

Co w zeszycie

Wiosna to bardzo dobry czas, aby nareszcie wyjść z domu po kilku miesiącach krótkich dni i długich nocy. W słoneczny dzień warto się wybrać na spacer lub wycieczkę, a kiedy warunki pogodowe temu nie sprzyjają – park czy las można zamienić na salę kinową.

Czy lubicie filmy 3D? Mamy możliwość ich oglądania, uzyskując wrażenie głębi obrazu, dzięki okularom produkowanym w technologii IMAX. Czym różnią się one od zwykłych okularów, a co je łączy z większością okularów przeciwsłonecznych? Na te i inne pytania znajdziecie odpowiedź w artykule poświęconym polaryzacji światła.

Sporo miejsca dedykujemy w tym numerze także zadaniom z Ogólnopolskiego Konkursu Fizycznego *Lwiątko*, prezentując ich pełen zestaw dla klas 7-8 z edycji 2020 wraz z rozwiązaniami. Czy Czytelnik podejmie wyzwanie i sprawdzi się w potyczce z samym sobą? To świetny trening przed kolejną edycją Konkursu w 2021 r. Zachęcamy do udziału!



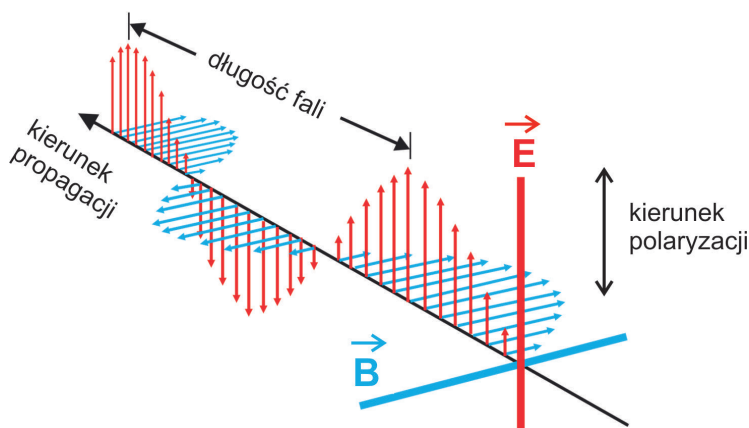
Spis treści

Polaryzacja	1
Zadania z Konkursu Fizycznego <i>Lwiątko</i> 2020	9
Co czytać	21

Polaryzacja

Ludzki zmysł wzroku jest czuły na dwa parametry światła widzialnego: częstotliwość i amplitudę. Rozróżnianie częstotliwości pozwala nam postrzegać kolory, a wrażliwość na amplitudę umożliwia dostrzeganie zmian natężenia światła. Fala świetlna posiada jednak również inną cechę, wykorzystywaną przez niektóre zwierzęta do komunikacji oraz orientacji w terenie. Ta własność to *polaryzacja*.

Światło jest falą elektromagnetyczną, czyli rozchodzącymi się w przestrzeni zmianami pola elektrycznego (oznaczanego przez wektor \vec{E}) i magnetycznego (oznaczanego przez wektor \vec{B}). Kierunek drgań pola elektrycznego jest zawsze prostopadły do kierunku drgań pola magnetycznego, przy czym obydwa pola oscylują prostopadłe do kierunku propagacji fali. Taki rodzaj fali, w którym zaburzenie ma kierunek prostopadły do kierunku rozchodzenia się fali, nazywa się *falą poprzeczną*. Zmysł wzroku jest wrażliwy tylko na składową elektryczną fali świetlnej. Orientacja wektora \vec{E} w przestrzeni określa kierunek polaryzacji fali, a płaszczyznę zawierającą wektor pola elektrycznego i kierunek propagacji fali nazywa się *płaszczyzną polaryzacji*.

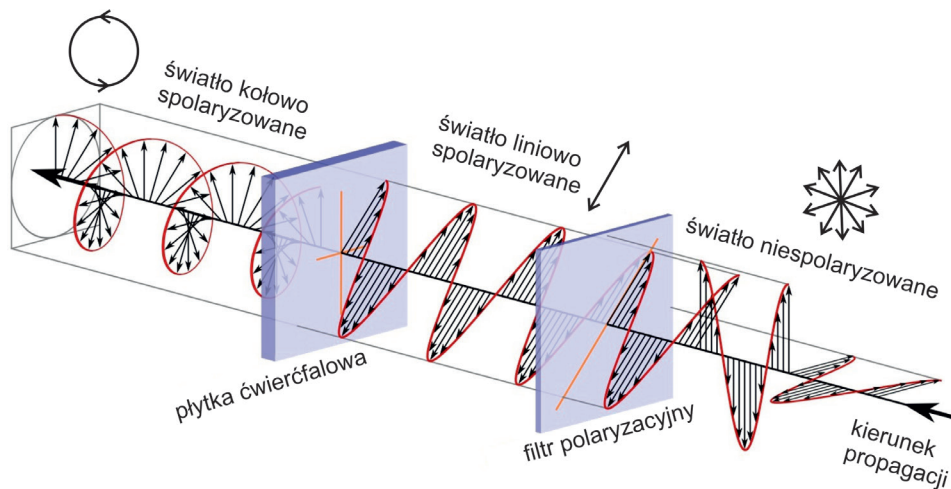


Rys 1. Fala elektromagnetyczna. (źródło: pixabay.com)

Na rysunkach zaznacza się kierunek polaryzacji przy pomocy podwójnej strzałki. Należy pamiętać, że strzałka ta jest zawsze prostopadła do kierunku rozchodzenia się fali. W przypadku gdy kierunek wektora zachowuje swoją orientację w czasie i przestrzeni, mówimy o *polaryzacji liniowej* światła. Z kolei *światło niespolaryzowane* jest mieszaniną fal elektromagnetycznych o różnych polaryzacjach. W tym przypadku kierunek drgań wektora zmienia się w sposób przypadkowy. Światło może być również *spolaryzowane kołowo lub eliptycznie*. Orientacja wektora zmienia się wówczas w sposób ciągły, a jego koniec zakreśla w przestrzeni kształt okręgu lub elipsy.

Większość źródeł światła emituje światło niespolaryzowane. Wybierając tylko jeden z kierunków oscylacji wektora spośród wszystkich możliwych, możemy uzyskać falę o polaryzacji liniowej. W tym celu należy przepuścić wiązkę niespolaryzowanego światła przez *filtr polaryzacyjny*. Z kolei przy pomocy tak

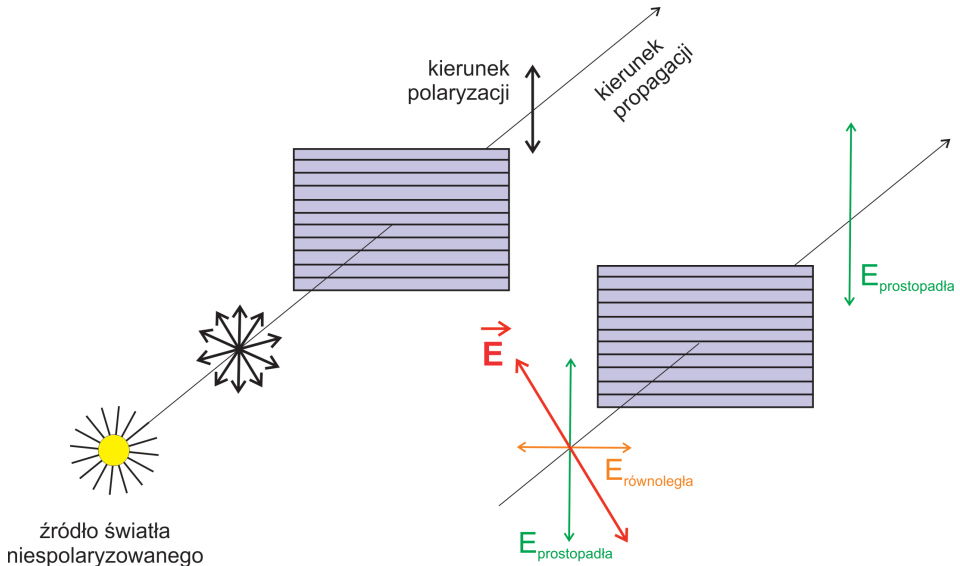
zwanej *plytki ćwierćfalowej* światło o polaryzacji liniowej można przekształcić w światło spolaryzowane kołowo lub eliptycznie.



Rys 2. Światło niespolaryzowane zostaje spolaryzowane liniowo po przejściu przez filtr polaryzacyjny. Płytką ćwierćfalową umożliwia zmianę polaryzacji światła na kołową. (źródło: commons.wikimedia.org)

Aby zrozumieć, dlaczego filtr polaryzacyjny przepuszcza światło o określonej polaryzacji, musimy się najpierw przyjrzeć procesowi emisji i absorpcji światła. Klasyczne źródła światła, takie jak fotosfera Słońca lub włókno żarówki, składają się z dużej ilości silnie rozgrzanych atomów. W dużym uproszczeniu można powiedzieć, że emisja światła powodowana jest przez drgające w atomach elektrony. Oscylujące elektrony produkują zmienne pole elektryczne, którego orientacja jest zgodna z kierunkiem drgania elektronów. To zmienne pole elektryczne na zasadzie indukcji elektromagnetycznej powoduje powstanie zmiennego pola magnetycznego, które z kolei wywołuje zmienne pole elektryczne i w ten sposób dochodzi do propagacji fali elektromagnetycznej w przestrzeni wokół źródła. Analogicznie, w procesie pochłaniania światła elektrony w atomach drgają pod wpływem zmiennego pola elektrycznego padającej na nie fali. Filtry polaryzacyjne wykonane są z przezroczystego materiału, zbudowanego z równolegle zorientowanych wydłużonych łańcuchów polimerowych (najczęściej polialkoholu winylowego domieszkowanego jodkiem potasu). Elektrony mogą poruszać się z łatwością wzdłuż tych łańcuchów, lecz nie w ich poprzek. Kiedy na filtr pada światło o polaryzacji zgodnej z osią cząsteczek polimeru, pole elektryczne wprawia w ruch elektrony. Przemieszczając się wzdłuż osi cząstek, elektrony wytracają stopniowo energię, co sprawia, że filtr wydajnie absorbuje padające promieniowanie. W konsekwencji fala o takiej polaryzacji nie przechodzi przez filtr. Jeśli natomiast polaryzacja światła jest prostopadła do kierunku ułożenia cząsteczek, pole elektryczne fali nie jest w stanie wymusić oscylacji elektronów i światło jest przepuszczane przez filtr.

Światło o dowolnym kierunku polaryzacji można zawsze przedstawić jako sumę polaryzacji o kierunku równoległym i prostopadłym do osi cząsteczek. Wyłącznie składowa prostopadła do kierunku ułożenia łańcuchów polimerowych jest przepuszczana przez filtr.

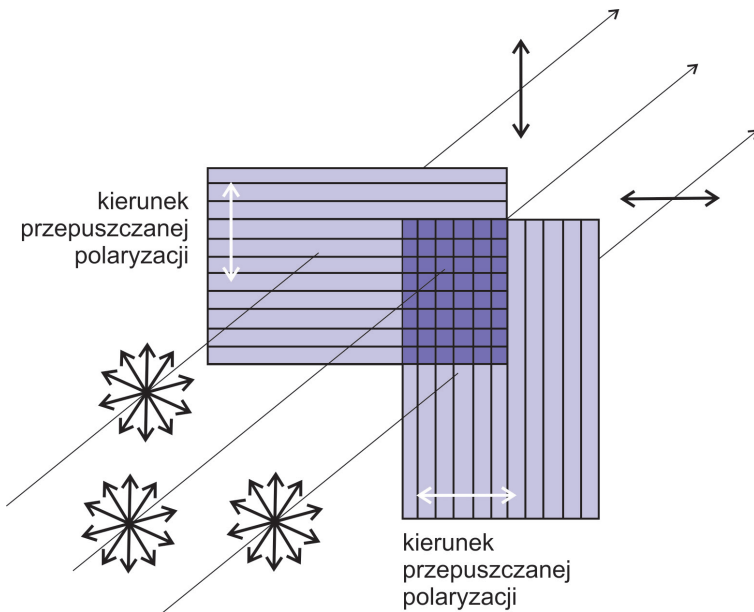


Rys 3. Działanie filtra polaryzacyjnego. Składowa wektora pola elektrycznego równoległa do osi cząsteczek jest pochłaniana przez filtr, podczas gdy składowa prostopadła jest przepuszczana

Na takiej zasadzie działają filtry polaryzacyjne w okularach do oglądania filmów zrealizowanych za pomocą technologii IMAX. Filmy te kręcone są przy pomocy dwóch kamer, przesuniętych w poziomie jedna nieco względem drugiej. Kamery wyposażone są w filtry polaryzacyjne, przy czym filtry te ustawione są względem siebie pod kątem prostym. Plastikowe szybki w okularach, przez które ogląda się następnie taki film, to dwa filtry polaryzacyjne o prostopadłe zorientowanych kierunkach przepuszczanej polaryzacji. Podczas oglądania filmu IMAX do prawego oka trafia obraz kręcony jedną z kamer, a do lewego – kręcony drugą. Dzięki niewielkiemu przesunięciu kamer obrazy te nie są identyczne i mózg jest w stanie zrekonstruować poczucie głębi towarzyszące postrzeganiu rzeczywistości.

Jeśli skierujemy na filtr polaryzacyjny wiązkę światła niespolaryzowanego, połowa światła zostanie przepuszczona, a połowa pochłonięta przez filtr. Dlatego patrząc na jasno oświetloną powierzchnię przez filtr polaryzacyjny, zauważymy przyciemnienie obrazu. A co stanie się, jeśli skrzyżujemy dwa filtry polaryzacyjne?

Ponieważ każdy z filtrów przepuszcza światło o polaryzacji równoległej do osi łańcuchów polimerowych, światło po przejściu przez pierwszy filtr jest spolaryzowane liniowo w kierunku prostopadłym do osi cząsteczek. Jeśli drugi filtr ustawimy pod kątem prostym do pierwszego, to ponieważ polaryzacja światła będzie równoległa do orientacji łańcuchów polimerowych w drugim filtrze, całe światło zostanie w nim pochłonięte. Dlatego obraz jasno oświetlonej powierzchni obserwowany przez skrzyżowane filtry jest czarny. Ta zasada wykorzystywana jest do badania polaryzacji światła. Jeśli chcemy się przekonać, czy światło pochodzące z jakiegoś źródła jest spolaryzowane czy nie, wystarczy obserwować wiązkę przez filtr polaryzacyjny, obracając nim powoli. Jeśli zauważymy zmiany jasności światła, oznacza to, że światło jest spolaryzowane liniowo. Natomiast w przypadku światła niespolaryzowanego (i w przypadku światła spolaryzowanego kołowo), nie zaobserwujemy zmian natężenia światła.



Rys 4. Efekt skrzyżowania filtrów polaryzacyjnych

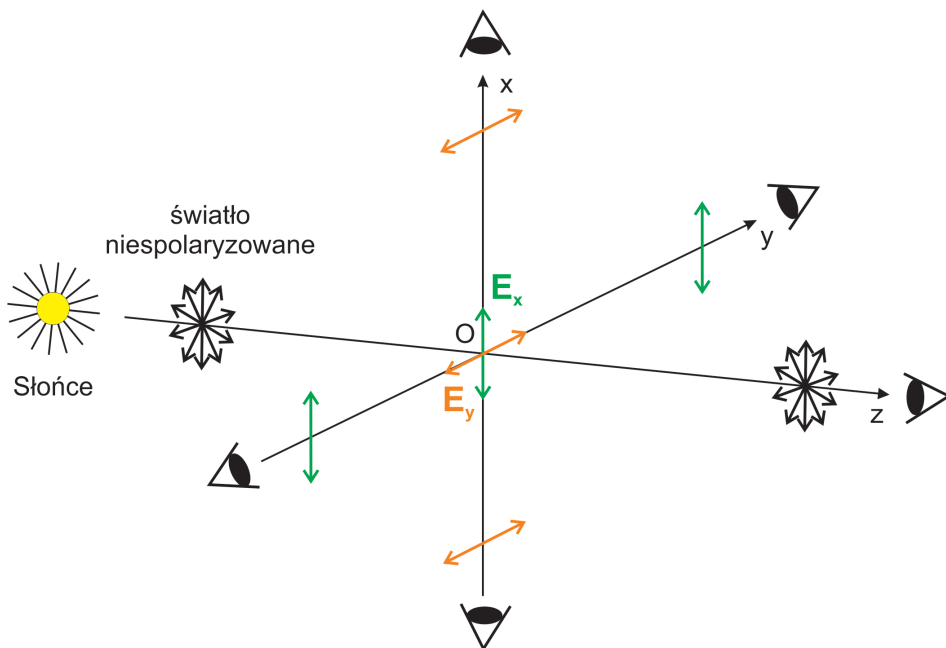
Należy pamiętać, żeby absolutnie, pod żadnym pozorem nigdy nie patrzeć bezpośrednio na Słońce. W przeciwnym razie bardzo łatwo o trwałe uszkodzenie wzroku. Wszystkie obserwacje światła słonecznego można bezpiecznie wykonywać, przepuszczając wiązkę światła ze Słońca przez kawałek ciemnego kartonu z małym otworem i umieszczając za nim białą kartkę papieru spełniającą rolę ekranu.

Zastosowanie filtru polaryzacyjnego jest przykładem *polaryzacji przez absorpcję*. Nie jest to jednak jedyny sposób uzyskania światła liniowo spolaryzowanego. Inne metody polaryzacji to *polaryzacja przez rozpraszanie* i *polaryzacja przez odbicie*.

Do rozpraszania światła widzialnego (tzw. *rozpraszania Rayleigha*) dochodzi, gdy długość fali jest dużo większa niż rozmiar cząsteczek, na które pada światło. Przy czym im krótsza jest długość fali światła, tym mocniej jest ono rozpraszane. Oznacza to, że światło niebieskie jest rozpraszane dużo silniej niż światło czerwone. Jedną z konsekwencji rozpraszania Rayleigha jest niebieski kolor nieba. Światło docierające do nas z dowolnego miejsca na niebie (oprócz kierunku bezpośrednio zwróconemu ku Słońcu) to światło, które uległo rozproszeniu na cząsteczkach powietrza i dlatego dominującym kolorem jest niebieski. Kiedy cząsteczki, na których dochodzi do rozproszenia, są większe niż długość fali padającego światła (na przykład kropelki wody w chmurach), światło o każdej długości fali jest rozpraszane w podobnym stopniu i dlatego, mimo że pojedyncze kropelki wody są przezroczyste, chmury wydają się białe (za wyjątkiem bardzo gęstych chmur, które absorbują więcej światła niż rozpraszają i wydają się przez to ciemne).

Zastanówmy się teraz nad polaryzacją rozproszonego światła. Kiedy światło napotyka na swojej drodze cząsteczkę, znajdującą się w niej elektrony pod wpływem pola elektrycznego fali świetlnej zaczynają drgać, powodując po-

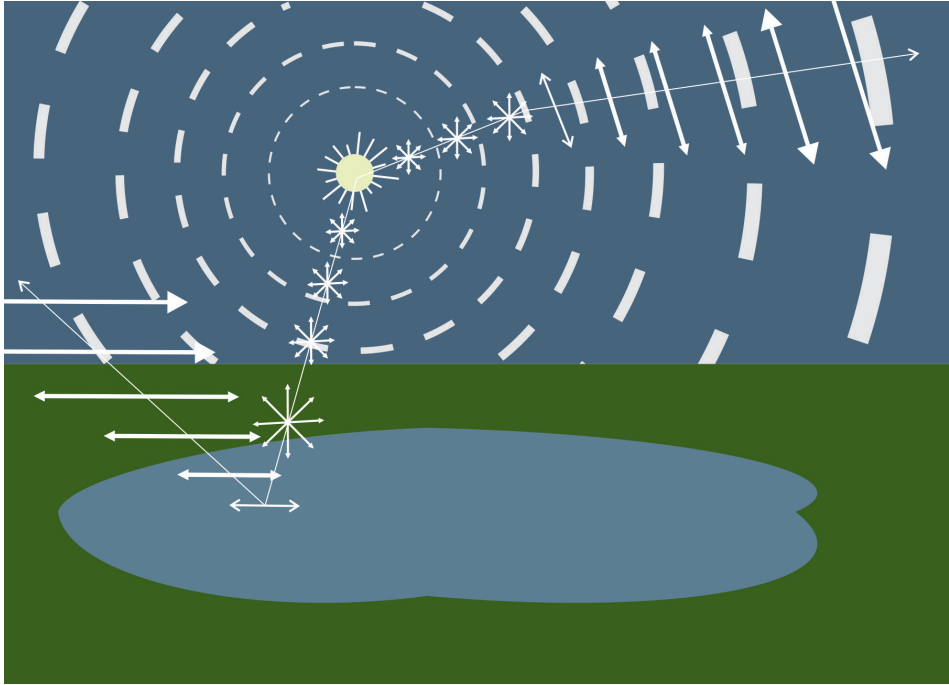
wstawanie wtórnego zmiennego pola elektrycznego i stowarzyszonego z nim pola magnetycznego, prowadząc do emisji rozproszonego światła.



Rys 5. Polaryzacja światła słonecznego przez rozpraszanie

Jeśli niespolaryzowane światło słoneczne rozchodzi się w kierunku osi Oz, elektrony w cząsteczkach mogą oscylować w dowolnym kierunku w płaszczyźnie Oxy. Żeby przedstawić przypadek dowolnej orientacji wektora pola elektrycznego, wyobraźmy sobie, że wektor ten ma dwie składowe: jedną w kierunku osi Ox (oznaczaną E_x) a drugą w kierunku osi Oy (oznaczaną E_y). Pamiętajmy jednak, że fala elektromagnetyczna jest falą poprzeczną, a więc wektor pola elektrycznego jest zawsze prostopadły do kierunku rozchodzenia się fali. Składowa drgająca w kierunku Ox może więc rozchodzić się tylko w kierunku Oy, a składowa drgająca w kierunku Oy może rozchodzić się tylko w kierunku Ox. W rezultacie, obserwatorzy patrzący pod kątem prostym w stosunku do Słońca zarejestrują światło rozproszone liniowo spolaryzowane, podczas gdy obserwatorzy patrzący wprost w kierunku Słońca lub zwrócieni do niego plecami zobaczą światło niespolaryzowane. Obserwując niebo pod każdym innym kątem w stosunku do Słońca, zarejestrujemy światło częściowo spolaryzowane. Można to sprawdzić w prosty sposób jeśli dysponujemy okularami przeciwsłonecznymi z filtrem polaryzacyjnym lub okularami do oglądania filmów zrealizowanych w technologii IMAX. Trzymając okulary w ręce (i pamiętając o tym, żeby nie patrzeć bezpośrednio w kierunku Słońca), należy nimi obracać i obserwować, jak zmienia się natężenie światła. Jeśli ustawimy się w taki sposób, żeby mieć Słońce dokładnie po swojej lewej lub prawej stronie, to zauważymy, że natężenie światła na przemian rośnie i maleje w czasie obracania okularami. Dotyczy to punktu na niebie o dowolnej wysokości. Oznacza to, że w całym pasie rozciągającym się od horyzontu na wprost nas, poprzez zenit, aż do horyzontu za naszymi plecami, światło rozproszone jest liniowo spolaryzowane. Jeśli natomiast obrócimy się tak, żeby mieć Słońce dokładnie za naszymi plecami, to

obracając okulary, nie zauważymy żadnej zmiany w natężeniu światła, ponieważ światło rozproszone dochodzące z tego kierunku jest niespolaryzowane.

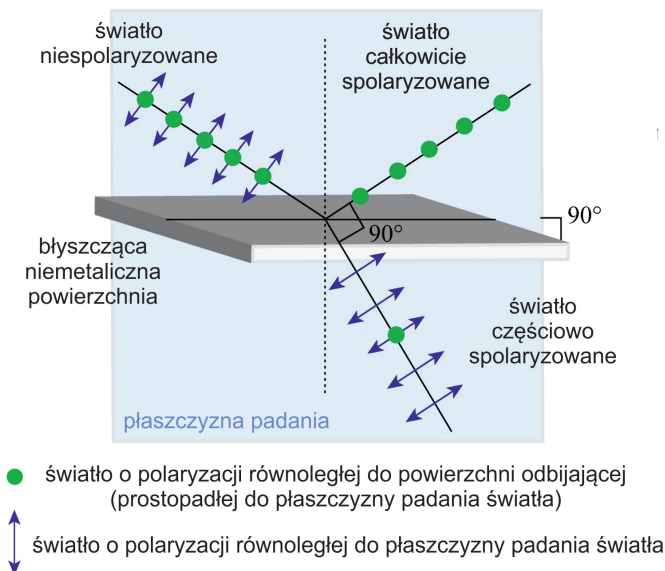


Rys 6. Polaryzacja światła słonecznego przez rozproszenie i odbicie od powierzchni zbiornika wodnego pod kątem Brewstera. Orientacja wektora pola elektrycznego i stopień polaryzacji światła rozproszonego docierającego z różnych punktów na niebie został przedstawiony przy pomocy kąta nachylenia i grubości jasnych prostokątów o koncentrycznym rozkładzie wokół Słońca (im grubszy prostokąt, tym większy stopień polaryzacji liniowej światła rozproszonego)

Kierunek i stopień polaryzacji nie jest więc jednakowy we wszystkich kierunkach obserwacji. Ułatwia to orientację w terenie zwierzętom, których oczy są czułe na polaryzację, takim jak niektóre ptaki i wiele gatunków owadów. Na przykład pszczoły są w stanie w powtarzalny sposób znajdować drogę od ula do źródła pokarmu i z powrotem. Przekazują one innym pszczołom informacje o tym, gdzie znajduje się pokarm, wykonując charakterystyczny taniec. Kierunek ruchu owada w czasie tańca jest prostopadły do wektora pola elektrycznego w zenicie, jaki pszczoła zarejestrowała w czasie swojego lotu. Jeśli wektor pola elektrycznego w zenicie był prostopadły do kierunku ruchu pszczoły, oznacza to, że w czasie lotu do źródła pokarmu Słońce powinno się znajdować z przodu lub z tyłu. Natomiast jeśli wektor pola elektrycznego w zenicie był równoległy do kierunku lotu, oznacza to, że aby dotrzeć do pokarmu, kolejna pszczoła powinna lecieć mając, Słońce po prawej lub lewej stronie. Oczywiście podczas słonecznego dnia pszczoły nie muszą wykorzystywać informacji o polaryzacji światła rozproszonego, ponieważ mogą się wówczas orientować bezpośrednio obserwując pozycję Słońca na niebie. Jednak orientacja przy pomocy polaryzacji umożliwia pszczołom wskazywanie drogi do pokarmu nawet jeśli Słońce nie jest bezpośrednio widoczne, bo znajduje się za chmurami. Wystarczy,

że w czasie lotu pszczoły widoczny jest kawałek bezchmurnego nieba, żeby pszczoła mogła wykorzystać informację o polaryzacji światła do nawigacji.

Światło ulega również częściowej polaryzacji podczas rozpraszania w wodzie. Wiele zwierząt wodnych, takich jak ryby, głowonogi i skorupiaki, wykorzystuje polaryzację do orientacji w terenie oraz do zwiększenia kontrastu wizualnego. Ponieważ światło odbite od obiektów, takich jak skały oraz inne zwierzęta, nie jest spolaryzowane, dla zwierzęcia postrzegającego polaryzację są one lepiej widoczne na tle częściowo spolaryzowanego światła rozproszonego w wodzie.



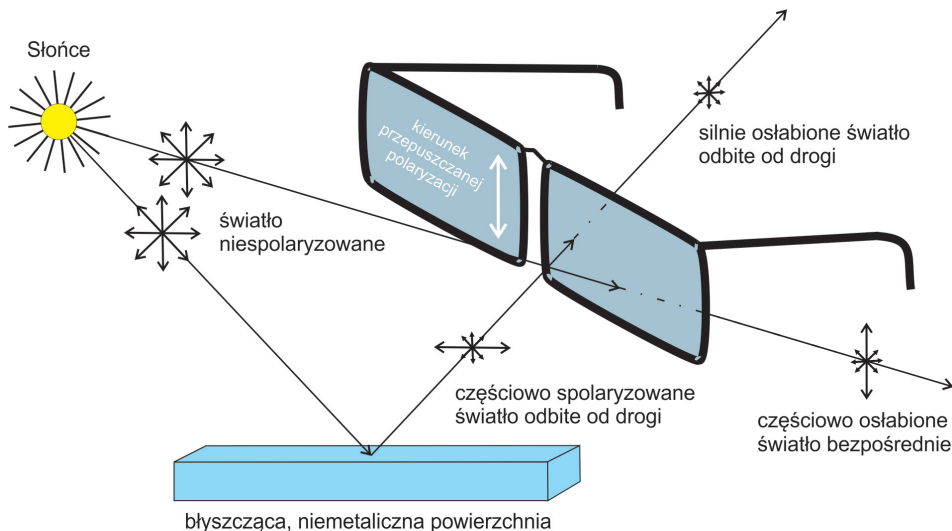
Rys 7. Polaryzacja światła przez odbicie. Dla kąta padania równego kątowi Brewstera światło odbite jest całkowicie spolaryzowane, a światło załamane jest częściowo spolaryzowane. (źródło: commons.wikimedia.org)

Do liniowej polaryzacji światła rozchodzącego się w powietrzu może również dochodzić w wyniku odbicia od błyszczącej, niemetalowej powierzchni, takiej jak zbiornik wodny, droga lub liście. Jeśli kąt padania światła na granicę dwóch ośrodków jest równy tzw. *kątowi Brewstera*, to światło odbite jest całkowicie spolaryzowane w kierunku równoległym do powierzchni. Kąt Brewstera to taki kąt padania światła, dla którego kierunki rozchodzenia się światła załamane i odbite tworzą kąt prosty. W przypadku odbicia od wody kąt ten wynosi 53° . Dla dowolnego innego kąta padania niż kąt Brewstera polaryzacja światła odbitego jest częściowa.

Należy również zauważyć, że światło załamane jest zawsze częściowo spolaryzowane. Efekt ten można wykorzystać do zbudowania polaryzatora liniowego, w którym wiązka światła ulega wielokrotnemu załamaniu. O tym, jak można w prosty sposób skonstruować taki polaryzator, można przeczytać w numerze 45 *Neutrino* (Lato, 2019).

Światło odbijające się od powierzchni wody lub drogi jest uciążliwe dla marynarzy i kierowców. Dlatego wykorzystując fakt, że światło odbite jest przynajmniej do pewnego stopnia spolaryzowane, do wyeliminowania składowej równoległej do powierzchni odbijającej stosuje się polaryzacyjne okulary prze-

ciwstoneczne. Łańcuchy polimerów w filtrach polaryzacyjnych takich okularów są ułożone poziomo, by absorbować składową poziomą wektora pola elektrycznego. Natomiast dzięki przepuszczanej przez filtr składowej pionowej do oka obserwatora dociera wystarczająco dużo światła, aby widzieć drogę lub powierzchnię morza bez rażącego oczy odbłasku.



Rys 8. Działanie polaryzacyjnych okularów przeciwsłonecznych

W przypadku owadów liniowa polaryzacja światła odbitego od błyszczących powierzchni jest ważną wskazówką. Może ona pomóc w lokalizacji zbiornika wodnego, który w zależności od zachowania zwierzęcia może je przyciągać (miejsce składania jaj) lub odstraszać (ryzyko zderzenia z powierzchnią wody i utonięcia). Podobnie jest z innymi połyskującymi powierzchniami. Błyszczące liście są miejscem składania jaj dla wielu owadów, a ciemna błyszcząca sierść koni i krów przyciąga żerujące na tych zwierzętach owady, takie jak muchy i gzy. Co ciekawe, światło odbite od białej sierści nie jest tak silnie liniowo spolaryzowane, ponieważ biała sierść odbija dużo więcej światła, ulegającego wielokrotnym odbiciom. Z tego powodu obecność kolorowych wzorów na skórze, powodująca lokalne zmiany stopnia polaryzacji sprawia, że łacie i pasiaste zwierzęta są mniej atrakcyjne dla owadów.

Nasze oczy są jedynie w niewielkim stopniu czułe na polaryzację światła. Wrażliwość naszych komórek światłoczułych na orientację wektora pola elektrycznego jest źródłem ciekawego efektu zwanego „szczotką Haidingera” (*Neutrino 11*, Zima 2010). Nie możemy jednak w ten sam sposób co niektóre zwierzęta korzystać z informacji, jakie niesie ze sobą kierunek drgań wektora pola elektrycznego. Wystarczy, że wyposażymy się w filtr polaryzacyjny lub polaryzator, żeby móc w pełni docenić, o ile ta niewidzialna dla nas własność światła wzbogaca obraz świata, w którym żyjemy.

Zainteresowanego Czytelnika zachęcamy do przeczytania artykułu o polaryzacji chromatycznej w numerze 121 *Fotonu* (Lato, 2013).

Zadania z Konkursu Fizycznego *Lwiątko* 2020

Czasopisma *Foton* i *Neutrino* są patronami medialnymi Ogólnopolskiego Konkursu Fizycznego *Lwiątko*. Poniżej przedstawiamy zadania za 3 i 4 punkty z edycji konkursu w 2020 roku dla uczniów klas 7 i 8 szkoły podstawowej oraz krótkie objaśnienia prawidłowych odpowiedzi. Omówienie zadań za 5 punktów znajdzie się w kolejnym numerze *Neutrina*.

Kilka słów o samym *Lwiątku*: 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*. Jesienią 2002 roku lwowscy organizatorzy zaproponowali, by konkurs odbywał się także w Polsce. Podchwycyła 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.

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

Zadania 1–10 za 3 punkty

1. Temperatura 100 K to w przybliżeniu
 - A. $-373\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 - B. $-173\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 - C. $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 - D. $173\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 - E. $373\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. Promieniowanie ultrafioletowe to fale elektromagnetyczne, które w porównaniu ze światłem widzialnym mają
 - A. większą zarówno długość fali, jak i częstotliwość.
 - B. mniejszą zarówno długość fali, jak i częstotliwość.
 - C. większą długość fali, a mniejszą częstotliwość.
 - D. mniejszą długość fali, a większą częstotliwość.
 - E. Promieniowanie ultrafioletowe nie zalicza się do fal elektromagnetycznych.
3. Prędkość dźwięku w wodzie ma wartość około 1500 m/s. Ile to kilometrów na godzinę?
 - A. 90.
 - B. 540.
 - C. 5400.
 - D. 54 000.
 - E. 540 000.

4. Na pewnej planecie zamieszkaanej przez cywilizowane istoty doba trwa 20 godzin, a pełen obieg tej planety wokół gwiazdy trwa 604 godziny. Rok przestępny występuje zatem co

- A. 4 lata.
- B. 5 lat.
- C. 6 lat.
- D. 30 lat.
- E. Na tej planecie rok przestępny nie występuje wcale.

5. Przyspieszenie grawitacyjne przy powierzchni Ziemi ma wartość około

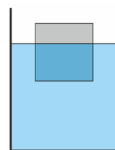
- A. 10 cm/s^2 .
- B. 10 mm/ms^2 .
- C. 1 cm/ms^2 .
- D. $0,01 \text{ cm/ms}^2$.
- E. $0,01 \text{ mm/ms}^2$.

6. Gdy lód topnieje, jego cząsteczki

- A. oddalają się od siebie.
- B. rozszerzają się.
- C. rozpadają się na atomy,
- D. kurczą się.
- E. zbliżają się do siebie.

7. Drewniany klocek pływa w cieczy (rysunek). Jak zmieni się zanurzenie klocka, jeśli naczynie przeniesiemy na Księżyc, gdzie przyspieszenie grawitacyjne jest około 6 razy mniejsze niż na Ziemi?

- A. Nie zmieni się.
- B. Zmniejszy się.
- C. Zwiększy się, ale klocek nie zatonie.
- D. Klocek zatonie.
- E. Jest za mało danych, aby udzielić jednoznacznej odpowiedzi.



8. Gdy patrzymy na dno basenu z wodą, to w porównaniu do jego rzeczywistej głębokości basen

- A. wydaje się płytszy.
- B. wydaje się głębszy.
- C. wydaje się być tak samo głęboki.
- D. wydaje się być tak samo głęboki, jeśli patrzymy pionowo w dół, a głębszy, gdy patrzymy ukośnie.
- E. wydaje się być tak samo głęboki, jeśli patrzymy pionowo w dół, a płytszy, gdy patrzymy ukośnie.

9. Jedna folia przepuszcza tylko światło niebieskie, a druga tylko światło czerwone. Jaki kolor będzie miała świecąca na biało żarówka oglądana przez obie te folie ułożone jedna za drugą?

- A. Zielony.
- B. Fioletowy.
- C. Biały.
- D. To zależy od kolejności ustawienia folii.
- E. Żarówka nie będzie widoczna.

10. Łącząc w dowolny sposób co najwyżej trzy oporniki, każdy o oporze $12\ \Omega$, nie można zbudować układu o oporze zastępczym równym

- A. $36\ \Omega$.
- B. $6\ \Omega$.
- C. $8\ \Omega$.
- D. $16\ \Omega$.
- E. $18\ \Omega$.

Zadania 11–20 za 4 punkty

11. Wymieszano 1 litr wody o temperaturze $40\ ^\circ\text{C}$ z trzema litrami wody o temperaturze $80\ ^\circ\text{C}$. Zaraz potem dolano jeszcze dwa litry wody o temperaturze $10\ ^\circ\text{C}$. Ile wynosiła końcowa temperatura mieszaniny?

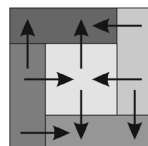
- A. $30\ ^\circ\text{C}$.
- B. $50\ ^\circ\text{C}$.
- C. $55\ ^\circ\text{C}$.
- D. $60\ ^\circ\text{C}$.
- E. $70\ ^\circ\text{C}$.

12. Jeśli stoisz w Poznaniu plecami zwróconymi do Słońca w chwili, gdy jest ono najwyżej nad horyzontem, to kierunek północny znajduje się na pewno

- A. po twojej prawej stronie.
- B. po twojej lewej stronie.
- C. na wprost twojej twarzy.
- D. z twojego tyłu.
- E. Żadna z powyższych odpowiedzi nie jest prawidłowa.

13. Na rysunku przedstawiono pięć stykających się ze sobą metalowych płytek, między którymi zachodzi cieplny przekaz energii w kierunkach pokazanych strzałkami. Temperatury płytek to: $10\ ^\circ\text{C}$, $30\ ^\circ\text{C}$, $50\ ^\circ\text{C}$, $70\ ^\circ\text{C}$ i $90\ ^\circ\text{C}$. Jaką temperaturę ma płytką w kształcie kwadratu?

- A. $10\ ^\circ\text{C}$.
- B. $30\ ^\circ\text{C}$.
- C. $50\ ^\circ\text{C}$.
- D. $70\ ^\circ\text{C}$.
- E. $90\ ^\circ\text{C}$.

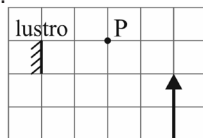


14. Samolot pasażerski startuje o 8:00 rano czasu lokalnego z lotniska w mieście X i przy bezwietrznej pogodzie dolatuje na lotnisko w mieście Y tego samego dnia o godzinie 15:00, również czasu lokalnego. Samolot z powrotem startuje o godzinie 16:00 i lecąc tą samą trasą z taką samą szybkością, również przy bezwietrznej pogodzie, dolatuje tego samego dnia o 19:00 czasu lokalnego w mieście X. Stąd wniosek, że w każdej chwili zegary w mieście Y wskazują czas

- A. o 5 godzin wcześniejszy niż zegary w X.
- B. o 5 godzin późniejszy niż zegary w X.
- C. o 2 godziny wcześniejszy niż zegary w X.
- D. o 2 godziny późniejszy niż zegary w X.
- E. Taki rozkład lotów nie jest możliwy.

15. Jaką część strzałki widać w lustrze z punktu P (rysunek)?

- A. $1/3$.
 B. $1/2$.
 C. $2/3$.
 D. Całość.
 E. Odbicia strzałki nie widać.



16. Jednostkę ciśnienia w układzie SI można zapisać w postaci wyrażenia

- A. $\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$.
 B. $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$.
 C. $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$.
 D. $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$.

E. Żadnego z podanych.

17. Trzy przewody o przekroju kołowym wykonano z tego samego przewodnika: pierwszy o długości l i średnicy d , drugi o długości $2l$ i średnicy $2d$, trzeci o długości $2l$ i średnicy $d/2$. Przewody te połączono ze sobą szeregowo i podłączono do baterii. Natężenia prądów płynących przez przewody spełniają równanie/nierówność

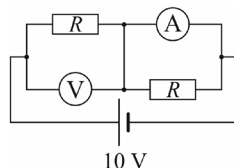
- A. $I_1 > I_2 > I_3$.
 B. $I_1 = I_2 > I_3$.
 C. $I_2 > I_1 > I_3$.
 D. $I_1 < I_2 < I_3$.
 E. $I_1 = I_2 = I_3$.

18. Po powierzchni jeziora przemieszcza się z prędkością o wartości 10 m/s fala o długości 1 m i amplitudzie 10 cm. Jaką drogę przebył pływający na powierzchni wody korek w czasie równym pięciu okresom fali?

- A. 1 m.
 B. 2 m.
 C. 5 m.
 D. 10 m.
 E. 20 m.

19. Opór każdego opornika (rysunek) jest równy 10Ω . Ogniwo ma pomijalnie mały opór wewnętrzny. Oba mierniki są idealne i wskazują

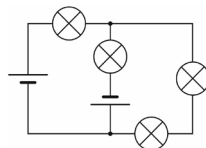
- A. 1 A, 10 V.
 B. 0,5 A, 5 V.
 C. 0 A, 0 V,
 D. 0 A, 10 V.
 E. 1 A, 5 V.



- 20.** Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki w 2019 roku otrzymał między innymi
- Gustav Hertz.
 - Niels Bohr.
 - Paul Dirac.
 - James Peebles.
 - Michael Faraday.

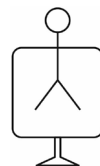
Zadania 21–30 za 5 punktów

- 21.** Żarówki są jednakowe, baterijki również (rysunek). Ile żarówek świeci?
- 0.
 - 1.
 - 2.
 - 3.
 - 4.



- 22.** W stronę pionowej ściany, prostopadłe do niej, leci nietoperz z prędkością 17 m/s. Z odległości 21 m wysyła sygnał ultradźwiękowy. W jakiej odległości od ściany będzie się znajdował, gdy usłyszy odbite echo? Prędkość dźwięku w powietrzu ma wartość 340 m/s.
- 20 m.
 - 19 m.
 - 17 m.
 - 15 m.
 - Nie zdąży usłyszeć echa, bo wcześniej doleci do ściany.

- 23.** Do naładowanego ujemnie elektroskopu zbliżamy (nie dotykając): 1 – dodatnio naładowaną pałeczkę szklaną, 2 – ujemnie naładowaną pałeczkę ebonitową. Co się stanie z listkami elektroskopu? a – rozchylą się bardziej, b – ich rozchylenie zmaleje, c – rozchylenie nie zmieni się.
- 1b, 2a.
 - 1a, 2b.
 - 1b, 2b.
 - 1b, 2c.
 - 1c, 2c.

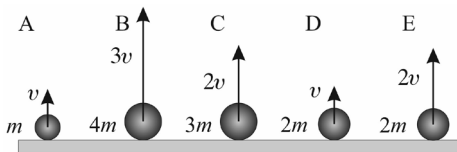


- 24.** Zlewka jest wypełniona po brzegi wodą o gęstości 1 g/cm³. Gdy do zlewki włożono kulkę wykonaną z metalu o gęstości 5 g/cm³, część wody wylała się, a ostatecznie masa zlewki wraz z zawartością wzrosła o 200 g. Jaką objętość miała kulka? Pomijamy efekt powstawania menisku.
- A. 5 cm³.
 - B. 40 cm³.
 - C. 50 cm³.
 - D. 200 cm³.
 - E. Nie da się ustalić.

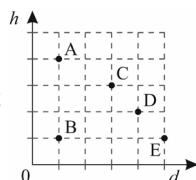
- 25.** Trzy skrzynie mają masy: 40 kg, 50 kg i 60 kg. Na wodzie (gęstość 1 kg/dm³) położono tratwę mającą kształt prostopadłościanu o wymiarach 1 m × 1 m × 10 cm wykonaną z materiału o gęstości 200 kg/m³. Tratwa nie zatonie
- tylko jeśli położymy na niej jedną, którąkolwiek skrzynię,
 - tylko jeśli położymy na niej jedną skrzynię lub dwie lżejsze,

- C. tylko jeśli położymy na niej jedną skrzynię lub dwie, z których jedna jest najlżejsza,
 D. tylko jeśli położymy na niej jedną skrzynię lub dwie, którekolwiek skrzynie,
 E. nawet jeśli położymy na niej wszystkie trzy skrzynie.

26. Cztery kulki leżące na podłodze wystrzelono pionowo do góry. Masy kulek oraz wartości prędkości początkowych podano na rysunku. Która kulka wznie się na największą wysokość względem swojego położenia początkowego? Pomiń opory powietrza.



27. Pięć naczyń napełniono różnymi cieczami. Na wykresie obok zaznaczono punkty odpowiadające gęstości cieczy d oraz wysokości h naczyń. Przy dnie którego naczynia panuje największe ciśnienie?



28. Jednorodna lina o masie 10 kg i długości 10 m zwisa pionowo z poziomego dachu. Jaką najmniejszą pracę należy wykonać, aby całą linę wciągnąć na dach? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

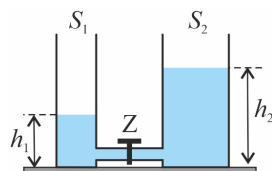
- A. 10 J.
 B. 50 J.
 C. 100 J.
 D. 500 J.
 E. 1000 J.

29. Samochód osobowy o długości 5 m jadący z prędkością o wartości 108 km/h dogania i wyprzedza ciężarówkę o długości 15 m jadącą z prędkością o wartości 72 km/h. Jak długo trwa całkowite wyprzedzanie?

- A. 0,5 s.
 B. 1,5 s.
 C. 2 s.
 D. 2,5 s.
 E. 3 s.

30. Dwa naczynia cylindryczne (o przekroju kołowym) są połączone rurką z zaworem Z (rysunek). Pola przekrojów naczyń wynoszą $S_1 = 10 \text{ cm}^2$ i $S_2 = 20 \text{ cm}^2$. W naczyniach znajduje się woda, przy czym $h_1 = 15 \text{ cm}$, $h_2 = 30 \text{ cm}$. O ile obniży się poziom wody w prawym naczyniu po otwarciu zaworu?

- A. 2,5 cm.
 B. 5 cm.
 C. 7,5 cm.
 D. 10 cm.
 E. 15 cm.



Odpowiedzi

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

Rozwiązania

1. Skala Celsjusza temperatury jest oparta na właściwościach wody. 0 °C odpowiada temperaturze topnienia lodu, a 100 °C – temperaturze wrzenia wody (obie przy ciśnieniu normalnym). Jako ciekawostkę warto zaznaczyć, że skala, którą oryginalnie zaproponował Celsjusz, była odwrotna do współcześnie stosowanej – za 0 stopni przyjął temperaturę wrzenia wody, a jako 100 stopni wybrał temperaturę jej krzepnięcia. Czyli większa liczba stopni oznaczała zimniej. Później naukowcy doszli do wniosku, że jest to niewygodne i odwrócili skalę Celsjusza do znanej obecnie.

W układzie SI jednostką temperatury jest 1 kelwin (pisane przez „małe” k, w odróżnieniu od nazwiska Kelvin). Skala temperatury Kelwina jest nazywana skalą absolutną – zero w tej skali oznacza najniższą teoretycznie możliwą temperaturę, jaką może mieć ciało. Według fizyki klasycznej w temperaturze 0 K ustaje wszelki ruch i drgania cząsteczek. Udowodniono jednak, że w rzeczywistości temperatury tej nie da się osiągnąć. Obliczono, że temperatura 0 K jest równa temperaturze $-273,15$ °C. Przyjęto natomiast, że zmiana temperatury wyrażona w kelwinach jest taka sama, jak w stopniach Celsjusza. Skale te są więc względem siebie przesunięte właśnie o 273,15. Przeliczenie temperatury ze stopni Celsjusza na kelwiny dokonuje się przez dodanie liczby 273,15 (czyli w przybliżeniu 273). **Odpowiedź B.**

2. Odpowiedź B. To trzeba było po prostu wiedzieć. Warto również znać związek pomiędzy częstotliwością f fali a jej długością λ :

$$\lambda = \frac{v}{f},$$

gdzie v to szybkość rozchodzenia się fali w danym ośrodku (w przypadku fal elektromagnetycznych w próżni $v = c \approx 300\,000$ km/s). Im większa częstotliwość, tym mniejsza długość fali.

3. Zadanie na przeliczanie jednostek. 1 km to 1000 m, a 1 godzina to 3600 sekund, a więc

$$1500 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1500 \cdot \frac{1000 \text{ km}}{3600 \text{ h}} = 1500 \cdot \frac{3600 \text{ km}}{1000 \text{ h}} = 5400 \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

Odpowiedź C.

4. Czas trwania obiegu planety wokół gwiazdy nie jest całkowitą wielokrotnością doby – trwa 30 dni i 4 godziny. Cywilizowane osoby raczej wolą witać Nowy Rok o północy, więc gdzieś trzeba „upchnąć” 4 godziny. Sposób jest prosty – wprowadzić rok przestępny, który ma o jeden dzień więcej niż zwykły rok. Jedna doba „uzbiera się” przez 5 lat. **Odpowiedź B.**

Na Ziemi rok przestępny jest mniej więcej co 4 lata, gdyż obieg Ziemi wokół Słońca trwa 365 dni i około 6 h. ($4 \times 6 \text{ h} = 24 \text{ h} = 1$ doba). W obowiązującym m.in. w Polsce kalendarzu gregoriańskim w roku przestępnym luty ma

29 zamiast 28 dni. Ścisłe mówiąc, nie każdy co czwarty rok (na Ziemi) jest rokiem przestępnym. Rok zwrotnikowy jest nieco krótszy niż 365,25 dnia, ma 365,242199 dni. W związku z tym przyjęto pewne reguły ustalające, które lata są przestępne: latami przestępnymi są te, których numer jest podzielny przez 4 i niepodzielny przez 100 lub numer jest podzielny przez 400. Rok 2000 był przestępny, a rok 2100 nie będzie rokiem przestępnym.

5. Znowu zadanie (szybkie!) na przeliczanie jednostek. **Odpowiedź E.**

$$g \approx 0,01 \frac{\text{mm}}{\text{ms}^2} = 0,01 \cdot \frac{\frac{1}{1000} \text{m}}{\left(\frac{1}{1000} \text{s}\right)^2} = 0,01 \cdot \frac{\frac{1}{1000} \text{m}}{\frac{1}{1000000} \text{s}^2} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

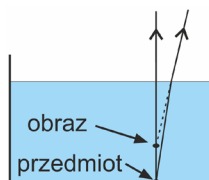
6. Woda ma bardzo ciekawe własności. W temperaturze 0 °C gęstość wody (w stanie ciekłym) wynosi 999,8 kg/m³. Gęstość lodu jest mniejsza – wynosi 916,7 kg/m³. To właśnie dzięki tej własności lód pływa na wodzie, a zbiorniki wodne zamarzają od powierzchni w dół. Takie właściwości wody i lodu wynikają z budowy cząsteczkowej. W temperaturze poniżej 0°C cząsteczki H₂O przyciągają się tak mocno, że wszystkie wiążą się ze sobą w sztywne układy (tak zwane asocjaty) tworzące kryształy lodu. W kryształach tych atomy tlenu są połączone atomami wodoru i tworzą układ heksagonalny – przypominający pusty w środku graniastosłup o podstawie sześciokąta. Taka sieć krystaliczna zawiera więc wiele pustych miejsc i dlatego objętość lodu jest większa niż objętość wody o tej samej masie. A zatem, gdy lód topnieje, cząsteczki wody zbliżają się do siebie – **odpowiedź E.**

7. W pierwszym odruchu pewnie zaznaczylibyśmy odpowiedź „B. Zmniejszy się” – skoro mniejsze przyspieszenie grawitacyjne, to i siła grawitacji działająca na klocek jest mniejsza. Pamiętajmy jednak, że mamy tu do czynienia z równowagą – siła grawitacji równoważy się z siłą wyporu, a ta również zależy od wartości przyspieszenia grawitacyjnego. *Summa summarum* **odpowiedź A.**

Ciekawą kwestią jest natomiast orientacja pływającego sześcianu. O tym, kiedy sześcian pływa tak, jak na rysunku do zadania, można przeczytać w czasopiśmie *Foton* – artykuł pt. *Odgłosy z jaskini (19) Jak pływa kostka lodu* – *Foton* 112, Wiosna 2011.

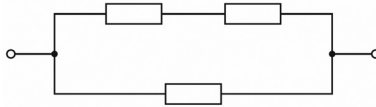
8. **Odpowiedź A.** Trzeba uważać, żeby się nie utopić! Wszystkiemu winne jest załamanie światła. Pamiętajmy, że aby ocenić odległość do widzianego przedmiotu, nie wystarczy patrzeć jednym okiem – to dzięki dwóm oczom widzimy trójwymiarowo. Dlatego należy przeanalizować promienie światła biegnące do obu oczu. Na rysunku przedstawiono bieg promieni światła wychodzących z danego punktu leżącego na dnie w sytuacji, gdy patrzymy w przybliżeniu pionowo w dół. Obraz (pozorny) tego punktu widzimy w punkcie przecięcia przedłużenia promieni załamanych.

Przy patrzeniu „pod kątem” na dno basenu lub na przedmiot znajdujący się na dnie, problem się komplikuje. Wyniki obliczeń można znaleźć w artykule *Odgłosy z jaskini (10) Kamień, ptak i drzewo* (*Foton* 102, Jesień 2008).

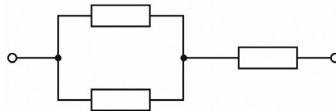


9. Żarówka świeci na biało, czyli wysyła światło o wszystkich barwach tęczy. Przez folię niebieską przejdzie tylko światło niebieskie, które zostanie pochłonięte przez folię czerwoną (ta folia przepuszcza tylko światło czerwone). Tak więc przez dwie folie nie przejdzie żadne światło. **Odpowiedź E.**

10. Trzeba stosować wzory na opór zastępczy połączenia szeregowego i połączenia równoległego i sprawdzać różne sposoby połączenia oporników. Opór zastępczy równy 36Ω otrzymamy, łącząc szeregowo 3 oporniki. Z kolei 6Ω otrzymamy, łącząc równoległe dwa oporniki. Układ, którego schemat wygląda następująco



ma opór zastępczy 8Ω . A opór zastępczy połączenia mieszanego



jest równy 18Ω . **Odpowiedź D.**

11. Zadanie z bilansu cieplnego. Temperaturę t_{12} wody po zmieszaniu 1 litra wody o temperaturze 40°C z trzema litrami wody o temperaturze 80°C obliczmy z równania

$$m_1 c_w (t_{12} - t_1) = m_2 c_w (t_2 - t_{12}),$$

skąd

$$t_{12} = \frac{m_1 c_w t_1 + m_2 c_w t_2}{m_1 c_w + m_2 c_w} = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2},$$

skąd z kolei otrzymujemy wartość 70°C . Wykonując obliczenia przeliczono, że 1 dm^3 wody ma masę 1 kg , co w zasadzie nie ma w tym zadaniu znaczenia. Analogicznie obliczamy temperaturę końcową t_k cieczy:

$$(m_1 + m_2) c_w (t_{12} - t_k) = m_3 c_w (t_k - t_3),$$

skąd otrzymujemy wynik końcowy:

$$t_k = \frac{(m_1 + m_2) c_w t_{12} + m_3 c_w t_3}{m_1 c_w + m_2 c_w + m_3 c_w} = \frac{(m_1 + m_2) t_{12} + m_3 t_3}{m_1 + m_2 + m_3} = 50^\circ\text{C}.$$

Odpowiedź B.

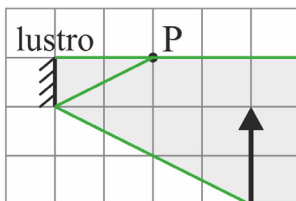
12. Jeśli stoimy w jakimkolwiek miejscu w Polsce, to znajdujemy się na pewno na północ od Zwrotnika Raka, Zwrotnik ten wyznacza najdalej na północ wysunięte miejsca, nad którymi Słońce może znajdować się w zenicie. A więc **odpowiedź C.**

13. Samorzutnie ciepły przepływ energii zachodzi od ciała o wyższej temperaturze do ciała o temperaturze niższej. Należy więc przeanalizować kierunek

przepływu ciepła pomiędzy płytkami. W rozważanym przypadku nie jest możliwe ustalenie, która płytka ma najwyższą temperaturę (może to być płytka po lewej stronie albo płytka po prawej), ani która ma najniższą temperaturę (płytkę u góry czy płytka na dole). Można natomiast jednoznacznie ustalić, że temperatura płytki w środku jest równa $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. **Odpowiedź C.**

14. Pomiędzy wylotem samolotu z miasta X i powrotem mija 11 godzin, z czego 1 postoju samolotu w mieście Y. Samolot w obie strony leci tak samo długo, czyli 5 h, a zatem, gdy samolot przylatuje do miasta Y, zegary w mieście X wskazują godzinę 13:00, a w mieście Y godzinę 15:00. **Odpowiedź D.**

15. Wyznamy obszar, który jest widoczny z punktu P. W tym celu rysujemy linie od punktu P do brzegów zwierciadła oraz linie spełniające warunek odbicia (kąta odbicia jest równy kątowi padania).



Obszar pomiędzy tymi liniami (zaciemiony na rysunku) jest widoczny z punktu P. **Odpowiedź D.**

16. Jednostkę ciśnienia p wyprowadzimy na podstawie definicji

$$p = \frac{F}{S},$$

gdzie F to wartość siły nacisku, a S to pole powierzchni. Zatem

$$1\text{ Pa} = \frac{1\text{ N}}{1\text{ m}^2} = \frac{1 \frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}}{1\text{ m}^2} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}^2}.$$

Odpowiedź A.

17. Przez przewodniki połączone szeregowo płynie prąd o takim samym natężeniu. **Odpowiedź E.**

18. W ciągu połowy okresu fali korek przebędzie drogę pomiędzy dwoma punktami o maksymalnym wychyleniu z położenia równowagi, czyli dwie amplitudy. W ciągu całego okresu drgań korek przebędzie drogę dwa razy dłuższą, czyli $4A$. W czasie równym 5 okresów droga będzie równa $20A = 2\text{ m}$. **Odpowiedź B.**

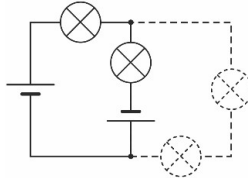
19. Idealny woltomierz ma nieskończony opór – prąd przez niego nie płynie. Idealny amperomierz ma zerowy opór. Przez opornik połączony równolegle do takiego amperomierza prąd nie płynie, a zatem przez amperomierz w przedstawionym układzie płynie prąd o natężeniu

$$I = \frac{U}{R} = \frac{10\text{ V}}{10\Omega} = 1\text{ A},$$

a woltomierz wskazuje napięcie 10 V . **Odpowiedź A.**

20. Prawidłową **odpowiedź D** można było trafić drogą eliminacji. Nazwiska tych wybitnych fizyków chyba każdy kojarzy. A i w najnowszych odkryciach naukowych też warto się trochę orientować. Laureatami Nagrody Nobla 2019 w dziedzinie fizyki zostali odkrywcy pierwszej planety pozasłonecznej krążącej wokół normalnej gwiazdy: Michel Mayor oraz Didier Queloz, a także naukowiec mający wielki wkład w odkrycia kosmologiczne – James Peebles. Uzasadnienie od Komitetu Noblowskiego: nagroda została przyznana za wkład w nasze zrozumienie ewolucji Wszechświata i miejsca Ziemi w kosmosie. James Peebles otrzymał ją za teoretyczne odkrycia w kosmologii fizycznej, a Michel Mayor i Didier Queloz za odkrycie egzoplanety okrążającej gwiazdę typu słonecznego.

21. Rozważmy najpierw zmodyfikowany układ bez żarówek w gałęzi po prawej stronie – taki, jak na poniższym rysunku.



W obwodzie tym płynie prąd, bo baterijki są połączone zgodnie (ich napięcia się dodają). Napięcie na każdej żarówce jest więc równe napięciu baterijki, żarówki te świecą. Napięcie pomiędzy węzłami obwodu (zaznaczone małymi kółeczkami) jest równe zero, a więc przez dołączone z powrotem dwie żarówki prąd nie popłynie. **Odpowiedź C.**

22. Oznaczmy przez x szukaną odległość nietoperza od ściany. Droga przebyto przez nietoperza jest równa $(21-x)$ m, a przez dźwięk $(21+x)$ m. Szybkość dźwięku jest 20 razy większa od podanej w treści zadania szybkości nietoperza, więc można zapisać równanie

$$21+x = 20 \cdot (21-x).$$

Rozwiązując równanie, otrzymujemy wynik $x = 19$. **Odpowiedź B.**

23. Elektroskop jest naładowany ujemnie, więc w jego kulce i listkach jest nadmiar elektronów będących nośnikami ujemnego ładunku elektrycznego. Zbliżenie do kulki elektroskopu naładowanej dodatnio pałeczki spowoduje przyciągnięcie elektronów, więc ich ilość w listkach zmaleje – rozchylenie listków zmaleje. Jeśli do kulki elektroskopu zbliżymy ujemnie naładowaną pałeczkę, to odepchnie ona elektrony z kulki w stronę listków – rozchylią się bardziej. **Odpowiedź A.**

24. Gęstość metalu d_m jest większa od gęstości wody d_w , więc metalowa kulka tonie w wodzie. Jednocześnie ze zlewki wyleje się woda o objętości równej objętości kulki. Zatem masa zlewki wraz z zawartością zwiększy się o masę kulki pomniejszoną o masę wylanej wody, czyli o

$$(d_m - d_w) \cdot V.$$

Objętość kuli jest więc równa $200 \text{ g} : (5 \text{ g/cm}^3 - 1 \text{ g/cm}^3) = 50 \text{ cm}^3$. **Odpowiedź C.**

25. Maksymalna wartość siły wyporu działającej na tratwę przy całkowitym jej zanurzeniu wynosi $d_w \cdot g \cdot V = 1000$ N. Uwzględniając ciężar samej tratwy, mający wartość $d_d \cdot g \cdot V = 200$ N, na tratwie można położyć przedmioty o łącznej masie 80 kg. **Odpowiedź A.**

26. Wysokość, na jaką wzniesie się kulka nie zależy od jej masy, a tylko od wartości prędkości początkowej i wartości przyspieszenia ziemskiego. Wysokość ta wyraża się wzorem

$$h = \frac{v^2}{2g},$$

który można wyprowadzić, na przykład korzystając z zasady zachowania energii mechanicznej. **Odpowiedź B.**

27. Ciśnienie przy dnie naczynia zależy od gęstości d cieczy oraz wysokości h (głębokości) naczynia i wyraża się wzorem $p = d \cdot g \cdot h + p_o$. Ciśnienie otoczenia p_o jest jednakowe, więc ciśnienie p jest tym większe, im większy jest iloczyn $d \cdot h$. **Odpowiedź C.**

28. Praca ta jest równa pracy, jaką należy wykonać, aby środek ciężkości liny podnieść na dach, czyli podnieść na wysokość równą połowie długości liny,

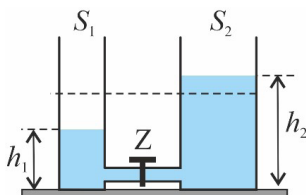
$$W = m \cdot g \cdot Dh = 10 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 5 \text{ m} = 500 \text{ J.} \quad \textbf{Odpowiedź D.}$$

29. Zadanie to najlepiej jest rozwiązać, opisując ruch samochodu osobowego względem ciężarówky. Samochód osobowy porusza się względem ciężarówky z prędkością o wartości $108 \text{ km/h} - 72 \text{ km/h} = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$. Aby wyprzedzić ciężarówkę, musi względem niej przebyć drogę $5 \text{ m} + 15 \text{ m} = 20 \text{ m}$. Czas wyprzedzania obliczymy ze wzoru

$$t = \frac{s}{v} = \frac{20 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 2 \text{ s.}$$

Odpowiedź C.

30. W stanie równowagi poziom cieczy w obu naczyniach będzie jednakowy. Objętość wody w naczyniu nie zmienia się, więc objętość wody w prawym naczyniu zmniejszy się o tyle, o ile zwiększy się objętość wody w lewym naczyniu. Uwzględniając fakt, że pole przekroju naczynia po prawej stronie jest dwa razy większe od pola przekroju naczynia po lewej stronie, poziom cieczy w prawym naczyniu zmniejszy się o wartość dwa razy mniejsza, niż zmiana poziomu wody w lewym naczyniu. **Odpowiedź B.**



Witold Zawadzki

Co czytać

Wszechświat z serii the Manga Guide (PWN)

Dołącz do Kanna, Kanta, Yamane i Glorii w fascynującej przygodzie, gdzie będziemy odkrywać nasz Układ Słoneczny, Drogę Mleczną oraz odległe galaktyki w poszukiwaniu największych tajemnic Wszechświata: ciemnej materii, kosmicznej ekspansji i samego Wielkiego Wybuchu.

Lecąc rakiętą przez nocne niebo, poznasz całą współczesną astrofizykę i astronomię, a także klasyczne odkrycia i teorie, na których są one oparte. Dowiesz się, dlaczego niektórzy naukowcy wierzyli, że znalezienie życia pozaziemskiego jest nieuniknione!



Dzięki naszym bohaterom poznasz:

- Teorie na temat początku wszechświata, ewolucji i geometrycznych metod mierzenia i obserwowania ciał niebieskich, oraz jak astronomowie obliczają odległości w przestrzeni kosmicznej;
- Odkrycia Kopernika, Galileusza, Keplera, Hubble'a i innych astronomów;
- Zależności między temperaturą, rozmiarem i wielkością gwiazdy;
- Tajemnicę kosmicznego promieniowania tła i przewidywania dotyczące przyszłości wszechświata.

Seria **The Manga guide** łączy formę ciekawych i zabawnych japońskich komiksów z praktyczną wiedzą z zakresu tak popularnych ostatnio dziedzin jak: fizyka, informatyka, czy biochemia. To kompilacja graficznych prac najważniejszych japońskich artystów zajmujących się mangą i wiedzy specjalistów z najbardziej prestiżowych uczelni.

Wkrótce w serii ukażą się także komiksy na temat:

- mikroprocesorów,
- baz danych,
- fizyki,
- biologii molekularnej,
- biochemii.