LVIII OLIMPIADA FIZYCZNA — ZADANIA ZAWODÓW I STOPNIA

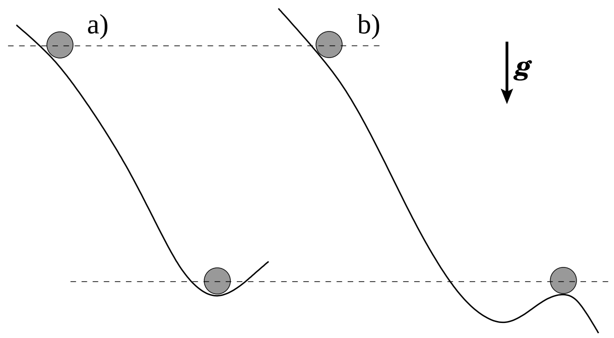
Rozwiązania zadań I stopnia należy przesyłać do **Okręgowych Komitetów Olimpiady Fizycznej** w terminach: część I — do 15 października b.r, część II — do 15 listopada b.r.. O kwalifikacji do zawodów II stopnia będzie decydować suma punktów uzyskanych za rozwiązania zadań części I i II.
Szczegóły dotyczące regulaminu oraz organizacji Olimpiady można znaleźć w broszurze i na afiszu rozesłanych do szkół średnich oraz na stronie internetowej http://www.kgof.edu.pl.

CZĘŚĆ I (termin wysyłania rozwiązań — 15 października 2008 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.

Zadanie 1
Rozważmy walec staczający się po torach przedstawionych na rysunku 1.

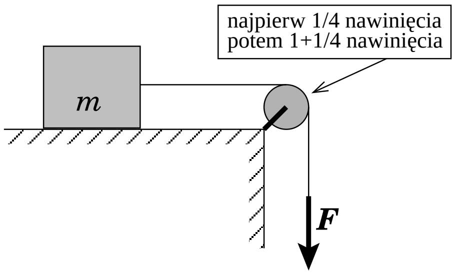


rys. 1

W obu przypadkach jest to ten sam walec, początkowe i końcowe położenia środka masy są odpowiednio takie same, walec początkowo spoczywa, a toczy się bez poślizgu i nie podskakuje po drodze. W którym przypadku w położeniu końcowym walec ma większą energię kinetyczną ruchu obrotowego? W którym przypadku w położeniu końcowym walec ma większą prędkość liniową? Tarcie toczne i opór powietrza pomijamy.

Zadanie 2
Drużyny startują w zawodach na przeciąganie liny. Jak powinni ustawić się zawodnicy: od najwyższego do najniższego (patrząc od drużyny przeciwnej), czy odwrotnie, aby szansa na zwycięstwo była większa?
Zakładamy, że współczynnik tarcia butów o podłoże jest dla każdego z zawodników taki sam. Przyjmij, że każdy z zawodników trzyma linę w 2/3 swojej wysokości.

Zadanie 3
Lina jest przewieszona przez nieruchomy walec (rys. 2). Z jednej strony jest przymocowany klocek o masie $m = 1\,\mathrm{kg}$, z drugiej ciągniemy pionowo w dół z siłą $F = 10\,\mathrm{N}$. W tym przypadku przyspieszenie klocka wynosi $a_1 = 5\,\mathrm{m/s^2}$. Następnie linę zawinięto dodatkowo jeden raz na walcu. Ile wynosi przyspieszenie a_2 klocka w tym przypadku, jeśli za wolny koniec liny ciągniemy ponownie z siłą $F = 10\,\mathrm{N}$?



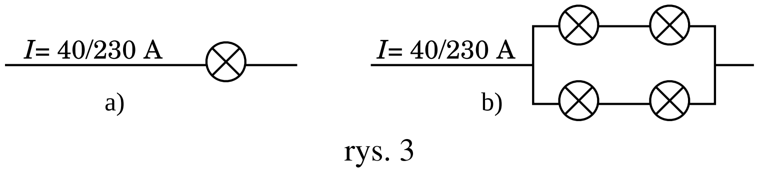
rys. 2

Miedzy klockiem a podłożem nie ma tarcia, jest jednak niezerowe tarcie między liną a walcem. Lina jest cienka, wiotka, nieważka i nierozciągliwa. Powierzchnia walca jest taka sama w każdym miejscu.
Wskazówka:
Załóżmy, że naprężenie z jednego końca liny wynosi N_1, a z drugiego – N_2. Jeśli naprężenie z jednego końca wzrośnie k razy (gdzie k jest dowolną liczbą), to również naprężenie z drugiego końca wzrośnie k razy.

Zadanie 4
Z odległości $x = 1\,\mathrm{m}$ zrobiono zdjęcie świecącemu przedmiotowi. Czas naświetlania wynosił $T_1 = 1/10\,\mathrm{s}$. Następnie między aparat a przedmiot wstawiono akwarium o takich rozmiarach, że tylna ścianka niemal dotykała przedmiotu, a przednia niemal dotykała obiektywu aparatu. Potem zmieniono ogniskową aparatu tak, żeby obraz przedmiotu na matrycy miał taką samą wielkość jak poprzednio. Jaki powinien być czas naświetlania T_2 w tym drugim przypadku, aby jasność przedmiotu na zdjęciu była taka sama jak poprzednio?
Przyjmij, że średnica d otworu przysłony obiektywu oraz czułość matrycy aparatu są w obu przypadkach takie same. Pomiń odbicie światła na granicach ośrodków oraz pochłanianie i rozpraszanie światła w wodzie. Prócz przedmiotu nie ma żadnych innych źródeł światła. Przedmiot był mały i znajdował się na osi optycznej aparatu. Przy obrocie przedmiotu o mały kąt (rzędu d/x) wygląd przedmiotu i natężenie światła dochodzącego do obiektywu nie ulega zauważalnej zmianie. Wartości pozostałych danych potrzebnych do rozwiązania zadania, wyszukaj w tablicach.

Zadanie 5
Trzy osoby chcą się dostać szosą z punktu A do punktu B odległego o $s = 50\,\mathrm{km}$. Mają dwuosobowy motocykl, który rozwija prędkość $60\,\mathrm{km/h}$ bez względu na to, czy jedzie nim 1 czy 2 osoby. Tylko pierwsza z tych osób ma prawo jazdy; druga idąc szosą porusza się z prędkością $v_1 = 4\,\mathrm{km/h}$, a trzecia – z prędkością $v_2 = 6\,\mathrm{km/h}$.
Jaki jest najkrótszy czas, w którym wszystkie te trzy osoby dotrą do celu swojej podróży?

Zadanie 6
Rozważmy przedstawione na rysunkach dwa układy identycznych żarówek. Każda z żarówek jest zwykłą żarówką o (skutecznym) napięciu znamionowym $230\,\mathrm{V}$ i mocy $40\,\mathrm{W}$. W obu przypadkach całkowity prąd (skuteczny) I płynący przez układ jest równy $40/230\,\mathrm{A}$. W którym przypadku w pokoju będzie jaśniej, tzn. który układ emituje więcej światła?



rys. 3

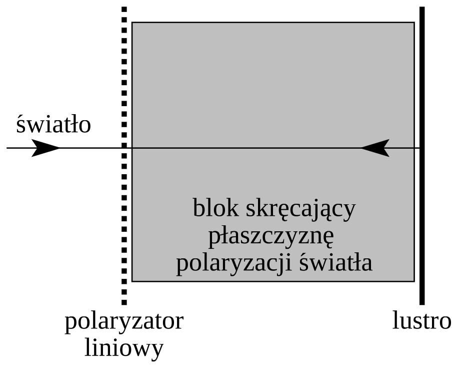
Rozważ dwa przypadki:
i) Teoretyczny przypadek, w którym pomijamy zależność oporu włókna żarówki od temperatury.
ii) Przypadek rzeczywisty z włóknem wolframowym.
W razie potrzeby skorzystaj z informacji zawartych w dostępnych ci źródłach.

Zadanie 7

Na poziomym stole przykrytym cienkim obrusem spoczywa jednorodna kula. Nagle szarpiemy za obrus, wyciągając go spod kuli. Opisz jakościowo zachowanie kuli od momentu, kiedy zetknie się z powierzchnią stołu (w tym podaj, czy kula stoczy się ze stołu, a jeśli tak, to w którą stronę).
Przyjmij, że nie występuje tarcie toczne i opór powietrza. Stół jest na tyle duży, że kula przestaje się ślizgać po stole zanim z niego spadnie. Współczynnik tarcia kuli o obrus wynosi $f_1 = 0,4$, a kuli o stół – $f_2 = 0,2$.

Zadanie 8

Układ optyczny składa się z polaryzatora liniowego, bloku skręcającego płaszczyznę polaryzacji światła (patrz dalej) oraz lustra (rys. 4). Promień światła przechodzi przez polaryzator, następnie przez blok skręcający płaszczyznę polaryzacji światła, odbija się od lustra i poprzez blok skręcający płaszczyznę polaryzacji światła wraca do polaryzatora. Czy można tak dobrać grubość bloku d, aby powracająca wiązka była całkowicie wygaszona przez polaryzator?

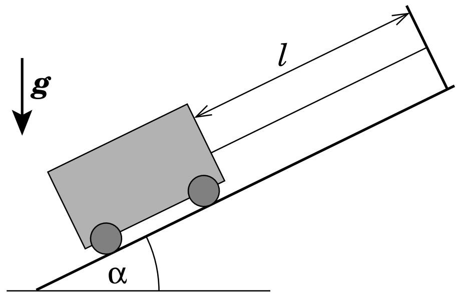


rys. 4

Rozważ następujące przypadki:
a) blok skręcający płaszczyznę polaryzacji światła jest kuwetą z roztworem sacharozy (kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji jest równy $\alpha = kcd$, gdzie c jest stężeniem roztworu, d – grubością warstwy, przez którą przechodzi promień, k – stałą);
b) blok skręcający płaszczyznę polaryzacji światła jest substancją skręcającą tę płaszczyznę pod wpływem pola magnetycznego równoległego do wiązki światła (kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji jest równy $\alpha = vd\,\vec{n} \cdot \vec{B}$, gdzie $\vec{B}$ jest wektorem indukcji zewnętrznego pola magnetycznego, $\vec{n}$ – kierunkiem biegu promienia, d – grubością warstwy, przez którą przechodzi promień, v – stałą zależną od rodzaju materiału).

Zadanie 9

Wózek o całkowitej masie $m = 10\,\mathrm{kg}$ znajduje się na równi pochyłej o kącie nachylenia $\alpha = 30°$. Wózek jest przywiązany do słupka wiotką, nierozciągliwą liną długości $l = 1\,\mathrm{m}$ (patrz rysunek 5). Jaką najmniejszą siłą, w którym punkcie układu przyłożoną i w jakim kierunku należy podziałać, aby (wolno) przesunąć wózek w górę równi na odległość $a = 0,01\,\mathrm{m}$?
Nie występuje opór toczenia przy przesuwaniu wózka w górę (lub w dół) równi, ale wózek nie przesuwa się na boki. Jeśli siła potrzebna do przesunięcia zmienia się w trakcie przesuwania,

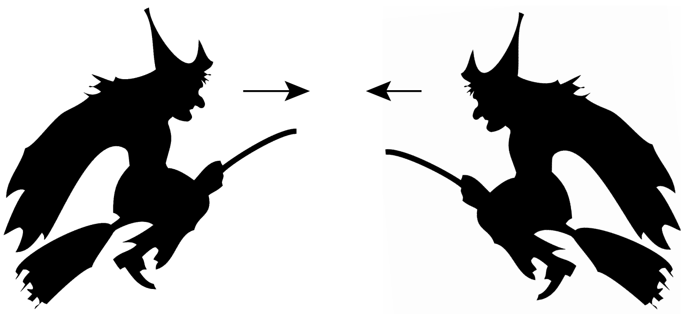


rys. 5

podaj maksymalną wartość tej siły.

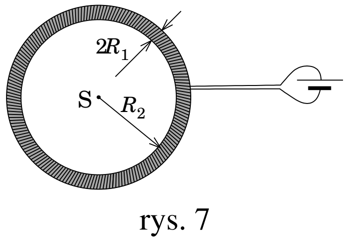
Zadanie 10
Rozważmy dwie metalowe powłoki w kształcie sfer. Pierwsza z nich jest naładowana ładunkiem Q, a druga jest obojętna elektrycznie. W jakiej sytuacji jest możliwe, aby w wyniku zetknięcia tych powłok cały ładunek z pierwszej powłoki przepłynął do drugiej powłoki? A może jest to niemożliwe?
Zakładamy, że nie występują żadne zewnętrzne pola elektryczne.

Zadanie 11
Mijają się dwie relatywistyczne czarownice lecące na identycznych miotłach (rys. 6). W układzie czarownicy A długość miotły czarownicy B wynosi l_B, a w układzie czarownicy B długość miotły czarownicy A wynosi l_A. Czy możliwe jest aby $l_A \neq l_B$? A jeśli tak, to jaka jest najmniejsza prędkość względna czarownic, przy której może być $l_A = l/2$, $l_B = l/3$, gdzie l jest długością miotły w jej układzie odniesienia?
Przyjmij, że rozmiary poprzeczne mioteł są dużo mniejsze od ich długości.



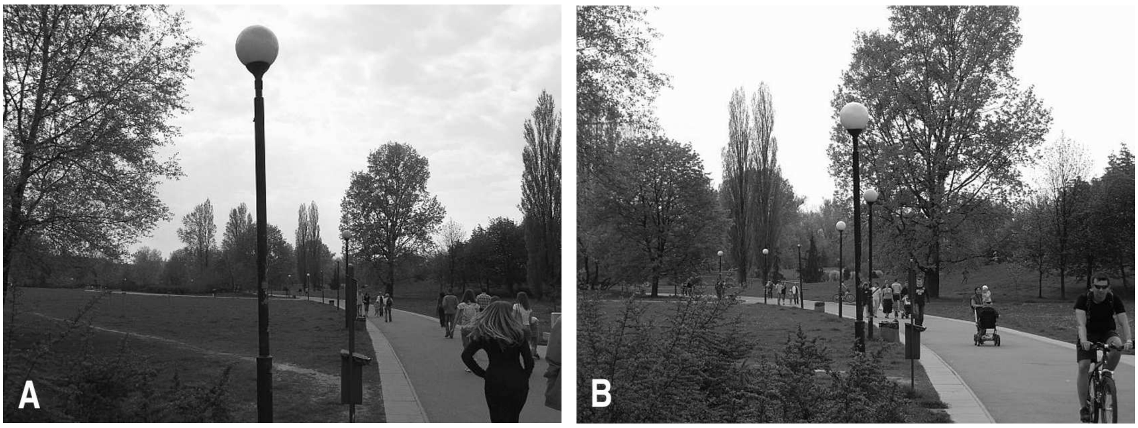
rys. 6

Zadanie 12
Drut jest nawinięty na torus o promieniach R_1 i R_2, gdzie $R_2 \gg R_1$. Oblicz indukcję pola magnetycznego w środku układu S (patrz rysunek 7), jeśli przez drut płynie prąd I, a liczba zwojów wynosi N. Zwoje są nawinięte na torus bardzo gęsto i tworzą tylko jedną warstwę.



rys. 7

Zadanie 13
Zrobiono dwa zdjęcia tym samym aparatem, ale przy innych długościach ogniskowej (rys. 8). Które ze zdjęć jest zrobione przy większej ogniskowej? Na obu zdjęciach na pierwszym planie widać tę samą latarnię.



rys. 8

Zadanie 14
W klasycznym filmie "Planeta Małp" załoga statku kosmicznego powróciła na Ziemię po przebyciu drogi 300 lat świetlnych (liczonej w układzie Ziemi) w ciągu 1,5 roku swojego czasu życia. W tym czasie na Ziemi upłynęło 2000 lat. Czy, pomijając względy techniczne, jest to możliwe? Przyjmij, że przez niemal cały czas podróży statek poruszał się ruchem jednostajnym.

Zadanie 15
Osoba o masie $m = 70\,\mathrm{kg}$ wbiega na najwyższe piętro wieżowca, znajdujące się na wysokości $200\,\mathrm{m}$. Przyjmij, że energia przemian chemicznych w organizmie w 25% zamienia się na pracę, a pozostała część jest oddawana w postaci ciepła.
a) Oblicz, o ile wzrosłaby temperatura ciała tej osoby, gdyby nie oddawała ciepła otoczeniu. Przyjmij, że ciepło właściwe ciała człowieka jest równe ciepłu właściwemu wody.
b) Metodą, jaką stosuje organizm człowieka aby uniknąć przegrzania jest pocenie. Pot ulega odparowaniu, pobierając ciepło z ciała. Zakładając, że temperatura ciała w rozważanym przypadku nie podwyższyła się, a całe wydzielone ciepło zostało zużyte na odparowanie potu, oblicz ile potu odparowało.

LIVIII OLIMPIADA FIZYCZNA (2008/2009)
STOPIEŃ I CZ.I

Zadanie 1

Zauważmy, że związek między prędkością kątową obrotu względem chwilowej osi obrotu i prędkością liniową środka masy jest w obu przypadkach taki sam. Oznacza to, że stosunek energii kinetycznej ruchu obrotowego do energii kinetycznej ruchu postępowego jest taki sam w obu przypadkach. Ponieważ końcowe położenie środka masy jest w obu przypadkach takie samo, z zasady zachowania energii wynika równość energii kinetycznych ruchu obrotowego, a zatem również równość prędkości.

Zadanie 2

Całkowita siła, z jaką drużyna może ciągnąć linę jest określona przez iloczyn całkowitej siły, z jaką drużyna naciska na podłoże i współczynnika tarcia. Siła nacisku będzie większa od ciężaru drużyny o pionową składową naprężenia liny pomiędzy drużynami. A ta będzie największa, jeśli na początku będzie najwyższy zawodnik (kolejność pozostałych w tych rozważaniach nie ma znaczenia). Zatem z proponowanych ustawień kolejność od najwyższego do najniższego daje większą szansę na zwycięstwo.

Zadanie 3

Zgodnie ze wskazówką $N_2/N_1 = r$, gdzie r jest pewną stałą określoną przez współczynnik tarcia i geometrię układu. W pierwszym przypadku $r = F/(ma_1) = 2$.
Gdy dodatkowo zawiniemy linę na walcu, będzie się ona stykała z nim w 5 ćwiartkach, a nie w jednej. Dla każdej z ćwiartek zachodzi wyprowadzony wzór, co oznacza, że w drugim przypadku $F/(ma_2) = r^5$. Zatem $ma_2 = (ma_1/F)^5 F$, czyli

$$a_2 = \left(\frac{ma_1}{F}\right)^4 a_1 = \frac{5}{16}\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \approx 0,31\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}.$$

Zadanie 4

Kąt padania α_1 na akwarium promieni wychodzących z przedmiotu i kąt załamania α_2 tych promieni w wodzie spełniają związek $n_1 \sin\alpha_1 = n_2 \sin\alpha_2$, gdzie n_1 jest współczynnikiem załamania w powietrzu, a n_2 – współczynnikiem załamania w wodzie. Dla małych kątów oznacza to w przybliżeniu $n_1\alpha_1 = n_2\alpha_2$. Jeśli efektywna średnica obiektywu wynosi d, a odległość od przedmiotu x, to do obiektywu dochodzą promienie wysłane z danego punktu przedmiotu w ramach kąta bryłowego $\Omega_w = \pi (d/2)^2/x^2 \cdot (n_2/n_1)^2$. Ponieważ kąt ten jest $(n_2/n_1)^2$ razy większy od analogicznego kąta w przypadku braku akwarium, do danego elementu matrycy w jednostce czasu będzie dochodzić $(n_2/n_1)^2$ razy więcej światła przez akwarium niż przez powietrze. Oznacza to, że $T_2 = (n_1/n_2)^2 T_1$. Do takiego samego wniosku dojdziemy uwzględniając fakt, że przedmiot widziany przez akwarium wydaje się n_2/n_1razy bliższy obiektywu, niż jest w rzeczywistości. Dla $n_2/n_1 \approx 4/3$ dostaniemy

$$T_2 = (n_1/n_2)^2 T_1 = \frac{9}{160}\mathrm{s} \approx 5,6\cdot 10^{-2}\mathrm{s} \approx \frac{1}{18}\mathrm{s}.$$

Zadanie 5

Niech kierujący zabierze jednego z pasażerów, pozostawi go przed dojechaniem do celu, zawróci po drugiego (który tymczasem, oczywiście, dzielnie maszeruje!), a następnie dojedzie do B jednocześnie z dojściem pierwszego pasażera. Oznaczmy czas jazdy z pierwszym pasażerem jako t_1, czas jazdy z powrotem bez pasażera jako t_2, a czas jazdy z drugim pasażerem jako t_3. Spełnione są równania

$vt_1 + v_1(t_2 + t_3) = s$
$v_2(t_1 + t_2) + vt_3 = s$
$vt_1 = vt_2 + v_2(t_1 + t_2)$ (równoważna postać: $v(t_1 - t_2 + t_3) = s$)

Należy z tych równań wyznaczyć czasy t_1, t_2 i t_3, a szukany wynik T jest ich sumą. Otrzymujemy

$$T = \frac{s}{v} \frac{3v^2 - v(v_1 + v_2) - v_1 v_2}{v^2 + v(v_1 + v_2) - 3v_1 v_2}$$

Symetria wzoru względem zamiany v_1 z v_2 wskazuje, że nie jest istotne, którego z pasażerów podwiezie się najpierw, a którego na końcu. Wartością liczbową wyniku jest $T \approx 2,05$ h ≈ 123 min.

Zadanie 6

i) Gdy pominiemy zależność oporu od temperatury, sumaryczna moc wydzielana w każdym z układów będzie taka sama. Jednak w układzie b) moc wydzielana na jednej żarówce będzie 4 razy mniejsza od analogicznej mocy w układzie a), co oznacza, że temperatura włókna żarówki będzie mniejsza w przypadku b). Ponieważ sprawność świetlna żarówki maleje przy obniżeniu temperatury włókna układ b) będzie wysyłał mniej światła niż układ a).
ii) w tym przypadku, ponieważ temperatura włókna żarówki w układzie b) jest mniejsza, mniejszy będzie jej opór elektryczny. To oznacza mniejszą moc wydzielaną w układzie, a więc jeszcze mniej wypromieniowanego światła niż w przypadku i).
Zatem w obu przypadkach układ b) będzie wysyłał mniej światła, a więc w pokoju będzie ciemniej w przypadku układu b).

Zadanie 7

Gdy ciągniemy za obrus, siła tarcia wywołuje przyspieszenie środka masy w kierunku ciągnięcia oraz przyspieszenie kątowe kuli. Zatem w chwili gdy kula zetknie się z obrusem porusza się ona w tym samym kierunku co obrus, a jednocześnie obraca się w kierunku "przeciwstawiającym" się ruchowi jej środka masy. Zatem po zetknięciu ze stołem kulka zacznie się po nim ślizgać. Siła tarcia będzie przeciwstawiała się ruchowi środka masy i jednocześnie ruchowi obrotowemu. Po pewnym czasie, prędkość kątowa ruchu obrotowego dopasuje się tak do prędkości ruchu postępowego, że kulka przestanie się ślizgać, czyli - w ogólnym przypadku - zacznie się toczyć. Ponieważ moment sił działających względem punktu styczności kulki z podłożem jest zawsze równy zero, moment pędu kulki w momencie, gdy zacznie się ona toczyć, jest równy zero. A to oznacza, że prędkość tego toczenia będzie równa zero. Tak więc kulka zatrzyma się i nie spadnie na ziemię.

Zadanie 8

W obu przypadkach przyjmijmy, że na drodze do lustra płaszczyzna polaryzacji światła ulega skręceniu o kąt α według obserwatora patrzącego w stronę lustra.
Przypadek a): W drodze powrotnej, według obserwatora patrzącego w stronę polaryzatora (a zatem znowu zgodnie z kierunkiem biegu światła), płaszczyzna polaryzacji również ulegnie skręceniu o kąt α. A to oznacza, że według obserwatora patrzącego w stronę lustra płaszczyzna polaryzacji powracającego światła obróci się o kąt $-\alpha$. Czyli światło po powrocie do polaryzatora będzie miało polaryzację zgodną z jego ustawieniem. Zatem w przypadku a) światło zawsze po odbiciu przejdzie przez polaryzator.
Przypadek b): Po odbiciu kierunek pola magnetycznego względem kierunku biegu światła ulega zmianie na przeciwny (iloczyn $\vec{n} \cdot \vec{B}$ zmienia znak). Zatem według obserwatora patrzącego w stronę polaryzatora płaszczyzna polaryzacji ulegnie skręceniu o kąt $-\alpha$.

Oznacza to, że według obserwatora patrzącego w stronę lustra obrót nastąpi ponownie o kąt α. Czyli płaszczyzna polaryzacji w sumie obróci się o kąt 2α. Jeśli dobierzemy tak parametry układu, by $\alpha = 45°$, odbite światło ulegnie całkowitemu pochłonięciu w polaryzatorze.

Zadanie 9
Przy małych przesunięciach wózka, należy nacisnąć na linę w połowie jej długości, prostopadle do liny siłą o maksymalnej wartości $F = 2mg \sin\alpha \sqrt{(l/2)^2 - (l/2 - a/2)^2} / (l/2 - a/2)$. Dla podanych wartości a i l dostaniemy z tego wzoru $F \approx 0,97mg \sin\alpha \approx 48$ N. Jest to tylko trochę mniej, niż siła $mg \sin\alpha \approx 50$ N, z jaką należy działać, pchając wózek wzdłuż równi. W tej sytuacji korzystniejszym rozwiązaniem jest przyłożenie siły stycznie do górnej powierzchni koła wózka. W tym przypadku należy działać siłą $(mg \sin\alpha)/2 = 25$N. W praktyce ten sposób może być dość trudny do zastosowania.

Zadanie 10
Taka sytuacja może wystąpić, jeśli pierwsza powłoka znajdowała się wewnątrz drugiej. Oczywiście, jeśli promień pierwszej powłoki jest większy od promienia drugiej powłoki, nie będzie to możliwe.

Zadanie 11
Jest to możliwe, jeśli kąt α_A jaki tworzy w układzie czarownicy B oś miotły A z wektorem jej prędkości, jest inny niż kąt kąt α_B jaki tworzy w układzie czarownicy A oś miotły B z wektorem jej prędkości. Otrzymamy $l_A = \sqrt{\sin^2\alpha_A + \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)\cos^2\alpha_A} l = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}\cos^2\alpha_A} l$, oraz $l_B = \sqrt{\sin^2\alpha_B + \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)\cos^2\alpha_B} l = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}\cos^2\alpha_B} l$. Dla $l_A = l/2$, $l_B = l/3$ najmniejszą możliwą prędkość względną, równą $\frac{2\sqrt{2}}{3}c$, będziemy mieli, gdy $\alpha_B = 0$.

Zadanie 12
Wzdłuż torusa płynie prąd o natężeniu I po okręgu o promieniu R_2. Zatem pole jest prostopadłe do płaszczyzny, w której znajduje się torus i ma wartość

$$B = \frac{\mu_0}{2R_2} I.$$

Zadanie 13
Wielkość przedmiotu na zdjęciu jest dana w przybliżeniu wzorem $h = (f/x) H$, gdzie x jest odległością przedmiotu od obiektywu, f jest ogniskową obiektywu, a H jest rzeczywistą wysokością przedmiotu. Zdjęcie z lewej strony można przekształcić w zdjęcie prawe w następujący sposób: najpierw, nie zmieniając ogniskowej, oddalamy się od latarni na pierwszym planie aż do momentu, gdy jej wielkość na zdjęciu stanie się równa wielkości latarni na prawym zdjęciu. Zgodnie z naszym wzorem, obiekty znajdujące się za latarnią będą w tym momencie jeszcze mniejsze niż na lewym zdjęciu. Następnie oddalamy się od naszej latarni zwiększając jednocześnie ogniskową tak, by wielkość tej latarni na zdjęciu nie uległa zmianie. Postępując w ten sposób jesteśmy w stanie osiągnąć wielkość na zdjęciu wybranego obiektu znajdującego za latarnią równą jego wielkości na prawym zdjęciu. A zatem zdjęcie z prawej strony zostało zrobione przy dłuższej ogniskowej.
Można też to uzasadnić w sposób bardziej rachunkowy. Rozważmy dwa przedmioty o wysokościach H_1 i H_2 znajdujące się jeden za drugim w odległościach odpowiednio x_1 oraz $x_2 = x_1 + d$ od obiektywu. Ich wielkość na zdjęciu będzie równa odpowiednio $h_1 = H_1 f/x_1$ oraz $h_2 = H_2 f/(x_1 + d)$, stąd $h_2/h_1 = (H_2/H_1) x_1/(x_1 + d)$. To wyrażenie jest

rosnącą funkcją x_1, a zatem prawe zdjęcie zostało zrobione z większej odległości niż lewe. Wprowadzając wskaźniki L i P odpowiadające odpowiednio lewemu i prawemu zdjęciu otrzymamy $h_{2L} = H_2 f_L / (x_{1L} + d)$ oraz $h_{2P} = H_2 f_P / (x_{1P} + d)$. Mamy stąd $h_{2P}/h_{2L} = (f_P/f_L)(x_{1L} + d) / (x_{1P} + d)$. Z faktu $x_{1P} > x_{1L}$ wynika $(x_{1L} + d) / (x_{1P} + d) < 1$, a ponieważ na zdjęciu mamy obiekty, dla których $h_{2P}/h_{2L} > 1$, zatem musi być $f_P/f_L > 1$.

Zadanie 14

Średnia prędkość statku wynosiła $v = 300/2000 \cdot c$. Czas, jaki minął według załogi, powinien być równy $\sqrt{1 - (v/c)^2}2000$ lat $= 1977$ lat. Zatem albo statek pokonał dużo większą drogę, albo na Ziemi upłynęło dużo mniej czasu.

Zadanie 15

a) $\Delta T = mgh/c_w \cdot \frac{75}{25} = 70 \cdot 10 \cdot 200/4180/70 \cdot \frac{75}{25} = 1,4°\mathrm{C}$ (c_w – ciepło właściwe wody);
b) $m = mgh/q \cdot \frac{75}{25} = 70 \cdot 10 \cdot 200 \cdot \frac{75}{25}/2400000 = 0,175$ kg (q – ciepło parowania wody w temp. 30°C).