność oporu właściwego wolframu ρ od temperatury

$$\rho = \rho_0 \cdot [1 + \beta \cdot (T - T_0)]$$

gdzie ρ_0 jest pewnym współczynnikiem, a $\beta = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. W rozwiązaniu podaj dane techniczne użytej żaróweczki.

D3. Masz do dyspozycji:

- dwie lampy z odsłoniętymi identycznymi żarówkami (bez klosza ani reflektora),
- linijkę lub taśmę mierniczą,
- 10 mikroskopowych płytek szklanych (podstawowych),
- kartkę papieru z niewielką tłustą plamą.

Wyznacz, jaka część światła padającego prawie prostopadle na pojedynczą płytkę szklaną ulega odbiciu. Zaniedbaj absorpcję światła w szkle.