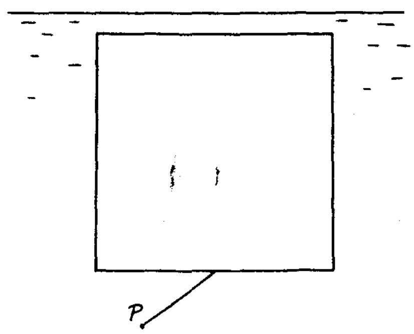
XLIII OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP WSTĘPNY
Zadanie teoretyczne

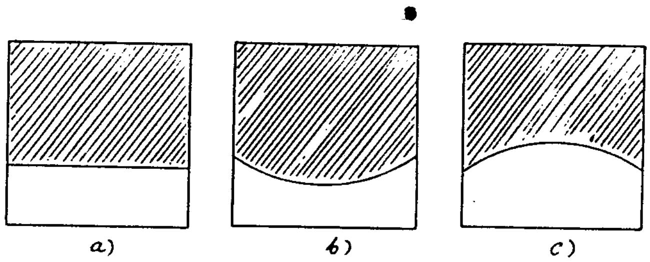
ZADANIE T2

Nazwa zadania: „Obraz widziany przez rybę"

A) W basenie pod wodą zanurzono prostopadle do powierzchni wody świecący, kwadratowy ekran, rys.4, zaś światła w pomieszczeniu basenu zostały wygaszone. Który z przedstawionych na rys.5 obrazów widzi ryba znajdująca się w punkcie P leżącym na linii poziomej, będącej symetralną dolnej krawędzi ekranu, rys.4?

rys. 4





rys. 5

Nazwa zadania: „Przyciąganie ładunków"

B) Gdy naładowaną elektrycznie laskę ebonitową dotykamy najpierw do jednej a potem do drugiej obojętnej kulki przewodzącej, okazuje się czasem, że kulki te, mimo iż są naładowane jednoimiennymi ładunkami, przyciągają się. Wytłumacz dlaczego?

Nazwa zadania: „Obwód z prądem”

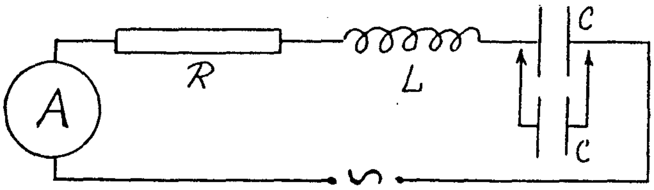
C) W obwodzie prądu przemiennego znajdują się: cewka, opornik i kondensator. Czy po podłączeniu dodatkowego (rys.6), takiego samego kondensatora przez układ może popłynąć prąd o wartości skutecznej:

a) większej

b) mniejszej

c) takiej samej jak w przypadku układu z jednym kondensatorem?

rys. 6



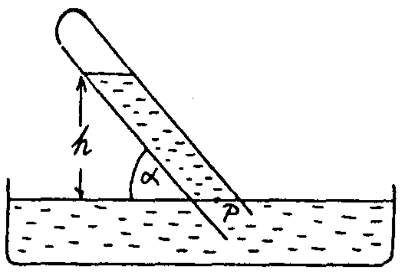
Nazwa zadania: „Rurka Torricellego”

D) W nachylonej pod kątem a <900 do poziomu rurce Torricellego znajduje się rtęć a nad nią trochę powietrza, rys.7. Wysokość słupa rtęci wynosi h. Czy po obróceniu rurki wokół punktu P do pozycji pionowej wysokość słupa rtęci w rurce będzie

a) większa od h

b) mniejsza od h

c) równa h?



rys.7

Nazwa zadania: „Wiązka promieni”

E) Wiązka promieni wysyłanych przez punktowe źródło światła monochromatycznego przechodzi przez płaskorównoległą szybę o współczynniku załamania n > 1. Czy przedłużenia wszystkich promieni wiązki przecinają się w jednym punkcie?

Nazwa zadania: „Soczewki skupiające i rozpraszające”

F) Jak należy ustawić dwie soczewki, skupiającą i rozpraszającą, o takich samych ogniskowych, aby tworzyły układ optyczny skupiający wiązki promieni równoległych?

Nazwa zadania: „Praca przy oddaleniu ciała od powierzchni Ziemi”

G) Aby przenieść ciało ze środka Ziemi na powierzchnię (w wydrążonym szybie) należy wykonać pewną pracę. Czy kosztem takiej samej pracy możliwe jest oddalenie tego ciała od powierzchni Ziemi na odległość większą niż promień Ziemi? Przyjmij, że gęstość Ziemi ma rozkład kulistosymetryczny i maleje wraz ze zwiększaniem odległości od środka.

Nazwa zadania: „Druga Prędkość kosmiczna”

H) Druga prędkość kosmiczna dla pewnej jednorodnej, kulistej planety wynosi 12 km/s. Jaką prędkość h miał pocisk w nieskończoności wystrzelony z planety z prędkością 13 km/s:

a) 1 km/s

b) 5 km/s

c) 25 km/s?

Nazwa zadania: „Odbiór audycji na Ziemi”

I) Z oddalającego się radialnie od Ziemi z prędkością v = (3/5) c (c — prędkość światła w próżni) statku kosmicznego nadawana jest audycja radiowa. Czas nadawania audycji w studio na statku wynosi r = 30 minut. Jak długo trwa odbiór audycji na Ziemi?

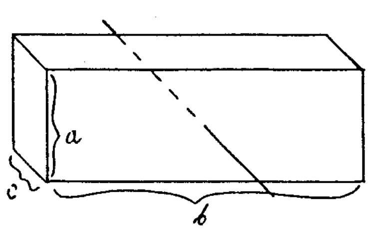
Nazwa zadania: „Moment bezwładności”

J) Moment bezwładności jednorodnego, prostopadłościennego kloca o wymiarach a : b : c (b > a) i masie *m* względem osi przechodzącej przez środek masy i prostopadłej do dwóch ścian, rys.8, wyraża się wzorem $I = m(\alpha a^2 + \beta b^2)$, gdzie:

a) o </3

b) a> /3

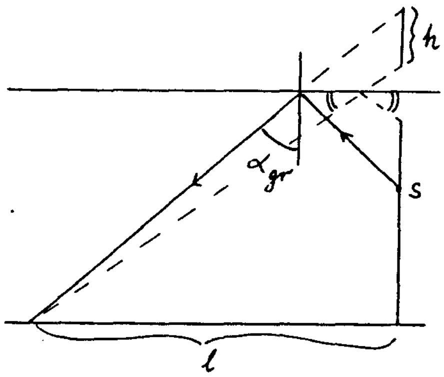
c) a=/3.



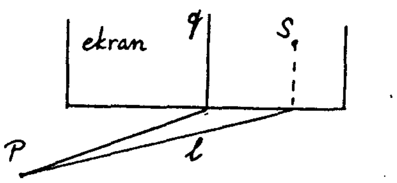
rys. 8

ROZWIĄZANIE ZADANIE T2

A) Ryba widzi obraz b). Całkowite odbicie wewnętrzne promieni zachodzi dla kątów $\alpha > \alpha_{gr}$, rys.4a, gdzie kąt graniczny spełnia równanie $\sin\alpha_{gr}$ = 1/n, a n = 4/3 jest współczynnikiem załamania wody względem powietrza. Dla $\alpha < \alpha_{gr}$ odbicie promieni je częściowe, a im mniejszy jest kąt α, tym mniej światła dociera do oka ryby. Większym odległościom l odpowiada większa wysokość h jasnej części obrazu ekranu utworzonej przez całkowicie odbite promienie, zaś odległość Z jest większa, gdy świecący punkt S jest bardziej oddalony od środkowej q ekranu, rys.4b, co tłumaczy podaną wyżej odpowiedź.



rys. 4a



rys. 4b

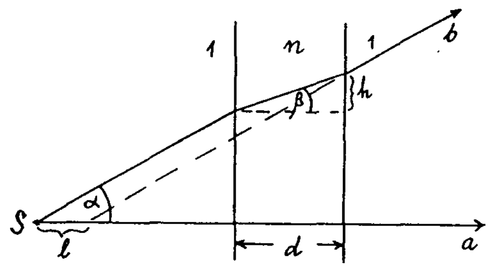
B) Gdy na pierwszą kulkę spłynie niemal cały ładunek elektryczny laski, zaś druga kulka pozostanie niemal obojętna, siła przyciągania między ładunkiem pierwszej kulki i ładunkiem przeciwnego znaku wyindukowanym na niemal obojętnej drugiej kulce (znajdującym się od strony pierwszej kulki) może być większa od siły odpychającej, działającej między ładunkiem pierwszej kulki, a ładunkiem takiego samego znaku znajdującym się na drugiej kulce.

C) Każda z odpowiedzi a), b), c) może byś prawidłowa. Wartość prądu płynącego przez układ z kondensatorem o pojemności C jest odwrotnie proporcjonalna do Z = $\sqrt{R^2 + (Lw - 1/Cw)^2}$ gdzie R jest oporem omowym, L jest indukcyjnością cewki, zaś w jest częstością prądu przemiennego. Jeżeli przyłączymy do układu drugi kondensator tak, jak na rysunku 3, zwiększając pojemność do 2C, to dla *1/Cw < (4/3)Lw* Z zwiększy się, dla *1/Cw> (4/3)Lw* Z zmaleje, zaś dla *1/Cw = (4/3)L* Z nie ulegnie zmianie. Zatem, w zależności od wartości w każdy z przypadków a), b), c) może wystąpić.

D) Odpowiedź a) jest prawidłowa. Gdyby po obróceniu rurki wysokość słupa rtęci była mniejsza lub równa h, to ciśnienie powietrza nad rtęcią byłoby mniejsze niż przed obróceniem rurki, gdyż objętość powietrza byłaby większa niż pierwotna. Wysokość słupa rtęci zwiększy się by zrównoważyć zewnętrzne ciśnienie atmosferyczne.

E) Nie. Rozważmy punkt przecięcia promienia a, prostopadłego do powierzchni szyby oraz promienia b, którego kierunek tworzy kąt z kierunkiem promienia a, rys5. Odległość punktu przecięcia przedłużenia promienia b z promieniem a od źródła światła S wynosi l= d— hctgα , gdzie d oznacza grubość szyby. Z konstrukcji rysunku widać, że h = dtgβ = d sinα / $\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}$, a zatem $l = d(1 - \cos\alpha / \sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}$ zmienia się wraz z kątem α .

rys. 5



F) Należy ustawić soczewki tak, by ich osie optyczne pokrywały się, a odległość między soczewkami była mniejsza od ogniskowej, identycznej dla każdej z nich.

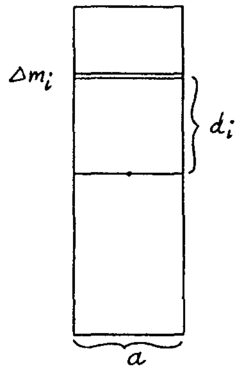
G) Tak. Gdyby Ziemia o promieniu R i masie M była kulą jednorodną, to przeniesienie masy m ze środka na powierzchnię wymagałoby wykonania takiej samej pracy, jakiej wymaga oddalenie tej masy na odległość R od powierzchni ($gm\int_0^R (4/3)\pi r^3 pr^{-2}dr = GmM\int_R^{2R} r^{-2}dr = GmM/(2R)$, gdzie gęstość masy *p* = $M/((4/3)\pi R^3)$. Ale z dwóch kuł o jednakowych masach i promieniach -jednorodnej i o malejącej gęstości, ta druga zawiera więcej masy wewnątrz czaszy o promieniu r < R. Zatem dla każdego r wewnątrz kuli o malejącej gęstości masy siła grawitacyjna (skierowana do środka) działająca na masę m, jak również praca potrzebna na oddalenie tej masy od środka, jest większa niż w przypadku kuli jednorodnej.

H) Odpowiedź b) jest prawidłowa. Ponieważ druga prędkość kosmiczna z definicji spełnia równanie $mv_{II}^2/2 = -Ep$, gdzie Ep jest grawitacyjną energią potencjalną pocisku przy powierzchni planety, otrzymujemy z zasady zachowania energii w nieskończoności (gdzie Ep = 0) $mv^2/2 = m(13km/s)^2/2 + Ep + m(13km/s)^2/2 - m(12km/s)^2/2$, skąd wynika v = 5 km/s.

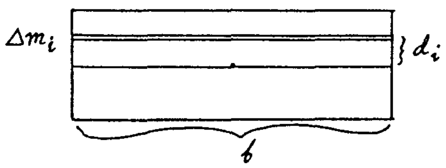
I) Czas odbierania audycji jest równy *t* = t_1+t_2 gdzie t_1 = $r\gamma$ odpowiada dylatacji czasu, zaś $\gamma = 1/\sqrt{1-(v/c)^2} = 5/4$, a t_2 uwzględnia fakt oddalania się statku od Ziemi podczas nadawania audycji, t_2 = $t_1 v$ /c. Otrzymujemy *t*= $r\gamma(1+v/c) = (5/4)(1+3/5)*30\min = 60\min$

Tę samą odpowiedź można uzyskać stosując relatywistyczny wzór Dopplera, v=v' $\gamma(1-v/c)$ gdzie v' jest częstością fali wysyłanej ze statku w kierunku Ziemi. Jeżeli jednocześnie z audycją byłby nadawany ze statku sygnał o częstotliwości v' odpowiadającej okresowi trwania audycji r, *r = 1/v'*, to sygnał ten odbierany na Ziemi miałby częstość v której odpowiada okres $t = 1/v = r\gamma^{-1}(1-v/c)^{-1} =(4/5)(1-3/5)$ *30min=60min.*

J) Odpowiedź c) jest prawidłowa. Niech dla nieskończenie cienkiego pręta o długości *l* i masie Δm moment bezwładności względem osi prostopadłej i przechodzącej przez środek masy wynosi $\Delta m\alpha l^2$ Moment I możemy wtedy obliczyć wykonując sumowanie po warstwach (w granicy, nieskończenie cienkich). Korzystając z twierdzenia Steinera mamy I $=\sum\Delta m_i(\alpha a_2 + d^2) = m\alpha a^2 + m\beta b^2$ (rys.6a), a z drugiej strony sumując po warstwach prostopadłych I $=\sum\Delta m_i(\alpha b^2 + d_i^2) = m\alpha b^2 + m\gamma a^2$ (rys.6b). Z porównania powyższych wzorów wynika równość $\alpha = \beta = \gamma$



rys. 6a



rys. 6b

<u>**Punktacja:**</u>

a)
- uzasadnienie –0,5 p.
- rysunek –0,5 p.

b)
- odpowiedź –0,5 p.

c)
- podanie wzoru i uzasadnienie –0,5 p.

d)
- odpowiedź –0,5 p.

e)
- podanie wzoru i rysunek –0.5 p.

f)
- odpowiedź –0,5 p.

g)
- podanie wzoru i uzasadnienie –0,5 p.

h)
- podanie wzoru i uzasadnienie –0,5 p.

i)
- podanie wzoru i uzasadnienie -0,5 p.

j)

- podanie wzoru i uzasadnienie –0,5 p.
- rysunek –0,5 p.

Źródło:
Zadanie pochodzi z „Druk OF”

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szc.pl