Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

KORESPONDENCYJNY KLUB FIZYKÓW

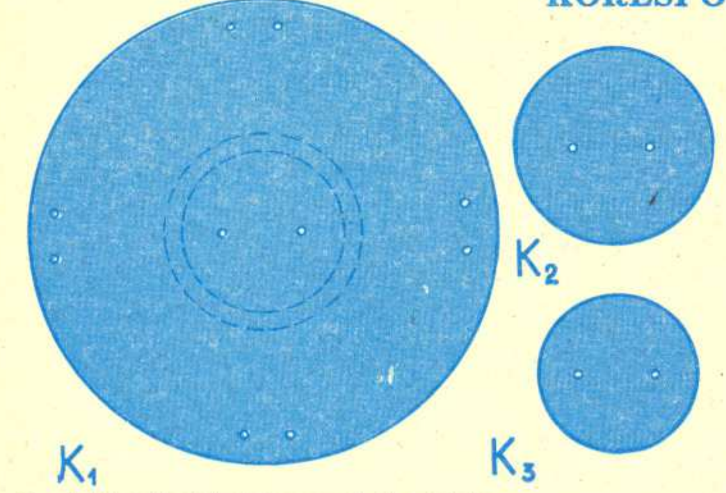
Drodzy Członkowie i Sympatycy Klubu!

Przypominamy, że co miesiąc przyznajemy nagrodę książkową dla autora najciekawiej opracowanego rozwiązania postawionych zagadnień.

Dzisiejsze zadanie ma postać doświadczenia, z pozoru niezwykle prostego. Będzie to bowiem

Mieszanie barw

Wykonując je starannie, będziemy mogli zobaczyć barwę oczyma fizyka, to znaczy przekonamy się, że światło barwne jest wektorem. Skonstruujemy układ współrzędnych, w którym ten wektor będziemy opisywali za pomocą liczb. Jak łatwo się domyślić, światło bezbarwne (białe lub neutralnie szare) będzie wektorem zerowym. Sporządzimy wykres barwności, na którym różnym barwom będą odpowiadały punkty na płaszczyźnie. Aby to wszystko wykonać, potrzebne są pewne

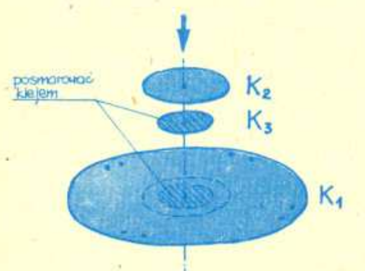


Rys. 1. Wzór krążków tekturowych do wycięcia.

Przygotowania techniczne

Postarajmy się o:
1. Kawałek tektury.
2. Grubą, mocną nitkę.
3. Dobry klej.
4. Nożyczki i grubą igłę (np. nóżka cyrkla).

Do późniejszych pomiarów przyda nam się też kątomierz.



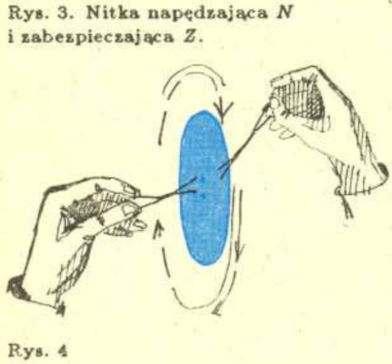
Rys. 2. Sklejanie krążków tekturowych.

Wykonanie krążka do mieszania barw nie nastręczy trudności temu, kto w dzieciństwie kręcił guzik na nitce. Trzeba w tym celu wyciąć z tektury (można to zrobić wycinając naklejony na tekturę rysunek 1) trzy krążki według rysunku 1, a następnie skleić je współśrodkowo mocnym klejem (rys. 2), wykonać w nich zaznaczone otwory i przewlec przez nie nitkę według rysunku 3. Długa nitka służy do uruchamiania krążka, a nitka obiegająca krążek po wielokącie będzie zabezpieczała barwny papier przed odpadnięciem. Przeprowadzamy próbę uruchomienia krążka pociągając i zluźniając na przemian trzymaną w rękach długą nitkę (wcześniej należy krążek na niej zakręcić, aby się zwinęła – rys. 4). Teraz trzeba wyciąć krążki barwne, przecinając je tak, aby można było je zakładać na krążek tekturowy. Przy pewnej staranności powinno się udać założyć nawet trzy krążki barwne naraz zachodzące na siebie tak, aby ich kolory widoczne były na powierzchni krążka tekturowego, a nitka obiegająca krążek zabezpieczała je przed odpadnięciem (rys. 5). Trzeba je zakładać na krążek po kolei, a następnie obracając jeden względem drugiego powsuwać je częściowo jeden pod drugi. A teraz uwaga – właściwe doświadczenie, czyli

Rys. 3. Nitka napędzająca N i zabezpieczająca Z.

Dobieramy kombinacje kolorów

Zaczynamy od trzech barw, które wybierzemy jako podstawowe: zielonej, niebieskiej i czerwonej (przednia okładka). Tak dobieramy proporcje widocznych części poszczególnych krążków barwnych, aby otrzymać po zmieszaniu (kręcąc całością) wrażenie bezbarwnej, neutralnie szarej powierzchni. Zapisujemy, jaką część pełnego kąta zajmowała przy tym każda z barw (można zmierzyć kątomierzem). Oczywiście, suma trzech tak wyznaczonych kątów wyniesie 360°. Udało się? Wyznaczone trzy kąty pozwolą nam wyznaczyć położenie punktu bezbarwnego na wykresie barwności. Tymczasem spróbujmy zająć się pozostałymi trzema krążkami z przedniej okładki. Do każdego z nich dobieramy dwie spośród trzech barw podstawowych tak, aby po zmieszaniu otrzymać neutralną szarość. Które dwie to umożliwią – trzeba zgadnąć lub ustalić metodą prób i błędów. W ten sposób sporządzimy tabelę, w której dla różnych trójek kolorów zapiszemy kąty dające zniesienie wrażenia barwy po zmieszaniu. A teraz analiza otrzymanych wyników, czyli

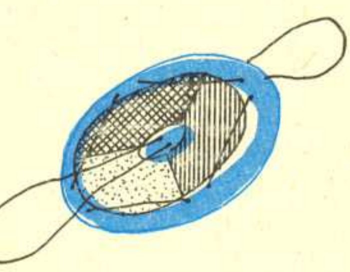


Rys. 4

Sporządzamy wykres barwności

Musimy w tym celu ustalić zasadę rozmieszczania na wykresie punktów odpowiadających mieszaninom kolorów. Najprościej jest z dwoma kolorami. Punkt M oznaczający mieszaninę kolorów A i B, którym na tarczy odpowiadały kąty α i β będzie leżał na odcinku łączącym punkty A i B, w odległościach odwrotnie proporcjonalnych do wkładów kolorów A i B w mieszaninę, czyli do kątów α i β (rys. 6)

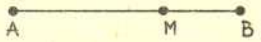
$$|MA| : |MB| = \beta : \alpha .$$



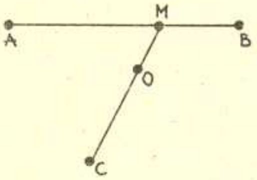
Rys. 5

Jeżeli chcemy do tego domieszać kolor C w ilości określanej przez kąt γ, stosujemy ponownie tę samą zasadę mieszając mieszaninę M (kąt $\alpha+\beta$) z barwą C (kąt γ). Wynikiem jest punkt O (rys. 7)

$$|MO| : |OC| = \gamma : (\alpha+\beta) .$$



Rys. 6



Rys. 7

Zgodnie z tą zasadą przystępujemy do sporządzania wykresu. Zaczynamy od zaznaczenia na arkuszu papieru trzech punktów oznaczających trzy barwy podstawowe. Umieszczamy je w zasadzie dowolnie, starając się jednak, aby utworzony trójkąt nie był rozwartokątny. Następnie opisaną powyżej metodą wyznaczamy położenie **punktu bezbarwnego** korzystając z zapisanych w tabeli kątów określających bezbarwną mieszaninę trzech kolorów podstawowych.

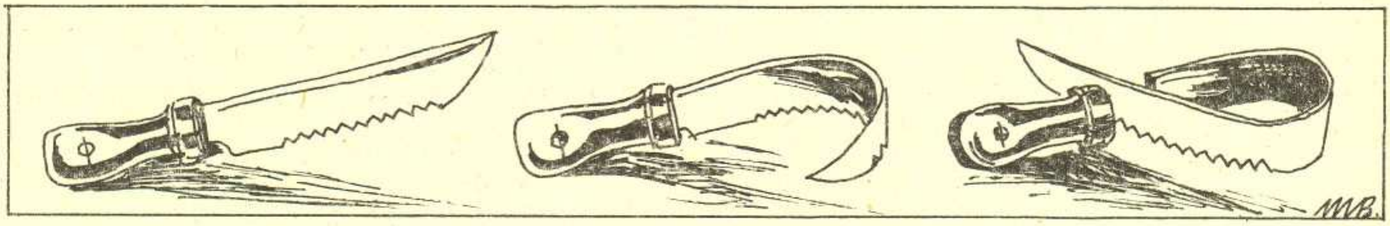
A teraz przechodzimy do ostatniej trudności: Na wykresie barwności wyznaczamy położenie punktów reprezentujących barwy krążków: pomarańczową, fioletową i żółtą. Jak? Myślę, że po przeczytaniu powyższego opisu nie powinno to być zbyt trudne.

Oczekujemy na wyniki Czytelników – tabele oraz wykresy barwności. Najlepsze nagrodzimy.

Redaguje doc. dr Jan GAJ

Listy prosimy przysyłać pod adresem:

Korespondencyjny Klub Fizyków, Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa.



Jak uogólnić twierdzenie Freudenthala – van der Waerdena

Wielościany wypukłe, których ściany są jednakowymi wielokątami foremnymi i których naroża są jednakowe, nazywa się bryłami platońskimi i jest ich z (dokładnością do rozmiarów) pięć.

Jeśli opuścimy warunek, by wielokąty foremne były jednakowe – otrzymujemy tzw. bryły archimedesowe. Jest ich 13 plus dwie nieskończone serie, przy czym jeden z tej trzynastki występuje w dwóch postaciach. Gdyby ktoś nie umiał ich odszukać – polecamy np. *Deltę* 12/1975 (o tych dwóch postaciach – w *Delcie* 2/1977).

Jeśli z kolei opuścimy warunek, by naroża były jednakowe (pozostawiając warunek jednakowości ścian) – otrzymamy wielościany równoforemnościenne. Jest ich 10. Fakt ten nie jest już taki oczywisty i łatwy w uzyskaniu jak poprzednie. Dwa z nich to sześcian i dwunastościan foremny (a więc bryły platońskie). To, że pozostałych (mają one ściany będące trójkątami równobocznymi) jest akurat 8 (w tym trzy platońskie), orzeka twierdzenie Freudenthala – van der Waerdena. Już sam fakt, że są to nazwiska nie byle jakich matematyków, świadczy, iż nie jest to twierdzenie banalne (informację o nim można znaleźć w *Delcie* 12/1975, a dość przystępny dowód – w *Delcie* 4/1984).

Banalne czy niebanalne – można spróbować dorobić do niego dalszy ciąg. Ile mianowicie jest wielościanów wypukłych mających ściany będące wielokątami foremnymi tylko dwóch rodzajów (np. trójkąty i czworokąty, trójkąty i pięciokąty, czworokąty i sześciokąty itd.)? Wśród wielościanów archimedesowych jest ich 10 plus dwie nieskończone serie. Serie te to graniastosłupy (dwa n-kąty i n kwadratów) i antygraniastosłupy (dwa n-kąty i $2n$ trójkątów równobocznych). Żeby poprzednie pytanie miało sens, należy więc je poprawić: ile jest niearchimedesowych wielościanów wypukłych mających ściany będące wielokątami foremnymi dwóch rodzajów? A przecież można słowo „dwóch" zastąpić słowem „trzech".

I tak dalej. Chociaż dalej robi się już naprawdę trudno – nie ma żadnego wielościanu archimedesowego o czterech i więcej rodzajach ścian. A czy są takie wielościany wypukłe o ścianach foremnych?

Opracował M. K.

P.S. Oczywiście, są niearchimedesowe wielościany wypukłe o ścianach foremnych dwóch rodzajów – np. ostrosłup czworokątny i ostrosłup pięciokątny.

Rozwiązanie zadania F 294.
Oznaczmy przez x długość doby na Merkurym (mierzoną w dobach ziemskich). W czasie jednej ziemskiej doby Merkury obróci się wokół swojej osi o kąt 360°/59 i jednocześnie przesunie się po swojej orbicie (w tę samą stronę) o kąt 360°/88. Różnica 360°/59 – 360°/88 określa kąt obrotu Merkurego względem Słońca w tym samym czasie. A zatem czas trwania doby merkuryjskiej możemy znaleźć z zależności

$$\frac{360°}{59} - \frac{360°}{88} = \frac{360°}{x} ,$$

skąd

$$x \simeq 179 .$$