FIZYKA
w Szkole z Astronomią

CZASOPISMO DLA NAUCZYCIELI

380 (LXIV) indeks 35810X **Nr 3 maj/czerwiec 2022** CENA 35,00 zł (w tym 8% VAT)

Paradoks
mechaniczny w praktyce

Badanie MARSA
Czego szukają satelity, łaziki i lądownik?

Co robią młodzi naukowcy po lekcjach?
Konkurs „Odkrycia"

O krzywiźnie czasoprzestrzeni

JAN SZCZEPANIK
prekursor telewizji i barwnej fotografii

Od ultrasonoterapii do termoterapii

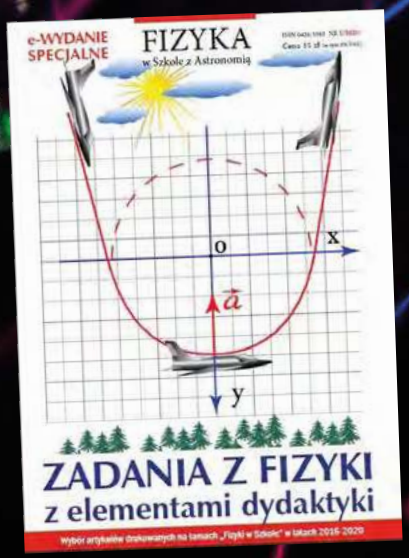
Fizykoterapia XXI wieku

ISSN 0426-3383

eprasa.pl a8ae5e458e

WYDANIA SPECJALNE „Fizyki w Szkole”

Wersje elektroniczne – pliki PDF



Szczegóły i formularz zamówienia na www.aspress.com.pl/wydania-specjalne/

eprasa.pl a8ae5e458e

Szanowni Państwo!

Serdecznie witam na początku wakacji. Mam nadzieje, że uda się Państwu efektywnie wypocząć. Jednocześnie przekazuję Państwu kolejny numer „Fizyki w Szkole”.

Kontynuujemy serię artykułów poświęconych związkom między medycyną i fizyką. W tym numerze Pan Tomasz Kubiak zaprezentował artykuł poświęcony szeroko rozumianej fizykoterapii. Pod tym pojęciem rozumiemy oddziaływanie na tkanki organizmu czynnikami fizycznymi. Takie oddziaływanie ma zazwyczaj dwa cele. Pierwszym jest obrazowanie tkanek wewnętrznych, drugim jest oddziaływanie polami fizycznymi na tkankę, aby wywołać w niej pożądane zmiany. Pierwszą techniką jest ultrasonoterapia, czyli zastosowanie dźwięków o częstotliwościach wyższych od częstotliwości słyszalnej. Kolejną omawianą techniką jest zastosowanie pól elektromagnetycznych wysokiej częstości. Następnie autor omawia zastosowanie pola magnetycznego, a na sam koniec termoterapię. Za każdym razem autor omawia zarówno podstawy fizyczne jak i efekty wymienionych technik. Dodatkowo autor nie unika podawania równań fizycznych opisujących wspomniane oddziaływania, dzięki czemu artykuł zyskuje na technicznej precyzji.

Innym artykułem, którego lekturę chciałbym tu zasugerować jest artykuł Waldemara Reńdy o krzywiźnie czasoprzestrzeni. Jest to temat, który od zawsze fascynował ludzi, choć rzadko kiedy jest poprawnie rozumiany przez laików. Lektura opublikowanego tekstu pozwoli osobom niezorientowanym zrozumieć podstawy dyskutowanego zagadnienia.

Miłośnikom historii nauki, a zwłaszcza jej polskich wątków, chciałbym polecić artykuł Kazimierza Mikulskiego o Janie Szczepaniku, który wniósł istotny wkład w rozwój trzech ważnych dziedzin techniki: przemysłu tkackiego, telewizji i kamizelek kuloodpornych. Więcej szczegółów nie zdradzę, znajdą je Państwo w treści artykułu. Oczywiście inne artykuły opublikowane w tym numerze też są warte przeczytania.

Kończąc życzę Państwu miłych wakacji i jeszcze milszej lektury tego numeru.

W imieniu redakcji

Zbigniew Wiśniewski

4 **Od ultrasonoterapii do termoterapii, czyli o wykorzystaniu czynników fizykalnych w lecznictwie i rehabilitacji** Tomasz Kubiak

Dzięki wykorzystaniu różnych rodzajów energii możliwe jest bowiem wywołanie pożądanych reakcji fizjologicznych oraz uaktywnienie naturalnych mechanizmów obronnych organizmu.

Fizyka wczoraj, dziś, jutro

12 O **krzywiźnie czasoprzestrzeni i nie tylko... (Miniatura dydaktyczna)** Waldemar Reńda

15 **Co robią młodzi naukowcy po lekcjach? Konkurs „Odkrycia” – Polska Edycja EUCYS**

16 **Jan Szczepanik (1872-1926) – odkrywca, fenomenalny wynalazca – twórca telewizora i barwnej fotografii – w 150 rocznicę urodzin** Kazimierz Mikulski

Z naszych lekcji

22 **Albert Einstein (1879-1955)** Tadeusz Wibig

25 **Paradoks mechaniczny w praktyce** Stanisław Bednarek

30 **Fizyczne podstawy dalmierza** Kazimierz Mikulski

33 **Doradztwo zawodowe na lekcjach fizyki** Arleta Biegańska

W szkołach podstawowych i ponadpodstawowych od zawsze realizowane były zadania przygotowujące uczniów do wyboru dalszej drogi kształcenia i do wyboru zawodu.

36 **Przewodząca sfera w zadaniach z elektrostatyki** Czesław Surowiec

Astronomia dla każdego

41 **Mars – planeta wyjątkowa** Marcin Wesołowski

44 **Kompendium astronomiczne – wybrane pojęcia i zagadnienia – cz. 9** Marcin Wesołowski, Piotr Gronkowski

FIZYKA w Szkole z Astronomią
CZASOPISMO DLA NAUCZYCIELI

NUMER 3 MAJ/CZERWIEC 2022
380 (LXIII) indeks 35810X ISSN 0426-3383

CENA 35,00 zł (w tym 8% VAT)

Komitet redakcyjny Krystyna Jabłońska-Ławniczak, Jerzy Kreiner, Andrzej Majhofer (Przewodniczący Komitetu), Zygmunt Mazur, Andrzej Szymacha, Mirosław Trociuk
Redakcja Zbigniew Wiśniewski (redaktor prowadzący – fizykcs@wp.pl) Adres redakcji ul. Warchałowskiego 2/58, 02-776 Warszawa Wydawnictwo Agencja AS Józef Szewczyk, ul. Warchałowskiego 2/58, 02-776 Warszawa, e-mail: szewczyk24@gmail.com, tel. 606 201 244, www.aspress.com.pl, NIP: 951-134-91-51 Wydawca i redaktor naczelny Józef Szewczyk, szewczyk24@gmail.com Prenumerata www.aspress.com.pl/prenumerata/, e-mail: szewczyk24@gmail.com, tel. 606 201 244 Reklama Jędrzej Chodakowski, jchodakowski1953@gmail.com Skład i łamanie ScanSystem.pl Ewa Szelatyńska Druk i oprawa Paper & Tinta, ul. Ceglana 34, 05-270 Nadma
Zdjęcie na okładce: Dreamstime

Redakcja nie zwraca nadesłanych materiałów, zastrzega sobie prawo formalnych zmian w treści artykułów i nie odpowiada za treść płatnych reklam.

Zapraszamy do odwiedzenia naszej strony w Internecie www.aspress.com.pl

Foto – Dreamstime

Od ultrasonoterapii do termoterapii,

czyli o wykorzystaniu czynników fizykalnych w lecznictwie i rehabilitacji

Postęp techniki oraz coraz lepsza znajomość wpływu czynników fizycznych na ludzki organizm przyspieszają rozwój medycyny fizykalnej. Współcześnie jej rola nie ogranicza się jedynie do wspomagania usprawniania pacjenta po przebytych urazach. Coraz częściej stanowi bowiem uzupełnienie leczenia chirurgicznego czy farmakologicznego. Dzięki wykorzystaniu różnych rodzajów energii możliwe jest bowiem wywołanie pożądanych reakcji fizjologicznych oraz uaktywnienie naturalnych mechanizmów obronnych organizmu.

Tomasz **Kubiak**

Na łamach „Fizyki w Szkole” zostały już przedstawione fizyczne podstawy światłolecznictwa, laseroterapii oraz elektroterapii.[1] W bieżącym artykule omówione zostaną kolejne metody stosowane w fizykoterapii, czyli ultrasonoterapia, termoterapia oraz magnetoterapia. Warto przypomnieć, że w terminologii stosowanej przez fizjoterapeutów złożona reakcja organizmu na określone bodźce fizyczne nazywana jest odczynem. Ma on charakter miejscowy (gdy obejmuje wyłącznie obszar wystawiony na działanie danego czynnika), ogólny (jeśli dotyczy całego organizmu) albo oddalony (kiedy występuje w znacznej odległości od miejsca ekspozycji). Przyjrzyjmy się zatem, w jaki sposób oddziaływanie ultradźwięków, niskich i wysokich temperatur oraz pól elektromagnetycznych generowanych przez urządzenia terapeutyczne może wpływać na organizm człowieka.

Ultrasonoterapia

Ultradźwięki są powszechnie stosowane we współczesnej medycynie. Umożliwiają przede wszystkim wykonywanie bezpiecznych i nieinwazyjnych badań diagnostycznych. Stali czytelnicy pamiętają zapewne, że ultrasonografii, wykorzystywanej do obrazowania różnych struktur anatomicznych oraz badania przepływów krwi w tętnicach oraz żyłach, poświęcono osobny tekst w „Fizyce w Szkole”.[2] Fale akustyczne o częstotliwości wyższej od dźwięków słyszalnych mają również coraz szersze zastosowanie w lecznictwie. W przypadku fizykoterapii komercyjnie dostępne aparaty (fot. 1) generują fale o częstotliwościach w zakresie 0,5–5 MHz i natężeniach 0,5–2,5 W/cm^2.

[1] T. Kubiak, Od światłolecznictwa do elektroterapii, czyli podstawy wybranych metod fizykoterapii, Fizyka w Szkole z Astronomią, nr 1 (2022), s. 4-11.
[2] T. Kubiak, Ultrasonografia, czyli fale akustyczne w służbie medycyny, Fizyka w Szkole z Astronomią, nr 5 (2017), s. 4-9.

eprasa.pl a8ae5e458e

Takie wysokie częstotliwości i stosunkowo małe natężenia są rekomendowane ze względu na wymogi bezpieczeństwa, tzn. zmniejszenie ryzyka wystąpienia kawitacji inercyjnej.[3] Warto dodać, że biofizycy traktują tkanki miękkie jako płyn, w którym rozchodzą się fale podłużne ze średnią szybkością $v_{śr} \approx 1540$ m/s. Ciało człowieka jest oczywiście niejednorodne.

Właściwości poszczególnych tkanek określa się zazwyczaj, podając dla nich wartość impedancji akustycznej Z:

$$Z = \rho \cdot v$$

gdzie: ρ – średnia gęstość danego ośrodka, v – prędkość rozchodzenia się w nim fali akustycznej. Na granicy ośrodków różniących się wartościami Z dochodzi do zmiany kierunku propagacji ultradźwięków.

Generalnie przy określaniu zachowania się fal akustycznych niebagatelną rolę odgrywa stosunek ich długości λ do wymiarów d poszczególnych struktur anatomicznych. W medycynie najistotniejszy jest oczywiście zakres geometryczny ($d >> \lambda$), dla którego stosujemy prawa odbicia i załamania analogiczne do tych, znanych z optyki. Uwzględniając podany wcześniej zakres częstotliwości oraz średnią szybkość propagacji fal akustycznych w tkankach miękkich, λ zawiera się bowiem w przedziale $\approx$ 0,3–3 mm.

Co ciekawe, fale odbite (np. od kości) mogą interferować z padającymi, przyczyniając się do powstania fal stojących. Te ostatnie nie są jednak pożądane w przypadku fizjoterapii, bo mogłyby prowadzić do miejscowego kumulowania się energii. Warto również dodać, że zdecydowanie mniejsze znaczenie mają zakresy Rayleigha ($d << \lambda$) oraz stochastyczny ($d \approx \lambda$). W przypadku pierwszego z wymienionych ultradźwięki ulegają rozproszeniu na małych obiektach, np. erytrocytach, natomiast w drugim fale rozproszone na sąsiadujących ze sobą niejednorodnościach struktur anatomicznych mogą interferować. Pochłanianie fal akustycznych zależy natomiast od ich częstotliwości oraz właściwości ośrodka.

Fot. 1. *Aparat do sonoterapii z głowicą emitującą ultradźwięki o częstotliwościach 1 i 3,5 MHz oraz natężeniach 0,5 – 2,5 W/cm².*

Warto wspomnieć, iż tkanki miękkie, które zawierają w swoim składzie znaczne ilości wody, posiadają mniejszy współczynnik absorpcji niż kości. W kontekście fizykoterapii najistotniejsze jest oczywiście oddziaływanie biologiczne ultradźwięków. Ma ono charakter mechaniczny (w literaturze pojawia się określenie „mikromasaż", odnoszące się do niewielkich zmian objętości komórek na skutek pojawiającej się różnicy ciśnień), także cieplny (przyrost temperatury na skutek absorpcji energii fali jest największy w okolicach kości, co umożliwia przegrzanie np. torebek stawowych czy więzadeł) oraz fizykochemiczny (wpływ na koloidy tkankowe, procesy utleniania i przesuwanie pH roztworów w stronę zasadową).

Należy jednak podkreślić, że w przypadku stosunkowo małych natężeń fal akustycznych stosowanych w fizykoterapii efekty fizykochemiczne mają najmniejsze znaczenie. W kontekście skutków terapeutycznych warto wymienić: rozszerzenie naczyń krwionośnych, powodujące poprawę ukrwienia tkanek i zwiększenie metabolizmu, hamowanie układu współczulnego, zwiększenie rozciągliwości włókien kolagenowych, zmniejszanie napięcia mięśni oraz uśmierzanie bólu. Dlatego ultradźwięki wykorzystuje się u pacjentów po urazach lub ze schorzeniami narządu ruchu oraz układu nerwowego.

Aparaty terapeutyczne posiadają głowicę zawierającą przetwornik, który dzięki odwróconemu zjawisku piezoelektrycznemu emituje falę ciągłą lub ultradźwięki impulsowe.[4] Te ostatnie charakteryzowane są przez współczynnik wypełnienia, określany jako stosunek czasu trwania impulsu t_{imp} do okresu T (sumy czasu trwania impulsu t_{imp} i przerwy t_{prz}):

$$\frac{t_{imp}}{T} = \frac{t_{imp}}{t_{imp} + t_{prz}}$$

Współczynnik wypełnienia podaje się w postaci ułamka lub wartości procentowej. Energia przekazywana w jednostce czasu przy pracy impulsowej jest oczywiście mniejsza niż dla fali ciągłej. Do innych parametrów ustawianych podczas zabiegu należą: częstotliwość (fale o mniejszej f głębiej penetrują tkanki) oraz natężenie fali akustycznej (ze względu bezpieczeństwa nie może przekroczyć 3 W/cm^2) a także czas nadźwiękawiania. Ultrasonoterapia powinna obejmować serię 10–15 zabiegów, z których każdy trwa z reguły 1–15 min.

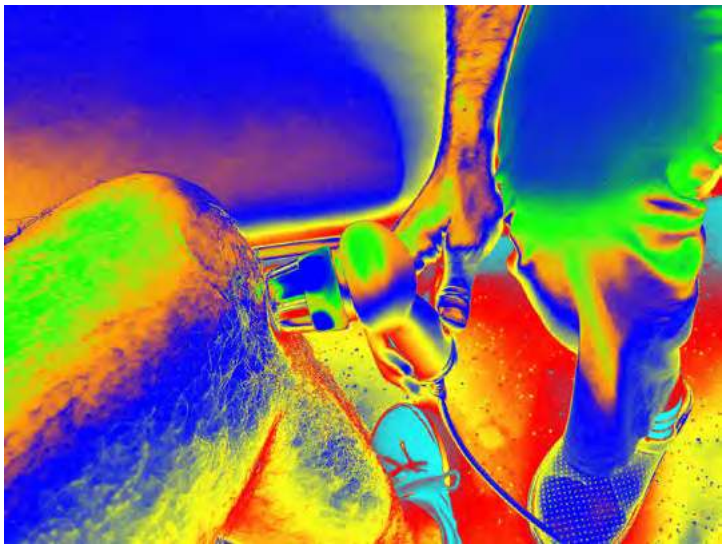
Podczas zabiegów z wykorzystaniem ultradźwięków należy pamiętać o konieczności stosowania substancji sprzęgających (np. specjalnych żeli), które pozwalają wypełnić ewentualną szczelinę powstałą pomiędzy ciałem a głowicą. Obecność warstewki powietrza spowodowałaby bowiem prawie całkowite odbicie fali ultradźwiękowej.

Wśród technik nadźwiękawiania wyróżniamy metody: stacjonarną i dynamiczną. W pierwszym, rzadko stosowanym dziś przypadku aplikator przykłada się nieruchomo do powierzchni ciała, natomiast w drugim przypadku głowicę przesuwa się ruchami kolistymi lub podłużnymi

[3] W przypadku kawitacji inercyjnej (*ang. inertial cavitation*) powstałe w cieczy pęcherzyki gazu gwałtownie zapadają się, powodując powstanie fali uderzeniowej.

[4] Odwrotne zjawisko piezoelektryczne polega na zmianie wymiarów kryształu piezoelektrycznego (np. tytanianu baru) na skutek przyłożenia zewnętrznego pola elektrycznego.

eprasa.pl a8ae5e458e



Ultradźwiękową terapia kolana i obraz termiczny kontuzji kolana. Foto – Dreamstime.

po skórze. Fala ultradźwiękowa emitowana jest w stronę regionu objętego zmianą chorobową (metoda bezpośrednia) albo połączeń nerwowych, np. korzeniowych okolic przykręgosłupowych (metoda pośrednia). Ultradźwięki, działając na zakończenia nerwowe układu autonomicznego, mogą bowiem wpływać na funkcje narządów wewnętrznych.

Co ciekawe, można prowadzić również terapię skojarzoną, czyli działanie ultradźwięków łączyć z elektroterapią, wykorzystującą prądy impulsowe małej lub średniej częstotliwości. Wówczas do efektów mechanicznych oraz termicznych dochodzą również elektrokinetyczne. Interesujący wydaje się sposób realizacji takiego leczenia. Głowica ultradźwiękowa pełni bowiem podwójną rolę, stanowiąc równocześnie elektrodę czynną. Druga większa, płytkowa elektroda bierna umieszczana jest natomiast w pewnej odległości. Tego typu rozwiązania techniczne pozwalają na jednoczesne aplikowanie różnych bodźców fizykalnych w celu zintensyfikowania ich efektu terapeutycznego, głównie przeciwbólowego. Podstawy biofizyczne i wskazania kliniczne do prowadzenia terapii skojarzonej wciąż jednak są przedmiotem badań naukowych.

Pola elektromagnetyczne wysokiej częstotliwości

Pola elektromagnetyczne wysokiej częstotliwości są stosowane w terapii od wielu lat. Zdecydowanym pionierem w tym zakresie był francuski fizyk i lekarz Jacques-Arsène d'Arsonval. W XIX w. zbudował on bowiem obwód rezonansowy z iskiernikiem w celu generowania prądów o częstotliwościach z zakresu 0,5–2 MHz. Na cześć wynalazcy zabiegi z ich wykorzystaniem nazywano arsonwalizacją. Co ciekawe, do dziś nazwisko francuskiego uczonego pojawia się jeszcze w nazwach urządzeń używanych w gabinetach kosmetycznych, np. do łagodzenia skutków trądziku.

We współczesnej fizykoterapii spotkać można natomiast techniki określane mianem diatermii. Termin ten pochodzi od greckich słów „diá" – przez oraz „thérmé" – gorąco. Mamy zatem do czynienia z głębokim przegrzaniem tkanek na skutek oddziaływania pola elektromagnetycznego. Oczywiście ilość generowanego ciepła zależy od właściwości elektrycznych tkanek, przede wszystkim zawartości wody i elektrolitów. Wyróżniamy trzy typy diatermii: krótkofalową, indukcyjną i mikrofalową. Warto przyjrzeć się nieco bliżej tym metodom.

Diatermia krótkofalowa wykorzystuje pole elektryczne (13,66 MHz; 27,12 MHz albo 40,98 MHz) wytwarzane pomiędzy okładkami kondensatora. Sztywne, połączone ze źródłem prądu przemiennego elektrody umieszczane są na specjalnych wysięgnikach w odległości 1–4 cm od skóry. Nie stykają się zatem z jej powierzchnią, co zapobiega bezpośredniemu przepływowi prądu. W gabinetach fizjoterapii można spotkać także duże, giętkie elektrody zbudowane z metalowej siatki pokrytej izolatorem. Takie rozwiązanie umożliwia oddziaływanie na większe regiony ciała (np. w obrębie jamy brzusznej) przy utrzymaniu odpowiedniej odległości od jego zakrzywionych powierzchni.

Warto zaznaczyć, że kształt, rozmiar oraz wzajemne ułożenie elektrod istotnie wpływają na rozkład linii występującego pomiędzy nimi pola elektrycznego. To przekłada się na efekt terapeutyczny, polegający na przegrzaniu określonych warstw tkanek. W przypadku elektrod o różnej wielkości, zagęszczenie linii pola następuje w pobliżu mniejszej z nich. Jeśli natomiast obie okładki posiadają niewielkie, ale takie same rozmiary oraz znajdują się blisko (tj. 1–2 cm od ciała), nagrzewane są regiony powierzchniowe. Użycie większych elektrod i ich oddalenie pozwala uzyskać bardziej równomierne pole oraz zwiększyć temp. głębszych regionów ciała. Odsunięcie elektrod jest też zalecane w pobliżu wypukłości ciała (np. nosa), aby zapobiegać ewentualnym oparzeniom.

Generalnie w wyniku działania pola elektrycznego w organizmie mogą zachodzić procesy związane z polaryzacją elektronową, jonową oraz orientacyjną. W pierwszym przypadku pole elektryczne powoduje deformację powłok elektronowych, w drugim przypadku wywołuje ruch jonów w komórkach, a w trzecim wpływa na reorien-

eprasa.pl a8ae5e458e

tację cząsteczek polarnych o niesymetrycznym rozkładzie ładunków. W diatermii krótkofalowej szybka zmiana polaryzacji elektrod wywołuje drgania jonów wokół położeń równowagi oraz obrót dipoli wokół własnej osi. Wskutek tarcia między przesuwającymi się jonami a sąsiednimi cząsteczkami w organizmie generowane jest ciepło. Energia zaabsorbowana w tkankach poddanych działaniu pola elektromagnetycznego i przekształcona w ciepło może być wyrażona wzorem:

$$P_w = \frac{\sigma}{\rho} \cdot |E|^2$$

gdzie: P_w – grawimetryczna gęstość mocy [W/kg], σ – przewodność elektryczna właściwa tkanki [S/m], ρ – gęstość tkanki [kg/m^3], E – wartość średniokwadratowa (rms) natężenia pola elektrycznego [V/m] w tkance.

W przypadku diatermii indukcyjnej do prowadzenia terapii wykorzystuje się pole magnetyczne wielkiej częstotliwości (standardowo 27,12 MHz). Jest ono wytwarzane przez elektrodę kablową, wewnątrz której umieszcza się wybraną część ciała pacjenta. Warto przypomnieć, że natężenie pola magnetycznego H [A/m] wewnątrz cewki powietrznej możemy obliczyć ze wzoru:

$$H = \frac{nI}{d}$$

gdzie: n – liczba zwojów, I – natężenie płynącego prądu, d – długość powierzchni bocznej cewki.

Popularne są również specjalne aplikatory, mające postać tzw. monody albo diplody. Monoda to zamocowana na wysięgniku i umieszczona w obudowie z tworzywa sztucznego [najczęściej PMMA, czyli poli(metakrylanu metylu)] zwojnica złożona z dwóch do czterech sztywnych zwojów, natomiast diploda to większa, płaska cewka zamknięta w polimerowej obudowie z dwoma rozkładanymi skrzydłami. Energia może być dostarczana w formie fali ciągłej lub za pomocą impulsów o czasie trwania 20 do 400 μs, powtarzanych z częstotliwością od 10 do 800 Hz. Przerwy pomiędzy impulsami pozwalają, aby ciepło rozproszyło się w organizmie.

Pod wpływem zmiennego pola magnetycznego w tkankach indukowane są prądy wirowe, a oscylacje jonów skutkują generowaniem ciepła. Oczywiście efekt ten dotyczy tkanek cechujących się stosunkowo dobrym przewodnictwem elektrycznym (np. mięśni oraz krwi), które w swym składzie zawierają dużo wody i są położone na niewielkiej głębokości.[5]

Nadrzędnym celem stosowania diatermii krótkofalowej jest, jak już wcześniej wspomniano, głębokie przegrzanie tkanek. Naczynia krwionośne ulegają rozszerzeniu, co pociąga za sobą przyspieszenie metabolizmu, przekrwienie mięśni oraz ich rozluźnienie. Do najważniejszych wskazań zaliczyć można schorzenia laryngologiczne (np. przewlekłe zapalenie zatok), reumatologiczne (np. chorobę zwyrodnieniową stawów) czy występujące nerwobóle. Przeciwwskazaniem jest oczywiście obecność metalowych implantów w ciele pacjenta.

Najsłabszą stroną diatermii krótkofalowej wydaje się jednak być sposób ustalania dawki energii, jaką podaje się pacjentowi podczas trwającego 15–20 min. zabiegu. W praktyce bazuje się bowiem na subiektywnych odczuciach chorego, a należy pamiętać, iż każdy człowiek ma indywidualną wrażliwość na bodźce i zdolność do termoregulacji. Ustalono, że dla P_w z przedziału 50–170 W/kg podczas pierwszych trzech minut zabiegu wzrost temperatury tkanek jest praktycznie liniowy, a następnie przez kolejne 7–10 min. obserwujemy przyrost nieliniowy, gdzie przepływ krwi oraz przewodnictwo cieplne odgrywają istotną rolę w procesach rozpraszania energii.[6] Z kolei w tkankach cechujących się ograniczonym ukrwieniem, temperatura będzie monotonicznie zbliżać się do wartości stanu ustalonego, dla którego $P_w = P_c$. Warto dodać, iż moc rozpraszaną na skutek przewodnictwa cieplnego P_c i przepływu krwi P_k (obie wyrażone w W/kg) można oszacować z następujących równań:

$$P_c = \frac{k_c}{\rho} \nabla^2 T$$

gdzie: k_c – przewodność cieplna właściwa tkanki [W/(m·K)], ρ – gęstość tkanki [kg/m^3], ∇ – operator gradientu, T – temperatura tkanki [K].

$$P_k \approx \rho_k \cdot J \cdot C_b \left(T - T_a\right)$$

gdzie: ρ_k – gęstość krwi [kg/m^3], J – natężenie przepływu krwi przez jednostkę masy tkanki [m^3/(s·kg)], T_a – temperatura krwi doprowadzanej do tkanki (równa temp. krwi tętniczej), T – temperatura krwi wypływającej z tkanki (równa temp. tkanki), C_b – ciepło właściwe krwi [J/(kg·K)].

Aby opisać proces zmiany temperatury wybranej tkanki (charakteryzującej się ciepłem właściwym C_w) w czasie, można posłużyć się równaniem, uwzględniającym relacje pomiędzy zaabsorbowaną energią fali elektromagnetycznej a wspomnianymi wcześniej mechanizmami chłodzenia:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{C_w}\left(P_w + P_m - P_c - P_k\right)$$

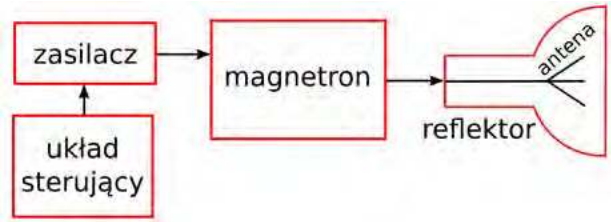
Należy jeszcze wyjaśnić, że składnik P_m [W/kg] związany jest z ogrzewaniem tkanek w wyniku zachodzących w organizmie procesów metabolicznych.

Analizując metody fizykoterapii bazujące na wykorzystaniu pól elektromagnetycznych wysokich częstotliwości, nie można pominąć diatermii mikrofalowej. Jak sama nazwa wskazuje istotą jest tu przegrzanie tkanek przy użyciu mikrofal (najczęściej f = 2,46 GHz) generowanych w trybie ciągłym albo impulsowym. Aparat w swoim działaniu wykorzystuje magnetron oraz antenę dipolową, co schematycznie przedstawiono na rys. 1. Umieszczany na wieloprzegubowym ramieniu promiennik pozwala

[5] O roli wody w tkankach przeczytać można w artykule T. Kubiak, Biofizyka a niezwykłe właściwości wody, Fizyka w Szkole z Astronomią, nr 4 (2021), s. 4-11.

[6] Biofizyczną analizę oddziaływania diatermii na tkanki znaleźć można w historycznej już pracy A. W. GUY i innych, Therapeutic Applications of Electromagnetic Power, *Proceedings of the IEEE* 62(1), 1974, 56-75.

eprasa.pl a8ae5e458e



Rys. 1. *Uproszczony schemat urządzenia do diatermii mikrofalowej.*

skierować wiązkę fal na wybrany region ciała. Warto wspomnieć, że urządzenia terapeutyczne mogą zostać wyposażone w różnego typu aplikatory: reflektorowe (uniwersalne), nieckowe (do kręgosłupa), podłużne (do kończyn) oraz kontaktowe (do otolaryngologii). Mikrofale ulegają odbiciu lub rozproszeniu na granicy ośrodków o różnej gęstości. Odbicie od powierzchni skóry sprawia, że tylko około 50% energii wnika w głąb ciała. Samo pochłanianie energii zachodzi na niewielkich głębokościach.

Absorpcja mikrofal jest największa w tkankach, które zawierają dużą ilość wody. Mięśnie mogą zatem zostać przegrzane znacznie szybciej niż tkanka tłuszczowa. Lokalny wzrost temperatury ma związek z oscylacjami cząsteczek lub jonów. Zabieg trwa zazwyczaj 5–15 min., ale podobnie jak w przypadku pozostałych rodzajów diatermii podczas ustalania jego parametrów pod uwagę brane jest subiektywne odczuwanie ciepła przez pacjenta. Wskazania do zastosowania techniki mikrofalowej obejmują m.in. wspomaganie leczenia przewlekłych stanów zapalnych, schorzeń laryngologicznych oraz skóry a także uśmierzanie bólu. Podsumowując wiedzę o wszystkich rodzajach diatermii stosowanych w fizykoterapii, warto jeszcze raz przypomnieć, że ich efekt leczniczy wynika z ciepła generowanego bezpośrednio w wybranych tkankach (endogennego).

Pola magnetyczne niskiej częstotliwości

Zastosowanie pól magnetycznych w medycynie fizykalnej pozostaje nadal przedmiotem pewnych kontrowersji. Wiedza na temat ich interakcji z materią biologiczną jest bowiem niepełna a skutki oddziaływań trudno zaobserwować i zmierzyć. Szczególnie dyskusyjne wydają się techniki zaliczane do tzw. magnetostymulacji. Wykorzystuje się w nich bowiem bardzo małe wartości indukcji, nieprzekraczające 100 μT. Dla porównania warto przypomnieć, że indukcja ziemskiego pola magnetycznego przy powierzchni naszej planety w zależności od szerokości geograficznej wynosi około 25–65 μT. Wydaje się zatem mało prawdopodobne, aby stałe albo wolnozmienne pola magnetyczne o tak małej indukcji mogły mieć jakieś znaczące działanie terapeutyczne, poza efektem placebo. Mimo to w polskiej literaturze medycznej pojawiają się doniesienia o skuteczności magnetostymulacji, np. we wspomaganiu leczenia uszkodzeń nerwów obwodowych i zaburzeń zrostu kostnego.[7] Zwolennicy metody powołują się na zjawisko jonowego rezonansu cyklotronowego, które wg nich ma m.in. uaktywniać czynny transport jonów przez błonę komórkową. Temat ten wymaga jednak dogłębnej weryfikacji naukowej.

Inną, powszechnie stosowaną w medycynie fizykalnej metodą jest magnetoterapia. W jej przypadku wartości indukcji magnetycznej są nieco większe i sięgają 10–15 mT a częstotliwość zmian pola wynosi 1–100 Hz. Zabiegi trwające do 30 minut wykonuje się w seriach obejmujących 5–15 wizyt w gabinecie. Stosowane urządzenia wyposażone są w generator prądu o małej częstotliwości, elektroniczne układy do jego regulacji oraz aplikatory, w których przepływający prąd wytwarza pole magnetyczne. W gabinetach fizjoterapeutów spotkać można zarówno aplikatory płaskie jak i szpulowe, będące solenoidem obudowanym tworzywem sztucznym. Oba rozwiązania przedstawia fot. 2 a ich dobór zależy od regionu ciała, który ma zostać poddany zabiegowi.

Do najważniejszych wskazań do zastosowania magnetoterapii zalicza się wspomaganie leczenia stanów pourazowych narządu ruchu oraz innych schorzeń układu kostno-stawowego (np. reumatoidalnego zapalenia stawów). Metodę wykorzystuje się również w przypadku problemów z układem nerwowym oraz skórą. Trzeba oczywiście mieć na uwadze, iż działanie pola magnetycznego na poziomie komórkowym i molekularnym również wymaga dalszej, dogłębnej weryfikacji naukowej.

Termoterapia

Potoczna definicja termoterapii określa, że jest to leczenie „ciepłem lub zimnem". Powszechnie wiadomo, iż człowiek jako organizm stałocieplny utrzymuje temperaturę wnętrza swego ciała (części rdzennej) na niezmiennym poziomie, około 37°C, niezależnie od wahań temperatury otoczenia. Odmienną temperaturę mogą mieć jedynie warstwy powierzchniowe, przez które zachodzi wymiana ciepła z otoczeniem. Zaburzenie homeostazy

Fot. 2. *W magnetoterapii stosuje się aplikatory płaskie oraz szpulowe.*

[7] Przykładem może być tu praca A. Sieroń i inni, Magnetostymulacja z jonowym rezonansem cyklotronowym jako nowa metoda wspomagająca leczenie powikłań neurologicznych przy złamaniach, Neurologia Dziecięca 2007, 16(31), s. 61-65.

eprasa.pl a8ae5e458e

Łaźnia fińska to przykład termoterapii. Foto – Dreamstime.

termicznej prowadzi oczywiście do aktywacji określonych mechanizmów fizjologicznych, co właśnie wykorzystuje się w fizjoterapii.

W przypadku ciepłolecznictwa energia dostarczana jest do ustroju z zewnątrz na różne sposoby. Nawet w warunkach domowych wykorzystuje się czasami termofor albo poduszkę elektryczną do miejscowego nagrzewania wybranych partii ciała. Na powierzchnię skóry można oddziaływać również strumieniem ogrzanego powietrza, stopioną parafiną (poprzez kąpiele fragmentów kończyn, okłady albo zawijania) albo zanurzać wybraną część ciała w wodzie o temperaturze wyższej niż fizjologiczna. W branżowym slangu fizjoterapeutów mówi się zatem o cieple „suchym" i „mokrym". Ciepło „mokre" (przekazywane za pośrednictwem wody) znacząco zwiększa przegrzanie organizmu, gdyż pozbawia go możliwości parowania potu. Z kolei ciepło „suche" (transportowane na drodze przewodzenia lub promieniowania) wzmaga pocenie się.

Popularnym zabiegiem jest stosowana w restytucji powysiłkowej sauna fińska, w której osoba spędza kilkanaście minut. W drewnianym pomieszczeniu całe ciało wystawione jest na działanie suchego, gorącego powietrza. Im wyżej położony jest podest, tym większa temperatura i mniejsza wilgotność względna. Przy podłodze wartości tych parametrów wynoszą odpowiednio 40°C i 20–40%, natomiast przy suficie 100°C i 2–5% wilgotności. Po przejściu kolejnych podestów, ochotnicy decydują się na tzw. uderzenie pary wodnej, które jest jednak sporym obciążeniem dla organizmu. Polanie rozgrzanych do kilkuset stopni kamieni sauny wodą powoduje bowiem gwałtowne zwiększenie wilgotności powietrza, co skutkuje gwałtowną reakcją ze strony układu krążenia. Bez względu na uczestnictwo w tej krótkiej, 2–3 min. fazie, po wyjściu z sauny wskazane jest schłodzenie organizmu, co jednak nie powinno odbywać się zbyt gwałtownie, aby nie wywołać niebezpiecznych wahań ciśnienia tętniczego. Należy również uzupełnić elektrolity utracone wraz z potem. Warto zaznaczyć, że osoby z niewydolnością krążenia, chorobą wieńcową czy nadciśnieniem nie mogą korzystać z pobytów w saunie.

Odczyn ogólny w postaci przegrzania ciała pociąga za sobą aktywację mechanizmu termoregulacyjnego w postaci pocenia się. Następuje również rozszerzenie naczyń krwionośnych (głównie włosowatych i tętnic). Miejscowe przekrwienie tkanek skutkuje ich lepszym zaopatrzeniem w tlen oraz substancje odżywcze a także szybszym usuwaniem szkodliwych metabolitów. Zabiegi ciepłolecznicze wspomagają regenerację mięśni, zmniejszają ich napięcie, obniżają lepkość mazi stawowej, pozwalają zwiększyć rozciągliwość tkanki łącznej. Należy jednak pamiętać, że wzrost temperatury może nasilać krwawienia ze względu na wzmożoną przepuszczalność ścian naczyń.

Przeciwieństwem ciepłolecznictwa jest oczywiście zimnolecznictwo. Posiada ono niesłychanie długą, sięgającą starożytnego Egiptu tradycję. Kąpiele w zimnej wodzie stosowano tam bowiem już około 2500 r. p.n.e., aby wspomagać terapię stanów zapalnych i urazów. Z kolei okłady z lodu przepisywał swoim pacjentom grecki lekarz Hipokrates.

eprasa.pl a8ae5e458e

Za pioniera krioterapii we współczesnym rozumieniu uznaje się natomiast japońskiego lekarza Toshimo Yamauchi, który już w 1978 r., wykorzystał pary ciekłego azotu, aby pomóc pacjentom z reumatoidalnym zapaleniem stawów. Wynaleziona przez niego jednoosobowa kriosauna w unowocześnionej formie jest popularna do dziś zarówno w gabinetach rehabilitacji jak i centrach odnowy biologicznej. Swym działaniem obejmuje całe ciało z wyjątkiem głowy, która wystaje ponad cylindryczną kabinę o wysokości regulowanej w zależności od wzrostu pacjenta.

Nietrudno domyślić się, że obniżenie temperatury otoczenia poza zakres tzw. komfortu cieplnego uruchamia mechanizmy regulacyjne mające za zadanie minimalizować utratę ciepła. Następuje zatem skurcz naczyń krwionośnych skóry oraz tkanki podskórnej pociągający za sobą zmniejszenie przepływu krwi. Tego typu reakcje naczyniowe są wyraźnie widoczne w przypadku kończyn, a słabe w skórze głowy. W literaturze fachowej często wspomina się prawo Dastre'a-Morata, które mówi, że zwężeniu powierzchniowych naczyń krwionośnych towarzyszy wazodylatacja dużych naczyń trzewnych.[8] Po ustaniu działania zimna następuje z kolei rozszerzenie naczyń w zewnętrznych warstwach ciała wraz z wtórnym przekrwieniem czynnym i zwiększeniem metabolizmu.

Generalnie wpływ krioterapii na organizm zależy przede wszystkim od różnicy temperatur pomiędzy ciałem a zastosowanym medium chłodzącym, wielkości regionu poddawanego zabiegowi oraz oczywiście od czasu ekspozycji. Z własnego doświadczenia wiemy, że narażenie na zimno wywołuje nieprzyjemne drżenie, czyli mimowolne skurcze mięśni mające za zadanie wygenerować ciepło. Efektem trudniejszym do zaobserwowania i zmierzenia są natomiast zmiany zachodzące na poziomie szlaków metabolicznych, działania enzymów oraz aktywności układu hormonalnego czy mechanizmów antyoksydacyjnych. Oczywiście skutki leczenia zależą od tego, czy oziębia się całe ciało (krioterapia ogólna) czy tylko wybrany region (krioterapia miejscowa).

Fot. 3. *Urządzenie do krioterapii miejscowej ze zbiornikiem na ciekły azot.*

Fot. 4. *Aparat do krioterapii miejscowej wykorzystujący strumień zimnego powietrza.*

Do krioterapii ogólnej, oprócz wspomnianej wcześniej jednoosobowej kriosauny (oddziałującej na ciało medium chłodzącym jedynie do wysokości ramion), wykorzystuje się również duże, wieloosobowe komory kriogeniczne. W tym ostatnim przypadku pacjenci w celu adaptacji wchodzą najpierw do przedsionka, gdzie temperatura zawiera się w przedziale –20°C do –60°C i przebywają tam przez około 1 minutę. Następnie przemieszczają się do właściwej komory (–100°C do –160°C), spędzając w niej 3 do 4 minut.

Niska temperatura powietrza wewnątrz pomieszczenia utrzymywana jest dzięki wymiennikom ciepła, wykorzystującym ciekły azot pobierany ze zbiornika ciśnieniowego usytuowanego zazwyczaj na zewnątrz budynku. W celu zapewnienia bezpieczeństwa poziom tlenu w komorze kontrolowany jest za pomocą specjalnych czujników. Osoby poddawane zabiegowi oprócz bielizny mają na sobie maskę ochronną na usta i nos, nauszniki lub czapkę oraz wełniane skarpety i rękawiczki, aby nie odmrozić dystalnych części ciała. Ponadto wewnątrz muszą się spokojnie poruszać, a bezpośrednio po wyjściu rozpocząć intensywne ćwiczenia gimnastyczne (kinezyterapię). Sam zabieg wywołuje spadek temp. kończyn o około 12°C, tułowia o 3°C.

Wśród wskazań do krioterapii ogólnoustrojowej warto wymienić wspomaganie leczenia reumatoidalnego zapalenia stawów, zwyrodnień kręgosłupa, stanów pourazowych narządu ruchu, niedowładów spastycznych czy porażeń nerwów. Najważniejsze korzyści płyną oczywiście z działania przeciwzapalnego i przeciwbólowego. Ewentualne ryzyko wiąże się z możliwością pojawienia się odmrożeń (np. w dołach podkolanowych). Bezwzględnym przeciwwskazaniem są natomiast schorzenia układu sercowo-naczyniowego, związane np. z niewydolnością krążenia czy nadciśnieniem tętniczym. Dlatego przed wejściem do kriokomory obowiązkowy jest pomiar ciśnienia krwi.[9]

Poddawać działaniu niskich temperatur można także tylko wybrany region ciała. Mamy wówczas do czynienia z krioterapią miejscową. W tym przypadku stosuje się różnorakie czynniki chłodzące, jak: pary ciekłego azotu, ditlenek węgla czy zimne powietrze. Podstawowym elementem aparatu wykorzystującego ciekły azot ($T < -195{,}8°C$) jest oczywiście charakterystyczny zbiornik Dewara (fot. 3). Po otwarciu zaworu na skutek różnicy pomiędzy ciśnieniem w zbiorniku a ciśnieniem atmosferycznym ogrzane pary azotu wypływają przez wąż i za pomocą dyszy zabiegowej kierowane są na leczone miejsce. Temperatura strumienia gazu u wylotu dyszy wynosi –160°C do –110°C a ciśnienie 4–5 atm. Aplikator należy trzymać 20–40 cm od skóry, wykonując ruchy okrężne w celu uniknięcia punktowego działania czynni-

Prawo wzięło swą nazwę od francuskich fizjologów Alberta Dastre'a i Jean-Pierre Morata.

[8] O metodach pomiaru ciśnienia tętniczego przeczytać można w artykule: T. Kubiak, Fizyka u internisty, Fizyka w Szkole z Astronomią, nr 2 (2018), s. 4-7.

eprasa.pl a8ae5e458e

Kapsuła do krioterapii. Foto – Dreamstime

ka chłodzącego, co mogłoby wywołać odmrożenie. Warto wspomnieć, że zabieg trwający od 30 s do 3 min pozwala obniżyć temperaturę skóry do wartości 4–15°C.

Innym rozwiązaniem są aparaty wykorzystujące ciekły dwutlenek węgla zgromadzony w butlach. W tym przypadku temperatura u wylotu dyszy wynosi od –65°C do –85°C, ale przy skórze jest oczywiście nieco wyższa. Istotne jest, że CO_2 oprócz fizycznego działania niskiej temp. może wywoływać również dodatkowe efekty biochemiczne, przyspieszające reakcję naczyniową (rozszerzenie drobnych naczyń krwionośnych po ich początkowym skurczu). We współczesnej fizykoterapii używa się również aparatury bazującej jedynie na ochłodzonym powietrzu (fot.4). Zrezygnowanie z cieczy kriogenicznych obniża bowiem znacznie koszty zabiegów. Powietrze zasysane jest przez urządzenie z otoczenia i chłodzone, aby jego temperatura u wylotu dyszy w zależności od modelu wynosiła około –40°C do –32°C. Nadmuch jest regulowany (350–1500 l/min) a aplikator należy trzymać w odległości 5–20 cm od ciała. Generalnie zabiegi krioterapii miejscowej stosuje się w stanach po urazach i przeciążeniach układu kostno-stawowego, w celu zmniejszenia obrzęków oraz zwiększenia zakresu ruchów a także do walki z bólem (np. przy rwie kulszowej).

Na koniec warto przypomnieć jeszcze o jednym aspekcie bezpieczeństwa stosowania czynników kriogenicznych. Należy bowiem liczyć się z faktem, że po uwolnieniu i gwałtownym odparowaniu ciekłego azotu oraz ogrzaniu gazu do temperatury otoczenia jego objętość gwałtownie wzrasta, co może doprowadzić do spadku koncentracji tlenu w powietrzu w zamkniętym pomieszczeniu. Aby zatem uniknąć związanego z tym zagrożenia (np. wystąpienia zawrotów głowy czy przyspieszenia tętna), należy bezwzględnie pamiętać o właściwej wentylacji. Jest ona również bardzo ważna w przypadku stosowania CO_2 jako medium chłodzącego.

Wprawdzie biofizyczne mechanizmy oddziaływania ultradźwięków, niskich i wysokich temperatur a przede wszystkim pól elektromagnetycznych na organizm oraz poszczególne tkanki są wciąż przedmiotem licznych badań naukowych, dynamiczny rozwój techniki sprawia, że fizykoterapia zyskuje coraz szersze możliwości zarówno w zakresie rehabilitacji pacjentów po rozmaitych urazach, ale również w przypadku podstawowej terapii wielu schorzeń. Należy jednak pamiętać, że pełne wykorzystanie jej potencjału wymaga nie tylko gruntownej wiedzy z fizjologii czy anatomii, ale przede wszystkim z biofizyki, która jest fundamentem całej, szeroko pojętej medycyny fizykalnej.

dr Tomasz Kubiak
Wydział Fizyki UAM w Poznaniu

LITERATURA:

[1] W. Kasprzak, A. Mańkowska, Fizykoterapia, medycyna uzdrowiskowa i SPA, PZWL, Warszawa 2008, s. 5-23, 193 -257.
[2] A. Straburzyńska-Lupa, G. Straburzyński, Fizjoterapia, PZWL, Warszawa, 2004.
[3] T. Mika, W. Kasprzak, Fizykoterapia, PZWL, Warszawa, 2003.
[4] W. Kuliński, Fizykoterapia [w:] Rehabilitacja medyczna, t.1, pod red. A. Kwolka, Edra Urban & Partner, Wrocław 2015, 351-411.
[5] J. Rymaszewska i inni, Kodeks dobrej praktyki w krioterapii ogólnoustrojowej. Szkoła Wrocławska, wyd. 2, Wrocław 2019.
[6] W. Stryła, A.M Pogorzała, Zabiegi z zakresu fizjoterapii [w:] Rehabilitacja i pielęgnowanie osób niepełnosprawnych, pod red. M. Strugały i D. Talarskiej, PZWL, Warszawa 2014, s. 99-124.
[7] Podstawy fizjoterapii, cześć II Podstawy metodyczne i technika wykonywania niektórych zabiegów, pod red. J. Nowotnego, Wyd. Kasper, Kraków 2004, s. 91 – 167.
[8] R. Dymarek i inni, Podstawy biofizyczne i kliniczne fizykoterapii skojarzonej, Fizykoterapia 2011, nr 2, 42-48.
[9] A. J. Fenn, Thermal modeling theory for tissue heating [w:] Adaptive Phased Array Thermotherapy for Cancer, Boston 2009, 91-99.
[10] Y. Shindo, i inni, Evaluating microwave diathermy results using robotic arm guided temperature measurement system, Forum for Electromagnetic Research Methods and Application Technologies, 2017, 1-7.

eprasa.pl a8ae5e458e

O krzywiźnie czasoprzestrzeni i nie tylko...

(Miniatura dydaktyczna)

Podstawa programowa przewiduje w kl. I liceum realizację kilku tematów z kosmologii. Zwykle ogranicza się je do budowy i ewolucji Wszechświata. Jednakże uczniowie pragną wiedzieć więcej i pytają, jaki jest ten Wszechświat jako całość.

Waldemar **Reńda**

Niestety dydaktyka nie dopracowała się jeszcze rozwiązań metodycznych pozwalających na omówienie tego tematu w sposób dostosowany do tego poziomu nauczania. W pracy tej podejmuję próbę odpowiedzi na owo pytanie w sposób możliwie najprostszy.

A zatem, jak „wygląda" Wszechświat?

Kopernik pisał, że jest on „całością w sobie zawartą i do nieskończoności podobną". Podobnie sądzimy i my. Wszechświat jest bowiem skończony, ale nieograniczony. Jest skończony, bo posiada określoną ilość materii zawartą w określonej „objętości".[1] Równocześnie jest nieograniczony, bo nie ma granicy czy też kresu, do którego można by dotrzeć. Wynika to stąd, że przestrzeń jest zakrzywiona. I tu pojawia się pierwsza trudność, bo nie potrafimy wyobrazić sobie zakrzywienia trójwymiarowej przestrzeni.

Musimy zatem zrezygnować z jednego wymiaru. Wówczas nasz Wszechświat miałby własności geometryczne podobne do powierzchni kuli, czyli sfery. Owa sfera nie ma granicy. Możemy po niej wędrować w nieskończoność. Ma jednak określoną wielkość. Jest więc skończona, ale nieograniczona. Dodajmy, że owa sfera nie ma żadnego centrum. Ma natomiast promień. Odpowiednikiem owego promienia sfery jest promień krzywizny Wszechświata.

Skąd się bierze owo zakrzywienie?

Wiemy, że pole grawitacyjne zakrzywia tor pocisków. Jeżeli wystrzelimy pocisk poziomo i pominiemy opór powietrza, to po czasie t ów tor obniży się o $\Delta h = gt^2/2$. Obniżenie to nie zależy od masy pocisku. Gdyby tym „pociskiem" był foton, to przy odległości 1000 km, jego tor ugiąłby się o ok. 0,05 mm. Zatem obserwator, do którego ów foton dotarł, zobaczyłby źródło tychże fotonów nie tam, gdzie jest, ale przesunięte o 0,05 mm ku górze.[2] Podobnie jest z Wszechświatem. Jawi się on nam taki, jaki jego obraz dociera do nas. Ponieważ o wyglądzie ciał dowiadujemy się z ich obserwacji, zatem Wszechświat jest taki, jaki widzimy dzięki światłu, które do nas dociera. A obraz ten „rysują" fotony, których bieg zakrzywia pole grawitacyjne. W efekcie zakrzywiona jest również przestrzeń.[3]

---

[1] Ująłem to słowo w cudzysłów, bo jest to „objętość" świata aktualnie obserwowanego.

[2] Po raz pierwszy zjawisko to zaobserwował Arthur Eddington w czasie całkowitego zaćmienia Słońca 29 maja 1919 roku, kiedy to Słońce znalazło się na tle Hiad. Wykonał wówczas serię zdjęć i porównał z wcześniej wykonanym zdjęciem tej gromady. Okazało się, że obraz przynajmniej jednej z gwiazd uległ wyraźnemu odsunięciu od tarczy słonecznej.

[3] Niektórzy autorzy mówią tu o zmianie *metryczności* przestrzeni.

eprasa.pl a8ae5e458e

A jak się przekonać, czy nasza przestrzeń jest zakrzywiona?

Wystarczy sięgnąć do geometrii i zbadać na przykład czy suma kątów w trójkącie jest dokładnie równa 180°. Jeżeli tak, to nasza przestrzeń nie jest zakrzywiona, bo tak jest wówczas, gdy trójkąt nakreślimy na płaszczyźnie. Jeżeli owa suma jest większa od 180° (ale mniejsza od 360°), to krzywizna ma charakter sferyczny, bo taką właściwość mają trójkąty nakreślone na powierzchni kuli. (Przykładem może tu być trójkąt utworzony prze dwie ćwiartki południków opartych na odpowiednim fragmencie równika Ziemi.) Jeżeli zaś owa suma jest mniejsza od 180°, to sfera przypomina powierzchnię siodłową.

Już C. F. Gauss (1777-1855) próbował to zbadać, mierząc kąty pomiędzy teodolitami umieszczonymi na trzech wierzchołkach gór odległych o ok. 50 km. Powinien otrzymać ich sumę nieco większą od 180°, ale dokładność tych pomiarów nie mogła wykazać istnienia owej różnicy, a więc i zakrzywienia przestrzeni. A jak jeszcze inaczej zbadać ową krzywiznę?

Można też zmierzyć długość okręgu nakreślonego na tej płaszczyźnie. Jeżeli jest ona dokładnie równa $2\pi r$, to nasza powierzchnia jest płaszczyzną. Odpowiada to przestrzeni płaskiej. A jeżeli owa długość jest mniejsza od $2\pi r$, (promień mierzony po tej powierzchni), to nasza powierzchnia jest sferyczna. Odpowiada jej Wszechświat zamknięty. Jeżeli zaś jest większa, to powierzchnia jest siodłowa. Odpowiada to Wszechświatowi otwartemu.[4]

Ciekawostką jest też to, że na owej powierzchni można konstruować figury przystające, ale nie jest spełniony warunek podobieństwa figur. Jeżeli bowiem na sferze narysujemy dwa trójkąty o bokach odpowiednio proporcjonalnych, to jednak trójkąty te różnić się będą co najmniej wartością jednego z kątów. W większym trójkącie suma kątów będzie większa niż w mniejszym.

W zakrzywionej przestrzeni nie jest spełniony postulat, iż przez dany punkt poza prostą można poprowadzić jedną i tylko jedną prostą równoległą do danej prostej. W przestrzeni o charakterze sferycznym wszystkie proste równoległe muszą się gdzieś przeciąć. Niech przykładem będą południki Ziemi. Są one równoległe na równiku, a przecinają się na biegunach. W przypadku powierzchni siodłowej przez dany punkt poza prostą może przebiegać wiele prostych równoległych do tej prostej, które nigdzie się nie przetną.

Wiemy, że prostą w przestrzeni wyznacza bieg promienia świetlnego. Sprawdzając, czy linijka jest prosta, patrzymy wzdłuż jej krawędzi. Korzystamy więc z promienia światła biegnącego wzdłuż tej krawędzi. Jeżeli wszystkie jej punkty pokrywają się, to znaczy, że linijka jest prosta. Potem możemy ją wykorzystać do badania prostoliniowości innych linii, krawędzi itp.

Na powierzchni Ziemi najkrótszą odległość mierzymy wzdłuż geodezyjnej, która jest fragmentem okręgu o środku w środku Ziemi. W trójwymiarowej zakrzywionej sferycznie przestrzeni prostą będzie więc odpowiednik każdego ziemskiego południka oraz równik. Natomiast odpowiedniki pozostałych równoleżników będą krzywymi.

Zauważmy, że na małym obszarze powierzchnia sferyczna wydaje się płaska, a jej sferyczność ujawnia się dopiero w odpowiednio dużych obszarach. Można więc dla naszych potrzeb uważać, że przestrzeń jest płaska.

Problem czasoprzestrzeni jest – niestety – bardziej skomplikowany, bo nierozerwalnie wiąże przestrzeń

[4] Pomijam tu fakt, iż wykonanie tego typu pomiarów w czasoprzestrzeni może nie być możliwe.

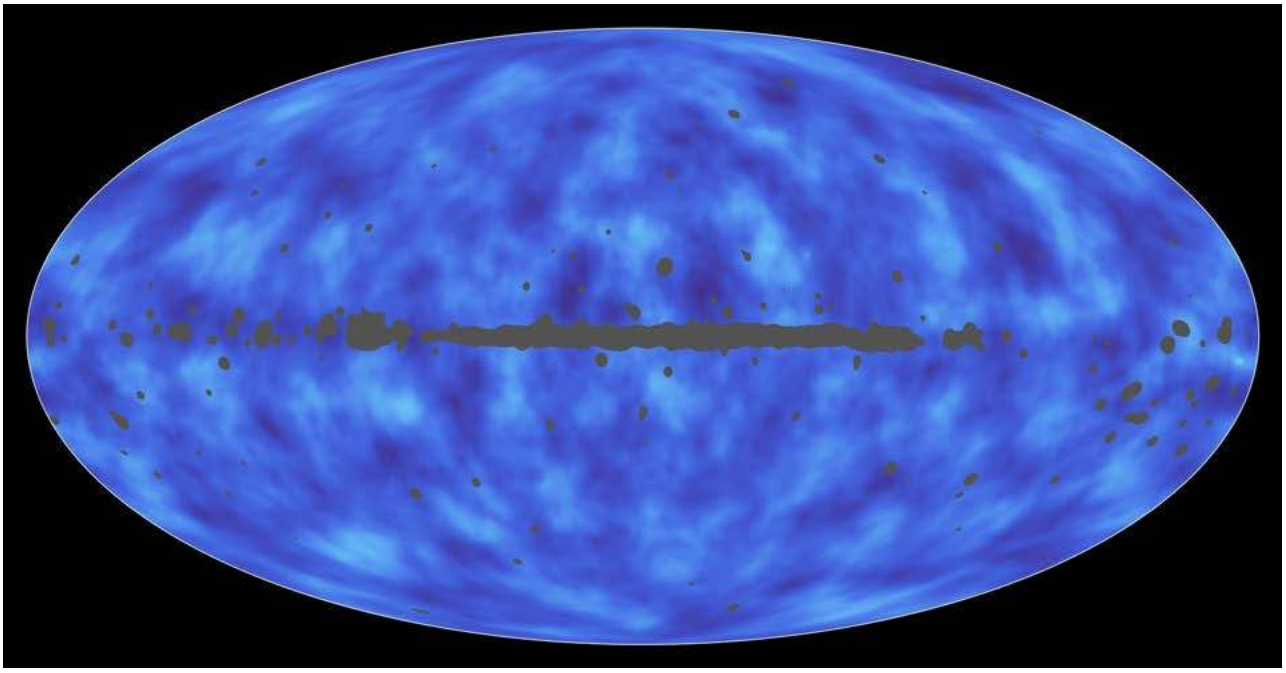


Foto 1. Mapa nieba pokazująca materię leżącą między Ziemią a krawędzią obserwowalnego Wszechświata. Źródło – NASA.

eprasa.pl a8ae5e458e

z czasem. Na wstępie przypomnę pogląd G. W. Leibniza (1646-1716) dotyczący owych pojęć: „Co do mnie – pisał[5] – uważam przestrzeń i czas za coś czysto względnego; przestrzeń – za porządek współistnienia rzeczy, a czas za porządek ich następstwa. A ponieważ nie można mierzyć odległości bez ciał, ani czasu bez zdarzeń, zatem nie ma przestrzeni ani czasu bez rzeczy i zjawisk.”[6] Tak więc przestrzeń jest pojęciem pozwalającym określać wzajemne położenie ciał, a czas to pojęcie pozwalające opisywać przebieg i kolejność zdarzeń.[7]

Problem pojawił się wówczas, gdy okazało się, że pomiary czasu i przestrzeni są względne, bo zależą od przyjętego układu odniesienia. W dodatku do pomiarów tych używamy światła, którego prędkość jest taka sama w każdym układzie odniesienia. Na tym też opiera się STW Einsteina. A o zakrzywieniu czasoprzestrzeni traktuje jego OTW.

Wróćmy do czasoprzestrzeni. Stwierdziliśmy, że jej zakrzywienie można sobie wyobrazić, odrzucając jeden z jej wymiarów. Jak więc „wyglądałaby” owa czasoprzestrzeń sprowadzona do dwóch wymiarów?

Byłaby to sfera pokryta wieloma zagłębieniami, w których tu i ówdzie napotkalibyśmy dziury.[8] Przez ową sferę od czasu do czasu przebiegałyby zmarszczki fal grawitacyjnych.

Nie jest to jednak dla nas pełna sfera. Wszechświat bowiem się rozszerza. Musiał więc być jakiś jego początek.[9] Obserwacje Kosmosu nie sięgają owego początku. Kończą się na obiektach zwanych kwazarami.[10]

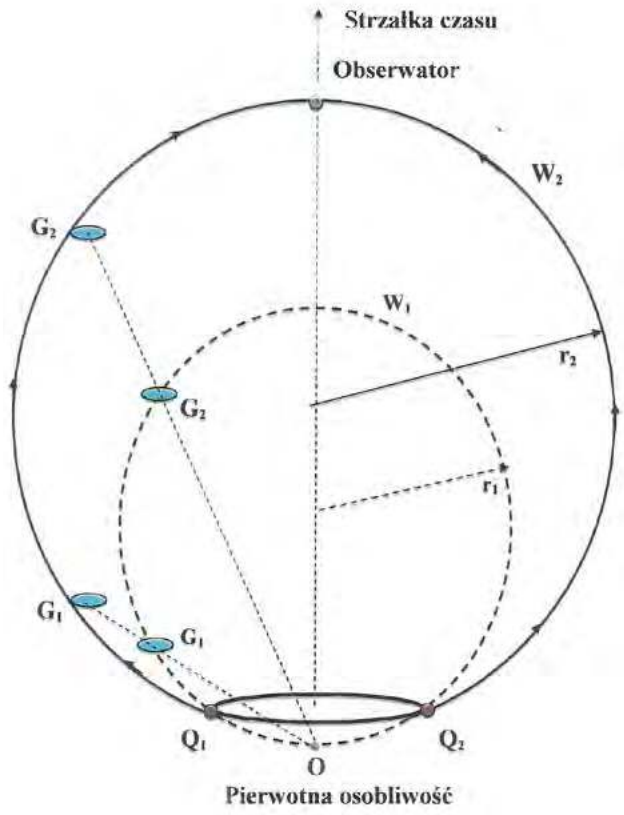
A jak „wygląda” taki Wszechświat?

Trzeba zacząć od tego, że im dalej patrzymy w głębię Kosmosu, tym widzimy obiekty z wcześniejszego okresu jego ewolucji. Póki co granicą owego obserwowalnego Wszechświata są najbardziej odległe w czasie i przestrzeni obiekty, czyli wspomniane wyżej kwazary.

Spróbujmy to zilustrować.

Aby tego dokonać, musimy zrezygnować z części wymiarów, co przedstawia poniższy rysunek.

Po redukcji jednego z wymiarów przestrzennych powstaje sfera. Przetnijmy ją płaszczyzną równoległą do płaszczyzny rysunku. Otrzymamy okrąg. Jest on na dole otwarty, gdyż ta część Kosmosu nie jest dostępna dla obserwatora. U kresu Kosmosu widzimy kwazary. Ich reprezentantami na rysunku są kwazary Q_1 i Q_2. Na niebie zobaczymy je dokładnie w przeciwległych punktach sfery niebieskiej. Od nich do obserwatora biegnie światło. Od Q_1 na rysunku biegnie w lewo, mija galaktykę G_1 odległą od nas o około 10 mld lat świetlnych. Potem światło tego kwazaru mija galaktykę G_2 odległą od nas o ok. 4 mld



lat świetlnych i dociera do teleskopu obserwatora. Podobnie jest ze światłem wysłanym przez kwazar Q_2.

Wiemy, że Wszechświat rozszerza się, co przedstawiają sfery W_1 i W_2. Powiększają się więc wzajemne odległości między galaktykami. Widać to na przykładzie galaktyk G_1 i G_2. Ich wcześniejsze położenie znajduje się na sferze W_1 Wszechświata mającego ok. 10 mld lat. Stan obecnie widzianego przez nas Wszechświata ilustruje sfera W_2. Jak widać, w miarę rozszerzania się Kosmosu, rośnie też promień jego krzywizny od r_1 do r_2.

Komentarz

Oczywiście Kosmos widzimy nieco inaczej. Dla nas znajdujące się na tym rysunku obiekty leżą na stycznej do łuku krzywizny w punkcie obserwacji. Niech wyjaśnieniem będzie następujący przykład: Gdyby światło biegło tuż nad powierzchnią Ziemi (zakrzywiona dwuwymiarowa przestrzeń), to pingwiny siedzące na przeciwległych brzegach Antarktydy, a oglądane z bieguna północnego, byłyby widoczne w przeciwległych punktach horyzontu. Tak też widzimy kwazary Q_1 i Q_2. Obraz przedmiotu widzimy bowiem na przedłużeniu promieni wpadających do oka, a niekoniecznie tam, gdzie ten przedmiot się znajduje (lub się znajdował). W efekcie przestrzeń zakrzywiona jawi się nam jako przestrzeń płaska. Tu jednak musiałem dodatkowo uwzględnić tzw. strzałkę czasu, która na rysunku jest osią czasu jedynie dla obserwatora znajdującego się niezmiennie w danym punkcie przestrzeni.

Mam nadzieję, że zaprezentowany w tej pracy opis ułatwi nauczycielom przekazanie uczniom elementarnej wiedzy o Wszechświecie.

Waldemar Reńda
Olkusz

[5] M. Tempczyk, *Fizyka a świat realny, Elementy filozofii fizyki,* Warszawa 1986, s. 32.

[6] Zob. też: W. Reńda, *Esej o przestrzeni i czasie*, Fizyka w Szkole nr 2/2007.

[7] A. Einstein mawiał, że czas to jest to, co mierzą zegary.

[8] Czarne dziury - głównie w centrach galaktyk.

[9] Niektórzy autorzy ów początek nazywają pierwotną osobliwością. Wiek Kosmosu ocenia się na 13,7 mld lat. Jest to odwrotność stałej Hubble'a.

[10] Z łac.: *quasi* = niby, *stellar* = gwiazda. W ang.: QSS – *quasi-stellar radio-source* = gwiazdo-podobne radioźródło

eprasa.pl a8ae5e458e

Odkrycia
Polska Edycja EUCYS

Co robią młodzi naukowcy po lekcjach?

Znamy tegorocznych laureatów konkursu „Odkrycia" – Polska Edycja EUCYS. Trójka będzie reprezentowała Polskę podczas międzynarodowych finałów w Lejdzie.

„Odkrycia" to interdyscyplinarny konkurs naukowy – polska edycja Konkursu Unii Europejskiej dla Młodych Naukowców (European Union Contest for Young Scientists – EUCYS). Od ponad 25 lat prezentowane są w nim najlepsze projekty uczniowskie, które recenzują i oceniają największe autorytety naukowe w naszym kraju.

Laureaci pierwszych nagród „Odkryć" tworzą reprezentację na finały międzynarodowe EUCYS. W tym roku młodzi naukowcy z całego świata spotkają się w niderlandzkiej Lejdzie w dniach 12–18 września. Polskę reprezentować będą:

- **Bartłomiej Bychawski**, uczeń Akademickiego Liceum Ogólnokształcącego Politechniki Wrocławskiej za pracę z dziedziny matematyki: „Szczególne podgrupy skończonego indeksu w grupie warkoczy B3";
- **Gabriela Szczepanik**, uczennica XIV LO im. S. Staszica w Warszawie za pracę z dziedziny biologii: „Charakterystyka preferencji penetrowania pożytku w zależności od jego zróżnicowania gatunkowego przez wybranych przedstawicieli rzędów błonkoskrzydłych, muchówek, chrząszczy i motyli w kontekście działań rewitalizacyjnych przestrzeni zieleni miast i pól uprawnych";
- **Róża Wilkońska**, uczennica I LO im. Marcina Wadowity w Wadowicach za pracę z dziedziny chemii: „Zastosowanie enkapsulacji usieciowanych soli polisacharydowych i miceli jako nośnika hydrofobowych substancji leczniczych".

I nagrodę otrzymał też matematyk Radosław Żak. Równorzędne drugie nagrody trafiły do zespołów: Mikołaja Kłakulaka, Mikołaja Koło i Filipa Szafraniaka – konstruktorów drona z zestawem do reanimacji, Bartosza Kostarczyka, Jana Ignacego Łubińskiego i Roberta Miśkiewicza – twórców ExtremeBox oraz biolożek Olgi Kowalskiej i Marty Luterek. Trzecimi nagrodami jury wyróżniło: zespół chemików – Jakuba Hilusa i Zuzannę Kozłowską, chemika Michała Lipca, matematyka Stanisława Majchrzaka i autorkę pracy z dziedziny medycyny Marcelinę Siwczyk.

Odkrycia to nie tylko nagrody, ale też:
- **gwarancja rzetelnej oceny i wsparcia merytorycznego** – od recenzji specjalistycznych, przez rozmowy z członkami jury, po konsultacje eksperckie dla autorów prac,
- **możliwość nawiązania cennych kontaktów naukowych** wśród doświadczonych badaczy, ale także rówieśników z pasją,
- **satysfakcja i motywacja** do podążania obraną ścieżką naukową oraz do realizacji samodzielnych projektów badawczych.

Na zgłoszenia do kolejnej edycji *Odkryć* czekamy **w GRUDNIU!**
Więcej informacji znajduje się na stronie **www.fundusz.org/odkrycia**
Na pytania chętnie odpowiemy pod adresem **konkurs@fundusz.org**
lub numerem telefonu **506765578**.

Organizatorem *Odkryć* – Polskiej Edycji EUCYS jest KFnRD

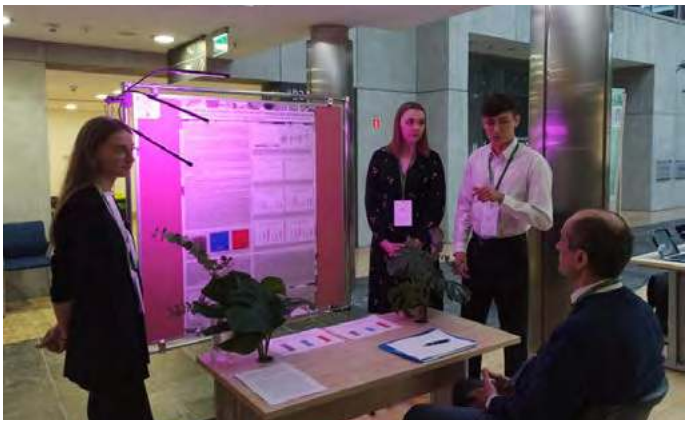
Krajowy Fundusz na rzecz Dzieci

Patronatu honorowego konkursowi udzieliła Polska Akademia Nauk

PAN
POLSKA AKADEMIA NAUK

Organizację EUCYS w Polsce wpiera Huawei

HUAWEI



eprasa.pl a8ae5e458e

Jan Szczepanik (1872-1926)
– odkrywca, fenomenalny wynalazca – twórca telewizora i barwnej fotografii – w 150 rocznicę urodzin

Był geniuszem, samoukiem. Znany jako prekursor m.in. telewizji i fotografii barwnej. Prawdziwą sławę przyniosła mu zaprojektowana przez niego kamizelka kuloodporna. Był autorem 50 wynalazków i kilkuset opatentowanych pomysłów technicznych. Polak, który ubarwił świat i ocalił króla.

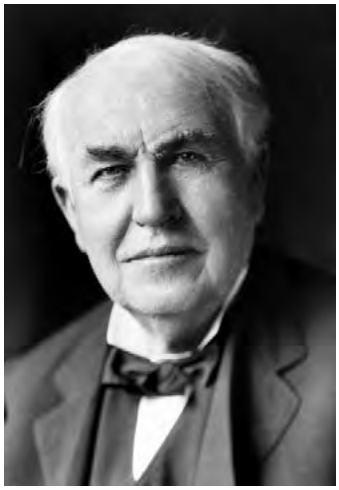
Kazimierz **Mikulski**

Nazywany był „*Leonardem da Vinci z Galicji*". Był konstruktorem, polskim Edisonem. Autor kilkuset patentów i wynalazków, szczególnie z dziedziny filmu, fotografii i telewizji są stosowane do dzisiaj. Karol Kuczyński pisze: „*Polacy nie gęsi i swego Edisona mają*!". Choć równie dobrze to Edisona powinno się nazywać „*amerykańskim Szczepanikiem*". Dodaje, że rodak jest autorem wynalazków, bez których nie wyobrażamy sobie w wielu aspektach dzisiejszego życia. Przedstawiamy kilka uwag o Szczepaniku.

Jan Szczepanik urodził się w 1872 r. w Rudnikach k. Mościsk pod Przemyślem na terenie dzisiejszej Ukrainy, w domu należącym do jego wujka Ludwika. Wychowywał się w Krośnie n. Wisłokiem. Dziadkowie Jana Szczepanika – Stanisław Szczepanik i Katarzyna z domu Wilk, byli rolnikami gospodarującymi we wsi Zręcin koło Krosna. Jego matka Marianna (1847-1877) miała troje rodzeństwa. Przyszedł na świat jako nieślubne dziecko Marianny Szczepanik, która przez pierwszy rok wychowywała go sama. Prowadziła ona dom u jednego z lwowskich lekarzy. Można domniemywać, że lekarz był ojcem jej dziecka.

Po niespodziewanej śmieci matki, jego wychowaniem zajęła się ciocia Salomea Gradowiczowa, której mąż Wawrzyniec był woźnym w starostwie w Krośnie oraz dziadkowie. Zaszczepiali w nim zainteresowania czytelnicze, rozwijali pomysłowość i pierwsze próby konstruktorskie i wynalazcze. Od najmłodszych lat rozkładał on wszystkie swoje zabawki na czynniki pierwsze, aby dokładnie dowiedzieć się, jak one działają. Pewnego dnia zniszczył miech cudzego akordeonu, ponieważ ciekawiło go, w jaki sposób instrument wydobywa dźwięk. Od najmłodszych

[1] https://www.elektro.info.pl/artykul/z-kart-historii/69286,jan-szczepanik



Fotografia 1, 2, 3. *Leonardo da Vinci (1452-1519); Thomas Alva Edison (1847 - 1931); Jan Szczepanik (1872-1926)*
Źródło: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/40/Thomas_Edison2-crop.jpg, https://jpilsudski.org/artykuly-personalia-biogramy/indywidualnosci-epoki/item/1707-jan-szczepanik-polski-edison, https://ciekawostkihistoryczne.pl/leksykon/leonardo-da-vinci-1452-1519/

eprasa.pl a8ae5e458e

lat wiedział, czym jest ciężka praca, co w połączeniu jego pracowitością oraz olbrzymią ciekawością świata skierowały jego kroki ku nauce i inżynierii.

Pierwszą szkołą Jana Szczepanika była 4-letnia szkoła ludowa w Krośnie. W późniejszych latach uczył się w gimnazjum w Jaśle, gdzie ujawnił wielki talent matematyczny i fizyczny. Jednak, jak podaje część źródeł, szkoły tej nie ukończył, ponieważ miał problemy w przedmiotach klasycznych. W 1891 r. ukończył Seminarium Nauczycielskie w Krakowie.[1] Jeszcze zanim rozpoczął się czas jego wielkich wynalazków, zajmował on stanowisko nauczyciela fizyki w podkarpackich szkołach. Praca nauczyciela stała się dla niego pasją, której oddawał się z wielkim zaangażowaniem. Ówczesny program szkoły galicyjskiej zalecał wiele zajęć praktycznych, popierających teorię, a Szczepanik potrafił przełożyć opisy na rzeczywistość. Często odwiedzał swoich uczniów w domach, gdzie znajdowały się warsztaty tkackie. Wówczas też zainteresował się pracą tkaczy wiejskich do tego stopnia, że zaczął udoskonalać ich **krosna**.[2]

Pierwsze wynalazki i pierwszy światowy przełom

Przebywając w Korczynie, Szczepanik na co dzień mógł obserwować lokalnych tkaczy. Postanowił wprowadzić do przemysłu włókienniczego kilka swoich pomysłów, znacznie usprawniając proces tworzenia. Polski wynalazca tak ulepszył maszynę Jacquarda[3], że stworzenia gobelinu zajmowało kilkanaście minut zamiast kilku tygodni i co więcej, kosztowało przy tym znacznie mniej.[4]

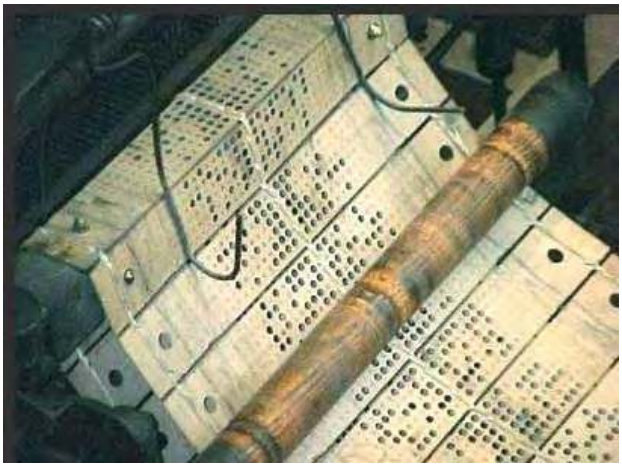
To tak jakby dzisiaj każdy mógł za kilkanaście złotych kupić sobie drukarkę 3D i za jej pomocą wydrukować w ciągu chwili rzeźbę.

Było to prawdziwe przełomowe dokonanie i nic dziwnego, że mechanizm niemal od razu zaczął być używany na całym świecie. Była to wręcz „*Gobelinowa rewolucja*". Barwne wzorzyste tkaniny wytwarzano już wtedy mechanicznie (*dawniej była to ręczna praca tkacza*) za pomocą tzw. krosien żakardowych, wynalezionych przez wspomnianego wcześniej Josepha Marie Jacquarda. W krosnach tych proces tkania sterowany był mechanicznie przez program w postaci kart

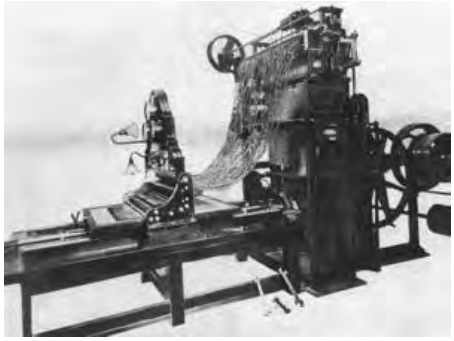
Ibidem

[2] W 1805 r. automatyczne sterowanie układem wątku i osnowy nici zastosował Francuz Jacquard Joseph Marie (1752 - 1834). Więcej na stronie o adresie https://wynalazki.andrej.edu.pl/index.php/wynalazcy/49-j/883-jacquard dzięki temu stało się możliwe szybkie tkanie wielowzorzystych i wielokolorowych tkanin.

[3] Było to pierwsze w dziejach sterowanie maszyny za pomocą programu. Wykorzystał kilka wieków rozwoju urządzeń z kodem sterującym procesami. Pomysł stał się później inspiracją dla twórców podstaw budowy komputera - Babbage'a i Hollerith'a. https://wynalazki.andrej.edu.pl/index.php/wynalazki/24--k/304-krosno



Fotografia 4, 5. *Krosno, obok karta z kodem. Szczepanik wykorzystał tutaj kilka wieków rozwoju urządzeń z kodem sterującym procesami produkcyjnymi*
Źródło: https://wynalazki.andrej.edu.pl/index.php/wynalazki/24-k/304-krosno, https://wynalazki.andrej.edu.pl/index.php/wynalazcy/49-j/883-jacquard



Fotografia 6, 7. *Tkanie gobelinów metodą Szczepanika i opatentowana przez niego maszyna tkacka*
Źródło:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8e/Automatic_loom_with_patents_of_Jan_Szczepanik.jpg

eprasa.pl a8ae5e458e

Fotografia 8,9. *Ludwik Kleinberg i po prawej Jan Szczepanik na okolicznościowym znaczku*
Źródło: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/39/Ludwik_Kleinberg.jpg

perforowanych. Karty te jednak musieli wytwarzać ręcznie ludzie i często dochodziło przy tym do pomyłek.

Szczepanik opracował metodę automatycznego dziurkowania kart na podstawie fotografii zaprojektowanego wzoru tkaniny, a także zbudował elektryczny system odczytujący te karty i sterujący pracą maszyny tkackiej. Praca, która wcześniej zajmowała wiele tygodni, była teraz wykonywana w kilkadziesiąt minut, a koszty produkcji spadły kilkunastokrotnie. Wkrótce też dawny pracodawca Szczepanika, będąc pod wrażeniem jego wynalazku, założył w Wiedniu towarzystwo zajmujące się wdrażaniem wynalazków swojego dawnego pracownika. Niebawem towarzystwo pod nazwą „*Societe des Inventions Jan Szczepanik et Cie*" zajęło się uruchomieniem zakładu produkującego karty perforowane do unowocześnionych przez polskiego wynalazcę maszyn żakardowych. Oprócz Wiednia pracownie Szczepanika powstały także w Berlinie i Dreźnie. Wkrótce fabryki gobelinów wykorzystujące pomysł Szczepanika powstały w Brukseli, Wuppertalu, Roubaix, a także w… Krakowie.

W 1898 r. wykorzystał rocznicę jubileuszu 50-lecia panowania cesarza Franciszka Józefa. Zaprojektował więc i wykonał (*w czterech egzemplarzach*!) gobelin przedstawiający postać cesarza. Tkaninę zatytułował „*Apoteoza*" i ofiarował cesarzowi Austro-Węgier. Gest ten doceniła prasa, co już było reklamą wynalazku i przełożyło się na dużą gratyfikację dla jego autora.[5]

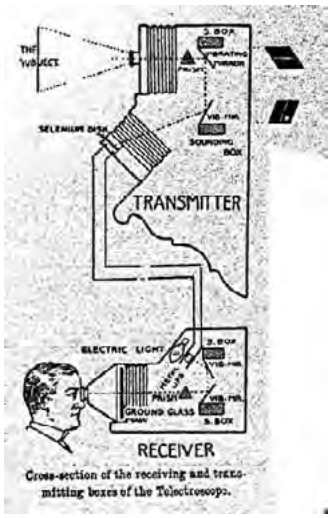
Osobą, której zawdzięczał Szczepanik przekształcenie swojego statusu z eksperymentującego w wynajętych pokojach nieznanego nikomu wynalazcy na młodego człowieka sukcesu, był Ludwik Kleinberg, krakowski przedsiębiorca wywodzący się z rodziny lwowskich bankierów. Był właścicielem sklepu fotograficznego, w którym zatrudnił Szczepanika. Zainteresował się jego pracami oraz zgodził się na finansowanie niektórych przedsięwzięć.

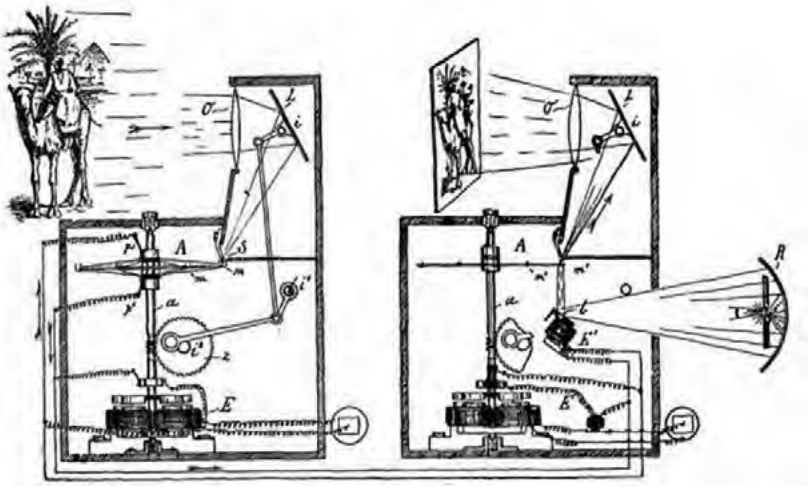
Doskonalony jeszcze w Krośnie pomysł Szczepanika, by połączyć fotografię i tkactwo był rewelacyjnym odkryciem. Wymyślił nowy sposób, czyli metodę fotoelektryczną, polegająca na tym, że specjalne optyczno-fotograficzne urządzenie Szczepanika przenosiło obraz lub wzór na gobelin lub wielobarwny materiał, nazywany szczepanikami lub patronami. Metoda ta mogła być stosowana do najbardziej skomplikowanych wzorów i fotografii. Na jednym z gobelinów Szczepanika widniała „*Ostatnia wieczerza"* Leonarda da Vinci. Dzięki funduszom Kleinberga, Szczepanik uzyskał na tą metodę oraz inne urządzenia patenty niemieckie, austriackie i angielskie. Udoskonalał maszynę Jacquarda poprzez wprowadzenie w niej elektrycznego sterowania, co przełożyło się na proces automatyzacji tkactwa.[6]

Telewizja XIX wieku, czyli wiedeńska przygoda z prototypem telewizora

W 1897 r. Jan Szczepanik zgłosił do urzędu patentowego urządzenie nazywane „**telektroskopem**". Służyło ono do przesyłania na odległość ruchomego, kolorowego obrazu wraz z dźwiękiem. Wynalazek początkowo zyskał międzynarodowy rozgłos. Niestety przy braku wsparcia finansowego nie rozpowszechnił niezwykłego urządzenia. Niemniej nazywa się go jednym z **pionierów telewizji**.[7]

[4] https://fpg24.pl/polak-ktory-ubarwil-swiat-i-ocalil-krola/
[5] http://historianadotyk.pl/pl/jan-szczepanik-13-06-1872-18-04-1926
[6] https://pl.wikipedia.org/wiki/Telektroskop





Rysunek 1. *Patent nr 5031 z 1897 r. Szkic tekstu pierwszego wniosku patentowego brzmiał: Data wniosku, 24 lutego 1897 Pełna specyfikacja Po lewej, 16 listopada 1897 - Zaakceptowano, 24 lutego 1898*
Rysunek 2. *Opatentował telektroskop w Wlk. Bryt. (1897 r.) – jeden z pierwszych wynalazków w dziedzinie telewizji. Obrazy uzyskiwano dzięki zastosowaniu selenowych komórek fotoelektrycznych.*
Źródło: https://sp2put.pl/radioelektronicy/szczepanik_j.htm, http://www.samolotypolskie.pl/samoloty/15681/126/Szczepanik-Jan

eprasa.pl a8ae5e458e

Fotografia 10, 11. *John Logie Baird (1888 – 1946) https://en.wikipedia.org/wiki/File:John_Logie_Baird_in_1917.jpg, https://www.benchmark.pl/aktualnosci/john-logie-baird-ojciec-telewizji.html*

Urządzenie transmitowało obraz w barwach naturalnych z dźwiękiem, rozkładając go na punkty, które przekazywane były do odbiornika zamieniającego je ponownie na spójny kolorowy przekaz, działając na identycznej zasadzie jaką stosuje dzisiejsza telewizja.[8] Pomimo dużego rozgłosu i uznania w krajach zachodnich telektroskop nie został wdrożony do produkcji ze względu na zbyt duży stopień skomplikowania i kosztowność. Urządzenie to przenosiło obraz na odległość za pomocą sieci telefonicznej.

Pierwsza „*transmisja telewizyjna*" miała miejsce w 1896 r., a obiektem, którego obraz transmitowano, był wiedeński kościół św. Karola Boromeusza. Obraz przesłano do pomieszczenia mieszczącego się o kilka ulic dalej i był on tak dobrej jakości, że obserwujący eksperyment dziennikarze powątpiewali w to, czy jest to naprawdę obraz przekazany na odległość, czy może jakaś mistyfikacja. Brytyjski urząd patentowy wątpliwości nie miał i po roku Szczepanik był właścicielem patentu na telektroskop.

3 kwietnia 1898 r. wynalazek Szczepanika znalazł się na okładce „New York Timesa", gdzie został opisany jako urządzenie „*do transmisji kolorowych promieni*". W 1898 r. Mark Twain opisał entuzjastycznie wynalazek Szczepanika w futurystycznym artykule *From the „London Times" of 1904*. W 1900 r. Szczepanik przedstawił na wystawie światowej w Paryżu udoskonalone urządzenie do przenoszenia obrazu na odległość – „telefot". Amerykański uczony Abramson uznał Szczepanika za trzecią z osób, które w znaczący sposób przyczyniły się do powstania telewizji.

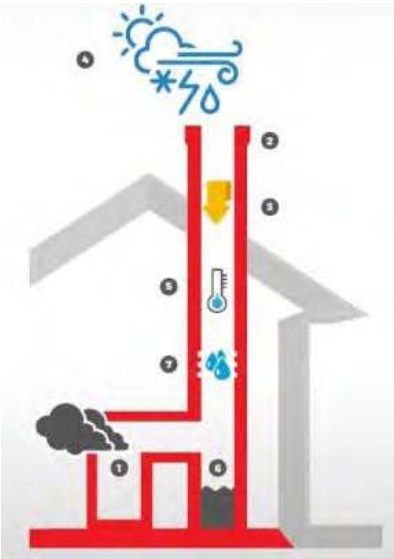
Efekt fotowoltaiczny po raz pierwszy zaobserwował A. C. Becquerel w 1839 r. w obwodzie oświetlonych elektrod umieszczonych w elektrolicie. Obserwacji tego zjawiska na granicy dwóch ciał stałych dokonali w 1876 r. (37 lat później) W. Adams i R. Day.[9]

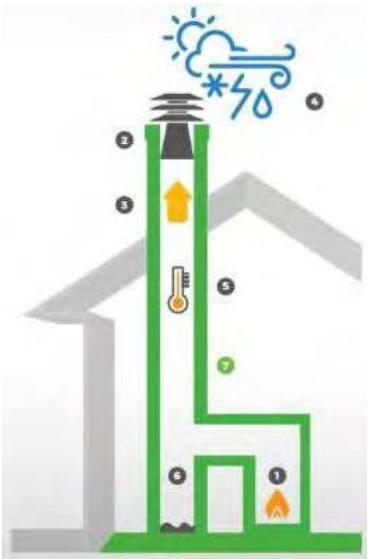
Za wynalazcę telewizora uznaje się **Johna Bairda**,[10] mającego inny pomysł od Szczepanika. Zbudował i wypromował swój telewizor do końca. Należy pamiętać, że zrobił to w 1924 r., podczas gdy urządzenie Szczepanik opracował w 1896 r., blisko 30 lat wcześniej!

[7] Szczepanikowi znał wynalazki Hertza, Popowa i Marconiego, z końca XIX wieku. Zajmował się telegrafem iskrowym. Pracował nad samolotem z ruchomymi skrzydłami, śmigłowcem z podwójnym układem wirnika, sterowcem (przed Ferdynandem von Zeppelinem), łodzią podwodną oraz karabinem elektrycznym. http://www.wynalazki.mt.com.pl/joomla/index.php?option=com_content&task=view&id=681&Itemid=43

[8] Więcej można się zapoznać w materiałach https://pl.wikipedia.org/wiki/Ogniwo_s%C5%82oneczne https://www.urania.edu.pl/sites/default/files/archiwum/postepy_astronomii_1954_02.pdf http://apw.ee.pw.edu.pl/tresc/sylw/szczep/szczepanik.htm

[9] John Logie Baird (1888 – 1946) – szkocki inżynier, wynalazca pierwszego działającego systemu telewizyjnego. W 1924 r. skonstruował telewizor monochromatyczny, w 1928 r. przesłał transmisję telewizyjną z Europy do Ameryki Północnej, jak i Południowej. Stworzył pierwszy system telewizji kolorowej. Wynalazca noktowizora (1926). https://pl.wikipedia.org/wiki/John_Logie_Baird





Rysunek 3. *Regulator Ciągu Kominowego – system grzewczy bez regulatora; 1 – duże zużycie opału, 2 – duży poziom emisji zanieczyszczeń do atmosfery, 3 – zawiewanie, czyli cofanie spalin, 4 – praca systemu zależna od warunków pogodowych, 5 – zimny komin uniemożliwiający prawidłową pracę systemu, 6 – znaczna ilość kondensantu, 7 – erozja komina spowodowana zawilgoceniem komina*

Fotografia 12. *Regulator Ciągu Kominowego*

Rysunek 4. *Regulator Ciągu Kominowego – systemy grzewcze z regulatora: 1 – oszczędzanie opału nawet 40%, 2 – emisja zanieczyszczeń ograniczona o 70%, 3 – wyeliminowanie efektu cofania spalin, 4 – system ogrzewania niezależny od warunków pogodowych, 5 – wzrost temperatury komina na całej wysokości, 6 – kondensacja zredukowana o 80%, 7 – zredukowana erozja komina.*

Źródło:https://e-kominki24h.pl/10316-smartflow-regulator-ciagu-kominowego-stopa-uniwersalna-regulowana?gclid=Cj0KCQjwz7uRBhDRARIsAFqjulkFZ2d5Iak9UMDg3mgKxAB-Ybd7Vp_cApvhCvzD7Kd19hijgN8VfZ4aAm68EALw_wcB

eprasa.pl a8ae5e458e

Fotografia 13, 14, 15. *Test kamizelki kuloodpornej autorstwa Jana Szczepanika. Na zdjęciu dostępnym w Internecie utrwalono moment, kiedy testujący ekspert z odległości trzech kroków strzelał z rewolweru o kalibrze 7 mm do ubranego w kamizelkę służącego Szczepanika – który wyszedł z tej próby bez szwanku. Uczestników tej próby fakt „podstawienia" służącego ani nie gorszył, ani nie dziwił, a prasa rozpisywała się o „kuloodpornym lokaju".*

W 1899 r. Szczepanik opracował **fotosculptor**. Przyrząd służący do kopiowania rzeźb metodą fotograficzną. Urządzenie pomagało rzeźbiarzom w wiernym odwzorowaniu trójwymiarowych przedmiotów. Skonstruowany mechanizm, za pomocą systemu luster nanosił na siebie obraz rzeźby i jej wzoru. Obrazy pokazywane są jednocześnie, jeden na drugim o różnych kolorach. Rzeźbiarz porównywał bezpośrednio, czy rzeźba jest już zgodna z oryginałem. Umożliwiało to stwierdzenie, że obrazy mają jednakowe kontury. Likwidowało to potrzebę mierzenia.[11]

W 1901 r., wynalazł samoczynny **regulator ciągu kominowego w paleniskach kotłowydychających** nazwany <*Caloridul*>. To bardzo praktyczny samoczynny regulator ciągu kominowego w paleniskach kotłowych, dający 20% oszczędności w zużyciu węgla. W dziedzinie automatyzacji Szczepanik wykazał inwencję twórczą.[12] Regulator ciągu kominowego to jeden z istotniejszych elementów systemów grzewczych. Do jego zadań należy stabilizacja podciśnienia w przewodach kominowych. Gdy jest ono za duże, regulator ciągu pomoże je zmniejszyć, co pozwoli na prawidłowe funkcjonowanie komina. Powinny być one montowane we wszystkich przewodach, w których występuje nadmierne podciśnienie, niezależnie od przyczyny powstania tego zjawiska.[13]

Regulator ciągu kominowego pozwala utrzymać odpowiednią temperaturę w domu, zwłaszcza w przypadku nagłej zmiany warunków atmosferycznych.[14]

Kamizelka kuloodporna

Szczepanik był już ekspertem w dziedzinie włókiennictwa, kiedy skontaktował się z nim inny wybitny Polak – Kazimierz Żegleń – wynalazca materiału kuloodpornego. Udoskonalił więc projekt rodaka i stworzył w 1901 r. kamizelkę zatrzymującą pociski wystrzelone nawet z karabinów. Wkrótce przyniosła mu ona wielką sławę. W 1906 r. król Hiszpanii Alfons XIII świętował swoje zaślubiny, przejeżdżając królewską karetą między wiwatującym tłumem. Nagle z jednego z balkonów zrzucono na pojazd bombę, która zabiła na miejscu około 30 osób oraz raniła kolejne 100. Okazało się, że państwo młodzi przeżyli. Powóz został wcześniej opancerzony tkaniną Szczepanika. W ramach wdzięczności monarcha odznaczył państwowym orderem Izabeli. Podobnie zamierzał uczynić Mikołaj II. Jednakże Szczepanik z pobudek patriotycznych odmówił przyjęcia orderu. Zamiast orderu car obdarował go złotym zegarkiem wysadzanym brylantami.

Kamizelkę poddano pierwszym testom w 1901 r. na dziedzińcu wiedeńskiej pracowni Szczepanika w obecności przedstawicieli władz i wojska. Dyrektor Borzykowski strzelał do służącego Jana. Próba wypadła pomyślnie. Kulochronną funkcję tkaniny potwierdziło badanie jej właściwości w Krakowie w 1902 r. pod nadzorem inż. Ludwika Sippel, eksperta w zakresie materiałów wybuchowych. W sporządzonym protokole zawarty jest opis kamizelki: „*kuloodporny pancerz kształtu zwyczajnej męskiej kamizelki zapinanej z boku, w kolorze białym, o wadze 90 dag. Na kamizelce dokonano wielu prób bronią palną i białą. Potwierdziły one odporność materiału, z którego wykonana była kamizelka na strzały z rewolweru 9 mm z odległości 2 metrów oraz ciosy „bronią sieczną i kolną, przy użyciu możliwie największej siły ludzkiej i umyślnie w tym celu wyostrzonej broni*".

Fotografia barwna

Pasją Szczepanika było kopiowanie barwnych obrazów. Uzyskał ciekawe wyniki prac w dziedzinie fotografii kolorowej. Już w 1899 r. opatentował w Wielkiej Brytanii metodę wytwarzania małoobrazkowego filmu kolorowego i światłoczuły papier barwny, który od 1905 r. produkowała szwajcarska firma J. K. Smitha. Szczepanik sprzedawał także przez firmę mającą w nazwie jego nazwisko. Uznał, że jest to rzecz mało przydatna. Tymczasem w 1928 r. firma Kodak wykorzystując jego odkrycie, zaczęła produkować w USA kolorowe klisze fotograficzne dla amatorów. W latach 1902–03 opracował metodę fotografii opartą na użyciu filtra i rastra wielobarwnego, wynalazł barwoczuły papier fotograficzny.

W 1906 r. skonstruował udoskonalony kolorymetr – przyrząd do pomiaru intensywności barw. Odniósł sukces

[10] cesarz Franciszek Józef I, zachwycony urządzeniem ofiarował wynalazcy na pamiątkę parę pistoletów

[11] http://www.wynalazki.mt.com.pl/joomla/index.php?option=com_content&task=view&id=681&Itemid=43

[12] https://czystykomin.com.pl/65-regulatory-ciagu kominowego?gclid=Cj0KCQjwz7uRBhDRARIsAFqjulkts3vzhMzU-KB0pDEvePjUaXh_Ateis0zoO-WQlMVMXjKHZ3LuIctMaAjmpEALw_wcB

[13] http://www.e-kominy.pl/systemy-kominowe/regulatory-ciagu-kominowego/?gclid=Cj0KCQjwz7uRBhDRARIsAFqjulmjnlVJh4OJdZfDritcUgVvbB8wj9rDrfmKAHrhMMWK3bvZ1ygXA1IaAkyPEALw_wcB

eprasa.pl a8ae5e458e

w dziedzinie kinematografii barwnej, poprzez stosowanie w kamerze i aparacie projekcyjnym 3 filtrów: czerwonego, zielonego i niebieskiego oraz czarno-białą taśmę filmową, uzyskują dobre, zbliżone do naturalnych kolory. Najważniejszym wkładem w tej dziedzinie była metoda płowienia barw (patent w 1902 r.), która wytyczyła kierunek badań prowadzących do rozwiązań wprowadzonych przez firmy Kodak w 1928 r. i Agfę w 1932 r. Szczepanik skonstruował aparat do wykonywania zdjęć fotograficznych tą metodą jednocześnie na trzech kliszach – każda dla jednego koloru. Opracował barwoczuły papier własnego pomysłu, wytwarzany od 1905 r. w Zurychu. W 1906 r. wynalazł metodę sporządzania płyt rastrowych do fotografii barwnej, produkowanych od 1909 r. w Dreźnie.

Film barwny

Wynalazca zbudował kamerę ze skomplikowanym układem optycznym, który umożliwiał rejestrowanie kolorów na opracowanej przez niego taśmie. Od 1915 r. zajął się głównie filmem barwnym, także opierając się na metodzie addytywnej. Wyprzedzając Amerykanów, już w 1918 r. opatentował własny całościowy system złożony z kamery, projektora i taśmy filmowej. Umożliwiał on kręcenie i wyświetlanie kolorowych ruchomych obrazów. Zakładał przy tym, że kamera ma „*widzieć*" świat podobnie jak ludzkie oko. W tym celu opracował kamerę z trzema obiektywami oraz system rolek, na które nawinięta taśma filmowa zachowywała się stabilnie podczas kręcenia filmu oraz projekcji.

Pierwszy barwny film naukowy Polak nakręcił w szpitalu Langebeck – Virchov w Berlinie. Sfilmował operację chirurgiczną. Podczas pokazu na widok naturalnie wyglądającej, rozciętej jamy brzusznej widzowie mdleli. Następnym filmem powstałym w 1921 r. była „Przełęcz", nakręcona w Alpach w okolicy Jungfrau w Szwajcarii. Demonstrował je z powodzeniem w Niemczech i w Szwajcarii (1925).

Ostatecznie pierwszym praktycznym, powszechnie stosowanym systemem filmu barwnego stał się amerykański Technicolor.[15] W 1918 r. nikt nie mógł dorównać urządzeniom Polaka pod względem jakości – kamera, projektor, taśma filmowa. Wróżono mu wielką przyszłość oraz wielkie pieniądze, które mogłyby raz na zawsze zapewnić stabilne finansowanie wszystkich jego pomysłów. Gdy **Szczepanik** był o krok od sukcesu, cały świat zdecydował postawić na gorsze, lecz tańsze, rozwiązanie Amerykanów.

Fotografia 16. *Jan Szczepanik przy pracy w swej pracowni w Wiedniu*

Fotografia 17. *Jan Szczepanik z rodziną*

Był twórcą wynalazku związanego z zapisem dźwięku na taśmie filmowej przy użyciu promieni katodowych i jego odtwarzaniem za pomocą fotokomórki. Swój wniosek patentowy na ten temat zgłosił 25 lutego 1914 r. Wybuch I wojny światowej spowodował przyznanie patentu 15 czerwca 1920 r. System Szczepanika znacząco przyczynił się do powstania i rozwoju filmu dźwiękowego.

Inne osiągnięcia Szczepanika

W 1902 r. skonstruował elektryczny karabin automatyczny, a także wprowadził kilka ulepszeń do pierwszych urządzeń radiowych – „telegraf bez drutu" w 1903 r.

Pracował nad udoskonaleniem pługa. Jego intensywną pracę badawczo-wynalazczo-konstrukcyjną, przerwał obowiązek 3-letniej służby wojskowej, ponieważ porzucił zawód nauczycielski. W 1904 r. opublikował artykuł „*Fotografia w naturalnych barwach*". W 1906 r. zamieszkał z rodziną w Tarnowie. Założył w 1907 r. laboratorium do badań fotografii barwnej w Dreźnie. Kilka lat później przeniósł się do Berlina. Małą pracownię miał również w Lubli k. Jasła.

W małżeństwie z Marią Hiacyntą Wandą z Dzikowskich (1879-1942) zawartym 8.XI.1902 miał pięcioro dzieci: **Andrzeja** (1904-1907) – utopił się w studni podczas wakacji, **Zbigniewa** (1906-1969), inżyniera po Politechnice Lwowskiej, wynalazcę jak ojciec i właściciela zakładu produkującego urządzenia telekomunikacyjne w Falenicy p. Warszawą (po II w. św. znacjonalizowanego i przekształconego w PAP – Przedsiębiorstwo Automatyki Przemysłowej), **Bogdana** (1908-1978) – absolwenta Politechniki Lwowskiej i w II RP właściciela przedsiębiorstwa spożywczego, **Bogusława** (1912-1942) – pracownika bankowego, zamordowanego przez Niemców we Wronkach, oraz **Marię** (1914-2005) zamężną z Andrzejem Zboińskim. Wanda, żona Jana Szczepanika po śmierci męża przeprowadziła się do dziećmi do Krakowa, a w 1932 r. do Warszawy.

Chorował na raka wątroby od 1925 r. Zmarł w Tarnowie 18.IV.1926 i został pochowany 20 kwietnia na Cmentarzu Starym, w grobowcu rodziny Dzikowskich.

Rodzina przechowywała pamiątki po ojcu, ale podczas Powstania Warszawskiego w 1944 r. spłonęło całe archiwum Szczepaników, aparatura badawcza i modele konstrukcyjne jego wynalazków.

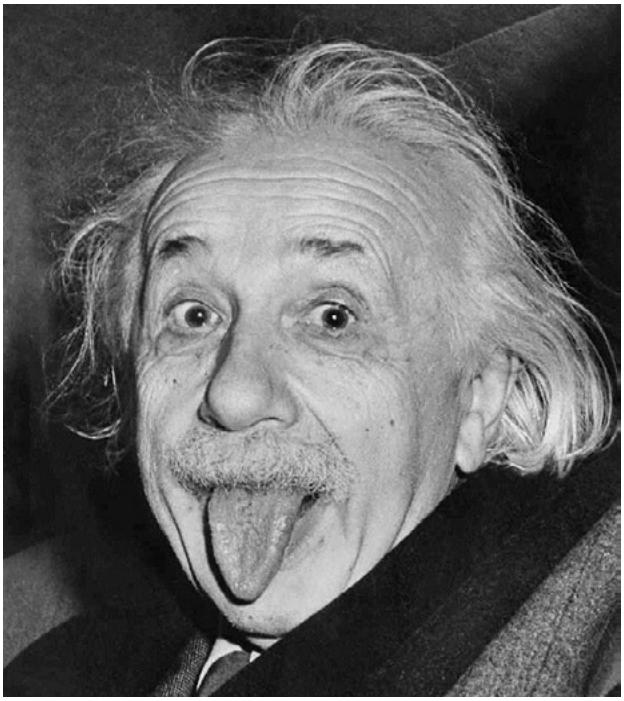
dr Kazimierz Mikulski
Maksymilianowo

[14] https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/Szczepanik-Jan;3982680.htm

eprasa.pl a8ae5e458e

Albert Einstein (1879-1955)

Tadeusz **Wibig**



„Przed niżej podpisanym urzędnikiem stanu cywilnego stawił się dzisiaj, we własnej osobie, kupiec Herman Einstein zamieszkały w Ulm Bahnhofstrasse [...] i oświadczył, że Paulinie Einstein z domu Koch, jego poślubionej żonie [...], która mieszka z nim w Ulm, [...] dnia czternastego marca tysiąc osiemset siedemdziesiątego dziewiątego roku o godzinie wpół do jedenastej rano urodziło się dziecko płci męskiej, któremu nadano imię Albert. Podpisano: Rejestrator Hartmann".

Dalsze życie Alberta opisane zostało już mnóstwo razy w niezliczonej ilości książek, biografii mniej lub bardziej wiarygodnych tak, że w niektórych kwestiach trudno dociec jest prawdy. Istnieje coś w rodzaju legendy Einsteina, która znają wszyscy i choć nie bardzo wiedzą, co oznacza zapis $E = mc^2$, to chętnie zakładają z nim koszulki, a obraz starszego pana z rozwichrzoną fryzurą i wywalonym jęzorem zachwyca wszystkich i pojawia się czasem w zupełnie niespodziewanych miejscach. Nie zamierzamy tu włączać się do dyskusji, kim Einstein był naprawdę, jaki był i dlaczego.

Przystępując do egzaminu dojrzałości Albert streścił swoje dotychczasowe życie w krótkich słowach: „*Urodziłem się w Ulm 14 marca 1879 r. i w wieku jednego roku przeniosłem się do Monachium, gdzie mieszkałem do zimy 1894-95. Tam uczęszczałem do szkoły podstawowej i gimnazjum Luitpolda do klasy 7 (ale nie włącznie). Następnie, aż do jesieni ubiegłego roku mieszkałem w Mediolanie, gdzie kontynuowałem naukę prywatnie. Od jesieni ubiegłego roku uczęszczam do Kantonsschule w Aarau, a obecnie staram się zdawać maturę...*". Na egzaminie z francuskiego napisał coś w rodzaju króciutkiego eseju: „Moje plany na przyszłość". Zawarł w nim kilka ciekawych myśli:

„*Szczęśliwy człowiek jest zbyt zadowolony z teraźniejszości, by zbytnio rozwodzić się nad przyszłością. Ale z drugiej strony, młodzi ludzie szczególnie lubią rozważać śmiałe projekty. Naturalne jest też, że poważny młody człowiek wyobraża sobie swoje cele z największą możliwą precyzją. Jeśli będę miał szczęście i pomyślnie zdam egzaminy, zapiszę się na Politechnikę w Zurychu i będę tam przez cztery lata studiował matematykę i fizykę. Przypuszczam, że zostanę nauczycielem, wykładowcą tych przedmiotów preferując ich stronę teoretyczną. Skłaniają mnie ku temu przede wszystkim moje indywidualne preferencje do myślenia abstrakcyjnego i matematycznego i brak wyobraźni, oraz zmysłu praktycznego. Dodatkowo ten cel i taką decyzję co do przyszłej profesji wskazują mi moje wewnętrzne przekonania. Jest to całkiem naturalne; każdy przecież lubi robić to, do czego ma talent. A poza tym bardzo pociąga mnie pewna niezależność, jaką daje zawód nauczyciela/naukowca.*"

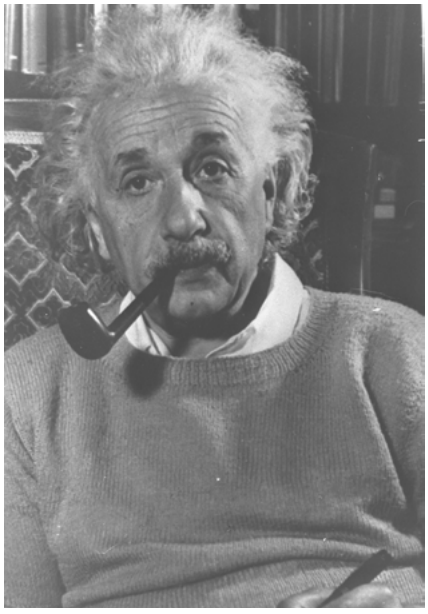


Foto – wikimediacommons

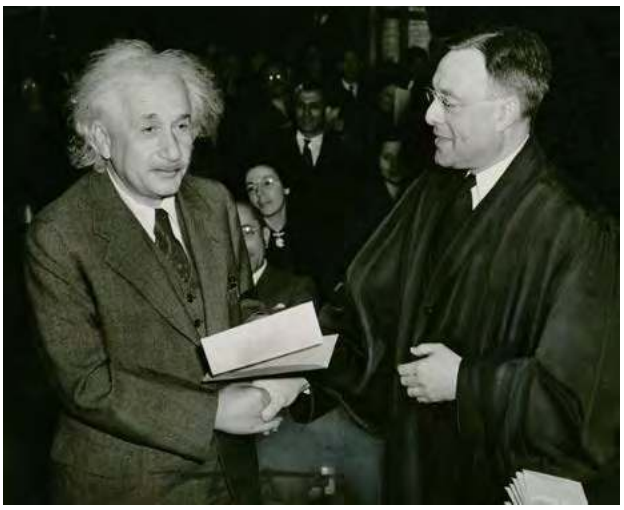
eprasa.pl a8ae5e458e

Na Politechnice z Zurichu wśród sześciu studentów obok Alberta studiowała też Serbka Mileva Marić i stanowi ona temat na zupełnie inną historię. Może to być historia bardzo naukowo sensacyjna, ale też i dramatycznie romantyczna z finałem bardzo zależnym od punktu widzenia. Oczywiście, jak było naprawdę, chyba nie dowie się nikt, zostawmy więc ten temat.

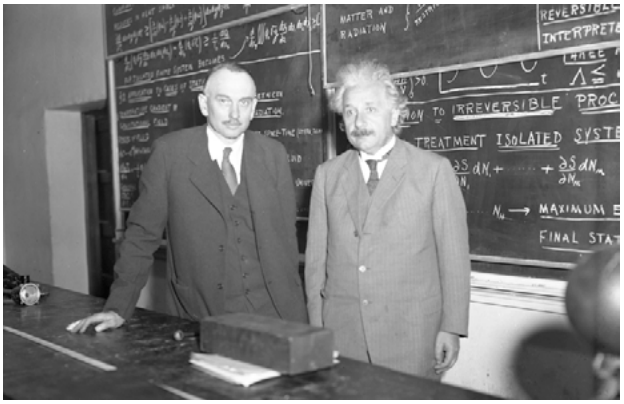
Po studiach Albert musiał poszukać źródła utrzymania. Szukał przez dwa lata. Oczywiście chciał spełnić swoje marzenia: wykładać matematykę i fizykę. Niestety był chyba nielubiany przez swoich starszych kolegów wykładowców, którzy nie chcieli mu dać odpowiednich referencji. W końcu w 1902 roku Albert znalazł pracę jako (tymczasowy) techniczny ekspert trzeciej klasy w Szwajcarskim Urzędzie Patentowym, z pensją 3500 franków rocznie.

Mniej więcej w tym czasie Albert zaczął publikować prace naukowe. Pomińmy tu młodzieńcze dzieło z roku 1895 „*Uber die Untersuchung des Aetherzustandes im magnetischen Felde*". (O badaniu właściwości eteru w polu magnetycznym), które znane jest z listu do wujka Caesara Kocha. W roku 1901 ukazała się pierwsza opublikowana praca Einsteina „*Folgerungen aus den Ka pillaritätserscheinungen*"(Wnioski z obserwacji zjawiska kapilarności), a rok później „*Thermodynamische Theorie der Potentialdifferenz zwischen Metallen und vollständig dissoziierten Lösungen ihrer Salze, und eine elektrische Methode zur Erforschung der Molekularkräfte*" (Termodynamiczna teoria różnicy potencjałów między metalami i całkowicie zdysocjowanymi roztworami ich soli oraz elektryczna metoda badania sił molekularnych). Obie te prace Albert nazwał później bezwartościowymi, więc nie zatrzymujmy się na nich. W roku 1902 zaczęły ukazywać się prace Einsteina poświęcone termodynamice „*Kinetische Theorie des Wärmegleichgewichtes und des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik*" (Kinetyczna teoria równowagi cieplnej i drugie prawo termodynamiki) i w 1903 „*Eine Theorie der Grundlagen der Thermodynamik*" (Teoretyczne podstawy termodynamiki) a w 1904 „*Allgemeine molekulare Theorie der Wärme*" (Ogólna molekularna teoria ciepła). Wszystkie ukazały się w czasopiśmie *Annalen der Physik* i oczywiście po niemiecku. No i niespodziewanie nadszedł Rok Cudów (*Annus Mirabilis*) 1905, w którym Albert opublikował pięć prac, które przeszły do historii fizyki.

1. Pierwsza z nich nosi tytuł „*Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*" (Heurystyczne rozważania na temat wytwarzania i przemian światła) Annalen *der Physik*, **322**: 132-148 i analizuje wprowadzone wcześniej przez Plancka pojęcie kwantów dochodząc do zgodnemu z obserwacjami Lenarda wyjaśnienia zjawiska fotoelektrycznego, za co w roku 1921 dostał Nobla.
2. Druga „*Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen"* (Nowe określenie rozmiarów molekuł) Dissertation Univ. Zürich, 1905 - Ref.: A. Kleiner; Korref.: H. Burkhardt; *Annalen der Physik*, **324,** 289-306, to była w zasadzie pracą doktorską Einsteina przedstawioną na Uniwersytecie w Zurichu. Rozważał w niej lepkość i współczynnik dyfuzji w posłodzonej wodzie i wyznaczył przy tej okazji wartość stałej Avogadro. Kilka lat później wielki francuski fizyk Jean Perrin zasygnalizował, że coś z wynikiem Einsteina jest nie tak. Okazało się, że „zgubił" on w swoich rachunkach czynnik 5/2. Każdy może się czasem pomylić. Błąd ten nalazł jego były student i współpracownik Ludwig Hopf, a korektę swojej pracy Einstein opublikował w roku 1911. Poprawiona wartość stałej Avogadro wyznaczona przez Einsteina równała się 6.56×10^{23} (dziś wiemy, że z molu każdej substancji jest dokładnie $6.02214076 \times 10^{23}$ cząstek).
3. Trzecia „*Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen*" („O ruchu małych cząsteczek zawieszonych w cieczach w molekularnej kinetycznej teorii ciepła") *Annalen der Physik*, **322**, 132-148, zajmuje się opisem znanych od 1827 roku ruchów Browna. Choć koncepcja, zgodnie z którą odpowiedzialne są za nie termiczne ruchy cząsteczek cieczy pojawiła się pięćdziesiąt lat później, to jej teoretyczny opis podali dopiero, tak się przynajmniej powszechnie uważa, Einstein w *Annalen der Physik* i Smoluchowski w wydanej rok później w „Rozprawach Wydziału Matematyczno Przyrodniczego Akademii Umiejętności" w Krakowie pracy „Zarys teoryi kinetycznej ruchów Browna i roztworów mętnych" i po niemiecku wydanej także w *Annalen der Physik* pod tytułem „*Zur kinetischen Theorie der Brownschen Molekularbewegung und der Suspensionen*".



Rok 1940 – Albert Einstein odbiera od sędziego Phillipa Formana zaświadczenie o obywatelstwie amerykańskim



Richard C. Tolman, amerykański fizyk matematyczny i Albert Einstein przed tablicą w California Institute of Technology w 1932 r.

eprasa.pl a8ae5e458e

4. Czwarta praca „*Zur Elektrodynamik bewegter Körper*" (O elektrodynamice ciał w ruchu) *Annalen der Physik* **322**, 891-921, jest chyba najbardziej znaną pracą Einsteina. Wyprowadza w niej i uzasadnia znane powszechnie wzory na relatywistyczne transformacje współrzędnych przestrzennych i czasowych, dylatację czasu i skrócenie lorentzowskie, na składanie prędkości i inne podstawowe zależności fizyki relatywistycznej, szczególnej teorii względności.
5. Ostatnia, piąta praca „*Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?*" (Czy bezwładność ciała zależy od jego energii?) *Annalen der Physik*, **323,** 639-641, z pytaniem w tytule sugeruje, że chodzi w niej o najsłynniejszy wzór Einsteina, a może o najsłynniejsze równanie fizyki w ogóle $E = mc^2$. Nie do końca. Równanie to w tej pracy w ogóle się nie pojawia. Jest tam natomiast stwierdzenie, że jeśli jakieś ciało wyemituje energię E to jego masa zmniejsza się o E / c^2. Niektórzy twierdzą, że samo rozumowanie Einsteina przedstawione w tej pracy jest błędne (tzw. *petitio principii*, czyli coś w rodzaju błędnego koła, gdy za przesłankę przyjmuje się to, co dopiero ma być wywnioskowane). Okazało się, że może i same wnioski końcowe zawarte w tej pracy były zbyt daleko idące, to jednak zasada równoważności masy i energii okazała się w końcu słuszna. Definitywne jej potwierdzenie zabrało kilka lat i dopiero w roku 1922 na wykładach w Princeton „*The Meaning of Relativity*" Einstein po raz pierwszy napisał

$$\boldsymbol{E_0 = mc^2}$$

Rok Cudów minął i nie powtórzył się już nigdy.

Doświadczenie domowe

Nobel dla Einsteina

A. Materiały

1. Szklanka z herbatą

B. Narzędzia – komputer

C. Kolejność czynności

1. Włączyć na komputerze jakiś program graficzny i za jego pomocą zapełnić możliwie dużą część ekranu kolorem czerwonym (RGB: #FF0000)
2. Ustawić przed ekranem szklankę herbaty i popatrzeć przez nią na czerwony ekran.

3. Za pomocą programu graficznego zapełnić możliwie dużą część ekranu kolorem niebieskim (RGB: #0000FF)
4. Ustawić przed ekranem szklankę herbaty i popatrzeć przez nią na niebieski ekran.

Co widać?

W przypadku ekranu czerwonego światło bez większych przeszkód przechodzi przez herbatę, zaś gdy ekran jest niebieski herbatka staje się nieprzezroczysta.

Jak można to wyjaśnić?

Załóżmy, za Einsteinem, że światło rozchodzi się w postaci fotonów, których energia określona jest przez długość fali promieniowania λ (albo, jak kto woli przez częstość $\nu = c / \lambda$)

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Kolor czerwony odpowiada większej długości, niebieski falom krótszym. Wiemy o tym z doświadczeń z siatką dyfrakcyjną. A zatem energia fotonów światła czerwonego jest mniejsza niż niebieskiego. A herbatka? Herbatka ma kolor gdzieś tak pomiędzy niebieskim a czerwonym. Kolor herbatki bierze się z tego, że pływają w niej barwniki, duże cząsteczki chemiczne, który chętnie, jeśli się je wzbudzi, powracają do stanu podstawowego emitując fotony koloru herbatki (pomiędzy czerwonym a niebieskim).

Dlaczego herbatka w świetle czerwonym jest przezroczysta? Bo fotony emitowane z ekranu mają zbyt małą energię, aby wzbudzić cząsteczki barwnika i nic się z nimi stać nie może. Fotony światła niebieskiego mają za to energię większą od energii wzbudzenia cząsteczek barwnika zawartego w herbatce i są przez nie chętnie pochłaniane. Zaraz potem energia ta jest emitowana w postaci fotonów światła o kolorze herbatki. Tylko, że ta emisja z natury swojej zachodzi w zupełnie dowolnym kierunku i szansa, że trafi akurat do naszego oka jest bardzo mała. W świetle niebieskim herbatka jest prawie nieprzezroczysta.

Tak powiedział Einstein (no może niedosłownie) i za to dostał Nobla.

Jedno małe pytanie dla dociekliwych Czytelników: jeśli herbatka pochłania foton niebieski, a potem emituje foton w kolorze herbatki, który ma przecież energię mniejszą, to co się dzieje z resztą pochłoniętej energii?

eprasa.pl a8ae5e458e

Paradoks mechaniczny w praktyce

Stanisław **Bednarek**

Artykuł nawiązuje do wcześniejszej publikacji na łamach „Fizyki w Szkole" i zawiera praktyczne wskazówki, które ułatwiają przeprowadzenie kilku prostych doświadczeń, ilustrujących przykład zadziwiającego przypadku zderzenia sprężystego.

Kilka miesięcy temu ukazał się artykuł dra Juliana Płoszajskiego, zatytułowany „Paradoks mechaniczny" [1]. Cytowana publikacja dotyczy interesującego przypadku odbicia od poziomej powierzchni dwóch spadających razem kulek umieszczonych jedna nad drugą. Górna z tych kulek ma znacznie mniejszą masę niż dolna. Po odbiciu mniejsza kulka wznosi na wysokość prawie 9 razy większą od wysokości początkowej, z której kulki zostały puszczone. Autor na zakończenie swojej pracy zachęca do podjęcia dyskusji nt. doświadczalnych aspektów realizacji tego przypadku. Niniejszy artykuł zawiera wskazówki, pozwalające na wykonanie służących temu celowi doświadczeń przy użyciu ławo dostępnych przedmiotów oraz dodatkowe informacje o zderzeniach, interesujące dla uczniów i nauczycieli.

Uwagi formalne

Na początek kilka uwag w kwestii formalnej. Podany w cytowanym artykule zestaw wzorów nr 4 na prędkości kulek po zderzeniu v_1', v_2' byłby bardziej zrozumiały, gdyby przed nim podać założenie $M >> m$ i końcowe części tych wzorów zapisać w postaci

$$v_1' = \frac{M-3m}{M+m}v = \frac{1-3\frac{m}{M}}{1+\frac{m}{M}}v \approx v\,, \tag{1}$$

$$v_2' = \frac{3M-m}{M+m}v = \frac{3-\frac{m}{M}}{1+\frac{m}{M}}v \approx 3v\,. \tag{2}$$

Symbole M i m oznaczają masy kulek, a v ich prędkość, z którą uderzają o poziomą powierzchnię. Alternatywnie można użyć symbolu granicy (lim) i zapisać te wzory w następujący sposób

$$\lim v'_{1(M\to\infty)} = \lim_{(M\to\infty)}\left(\frac{1-3\frac{m}{M}}{1+\frac{m}{M}}\right)v = v\,, \tag{3}$$

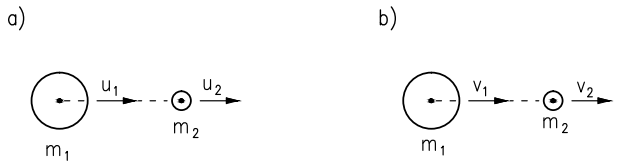
$$\lim v'_{2(M\to\infty)} = \lim_{(M\to\infty)}\left(\frac{3-\frac{m}{M}}{1+\frac{m}{M}}\right)v = 3v\,. \tag{4}$$

Żeby uniknąć górnych wskaźników ′ („prim") przy prędkościach i ułatwić zapis w dalszych rozważaniach będzie konsekwentnie stosowany najczęściej przyjmowany sposób oznaczeń podany z rys. 1. Zgodnie z tym prędkości kulek przed zderzeniem będą oznaczane jako u_1, u_2, a po zderzeniu jako v_1, v_2, zaś masy kulek będą miały symbole m_1, m_2. Zgodnie z tymi oznaczeniami wzory (1) i (2) przyjmują postać

$$v_1 = \frac{m_1-3m_2}{m_1+m_2}u\,, \tag{5}$$

$$v_2 = \frac{3m_1-m_2}{m_1+m_2}u\,. \tag{6}$$

Symbol u we wzorach (5), (6) oznacza jednakową prędkość obu kulek, z którą razem uderzają o poziomą powierzchnię.



Rys. 1. Oznaczenia przyjęte do analizy zderzeń.

Więcej informacji o zderzeniach

Dla lepszego pokazania, jak zmieniają się prędkości v_1, v_2 obu kulek po zderzeniu wykonano obliczenia stosunków ich prędkości do prędkości przed zderzeniem, czyli v_1/u i v_2/u w szerokim zakresie stosunku mas tych kulek m_1/m_2. Wyniki otrzymane z obliczeń zostały podane w tab. 1. Na podstawie tych wyników wykreślono wykresy przedstawione na rys. 2 i 3. Dla lepszego zobrazowania zależności wykres na rys. 3 został wykonany w skali logarytmicznej dla stosunku mas m_1/m_2.

Wzory (1), (2) i (3), (4) są szczególnymi przypadkami ogólnych wzorów na prędkości kulek po zderzeniu sprężystym, centralnym. Podany zostanie teraz sposób wyprowadzenia wzorów ogólnych. Wiadomo, że w zderzeniu sprężystym jest zachowana energia kinetyczna i pęd. Zgodnie zasadami zachowania tych wielkości dla pędu można napisać równanie

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2\,, \tag{7}$$

a dla energii kinetycznej

$$\frac{m_1u_1^2}{2} + \frac{m_2u_2^2}{2} = \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2}\,. \tag{8}$$

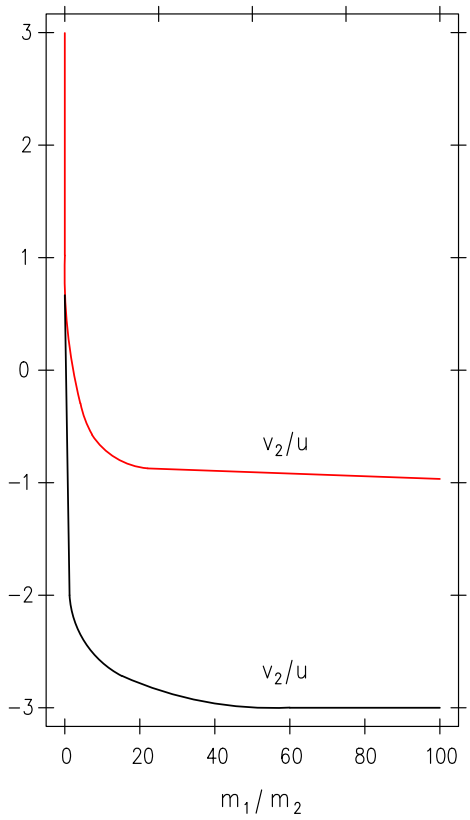
Wyprowadzenie wzorów na prędkości po zderzeniu v_1, v_2 nie jest trudne, jeżeli zastosuje się następujące podejście. Obie strony równania (7) podniesie do kwadratu i od równia (8) odejmie stronami równanie otrzymane z tego poniesienia do kwadratu. Wtedy na zależność między prędkościami otrzymuje się prosty wzór

$$v_2 = u_1 - v_1 - u_2\,. \tag{9}$$

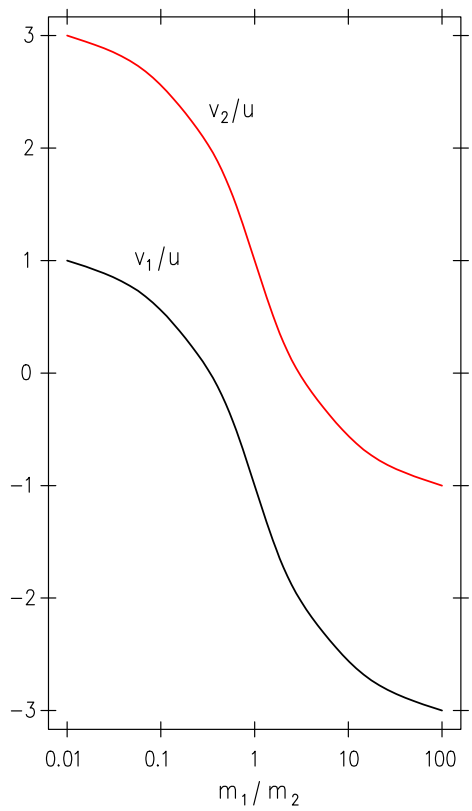
eprasa.pl a8ae5e458e

Tabela 1. Wartości prędkości względnych v_1/u, v_2/u obliczone na podstawie wzorów (5), (6) dla różnych wartości stosunku mas m_1/m_2 i wykorzystane do sporządzenia wykresów podanych na rys. 2, 3.

$\frac{m_1}{m_2}$	100	50	20	10	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,05	0.02	0,01	0
$\frac{v_1}{u}$	-2,96	-2,92	-2,81	-2,64	-2,33	-1,67	-1	-0,33	0,33	0,64	0,81	0,92	0,96	1
$\frac{v_2}{u}$	-0,96	-0,92	-0,81	-0,64	-0,33	0,33	1	1,67	2,33	2,64	2,82	2,92	2,96	3



Rys. 2. Wykresy względnych prędkości kulek po zderzeniu sprężystym v_1/u, v_2/u w zależności od ich stosunku mas m_1/m_2 wyrażonego w skali liniowej.



Rys. 3. Wykresy względnych prędkości kulek po zderzeniu sprężystym v_1/u, v_2/u w zależności od ich stosunku mas m_1/m_2 wyrażonego w skali logarytmicznej.

Po podstawieniu wzoru (9) do równania (7) i niezbędnych uproszczeniach wyprowadza się wzór na prędkość v_1 w postaci

$$v_1 = \frac{(m_1 - m_2)u_1 + 2m_2u_2}{m_1 + m_2}. \tag{10}$$

Wyznaczając z kolei prędkość v_1 ze wzoru (9) i podstawiając do równania (7) otrzymuje się po uproszczeniach wzór na prędkość v_2 w postaci

$$v_1 = \frac{(m_2 - m_1)u_2 + 2m_1u_1}{m_1 + m_2}. \tag{11}$$

Łatwo sprawdzić, że dla $u_1 = u_2 = u$ otrzymuje się ze wzorów (10) i (11) wcześniej podane wory (5), (6), a po zamianie symboli również wzory (1) i (2). Warto zwrócić uwagę na ważną prawidłowość, że po elementarnym przekształceniu równania (9) otrzymuje się równanie

$$v_2 - v_1 = -(u_2 - u_1), \tag{12}$$

oznaczające, że różnice prędkości, czyli prędkości względne, kulek przed zderzeniem i po zderzeniu mają równe wartości, ale przeciwne znaki [2, 3].

Wszystko, co zostało dotychczas napisane dotyczy zderzenia idealnie sprężystego, które jest tylko przybliżeniem zderzeń rzeczywistych. Nieco bardziej dociekliwy uczeń zapyta: „No dobrze, ale w praktyce materiały służące do wykonywania kulek nie są idealnie sprężyste, więc jakie będą prędkości takich kulek po zderzeniu?” Zderzenie częściowo sprężyste bywa nazywane uderzeniem i do jego opisu ilościowego wprowadza się współczynnik restytucji, oznaczany zwykle literą k i zdefiniowany wzorem [3, 4]

$$k = -\frac{v_1 - v_2}{u_1 - u_2}. \tag{13}$$

Wartości tego współczynnika są wyznaczane doświadczalnie i wynoszą np. dla: ołowiu 0,2, suchego drewna 0,5, stali konstrukcyjnej zwykłej jakości 0,56, kości słoniowej 0,89, a dla szkła 0,94. (Używanie szklanych kulek do badania zderzeń jest jednak dość ryzykowne ze względu na kruchość tego materiału). Wyprowadzone przy użyciu współczynnika k wzory na prędkości kulek v_1, v_2 po zderzeniu częściowo sprężystym są następujące [5, 6]

eprasa.pl a8ae5e458e

$$v_1 = \frac{(m_1 - km_2)u_1 + (1+k)m_2u_2}{m_1 + m_2}, \tag{14}$$

$$v_2 = \frac{(m_2 - km_1)u_2 + (1+k)m_1u_1}{m_1 + m_2}. \tag{15}$$

Oczywiście dla ciała doskonale sprężystego $k = 1$, zaś dla „doskonale niesprężystego", np. plasteliny $k = 0$, więc łatwo sprawdzić, że po podstawieniu $k = 1$ do wzorów (14), (15) otrzymuje się wcześniej wyprowadzone wzory (10), (11) dla zderzenia doskonale niesprężystego. Z kolei podstawiając $k = 0$ otrzymuje się dobrze znany wzór na wspólną prędkość v kulek po zderzeniu doskonale niesprężystym, gdy kulki „sklejają" się ze sobą, czyli

$$v = \frac{m_1u_1 + m_2u_2}{m_1 + m_2}. \tag{15}$$

W zderzeniu częściowo sprężystym energia kinetyczna kulek nie jest zachowana i część tej energii ΔE zostaje zmieniona na inne rodzaje energii np. na przyrost energii wewnętrznej kulek lub pracę wykonaną podczas ich odkształcenia. Zmiana energii ΔE wyraża się wzorem

$$\Delta E = \frac{1}{2}(1-k^2)\frac{m_1m_2}{m_1+m_2}(u_1-u_2)^2. \tag{16}$$

Łatwo zauważyć, że $\Delta E = 0$ dla $k = 1$, co oznacza, że energia kinetyczna jest zachowana w całości. Z kolei dla $k = 0$ ilość energii kinetycznej ΔE, zmieniona na inne rodzaje energii jest maksymalna i wyraża się wzorem

$$\Delta E = \frac{1}{2}\frac{m_1m_2}{m_1+m_2}(u_1-u_2)^2. \tag{17}$$

Występujący we wzorze (16) iloczyn mas kulek podzielony przez ich sumę jest nazywany masą zredukowaną m_z układu, czyli

$$m_z = \frac{m_1m_2}{m_1+m_2}. \tag{18}$$

Masa zredukowana jest wielkością często pojawiającą się w różnych problemach mechaniki, np. we wzorach opisujących ruch pod działaniem sił centralnych, m.in. planet pod wpływem sił grawitacji (tzw. problem dwóch ciał).

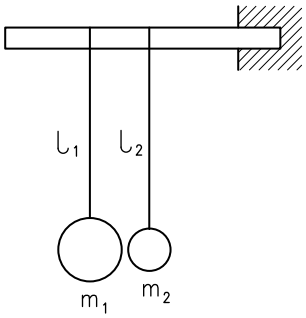
Praktyczne układy doświadczalne

Zostaną teraz rozpatrzone praktyczne problemy realizacji doświadczeń. Uzyskanie dobrego efektu w układzie pokazanym na rys. 1-3 w cytowanym artykule jest bardzo trudne, ponieważ wymaga dokładnego nadania obu kulkom odpowiednich, prędkości, zależnych od średnic kulek i odległości od krawędzi stopnia, na którym spoczywa mniejsza kulka [1]. W przeciwnym przypadku mniejsza kulka spadnie ze stopnia albo większa kulka uderzy w jego krawędź przed zderzeniem obu kulek ze sobą. Nadanie takich prędkości ręcznie wymaga wielu prób, z których większość okazuje się nieudana. Dlatego w tej części niniejszego artykułu opisano kilka innych układów doświadczalnych, umożliwiających pokazanie odbicia małej kulki ze znacznie większą prędkością niż prędkość kulki dużej

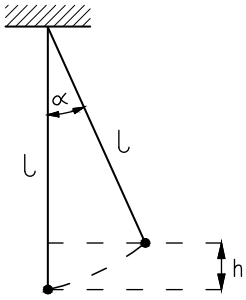
Najprostszy z układów przeznaczony realizacji wspomnianego celu jest pokazany na rys. 4. Dwie kulki z materiału sprężystego, np. stalowe kulki łożyskowe o znacznie różniących się średnicach, należy trzymać palcami, tak żeby dotykały do siebie. Mniejsza kulka powinna znajdować się nad większą, a środki obu kulek być na osi pionowej. Jako sprężystą powierzchnię odbijającą można wykorzystać boczną ściankę obucha dużego młotka, położnego na poziomej powierzchni – ławki, albo podłogi [7]. Obie kulki należy jednocześnie puścić swobodnie nad tą powierzchnią. Wówczas większa kulka uderzy najpierw o poziomą powierzchnię, a potem uderzy w nią mniejsza kulka. Odstęp czasu między tymi uderzeniami jest niezauważalny, ponieważ wynosi ułamki milisekundy – jest to czas przejścia fali sprężystej przez dolną kulkę. Prędkość tej fali jest zbliżona do prędkości dźwięku w materiale kulki. W wyniku odbicia mniejsza kulka wzniesie się znacznie wyżej niż kulka większa.

Sprawne przeprowadzenie tego doświadczenia wymaga jednak trochę ćwiczeń i zręczności. Często mniejsza kulka odbija się ukośnie zamiast pionowo. Dzieje się tak dlatego, że układ kulek jest bardzo wrażliwy na małe niedokładności ustawienia ich środków i punktu styku wzdłuż jednej osi pionowej. Ponadto podczas spadania mniejsza kulka jest prawie w stanie nieważkości i nie naciska na powierzchnię większej kulki. Z kolei podczas odbicia mniejsza kulka znajduje się w stanie równowagi chwiejnej, gdyż zajmuje najwyższe położenie na kulce większej i łatwo zostaje z tego położenia wyprowadzona. Skutkiem tego zderzenie kulek staje się niecentralne, a doświadczenie nieudane. Ta wada rozpatrywanego układu uzasadnia poszukiwanie innych sposobów przeprowadzenia doświadczenia.

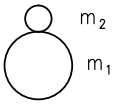
Klasyczny układ do badania zderzeń stanowią dwie kulki o masach m_1, m_2, wykonane z materiału sprężystego i zawieszone na niciach o odpowiednio dobranych długościach l_1, l_2, tak żeby punkt styku kulek leżał na prostej



Rys. 5. Typowy układ kulek o masach m_1, m_2, zawieszonych na niciach o długości l_1, l_2, wykorzystywany do badania zderzeń sprężystych.



Rys. 6. Schemat do obliczania wysokości h wzniesienia kulki po zderzeniu, zwieszonej na nici o długości l, odchylonej o kąt α.



Rys. 4. Najprostszy układ do badania odbicia kulek o masach m_1, m_2, puszczonych swobodnie razem.

eprasa.pl a8ae5e458e

pochodzącej przez ich środki (rys. 5). W takim układzie o wiele łatwiej jest uzyskać zderzenie centralne kulek.

Przeprowadzenie doświadczenia polega na tym, że przy początkowo nieruchomych obu kulkach odchyla się kulkę o większej masie od początkowego położenia w płaszczyźnie pionowej, przechodzącej przez środki oraz punkt styku obu kulek i puszcza tę kulkę swobodnie. Kulka o mniejszej masie odbija się wówczas na znacznie większą wysokość niż była odchylona kulka o większej masie. Jeżeli taki układ zostanie ustawiony przed pionową tablicą, na której można zaznaczyć kąt maksymalnego odchylenia α kulki po odbiciu lub jej maksymalną wysokość h, to wówczas taki układ nadaje się do doświadczeń ilościowych. Na podstawie rys. 6 i zasady zachowania energii dla kulki o prędkości maksymalnej v i masie m można napisać zależności

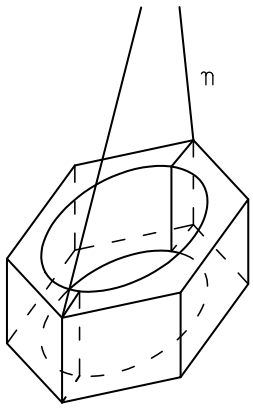
$$h = l(1-\cos\alpha)\,, \tag{19}$$

$$\frac{mv^2}{2} = mgh\,. \tag{20}$$

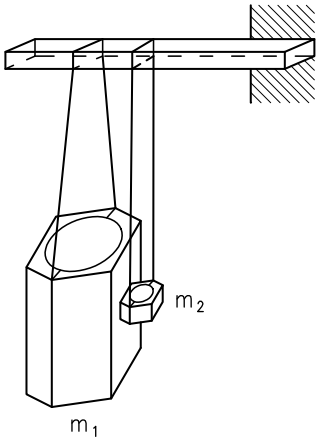
Symbol g we wzorze (20) oznacza przyspieszenie ziemskie. Wzory (19) i (20), zależnie od przyjętego wariantu doświadczenia pozwalają np. na wyznaczenie prędkości maksymalnej kulki v.

Problemem w zbudowaniu układu doświadczalnego według rys. 5 może być brak odpowiednich kulek z otworami, umożliwiającymi przełożenie nici i ich zawieszenie. Często łatwiej dostępne są twarde i sprężyste kulki łożyskowe bez otworów. Otwory w twardych kulkach można wywiercić wiertłem, mającym krawędzie tnące z węglików spiekanych. Żeby otwory przechodziły dokładnie wzdłuż średnicy kulek należy kulki podczas wiercenia zamocować w imadle i używać wiertarki zamocowanej na stojaku lub wiertarki kolumnowej.

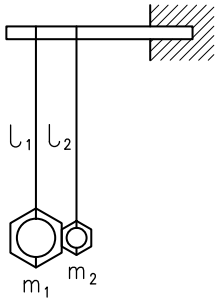
Innym sposobem przewiercenia twardych kulek jest ich rozhartowanie przez ogrzanie do temperatury ok. 500-600°C (tzw. temperatura czerwonego żaru) i pozostawienie w celu powolnego ochłodzenia do temperatury pokojowej. W wyniku tego stal ulega zmiękczeniu i kulki są łatwiejsze w obróbce. Po wywierceniu otworów kulki należy ponownie zahartować przez ogrzanie do podanej wcześniej temperatury i szybkie ochłodzenie w wyniku zanurzenia w wodzie. W ten sposób materiał kulek znów staje się twardy i sprężysty.



Rys. 7. Sposób przywiązania nici n do nakrętki sześciokątnej.



Rys. 8. Sposób zwieszenia nakrętek sześciokątnych o znacznie różniących się masach m_1, m_2.



Rys. 9. Prostszy sposób zwieszenia nakrętek sześciokątnych o zbliżonych masach m_1, m_2.

Kulki można z dobrym skutkiem zastąpić sześciokątnym nakrętkami zawieszonym na odpowiednio przywiązanych do nich niciach. Przykładowy sposób przywiązania nici do nakrętki o dużych rozmiarach został pokazany na rys. 7, a sposób zawieszenia nakrętek z tak przywiązanymi nićmi na rys. 8. Jeden ze zbudowanych w ten sposób układów doświadczalnych przedstawia fot. 1. Do nakrętek o mniejszych rozmiarach można zastosować prostszy sposób przywiązania nici i zwieszenia przedstawiony na rys. 9. Celem zapewnienia prawidłowych warunków zderzeń w obu przypadkach nakrętki powinny stykać się ze sobą płaskimi powierzchniami, przez które nie przechodzą nici. Stalowe nakrętki o zróżnicowanych wymiarach od kilku mm do kilku cm są tanie i ławo dostępne w sklepach z artykułami metalowymi lub w hipermarketach budowlanych.

Fot 1. Jeden z wykonanych układów nakrętek o znacznie różniących się masach.

Fot. 2. Przykłady zestawów złożonych z większych kulek z wywierconym otworem i mniejszych kulek przeznaczone do badania zderzeń.

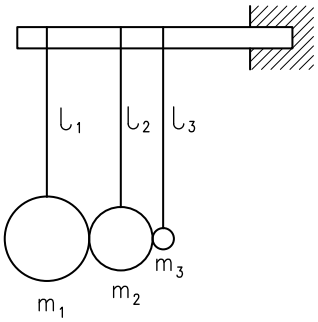
eprasa.pl a8ae5e458e

Autor cytowanego artykułu proponuje, żeby w większej kulce z wydrążeniem zastosować „jakiś „opornik” przeszkadzający opaść kulce na dno przed doświadczeniem” – mowa tu o mniejszej kulce umieszczonej w wydrążeniu kulki większej (zob. rys. 4 w publikacji [1]). Okazuje się, że taki „opornik” jest zbędny i bez niego mniejsza kulka wylatuje po zderzeniu z wydrążenia w kulce większej na wysokość znacznie większą, niż ta wysokość, na którą odbija się kulka większa. „Opornik” jest zbędny, ponieważ kulka mniejsza podczas spadania pozostaje w wydrążeniu prawie w stanie nieważkości i nie wywiera nacisku na jego dno. Ważne jest natomiast, żeby średnica wydrążenia była nieco większa niż średnica mniejszej kulki, co zapewni jej swobodę ruchu. Zestaw takich kulek wykonany i przetestowany przez autora niniejszego artykułu przedstawia fot. 2.

Autor cytowanego artykułu [1] proponuje też „Znalezienie, nawiercenie i podniesienie kuli o masie np. 20 kg”. Jest to niecelowe, a nawet niebezpieczne. Do doświadczeń w zupełności wystarcza większa kulka o masie rzędu 100 g. Z danych zawartych w tab. 1 oraz z wykresów na rys. 2 i 3 wynika, że już przy stosunku mas kulek wynoszącym 20 osiąga się wzrost prędkości 2,81 razy, co powoduje bardzo łatwo zauważalny stosunek wysokości odbicia $2{,}81^2 = 7{,}99$ razy. Osiągnięcie w doświadczeniu granicznego stosunku prędkości 3 i stosunku wysokości 9 jest niemożliwe, m.in. z powodu niedoskonałej sprężystości kulek i oporów powietrza. Kula o masie 20 kg też nie usunie całkowicie tych przeszkód.

Doświadczenie można zrealizować również w układzie złożonym z dwóch kulek zaopatrzonych w otwory, przez które przechodzi pionowy pręt p przymocowany do sprężystej, masywnej podstawy (rys. 10). W tym celu obie kulki podnosi się razem na pewną wysokość i puszcza swobodnie. Po odbiciu kulek od podstawy i od siebie, górna kulka o mniejszej masie m_2 wznosi się na większą wysokość, niż dolna kulka o większej masie m_1.

Podobne „odbicie” występuje też mimo braku bezpośredniego kontaktu oddziałujących ze sobą ciał o znacznie różniących się masach. Do tego celu służy pokazany na rys. 11 układ z magnesami trwałymi w kształcie pierścieni, nałożonymi na pionowy pręt p, przymocowany do podstawy. Na podstawie też znajduje się magnes pierścieniowy, a sąsiadujące magnesy są zwrócone ku sobie biegunami jednoimiennymi. Ponadto pionowy pręt i podstawa muszą



Rys. 12. Układ trzech kulek o masach m_1, m_2, m_3, zawieszonych na niciach o długości l_1, l_2, l_2, przeznaczony do uzyskania wielokrotnego wzrostu prędkości po odbiciu ostatniej kulki o masie m_3. Masy kulek powinny spełniać warunek $m_1 >> m_2 >> m_3$.

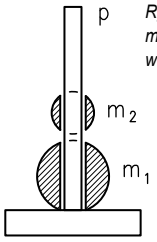
być wykonane z materiału nieferromagnetycznego i elektroizolacyjnego. Ma to na celu uniemożliwienie przyciągania magnesów do tych elementów i wyeliminowanie przepływu w nich prądów wirowych podczas ruchu magnesów.

Zgodnie ze przeprowadzonymi na początku tego artykułu obliczeniami maksymalny wzrost prędkości podczas doskonale sprężystego, centralnego odbicia dwóch kulek wynosi $n = 3$. Można jednak zastosować większą liczbą kulek o znacznie różniących się masach, spełniających warunki $m_1 >> m_2 >> m_3$ i zawieszonych w sposób pokazany na rys. 12. W tej sytuacji maksymalny przyrost prędkości $n = 3$ przypadałby na każdy stopień takiego układu, czyli jedną parę sąsiadujących ze sobą kulek, Zbudowany według tej reguły „powielacz prędkości” o n stopniach (parach kulek), umożliwiałby wzrost prędkości końcowej v_1 ostatniej kulki w postępie geometrycznym zgodnie ze wzorem

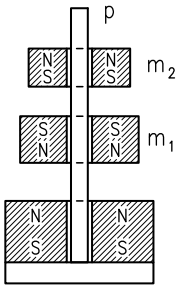
$$v_1 = vn^{m-1}, \tag{21}$$

w którym v oznacza prędkość pierwszej kuli, z którą uderzyła w sąsiednią kulkę, natomiast m jest ilością stopni układu, czyli liczbą par kulek stykających się ze sobą bezpośrednio. Na zakończenie warto zauważyć, że przyrost prędkości ciała odbitego o mniejszej masie, zachodzi również podczas zderzeń ciał częściowo sprężystych. Ten efekt można obserwować np. podczas kolizji pojazdów o rożnych masach, a także podczas potrącenia pieszego przez pojazd, np. przez samochód osobowy. Masa pojazdu jest znacznie większa niż masa pieszego. Dlatego bywa, że pieszy zostaje wyrzucony w górę, albo odrzucony nawet na odległość kuliku metrów od miejsca kolizji. No cóż, prawa fizyki mają charakter uniwersalny i opisują też dramatyczne zdarzenia.

Stanisław Bednarek
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Uniwersytetu Łódzkiego



Rys. 10. Układ do badania zderzenia kulek o masach m_1, m_2, prowadzonych wzdłuż pionowego pręta p, pokazany w przekroju osiowym.



Rys. 11. Układ do badania bezkontaktowego odbicia w układzie magnesów pierścieniowych o masach m_1, m_2, prowadzonych wzdłuż pionowego pręta p, pokazany w przekroju osiowym.

LITERATURA:

[1] J. Płoszajski, Paradoks mechaniczny, „Fizyka w Szkole”, 38, Rocz. LXIV, nr 1 (2022).
[2] S. Szczeniowski, Fizyka doświadczalna, cz. 1, Mechanika i akustyka, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa (1972).
[3] J. Leyko, Mechanika ogólna, t. II, Dynamika, Wydawnictw Naukowe PWN, Warszawa (1978).
[4] W. Mizerski (red.), Tablice fizyczno-astronomiczne, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa (2013).
[5] E. Jarzębowski, W. Jarzębowski, Mechanika ogólna, Wydawnictw Naukowe PWN, Warszawa (2000).
[6] M. Głowacki, Mechanika techniczna i dynamika, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa (2001).
[7] S. Bednarek, Zderzenia zwykłe i niezwykłe, „Fizyka w Szkole”, 30, Rocz. LXIII, nr 3 (2021).

eprasa.pl a8ae5e458e

Fizyczne podstawy dalmierza

Kazimierz **Mikulski**

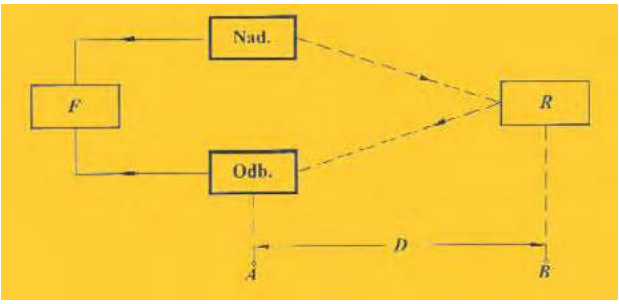
W użyciu praktycznym dalmierz ręczny to urządzenie popularne w branży budowlanej, służące do łatwego wyznaczania odległości, oraz powierzchni i kubatury. Szczególnie ciekawe są dalmierze laserowe, które realizują obliczanie dystansu na podstawie czasu, w jakim impuls elektromagnetyczny – światło, przebywa mierzony odcinek[1].

Ogólnie podstawą działania dalmierza laserowego jest układ optyczno-elektroniczny. Wysyła on impuls świetlny (elektromagnetyczny) – (rysunek 1), który po dotarciu do określonego obiektu [R], w mierzonej odległości [D], np. ściany, odbija się od jej powierzchni. Nie może to być powierzchnia przezroczysta, ponieważ wiązka musi się odbić.

Jedna z ogólnych klasyfikacji dalmierzy dokonywana jest przy założeniu dwóch kryteriów, które przyjmują treść:

- ze względu na rodzaj fali (jej długości) przenoszącej sygnały pomiarowe dzieli się je na:
  a) elektromagnetyczne
  b) ultradźwiękowe
- ze względu na formę sygnałów pomiarowych, która warunkuje sposób pomiaru czasu i rozchodzenia się mierzonej odległości tam i z powrotem, dzieli się je na:
  a) impulsowe, których fala pomiarowa jest w formie pojedynczych impulsów
  b) fazowe, których sygnał pomiarowy jest ciągłą falą harmoniczną[2].

W miarę rozwoju technologii coraz częściej stosuje się dalmierze, które łączą cechy dalmierzy impulsowych i fazowych, albowiem dalmierze impulsowe pozwalają na bezlustrowy pomiar a dalmierze fazowe są dokładniejsze, mimo że tym ostatnim nie można pomierzyć odległości przy stosowaniu jednej częstotliwości fali[3].



Rysunek 1. Schemat zasady działania prostego dalmierza geodezyjnego
Źródło: http://zasoby1.open.agh.edu.pl/dydaktyka/automatyka/c_elektroniczna_techn_pomiarowa/w12.htm

Odbity sygnał powraca do układu dokonującego jego analizy. W takich urządzeniach dokładność pomiaru jest tym większa, im jaśniejszy i bardziej porowaty jest cel. Użycie dalmierza laserowego umożliwia wyznaczenie odległość na podstawie czasu przebycia drogi przez impuls. Urządzenie zwane dalmierzem impulsowym umożliwia wykonanie bezpośredniego pomiaru czasu, w jakim sygnał, konkretny impuls, pokonuje odległość od dalmierza do obiektu i z powrotem. Czas ten jest mierzony bezpośrednio w precyzyjnych zegarach znajdujących się w dalmierzu.

Pytanie 1. *Jaką częstotliwością powinien mierzyć zegar dalmierza impulsowego?*

Przyjmując prędkość fali elektromagnetycznej za równą $v = 300000$ km/s [1 km = 1000 m = 1000 000 mm] i zakładając błąd pomiaru odległości równy 1 [mm], czytelnik otrzyma informację, że zegar dalmierza powinien mierzyć czas z częstotliwością:

$$f = (2D/v) = (2/(3\cdot 10^5 \cdot 10^6)) = (2/(3 \cdot 10^{11})) = 0{,}6(6) \cdot 10^{-11} \text{ [sek]}$$

Należy pamiętać, że dalmierz laserowy nie zmierzy odległości do przezroczystego obiektu. Po prostu wiązka musi się od niego odbić[4].

Jakie są podstawy fizyczne działania dalmierza?

W literaturze przedmiotu wskazuje się, że działanie **dalmierza optycznego** polega na obserwacji przedmiotu za pomocą dwu prawie równoległych obiektywów[5], umieszczonych na tzw. bazie i pomiarze kąta paralaksy osi optycznych obu obiektywów.

Jak określony jest kąt paralaksy i czym jest paralaksa?

Kąt paralaksy Φ, w przybliżeniu małych kątów (tj. gdy $\sin(\Phi) \approx \Phi$, gdzie Φ wyrażone w radianach), jest odwrotnie proporcjonalny do odległości do celu. Ze względu na zastosowania wyróżnia się dalmierze **optyczne topograficzne** i **artyleryjskie** (dokładniejsze). W dalmierzowych

[1] Jak działa dalmierz laserowy? http://tuznajdziesz.pl/produkty/artykuly/jak-dziala-dalmierz-laserowy-920/

[2] Szczegóły dotyczące podstaw funkcjonowania dalmierza fazowego (schemat blokowy oraz rozchodzenie sygnału) wraz z wyprowadzeniem wzoru na obliczanie odległości z zastosowaniem tego urządzenia znajdują się na stronie: http://zasoby1.open.agh.edu.pl/dydaktyka/automatyka/c_elektroniczna_techn_pomiarowa/w12.htm

[3] Wykład 2; Temat: Dalmierze elektromagnetyczne – zasada działania i klasyfikacja, a w nim: Klasyfikacja dalmierzy elektromagnetycznych. Zasada działania dalmierzy impulsowych i fazowych. http://zasoby1.open.agh.edu.pl/dydaktyka/automatyka/c_elektroniczna_techn_pomiarowa/w12.htm

[4] Mieczysław Jóźwik, Zasada działania dalmierza impulsowego; http://zasoby1.open.agh.edu.pl/dydaktyka/automatyka/c_elektroniczna_techn_pomiarowa/w12.htm

[5] Obiektyw – element (np. soczewka, układ optyczny lub układ magnetyczny) zbierający i przenoszący obraz przedmiotu do dalszej części urządzenia, np.: obiektyw fotograficzny – na błonę fotograficzną, matrycę aparatu cyfrowego albo matówkę aparatu fotograficznego, obiektyw mikroskopu, obiektyw teleskopu – do okularu albo na błonę fotograficzną

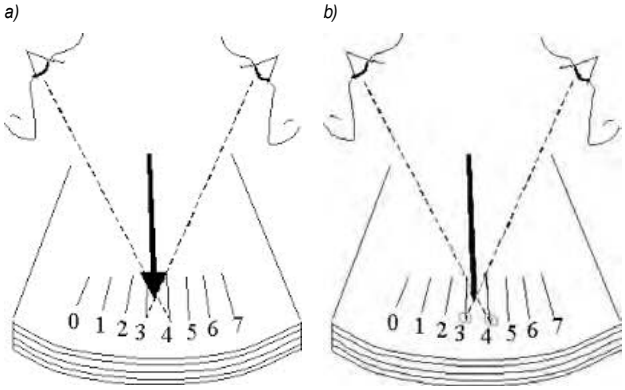
eprasa.pl a8ae5e458e

aparatach fotograficznych stosuje się uproszczone dalmierze optyczne[6].

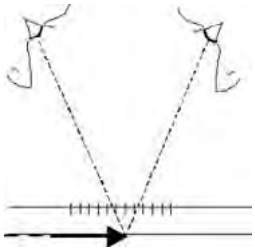
Paralaksa to efekt niezgodności różnych obrazów tego samego obiektu obserwowanych z różnych kierunków. W szczególności paralaksa odnosi się do jednoczesnego obserwowania obiektów leżących w różnych odległościach od obserwatora lub urządzenia obserwującego, a objawia się tym, że obiekty te na obu obrazach są oddalone od siebie o odmienną odległość kątową lub też nachodzą na siebie na tych obrazach w odmiennym stopniu[7].

Pytanie 2. *Jak określony jest błąd paralaksy?*

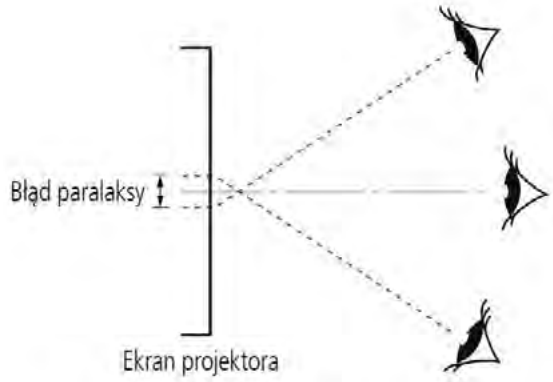
Błąd powstający np. przy odczytywaniu wskazań przyrządu pomiarowego podczas obserwowania wskazówki z kierunku prostopadłego do powierzchni podzielni (skali) tego przyrządu[8].



Rysunek 2. Widoczny błąd odczytu, czyli: (a) błąd paralaksy polega na tym, że oko odczytując pod złym kątem dane z miernika, (b) widzimy wskazówkę przyrządu na tle niewłaściwej podziałki.
Źródło: http://www.fizykon.org/podstawy_punkt_mat/bledy_pomiarowe.htm, http://nasze-wiatrowki.pl/printview.php?t=211&start=0



Rysunek 3. Koniec strzałki jest widziany na tle różnych kresek podziałki w zależności od kata patrzenia. W celu uniknięcia błędu paralaksy należy na podziałkę patrzeć prostopadle.
Źródło: http://www.fizykon.org/podstawy_punkt_mat/bledy_pomiarowe.htm



Rysunek 4. Błąd paralaksy na ekranie projektora jest to przemieszczenie obiektu względem stałego tła, spowodowane zmianą pozycji obserwatora i skończoną odległością powierzchni obiektu od powierzchni tła.
Źródło: http://bhkarcz.pl/mitutoyo/projektor-pomiarowy/

Inne źródła podają: **paralaksa** [gr.], **błąd paralaksy,** *metrol. błąd w odczytywaniu wskazań przyrządu wynikający z nieodpowiedniego ustawienia oka względem podziałki urządzenia wskazującego;* może być przyczyną błędu odczytu wyniku pomiaru na skali lub błędu przy celowaniu, np. jeśli oś celownika nie pokrywa się z osią broni palnej lub aparatu fotograficznego[9].

Pytanie 3. *Jakie prawo dotyczące światła (fali) jest dostrzegane w powyższych sytuacjach?*

- Światło biegnie prostoliniowo.
- Prawo odbicia dla światła (fali).

Co można zaobserwować, gdy zamiast zmiany położenia wzdłuż kierunku równoległego w stosunku płaszczyzny np. ekranu projektora, nastąpi przemieszczenie się po normalnej?

Ciekawa sytuacja jest przedstawiona przez autora blogu <Forbot.pl – robotyka amatorska © 2006-2015 Damian Szamański>. W treści artykułu „*Wszystko o budowie własnego dalmierza laserowego*”[10], autor opisuje metodę triangulacji, będącą zagadnieniem wyjściowym do skonstruowania „własnego dalmierza laserowego”.

W literaturze przedmiotu opisano triangulację jako metodę pomiaru odległości za pomocą dalmierza optycznego (zwanego laserowym, ze względu na zastosowanie tego urządzenia). Zestaw składa się ze źródła światła (zwanego nadajnikiem) i odbiornika – obiektywu. Obiektyw to element, najczęściej soczewka lub układ optyczny, zbierający i przenoszący obraz przedmiotu do dalszej części urządzenia, np.: obiektyw fotograficzny umożliwia umieszczenie na błonie fotograficznej, a także na matrycę aparatu cyfrowego. Odbiornik oddalony jest od nadajnika o stałą odległość zwaną bazą (b) i nachylony jest pod kątem α. Wiązka światła odbita od przedmiotu w odległości r pada na detektor CCD[11] za obiektywem odbiornika. Znając ogniskową f obiektywu oraz miejsce padania wiązki światła na detektor (dx) możemy wyznaczyć odległość od obiektu[12]:

$$r = \frac{b}{\frac{dx}{f} + \frac{1}{\mathrm{tg}\alpha}}$$

gdzie:
r – odległość od przedmiotu, b – baza dalmierza, f – ogniskowa, α – kąt nachylenia nadajnika, dx – miejsce padania wiązki światła na detektor CCD.

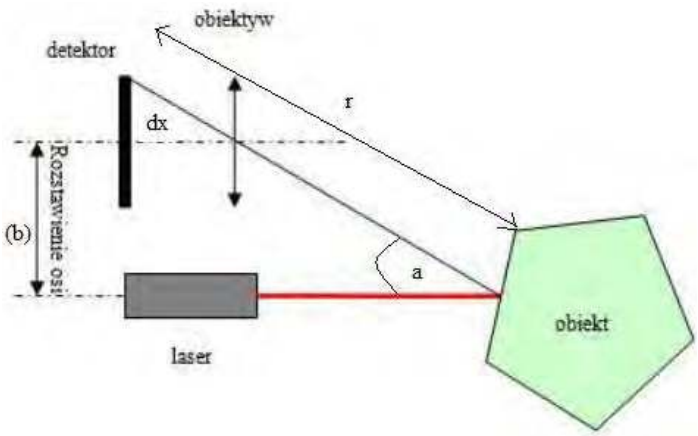
[6] http://pl.wikipedia.org/wiki/Dalmierz
[7] http://pl.wikipedia.org/wiki/Paralaksa
[8] http://www.definicja.org/Szkolenia-BHP/blad-paralaksy.php
[9] http://encyklopedia.pwn.pl/haslo/paralaksa;3954252.html
[10] D. Szamański, Wszystko o budowie własnego dalmierza laserowego http://forbot.pl/blog/artykuly/programowanie/budowie-wlasnego-dalmierza--laserowego-id3424
[11] **Matryca CCD** (ang. C*harge* ***C****oupled* ***D****evice*) – układ wielu elementów światłoczułych, z których każdy rejestruje, a następnie pozwala odczytać sygnał elektryczny proporcjonalny do ilości padającego na niego światła. http://pl.wikipedia.org/wiki/Matryca_CCD
[12] http://pl.wikipedia.org/wiki/Triangulacja_%28sensoryka%29

eprasa.pl a8ae5e458e

Pytanie 4. *Jak obliczamy i jak wyznaczamy ogniskową soczewki wypukłej (obiektywu)?*

Powyższy tekst, w zamiarze autora, ma zmotywować, a może wręcz sprowokować nie tylko do kupna, ale do własnej konstrukcji dalmierza laserowego. Oczywiście zasoby internetowe ułatwią realizację tego przedsięwzięcia i dlatego już w treści powyższego tekstu wskazano adresy stron WWW, które ułatwią wykonanie odpowiednich działań.

Przyczyna napisania tekstu tkwi w prozaicznej sprawie. Otóż wypowiedzi wielu uczniów i nauczycieli szkoły budowlanej (kształcenie zawodowe) wskazywały na braki tego sprzętu w pracy dydaktycznej niektórych placówek oświatowych. Właśnie korelacje między przedmiotowe mogą wzbogacić zaangażowanie w rozwój edukacji zawodowej i realizację nauczania praktycznego.



Rysunek 5. Pomiar odległości metodą triangulacji laserowej w oparciu o „Techniki odwzorowania współrzędnych powierzchni 3D – Metoda triangulacji laserowej (ang. laser triangulation)".
Źródło: w oparciu o: Robert Sitnik, Planowanie, realizacja i dokumentacja wzorcowego procesu digitalizacji 3D obiektów muzealnych http://digitalizacja.nimoz.pl/uploads/zalaczniki/Sitnik_R_Wzorcowy_proces_digitalizacji_3D.pdf

Uzupełnienie

W literaturze przedmiotu wskazuje się na zasięg pomiaru dalmierzy, który różni się w zależności od modelu i przeznaczenia urządzenia. Instrumenty do pomiarów wewnątrz pomieszczeń mają zasięg do ok. 50 [m], ale najlepsze modele przeznaczone dla branży budowlanej mierzą odległość do 200 [m]. Nie wszystkie dalmierze nadają się do pomiarów w ciasnych miejscach. Ważnym parametrem, podczas pomiarów, jest dokładność urządzenia. Dalmierze mierzące odległość do 100 [m] mają dokładność do 1 [mm], te o mniejszym zasięgu – 1,5-3 [mm]. Precyzyjny pomiar małej odległości, wskazuje iż lepsze będzie urządzenie o dużym zasięgu.

Dalmierz laserowy, może też wykonać automatycznie szereg różnych obliczeń. Już proste modele wyliczają pole powierzchni i objętość oraz mogą dodawać lub odejmować pomiary. Większość tych nowoczesnych urządzeń wyposażona jest w przelicznik miar i może wyświetlać wyniki w różnych jednostkach. Wśród innych przydatnych funkcji wymienia się np. mierzenie długości trudnodostępnych miejsc w oparciu o twierdzenie pitagorasa, wyznaczanie wartości funkcji trygonometrycznych oraz mierzenie kątów nachylenia. Dalmierze laserowe źle znoszą przechowywanie i pracę w bardzo niskich temperaturach. Poniżej -10ºC zawodzi ekran LCD, co uniemożliwia odczytanie wyniku pomiaru. Zakres pracy dalmierza laserowego to zwykle od -10 do +50ºC. Przed pracą w trudnych warunkach warto sprawdzić, czy obudowa dalmierza jest odporna na pyły i wilgoć.

dr Kazimierz Mikulski
Maksymilianowo

BIOGRAFIA

Stanisław Mikulski, Metody triangulacji laserowej w skanerach trójwymiarowych http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.../Mikulski.pdf
Ćwiczenie 5, Optyczny pomiar kształtu z wykorzystaniem metody projekcji prążków http://zif.mchtr.pw.edu.pl/download/184.pdf
Bartłomiej Binczycki, Dariusz Świsulski, Skanowanie obiektów 3d z wykorzystaniem lasera i kamery http://www.ely.pg.gda.pl/zn/pobieranie.php?artykul=455
Systemy lokalizacji i nawigacji robotów Wykład 7 Pomiary odległości za pomocą fal optycznych http://etacar.put.poznan.pl/dariusz.pazderski/data/SLiNR_w7M.pdf
S. Jeżewski, M. Jaros Skanowanie trójwymiarowej przestrzeni pomieszczeń http://journals.bg.agh.edu.pl/AUTOMATYKA/2008-03/Auto08.pdf

Co w fizyce piszczy

Nanomegnes o wyjątkowych właściwościach

Naukowcy z Uniwersytetu Jagiellońskiego stworzyli kwantowy nanomagnes o wyjątkowych właściwościach. To krok w kierunku nowych rodzajów komputerowych pamięci i procesorów.

Nanomagnesy badane są już od lat 90., ale polski zespół stworzył strukturę, która w skali nano przypomina te, jakie stosuje się w zwykłych, dużych magnesach.

Zespół Uniwersytetu Jagiellońskiego pod kierunkiem dr. hab. Dawida Pinkowicza, na łamach prestiżowego pisma „Nature Communications" opisał unikalną cząsteczkę – nowego typu metaloorganiczny nanomagnes kwantowy.

W nowej cząsteczce centralny jon magnetyczny otoczony jest wyłącznie przez inne jony metali. Molekuła składa się bowiem z centralnego jonu erbu (metal ziem rzadkich), który łączy się z trzema ciężkimi jonami renu (metal przejściowy).

To pozwala zbliżyć się do cenionych właściwości, jakie wykazują duże, makroskopowe magnesy.

Choć praktyczne zastosowania molekularnych magnesów raczej nie pojawią się w najbliższej przyszłości, to w dłuższej perspektywie takie badania mogą odmienić kluczowe dla cywilizacji dziedziny, np. informatykę.

„W pierwszej kolejności nanomagnesy kwantowe mają szansę zastąpić dotychczas stosowane materiały magnetyczne tam, gdzie już osiągnęły one granicę swoich możliwości. Tak jest właśnie w przypadku magnetycznych dysków twardych. Ich dalszy rozwój jest już ograniczony przez same prawa fizyki, które nie pozwalają na dalszą miniaturyzację domen magnetycznych stanowiących podstawową jednostkę pamięci" – wyjaśnia mgr Michał Magott, członek grupy badawczej.

„W dalszej kolejności nanomagnesy mają szansę na zastosowanie w konstrukcji tranzystorów, a właściwie spintronicznych tranzystorów, które mogą w przyszłości zastąpić tradycyjne tranzystory w układach elektronicznych, a do ich konstrukcji potrzebne jest właśnie źródło magnetyzmu naszych nanomagnesów, czyli spin elektronu" – dodaje.

Jednym z kluczowych zadań, przed którymi stoją projektanci nanomagesów, jest uzyskanie takich struktur, które będą działały w temperaturze pokojowej.

Źródło: PAP – Nauka w Polsce, Marek Matacz

eprasa.pl a8ae5e458e

Doradztwo zawodowe na lekcjach fizyki

W szkołach podstawowych i ponadpodstawowych od zawsze realizowane były zadania przygotowujące uczniów do wyboru dalszej drogi kształcenia i do wyboru zawodu. Były różne nazwy tego bloku tematycznego, różne formy realizacji i różni nauczyciele realizujący.

Foto – Dreamstime

Arleta **Biegańska**

Doradztwo zawodowe

W dawnej szkole podstawowej była to preorientacja zawodowa realizowana najczęściej przez wychowawcę w ramach godziny wychowawczej. Kiedy w szkołach bardziej powszechne stało się zatrudnianie pedagogów to im powierzono koordynowanie realizacji preorientacji zawodowej oraz wspieranie wychowawców w tym zakresie.

A jak wygląda obecnie przygotowanie uczniów do podejmowania kluczowych decyzji dotyczących własnej kariery zawodowej?

Ustawa Prawo oświatowe[1] wprowadziła z dniem 1 września 2019 r. obowiązek prowadzenia doradztwa zawodowego na każdym etapie kształcenia. Zgodnie z art. 26a. ust 1 tej ustawy w przedszkolach i szkołach, z wyjątkiem szkół artystycznych, prowadzone są zaplanowane i systematyczne działania w zakresie doradztwa zawodowego.

Zgodnie z ustawą celem tych działań jest wspieranie dzieci i uczniów w procesie rozpoznawania zainteresowań i predyspozycji zawodowych oraz podejmowania świadomych decyzji edukacyjnych i zawodowych, w tym przygotowania do wyboru kolejnego etapu kształcenia i zawodu. Ustawa wprowadza trzy formy realizacji w/w zadań tj. preorientację zawodową, orientację zawodową i doradztwo zawodowe.

Na etapie wychowania przedszkolnego preorientacja zawodowa prowadzona jest na zajęciach edukacyjnych wychowania przedszkolnego. W klasach I-VIII szkół podstawowych na zajęciach edukacyjnych z zakresu kształcenia ogólnego i zajęciach z wychowawcą prowadzona jest orientacja zawodowa. Dla uczniów klasy VII i VIII szkoły podstawowej, branżowej szkoły I stopnia, liceum ogólnokształcącego i technikum dodatkowo wprowadzono zajęcia doradztwa zawodowego. Zajęcia te prowadzi doradca zawodowy.

Zadania z zakresu doradztwa zawodowego realizowane są również na zajęciach związanych z wyborem kierunku kształcenia i zawodu prowadzonych w ramach pomocy psychologiczno-pedagogicznej.

Szczegółowe treści programowe z zakresu doradztwa zawodowego, sposób realizacji doradztwa zawodowego, a także zadania doradcy zawodowego określa rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej[2].

Z przywołanych aktów prawnych wynika, że zadania z zakresu doradztwa zawodowego realizowane są m.in. na obowiązkowych zajęciach edukacyjnych z zakresu kształcenia ogólnego, a więc również na lekcjach fizyki. Szczegółowe zadania nauczycieli z zakresu doradztwa określone są w programie realizacji doradztwa zawodowego opracowywanym w szkole na każdy rok szkolny. Program ten uwzględnia wewnątrzszkolny system doradztwa zawodowego. Skoro nauczyciele przedmiotów ogólnokształcących mają obowiązek realizować doradztwo zawodowe, to mają również prawo wpływać na opracowywanie szkolnego programu doradztwa zawodowego. W niektórych szkołach doradcy zawodowi oczekują od nauczycieli kształcenia ogólnego propozycji tematów, zadań do szkolnego programu doradztwa zawodowego.

Z własnej praktyki wiem, że często nauczyciele fizyki przekazują uczniom informacje o znaczeniu fizyki w ich przyszłej pracy zawodowej, ale czy zawsze uświadamiają sobie fakt, że realizują w ten sposób zadania z doradztwa zawodowego. Czy robią to systematycznie i w sposób planowy, czy w jakiś sposób dokumentują realizację doradztwa zawodowego? Obecnie jest to obowiązek ustawowy, z realizacji którego dyrektor lub nadzór pedagogiczny może chcieć nas rozliczyć? Sposób i zakres realizacji zadań z doradztwa zawodowego może mieć wpływ na ocenę pracy nauczyciela. Warto być tego świadomym.

Pozwolę sobie na podzielenie się swoimi spostrzeżeniami o realizacji doradztwa zawodowego w klasach VII-VIII szkoły podstawowej.

[1] Ustawa z dnia 14 grudnia 2016 r. Prawo oświatowe (Dz. U. z 2021 r. poz. 1082)

[2] Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 12 lutego 2019 r. w sprawie doradztwa zawodowego (Dz. U. poz. 325)

eprasa.pl a8ae5e458e

Doradztwo zawodowe na lekcjach fizyki

Na etapie tworzenia szkolnego programu doradztwa zawodowego warto przeanalizować szczegółowe treści programowe określone w przywołanym rozporządzeniu MEN. Z treści programowych wynika m.in., że uczeń powinien rozpoznawać swoje własne zasoby (zainteresowania, zdolności, uzdolnienia, kompetencje, predyspozycje zawodowe), ale również ograniczenia w zakresie wykonywania zadań zawodowych. Uczeń powinien wyszukiwać i analizować informacje na temat zawodów, charakteryzować wybrane zawody. Powinien poznać wymagane w wybranych zawodach kwalifikacje oraz możliwości ich uzyskiwania. Jak te zadania realizować podczas lekcji fizyki?

Praktycznie każdy dział stwarza możliwość wskazania uczniom przykładów wykorzystania wiadomości i umiejętność nabytych podczas lekcji fizyki w przyszłej pracy zawodowej. Przedstawię kilka przykładów łączenia fizyki z realizacją programu doradztwa zawodowego.

Ucząc wykonywania pomiarów (Podstawy programowe; Treści nauczania: pkt I wymagania przekrojowe ppkt 3[3]) możemy zwrócić uwagę, że ta umiejętność jest niezbędna przy wykonywaniu np. zawodu laboranta. Podczas wykonywania na lekcjach pomiarów np. objętości cieczy za pomocą menzurki, ważenia, mierzenia temperatury możemy wspólnie z uczniami zastanowić się nad tym jakimi cechami powinien charakteryzować się laborant[4]? Powinien być cierpliwy, dokładny w pracy. Warto również zwrócić uwagę, że niektóre wady wzroku lub ograniczenia ruchowe mogą utrudniać pracę laboranta.

Realizacja działu „Ruch i siły" może być pretekstem do rozmowy nt. pracy zawodowych kierowców. Niech uczniowie na lekcji wyznaczą czas przejazdu konkretnej trasy np. z ich miejscowości do Warszawy. Obliczenie długości drogi hamowania może przekona uczniów o zasadności ograniczeń prędkości.

Pasja słuchania muzyki może przerodzić się w pracę zarobkową. Foto – Dreamstime

Realizując treści programowe z działu VII „Elektryczność" mamy możliwość wskazania atutów zawodów elektryka, elektromontera, inżyniera projektującego instalacje elektryczne czy realizującego badania sprawności instalacji w obiektach użyteczności publicznej. Wzmianka na ten temat podczas lekcji jest często powodem ożywienia uczniów. Opowiadają o pracy znajomych elektryków, o nauce starszych kolegów w technikum elektrycznym. Warto poświęcić trochę uwagi szkołom w okolicy, które przygotowują do tego zawodu.

Podobnie realizując „Optykę" znajdujemy wiele przykładów możliwości zatrudnienia w zawodach z nią związanych. Są to m.in. okulista, optyk, optometrysta, optoelektronik itd.

Dużym zainteresowaniem cieszy się odniesienie do pracy akustyka, zwłaszcza wśród uczniów interesujących się odtwarzaniem muzyki na dyskotekach, imprezach itp. Często muszę przerywać dyskusje o wzmacniaczach, mikserach itp. Miałam ucznia w gimnazjum, któremu z nauką teorii nie było po drodze. Jego oceny, nie tylko z fizyki, były ledwo dopuszczające. Bywał zagrożony brakiem promocji do następnej klasy. Jego pasją był jednak sprzęt odtwarzający. Na szkolnych wieczorkach, imprezach był odpowiedzialny za ustawienie sprzętu. Zgłaszał do dyrektora potrzeby zakupu mikrofonów, sprzętu nagłaśniającego. Potrafił doradzić przy zakupie nowych wzmacniaczy. Jako absolwent szkoły chętnie pomagał przy organizacji szkolnych dyskotek, przywoził też swój sprzęt. Wiem, że obsługa muzyczna imprez rodzinnych, dyskotek jest dla niego źródłem dodatkowych zarobków. Uczeń ten jest przykładem jak pasja może przerodzić się w pracę zarobkową.

Podczas lekcji o dźwiękach można wspomnieć o pracy audiofonologa, foniatry. Obserwuje się wzrost liczby ludzi z uszkodzonym słuchem. Jedną z przyczyn tego zjawiska jest częste słuchanie zbyt głośnej muzyki. Prognozuje się, że coraz więcej ludzi będzie korzystało z pomocy audiofonologa, będzie potrzebowało aparatów słuchowych. Będzie więc wzrastać zapotrzebowanie na specjalistów w tej dziedzinie.

Realizacja projektów edukacyjnych jest dobrą okazją do rozpoznania zdolności i zainteresowań uczniów, co pomaga w wyborze zawodu. Na fizyce realizuję projekt edukacyjny „Instalacje elektryczne", który jest modyfikacją projektu „Szopki i dekoracje bożonarodzeniowe"[5] realizowanego w gimnazjum. Uczniowie samodzielnie projektują i budują obwód elektryczny. Niektórym bardzo się to podoba. Innym przykładem jest konstruowanie mostów z makaronu spaghetti i badanie ich wytrzymałości. Może być to okazją do zainteresowania budownictwem.

Po co ta fizyka?

Nie od dziś wiadomo, że fizyka jest uważana za jeden z trudniejszych przedmiotów w szkole. Wielu uczniów

[3] Załącznik nr 2 do rozporządzenia MEN z dnia 14 lutego 2017 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz podstawy programowej kształcenia ogólnego dla szkoły podstawowej, w tym dla uczniów z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu umiarkowanym lub znacznym, kształcenia ogólnego dla branżowej szkoły I stopnia, kształcenia ogólnego dla szkoły specjalnej przysposabiającej do pracy oraz kształcenia ogólnego dla szkoły policealnej (Dz. U. poz. 356, z 2018 r. poz. 1679 oraz z 2021 r. poz. 1533)

[4] Nazwy zawodów za Wortalem Publicznych Służb Zatrudnienia prowadzonym przez MRiPS https://psz.praca.gov.pl/rynek-pracy/bazy-danych/klasyfikacja-zawodow-i-specjalnosci/wyszukiwarka-opisow-zawodow

eprasa.pl a8ae5e458e

W wielu uczelniach brane są pod uwagę wyniki maturalne z fizyki. Foto – Dreamstime

ma kłopoty z uzyskaniem oczekiwanych wysokich ocen. Często spowodowane jest to brakiem umiejętności matematycznych. Natomiast uczniowie bardzo lubią lekcje z doświadczeniami, pokazami.

Pewnie wielu polityków chyba szczególnie nie lubiło fizyki czego skutkiem jest systematyczne ograniczanie liczby lekcji fizyki w cyklu kształcenia. Aż trudno uwierzyć, że na początku lat osiemdziesiątych w planach nauczania ośmioklasowej szkoły podstawowej było 8 godzin fizyki. W klasie szóstej były dwie godziny a w siódmej i ósmej po trzy godziny tygodniowo. Potem było już tylko gorzej. Po wprowadzeniu gimnazjów w szkole podstawowej fizykę zastąpiono przyrodą. W gimnazjum średni wymiar fizyki wynosił 4 godziny w cyklu kształcenia i tak jest w obecnej szkole podstawowej. Taki wymiar lekcji ogranicza w znacznym stopniu możliwość eksperymentowania, prowadzenia ćwiczeń uczniowskich. Trzeba też zwrócić uwagę na fakt usunięcia z programu nauczania treści cieszących się dużym zainteresowaniem np. astronomii[6].

Powiązanie fizyki z doradztwem zawodowym sprzyja zwiększeniu zainteresowania fizyką ze względu na jej zastosowania w praktyce.

Podczas jednej z przerw podeszli do mnie chłopcy z zapytaniem jak kopnąć piłkę, aby poleciała jak najdalej. Zaskoczona powiedziałam, że największy zasięg osiągniemy przy rzucie pod kątem 45°. Nie zdążyłam im nic więcej wyjaśnić m.in. tego, że dotyczy to rzutu przy pominięciu oporów powietrza, bo pobiegli w stronę boiska. Jakie było moje zaskoczenie, gdy następnego dnia podziękowali mi za radę, bo „dzięki pani wygraliśmy mecz". W ich oczach jako fizyk zyskałam na uznaniu. Podczas lekcji rozmawialiśmy o tym jak znajomość praw fizyki pomaga w różnych dyscyplinach sportowych. Wielu znanych sportowców to absolwenci uczelni wychowania fizycznego. Uczelnie te uwzględniają przy naborze wynik egzaminu maturalnego m.in. z fizyki.

W Gminie Kawęczyn wśród młodzieży bardzo popularne są młodzieżowe zawody pożarnicze. Od wielu lat drużyny z Kawęczyna zdobywają mistrzostwo Polski. Zdobywały również czołowe lokaty na Mistrzostwach Europy. Dzięki temu młodzież miała okazję wyjeżdżać na zawody do Włoch, Francji i wielu innych krajów. Nic dziwnego, że każdy chłopak i dziewczyna od najmłodszych lat chcą zostać strażakiem. Wielu absolwentów szkół z Gminy podjęło studia wyższe w szkołach pożarniczych. Wykorzystuję ten fakt, aby zachęcić uczniów do nauki fizyki. Fizyka jest wymagana przy naborze do Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, czy szkoły aspirantów. Od kandydatów wymaga się, aby w części pisemnej egzaminu dojrzałości przystąpili do egzaminu z fizyki, chemii, biologii albo informatyki[7]. Potencjalni kandydaci powinni uwzględnić te wymagania już przy wyborze szkoły średniej i warto o tym uprzedzić uczniów szkoły podstawowej.

Podobnie uczniowie myślący o medycynie powinni zdawać sobie sprawę, że aktualnie przy naborze uwzględnia się wynik egzaminu maturalnego z fizyki lub matematyki.

Prawie każde dziecko, niezależnie od płci, na pewnym etapie życia marzy o tym by być pilotem, policjantem, żołnierzem, artystą itd. W każdym z tych zawodów wykorzystywana jest fizyka. Przykłady powiązania fizyki z różnymi dziedzinami życia znajdziemy m.in. na łamach „Fizyki w Szkole z Astronomią".

Już w 2012 roku pisałam „W interesie nauczycieli fizyki, ale i innych przedmiotów przyrodniczych, które uważane są przez uczniów za trudne leży dbanie o „dobry wizerunek" tych przedmiotów"[8].

Dla odpowiedzi na pytanie „Po co nam ta fizyka?" znajdziemy wiele argumentów podczas realizacji zadań z zakresu doradztwa zawodowego. Nie żałujmy więc czasu podczas lekcji na dygresje o wykorzystaniu fizyki w pracy zawodowej, o wymaganiach rekrutacyjnych do szkół ponadpodstawowych i wyższych. To się opłaci, to może wpłynąć na poprawę nastawienia uczniów do uczenia się fizyki[9]. Jako nauczyciele powinniśmy skupiać się nie tylko na realizowaniu treści programowych, ale i odkrywaniu w uczniach ich umiejętności i predyspozycji przydatnych w przyszłych zawodach. Nauczanie fizyki w oderwaniu od otaczającego nas świata nie ułatwia uczniom jej zrozumienia i tym bardziej nie dostrzegają jej praktycznych zastosowań w codziennym życiu.

Dedykuję Mamie, która była pierwszym recenzentem moich artykułów.

[5] A. Biegańska, „Wykorzystanie metody projektu edukacyjnego w realizacji nauki o prądzie elektrycznym w gimnazjum", „Fizyka w Szkole" nr 5/2007, strona 44

[6] A. Biegańska, „Społeczny koszt reformy na bis", „Fizyka w Szkole z Astronomią" nr 6/2019 strona 24

[7] Pkt 4 z https://www.sgsp.edu.pl/wp-content/uploads/2022/01/01__Warunki-SP-K.pdf

[8] Arleta Biegańska, „Po pierwsze doświadczenie „Fizyka w Szkole" nr 2/2012 strona 61

[9] J. P. Sawiński, „Jak poprawić nastawienie do uczenia się fizyki?" „Fizyka w Szkole z Astronomią" nr 5/2018 strona 26

eprasa.pl a8ae5e458e

Przewodząca sfera w zadaniach z elektrostatyki

Czesław **Surowiec**

Powierzchnia sferyczna jest jedną z najprostszych powierzchni. Powierzchnię zbliżoną do niej posiada w przyrodzie wiele ciał: Słońce i Ziemia, krople wody, wiele owoców a także cząstki elementarne - niekiedy w naszej wyobraźni, na przykład elektrony są maleńkimi kulkami. Ciała o kształcie sferycznym często występują w zadaniach z elektrostatyki. Związane jest to z tym, że symetria sfery pozwala często uprościć znacznie matematyczne obliczenia, bez uproszczeń dla fizycznej treści. Przed przystąpieniem do rozwiązywania przykładowych zadań omówię o czym należy pamiętać rozwiązując zadania tego typu.

1. Prawo Coulomba stosuje się do ładunków punktowych jednak można go stosować do innych ładunków w przypadku:

a) Jeśli odległość ciała naładowanego jest duża w porównaniu do rozmiarów tego ciała.
b) Jeśli ciało naelektryzowane podzielimy myślowo na małe części, które możemy uważać za ładunki punktowe, określić siłę oddziaływania każdej pary ładunków a następnie wyznaczyć wypadkową tych sił.

2. Ładunki elektryczne oddziaływają za pośrednictwem pola elektrycznego. Pole elektryczne opisujemy za pomocą siłowej i energetycznej charakterystyki: natężenia pola i jego potencjału. Sens fizyczny tych wielkości określają:

a) Natężenie pola w danym punkcie jest równe liczbowo sile działającej na jednostkę dodatniego ładunku umieszczonego w tym punkcie pola.
b) Potencjał danego punktu pola jest równy liczbowo pracy wykonanej przy przemieszczeniu jednostkowego dodatniego ładunku do tego punktu z nieskończoności. Przez nieskończoność rozumiemy obszar przestrzeni oddalonej na tyle od wszystkich ładunków elektrycznych, że pole elektryczne w niej nie istnieje. Z podanego określenia potencjału wynika, że praktyczne znaczenie posiada tylko różnica potencjałów między rozważanymi punktami, a nie bezwzględne wartości potencjałów. Jak poprzednio przyjęliśmy, za zerowy przyjmuje się potencjał punktu w nieskończoności, ale również będziemy przyjmować potencjał dowolnego punktu połączonego przewodnikiem z Ziemią (uziemionego).

3. Musimy pamiętać o zasadzie superpozycji, którą dokładniej omówiłem i opisałem przykłady zastosowania jej do rozwiązywania zadań w artykule zawartym w „Fizyce w Szkole" nr. 6 z 2020 roku, który polecam zainteresowanym zagadnieniem. Ograniczę się tylko do stwierdzeń:

a) Aby wyznaczyć wypadkowe natężenie pola w pewnym punkcie należy złożyć wektory natężenia pola wytwarzanych w tym punkcie oddzielnymi ładunkami.
b) Dla znalezienia sumarycznego potencjału w danym punkcie pola należy zsumować algebraiczne potencjały pól wytwarzanych przez każdy ładunek oddzielnie, przy czym punkt zerowego potencjału powinien być wspólny dla wszystkich ładunków.

4. Przez przewodniki będziemy rozumieli przewodniki pierwszego rodzaju, czyli ciała przewodzące posiadające elektrony swobodne o dowolnych wymiarach i kształcie, zazwyczaj są to metale. Wewnątrz przewodnika umieszczonego w polu elektrycznym natężenie pola elektrycznego jest zawsze równe zeru, a wszystkie punkty przewodnika posiadają jednakowy elektryczny potencjał. Brak elektrycznego pola w przewodniku nie oznacza, że zewnętrzne pole elektryczne nie wnika do niego. Wręcz odwrotnie, dzięki wnikaniu elektrycznego pola do przewodnika na jego powierzchni pojawiają się elektryczne ładunki, których pole wewnątrz przewodnika kompensuje zewnętrzne elektryczne pole. Dlatego tylko swobodne elektryczne ładunki gromadzą się tylko na jego powierzchni. Ponieważ powierzchnią przewodnika jest powierzchnia ekwipotencjalna, linie pola elektrycznego są prostopadłe do powierzchni elektrycznego przewodnika.

5. Powinniśmy pamiętać, że Ziemia jest przewodzącym ciałem o ogromnych rozmiarach i kształcie powierzchni zbliżonym do powierzchni sfery, posiadającym duży ujemny ładunek. Równy temu ładunkowi objętościowy dodatni ładunek zawiera atmosfera w warstwie o wysokości rzędu dziesiątków kilometrów. Przy powierzchni Ziemi natężenie pola jest rzędu 10^8 V/m. W miarę oddalania się od powierzchni Ziemi szybko maleje jak wynika to z danych dla przykładu 5. Uziemienie ciała oznacza połączenie go przewodnikiem z Ziemią, co praktycznie nie zmienia ładunku pola i potencjału Ziemi, chociaż jakiś ładunek mógł przejść z Ziemi na ciało lub z ciała na Ziemię. Ponieważ Ziemia w porównaniu z dowolnym ziemskim ciałem posiada rozmiary rozciągające się do nieskończoności i potencjał jej jest stały, umówiono się, że przyjmujemy go za zero. W ten sposób uziemienie przewodnika oznacza nadanie mu potencjału zerowego.

6. Elektryczne pole często przedstawiamy za pomocą linii sił lub za pomocą powierzchni ekwipotencjalnych. Linie sił zawsze są prostopadłe do powierzchni ekwipotencjalnych, dlatego mając ich położenie łatwo wykreślić powierzchnie ekwipotencjalne.

Przykład 1

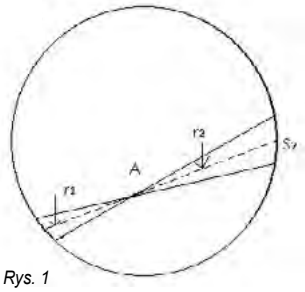
Sfera cienkościenna metaliczna o promieniu R jest równomiernie naładowana z gęstością powierzchniową σ.

a) Wykaż, że natężenie pola elektrycznego wewnątrz sfery wynosi 0.
b) Wyprowadź zależności natężenia elektrycznego pola od odległości r od środka sfery wewnątrz i na zewnątrz sfery.

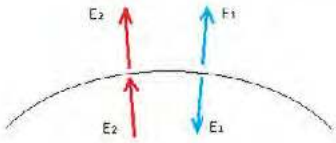
Rozwiązanie

a) Obierzmy dowolny punkt A wewnątrz sfery i narysujmy dwa symetryczne stożki z małymi kątami wierzchołkowymi (*rys .1*). Na powierzchni sfery stożki wyci-

eprasa.pl a8ae5e458e



Rys. 1



Rys. 2

nają małe, sferyczne powierzchnie S_1 i S_2, które można uważać za płaskie. Stożki są podobne, ponieważ kąty przy wierzchołkach są równe. Z podobieństwa stożków wynika, że powierzchnie podstaw stożków mają się do siebie jak kwadraty ich wysokości. Wysokości te będziemy uważać za równe ich odległościom r_1 i r_2 punktu A od powierzchni S_1 i S_2. Możemy to zapisać następująco:

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \quad \text{lub} \quad \frac{S_1}{r_1^2} = \frac{S_2}{r_2^2} \qquad ①$$

Ładunki powierzchni S_1 i S_2 wynoszą:

$$q_1 = \sigma S_1 \quad \text{i} \quad q_2 = \sigma S_2$$

Uważając, że ładunki q_1 i q_2 są punktowe obliczymy natężenie pola w punkcie A

$$q_1 = \sigma S_1 \quad q_2 = \sigma S_2$$

$$E_A = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r_1^2} - \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_2^2} = \frac{\sigma S_1}{4\pi\varepsilon_0 r_1^2} - \frac{\sigma S_2}{4\pi\varepsilon_0 r_2^2}$$

$$E_A = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{S_1}{r_1^2} - \frac{S_2}{r_2^2}\right) = 0 \qquad ②$$

Zgodnie z zależnością ① całą powierzchnię sfery możemy podzielić na pary takich części, dla których jest spełniona zależność ②. Wykazaliśmy, że natężenie elektrycznego pola w punkcie A wynosi 0 i zależność ta dotyczy wszystkich punktów we wnętrzu sfery

b) Na powierzchni sfery wybieramy małą jej część, taką, że możemy ją uważać za płaską (*rys. 2*). Natężenie pola blisko niej możemy przedstawić jako superpozycję natężeń dwóch pól: pola E_1 zwróconego w obydwie strony od naładowanej powierzchni i pola E_2 wytwarzanego przez ładunki pozostałej części powierzchni sfery. Ponieważ przyjęliśmy, że wybrana powierzchnia jest płaska, stosujemy do niej wzór dla równomiernie naładowanej płaszczyzny $E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$, ponieważ już wykazaliśmy, że natężenie pola wewnątrz sfery wynosi 0. Wynika z tego, że wektory natężenia pola E_1 i E_1, mają taki sam kierunek i zwroty przeciwne, oraz posiadają taką samą wartość $E_1 = E_2$. Na zewnątrz sfery, tuż przy powierzchni E_1 i E_2, mają taki sam zwrot i kierunek, co wynika z prostopadłości linii pola do powierzchni ekwipotencjalnej, dlatego natężenie pola wynosi:

$$E = E_1 + E_2 = 2E_1 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}.$$

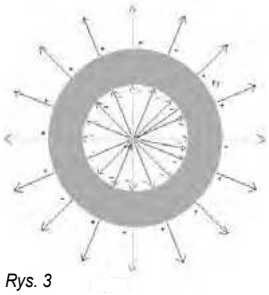
Jeśli ładunek sfery wynosi q to $\sigma = \frac{q}{4\pi R^2}$, dlatego zależności natężenia pola elektrycznego przy powierzchni ma postać $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$.

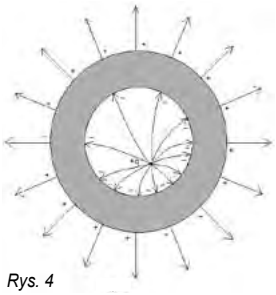
Zależność ta jest taka sama jak dla ładunku punktowego q umieszczonego w środku sfery. Wewnątrz sfery pola nie ma, dla $r < R$, $E = 0$. Dla $r > R$ natężenie pola zmienia się zgodnie z zależnością $E_{(r)} = \frac{q}{4\pi\varepsilon r^2}$, ale na powierzchni sfery natężenie pola wykazuje skoki $\Delta E = \frac{q}{4\pi R^2}$.

Przykład 2

Punktowy ładunek $+q$ umieszczony w środku nienaładowanej przewodzącej sfery, której wewnętrzny promień wynosi r_1, a zewnętrzny r_2.

a) Gdzie i jakie ładunki powstaną? Przedstaw na rysunku linie pola elektrycznego wewnątrz i na zewnątrz sfery.
b) Jaki będzie przebieg linii pola wewnątrz i na zewnątrz sfery, jeśli przemieścimy ładunek $+q$ do dowolnego punktu wewnątrz sfery?
c) Oblicz natężenie elektrycznego pola wewnątrz i na zewnątrz sfery.


Rys. 3


Rys. 4

Rozwiązanie

a) Po wprowadzeniu ładunku $+q$ do środka sfery na wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni sfery indukują się ładunki elektryczne, które oznaczymy przez q_1 i q_2. Linie pola elektrycznego wychodzą z ładunków dodatnich, a kończą na ujemnych. Ponieważ wewnątrz przewodzącej sfery nie ma elektrycznego pola, to nie ma tam również linii pola. Wewnątrz sfery linie sił zaczynają się na ładunku $+q$, a kończą się na ładunku q_1 wewnętrznej powierzchni sfery. Stąd wynika, że całkowity ładunek wewnątrz sfery wynosi 0.

$$q + q_1 = 0, \quad \text{stąd} \quad q_1 = -q$$

Oczywiście z braku pola wewnątrz przewodzącej sfery, na jego zewnętrznej powierzchni otrzymujemy

$$q_2 = -q_1 = q$$

Ze względu na symetrię ładunki rozmieszczają się na powierzchni sfery równomiernie. Przebieg linii pola przedstawia rys. 3.

b) Do obliczenia natężenia elektrycznego pola wytwarzanego przez cały układ ładunków wykorzystamy zasadę superpozycji pól. Pole wewnątrz sfery jest sumarycznym polem punktowych ładunków q, q_1 i q_2. Ponieważ wyindukowane ładunki są równe co do wielkości i mają przeciwne znaki $q_1 = -q_2$ sumaryczne pole jest wytwarzane przez ładunek $+q$.

1. Przy $r < r_2$ $\quad E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

eprasa.pl a8ae5e458e

W grubości warstwy sfery pole nie istnieje, natężenie pola wynosi 0.

2. Przy $r_1 < r \quad E = 0$

Wewnątrz sfery elektryczne pole również pokrywa się z polem ładunku $+q$, ponieważ ładunki q_1 i q_2 nie wytwarzają pola, jak wykazaliśmy w przykładzie 1

3. Dla $r < r_1 \quad E = \dfrac{q}{\pi\varepsilon_0 r^2}$

c) Przy przemieszczeniu ładunku $+q$ ze środka sfery w dowolny inny punkt, wielkość indukowanych ładunków nie ulegnie zmianie, ale zmieni się gęstość powierzchniowa ładunków na wewnętrznej powierzchni sfery. Ujemne ładunki przemieszczą się tak, żeby pole wewnątrz grubości sfery wynosiło 0. Gęstość tych ładunków będzie większa w tym miejscu, które będzie bliżej ładunku $+q$. W obszarze tym będzie większa gęstość linii pola, ponieważ sfera jest powierzchnią jednakowego potencjału, linie pola zakrzywiają się tak, aby zbliżając się do powierzchni ekwipotencjalnej były prostopadłe do niej. Ładunki na zewnątrz powierzchni na zewnątrz powierzchni nie mają żadnego wpływu na pole wewnątrz sfery – ich łączny wkład wynosi 0, zewnętrzne ładunki jak poprzednio rozmieszczane są równomiernie. W ten sposób pole na zewnątrz sfery pozostaje bez zmiany i nie zależy od rozmieszczenia ładunku $+q$. Rys. 4 przedstawia linie pola w tym przypadku.

Przykład 3

Punktowy ładunek q znajduje się między dwiema uziemionymi przewodzącymi koncentrycznymi sferami o promieniach R_1 i R_2, w odległości r od środka.

a) Oblicz jaki ładunek indukuje się na sferach.

b) Rozpatrz przypadek $R_2 \to \infty$ i określ ładunek indukowany na sferze o promieniu R_1

c) Jak można wykorzystać rozwiązanie tego zadania w przypadkach $R_1 \to \infty$ i $R_2 \to \infty$?

Rozwiązanie

a) Z rozwiązania poprzedniego zadania wynika jasno, że pole elektryczne w tym przypadku będzie istniało tylko w przestrzeni między sferami i dlatego całkowity ładunek układu sfer wyniesie 0:

$$q + q_1 + q_2 = 0 \qquad ①$$

Drugie równanie niezbędne do obliczenia ładunków q_1 i q_2 można otrzymać zapisując zależności dla potencjału w środku sfer. Potencjał wszystkich punktów małej sfery jest jednakowy i równy potencjałowi Ziemi. Ponieważ dla zapisania zależności wybieramy model sfery, dlatego wszystkie indukowane na powierzchni sfery ładunki znajdują się w jednakowej odległości R_1 i R_2 od tego punktu. Zgodnie z zasadą superpozycji potencjał w środku sfery jest równy sumie potencjałów pól wytwarzanych ładunkiem q i ładunków indukowanych na powierzchniach sfer.

Rozpatrzymy pole wytwarzane ładunkami małej sfery. Rozdzielając indukowany na niej ładunek q_1 na małe części Δq_i, które można uważać za ładunki punktowe otrzymujemy następującą zależność na potencjał w środku sfery:

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_i \frac{\Delta q_i}{R_1} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 R_1}\sum_i \Delta q_i = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 R_1} \qquad ②$$

Należy zauważyć, że taką prostą postać zależności otrzymaliśmy, mimo że ładunki na powierzchni sfery mogą być rozmieszczone nierównomiernie, oprócz tego dla znalezienia potencjału w środku sfery nie musimy wiedzieć jak rozmieszczone są indukowane ładunki. Analogicznie wyrażenie możemy otrzymać dla potencjału w środku sfery wytwarzanej przez ładunek q_2 indukowany na wewnętrznej sferze. Zależności dla całkowitego potencjału w środku sfer wytwarzanego przez wszystkie ładunki ma postać:

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{r} + \frac{q_1}{R_1} + \frac{q_2}{R_2}\right) = 0 \qquad ③$$

Rozwiązując układ równań ① i ③ otrzymujemy:

$$q_1 = -q\frac{R_2}{r}\frac{R_2 - r}{R_2 - R_1}, \quad q_2 = -\frac{R_2}{r}\frac{r - R_1}{R_2 - r} \qquad ④$$

Jak należało oczekiwać, znaki indukowanych ładunków są przeciwne do znaku ładunku q. Jeśli w tych zależnościach założyć promień R_1 równy zeru, to otrzymujemy poprzednie zadanie o ładunku punktowym w pobliżu przewodzącej sfery. Przy tym, jak wynika z zależności ④ $q_1 = 0, q_2 = -q$

b) Jeśli $R_2 \to \infty$, to przechodzimy do zadania o ładunku punktowym w pobliżu przewodzącej sfery o promieniu R_1.

Pierwsza z zależności ④ w tym przypadku daje indukowany na powierzchni sfery ładunek:

$$q_1 = -\frac{q}{R_1}.$$

Jeśli zbliżamy coraz bardziej ładunek q, do zewnętrznej powierzchni sfery, to wielkości wyindukowanego ładunku coraz mniej różnią się od zbliżanego do sfery ładunku q.

c) Rozwiązanie tego zadania można wykorzystać w przypadku umieszczenia ładunku q między dwoma równoległymi nieskończonym płaszczyznom przewodzącym. W tym celu należy zwiększyć do nieskończoności promienie obydwu sfer, zachowując niezmienioną odległość między nimi i zachowując położenie ładunku względem powierzchni sfer: $R_1 \to \infty$, $R_2 \to \infty$, a więc $R_1 - R_2 = \text{const} = d_1 + d_2$, gdzie d_1 i d_2 to odpowiednio odległość od płaszczyzny 1 i 2. Spełniając dokładnie przejście do granicy otrzymaliśmy:

$$q_1 = -q\frac{d_2}{d_1 + d_2} \quad \text{i} \quad q_2 = -q\frac{d_1}{d_1 + d_2}$$

d_1 – odległość ładunku q od pierwszej płaszczyzny, d_2 – odległość ładunku q od drugiej płaszczyzny.

Przykład 4

Sfera o promieniu R jest naładowana równomiernie ładunkiem Q. Oblicz siłę rozciągającą sferę, przypadającą na jednostkę powierzchni.

Rozwiązanie

Załóżmy, że promień sfery zwiększymy o ΔR, gdzie ΔR jest w porównaniu z R bardzo małą wielkością. Siła rozciągająca wykona pracę: $W = 4\pi R^2 \cdot F_1 \cdot \Delta R$ ①, gdzie F_1 to siła przypadająca na jednostkę powierzchni sfery. Praca ta zostaje wykonana kosztem zmniejszenia

eprasa.pl a8ae5e458e

energii elektrostatycznej. Początkowa elektrostatyczna energia wynosi:

$$E_0 = \frac{Q^2}{2R},$$

a po rozciągnięciu sfery wyniesie

$$E = \frac{Q^2}{2(R+\Delta R)}$$

Tak więc zmiana energii elektrostatycznej wyniesie:

$$\Delta E = E_0 - E = \frac{Q^2}{2R} - \frac{Q^2}{2(R+\Delta R)} \qquad ②$$

Zmiana energii jest równa pracy siły rozciągającej:

$$W = \Delta E$$

$$4\pi R^2 \cdot F_1 \cdot \Delta R = \frac{Q^2}{2R} - \frac{Q^2}{2(R+\Delta R)} \qquad ③$$

Uwzględniając, że wielkość ΔR jest bardzo mała w porównaniu z R otrzymujemy:

$$R + \Delta R \approx \mathrm{R} \qquad ④$$

Uwzględniając zależność ④ i rozwiązując ③ względem F_1, otrzymujemy

$$F_1 = \frac{Q^2}{8\pi R^4} = 2\pi\sigma^2$$

Metodę zastosowaną do rozwiązania tego zadania nazywamy metodą prac wirtualnych i pozwala ona w prosty sposób rozwiązać pewne typy zadań. Zainteresowanym polecam zapoznanie się z tą metodą.

Przykład 5

Przyjmując, że powierzchnia Ziemi jest przewodzącą sferyczną powierzchnią, oblicz średnią gęstość objętościową ładunku w atmosferze, jeżeli wiadomo, że natężenie pola elektrycznego na powierzchni Ziemi wynosi $E_0 = 100\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}$, a na wysokości h = 1,5 km natężenie spada do $E = 25\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}$.

Rozwiązanie

Natężenie pola elektrycznego wewnątrz sfery naładowanej równomiernie wynosi zero, a na zewnątrz tej sfery natężenie jest takie, jakby cały ładunek sfery był umieszczony w jej środku. Dzielimy Ziemię i jej atmosferę na cienkie, sferyczne warstwy. Na powierzchni natężenie pola elektrycznego wynosi $E_0 = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$, gdzie Q jest całkowitym ładunkiem Ziemi a R jej promieniem. Na wysokości h natężenie pola składa się z natężenia wytwarzanego przez ładunek Q Ziemi natężenia wywołanego przez ładunek q tych warstw atmosfery, których promienie są mniejsze od $R + h$

$$E = \frac{Q+q}{4\pi\varepsilon_0 (R+h)^2},$$

ponieważ $q = \rho \cdot V = \frac{4}{3}\pi (R+h)^3$, więc

$$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 (R+h)^2} + \frac{1}{3\varepsilon_0}\left[(R+h) - \frac{R^3}{(R+h)^2}\right]\cdot\rho$$

Promień Ziemi, R jest znacznie większy od wysokości h, więc w mianowniku można zastąpić $R + h$ przez R, wtedy:

$$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R^2} + \frac{h}{3\varepsilon_0}\rho = E_0 + \frac{h}{3\varepsilon_0}\rho$$

$$\rho = \frac{3\varepsilon_0 (E - E_0)}{h} \approx -1{,}3\cdot 10^{-12}\ \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{m}^3}$$

Przykład 6

Powierzchnia przewodząca półsfery o promieniu R z cienką ścianką jest naładowana ze stałą gęstością ładunkiem σ. Ile wynosi potencjał każdego punktu powierzchni przechodzącej przez środek sfery, której wycinkiem jest półsfera oraz ograniczona punktami leżącymi na krawędzi sfery (powierzchnia koła wyznaczonego przecięciem sfery na dwie połowy).

Rozwiązanie

Na pierwszy rzut oka zadanie wydaje się bardzo złożone. Jeśli wybierzemy na interesującej nas powierzchni dowolny punkt, to odległość od niego do różnych punktów naładowanej półsfery nie będzie jednakowa i wydaję się, że nie obejdziemy się bez wyższej matematyki. Zadanie można rozwiązać również bez niej, wykorzystując zasadę superpozycji pól elektrycznych i uwzględniając symetrię. Polecam zainteresowanym czytelnikom rozwiązanie tego zadania tym sposobem.

Istnieje jednak jeszcze prostszy sposób rozwiązania tego zadania, który zaprezentuję. Zamiast rozpatrywać natężenie elektrycznego pola będziemy rozpatrywać potencjał w dowolnym punkcie interesującej nas powierzchni. Będziemy rozpatrywać pomocnicze zadanie: znajdziemy potencjał V_0 pola równomiernie naładowanej sfery. Jest on jednakowy we wszystkich punktach sfery. Wartość potencjału obliczona w przykładzie 3 zgodnie z zależnością ② wynosi:

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}, \quad \text{gdzie } q = 4\pi R^2 \cdot \sigma, \quad \text{stąd:}$$

$$V_0 = \frac{4\pi R^2 \sigma}{4\pi\varepsilon_0} = \frac{\sigma R}{\varepsilon_0}$$

Zgodnie z zasadą interpunkcji jest on równy sumie potencjałów wytwarzanych przez dwie półsfery. Z symetrii wynika, że w dowolnym punkcie interesującej nas powierzchni potencjału elektrycznego pola wytwarzanego przez obydwie półsfery jest równy. Dlatego potencjał elektrycznego pola wytwarzanego przez jedną naładowaną półsferę jest jednakowy i równy połowie potencjału wytwarzanego przez naładowaną sferę:

$$V = \frac{V_0}{2} = \frac{\sigma R}{2\varepsilon_0}$$

Zainteresowanym rozwiązywaniem trudniejszych zadań polecam odnalezienie odpowiedzi na pytanie: Jak obliczyć potencjał punktów leżących na zewnątrz czaszy omówionej w zadaniu.

eprasa.pl a8ae5e458e

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Dla cienkościennej, metalicznej sfery naładowanej równomiernie z gęstością powierzchniową σ.

a) Wyprowadź zależność potencjału od odległości r liniowej od środka sfery wewnątrz i na zewnątrz sfery.

b) Sporządź wykres zależności $V(r)$.

Odpowiedź

a)

$$r > R \qquad V = \frac{q}{4\pi\varepsilon r}$$

$$r = R \qquad V = \frac{q}{4\pi\varepsilon r}$$

$$r < R \qquad v = 0$$

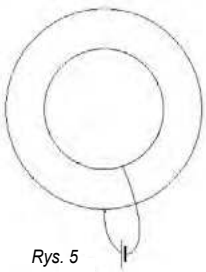
2. Ładunek q znajduje się w odległości r od środka uziemionej przewodzącej sfery o promieniu R ($r > R$). Jaki ładunek wyindukuje się na powierzchni sfery?

Odp. $Q = -q\dfrac{R}{r}$

3. W odległości d od powierzchni miedzianej nienaładowanej kulki o promieniu R umieszczono ładunek q. Ile wynosi potencjał kulki?

Odp. $V = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 (R+d)}$

4. Ogniwo o SEM ε dołączone do metalowych sfer jest przedstawione jak na rys. 5. Promień mniejszej kuli wynosi r, a promień większej kuli wynosi R. Ile wynoszą ładunki każdej kuli?



Rys. 5

Odp. $Q_1 = Q_2 = \dfrac{4\pi\varepsilon_0 Rr}{R-r}$

5. W środku metalowej cienkościennej sfery o promieniu R i ładunku $-2q$ umieszczono ładunek $+q$.

a) Wyprowadź zależności natężenia elektrycznego pola od odległości r od środka sfery.

b) Wyprowadź zależność potencjału od odległości od środka sfery.

Odp. $E = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$, $\quad V = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{r} - \dfrac{2}{R}\right)$

6. Nienaładowana metalowa kula o promieniu r została otoczona koncentrycznie sferą przewodzącą o promieniu R i potencjale V. Ile wyniesie potencjał sfery, jeśli kulę uziemimy?

Odp. $V' = \dfrac{R-r}{R} \cdot V$

Czesław Surowiec

Kosmiczne górnictwo – nowa specjalność na AGH w Krakowie

Akademia Górniczo-Hutnicza uruchamia studia II stopnia o specjalności Kosmiczne Górnictwo Otworowe. To unikalna specjalność w skali światowej – mówią organizatorzy.

Ludzkość wraca na Księżyc, m.in. z myślą o wydobyciu obecnych na nim surowców. Głośno mówi się już o eksploatacji asteroid, a na świecie powstają start-upy, które pracują nad odpowiednimi do tego technologiami.

„Budowa stałej bazy na Księżycu i jej utrzymanie wymusi korzystanie z lokalnych zasobów kosmicznych, a to już można nazwać górnictwem kosmicznym. Nad wykorzystaniem lokalnych surowców kosmicznych (ISRU) (In-Situ Resource Utilization) pracuje NASA, ESA, a także agencje kosmiczne z Chin, Indii, Rosji i innych krajów" – podkreśla dr inż. Adam Jan Zwierzyński, adiunkt na Wydziale Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH.

Wydział już od 2010 roku zajmuje się technologiami kosmicznymi, realizując m.in. projekty dla Europejskiej Agencji Kosmicznej.

Naukowcy i inżynierowie tej uczelni zajmują się m.in. konwersją ziemskich technologii wiertniczych i górniczych do warunków kosmicznych.

Teraz uczelnia uruchamia pionierską specjalność studiów magisterskich inżynierskich II stopnia, która będzie dotyczyła głównie tego zagadnienia. Będzie drugą na świecie uczelnią z takim kierunkiem, po Colorado Schools of Mines w USA.

Część programu stanowią klasyczne przedmioty związane z technologiami wiertniczym ale z konwersją tych technologii do ekstremalnych warunków panujących w środowisku kosmicznym. Pozostała część programu jest związana z szeroko pojętymi technologiami kosmicznymi powiązanymi z przyszłym poszukiwaniem i wykorzystaniem zasobów kosmicznych, technologiami ISRU (ang. In-Situ Resources Utilization), geoinżynieryjnym tworzeniem infrastruktury na potrzeby załogowych misji kosmicznych i kolonizacji kosmosu.

Nowa specjalność ma przygotowywać studentów do szerszego rynku kosmicznych zawodów, tak aby byli atrakcyjnymi kandydatami dla przedsiębiorstw pracujących również w innych obszarach technologii, nie tylko kosmicznych.

Organizatorzy zwracają uwagę, że według opracowania „Opportunities for space resources utilization future markets" przygotowanego przez Luksemburską Agencję Kosmiczną, do 2045 roku w górnictwie kosmicznym będzie pracowało od 845 tys. do 1,8 mln ludzi na pełen etat.

Studia rozpoczną się w semestrze letnim 2022/23 i trwać będą trzy semestry.

Źródło: PAP – Nauka w Polsce, Marek Matacz
https://sylabusy.agh.edu.pl/pl/1/2/18/1/5/11/38

eprasa.pl a8ae5e458e

Foto – NASA

Mars – wyjątkowa planeta

Badania Marsa i jego atmosfery przeprowadza się za pomocą sond kosmicznych oraz łazików marsjańskich. Wokół Marsa krąży osiem sztucznych satelitów. Natomiast po powierzchni Marsa poruszają się łaziki: Curiosity, Perseverance i Zhurong oraz lądownik InSight.

Marcin **Wesołowski**

Mars jest czwartą licząc w kolejności od Słońca planetą zaraz po Merkurym, Wenus i Ziemi. Zaliczana jest do grupy planet ziemiopodobnych, skalistych lub wewnętrznych. Mars obiega Słońce po eliptycznej orbicie o dość dużym spłaszczeniu i dlatego jego odległość od Słońca zmienia się od 206 700 000 km (1.382 au) w peryhelium do 249 200 000 km (1.666 au) w aphelium. W tym miejscu przypomnijmy, że peryhelium oznacza punkt na orbicie eliptycznej danego ciała niebieskiego, który znajduje się najbliżej Słońca. Natomiast aphelium oznacza punkt największego oddalenia ciał od Słońca. Ponieważ zarówno Ziemia jak i Mars krążą wokół Słońca ich wzajemna odległość zmienia się od około 56 000 000 km do 399 000 000 km. Wynika stąd, że mniej więcej raz na dwa lata Mars zbliża się do Ziemi. Wówczas mówimy, że Mars jest w opozycji, gdyż Słońce, Ziemia i Mars leżą na jednej linii, przy czym Mars leży po przeciwnej stronie do Słońca względem Ziemi. Ponieważ orbita Ziemi jest również elipsą choć znacznie mniej spłaszczoną niż orbita Marsa więc raz na 15-17 lat występuje tzw. wielka opozycja. Wówczas Ziemia znajduje się w swoim aphelium a Mars w peryhelium. Zbliżenie tych dwóch planet jest wtedy największe.

Ruch planet Układu Słonecznego odbywa się w głównej mierze pod wpływem grawitacji pochodzącej od centralnego ciała układu jakim jest Słońce. Przypomnijmy, że pierwszym astronomem, który podał zasadniczo poprawny opis ruchu planet był Johann Kepler. Sformułował on na początku XVII wieku swoje trzy słynne prawa ruchu planet w oparciu o analizę obserwacji Marsa. Jednakże warto w tym miejscu wyraźnie zaznaczyć, że planety również wzajemnie oddziaływają na siebie i w ten sposób zaburzają lub inaczej mówiąc perturbują swoje orbity. Dlatego mówiąc w bardzo dużym skrócie wzajemne położenie planet nie jest takie jakby wynikało to tylko z ich keplerowskiego ruchu wokół Słońca, lecz ulega ono pewnym subtelnym zmianom o skomplikowanym charakterze. Orbita Marsa pod wpływem tych zaburzeń (perturbacji) pochodzących od pozostałych planet a w szczególności od największej planety w Układzie Słonecznym – Jowisza ulega coraz to większemu spłaszczeniu. Ze względu na te perturbacje, ale nie tylko warto obserwować tę planetę.

Foto. 1. Planeta Mars – fotografia została wykonana przez sondę Viking 1 (Foto. NASA).

Z trenów Polski Mars jest widoczny w zasadzie przez całą noc. Trudność w obserwacji tej planety może być spowodowana wysokością

eprasa.pl a8ae5e458e

Foto. 2. Czapa polarna w okolicach północnego bieguna (Foto. NASA).

horyzontalną, ewentualnym zachmurzeniem nieba, a także jasnością powierzchniową nieba, czyli stopniem zanieczyszczenia nieba nocnego przez sztuczne światło. Pomimo tego planeta Mars jest widoczna gołym okom (nieuzbrojonym w sprzęt optyczny np. lornetka, teleskop) nawet z centrum miasta, gdyż jego obserwowalna wielkość gwiazdowa podczas wielkiej opozycji wynosi – 2.91 magnitudo. Jasnością przewyższają go wówczas tylko Jowisz, Wenus, Księżyc oraz Słońce.

Ponadto planetę Mars łatwo można odnaleźć na nocnym niebie, gdyż świeci jako jasny obiekt o charakterystycznej barwie rdzawo-czerwonawej. Czerwonawy kolor planety związany jest z faktem, że jej powierzchnia pokryta jest tlenkami żelaza. Tej barwie planeta zawdzięcza swoja nazwę. Ponadto starożytnym kojarzyła się ona z kroplą krwi stad nazwano ją imieniem pochodzącym od rzymskiego boga wojny – Marsa. Planeta posiada dwa księżyce. Jak przystało na towarzyszy boga wojny zostały one nazwane Phobos i Deimos, czyli strach i groza. Większym i jednocześnie bliższym planecie jest Phobos, został on podobnie jak Deimos odkryty przez Halla w 1877 roku.

W czasie zbliżeń Marsa do Ziemi można przy użyciu małych teleskopów dostrzec tzw. czapy polarne (czapy lodowe).

Podczas zimy czapa lodowa pozostaje w ciemności, a z kolei to prowadzi do ochłodzenia się powierzchni i utworzenia grubej warstwy lodu CO_2. Podczas marsjańskiej wiosny i lata lód CO_2 sublimuje i jednocześnie proces ten jest odpowiedzialny za powstawanie silnych wiatrów. Dodatkowo sublimacja powoduje migrację ziaren piasku po powierzchni planety. W tym kontekście warto zauważyć, że na powierzchni Marsa znajdują się wydmy. Powstają w wyniku nagromadzenia ziaren piasku naniesionych przez wiatr (burze piaskowe). Orientacja i ukształtowanie wydm zależy od rozmieszczenia kierunków wiatrów oraz dostępności materiału osadowego w danej lokalizacji. Najprawdopodobniej mechanizm powstawania wydm jest podobny do warunków ziemskich. Innymi słowy są to piaszczyste wzgórza o płaskich zboczach do 10° po stronie nawietrznej, wzdłuż których wiatr przesuwa piasek w kierunku grzbietu. Pod wpływem ich ciężaru ziarna te zsuwają się po stronie nawietrznej, której kąt nachylenia wynosi około 30°. Jedna z największych pustyń wydmowych rozciąga się wokół północnej czapy polarnej Marsa między 78° a 83° N (Olympia Undae).

Działanie wiatru na Marsie jest obecnie kluczowym procesem odpowiedzialnym za powierzchnię planety i migrację wydm. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na ruchliwość wydm jest wspomniana już sublimacja lodu występująca podczas marsjańskiej wiosny i lata. W tym kontekście kluczowym wyzwaniem jest określenie, jak sublimacja lodu wpływa na migrację wydm. Badanie kształtu, położenia i migracji wydm pozwala nam poszerzyć wiedzę o marsjańskiej atmosferze i panującym tam klimacie. Uwzględnienie zarówno obecności wiatru, jak i sublimacji lodu pozwoli na rekonstrukcję geologicznej historii Marsa i przyczyni się do opracowania dokładniejszych modeli klimatycznych.

Zewnętrzna powierzchnia planety pokryta jest kraterami, kanionami i ruchomymi wydmami piasku marsjańskiego. Marsjańskie kaniony ukształtowane zostały najprawdopodobniej poprzez lawę i wodę, natomiast kratery są pochodzenia meteorytowego. Na Marsie znajduje się najwyższy wulkan w Układzie Słonecznym (Olympus Mons) i największy układ kanionów (Valles Marineris). Na jego powierzchni zauważono także ciemne miejsca, które nazywamy morzami i miejsca jaśniejsze są to tak zwane lądy. Zarówno morza jak i lądy mają inne właściwości między innymi inaczej odbijają promieniowanie słoneczne.

Foto. 3. Największa góra w Układzie Słonecznym, nieczynny wulkan tarczowy Olympus Mons (Foto. NASA).

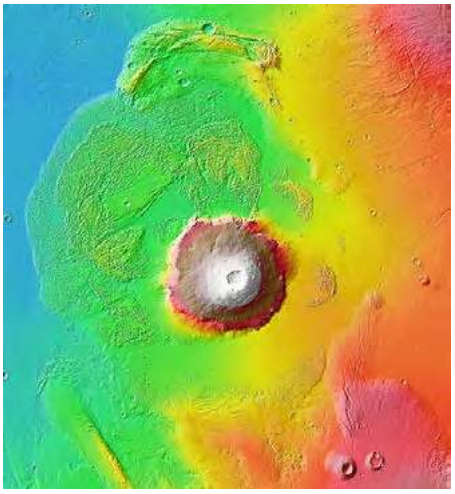


Foto. 4. Topograficzna mapa okolic wulkanu Olympus Mons (Foto. NASA).

Mars spowity jest rzadką atmosferą składającą się w głównej mierze z dwutlenku węgla (95.32%), azotu (2.7%), argonu (1.6%), tlenku węgla (0.07%) oraz śladowych ilości pary wodnej, tlenku azotu, neonu, ciężkiej wody (HDO), kryptonu, ksenonu. Pod powierzchnią planety pokrytą grubą warstwą pyłów znajdują się najprawdopodobniej duże skupiska lodu wodnego.

Aktualnie ze względu na brak tlenu w atmosferze Mars nie nadaje się bezpośrednio do zamieszkania przez ludzi. Jednakże istnieją zaawansowane projekty naukowo-badawcze, które w przyszłości być może pozwolą na podróż na Marsa.

eprasa.pl a8ae5e458e

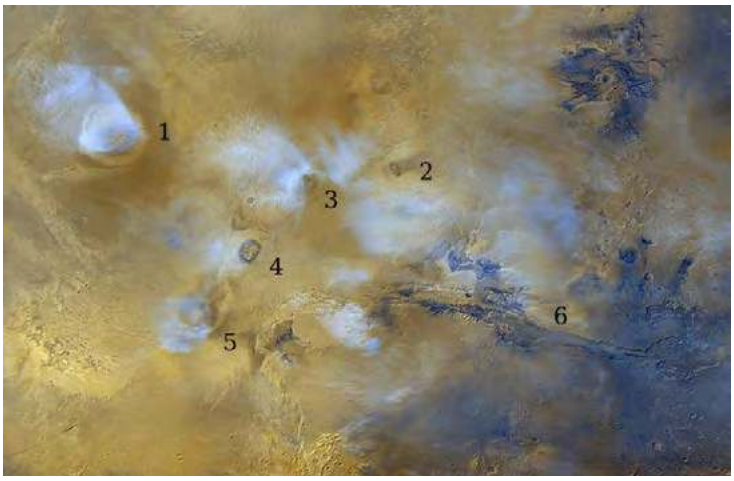


Foto. 5. Układ kanionów na Marsie: 1. Olympus Mons; 2. Tharsis Tholus; 3. Ascraeus Mons; 4. Pavonis Mons; 5. Arsia Mons; 6. Valles Marineris (Foto. NASA).

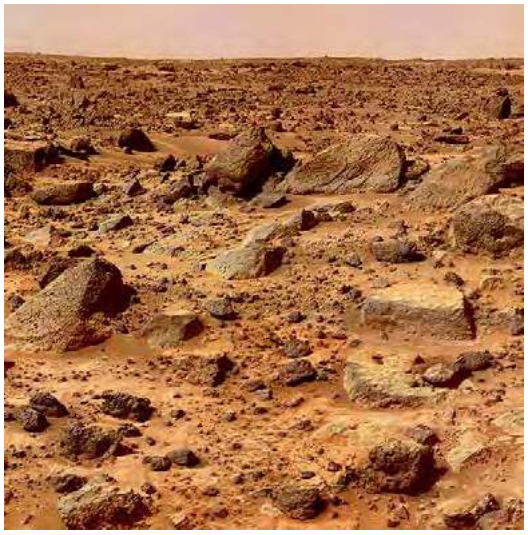


Foto. 6. Krajobraz marsjański – fotografia wykonana przez sondę Mars Pathfinder (Foto. NASA).

Badania Marsa

Badania Marsa i jego atmosfery przeprowadza się za pomocą sond kosmicznych oraz łazików marsjańskich. Pierwszą sondą kosmiczną był amerykański *„Marines 4”*, który przeleciał w odległości około 10 000 km od powierzchni Marsa i przekazał na Ziemię 21 obrazów planety. W późniejszym czasie otrzymywano coraz to więcej i bardziej dokładnych zdjęć. Wokół Marsa krąży osiem sztucznych satelitów: 2001 Mars Odyssey, Mars Express, Mars Reconnaissance Orbiter, Mars Orbiter Mission, MAVEN, ExoMars Trace Gas Orbiter, Al Amal i Tianwen-1. Natomiast po powierzchni Marsa poruszają się łaziki: Curiosity, Perseverance i Zhurong oraz lądownik InSight. Ponadto zauważmy, że na powierzchni Marsa znajduje się kilka nieczynnych łazików i lądowników. W tym przypadku NASA straciła z nimi kontakt lub pochodzą z nieudanych misji.

Przeprowadzane aktualnie badania przez sondy kosmiczne i łaziki dotyczą między innymi następujących zagadnień:

- poszukiwania wody i lodu wodnego pod powierzchnią regolitu,
- monitowania aktywności wulkanicznej,
- badanie składu atmosfery i jej cyrkulacji,
- badanie powierzchni planety i jej składu,
- badanie warstw podpowierzchniowych,
- badanie obecnego klimatu w kontekście jego wstecznej rekonstrukcji
- badanie marsjańskiej pogody w skali globalnej,
- badania geologiczne,
- produkcja tlenu z marsjańskiej atmosfery.

Dodatkową możliwością niektórych sond marsjańskich jest możliwość utrzymania łączności z łazikami.

Uwzględniając powyższe informacje możemy z całą pewnością stwierdzić, że Mars jest najlepiej zbadaną planetą w Układzie Słonecznym oczywiście poza Ziemią.

dr Marcin Wesołowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Fizycznych,
Uniwersytet Rzeszowski,
Centrum Innowacji i Transferu Wiedzy
Techniczno-Przyrodniczej Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Foto. 7. Przykładowa fotografia sondy kosmicznej 2001 Mars Odyssey w pobliżu Marsa (Foto. NASA).

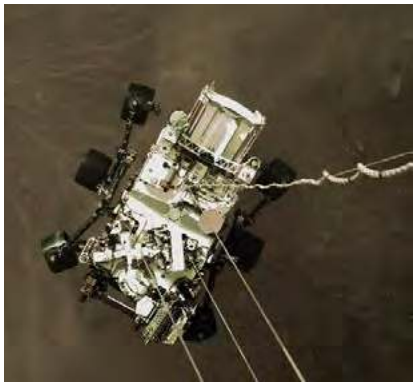


Foto. 8. Łazik Perseverance podczas lądowania (Foto. NASA).

Foto. 9. Łazik marsjański Curiosity, (Foto. NASA).

Foto. 10. Krater Wiktoria na powierzchni Marsa. Mozaika złożona ze zdjęć, które zostały wykonane przez łazik Opportunity (Foto. NASA).

LITERATURA:

[1] Rybka, E., 1976, Astronomia ogólna, PWN, Warszawa.
[2] Artymowicz, P. 1995, Astrofizyka układów planetarnych, Wyd. Naukowe PWN.
[3] Informacje oraz zdjęcia dostępne na stronach internetowych NASA i ESA.

eprasa.pl a8ae5e458e

Kompendium astronomiczne

– wybrane pojęcia i zagadnienia – cz. 9

Marcin **Wesołowski**, Piotr **Gronkowski**

Foto – NASA

Kompendium astronomiczne zostało napisane z myślą o szerokim gronie czytelników. Może być ono przydatne dla uczniów szkół ponadpodstawowych, a także dla kandydatów na studia, którzy planują zdawać egzamin maturalny z przedmiotu fizyka. Również może stanowić ciekawą pozycję literaturową dla nauczycieli przedmiotu fizyka i wszystkich miłośników tego przedmiotu. W pracy tej przedstawiono najważniejsze pojęcia i terminy związane z astronomią.

W dziewiątej i za razem ostatniej, części tego kompendium zostały przestawione wybrane zagadnienia z astronomii w porządku alfabetycznym częściowo od litery W aż do Z.

Wielkość gwiazdowa obserwowana (m) – jednostka określająca jasność ciał kosmicznych określona wzorem:

$$m = -2.5\log(E) + \text{const}, \qquad (1)$$

gdzie E oznacza natężenie oświetlenia pochodzące od danego ciała niebieskiego wyrażone w luksach, wielkość const jest zerowym punktem skali. Jego liczbowa wartość jest określona przez przyjęcie tzw. gwiazd-standardów. Widoma wielkość gwiazdowa ciała niebieskiego, do którego znana jest odległość wyznacza jednoznacznie jego wielkość gwiazdową absolutną. W zależności od obserwowanego zakresu widma (zastosowanego systemu fotometrycznego) wyróżniamy wielkości gwiazdowe wizualne, fotograficzne, fotoelektryczne lub bolometryczne. Wielkości bolometryczne odpowiadają pełnemu zakresowi widma (wszystkim długościom fali).

Wielkość gwiazdowa absolutna (M) – jest to wielkość gwiazdowa jaką miałoby ciało kosmiczne znajdujące się w odległości 10 parseków od Ziemi (obserwatora). Wielkość gwiazdowa absolutna M związana jest z wielkością gwiazdową widomą m wzorem:

$$M = m - 5\log\left(\frac{r}{10}\right) = m - 5\log(r) + 5. \qquad (2)$$

gdzie r oznacza odległość do niej wyrażoną w parsekach. Np. Bolometryczna absolutna wielkość gwiazdowa Słońca jest równa $M = 4^m79$.

Wszechświat – kosmos (ang. universe, cosmos) – ogół czasoprzestrzeni zawierającej wszelką formę materii korpuskularnej i energii. Inaczej cała przestrzeń wraz z zawartą w niej materią i energią: galaktyki i ich skupiska, gwiazdy, układy planetarne, materia międzygwiazdowa, materia międzygalaktyczna, promieniowanie kosmiczne, promieniowanie reliktowe. Badaniem jego ogólnych właściwości i ewolucją zajmuje się kosmologia. Obserwacyjne podstawy kosmologii to:

- jednostajny rozkład gromad galaktyk w przestrzeni,
- izotropowe promieniowanie reliktowe (tła) o rozkładzie widmowym odpowiadającym promieniowaniu ciała doskonale czarnego o temperaturze 2.73 K,
- ucieczka galaktyk (prawo Hubble'a – to podstawowe prawo kosmologii obserwacyjnej, które wiąże odległość Galaktyki *r* z ich prędkościami ucieczki *V*. Prawo to mówi, że te dwie wielkości są względem siebie proporcjonalne, a stałą proporcjonalności jest stała Hubble'a *H*. Prawo to możemy wrazić wzorem: $V = H \cdot r$).
- kosmiczna obfitość helu (wydaje się, że helu jest więcej niż mogłoby go powstać w gwiazdach ze spalenia wodoru; nadwyżka helu jest pozostałością po bardzo wczesnym etapie ewolucji Wszechświata – pierwotnej nukleosyntezie w czasie trwania ery promieniowania).

Kosmologia zakłada, że:

- prawa fizyki są uniwersalne, tak samo spełniane są na Ziemi jak i w całym Wszechświecie,
- Wszechświat obserwowany z każdego miejsca wykazuje takie same właściwości, jeśli pominiemy lokalne nieistotne dla całości fluktuacje. Innymi słowy część przez nas obserwowana jest reprezentatywna dla całości Wszechświata.

Te dwa założenia łącznie nazywa się zasadą kosmologiczną.

Wybuchy blasku komet – zjawisko polegające na tym, że kometa gwałtownie zwiększa swoją jasność. Zjawisko to jest jednym z najciekawszych i jednocześnie najbardziej spektakularnych przejawów aktywności komet. Po raz pierwszy wybuchy blasku komet zainteresowały astronomów w latach dwudziestych XX wieku, gdy w 1927 roku została odkryta kometa 29P/Schwassmann – Wachmann 1, najprawdopodobniej w czasie maksimum jednego ze swoich licznych wybuchów. Generalnie przyjmuje się, że przez wybuch blask komety rozumiemy jej nagły, niespodziewany wzrost jasności o kilka wielkości gwiazdowych, przeciętnie od 2 do 5 magnitudo; czasami wyjątkowo nawet 9 magnitudo. Zjawisko to jest obecnie często odnotowywane zarówno dla komet okresowych jak i jednopojawieniowych. Kometa 29P/Schwassmann – Wachmann 1 jest najlepiej znaną przedstawicielką komet wybuchających. Obiega ona Słońce po prawie kołowej orbicie mającej aktualnie mimośród e ≈ 0.045, położonej pomię-

eprasa.pl a8ae5e458e

dzy orbitami Jowisza i Saturna. Odległość komety od Słońca zmienia się od 5.72 au do 6.25 au w czasie jej orbitalnego okresu wynoszącego około 14.65 lat.

W spokojnej „nieaktywnej fazie" kometa jest obiektem kosmicznym o jasności 18^m – 19^m wyglądającym jak rozmyta tarcza, w której można dostrzec czasami ledwo zauważalne zgęszczenie centralne. Niespodziewanie w ciągu kilku godzin lub dni powstaje w jej głowie gwiazdopodobne jasne jądro, które rozszerza się z prędkością kilkuset metrów na sekundę. Stopniowo przechodzi ono w swego rodzaju tarczę planetarną a następnie w halo kometarne, przy czym jego jasność powierzchniowa maleje w kierunku zewnętrznym. W tym czasie widmo komety jest rozproszone przez cząsteczki pyłów kometarnych i ziaren lodowych promieniowaniem słonecznym z dającymi się czasami zauważyć słabymi liniami emisyjnymi CO^+. W czasie trwania wybuchu jasność komety 29P/Schwassmann-Wachmann 1 w swoim maksimum jest równa 13^m – 14^m a zgęszczenie centralne rozciąga się na odległość kilkuset tysięcy kilometrów od centrum głowy komety. Po pewnym czasie, średnio do 30 dni wygląd komety wraca do stanu" nieaktywnego" sprzed wybuchu.

Generalnie przebieg wybuchów innych komet jest podobny. W celu wyjaśnienia wybuchów blasku komet były proponowane różne mechanizmy; np.: zderzenia jąder kometarnych z innymi małymi ciałami krążącymi w Układzie Słonecznym jak małe asteroidy czy meteoridy, wpływ strumieni silnego wiatru słonecznego, precesja osi rotacji komety, wybuchowe reakcje chemiczne przebiegające w jądrze komety lub egzotermiczna transformacja kometarnego wodnego lodu amorficznego w formę krystaliczną. Żadna z hipotez nie została ostatecznie zaakceptowana przez ogół kometologów, prawdopodobnie zjawisko może mieć różne przyczyny.

Wysokość horyzontalna (h) – jedna ze współrzędnych układu horyzontalnego. Jest to kąt (wyrażony w stopniach) pomiędzy kierunkiem od obserwatora do danego ciała niebieskiego a płaszczyzną horyzontu.

Zagadnienie dwóch ciał – problem polegający na rozwiązaniu równań ruchu dwóch punktów materialnych oddziaływujących na siebie siłą centralną. W węższym sensie mówimy o zagadnieniu dwóch ciał, gdy oddziaływają one na siebie siłą odwrotnie proporcjonalną do kwadratu ich wzajemnej odległości. W astronomii przez zagadnienie dwóch ciał rozumiemy problem wyznaczenia ruchu dwóch odosobnionych punktów materialnych o danych masach oddziaływujących ze sobą siłą newtonowskiej grawitacji, gdy znamy ich położenia i prędkości w pewnym momencie t_0 określone względem pewnego inercjalnego układu odniesienia. Po raz pierwszy rozwiązał je w oparciu o sformułowane przez siebie prawa dynamiki i prawo powszechnego ciążenia Izaak Newton w swoim najsłynniejszym dziele "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica" opublikowanym w 1687 roku. W układzie Słońce -planeta wygodnie jest przyjąć układ współrzędnych kartezjańskich związany ze środkiem masy układu, który praktycznie pokrywa się ze środkiem masy Słońca. W takim układzie odniesienia równania ruchu planety przyjmują następującą postać:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{\partial U}{\partial x},\quad m\frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{\partial U}{\partial y},\quad m\frac{d^2z}{dt^2} = -\frac{\partial U}{\partial z}, \tag{3}$$

gdzie m i x, y, z oznaczają odpowiednio masę i współrzędne kartezjańskie planety, t oznacza czas a U jest energią potencjalną układu Słońce – planeta. Rozwiązując powyższy układ równań można pokazać, że całkowita energia mechaniczna planety oraz jej moment pędu są niezmienne w czasie a ruch planety odbywa się po elipsie ze Słońcem w jednym z jej ognisk (I prawo Keplera), która jest opisana równaniem:

$$r = \frac{a\left(1-e^2\right)}{1+e\cdot\cos\left(\theta\right)}, \tag{4}$$

gdzie r, a, θ oznaczają odpowiednio odległość planety od Słońca, półoś dużą elipsy, jej mimośród i anomalię rzeczywistą (kąt biegunowy) planety. Bezpośrednią konsekwencją stałości momentu pędu jest to, że prędkość polowa planety jest również stała (II prawo Keplera). W Układzie Słonecznym mimośrody e większości orbit planetarnych są niewielkie i z dobrym przybliżeniem możemy uważać, że planety poruszają się po orbitach kołowych wokół Słońca. W oparciu o równania ruchu planety można również pokazać, że położenie planety na orbicie zmienia się w czasie zgodnie z równaniem Keplera:

$$nt = E - \sin\left(E\right), \tag{5}$$

gdzie n jest pewną stałą zależną od masy Słońca M i półosi dużej orbity a oraz E jest tzw. anomalią mimośrodową planety, która daje się określić poprzez anomalię rzeczywistą θ. Opierając się na równaniu Keplera można łatwo pokazać, że jest spełniony następujący związek będący matematyczną formułą wyrażenia III prawa Keplera:

$$\frac{a^3}{P^2} = \frac{GM_S}{4\pi^2}. \tag{6}$$

W powyższej relacji P oznacza okres obiegu planety wokół Słońca. Rozwiązując zagadnienie dwóch ciał Newton zakończył w pewien sposób przewrót zapoczątkowany przez Kopernika jaki dokonał się w sposobie pojmowania ruchu planet. Kopernik zapoczątkował przewrót w sposobie myślenia odpowiadając na pytanie co się porusza (planety wokół Słońca), Kepler wyjaśnił jak planety się poruszają (po orbitach eliptycznych) a Newton zaś rozwiązał problem dlaczego planety się poruszają wokół Słońca. To siła grawitacji zmusza je do ciągłego "spadania" na Słońce po torach eliptycznych. Zagadnienie dwóch ciał znalazło ogromne zastosowanie w astronomii. Wykorzystywane ono jest do opisu nie tylko ruchu planet wokół Słońca, ale w takich problemach jak ruch księżyców wokół planet, ruch sztucznych satelitów Ziemi, czy też zagadnienie gwiazd podwójnych.

Zagadnienie n ciał (w astronomii) – problem polegający na rozwiązaniu równań ruchu n punktów materialnych o danych masach oddziaływujących ze sobą siłami wzajemnej grawitacji, jeśli znamy określone w pewnym momencie t_0 ich położenia i prędkości w pewnym inercjalnym układzie odniesienia. Ogólne rozwiązanie nie jest znane; już dla n = 3 znane są ściśle rozwiązania tylko w pewnych szczególnych przypadkach.

Zagadnienie trzech ciał – jest to szczególna postać zagadnienia n ciał dla n = 3. W 1898 roku Poincare udowodnił twierdzenie, z którego wynika, że w ogólnym przypadku nie można podać rozwiązania zagadnienia trzech ciał w analitycznej skończonej postaci, a w 1912 roku Sundmann otrzymał formalne rozwiązanie ogólnego zagadnienia trzech ciał, ale w postaci szeregów. Ponieważ szeregi te

eprasa.pl a8ae5e458e

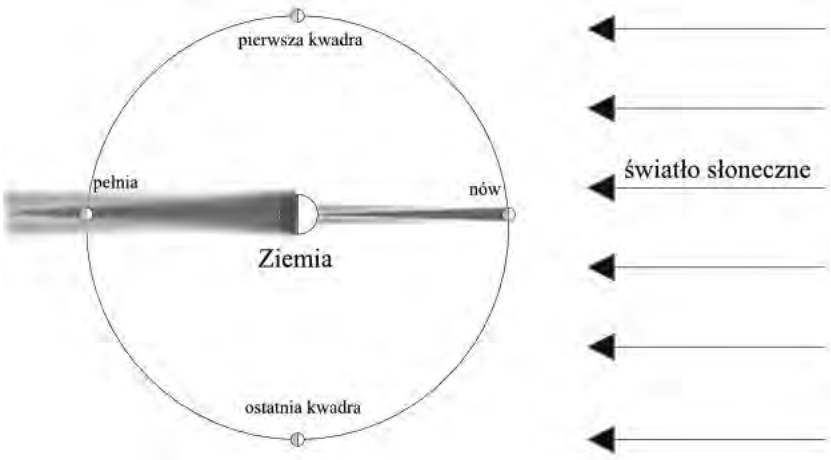
są nadzwyczaj wolno zbieżne, więc również dzisiaj w dobie bardzo zaawansowanych metod numerycznych ich praktyczna przydatność jest bardzo problematyczna.

Zagadnienie trzech ciał ograniczone – szczególny przypadek zagadnienia trzech ciał, w którym jeden z punktów materialnych P_0 ma zaniedbywalnie małą masę w stosunku do mas dwóch pozostałych punktów P_1, P_2, tak, że nie wywiera na nie żadnego wpływu. Przeciwnie dwie pozostałe ważkie masy P_1, P_2 krążąc wokół wspólnego środka masy wywierają, każda z osobna wpływ na ruch punktu P_0. Zagadnienie polega na zbadaniu (rozwiązaniu) równań ruchu punktu P_0 Jeśli masy ważkie krążą po orbitach odpowiednio kołowych, eliptycznych, parabolicznych lub hiperbolicznych to zagadnienie nazywa się ograniczonym zagadnieniem trzech ciał odpowiednio kołowym, eliptycznym, parabolicznym lub hiperbolicznym.

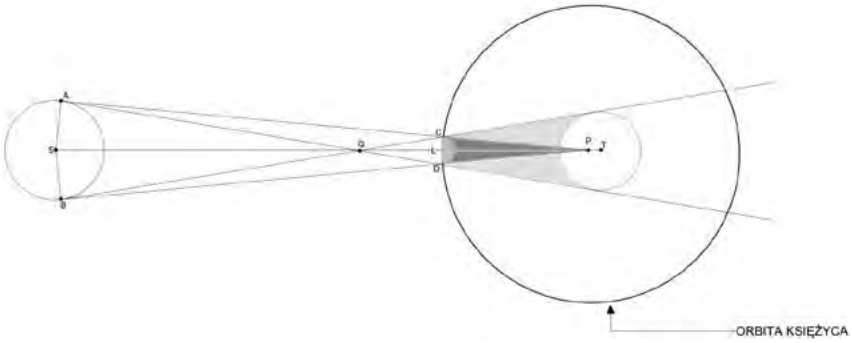
Zagadnienie trzech ciał – rozwiązanie Lagrange'a – uzyskane w 1772 roku przez Lagrange'a pięć szczególnych rozwiązań zagadnienia trzech ciał bez założenia, że jedno z nich ma masę nieskończenie małą. W dwóch trójkątnych rozwiązaniach Lagrange'a punkty materialne P_0, P_1, P_2 tworzą trójkąt równoboczny, którego rozmiary ulegają zmianie, gdyż punkty materialne zakreślają podobne współogniskowe krzywe stożkowe wokół środka masy układu jako ogniska. W trzech pozostałych prostoliniowych rozwiązaniach Lagrange'a punkty materialne leżą na jednej prostej przechodzącej przez ich środek masy zakreślając również podobne współogniskowe krzywe stożkowe wokół środka masy układu. W każdym z tych rozwiązań płaszczyzna ruchu ciał jest ustalona. Punkty, w których znajduje się punkt P_0 w tych rozwiązaniach noszą nazwę punktów libracji i oznacza się je symbolami L_i, gdzie i = 1, 2, ..., 5. Punkty libracji L_1, L_2, L_3 odpowiadają rozwiązaniom prostoliniowym a punkty L_4 i L_5 rozwiązaniom trójkątnym.

Zaćmienie – przesłonięcie całkowite lub częściowe tarczy jednego ciała niebieskiego przez inne ciało. Rozróżniamy zaćmienie Słońca przez Księżyc, zaćmienie Księżyca przez tarczę Ziemi, zaćmienie księżyca planetarnego przez planetę, zaćmienie jednej gwiazdy przez drugą w układzie podwójnym oraz zakrycia gwiazd przez Księżyc.

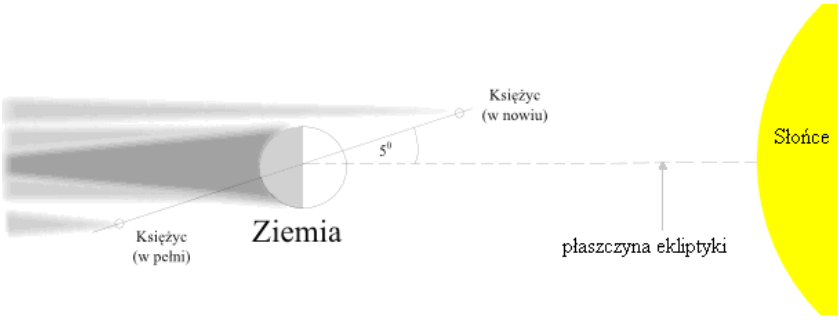
Zaćmienie Słońca – jest to zjawisko, kiedy w przybliżeniu w jednej linii ustawią



Rys.8. Układ Ziemia – Księżyc. Zaćmienie Słońca może zachodzić, kiedy Księżyc znajduje się pomiędzy Ziemią a Słońcem (gdy Księżyc jest w nowiu). Zaćmienie Księżyca może mieć miejsce, gdy cień Ziemi przesłoni n Księżyc (podczas pełni).



Rys.9. Schemat całkowitego zaćmienia słońca. Oznaczenia: S, L i T oznaczają odpowiednio środki Słońca, Księżyca i Ziemi. Natomiast punkt P jest wierzchołkiem stożka cienia całkowitego utworzonego przez styczne zewnętrzne do Słońca i Księżyca. Styczne wewnętrzne tworzą stożek półcienia o wierzchołku w punkcie Q.



Rys. 10. Nachylenie orbity Księżyca względem płaszczyzn Ziemi pod kątem 5° sprawia, że stożek jego cienia może omijać Ziemię w czasie, gdy Księżyc znajduje się w nowiu.

się Słońce, Księżyc i Ziemia w taki sposób, że Księżyc będzie przesłaniał Słońce częściowo (częściowe zaćmienie Słońca) lub całkowicie (całkowite zaćmienie Słońca). Badania historyków prowadzą do wniosku, że już około 2800 roku p.n.e. starożytni Chińczycy zauważyli pewną regularność w występowaniu zaćmień Słońca. Warto również przypomnieć, że już starożytni dokonywali pierwszych zasadniczo poprawnych naukowo analiz zjawiska zaćmień. Wielki starożytny astronom Hipparch na podstawie analizy danych o zjawisku zebranych w czasie obserwacji zaćmienia Słońca z 189 roku p.n.e. wyznaczył odległość Księżyca od Ziemi (wyrażoną w promieniach Ziemi), która okazała się tylko 11% większa od obecnie przyjmowanej! Wynik ten należy uznać za wielkie osiągnięcie starożytnej astronomii, która przecież opierała się na obserwacjach okiem nieuzbrojonym w optyczne przyrządy obserwacyjne! Zaćmienie Słońca może się zdarzyć wtedy, gdy Ziemia znajdzie się w przybliżeniu na prostej łączącej środki Słońca i Księżyca. Jeżeli Księżyc

eprasa.pl a8ae5e458e

znajdzie się pomiędzy Słońcem a Ziemią to stożek jego cienia może nie dopuścić promieni Słońca do pewnego wycinka powierzchni Ziemi i wtedy w tym obszarze obserwujemy zaćmienie Słońca. Odwrotnie, gdy Ziemia znajdzie się pomiędzy Słońcem a Księżycem to wtedy stożek cienia Ziemi przesłoni Księżyc wywołując zjawisko zaćmienia Księżyca.

Księżyc obiega Ziemię w ciągu 27.3 doby. Ten okres nazywamy miesiącem gwiazdowym. Po upływie jednego miesiąca gwiazdowego Księżyc powraca do tego samego miejsca na sferze niebieskiej pośród gwiazd. Z kolei Ziemia obiega Słońce w ciągu jednego roku gwiazdowego, czyli około 365.25636 dni. Po upływie roku gwiazdowego Słońce dla obserwatorów znajdujących się na Ziemi przechodzi przez ten sam ustalony punkt sfery niebieskiej. Z drugiej strony Księżyc oglądany z Ziemi przesuwa się na tle gwiazd z zachodu na wschód około 13° na dobę a Słońce oglądane z Ziemi przesuwa się również w tym samym kierunku tylko około 1° na dobę. Konsekwencją tych dwóch ruchów jest to, że Księżyc oddala się od Słońca w kierunku wschodnim około 12° na dobę. Ta względna zmiana położenia Księżyca względem Słońca znajduje swoje odzwierciedlenie w zjawisku faz Księżyca (nów, pierwsza kwadra, pełnia, ostatnia kwadra). Dla obserwatora na Ziemi kształt i wielkość oświetlonej przez Słońce części tarczy Księżyca zmienia się cyklicznie w czasie tzw. miesiąca synodycznego. Miesiąc synodyczny równy 29.53 doby to odstęp czasu pomiędzy dwoma następującymi kolejno po sobie nowiami Księżyca.

Zjawisko zaćmień wykazuje pewną cykliczność, która jest konsekwencją geometrii układu Słońce – Ziemia – Księżyc. Otóż orbita Księżyca krążącego wokół Ziemi jest nachylona pod kątem około 5° względem płaszczyzny orbity Ziemi wokół Słońca (płaszczyzny ekliptyki). Dlatego podczas każdego pełnego obiegu Księżyc przecina płaszczyznę orbity Ziemi dwukrotnie. Punkty, w których jego orbita przecina płaszczyznę ekliptyki nazywamy węzłami. (drogi księżycowej). Zazwyczaj w czasie pełni lub nowiu Księżyc oglądany z Ziemi znajduje się na sferze niebieskiej najczęściej poniżej lub powyżej Słońca. Natomiast w czasie pełni Księżyc omija cień Ziemi. Czasami jednak Księżyc będąc w nowiu lub w pełni przesuwa się na tyle blisko jednego z węzłów swojej orbity, aby mogło wystąpić zaćmienie. Okres czasu pomiędzy kolejnymi przejściami Księżyca przez ten sam węzeł nosi nazwę miesiąca smoczego. Jego długość wynosi średnio 27.21 doby. W wyniku oddziaływań grawitacyjnych zarówno Ziemi jak i Słońca na Księżyc węzły jego orbity zmieniają swoje położenie cofając się wzdłuż ekliptyki. W konsekwencji takiego dryfu węzłów nów i pełnia Księżyca przypadają na jednej linii ze Słońcem średnio co 173.3 dnia. Ten odstęp czasu nazywamy sezonem zaćmień. Dwa sezony zaćmień stanowią rok zaćmieniowy, który liczy 346.6 dnia. Jest on zatem krótszy o przeszło 18.6 dnia od roku kalendarzowego.

Dokładna analiza geometrii rozpatrywanych orbit prowadzi do wniosku, że przy każdym przejściu Słońca przez węzeł orbity Księżyca musi nastąpić co najmniej jedno zaćmienie Słońca, a czasami mogą zdarzyć się dwa. Natomiast nie każde przejście Słońca przez węzeł orbity Księżyca prowadzi do jego zaćmienia. Tak więc co rok muszą zdarzyć się co najmniej dwa zaćmienia Słońca, ale mogą zdarzyć się cztery lub nawet pięć, gdy Słońce w roku kalendarzowym przejdzie trzy razy przez węzeł orbity Księżyca. Z drugiej strony mogą zdarzać się lata, w których nie ma zaćmień Księżyca a najwięcej ich w roku może być trzy. Podsumowując najmniej w roku zdarzać się może dwa zaćmienia i to oba słoneczne, najwięcej zaś siedem: cztery słoneczne i trzy księżycowe lub pięć słonecznych i dwa księżycowe. Lata z siedmioma zaćmieniami zdarzają się bardzo rzadko. Ostatnim takim rokiem był rok 1982 a następnym będzie rok 2038.

Jeszcze starożytni odkryli, że zaćmienia wykazują swoistą okresowość. Otóż w przedziałach czasu będących wspólną wielokrotnością miesiąca smoczego

Rys. 11. Punkty kontaktów cienia Księżyca z tarczą słoneczną podczas zaćmienia całkowitego.

Rys. 12. Punkty kontaktów cienia Księżyca z tarczą słoneczną podczas zaćmienia obrączkowego.

Rys. 13. Punkty kontaktów cienia Księżyca z tarczą słoneczną podczas zaćmienia częściowego.

eprasa.pl a8ae5e458e

i synodycznego zaćmienia powtarzają się. Ten okres to saros równy 223 miesiącom synodycznym, czyli 242 miesiącom smoczym. Inaczej mówiąc jest on równy 18 lat i 11 dni lub 18 lat i 10 dni, gdy w ciągu tego okresu przypada 5 lat przestępnych. Przebieg zaćmienia wyznaczają momenty tzw. kontaktów. W danym miejscu obserwacji zjawisko zaćmienia Słońca zaczyna się w momencie tzw. pierwszego kontaktu. Jest to moment, gdy Księżyc zaczyna nasuwać się na tarczę słoneczną, a tym samym zaczyna ją przesłaniać. Pierwszy punkt „styku" Słońca i Księżyca nazywamy punktem pierwszego kontaktu. Drugi kontakt daje początek zaćmieniu centralnemu, które można zaobserwować tylko w obrębie pasa zaćmienia całkowitego. Inaczej mówiąc jest to sytuacja, kiedy wschodnia krawędź Księżyca nachodzi na wschodnią krawędź Słońca – początek zaćmienia całkowitego lub obrączkowego. Należy tu zaznaczyć, że przez wschodni brzeg tarczy tych ciał niebieskich rozumiemy ich brzegi znajdujące się bliżej wschodniej strony horyzontu.

Również analogicznie określamy zachodnie brzegi tarczy Słońca i Księżyca. Zaćmienie dobiega końca w chwili, gdy zachodni brzeg Księżyca opuszcza zachodni brzeg Słońca. Jest to moment trzeciego kontaktu. Faza maksymalna zaćmienia odpowiada środkowemu momentowi pomiędzy drugim a trzecim kontaktem. Ostatni moment styku pomiędzy brzegiem Księżyca a brzegiem Słońca oznacza koniec częściowego zaćmienia Słońca. Na poniższym schemacie przedstawiamy występowanie najważniejszych zjawisk podczas zaćmienia, które określamy na podstawie kontaktów cienia z tarczą słoneczną.

Z przedstawionych rozważań wynika, że zaćmienie Słońca może wydarzyć się tylko podczas nowiu, gdy Księżyc będzie przemieszczał się między Ziemią a Słońcem. Wtedy Słońce, Ziemia i Księżyc znajdują się w przybliżeniu w jednej linii i Księżyc może rzucić cień na część powierzchni naszej planety. Położenie obserwatora względem cienia Księżyca określa jakie to będzie zaćmienie. Cień Księżyca składa się z dwóch elementów – ciemnego stożkowego kształtu cienia całkowitego w środku oraz jaśniejszego obszaru wokół niego, który nazywamy półcieniem. Obserwatorzy znajdujący się poza półcieniem w ogóle nie zobaczą zaćmienia. Obserwatorzy, którzy przebywają w obszarze półcienia zaobserwują zaćmienie częściowe – zobaczą, że Księżyc zakryje tylko część Słońca. Tylko obserwatorzy, którzy będą w obszarze cienia całkowitego ujrzą całkowite zaćmienie Słońca. W wyniku zadziwiającego zbiegu okoliczności z jednej strony wymiary geometryczne Księżyca są około 400 razy mniejsze niż Słońca, ale z drugiej strony jest on około 400 razy bliżej niż Słońce! Dlatego też w sprzyjających, omówionych powyżej warunkach te dwa ciała niebieskie oglądane z Ziemi mając takie same w przybliżeniu widome rozmiary mogą wzajemnie się zasłaniać. Zaćmienia Słońca należą do najbardziej widowiskowych zjawisk astronomicznych.

W czasie zaćmienia Słońca — zwłaszcza centralnego, w czasie którego dysk słoneczny zostaje całkowicie przesłonięty przez Księżyc (zaćmienie całkowite) lub tarcza Księżyca znajdzie się całym obwodem wewnątrz dysku słonecznego (zaćmienie obrączkowe) — możemy podziwiać swoisty spektakl astronomiczny. Na kilka chwil przed całkowitym zaćmieniem Słońca przez Księżyc można zaobserwować przepiękne zjawisko astronomiczne nazwane poetycko – „pierścieniem z diamentem" (fig.4). W przypadku całkowitego zaćmienia nagle w pełni dnia bardzo szybko na kilka minut (maksymalnie do 7^m31^s) zapada nocny zmrok, na niebie zaczynają pojawiać się gwiazdy i planety. Wokół ciemnego kręgu tarczy Księżyca można dostrzec srebrzystą aureolę korony słonecznej i czerwone wyrzuty materii słonecznej – protuberancje. Dlatego właśnie zjawisko całkowitego zaćmienia Słońca jest tak interesujące z naukowego punktu widzenia, gdyż normalnie Słońce swoim blaskiem tłumi obraz zjawisk zachodzących przy jego powierzchni. Całkowite zaćmienie Słońca kończy się w momencie trzeciego kontaktu. Wtedy robi się natychmiast widno, gwiazdy znikają z nieboskłonu i ma miejsce częściowe zaćmienie Słońca, które kończy się czwartym kontaktem.

Niestety całkowite zaćmienia tarczy słonecznej należą do zjawisk niezwykle rzadkich, które w ustalonym miejscu na naszej planecie występują tylko raz na kilkaset lat. Przeciętnie w ciągu jednego tysiąclecia ma miejsce 1543 zaćmień Księżyca i 2375 zaćmień Słońca. Jednak warto zauważyć, że na danym obszarze Ziemi zaćmienia Księżyca są obserwowane znacznie częściej niż zaćmienia Słońca.

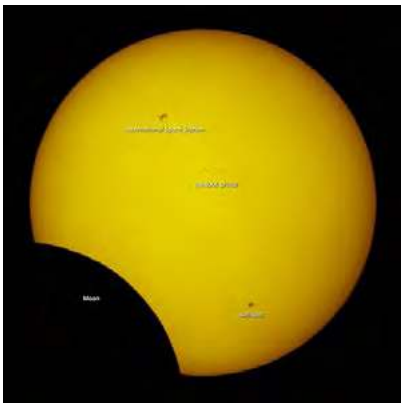


Foto.1. Częściowe zaćmienie Słońca z 4 stycznia 2011 roku (źródło: http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=48442).

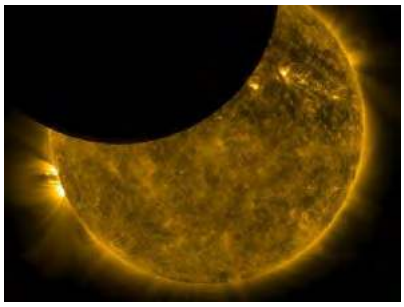


Foto. 2. Częściowe zaćmienie Słońca z 7 października 2010 roku, fotografia wykonana przez NASA Solar Dynamics Observatory – SDO. (Źródło: http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_1785.html).

Foto. 3. Całkowite zaćmienie Słońca z 29 lipca 1878 roku – widoczna korona słoneczna. (Źródło: http://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenfinsternis).

Foto. 4. Pierścień z diamentem – zjawiskiem występującym podczas całkowitego zaćmienia Słońca. Zjawisko to nosi nazwę pereł Baily'ego, na cześć angielskiego astronoma Francisa Baily'ego, który w roku 1836 odnotował je jako pierwszy.(Źródło: http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/apollo/apollo12/html/s80-37406.html).

eprasa.pl a8ae5e458e

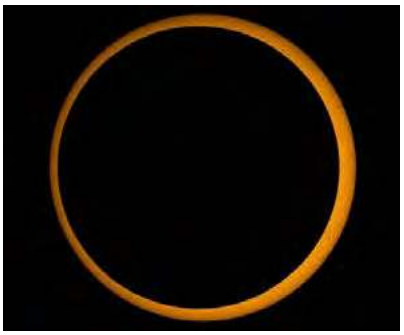


Foto. 5. Obrączkowe zaćmienie Słońca (pierścieniowe) z 19 maja 2012 roku. (Źródło: http://apod.nasa.gov/apod/ap120519.html).

Spowodowane jest to tym, że jeśli ma miejsce zaćmienia Księżyca to obserwowane jest ono wszędzie tam, gdzie Księżyc jest nad horyzontem w przeciwieństwie do zaćmienia Słońca, które obserwowane jest na znacznie mniejszym obszarze powierzchni Ziemi. W szczególności stożek cienia całkowitego Księżyca wyznacza na powierzchni Ziemi koło o maksymalnej średnicy około 270 km, w którym można zaobserwować całkowite zaćmienie Słońca. Koło to przemieszczając się z prędkością 0,5 km/s – 2 km/s zależną od szerokości geograficznej wyznacza pas całkowitego zaćmienia. Po obu stronach tego pasa istnieją pasy częściowego zaćmienia Słońca.

Podsumowując, oprócz zaćmienia częściowego i całkowitego Słońca mogą być obserwowane jeszcze zaćmienia obrączkowe lub hybrydowe. W przypadku zaćmienia obrączkowego, podobnie jak dla zaćmienia całkowitego Słońca obserwator musi znajdować się w cieniu Księżyca. Wówczas rozmiary kątowe Księżyca są mniejsze niż rozmiary kątowe Słońca. Zaćmienie tego typu ma miejsce w czasie, kiedy Księżyc znajduje się w pobliżu apogeum swojej orbity – wtedy stożek jego cienia jest relatywnie krótki..

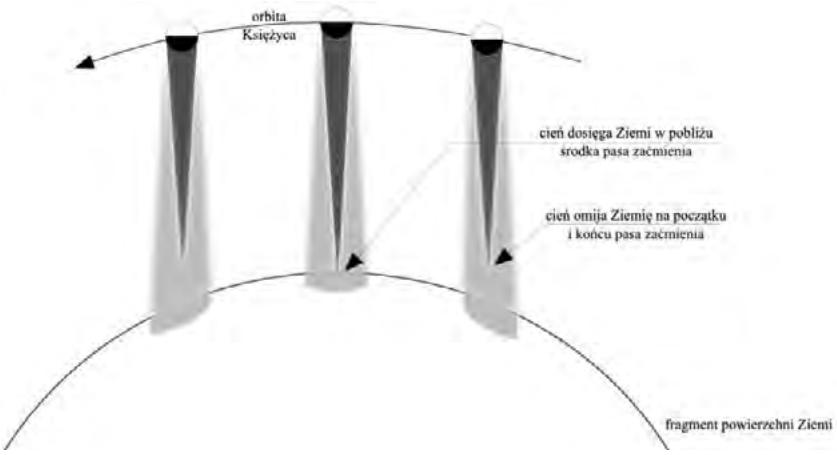
Zaćmienia hybrydowe zachodzą wówczas, gdy w pewnych miejscach na Ziemi to samo zaćmienie jest całkowite, a w innych obrączkowe (około 5% wszystkich zaćmień jest hybrydowych). Wtedy przy końcach pasa całkowitego zaćmienia stożek cienia pełnego Księżyca nie dociera do powierzchni Ziemi. W tych miejscach obserwowane jest zaćmienie obrączkowe. Jednak kulista powierzchnia Ziemi jest na tyle zakrzywiona, że w pobliżu środkowego pasa zaćmienia wielkość Księżyca wzrasta, na tyle że jest on w stanie zasłonić tarczę słoneczną. Wtedy można zaobserwować całkowite zaćmienie Słońca, ale będzie ono trwało bardzo krótko.

Jednym z ostatnich zaćmienie częściowe które było widoczne na terenie całej Polsce było zaćmienie z dnia 20 marca 2015 roku. Najbliższe obrączkowe zaćmienie widoczne w Polsce nastąpi 13 lipca 2075 roku, zaś najbliższe całkowite zaćmienie widoczne z terenów Polski dopiero 7 października 2135 roku. Poniżej przedstawiamy galerię fotografii astronomicznych z zaćmienia Słońca 20.III. 2015 r. – zdjęcia zostały wykonane w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Rzeszowskiego.

W tym miejscu należy zaznaczyć, że 21 czerwca 2020 roku z małego obszaru Polski (konkretnie z terenów Bieszczad) można było obserwować kolejne zaćmienie Słońca.

Uwaga dla ambitnych czytelników i obserwatorów:

Podczas przygotowywania się do obserwacji Słońca należy pamiętać o zachowaniu szczególnych środków ostrożności. Obserwacja tarczy słonecznej bez odpowiednich filtrów lub teleskopów zaopatrzonych w te filtry grozi poważnym uszkodzeniem lub nawet utratą wzroku. Kilka sekund nieuwagi może doprowadzić do utraty wzroku na całe życie!



Rys. 14. Zaćmienie hybrydowe – cień Księżyca ledwie muska powierzchnię Ziemi w pobliżu pasa całkowitego zaćmienia.

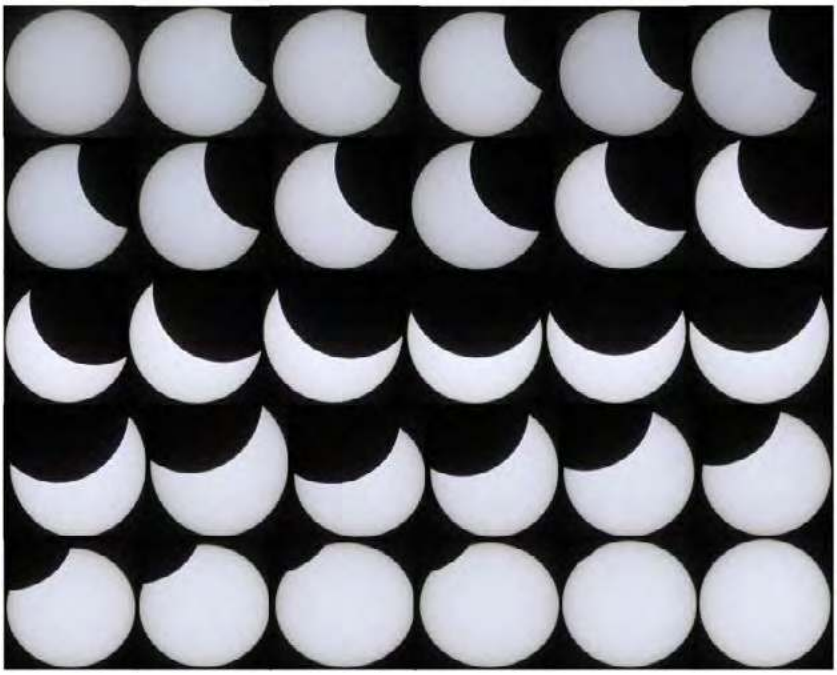


Foto.6. Przebieg zaćmienia Słońca w dniu 20.03.2015 roku w Rzeszowie. Zdjęcia wykonane przy pomocy cyfrowego aparatu fotograficznego zaopatrzonego w filtr na bazie foli Baadera.

eprasa.pl a8ae5e458e

Foto. 7. Fotografia tarczy słonecznej podczas częściowego zaćmienia – obraz uzyskany metodą projekcji rzutowej.

Zenit – punkt, w którym linia pionu przecina sferę niebieską znajdujący się nad obserwatorem.

Ziemia – trzecia od Słońca planeta Układu Słonecznego, jedyna planeta, na której stwierdzono istnienie życia, kolebka ludzkości. Masa Ziemi jest równa $5.975 \cdot 10^{24}$ kg. Około 30 % powierzchni Ziemi pokrywają morza i oceany a resztę stanowi ląd stały. Kształt Ziemi zbliżony jest do elipsoidy obrotowej o promieniu równikowym 6378 km a biegunowym 63557 km. Dokładniejszym przybliżeniem kształtu Ziemi jest geoida, czyli bryła, której kształt przybrałaby Ziemia, gdyby jej cała powierzchnia była utworzona przez morza i oceany. Powierzchnia geoidy w każdym swoim punkcie jest prostopadła do linii lokalnego pionu. Powierzchnię Ziemi otacza powłoka gazowa zwana atmosferą, która składa się głównie z N_2 i O_2 (odpowiednio 78.09% i 20.95% zawartości objętościowej) oraz domieszki innych substancji takich jak Ar, CO_2, Ne, He, Kr, Xe, H_2O (para wodna), H_2, O_2. W atmosferze licząc od powierzchni Ziemi ku górze można wyróżnić następujące warstwy: troposferę, stratosferę, mezosferę i termosferę. Wnętrze Ziemi idąc od powierzchni w głąb można podzielić generalnie na trzy warstwy: skorupę, płaszcz: górny i dolny oraz jądro: zewnętrzne i wewnętrzne (pomiędzy nimi można jeszcze wyróżnić strefę przejściową). Źródłem energii większości procesów zachodzących na powierzchni Ziemi jest promieniowanie elektromagnetyczne Słońca.

dr Marcin Wesołowski[1,2],
dr hab. Piotr Gronkowski[1,2], **prof. senior UR**
[1]Kolegium Nauk Przyrodniczych,
Instytut Nauk Fizycznych, Uniwersytet Rzeszowski,
[2]Centrum Innowacji
i Transferu Wiedzy Techniczno-Przyrodniczej
Uniwersytetu Rzeszowskiego.

LITERATURA:

[1] Harrington, P., S., 1999, Zaćmienie! Co, gdzie, kiedy, dlaczego i jak? Prószyński i S-ka, Warszawa.
[2] Rybka, E., 1976, Astronomia ogólna, PWN, Warszawa.
[3] Borkowski, K. M., 1991, Astronomiczne obliczenia nie tylko dla geografów, UMK Toruń.
[4] Artymowicz, P. 1995, Astrofizyka układów planetarnych, Wyd. Naukowe PWN.
[5] Kubiak M., 1994, Gwiazdy i materia międzygwiazdowa, PWN, Warszawa.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

[6] Stodółkiewicz J. S., 1978, Astrofizyka ogólna z elementami geofizyki, PWN Warszawa.
[7] Jaroszyński M., 1993, Galaktyki i budowa Wszechświata, PWN, Warszawa.
[8] Urania – Postępy Astronomii roczniki z lat 2000 – 2020.
[9] Fizyka w szkole z astronomią – roczniki z lat 2000-2020.

STRONY INTERNETOWE:

[10] https://www.nasa.gov/
[11] https://sci.esa.int/

W następnym numerze

CREDO-Maze: promieniowanie kosmiczne a fizyka cząstek elementarnych

Pozyton był pierwszą cząstką elementarną odkrytą w promieniowaniu kosmicznym. Mion był drugą. O ile antyelektronu fizycy spodziewali się, został on przewidziany teoretycznie przez P.A.M. Diraca w roku 1928 i na odkrycie czekał cierpliwie prawie 10 lat, o tyle mion zaskoczył wszystkich. Mionu nie spodziewał się nikt. Mion zupełnie nie pasował do obowiązującego wtedy obrazu mikroświata.

Prenumerata 2022

I. PRENUMERATĘ NA 2022 ROK MOŻNA ZAMÓWIĆ BEZPOŚREDNIO U WYDAWCY
■ **Przez internet:** zakładka *Prenumerata* na stronie www.aspress.com.pl i wypełniając formularz zamówienia na podstronie prenumeraty
■ **e-mailem:** szewczyk24@gmail.com ■ **telefonicznie:** 606 201 244 ■ **listownie:** Agencja AS Józef Szewczyk, ul. Warchałowskiego 2/58, 02-776 Warszawa

Cena prenumeraty w 2022 roku

Tytuł	Liczba wydań (I i II półrocze)	Cena egzemplarzowa	Cena prenumeraty rocznej	Cena prenumeraty w II półroczu
Dwumiesięczniki				
Chemia w Szkole	6 (3+3)	35,00	210,00	105,00
Geografia w Szkole	6 (3+3)	35,00	210,00	105,00
Fizyka w Szkole z Astronomią	6 (3+3)	35,00	210,00	105,00
Wiadomości Historyczne z WOS	6 (3+3)	35,00	210,00	105,00

Zamów prenumeratę przez Internet
www.aspress.com.pl/prenumerata/

II. PRENUMERATA DOSTARCZANA PRZEZ FIRMY KOLPORTERSKIE:

1. **RUCH – zamówienia na prenumeratę w wersji papierowej i na e-wydania można składać bezpośrednio na stronie** www.prenumerata.ruch.com.pl. Ewentualne pytania prosimy kierować na adres e-mail: prenumerata@ruch.com.pl lub kontaktując się z Centrum Obsługi Klienta „RUCH" pod numerami: 22 693 70 00 lub 801 800 803 – czynne w dni robocze w godzinach 7.00–17.00. Koszt połączenia wg taryfy operatora.
2. **GARMOND PRESS** – tel. 22 836 69 21 prenumerata.warszawa@garmondpress.pl.
3. **KOLPORTER S.A.** – prenumeratę instytucjonalną można zamawiać w oddziałach firmy. Informacje: www.kolporter.com.pl.
4. **POCZTA POLSKA** – zamówienia we wszystkich urzędach pocztowych lub u listonoszy, drogą elektroniczną: www.poczta-polska.pl. Infolinia w godz. 8.00–22.00: 801 333 444 (dla telefonów stacjonarnych) i 801 333 444 (dla telefonów komórkowych i z zagranicy).

III. NUMERY ARCHIWALNE DRUKOWANE dostępne są w ograniczonym zakresie. Przed złożeniem zamówienia prosimy o kontakt pod adresem: szewczyk24@gmail.com.

eprasa.pl a8ae5e458e

Latem jeszcze taniej!

ROCZNIK 2021
75% taniej!

Szczegóły i formularz zamówienia na www.aspress.com.pl/roczniki/

eprasa.pl a8ae5e458e

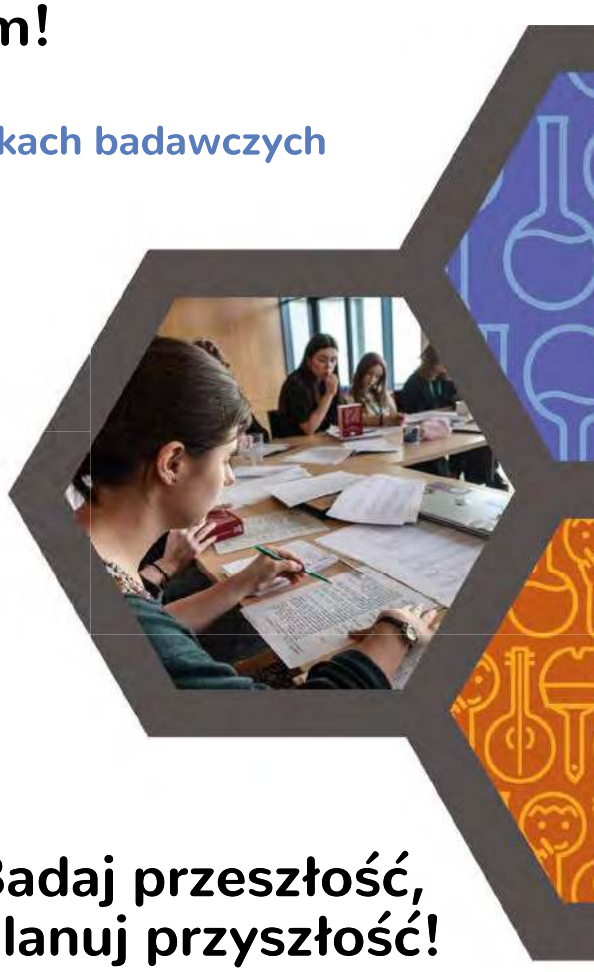
Program

ZDOLNI

Zostań naukowcem!

Czekają na Ciebie:

staże w wiodących ośrodkach badawczych
projekty badawcze
laboratoria



Znajdź przyjaciół!

Udział w Programie to:

spotkania wyjazdowe
obozy i warsztaty
seminaria

Badaj przeszłość, planuj przyszłość!

Ułatwiony dostęp do:

zbiorów i bibliotek
staży w ośrodkach kultury
archiwów

Dołącz do Stypendystów!

Rekrutacja trwa w maju i czerwcu.

fundusz.org

Sponsorzy: PZU FUNDACJA, CREDIT SUISSE, HUAWEI

Partnerzy:

eprasa.pl a8ae5e458e