

iSTAGE 3

PIŁKA NOŻNA

W NAUCZANIU

PRZEDMIOTÓW

PRZYRODNICZYCH



INFORMACJE O PUBLIKACJI

OPUBLIKOWANO PRZEZ

Science on Stage Deutschland e.V.
Poststraße 4/5
10178 Berlin, Niemcy

KOORDYNATORZY WARSZTATÓW

Biosfera

Jean-Luc Richter
Collège Jean-Jacques Waltz, Marckolsheim, Francja
jeanluc.richter@gmail.com

Organizm człowieka

Prof. Dr Miguel Andrade
Uniwersytet Jana Gutenberga w Moguncji, Niemcy
andrade@uni-mainz.de

Piłka

Dr Jörg Gutschank (główny koordynator)
Leibniz Gymnasium / Dortmund Internatinal School
w Dortmundzie, Dortmund, Niemcy
Przewodniczący Science on Stage Deutschland e.V.
j.gutschank@science-on-stage.de

Big Data

Bernard Schriek (ret.)
Mariengymnasium Werl, Niemcy
bernard.schriek@t-online.de

OGÓLNA KOORDYNACJA I REDAKCJA SCIENCE ON STAGE DEUTSCHLAND E.V.

Stefanie Schlunk, dyrektor wykonawczy
Johanna Schulze, zastępca dyrektora wykonawczego
Daniela Neumann

WERYFIKACJA I TŁUMACZENIE

TransForm Gesellschaft für Sprachen- und Mediendienste mbH
www.transformcologne.de

PRAWA AUTORSKIE

Autorzy publikacji dołożyli wszelkich starań, aby sposób użycia zawartych tutaj ilustracji i tekstów nie naruszał praw autorskich osób trzecich.

SKŁAD

WEBERSUPIRAN.berlin

SZATA GRAFICZNA

Tricom Kommunikation und Verlag GmbH
www.tricom-agentur.de

PRZY WSPARCIU

SAP

ZAMÓWIENIA MOŻNA SKŁADAĆ NA STRONIE:

www.science-on-stage.de
info@science-on-stage.de

ISBN (PDF) 978-3-94-2524-49-0

Licencja Creative-Commons: Attribution Non-Commercial
Share Alike



Pierwsze wydanie opublikowane w 2016 r.
© Science on Stage Deutschland e.V.

SPIS TREŚCI

04 Powitanie

05 Przedmowa do wydania iStage 3

06 Uczestnicy

07 BIOSFERA

08 Zielone morze trawy

12 Stąpając po śladzie węglowym

16 Boisko idealne

21 ORGANIZM CZŁOWIEKA

22 Czas na trochę ruchu

26 Pij i żyj

32 Podaj piłkę

39 PIŁKA

40 Pod ciśnieniem

46 Nie dotykaj ziemi

52 Po[d]kręcona fizyka

57 BIG DATA

58 Dopasowanie danych

64 Wystrzałowy strzał

68 Piłkarska giełda

74 Informatyka w służbie piłki nożnej

76 Dodatkowe zasoby i materiały · Wydarzenia

77 Karty do gry w parach



POWITANIE



Piłka nożna to coś znacznie więcej niż tylko sport. Żadna inna dyscyplina nie jednoczy tak wielu ludzi na całym świecie. Kiedyś piłka nożna wymagała siły i wytrzymałości, a metody treningowe dostosowane były do ich wypracowania. Jednak obecnie, aby „umieścić piłkę w siatce”, kluby sportowe coraz częściej stosują innowacyjne technologie umożliwiające im wyłowienie najlepszych zawodników na rynku, rozwijanie talentu własnych graczy w konkretnym kierunku oraz zdobycie ich wieloletniej lojalności. W odpowiedni sposób zmienia się także filozofia gry klubu i tworzone są strategie osiągnięcia sukcesu. Dotyczy to zawodników, trenerów, łowców talentów, zespołów medycznych oraz procesów biznesowych przeprowadzanych przez kluby.

Dzięki bardzo nowoczesnym narzędziom, takim jak *SAP Sports One*, można obecnie cyfrowo analizować grę w czasie rzeczywistym w smartfonie. Zawodnicy oraz ich trenerzy mogą wykorzystywać ultra nowoczesne technologie informacyjno-komunikacyjne (TIK) do analizowania wyników i w ten sposób skuteczniej przygotować się do gry. Niemiecka drużyna narodowa wygrała mistrzostwa świata w Brazylii w 2014 roku właśnie przy pomocy tego narzędzia analitycznego. Kluby takie jak FC Bayern Monachium również wykorzystują tę aplikację pod-

czas swoich treningów. Dzięki rozwiązaniom SAP dla branży sportowej kluby zyskują przewagę nad przeciwnikami i zawsze są przed nimi o krok do przodu.

Oczywiście rozgrywanie meczów czy analizowanie sposobu gry nie ograniczają się wyłącznie do profesjonalistów. Można je również z powodzeniem włączyć do nauczania przedmiotów przyrodniczych na zajęciach w szkole! Wykorzystując piłkę nożną jako przykład, można omówić wiele interdyscyplinarnych zagadnień z zakresu tych przedmiotów w bardzo praktyczny sposób. Popularność tego sportu wśród uczniów może dodatkowo zwiększyć ich zainteresowanie, a nawet doprowadzić do wyboru tych przedmiotów jako wiodących podczas nauki w szkole. Jest to szczególnie ważne dla nas jako firmy informatycznej.

Z tego właśnie powodu SAP zdecydował się położyć szczególny nacisk na pogłębianie zainteresowania młodych ludzi przedmiotami przyrodniczymi, łącząc teorię z praktyką już na bardzo wczesnym etapie nauki. Ta broszura, *iStage 3 – Piłka nożna w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych*, pokazuje, jak można to zrobić. Materiał tutaj zawarty przedstawia wiele przykładów kreatywnych scenariuszy zajęć, które na długo zapadną w pamięć zarówno uczniom, jak i nauczycielom.

Bardzo się cieszę, że mogliśmy wesprzeć Science on Stage Deutschland e.V. w ramach tego projektu. Jestem przekonany, że broszura ta odniesie równie wielki sukces jak dwie poprzednie: *iStage 1 – Materiały dydaktyczne wykorzystujące technologie informacyjno-komunikacyjne [TIK] w nauczaniu przedmiotów ścisłych* oraz *iStage 2 – Smartfony w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych*. Szczególne podziękowania chciałbym złożyć stowarzyszeniu Science on Stage Deutschland za naszą wspólną współpracę, a w szczególności nauczycielom z 15 różnych państw europejskich, bez których wielkiego zaangażowania i ciężkiej pracy nie byłoby tej broszury!

MICHAEL KLEINEMEIER

Członek zarządu, SAP SE

iSTAGE 3: PROJEKT ZREALIZOWANY PRZEZ NAUCZYCIELI DLA NAUCZYCIELI!

W NAUCZANIU KLUCZOWĄ ROLĘ ODGRYWAJĄ NAUCZYCIEL I NAUCZANE ZAGADNIENIE.

W roku 2000 setki nauczycieli z całej Europy odpowiedziało na wezwanie Unii Europejskiej i EUROforum do podniesienia poziomu nauczania przedmiotów przyrodniczych na terenie Wspólnoty. Zbraliśmy się w ośrodku Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych CERN podczas wydarzenia „Physics on Stage” (Fizyka na scenie), które było prekursorem festiwalu Science on Stage (Nauki przyrodnicze na scenie) organizowanych teraz co dwa lata w różnych krajach europejskich. Wówczas, jeszcze na długo przed przeprowadzeniem słynnej ankiety przez Johna Hattiego, zaczęliśmy już sobie zdawać sprawę, że jednym z kluczowych i najważniejszych elementów skutecznego procesu nauczania jest sam nauczyciel.

Aby zapewnić nauczycielom w Europie więcej możliwości dzielenia się świetnymi pomysłami, stowarzyszenie Science on Stage zainicjowało dodatkowe programy będące swoistego rodzaju dodatkiem do słynnych festiwali. Jednym z takich programów jest projekt iStage, który realizowany jest przy pomocy i hojnym wsparciu finansowym SAP. W ramach iStage 3 zdecydowaliśmy się zająć tematem, który ma ogromne znaczenie dla naszych uczniów: piłką nożną!

20 najlepszych nauczycieli z 15 krajów europejskich współpracowało przez półtora roku, dzieląc się między sobą wiedzą i doświadczeniem. Wspólnie stworzyli scenariusze lekcji biologii, chemii, fizyki, zajęć komputerowych oraz matematyki na temat biosfery, ludzkiego organizmu, piłki i big data. Na tym przykładzie można jasno zobaczyć, jak piłka nożna świetnie wpasowuje się w nauczanie przedmiotów przyrodniczych.

Proces tworzenia broszur iStage jest nietypowy, ponieważ skupiamy się przede wszystkim na zawodowych umiejętnościach współpracujących nauczycieli. Podczas osobistych spotkań wykwalifikowani specjaliści pochodzący z różnych krajów opracowywali pomysły do broszur, cały czas mając na uwadze warunki pa-



nujące w ich szkołach. Scenariusze zajęć zostały również przetestowane w praktyce przez uczestników tego projektu, stąd mamy pewność, że prezentujemy materiał, który się sprawdzi podczas prawdziwych lekcji. Aby przygotować tę broszurę, uczestnicy projektu iStage 3 ciężko pracowali w swoim wolnym czasie, wykonując równoległe swoje standardowe obowiązki zawodowe. Dziękuję Wam za ten wysiłek – efekty Waszej pracy są wspaniałe!

Trylogia iStage jest teraz kompletna. Oczywiście będziemy kontynuować naszą pracę, ponieważ wiemy doskonale, że w nauczaniu kluczową rolę odgrywają nauczyciel i zagadnienie.

DR JÖRG GUTSCHANK

Leibniz Gymnasium / Dortmund International School
Przewodniczący Science on Stage Deutschland
Główny koordynator projektu



UCZESTNICY

20 UCZESTNIKÓW Z 15 KRAJÓW

Imię	Nazwisko	Kraj	Sekcja
Miguel	Andrade	Niemcy	Zespół koordynujący
Kirsten	Biedermann	Niemcy	Piłka, organizm człowieka
Pere	Compte	Hiszpania	Big Data
David	Featonby	Wielka Brytania	Organizm człowieka
Anders Erik	Florén	Szwecja	Piłka
Márta	Gajdosné Szabó	Węgry	Biosfera
Jörg	Gutschank	Niemcy	Koordynator ds. piłki
Janine	Hermann	Szwajcaria	Biosfera
Philippe	Jeanjacquot	Francja	Piłka
Stephen	Kimbrough	Niemcy	Big Data
Dionysis	Konstantinou	Grecja	Piłka
Maeve	Liston	Irlandia	Big Data
Andreas	Meier	Niemcy	Piłka, organizm człowieka
Giorgia	Messori	Włochy	Biosfera
Marco	Nicolini	Włochy	Big Data
Jean-Luc	Richter	Francja	Koordynator ds. biosfery
Bernard	Schriek	Niemcy	Koordynator ds. tematyki Big Data
Maaïke	Smeets	Holandia	Biosfera
Richard	Spencer	Wielka Brytania	Biosfera
Damjan	Štrus	Słowenia	Big Data
Emmanuel	Thibault	Francja	Organizm człowieka
Corina	Toma	Rumunia	Piłka, organizm człowieka
Zbigniew	Trzmiel	Polska	Piłka
Stefan	Zunzer	Austria	Organizm człowieka



BIOSFERA

W nauczaniu przedmiotów przyrodniczych podstawowe znaczenie ma obserwacja otaczającego świata dla zrozumienia jak działa „natura”, opisywanie zjawisk, stawianie pytań i eksperymentowanie w celu znalezienia odpowiedzi.

Czasami trudno to zrealizować w warunkach szkolnych, ponieważ nauczyciele mogą mieć problemy z zachęceniem uczniów do zaangażowania się w proces „odkrywania”. Zadanie to staje się łatwiejsze, jeśli nauczycielowi uda się znaleźć sposób przyciągnięcia uwagi uczniów. Nawiązując w naszych doświadczeniach do piłki nożnej, przybliżyliśmy im tematykę zajęć, ponieważ większość z nich lubi ten sport i angażuje się w proces nauki, widząc jak wiele ma wspólnego ich ulubiona dyscyplina z naukami przyrodniczymi.

W rozdziale Biosfera skupimy się na środowiskowym aspekcie piłki nożnej. Pierwsze zadanie polega na przeanalizowaniu samego boiska do piłki nożnej i dokładniejsze przyjrzenie się murawie, na której rozgrywa się mecze. W ramach scenariusza zajęć „Zielone morze trawy” uczniowie uprawiają ziarna trawy w pudełkach na płyty CD w różnych warunkach nasłonecznienia, wilgotności, temperatury itp., a następnie analizują właściwości trawy, mając jedyną w swoim rodzaju okazję, aby zobaczyć, jak rozwijają się jej korzenie.

Drugi scenariusz zajęć w tym rozdziale, „Stapając po śladzie węglowym”, to poważna gra omawiająca wpływ mistrzostw w piłce nożnej na środowisko, np. tych rozgrywanych we Francji w 2016 roku. Grając w tę karcianą grę, uczniowie muszą znaleźć sposób zmniejszenia śladu węglowego generowanego przez stadion do piłki nożnej i stworzenia zdrowszego środowiska w kontekście wpływu eksploatacji stadionu na poziom hałasu, zanieczyszczenie wody itp. Gra ta łączy w sobie poszukiwanie otwartych rozwiązań oraz zawiera zamkniętą liczbę pytań. Przypomina zwykłą grę rozgrywaną w parach i powinna spodobać się uczniom w różnym wieku, ponieważ można ją łatwo dostosować do różnych potrzeb. Ponadto nauczyciel może wymyślać własne pytania, ponieważ każdy scenariusz zajęć opisany w tej broszurze zakłada dostosowywanie przebiegu zajęć do programu nauczania obowiązującego w każdym kraju. Aby ułatwić uczniom formułowanie pytań, na stronie Science on Stage^[1] będą dostępne dodatkowe materiały.

Tworząc iStage 3, nasz angielski kolega, Richard Spencer, który w 2015 roku zdobył tytuł jednego z najlepszych nauczycieli na świecie, dowiedział się, że pasożyty, zwane nicieniami, stano-



wią bardzo duży problem na boiskach piłkarskich. Wpadł wówczas na pomysł, aby wypróbować kilka sposobów na pozbycie się tych szkodników. Wraz ze swoimi uczniami pojechał na stadion, aby pobrać kilka próbek gleby. Jego klasa odbyła wielką sesję burzy mózgow, aby określić procedurę przeprowadzania doświadczeń: liczenia nicieni, eksperymentowania z różnymi sposobami ich eliminacji oraz kontrolowania efektów końcowych. Niestety po wielu godzinach przygotowań uczniowie odkryli, że w pobranych próbkach znajduje się bardzo mało nicieni, przez co ich usuwanie z próbek straciło sens. Jednak nauczyli się przy tej okazji bardzo ważnej rzeczy na temat doświadczeń: nawet poniesienie porażki może nieść ze sobą jakąś naukę! Ze względu na fakt, że uczniowie poświęcili już wiele czasu na badanie trawy, odkryli, że na niektórych stadionach używa się sztucznego światła, aby przyspieszyć regenerację murawy po meczu. Informacja ta zainspirowała ich do zaproponowania tematu scenariusza zajęć – „Boisko idealne” – który proponuje badanie wpływu światła o różnej długości fali na wzrost trawy.





JEAN-LUC RICHTER

Collège Jean-Jacques Waltz
Marckolsheim, Francja
Koordynator

[1] www.science-on-stage.de/iStage3_materials

ZIELONE MORZE TRAWY



-  darń na boiska piłkarskie, morfologia trawy, gatunki trawy
-  biologia
-  12–15 lat
-  Uczniowie muszą potrafić obsługiwać mikroskop optyczny.

1 | STRESZCZENIE

Ten scenariusz zajęć zakłada zidentyfikowanie właściwości trawy idealnej na darń boiska piłkarskiego. Jakie to właściwości?

Różne gatunki trawy cechują różne właściwości. Niektóre z nich są wskazane w kontekście użycia tej rośliny na boisku piłkarskim, natomiast inne nie będą odgrywać istotnej roli. W ramach tego projektu chcemy znaleźć idealny gatunek trawy na darń boiska piłkarskiego i porównać jego morfologię z wykorzystywanymi w rzeczywistości gatunkami.

2 | WPROWADZENIE KONCEPCYJNE

Różne gatunki traw charakteryzują się różnymi właściwościami. Jakie właściwości są niezbędne na boisku piłkarskim?

- Mocny system korzeniowy zapobiega unoszeniu się wyrwanej butami trawy w powietrzu.
- Gatunki rosnące nieco bardziej w poziomie są wytrzymałsze (mniej podatne na stratowanie korkami piłkarskimi).
- Mniej aparatów szparkowych powoduje, że trawa jest odporniejsza na suszę.

Materiał potrzebny do realizacji projektu:

- pudełka na płyty CD (do wyhodowania trawy, **RYS. 1**)
- ziemia do kwiatów doniczkowych
- nasiona (życica [*Lolium perenne*], cynodon palczasty [*Cynodon dactylon*], wiechlina roczna [*Poa annua*], każdy inny gatunek trawy, który może być odpowiedni do tego celu)
- mikroskop (aby zobaczyć aparaty szparkowe)
- lakier do paznokci
- taśma klejąca
- szkło powiększające

3 | ZADANIE UCZNIÓW

3|1 Ogólne informacje na temat darni na boisku piłkarskim

Darń na boisku piłkarskim poddawana jest bardzo ciężkiej próbie. Jest deptana i niszczona przez zawodników, ślizgających się i rozrywających jej powierzchnię. Jednak piękną, zieloną murawę na stadionie trzeba utrzymać przez cały rok – zwłaszcza tam, gdzie rozgrywane są mecze pierwszoligowe i międzynarodowe. Na całym świecie rośnie około 8 tys. różnych gatunków trawy, jednak nie każdy nadaje się na boisko sportowe. Dwie cechy niezbędne w kontekście wykorzystania na murawie boiska to mocne osadzenie w glebie oraz liście, które nie ulegają uszkodzeniu w wyniku intensywnego deptania. Uczniowie mają za zadanie wskazać cechy idealnego gatunku trawy na boisko piłkarskie i porównać je z gatunkami używanymi w rzeczywistości na boiskach.

3|2 Projektowanie idealnego gatunku trawy na murawę boiska piłkarskiego

Narysujcie trawę (system korzeniowy, liście, łodygi), która byłaby idealna, aby na niej grać. Zastanówcie się nad następującymi kwestiami:

Znajdźcie w Internecie ilustrację trawy, aby zobaczyć, jak ogólnie wygląda ta roślina. Pamiętajcie, że Wasza trawa, oprócz posiadania innych ważnych cech, przede wszystkim nie może być wrażliwa na deptanie i powinna być mocno osadzona w glebie.

3|3 Uprawa trawy na murawę piłkarską

Wypełnijcie połowę pudełka na płyty CD ziemią do kwiatów i zasadźcie nasiona 1 cm pod jej powierzchnią. Postawcie pudełko na boku na tacy wypełnionej wodą do poziomu 2 cm (tak, aby gleba była wilgotna). Na ilustracji poniżej (**RYS. 1**) przedstawiono prawidłowe przygotowanie podłoża. Pozostawcie nasiona przez jakiś czas (**RYS. 2**) na nasłonecznionym parapecie, aby urosły, i regularnie sprawdzajcie, czy mają wystarczająco dużo wody. Załóżcie hodowlę życicy, cynodonu palczastego, wiechliny rocznej (*Poa annua*) i innych gatunków, które rosną wokół Waszej szkoły czy niedaleko domu. Każdy gatunek trawy zasiejcie w oddzielnym pudełku i postawcie na tym samym parapecie.

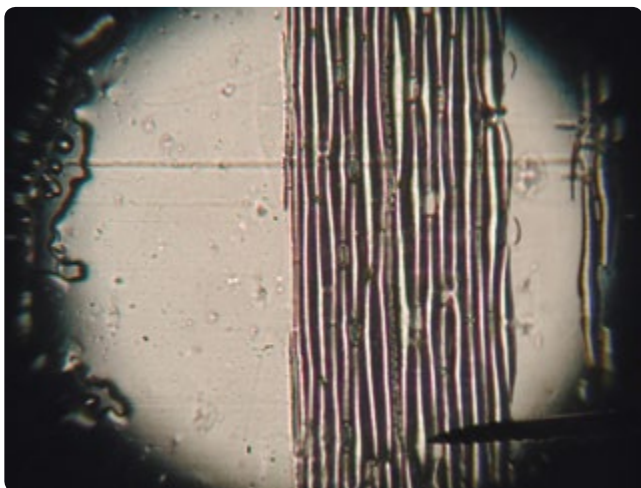


RYS. 1 Cynodon palczasty

Zanim trawa wykiełkuje i urosnie do takich rozmiarów, abyście mogli ją zbadać, musi minąć trochę czasu. Poniżej w tabeli znajdują się orientacyjne okresy (**RYS. 2**).

RYS. 2 Okres wzrostu

Gatunek	Dni do wykiełkowania	Dni do zbadania
Cynodon palczasty	11	Ponad 30
Wiechlina roczna	5	30
Życica	4	30



RYS. 3 Aparaty szparkowe *wiechliny rocznej* w powiększeniu x 100

3|4 Analiza łodygi i liści

Wasza trawa urosła – brawo! Teraz Waszym zadaniem będzie sporządzenie dwóch rysunków każdego gatunku trawy. Pierwszy rysunek ma przedstawiać łodygi i liście, aby pokazać ich ułożenie w pudełku (aby lepiej się przyjrzeć, możecie otworzyć

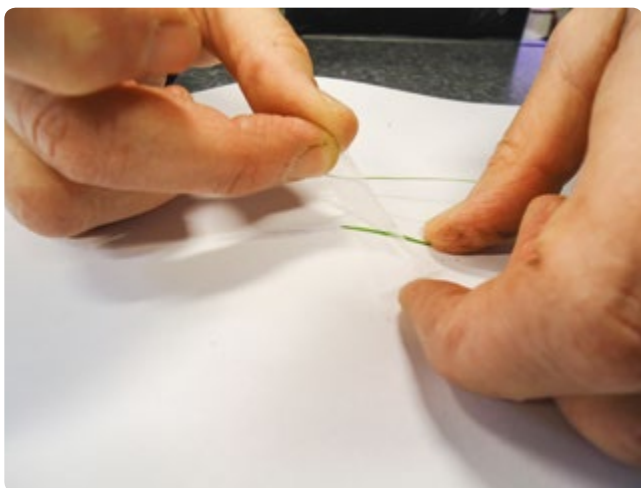
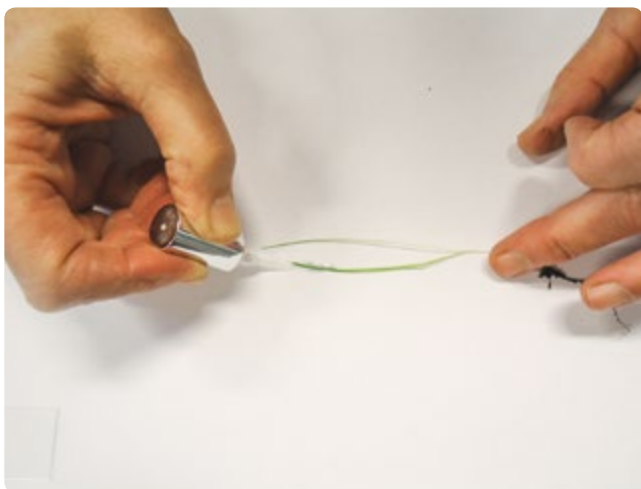
pudełko). Na drugim rysunku macie umieścić łodygę i liście jednego źdźbła trawy.

Odpowiedzcie na poniższe pytania:

- Jak długa jest łodyga?
- Na jakiej wysokości pojawia się pierwszy liść?
- Ile liści wyrosło?
- Jak długie są liście? Jak szerokie są liście w najszerszym miejscu?
- Który gatunek najbardziej przypomina zaprojektowaną przez Was idealną trawę na murawę?

3|5 Analiza aparatów szparkowych (rys. 3)

Aparaty szparkowe na spodniej stronie liści umożliwiają wymianę gazów. Kiedy aparaty są otwarte, przenika przez nie dwutlenek węgla, a wydobywa się tlen w celu ułatwienia procesu fotosyntezy. Przez otwarty aparat szparkowy do wnętrza rośliny przedostaje się również woda. W ten sposób woda przepływa przez trawę, dostarczając roślinie minerały. Jednak kiedy jest sucho i cała murawa jest przesuszona, trawa zwiędnie i ostatecznie uschnie, jeśli aparaty szparkowe pozostaną otwarte.



RYS. 4–7 Metoda ustalenia liczby aparatów szparkowych

Duża ilość aparatów szparkowych przyspiesza proces fotosyntezy, jednak również zwiększa ryzyko zwiędnięcia.

Teraz policzycie aparaty szparkowe na wszystkich swoich trawach, postępując zgodnie z poniższymi instrukcjami (**rys. 4–7**):

- Pomalujcie bezbarwnym lakierem do paznokci spód pierwszego liścia. Poczekaście, aż wyschnie.
- Użyjcie taśmy klejącej, aby usunąć lakier do paznokci, i umieśćcie tę taśmę (z odciskiem lakieru do paznokci) na szkiełku (oznaczone szkiełko).

Umieśćcie szkiełko pod mikroskopem i powiększcie 400 razy. Narysujcie jeden aparat szparkowy razem z otaczającymi go komórkami. Następnie powiększcie obraz 100 razy, zdefiniujcie powierzchnię liścia w polu widzenia i policzcie wszystkie widoczne aparaty szparkowe. Obliczcie liczbę aparatów szparkowych na mm². Powtórzcie te czynności dla każdego gatunku trawy.

Odpowiedzcie na poniższe pytania:

- Ile aparatów szparkowych znalazło się w polu widzenia w przypadku każdego gatunku trawy?
- Który gatunek jest najlepiej przystosowany do suchego klimatu?
- Który gatunek jest najlepiej przystosowany do wilgotnego klimatu?
- Który gatunek rósłby najlepiej w Waszym kraju? Uzasadnijcie swoją odpowiedź.

3 | 6 Analiza systemu korzeniowego

Teraz, kiedy trawa już urosła, możemy przeanalizować również jej system korzeniowy. Pierwszy rysunek, który macie wykonać, powinien przedstawiać ułożenie korzeni w pudełku na płycie CD (aby lepiej się przyjrzeć, możecie otworzyć pudełko). Na drugim rysunku odwzorujcie korzeń jednego źdźbła trawy. Ostrożnie wyciągnijcie jedno źdźbło trawy i obejrzyjcie je, używając szkła powiększającego.

Odpowiedzcie na poniższe pytania:

- Jak długi jest korzeń?
- Ile ma rozgałęzień?
- W której części korzenia następuje jego rozgałęzienie (w górnej, środkowej, dolnej)?
- Czy korzeń/korzenie jest/są w stanie opleść grudkę gleby? (Zastanówcie się, jak można by było to sprawdzić.)
- Który gatunek najbardziej przypomina zaprojektowaną przez Was idealną trawę na murawę?

4 | WNIOSEK

Zaprojektowaliście idealny gatunek trawy na murawę boiska piłkarskiego i przeprowadziliście uprawę różnych gatunków trawy, aby przeanalizować ich właściwości. Wyjaśnijcie, który gatunek trawy najlepiej wpisuje się w określenie „najlepsza trawa na murawę boiska piłkarskiego” w Waszym kraju.

Założyliśmy, że najlepsza murawa uwzględniałaby tylko jeden gatunek trawy, jednak być może lepiej byłoby zastosować mieszankę różnych traw. Podajcie dwa powody, dlaczego mieszanka różnych traw mogłaby sprawdzić się lepiej niż tylko jeden gatunek.

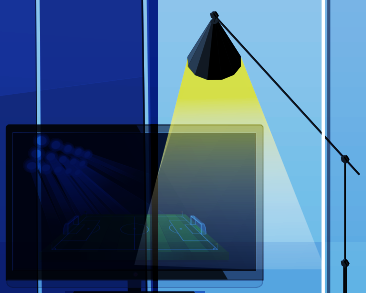
5 | MOŻLIWOŚCI WSPÓŁPRACY

Uczniowie mogą pracować wspólnie ze swoimi rówieśnikami w różnych krajach i porównać najlepsze gatunki trawy pod względem warunków w ich kraju. Trawa, która sprawdzi się najlepiej w Holandii, może nie być odpowiednia na murawy na Węgrzech. Uczniowie mogą się zastanowić, które czynniki przyczyniają się do dobrego wzrostu (światło, wilgotność, temperatura itp.). Porównując poszczególne klimaty panujące w krajach partnerskich, spróbujcie wyjaśnić, dlaczego zespoły z innych krajów wybrały akurat dane gatunki trawy.



MÁRTA GAJDOSNÉ SZABÓ · JANINE HERMANN · GIORGIA MESSORI · MAAIKE SMEETS · RICHARD SPENCER

STĄPAJĄC PO ŚLADZIE WĘGLOWYM



🔦 ślad węglowy, zrównoważony rozwój, zanieczyszczenie hałasem, zanieczyszczenie powietrza, efekt cieplarniany, środowisko

📖 chemia, matematyka, fizyka, biologia, geografia, ekologia, język zintegrowany (wiek 14–16 lat)

👥 10–16 lat

📄 Materiały: Wszystkie dodatkowe materiały można pobrać ze strony Science on Stage ^[1].

karty do gry w parach (patrz str. 77), karty informacyjne, przykładowe pytania i rozwiązania, kalkulator

1 | STRESZCZENIE

Piłka nożna to popularny sport w wielu krajach europejskich. W ostatnich latach najważniejsze (pierwszoligowe) kluby interesują się coraz bardziej wpływem gry w piłkę nożną na środowisko oraz sposobami zredukowania pozostawianego śladu węglowego. Celem tego projektu jest poinformowanie uczniów o skutkach środowiskowych i ekologicznych piłki nożnej oraz zwiększenie świadomości w zakresie tego, jak pierwszoligowe kluby piłkarskie mogłyby funkcjonować w sposób bardziej przyjazny dla środowiska.

Obecny świat wymaga spojrzenia z perspektywy globalnej na każdym przedmiocie i podczas każdej lekcji. Naszym zadaniem, jako nauczycieli, jest wsparcie uczniów poprzez wyposażenie ich w umiejętności, narzędzia i odpowiednią perspektywę, tak aby stali się spełnionymi ludźmi, odpowiedzialnymi obywatelami świata i skutecznymi propagatorami idei zrównoważonej przyszłości.

2 | WPROWADZENIE KONCEPCYJNE

Przygotowaliśmy merytoryczną grę dla uczniów, która nakłoni ich do myślenia o śladzie węglowym pozostawianym przez duże imprezy sportowe.

Gra zawiera sześć zestawów kart, z których każdy skupia się na jednym aspekcie zrównoważonego rozwoju. Aby ukończyć grę, uczniowie muszą przejść przez każdy zestaw. Grę można dostosować do bardzo szerokiego zakresu materiału i jest ona odpowiednia dla uczniów w wieku od 10 do 16 lat. Odpowiadając na pytania, uczniowie zdobywają wiadomości na temat skomplikowanych skutków dużego, międzynarodowego wydarzenia sportowego. Gra pomoże im uświadomić sobie odpowiedzialność, jaką ponosimy za marnowanie lub zużywanie energii i zasobów, takich jak żywność i woda, oraz będą mieć okazję przekonać się, jak wrażliwa jest nasza planeta.

Zebrałiśmy sześć aspektów wpływu dużych imprez sportowych na środowisko naturalne. Są to: światło, podróż, trawa, odpady, zanieczyszczenie hałasem i żywność.

Co musi zrobić nauczyciel

Na pierwszej lekcji nauczyciel pomaga uczniom sprawdzić ich poziom wiedzy i umiejętności:

- zadając pytania (np. Co to jest ślad ekologiczny? Gdzie możemy znaleźć informacje na ten temat? Co wiemy o produkcji,

dystrybucji i zużyciu energii?) i objaśniając cel planowanych czynności,

- odświeżając wcześniej zdobyte informacje poprzez burzę mózgów (używając słów kluczowych),
- wyjaśniając strukturę i zasady gry.

Nauczyciel drukuje karty do gry w parach i karty informacyjne.

Podczas lekcji wprowadzającej nauczyciel wyjaśnia zasady gry, dzieli uczniów na czteroosobowe zespoły (jeśli pozwala na to liczebność klasy), wskazuje lidera w grupie i rozpoczyna grę.

W raporcie dotyczącym kart informacyjnych znajdują się szczegółowe informacje na następujący temat: ilości dwutlenku węgla emitowane przez każdy rodzaj transportu, reakcja spalania różnego rodzaju paliwa, informacje na temat sposobu oszczędzania węgla i wody, znaczenie terminu skuteczność świetlna, zużycie energii elektrycznej przez różnego rodzaju żarówki/lampy, mapa wydajności sieci dystrybucji, prędkość światła, poziom ciśnienia akustycznego i inne podobne informacje. Wszystkie te dane potrzebne są do rozwiązania problemów podczas gry.



Podczas ostatniej lekcji uczniowie powinni podsumować tematykę zajęć oraz trudności, z jakimi borykali się podczas gry. Wszyscy uczniowie powinni nauczyć się wspólnie przezwyciężać trudności i dokonać samooceny pracy swojej grupy.

3 | ZADANIE UCZNIÓW

Grę rozgrywa się w parach przy użyciu kart: 12 kart, 6 par, 2 karty na każdy temat.

Tematy: światło, podróż, trawa, odpady, zanieczyszczenie hałasem i żywność.



Zasady pracy: Należy podzielić klasę na grupy i nadać im nazwy ich ulubionych drużyn piłkarskich. Następnie należy rozłożyć wszystkie karty, koszulkami do góry, na stole (opcja: można użyć Smart Board). Następnie pierwsza grupa wybiera jedną z kart, odwraca ją, patrzy na symbol i jeden z członków grupy ma za zadanie wyjaśnić w ograniczonym czasie, co dany symbol oznacza (np. nauczyciel może użyć minutnika do pomiaru – sugerujemy pięć minut na trudniejsze zadanie i dwie minuty na łatwiejsze). Młodszy uczniowie mogą skorzystać z kart informacyjnych zawierających kluczowe słowa i terminy. Sugerujemy, aby starsi uczniowie wykorzystali swoje własne doświadczenia i wiedzę, aby odpowiedzieć na pytania.



Opcje: Starsi uczniowie mogą skorzystać z Internetu, aby wyszukać odpowiednie informacje naukowe. Lider grupy musi opowiedzieć pozostałym uczniom w klasie, czego dowiedział się na dany temat.

Po upływie określonego czasu nauczyciel może przyznać grupie od jednego do pięciu punktów za odpowiedź (nasza sugestia: nauczyciel nie powinien mówić grupie, ile punktów otrzymała, zanim wszystkie grupy nie przedstawią swojego tematu). Następnie grupa wybiera drugą kartę: jeśli druga karta pasuje do symbolu na pierwszej karcie, zespół musi odpowiedzieć na pytanie nauczyciela na ten konkretny temat i może zdobyć dodatkowe punkty (maksymalnie do pięciu punktów). Jeśli zespół wylosuje parę kart, są one usuwane z gry.

Każda para kart umożliwia zdobycie maksymalnie dziesięciu punktów.

Jeśli zespół nie znajdzie drugiej karty powiązanej z symbolem na pierwszej karcie, traci ruch i losuje kolejną grupę. Kolejna grupa może wybrać nową kartę lub tę samą kartę, jednak w przypadku gdy zdecyduje się na tę samą kartę, nie może podać takiej samej odpowiedzi, jak grupa poprzednia. Ten zespół ma taką samą ilość czasu jak pierwsza grupa i też otrzymuje punkty przyznawane przez nauczyciela.



Pod koniec gry, kiedy wszystkie karty znikną ze stołu, nauczyciel podsumowuje punkty i wskazuje zwycięską drużynę.

4 | WNIOSEK

Jako nauczyciele powinniśmy uświadomić uczniom, jak ważny jest zrównoważony rozwój i wpoić im poczucie jednostkowej odpowiedzialności. Zagadnienia uwzględnione w tej grze związane są z naukami przyrodniczymi i matematyką, a uzyskane dane pozwolą uczniom zastanowić się nad kwestiami dotyczącymi ekologii, śladu węglowego oraz ocenić ich własne działania na co dzień w kontekście zrównoważonego rozwoju.

Niektóre pytania można uprościć, dodając pewne dane na kartach informacyjnych, ponieważ niektóre problemy (które były przeczytane tylko raz) mogą okazać się trudne do rozwiązania. Można również wydrukować zadania, aby ułatwić współpracę w grupach podczas przygotowywania rozwiązań. Kiedy testowaliśmy tę grę w naszych własnych szkołach (na uczniach w wieku 14 lat), wszystkie zespoły próbowały rozwiązać problemy, aby móc udzielić odpowiedzi na pytania nauczyciela i zdobyć dwa dodatkowe punkty, jeśli pozostałe zespoły popełniły błąd. Grę koordynował jeden z uczniów ze starszej klasy, aby promować naukę w relacjach rówieśniczych.

Przykład sesji gry

Po przekazaniu informacji uczniom na temat zagadnień uwzględnionych w grze nauczyciel rozkłada karty na stole.

Przykładowe informacje przekazywane przez nauczyciela na temat ŚWIATŁA

Kiedy siedzimy na stadionie, rzadko zastanawiamy się jak zużywana wówczas energia jest produkowana i dystrybuowana lub czy pierwotne źródło tej energii jest odnawialne, czy nie. Kiedy oglądamy wyniki oraz najważniejsze fragmenty meczu na telewizorze, nie wiemy, czy jego ekran został wyprodukowany w technologii LED ani też, czy na stadionie używane są żarówki energooszczędne. Musimy zmienić sposób myślenia i postawić sobie za cel przyzwyczajanie się do takiego zachowania, aby zrównoważony sposób życia stał się naszą drugą naturą”.

Pierwsza grupa wybiera kartę i odkrywa symbol światła. Nauczyciel prosi lidera, aby wyjaśnił, co jego zespół wie na temat produkcji, dystrybucji oraz zużycia energii oraz różnicy pomiędzy efektywnością a oszczędnością energii. Nauczyciel pisze na tablicy kluczowe słowa, które będą używane podczas zajęć, aby uporządkować zagadnienie światła. Za odpowiedź można przyznać maksymalnie 5 punktów.

Grupa wybiera nową kartę i jeśli będzie mieć szczęście, uda im się trafić kartę z tej samej kategorii. Teraz grupa musi rozwiązać jeden problem, używając informacji dostępnych na kartach. Nauczyciel odczytuje pytanie i wszystkie grupy muszą przeprowadzić obliczenia w ciągu pięciu minut.

Przykładowe zadanie: „Sprawdźcie swoje dzienne zużycie energii elektrycznej w domu (przyjmijcie, że Wasza rodzina składa się z czterech osób)”.

Abym odpowiedzieć na to pytanie, wszystkie zespoły muszą zapoznać się z danymi na karcie informacyjnej, aby znaleźć formułę niezbędną do rozwiązania zadania:

Dzienne zużycie energii elektrycznej w gospodarstwie domowym:

$$\frac{(\text{liczba osób} \cdot 500 \text{ kWh}) + 500 \text{ kWh}}{365 \text{ dni}}$$

Odpowiedź: $2\,500 \frac{\text{kWh}}{365 \text{ dni}} = 6,8 \frac{\text{kWh}}{\text{dzień}}$

Za poprawną odpowiedź zespół otrzymuje pięć punktów; za błędną odpowiedź pozostałe drużyny otrzymują po dwa punkty. Konkretna para kart zostaje usunięta ze stołu i teraz kolej na następną drużynę.

Niektóre z pytań w grze

Przykładowe pytania z tematu PODRÓŻ:

Co wiecie o śladzie węglowym? Ile kilogramów dwutlenku węgla zostanie wyprodukowanych na kilometr trasy przez kibiców sportowych (40 tys. na mecz) w ciągu 51 meczów rozgrywanych podczas Mistrzostw Europy w piłce nożnej UEFA 2016, jeśli $\frac{1}{4}$ kibiców przyjedzie na mecze pociągiem, $\frac{1}{4}$ rowerem, $\frac{1}{4}$ autobusem, a $\frac{1}{4}$ samolotem?

Odpowiedź: Razem wszyscy kibice wygenerują $295\,800 \frac{\text{kg}}{\text{km}}$ (uwzględniając podróż w obie strony, liczba ta wyniesie $591\,600 \frac{\text{kg}}{\text{km}}$).

Przykładowe pytania z tematu ŻYWNÓŚĆ:

Jaki jest cykl produkcji żywności? Zapoznajcie się z zawartością karty informacyjnej, aby dowiedzieć się, jakie emisje generują i jaki ślad węglowy pozostawiają niektóre produkty żywnościowe, a następnie obliczcie, ile litrów wody można oszczędzić, jedząc 1 kg ziemniaków tygodniowo zamiast 1 kg wołowiny.

Odpowiedź: Można oszczędzić 15 214 litrów.

Przykładowe zadanie z tematu HAŁAS:

Ile wynosi tolerowany przez człowieka poziom natężenia hałasu? Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) określiła, że ucho ludzkie toleruje hałas o natężeniu 85 dB, natomiast próg bólu wynosi 120 dB. Jak bardzo wzrasta poziom natężenia dźwięku w związku z mistrzostwami?

Odpowiedź: 3 125-krotnie

Przykładowe zadanie z tematu TRAWA:

Jeśli zetniemy (o 2,5 cm) trawę na stadionie (120 m x 60 m), jaka będzie objętość ściętej trawy w metrach sześciennych?

Odpowiedź: 180 m³

Przykładowe zadanie z tematu ODPADY:

Ile m³ śmieci zostanie wyprodukowanych w wyniku zużycia 7 tys. kubeczków papierowych, jeśli każdy z nich zajmuje objętość 0,25 dm³?

Odpowiedź: 1,75 m³

5 | MOŻLIWOŚCI WSPÓŁPRACY

- Wymieńcie się pytaniami i zagadnieniami z innymi szkołami lub klasami.
- Każda klasa, która przetestuje grę, powinna napisać nowe pytanie i przekazać je klasom w innych krajach.
- Grę można umieścić na platformie multimedialnej i rozgrywać jednocześnie z różnych lokalizacji.
- Jeśli w grze weźmie udział nauczyciel angielskiego, może to być okazja, aby również poćwiczyć umiejętności z zakresu języka angielskiego i gra wówczas stanie się interdyscyplinarna.

ZASOBY

^[1] Cały dodatkowy materiał (karty informacyjne i przykładowe pytania) dostępny jest na stronie www.science-on-stage.de/iStage3_materials.



MÁRTA GAJDOSNÉ SZABÓ · JANINE HERMANN · GIORGIA MESSORI · MAAIKE SMEETS · RICHARD SPENCER

BOISKO IDEALNE



🔦 trawa, boisko piłkarskie, fotosynteza, reakcja na światło, długość fali, spektrum absorpcji, wskaźnik redoks, chlorofil, chloroplast

📖 biologia

👥 16–18 lat

1 | STRESZCZENIE

W tym projekcie uczniowie wykorzystują światło o różnej barwie, aby sprawdzić wpływ długości fali światła na tempo fotosyntezy oraz wzrost trawy. Po ocenie wyników swoich eksperymentów będą mogli zdecydować, jakiej barwy światło byłoby najlepsze do instalacji oświetleniowej użytej do przyspieszenia wzrostu i regeneracji trawy na boiskach sportowych pomiędzy meczami.

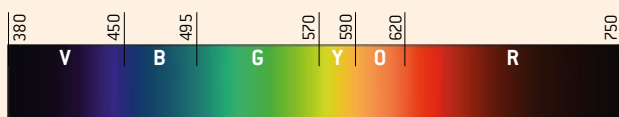
2 | WPROWADZENIE KONCEPCYJNE

W regionach o klimacie umiarkowanym światło naturalne dostępne jest przez ograniczoną liczbę godzin w sezonie piłkarskim, zwłaszcza w ciągu krótkich dni zimowych. Instalacje oświetleniowe służą do przyspieszenia wzrostu trawy na tych częściach boiska, które są zacienione, oraz do lepszej regeneracji trawy uszkodzonej podczas meczu (**RYS. 1**).



RYS. 1 Instalacje oświetleniowe przyspieszające wzrost trawy

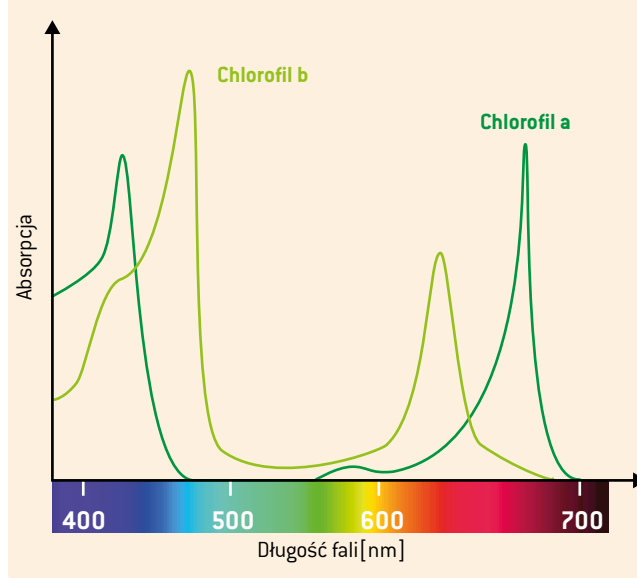
RYS. 2 Widmo światła widzialnego [1]



V: fioletowy, B: niebieski, G: zielony, Y: żółty, O: pomarańczowy, R: czerwony

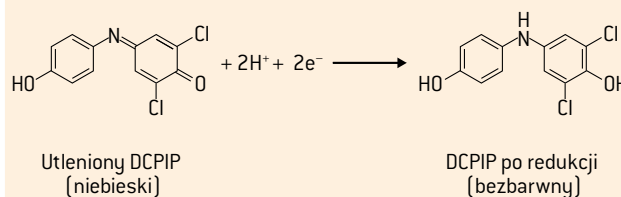
Światło widzialne składa się ze światła o różnej długości fal, tj. różnej barwie (**RYS. 2**). Najpopularniejszy barwnik fotosyntetyczny, jakim jest chlorofil, to w rzeczywistości mieszanina dwóch barwników (chlorofilu a i chlorofilu b), które lepiej pochłaniają fale światła o określonej długości, wykazując wówczas maksymalną absorpcję barwy czerwonej i niebieskiej i minimalną absorpcję barwy zielonej (**RYS. 3**).

RYS. 3 Absorpcja przez chlorofil w zależności od długości fali światła [2]



Energia pochłonięta przez chlorofil jest wykorzystywana w zależności od światła reakcjach fotosyntezy w celu wzbudzenia jego elektronów do wyższych poziomów energetycznych. Energia uzyskana przez te elektrony jest następnie wykorzystywana w reakcjach redoks do wyzwolenia energii, którą z kolei służy do wytworzenia ATP. Produkt ten, wraz z innym produktem reakcji przy udziale światła (zredukowany NADP), wykorzystywany jest przez roślinę w cyklu Calvina do wyprodukowania glukozy. Roślina wykorzystuje glukozę jako źródło energii oraz surowiec do syntezy całej gamy związków organicznych niezbędnych do zdrowego wzrostu.

RYS. 4 DCPIP: 2,6-Dichlorofenolindofenol



Tempo fotosyntezy można zbadać, używając wskaźnika redoks zwanego DCPIP, który jest niebieski, jeśli się utleni, oraz bezbarwny po zredukowaniu (**RYS. 4**). Kiedy związek DCPIP zostanie dodany do świeżo wyekstrahowanych z roślin chloroplastów, zostaje zredukowany przez elektrony (i protony) wyprodukowane podczas zależnych od światła reakcji fotosyntezy w momencie, gdy chloroplasty zostaną oświetlone. Im szybciej przebiega ta reakcja, tym szybsze tempo redukcji DCPIP. W ramach jednego doświadczenia uczniowie oceniają tempo, w jakim dochodzi do redukcji DCPIP (dekoloryzacja) przy świetle różnej barwy, aby ocenić wpływ długości fali światła na tempo fotosyntezy. W drugim doświadczeniu uczniowie oświetlają tacki z trawą przez tydzień, używając światła różnej barwy, a następnie ścinają trawę, aby

sprawdzić, jaką ma masę świeżo ścięta, co stanowi miernik jej wzrostu. Uczniowie następnie oceniają efekty obu doświadczeń w celu zdecydowania, jaka barwa światła będzie najkorzystniejsza w instalacjach oświetleniowych do najsukceszniejszego przyspieszenia wzrostu i regeneracji trawy na boisku sportowym.

3 | ZADANIE UCZNIÓW

3 | 1 Wskazówka dotycząca bezpieczeństwa

Środki chemiczne używane podczas tego doświadczenia nie są niebezpieczne, jednak uczniowie muszą mieć świadomość zagrożenia, jakie niesie ze sobą używanie sprzętu elektrycznego (lamp, mieszarki i wagi elektronicznej), a także w ramach dobrych praktyk laboratoryjnych muszą mieć na sobie okulary ochronne.

3 | 2 Przygotowanie

Kompletna lista wszystkich niezbędnych materiałów znajduje się do pobrania na stronie Science on Stage [3].

1. Posiejcie ziarna życicy na siedmiu małych tackach (8 cm x 16 cm x 5 cm głębokości). Na każdej tacce musi znaleźć się taka sama ilość ziemi do kwiatów, musicie wysiać taką samą ilość nasion i rozłożyć je równomiernie (należy pokryć całą powierzchnię). Umieście tacki z nasionami na nasłonecznionym parapecie i hodujcie trawę przez pięć tygodni. Trawę należy regularnie podlewać, tak aby ziemia była cały czas wilgotna, używając wody destylowanej i lejąc na każdą taczkę taką samą ilość wody. Nie ma możliwości kontrolowania takich czynników środowiskowych jak wilgotność czy temperatura, ale ze względu na fakt, że wszystkie tacki są uprawiane w tym samym miejscu, każda z nich będzie narażona na takie same zmiany w otoczeniu.
2. Po pięciu tygodniach zetnijcie trawę nożyczkami, pozostawiając murawę o wysokości 3 cm. Użyjcie ściętej trawy do zbadania (kroki 3–12) oraz siedmiu tacek z trawą do zbadania „tempa wzrostu” (3.4). Oba doświadczenia wymagają siedmiu lampek biurkowych wyposażonych (każda) w żarówkę RGB 3W B22 LED (są one powszechnie dostępne

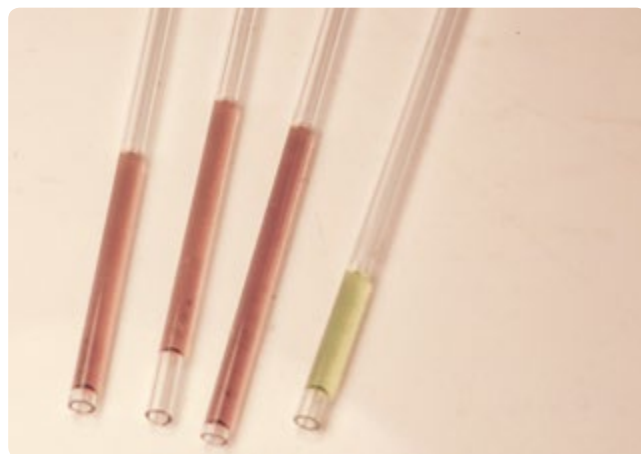


RYS. 5 Lampy były wyposażone w żarówki RGB 3W B22 LED z pilotem zdalnego sterowania, którym można zmienić barwę światła na czerwoną, pomarańczową, żółtą, zieloną, niebieską, fioletową lub białą.

w większości sklepów internetowych). Każda żarówka ma pilota zdalnego sterowania, którym można zmienić barwę światła na czerwoną, pomarańczową, żółtą, zieloną, niebieską, fioletową lub białą (**RYS. 5**). Tych samych lampek i żarówek można użyć do obu doświadczeń, aby obniżyć koszty.

3 | 3 Wpływ długości fali światła na tempo fotosyntezy

3. Włóżcie około 30 g świeżych liści trawy (zebranych w kroku 2) do 250 cm³ zimnego roztworu buforowego sacharozy /pH 7,5. Przygotowuje się go, rozpuszczając 2,7 g uwodnionego wodorofosforanu sodu, 1,0 g bezwodnego diwodorofosforanu potasu, 33 g sacharozy i 0,25 g chlorku potasu w 250 cm³ wody destylowanej.
4. Następnie należy całość mieszać przez 60 sekund, aby otworzyć komórki i uwolnić chloroplasty. Przefiltrować, używając muślinowej ściereczki, aby usunąć pozostałości komórek. Filtrat przechować na lodzie.
5. Zanurzyć jeden koniec kapilary w wyciągu chloroplastów, tak aby ekstrakt wpłynął do jej środka. Wyjąć kapilarę i użyć chusteczki, aby osuszyć zewnętrzną jej część. Będzie to kapilara służąca jako wzorcowa do oceny barwy (w tej chwili zabarwiona na zielono).
6. Użyć pipety Pasteura, aby dodać 1,0% roztwór DCPIP do pozostałego wyciągu chloroplastów (dodawac po kropli), wstrząsając delikatnie butelką, aby go wymieszać. Roztwór DCPIP przygotowuje się, rozpuszczając 0,1 g DCPIP i 0,4 g chlorku potasu w 100 cm³ wody destylowanej. Roztwór należy przygotować tuż przed użyciem.
7. Dodajcie tyle DCPIP, aż wyciąg zacznie zmieniać barwę z zielonej na niebiesko-zieloną, następnie jak najszybciej zawińcie całą buteleczkę w folię aluminiową, tak aby światło nie docierało do wyciągu chloroplastów z DCPIP.
8. Umieście lampkę biurkową z żarówką o barwie fioletowej 8 cm nad białą płytką (nie włączajcie jej jeszcze). Następnie umieście kapilarę wzorcową z kroku 6 na płytce. Teraz zanurczcie trzy kapilary w ekstrakcie chloroplastów i DCPIP, osuszcie je jak poprzednio i umieście je pod fioletową lampką



RYS. 6 Porównanie koloru kapilar doświadczalnych (zawierających wyciąg chloroplastów + DCPIP) przed naświetlaniem z kapilarą wzorcową (zawierającą wyciąg chloroplastów bez DCPIP).

RYS. 7 Dane przykładowe dotyczące wpływu długości fali na tempo redukcji DCPIP (jako miernik tempa fotosyntezy)

Kolor żarówki	Długość fali światła [mm]	Czas potrzebny, aby porównać kolor kapilary doświadczalnej i wzorcową [s]				Średnie tempo redukcji DCPIP = $\frac{1000}{t}$ $\left[\frac{1}{s}\right]$
		Kapilara 1	Kapilara 2	Kapilara 3	Średnia	
Fioletowy	420	660	660	640	653	1,53
Niebieski	450	520	520	520	520	1,92
Zielony	520	>900	>900	>900	>900	0,00
Żółty	570	680	740	760	727	1,38
Pomarańczowy	620	520	520	560	533	1,88
Czerwony	680	440	420	400	420	2,38
Biały	/	500	520	540	520	1,92

obok kapilary wzorcowej. Czynność tę należy wykonać jak najszybciej. Będą to Wasze kapilary doświadczalne (**RYS. 6**).

- Włączcie lampkę i stoper.
- W odpowiedniej tabeli (dane przykładowe podane są na **RYS. 7**) odnotujcie czas, jaki upłynie do momentu, gdy kolor w każdej kapilarze doświadczalnej będzie taki, jak w kapilarze wzorcowej (t). Ze względu na fakt, że bardzo trudno jest dostrzec kolor kapilary w świetle o różnej barwie, należy użyć pilota, aby zmieniać kolor światła na „białe” na sekundę co 20 sekund, aby porównać kolory.
- Powtórzcie kroki 9 i 10 dla pozostałych pięciu barw światła oraz dla żarówki emitującej białe światło (**RYS. 8**).
- Obliczcie średni czas redukcji oraz odnotujcie średnie tempo zmiany koloru ($1000/t$). Jeśli po 15 minutach nie zauważycie żadnej zmiany koloru, odnotujcie „brak zmiany”, a w miejscu tempa zmiany koloru wpiszcie „0”.



RYS. 8 Kapilara wzorcowca i kapilary doświadczalne zostały oświetlone światłem różnej barwy, a uczniowie odnotowali czas ujednoczenia się kolorów, który stanowił wskaźnik tempa dekoloryzacji DCPIP, a tym samym tempa fotosyntezy.

3 | 4 Wpływ długości fali światła na tempo wzrostu

Umieście siedem tacek z kroku 2 w ciemnym pomieszczeniu, podświetlając każdą tackę lampką biurkową wyposażoną w żarówkę RGB 3W B22 LED. W przypadku każdej tacki, używając pilota zdalnego sterowania, zmieńcie barwę światła odpowiednio na czerwoną, pomarańczową, żółtą, zieloną, niebieską, fioletową lub



RYS. 9 Tacki z trawą były naświetlane przy użyciu światła różnej barwy przez sześć dni, zanim trawa została ścięta do pomiaru świeżej masy, która stanowiła wskaźnik tempa wzrostu.

białą. Pozostawcie tacki cały czas podświetlone przez sześć dni i podlewajcie je regularnie zgodnie z potrzebą (**RYS. 9**).

Po sześciu dniach nożyczkami zetnijcie trawę z każdej tacki (zetnijcie ją aż do podstawy łodygi) i używając elektronicznej wagi, sprawdźcie masę świeżo ściętej trawy z każdej tacki. Odnotujcie dane w odpowiedniej tabeli (patrz przykładowe dane na **RYS. 10**).

RYS. 10 Przykładowe dane dotyczące wpływu długości fali światła na masę świeżo ściętej trawy po sześciu dniach naświetlania (jako miernik tempa wzrostu)

Kolor żarówki	Długość fali światła [nm]	Masa świeżo ściętej trawy po 6 dniach naświetlania [g]
Fioletowy	420	4,15
Niebieski	450	6,02
Zielony	520	3,66
Żółty	570	4,09
Pomarańczowy	620	5,54
Czerwony	680	6,23
Biały	/	5,43

4 | WNIOSEK

Uczniowie, którzy wzięli udział w tym projekcie, poznali lepiej reakcje fotosyntezy przy udziale i bez udziału światła (cykl Calvina), a w szczególności, jak produkty reakcji przy udziale światła są wykorzystywane w cyklu Calvina i jaki ma to wpływ na tempo wzrostu rośliny. Uczniowie zdobyli wiedzę, rozmawiając o znaczeniu kontroli jak największej liczby zmiennych warunków podczas kiełkowania i wzrostu sadzonek trawy (np. głębokość w ziemi, schemat podlewania, odległość kolorowych żarówek od tacek z trawą) oraz podczas badania tempa fotosyntezy (np. odległość kolorowych lamp od wyciągu zawierającego chloroplasty). Dyskusje te pozwoliły uczniom lepiej zrozumieć, jak ważne jest w badaniach naukowych odpowiednie zaprojektowanie przeprowadzanego doświadczenia.

Po ocenie wyników obu doświadczeń uczniowie doszli do wniosku, że istnieje korelacja pomiędzy tempem fotosyntezy oraz tempem wzrostu trawy a różną barwą światła i że tempo fotosyntezy i wzrostu było najwyższe przy świetle czerwonym, a najniższe przy świetle zielonym. Takich wyników oczekiwano ze względu na widmo absorpcji chlorofilu (**RYS. 3**).

Wyniki dla niebieskiego światła nie były tak wysokie, jak oczekiwano, i fakt ten wzbudził ciekawą dyskusję na temat przyczyny. Uczniowie sugerowali, że być może ma to związek z różnymi proporcjami chlorofilu a i b w chloroplastach (ponieważ chlorofil a absorbuje mniej niebieskiego światła niż chlorofil b). Jednakże fotony światła barwy niebieskiej mają wyższą energię niż barwy czerwonej i dlatego w teorii powinno wzbudzać więcej elektronów niż czerwone, co przekłada się na szybsze tempo fotosyntezy i szybsze tempo wzrostu. Dalsze badania przyniosły potencjalne wyjaśnienie: chloroplasty zawierają inną grupę barwników fotosyntetycznych, zwanych karotenoidami, które zawierają barwnik pomarańczowy (karoteny) i żółty (ksantofile). Barwniki te wykazują maksymalną absorpcję niebieskiego światła i podobnie jak chlorofil b, przenoszą energię, którą absorbują, na chlorofil a, aby wzbudzić elektrony podczas reakcji z udziałem światła. Jednakże transfer energii jest niewydajny. Pomimo że ta strata energii może wydawać się niepotrzebna, być może jest konieczna, aby chronić roślinę przed potencjalnie szkodliwymi skutkami wysokiej energii niebieskiego światła.

Podsumowując zajęcia, uczniowie stwierdzili, że instalacje oświetleniowe mogą wpłynąć korzystnie na wzrost trawy i przyspieszyć regenerację, jeśli będą używać światła czerwonego, jednak na boiskach sportowych używa się wysokociśnieniowych lamp sodowych. Wynalazca przenośnych instalacji oświetleniowych (Kolbjørn Saether – informacje własne) wyjaśnił, że jego firma uczestniczyła w kilku programach badawczych wspólnie z Norweskim Instytutem Badań nad Plonami, aby zbadać wpływ sztucznego oświetlenia na wzrost trawy. W ramach tych programów zbadano szereg parametrów, takich jak intensywność oświetlenia, ilość światła dziennie, temperatura i środki odżywcze. Jednakże nie zbadano wówczas wpływu długości fali światła i byli bardzo ciekawi wyników naszych doświadczeń.

Doświadczenia własne

Podczas ekstrahowania chloroplastów mieszanina uwalnia enzymy, które uszkadzają chloroplasty i spowalniają tempo fotosyntezy (aktywność tych enzymów można zmniejszyć, używając zimnego roztworu buforowego i przechowując wyciąg chloroplastów na lodzie). Podczas doświadczenia uczniowie dowiedzieli się, że wyciągi chloroplastów z czasem tracą aktywność. Aby przezwyciężyć ten problem i przeprowadzić ważne porównania, uczniowie przeprowadzili doświadczenia z tempem fotosyntezy jak najszybciej, dzieląc je na etapy i używając różnych żarówek w możliwie najkrótszym czasie, tak aby wszystkie wyciągi były jak najświeższe.

Nie udało się porównać koloru wyciągów chloroplastów w kapilarach doświadczalnych z kolorem rurki referencyjnej w różnych schematach świetlnych. Była to jedna z korzyści użycia żarówek, których barwę można okresowo zmieniać zdalnie na „białą”, aby sprawdzić różnicę w kolorach. Inną korzyścią użycia takich żarówek jest fakt, że się nie nagrzewają, a każdy wzrost temperatury miałby wpływ zarówno na tempo wzrostu trawy, jak i tempo dekoloryzacji DCPIP. Cecha ta pozwoliła również uczniom pozostawić lampy włączone przez całe sześć dni bez zagrożenia dla bezpieczeństwa.

Dane odnotowane na **RYS. 7** i **RYS. 10** dotyczące długości fali światła różnej barwy należy uznać za przybliżone, ponieważ każda barwa światła składa się z różnych długości w widmie ciągłym.

5 | MOŻLIWOŚCI WSPÓŁPRACY

Uczniowie z różnych szkół mogą porównać wyniki swoich doświadczeń, udoskonalenia wprowadzone w projekcie doświadczenia oraz wnioski dotyczące wpływu długości światła na tempo fotosyntezy u innych gatunków roślin.

ŹRÓDŁA

^[1] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linear_visible_spectrum.svg (08/03/2016)

^[2] Chlorophyll_ab_spectra2.PNG: Praca pochodna Aushulz: M0tty [CC BY-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>) lub GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)] przez Wikimedia Commons (08/03/2016)

^[3] www.science-on-stage.de/iStage3_materials

ORGANIZM CZŁOWIEKA

W tej broszurze omawiamy zagadnienia z zakresu nauk przyrodniczych, które powiązane są z piłką nożną. Najpierw w części zatytułowanej *Biosfera* spojrzeliśmy na tę tematykę z bardzo szerokiej perspektywy. Później przeanalizujemy główne komponenty gry – piłkę i zawodników – w sekcjach *Organizm człowieka* oraz *Piłka*. Na samym końcu sprawdzimy, co się wydarzy podczas samej gry, omawiając temat z punktu widzenia Big Data.

Rozdział *Organizm człowieka*, przez skupienie się na aktywności człowieka w trakcie gry, zawiera projekty, z którymi uczniowie mogą się w jak największym stopniu identyfikować, ponieważ mogą przyjmować role zawodników lub nawet wziąć udział w meczu. W ramach tych projektów doświadczenie własne uczniów pomoże im nie tylko lepiej zgłębić temat, ale również dowiedzieć się czegoś więcej na temat własnej fizjologii.

Kiedy zawodnicy poruszają się podczas gry, ich ciała przyspieszają i zmieniają kształt zgodnie z prawami fizyki. Potrzebują wody, soli mineralnych i substancji odżywczych zgodnie z biochemią organizmu człowieka, a ich mięśnie męczą się, lecz również przystosowują do wysiłku i rozwijają. Dlatego też na przykładzie ciała zawodników uczniowie mogą dowiedzieć się, jak fizyka, chemia, biologia i fizjologia determinują nasze życie i mają wpływ na nasze ruchy. Wielkie gwiazdy futbolu, takie jak Pelé, Maradona, Cristiano Ronaldo, Messi czy Romario, podlegają takim samym prawom natury. Czy nauka może zdradzić nam sekret, co zdecydowało o ich wielkim talencie piłkarskim?

Oczywiście, że tak! Przede wszystkim zawodowi piłkarze spędzają większość czasu, trenując. Podczas zajęć zatytułowanych „Czas na trochę ruchu” uczniowie zrozumieją znaczenie intensywnych treningów, a także na własnym przykładzie odczują pozytywny wpływ regularnych ćwiczeń na ich własne możliwości fizyczne. Być może te lekcje zmienią całe ich życie!

Odpowiednie nawodnienie i odżywianie mają wielkie znaczenie dla zdrowego trybu życia oraz dla dobrych wyników w sporcie. Często widzimy, że piłkarzom podczas gry podawane są butelki z wodą, zwłaszcza pod koniec meczu oraz przy wysokiej temperaturze otoczenia. Podczas zajęć „Pij i żyj” uczniowie będą mieli okazję omówić ten aspekt gry w piłkę nożną. Projekt ten ma za zadanie pomóc im zrozumieć popularność i mity narosłe wokół rzekomych „napojów energetycznych”, a także być może wzbudzi dyskusję wśród starszych uczniów na trudne tematy, takie jak doping i jego wpływ na zdrowie sportowców.



A teraz powiedzmy sobie, o co chodzi z tym zakazem używania rąk w piłce nożnej? W ramach zajęć zatytułowanych „Podaj piłkę” uczniowie powinni zdać sobie sprawę, że w rzeczywistości jest to bardzo ważna zasada, która zmienia zasady fizyki determinujące zachowanie piłki na wielu poziomach. Gdyby wolno było używać rąk, piłka nożna byłaby zupełnie inną grą! Każdy zawodnik, również Diego Maradona (i jego „ręka Boga” też), doskonale o tym wie!

I kilka słów przestrogi na koniec: jak zwykle należy zadbać, aby uczniowie wykonywali doświadczenia w bezpiecznym środowisku oraz przestrzegali instrukcji zawartych w konkretnych scenariuszach zajęć. Bez względu na to, czy uczniowie eksperymentują z płynami nawadniającymi, czy też uprawiają sport, osobą odpowiedzialną za ich bezpieczeństwo jest zawsze nauczyciel.

PROF. DR MIGUEL ANDRADE

Instytut Biologii Molekularnej (IMB)

Wydział Biologii, Uniwersytet Jana Gutenberga w Moguncji,





Niemcy

Koordynator

DAVID FEATONBY · STEFAN ZUNZER

CZAS NA TROCZĘ RUCHU



-  ćwiczenia fizyczne, kondycja, poprawa, pomiary
-  wychowanie fizyczne, fizyka, biologia, matematyka, zajęcia komputerowe
-  wszystkie poziomy wiekowe
-  piłka nożna, piłka lekarska (2 kg), stoper, taśma miernicza, trzy regulowane płotki (sportowe), pięć słupków, kreda, ciemna ściana lub materac gimnastyczny (2 m × 4 m)

1 | STRESZCZENIE

Podczas tych zajęć zaprezentujemy serię testów sprawnościowych powiązanych z różnymi aspektami gry w piłkę nożną. Następnie uczniowie powinni opracować program ćwiczeń fizycznych, który poprawi ich wyniki sportowe. Każdy uczeń będzie prowadzić własny dzienniczek treningów, aby móc kontrolować swój postęp i później go omówić.

2 | WPROWADZENIE KONCEPCYJNE

2 | 1 Cele

Dobra kondycja i wysiłek fizyczny nie są potrzebne jedynie piłkarzom – przydadzą się każdemu ze względu na ich korzystny wpływ na zdrowie.

2 | 2 Informacje podstawowe

Umiejętność posługiwania się piłką, z użyciem nóg, zależy od wielu czynników. Muszą one zgrać się w jednym zawodniku, jeśli ma on osiągać doskonałe wyniki w tej grze. Dostępnych jest wiele list takich czynników (np. Davis i in. (2000) *Training for physical fitness*; Tancred, B. (1995) *Key Methods of Sports Conditioning*). Wszystkie listy uwzględniają określony poziom sprawności fizycznej i siły, określony poziom równowagi oraz wewnętrzną motywację do coraz lepszej gry. Warto zapoznać się z tymi listami. Zlekceważenie dowolnego czynnika może poważnie negatywnie wpłynąć na całokształt wyników gracza. Jeśli przyjmiemy, że zawodnik jest odpowiednio zmotywowany, wówczas możemy podzielić umiejętność dobrej gry na „umiejętności techniczne” i „kondycję”. Umiejętności techniczne można poprawić, ćwicząc je, a kondycję – wykonując trening ogólnorozwojowy. Jeśli w obu tych czynnikach odnotujemy poprawę, w efekcie uzyskamy mierzalnie lepsze wyniki. Każde zadanie powinno być postrzegane właśnie w ten sposób: jeśli nastąpi poprawa, ogólne wyniki również będą lepsze. Ten szeroki podział na kondycję i umiejętności techniczne nie jest ostateczny – te dwie kategorie można podzielić dalej na konkretne umiejętności:

- kognitywne – zdolności skutecznego myślenia i podejmowania decyzji;
- percepcyjne – interpretacja i przetwarzanie informacji;
- motoryczne – kontrola nad aparatem ruchu i pracą mięśni;
- poznawczo-motoryczne – uwzględniające myślenie, interpretację oraz umiejętności ruchowe.

Umiejętności powiązane z piłką nożną, którymi będziemy się zajmować w ramach tych zajęć, to głównie motoryka. Kondycja zależy od sprawności wielu mięśni i ich siły, rozciągnięcia i wytrzymałości. Różne zadania wymagają wydajnego funkcjonowania

różnych mięśni, bez względu na to, czy dotyczy to mięśni nóg, ogólnej tężyzny fizycznej, czy tężyzny mięśni górnej części ciała. Podczas różnych ćwiczeń zasugerowanych w tym scenariuszu zajęć skupiamy się na konkretnym zestawie mięśni, a także na różnych elementach składowych kondycji.

- Test 1 · Slalom: sprawdza koordynację sportowca oraz siłę mięśni nóg.
- Test 2 · Skok wzwyż: wyskok głową do piłki sprawdza koordynację sportowca oraz siłę mięśni nóg i tułowia.
- Test 3 · Rzut piłką lekarską nad głową: sprawdza siłę sportowca, jego koordynację, równowagę i tężyznę górnej części ciała.
- Test 4 · Bieg okrężny przez płotki: sprawdza koordynację ruchów sportowca, równowagę i siłę nóg.
- Test 5 · Test Coopera: sprawdza poziom kondycji sportowca oraz wytrzymałość.

2 | 3 Opcje interdyscyplinarne

Projekt ten umożliwi współpracę interdyscyplinarną w zakresie programu z biologii (np. rytm bicia serca, tempo oddychania, mięśnie), fizyki (np. przyspieszenie, prędkość, pomiary), wychowania fizycznego (podstawowe informacje na temat treningów), matematyki i zajęć komputerowych (np. statystyki, wykresy, powiązania).

2 | 4 Środki ostrożności

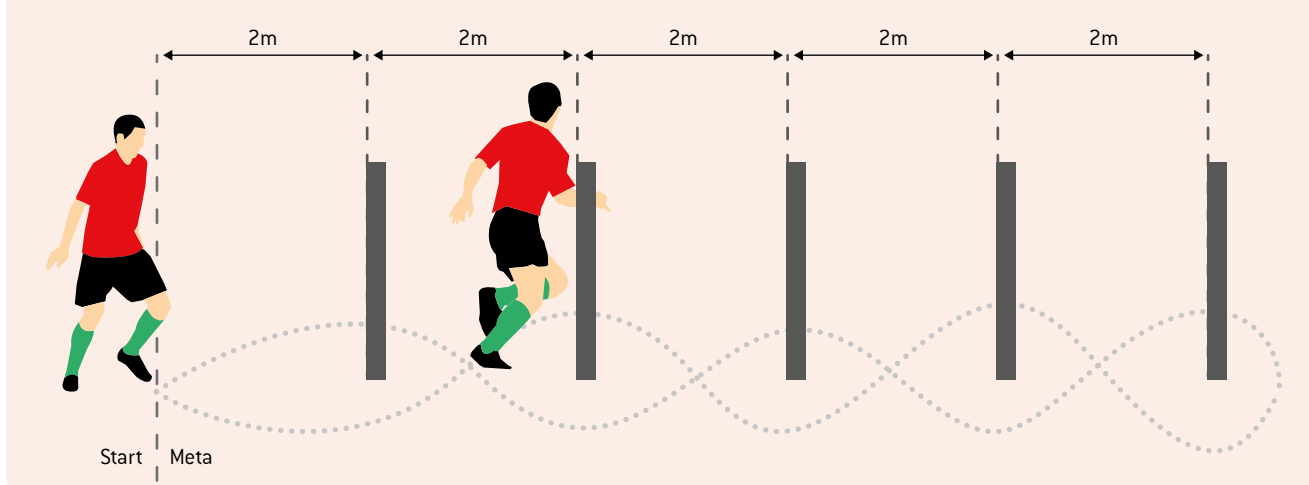
Pomimo że opisane w tym scenariuszu testy wysiłkowe nie są inwazyjne, należy zagwarantować, że każdy uczeń będzie stosował się do zasad BHP obowiązujących w danej placówce edukacyjnej/szkole. Wszystkie testy wysiłkowe oraz następujące po nich sesje treningowe powinny być dostosowane do możliwości uczniów. Przed każdym testem oraz treningiem należy koniecznie przeprowadzić rozgrzewkę.

3 | ZADANIE UCZNIÓW

Uczniowie muszą wykonać pięć różnych testów wysiłkowych podczas różnych zajęć. Następujący po testach okres treningów powinien poprawić ich wyniki, co zostanie zmierzone w drugiej sesji testów po zakończeniu okresu treningów. Odpowiednie techniki treningowe należy dobrać indywidualnie do ucznia. Każdy nauczyciel może przekazać własne konstruktywne uwagi na temat programu treningów. Indywidualne sesje treningowe powinny trwać od trzech do maksymalnie sześciu tygodni. Uczniów należy zachęcać do rozszerzania własnych programów treningowych. Zalecenia dla nauczycieli zawarte są w materiałach dodatkowych^[1]. Program treningowy może uwzględniać zarówno ćwiczenia rozwijające konkretne partie mięśni, jak i trening ogólnorozwojowy (np. jazdę na rowerze, bieganie itp.). Ponadto należy odnotowywać potrzeby treningowe w specjalnym dzienniczku.

Liczba oraz częstotliwość wykonywania ćwiczeń opracowanych na podstawie wyników testów mogą być dostosowane indywidualnie do ucznia, ale muszą być uzgodnione z nauczycielem wychowania fizycznego. Testy wysiłkowe należy

RYS. 1 Test ze slalomem



przeprowadzić zgodnie z poniższymi instrukcjami, chociaż kolejność ich wykonywania nie jest obowiązkowa.

3|1 Pierwsza umiejętność: przyspieszanie i prędkość – slalom

- **Potrzebny sprzęt:** pięć słupków, taśma miernicza, stoper i piłka nożna
- **Przygotowanie testów:** Należy wskazać strefę startu i mety. Ustawić pięć słupków w linii prostej w odstępach dwóch metrów pomiędzy każdym. Do pomiaru czasu użyć stopera i w miarę możliwości bramki z fotokomórką.
- **Test A:** Biegnijcie slalomem pomiędzy słupkami, zawróćcie za ostatnim słupkiem i powróćcie na linię mety w ten sam sposób (RYS. 1). Zmierzcie czas maksymalnie dokładnie i odnotujcie go.
- **Test B:** Powtórzcie test A, dryblując piłką. Skupcie się na utrzymaniu piłki jak najbliżej siebie i pełnej kontroli nad nią. Odnotujcie uzyskany czas.
- Wykonajcie po trzy próby każdego testu i podkreślcie najlepszy wynik. Jeśli słupek się przewróci lub slalom nie zostanie wykonany w pełni, próba nie zostaje zaliczona.

3|2 Druga umiejętność: wyskok i siła mięśni – skok wzwyż

- **Potrzebny sprzęt:** ciemna ściana lub materac gimnastyczny (2 m x 4 m) oraz jeśli jest dostępny – dodatkowy sprzęt pomiarowy, kreda, taśma miernicza i drabina rozkładana
- **Konfiguracja zadania:** Istnieje kilka popularnych sposobów pomiaru wysokości skoku wzwyż. Należy sprawdzić, jaki jest dostępny sprzęt pomiarowy (np. platforma dynamograficzna, systemy wideo, „Vertec” itp.). Jednak najprostszym sposobem jest skok przy ciemnej ścianie (np. przy ścianie, na której umocowano ciemny papier) lub materacu gimnastycznym (zalecana wysokość ok. 4 metry). Jeśli używany jest materac, należy go oprzeć o ścianę i podeprzeć tak, aby nie spadł. Dodatkowy sprzęt to kreda, taśma miernicza i ewentualnie drabina rozkładana.
- **Test:** Najpierw stańcie przy materacu. Pobudźcie palec ręki znajdującej się bliżej ściany kredą. Następnie wyciągnijcie

rękę w górę i zaznaczcie tym palcem miejsce, dokąd jesteście w stanie sięgnąć – jak najwyżej na materacu lub ścianie.

Uwaga: obie stopy muszą znajdować się na ziemi! Teraz ponownie pobudźcie palec kredą, stańcie nieruchomo w niewielkiej odległości od ściany i wyskoczcie jak najwyżej, pomagając sobie rękami i nogami. Spróbujcie dotknąć materaca lub ściany w najwyższym punkcie skoku. Zmierzcie odległość pomiędzy wysokością uzyskaną w staniu oraz w wyskoku – tak wysoko udało się Wam podskoczyć. Wykonajcie trzy próby i podkreślcie najlepszy wynik.

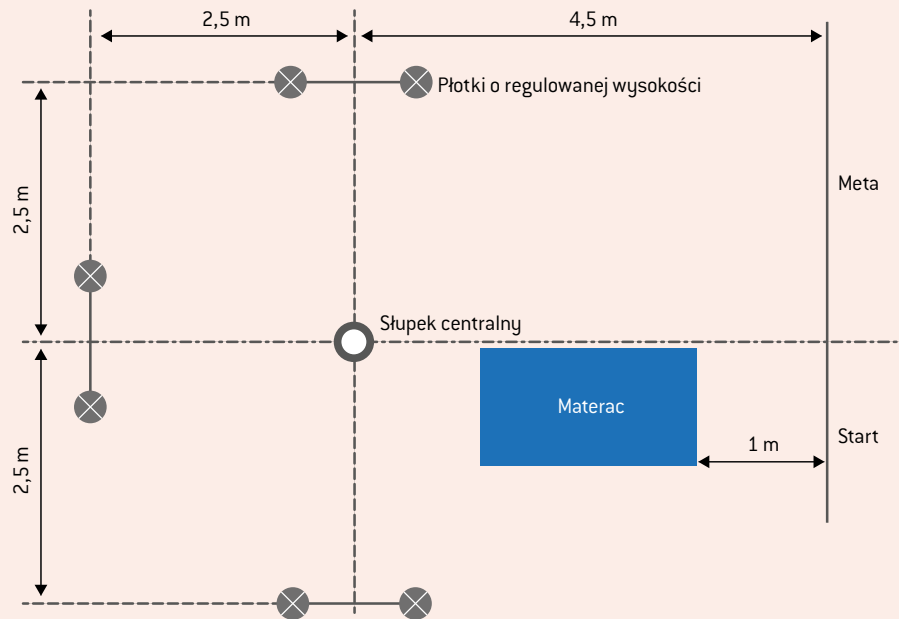
3|3 Trzecia umiejętność: tężyzna górnych kończyn i siła wyrzutu – rzut piłką lekarską nad głową

- **Potrzebny sprzęt:** piłka lekarska (2 kg) i taśma miernicza
- **Konfiguracja zadania:** Wybierzcie odpowiednie pomieszczenie, w którym będzie można wykonać rzut na dużą odległość. Podczas wykonywania tego testu na zewnątrz należy pamiętać, że wiatr może mieć wpływ na wyniki. Należy wskazać linię startu i umieścić oznaczenia odległości, aby ułatwić sobie pomiar długości rzutu.
- **Test:** Stańcie na linii startu przodem do kierunku, w którym będziecie rzucać piłką. Stopy muszą być ustawione równolegle w lekkim rozkroku. Chwyćcie piłkę obiema rękami po bokach i nieco za środkiem. Unieście piłkę za głowę i lekko ugnijcie kolana. Następnie mocno rzućcie piłką jak najdalej do przodu, wykonując jednocześnie ruch w górę i do przodu. Po rzuceniu piłką wolno stanąć stopą na linii startu. Nie wolno rzucać z rozbiegu, aby zwiększyć odległość rzutu. Wykonajcie trzy próby – liczy się tylko ta najlepsza.

3|4 Czwarta umiejętność: zwinność i przyspieszenie – bieg okrężny przez płotki

- **Potrzebny sprzęt:** słupek centralny, materac, płotki o regulowanej wysokości (wysuwane płotki, płotki ćwiczebne), taśma miernicza i stoper lub bramki z fotokomórką
- **Konfiguracja zadania:** Wyznaczyć obszar testu, jak pokazano na RYS. 2.
- **Test:** Przed rozpoczęciem testu ustawić wysokość płotków

RYS. 2 Bieg okrężny przez płotki



względem wzrostu ucznia – zgodnie z tabelą na RYS. 3. Aby uniknąć częstej zmiany wysokości płotków, zaleca się podzielenie uczniów na grupy według wzrostu. Każdy uczeń powinien jak najszybciej obiec pole testowe, kierując się w lewą stronę. Jeśli słupek centralny lub jeden z płotków się przewróci, próba się nie liczy. Stańcie w pozycji wyprostowanej na linii startu. Rozpocznijcie test, przewrotem do przodu po materacu. Obiegnijcie słupek centralny, skręcając pod kątem prostym, przeskoczcie przez płotek i natychmiast wróćcie przed płotek i przeczolągajcie się pod nim. Pobiegnijcie z powrotem do centralnego słupka, obiegnijcie go w jednej czwartej i przeskoczcie przez kolejny płotek. Następnie pobiegnijcie z powrotem do centralnego słupka, obiegnijcie go, skręcając pod kątem prostym i przeskoczcie przez kolejny płotek/przeczolągajcie się pod nim. Pobiegnijcie z powrotem do centralnego słupka, obiegnijcie go ostatni raz, skręcając pod kątem prostym i dobiegnijcie do linii mety.

RYS. 3 Odpowiednia wysokość płotków względem wzrostu uczniów

Wzrost [cm]	Wysokość płotków [cm]
121–125	50
126–130	52
131–135	54 itd.

3 | 5 **Piąta umiejętność: sprawność fizyczna i wytrzymałość – test Coopera**

- **Potrzebny sprzęt:** płaska bieżnia (np. na stadionie o dł. 400 m lub podobnego typu) i stoper
- **Konfiguracja zadania:** Nie trzeba wykonywać żadnych specjalnych przygotowań do pomiarów.
- **Test:** Uczniowie powinni przebiec tak daleko, jak tylko dadzą radę, w ciągu 12 minut. Rozpocznijcie bieg po sygnale. Po

upłynięciu 12 minut asystent włącza sygnał i odnotowuje pokonaną odległość.

4 | **WNIOSEK**

W ramach tego scenariusza przygotowaliśmy serię sugestii dotyczących ćwiczeń motywujących powiązanych z umiejętnościami wykorzystywanymi podczas gry w piłkę nożną. Dzięki tym ćwiczeniom uczniowie na każdym poziomie umiejętności mają okazję poprawić swoje wyniki. Sugerowane ćwiczenia są odpowiednie zarówno dla dziewcząt, jak i chłopców. Scenariusz ten uwzględni również rozwój umiejętności związanych z naukami przyrodniczymi poprzez dokonywanie pomiarów, projektowanie i dokumentowanie programów treningowych oraz interpretowanie wyników.

Kluczowe znaczenie ma tutaj motywacja uczniów. Uczniowie czują się zmotywowani, ponieważ nauczyciele kontrolują postęp uczniów w ramach programu treningowego, a sami uczniowie widzą, że rzeczywiście stają się coraz lepsi. Z naszego doświadczenia wynika, że nawet najślabszy uczeń zrobi postęp, a ci, którzy są sprawniejsi, będą czuć chęć do dalszej pracy ze względu na coraz lepsze wyniki.

5 | **MOŻLIWOŚCI WSPÓŁPRACY**


Ponieważ w projekcie tym udział bierze wiele szkół, Science on Stage udostępnia listę szkół i ich dane kontaktowe. Zapraszamy do skorzystania ze strony głównej iStage^[1].

Dane można opublikować, aby dodatkowo zwiększyć motywację i użyć rzeczywistych danych do analiz statystycznych oraz do nagradzania coraz lepszych wyników i osiągnięć. Można przeprowadzać porównania, np. z zawodowymi graczami, pomiędzy płciami, grupami wiekowymi itp.


KIRSTEN BIEDERMANN · EMMANUEL THIBAUT

PIJ I ŻYJ



 napoje energetyczne, napoje izotoniczne, kofeina, cukier, wysiłek

 chemia, biologia, fizyka, matematyka

 część 3.1: 14–18 lat i część 3.2: 8–18 lat

Zbadanie składników napojów energetycznych i zagrożenie, jakie ze sobą niosą dla zdrowia – zajęcia odpowiednie dla uczniów w każdym wieku od 8 do 18 lat.

1 | STRESZCZENIE

Na rynku dostępnych jest wiele napojów energetycznych, energetyzujących i podobnych zawierających konkretne składniki, które mogą poprawić wyniki osoby, która je spożywa, ale równocześnie stanowią zagrożenie dla jej zdrowia. W ramach tego scenariusza proponujemy przeprowadzenie zajęć na temat tych napojów oraz jak sprawdzić ich zawartość i wpływ na funkcjonowanie mózgu i mięśni.

2 | WPROWADZENIE KONCEPCYJNE

Ten scenariusz dotyczy napojów powiązanych z piłką nożną oraz sportem ogólnie. W obecnych czasach na rynku pojawia się coraz więcej napojów, których celem jest poprawa sprawności fizycznej i psychicznej konsumentów.

W ramach tego projektu uczniowie odpowiadają na następujące podstawowe pytania:

- Z czego produkowane są takie napoje? Jak można przeanalizować ich zawartość?
- Jaki jest ich wpływ na sprawność fizyczną i psychiczną? Jak możemy zmierzyć taki wpływ?

Projekt ten skupia się na trzech różnych rodzajach napojów:

- napoje energetyczne: przyspieszenie rytmu bicia serca i podniesienie ciśnienia krwi;
- napoje izotoniczne: dostarczenie cukrów i minerałów w celu poprawy funkcjonowania mięśni i mózgu;
- napoje niezbędne do życia: zwykła woda.

3 | ZADANIE UCZNIÓW

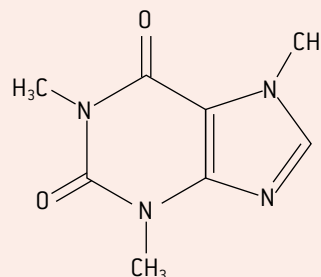
3 | 1 | Napoje energetyczne

Napoje energetyczne mają za zadanie zapewnić ich konsumentom zastrzyk energii przy użyciu różnego rodzaju składników stymulujących. W ich składzie znajduje się kofeina, czyli alkaloid, który działa jak środek pobudzający i psychotropowy. Mogą również zawierać taurynę, czyli aminokwas, którego wpływ na zdrowie człowieka jest nadal nieznan.

Biologia

Najpierw uczniowie bez względu na wiek rozmawiają na temat napojów energetycznych i sprawdzają zawartą w nich kofeinę, analizując informacje na etykietach (w tym celu uczniowie mogą po prostu zrobić zdjęcia etykiet w sklepie bez konieczności kupowania takich napojów). Mogą sprawdzić zawartość kofeiny i następnie porównać tę ilość z ilością kofeiny w filiżance espresso, a następnie porozmawiać na temat wpływu tej substancji na zdrowie.

RYS. 1 Kofeina



Wniosek

Kofeina, której wpływ na organizm człowieka jest doskonale znany, to składnik napoju energetycznego, który ma zdecydowanie największy wpływ na organizm osoby go spożywającej.

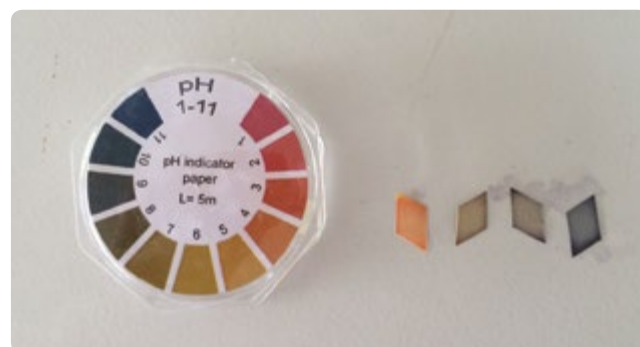
Puszka napoju energetycznego (250 ml) zawiera około 80 mg kofeiny, co mniej więcej odpowiada ilości kofeiny zawartej w filiżance silnej, czarnej kawy. Ilość ta jest bardzo zbliżona do dawki, po której można spodziewać się skutków ubocznych (100 do 160 mg) i również bardzo zbliżona do górnej granicy dopuszczalnej dziennej konsumpcji (w przypadku osób dorosłych 200 mg/dzień). Ryzyko spożywania takich napojów przez sportowców nie wiąże się z ewentualnym wykryciem tej substancji podczas testów antydopingowych, lecz ze spożyciem dawki toksycznej.

Chemia dla uczniów w wieku od 14 do 18 lat

Analiza popularnych na rynku produktów w laboratorium chemicznym to uznana metoda zachęcania uczniów do pracy, wzbudzania u nich zainteresowania oraz motywację do zgłębienia tematu. W zależności od wieku można przeprowadzić wiele różnych analiz i przetestować różne materiały.

3 | 1 | 1 Ekstrakcja i identyfikowanie kofeiny

Aby sprawdzić, czy napój energetyczny zawiera kofeinę, można przeprowadzić analizę jakościową przy użyciu klasycznej metody chromatografii cienkowsarstwowej. Najpierw uczniowie będą musieli wyekstrahować kofeinę, używając nieszkodliwego rozpuszczalnika, takiego jak octan etylu, po wcześniejszym podstawowym przetworzeniu substancji w celu rozpuszczenia kwasów oraz ostatecznie taniny.



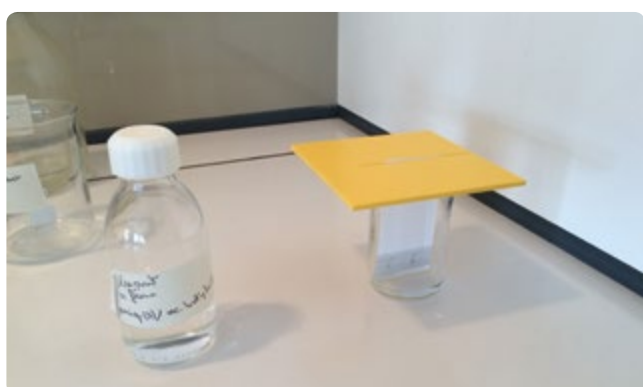
RYS. 2 Sprawdzenie zasadowości papierkiem wskaźnikowym



RYS. 3 Ekstrakcja rozpuszczalnika z kofeiny



RYS. 4 Suszenie fazy organicznej przy użyciu środka suszącego

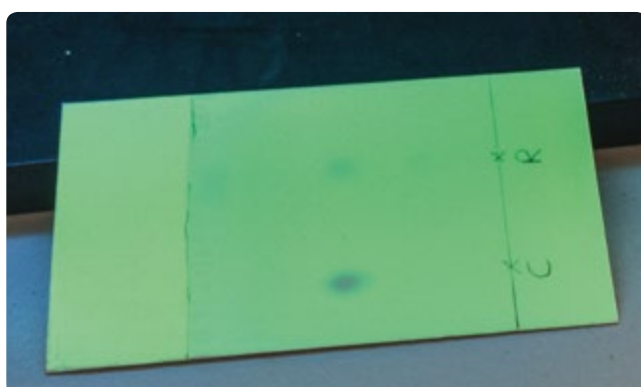


RYS. 5 Chromatografia fazy organicznej

Metoda ekstrakcji:

- Weźcie 50 ml napoju energetycznego i wymieszajcie go szklanym patyczkiem, aby usunąć ewentualny gaz.
- Dodajcie 1 mol/l roztworu sody oczyszczonej (wodorowęglan sodu), wstrząsając jednocześnie pojemnikiem, tak aby uzyskać pH bliskie 9.
- Przeprowadźcie ekstrakcję, używając 15 ml rozpuszczalnika i rozdzielnika.
- Zbierzcie fazę zawierającą kofeinę w zlewce.
- Powtórzcie proces ekstrakcji z 15 ml rozpuszczalnika.
- Zbierzcie fazy organiczne i wysuszcie je, używając bezwodnego siarczanu magnezu.

Pod koniec tego etapu przed odparowaniem rozpuszczalnika należy odnotować wyniki chromatografii.

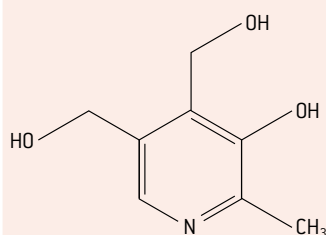


RYS. 6 Wizualizacja związków chemicznych za pomocą światła ultrafioletowego

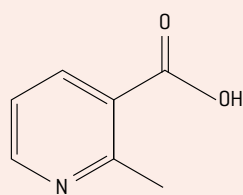
- Eluent (faza ruchoma) kofeiny: mieszanina kwasu mrówkowego i octanu butylu (30 ml/50 ml).
- Faza nieruchoma (stała): cienka warstwa silikażelu
- Wizualizacja: UV
- Kofeina jako substancja odniesienia rozpuszczona w etanolu lub eluencie.

Używając chromatografii, uczniowie mogą zidentyfikować kofeinę oraz inne składniki, które generują oddzielną plamkę (wskazując, że ten drugi składnik nie może być pominięty w fazie organicznej po ekstrakcji). Po odczytaniu składu napojów uczniowie mogą wydedukować, że tym drugim składnikiem może być witamina, która ma wiele podwójnych wiązań, zwłaszcza B3 lub B6.

RYS. 7 B6 (pirydoksyna) i B3 (niacyna lub niacynamid)



B6 (pirydoksyna)



B3 (niacyna lub niacynamid)



RYS. 8 Odparowywanie rozpuszczalnika przy użyciu parownika obrotowego (po lewej) Proszek na ściance kolby po odparowaniu rozpuszczalnika

Aby przejść dalej:

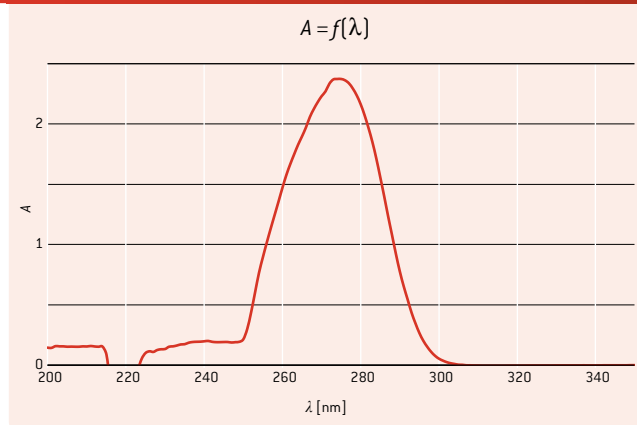
- Uczniowie mogą przygotować inną chromatografię przy użyciu witamin B6 i B3 jako odniesienie.
- Można odparować rozpuszczalnik, aby uzyskać proszek, który zawiera kofeinę.

3 | 2 Dawka kofeiny

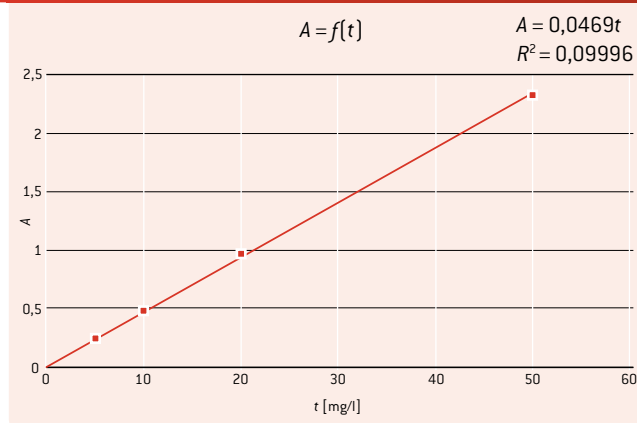
Najpierw można przeprowadzić analizę przy użyciu prawa Lamberta-Beera.

- Uczniowie mogą ocenić widmo wodnego roztworu kofeiny oraz napojów energetycznych w celu znalezienia poziomu maksymalnej absorpcji. Mogą przygotować roztwór zawierający kofeinę w stężeniu przybliżonym do tego, jaki znajduje się w napoju zgodnie z informacjami producenta. Ze względu na nasycenie absorpcji będą musieli rozcieńczyć roztwór. Powinni zdecydować się na pracę przy 271 nm, ponieważ na tej długości fali występuje najwyższa absorpcja.
- Następnie mogą wygenerować krzywą kalibracyjną z różnymi roztworami wodnymi kofeiny oraz przetestować ją na wybranym napoju energetycznym rozcieńczonym 20-krotnie.

RYS. 9 Widmo absorpcji kofeiny

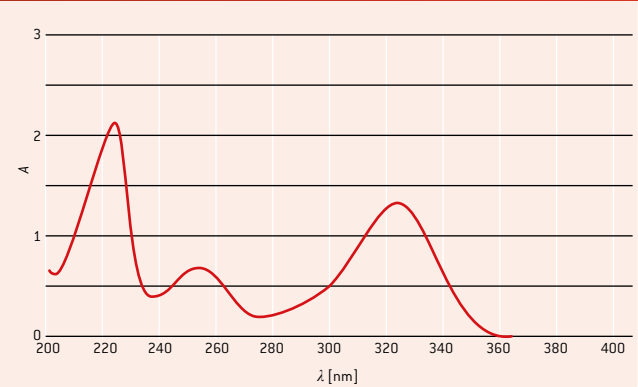


RYS. 10 Krzywa kalibracyjna absorpcji zależna od stężenia kofeiny

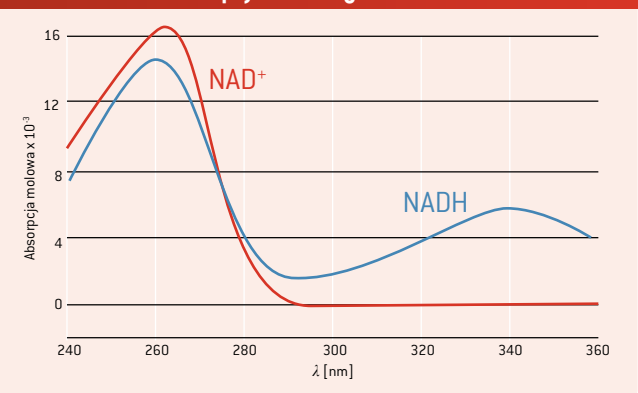


- Używając tej metody, mogą wydedukować, że napój energetyczny zawiera 17% więcej kofeiny (373 mg/l) niż twierdzi producent (320 mg/l). Oczywiście producent nie oszukuje, poda-

RYS. 11 Widmo absorpcji witaminy B6



RYS. 12 Widmo absorpcji witaminy B3 [1]



jąc dane, ze względu na wewnętrzne i zewnętrzne procedury kontroli jakości. Jednakże drugi składnik wykazany metodą chromatografii (witamina B6 i/lub B3), który również absorbuje w zakresie UV, ma wpływ na ich krzywą kalibracyjną.

Aby uzyskać lepszą krzywą kalibracyjną:

- Uczniowie mogą przygotować widmo absorpcji witaminy B6 lub/i B3, aby ocenić, czy podane witaminy absorbują silnie na wybranej wcześniej długości fali. W zależności od wyniku mogą zdecydować, czy chcą wybrać inną długość fali. Teraz, kiedy mają już widmo dla witaminy B6 i oddzielne dla B3, mogą wybrać długość fali, przy której absorpcja jest niska (na przykład pomiędzy 240 a 250 nm).
- Warto byłoby zmotywować uczniów, aby poszukali innej metody analizy takiej jak HPLC w laboratorium; w ten sposób uzyskają lepszy wynik.

3 | 2 Jak zmierzyć wpływ napojów izotonicznych i wody na aktywność mózgu

Nasze ciało potrzebuje wody, cukrów i minerałów, aby mogło dobrze funkcjonować. Doskonałą ilustracją tego zagadnienia można obejrzeć w filmie z maratonu podczas igrzysk olimpijskich w 1984 roku, kiedy to Gabriela Andersen-Schiess nie wypita napoju na ostatnim odcinku. W Internecie dostępne są różnorodne filmy na ten temat.

RYS. 13 Przykład tabeli do testu podstawiania symboli zamiast cyfr

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<	∩	Δ	X	+	⊥	∧	○	=
2	1	5	4	7	6	9	3	8
∩	<							
6	3	1	2	6	7	3	9	2

Opracujemy metody, zaprojektujemy badanie i zastanowimy się nad obiektywnością, ważnością i rzetelnością pomiarów wpływu napojów izotonicznych i wody na aktywność mózgu.

Biologia:

Wszyscy uczniowie (bez względu na wiek) powinni rozpocząć zajęcia od podsumowania posiadanych informacji. Uczniowie starsi niż 13 lat mogą przeprowadzić badanie różnorodnych czynności mózgu (czujników, czynników, aktywności modalnych i intermodalnych itp.) oraz wpływu wody i napojów izotonicznych. Następnie mogą zaprezentować swoje wyniki na plakatach, zanim zaczną się zastanawiać, jak zmierzyć wpływ wyżej wymienionych napojów.

Mogą wybrać następujące metody:

[A] Test numeryczno-symboliczny (stanowiący część wielu testów na inteligencję) – zalecany dla uczniów od 13 lat

Test ten, który jest również znany jako cyfrowy test podstawiania symboli, pomaga ocenić, czy osoba badana wykazuje normalnie funkcjonującą aktywność intermodalną.

Na kawałku papieru znajduje się lista cyfr, np. od 1 do 9. Każda liczba jest powiązana z symbolem (np. - / & / 0). Pod listą znajduje się tabela z listą liczb powtórzonych w przypadkowej ko-

lejności. Osoba badana musi jak najszybciej umieścić powiązany symbol pod każdą cyfrą.

Uczeń z grupy badanej może mieć np. 90 sekund, aby uzupełnić schemat. W połowie, np. po 45 sekundach, robi przerwę. Nauczyciel może później sprawdzić, czy uczeń coraz szybciej kojarzy cyfry z symbolami. Taka aktywność mózgu nazywa się uczeniem.

Pięć minut później można poprosić ucznia, aby zapisał poprawne symbole powiązane z cyframi, aby zobaczyć, ile udało mu się zapamiętać. To inny rodzaj aktywności zwany pamięcią długoterminową.

[B] Test linijki – zalecany dla każdego wieku

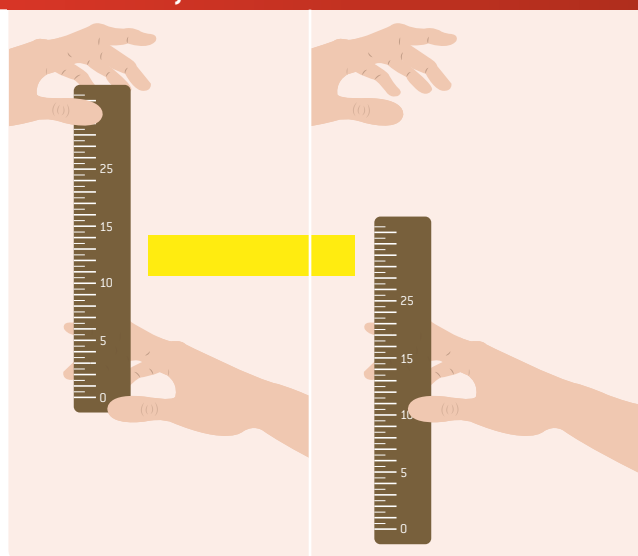
Prowadzący test puszcza linijkę tak, aby spadła pomiędzy palcem wskazującym a kciukiem ucznia, którego zadaniem jest jej natychmiastowe złapanie zaraz po jej puszczeniu przez administratora. Uczniowie mogą się zastanowić, jakie będzie najlepsze położenie startowe dla linijki. Mogą bez większych trudności dowiedzieć się, jak nisko musi spaść linijka, zanim osoba wykonująca test ją złapie.

Ponadto mogą również sprawdzić najlepsze warunki do przeprowadzenia testu, między innymi czas potrzebny do złapania linijki uczniowi, który nie spożył żadnego napoju. Oczywiście jest to projekt grupy kontrolnej, co oznacza, że jednocześnie porównuje się dwie przypadkowe grupy (grupę kontrolną i grupę doświadczalną). Taka konfiguracja umożliwia porównanie aktywności mózgu u dwóch grup bez badania innego wpływu czy innych czynników poza spożyciem napoju. W kolejnych testach uczniowie mogą zmierzyć i porównać skutki picia różnego rodzaju napojów.

Matematyka:

[do testu A] Uczniowie (w wieku 13 lat i więcej) będą zbierać i analizować dane, a następnie prezentować swoje spostrzeżenia.

RYS. 14 Test linijki



[do testu B] Uczniowie będą musieli przeprowadzić pewne obliczenia (w głowie), aby dowiedzieć się, ile centymetrów spadnie linijka, jeśli nie wyznaczą położenia startowego kciuka badanego ucznia na wysokości 0 cm. Najmłodszy uczniowie mogą po prostu porównać pojedyncze wyniki, natomiast starsi mogą przeprowadzić obliczenia, które uwzględniają błędy pomiaru i wskazać średnią z kilku pomiarów.

Fizyka:

[do testu B] Uczniowie w wieku 13 lat i starsi mogą obliczyć czas, w którym linijka spadała, używając wysokości h , którą zmierzyl.

$$E_{kin(1)} + E_{pot(1)} = E_{kin(2)} + E_{pot(2)}$$

$$E_{kin(1)} + 0 = 0 + E_{pot(2)}$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h \quad | : m$$

$$\frac{1}{2} \cdot v^2 = g \cdot h$$

zakładając, że $v = g \cdot t$ ponieważ $v = a \cdot t$ i $a = g$

$$\frac{1}{2} \cdot a^2 \cdot t^2 = g \cdot h \quad | \cdot \frac{2}{g^2}$$

$$t^2 = 2 \cdot \frac{h}{g} \quad | \sqrt{\quad}$$

$$t = \sqrt{2 \cdot \frac{h}{g}}$$

a : przyspieszenie [$\frac{m}{s^2}$]

h : wysokość [m]

g : przyspieszenie ziemskie, $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

t : czas [s]

v : prędkość [$\frac{m}{s}$]

4 | WNIOSEK

Projekt ten można modyfikować i wykorzystać do pokazania uczniom w wieku od 8 do 18 lat, jak zmierzyć aktywność mózgu i jak zoptymalizować metodę, aby zminimalizować potrzebę oceny poprzez obliczenia, wyliczenia itp. Uczniowie poznają projekt grupy kontrolnej i będą mieć okazję przetestować aspekty STEM, które poznali na lekcjach biologii, matematyki lub fizyki.

5 | MOŻLIWOŚCI WSPÓŁPRACY

Sugerujemy, aby traktować ten projekt jako międzyszkolny i międzynarodowy. Jeśli szkoła nie dysponuje wymaganym sprzętem technicznym do wykonania części chemicznej, może skontaktować się z innymi szkołami w pobliżu i wspólnie z nimi przeprowadzić doświadczenia. Uczniowie powinni omówić swoje spostrzeżenia i raporty z doświadczeń z innymi uczniami – w ten sposób zapisywanie wyników badań wyda im się bardziej sensowne niż po prostu odnotowywanie ich w zeszycie. Tego rodzaju współpraca i dzielenie się wiedzą dodatkowo motywuje i rozwija uczniów,

a także umożliwia wprowadzenie drugiego języka podczas nauczania przedmiotów STEM.

Można porównać napoje dostępne w różnych krajach i nastawienie ludzi do ich spożywania. Można również omówić projekt doświadczeń, zebrać więcej pomysłów i wykonać ćwiczenia w co najmniej dwóch współpracujących szkołach, aby zebrać więcej danych do analizy wpływu.

Można także udostępnić uzyskane wyniki we współpracy z innymi szkołami. Więcej informacji znaleźć można w naszej witrynie.^[2]

ŹRÓDŁA

^[1] Źródło: Cronholm144 [praca własna] [domena publiczna], przez Wikimedia Commons https://en.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_adenine_dinucleotide#/media/File:NADNADH.svg [08/03/2016]


^[2] www.science-on-stage.de/iStage3_materials


ANDREAS MEIER · CORINA TOMA


PODAJ

PIŁKĘ?



 biomechanika, ruch, przyspieszenie, energia, moc, czas reakcji, powierzchnia

 fizyka, biologia, matematyka, sporty

 10–18 lat

Ten scenariusz zajęć nadaje się do wykorzystania podczas lekcji z uczniami w różnym wieku, głównie w gimnazjum i szkole średniej. Niektóre fragmenty mogą być również wykorzystane w szkole podstawowej. Każdą część można zmodyfikować i dostosować do poziomu uczniów.

1 | STRESZCZENIE

Ten scenariusz uwzględni niektóre aspekty i ćwiczenia powiązane z użyciem przez zawodników rąk podczas meczu w piłkę nożną. Scenariusz podzielony jest na trzy części:

1. Standardowe ruchy wykonywane przez piłkarza
2. Powiększenie powierzchni ciała
3. Czas reakcji piłkarzy

Ponadto scenariusz ten ma na celu zachęcenie uczniów do rozwoju nowych metod obserwacji.

2 | WPROWADZENIE KONCEPCYJNE

Piłka nożna to bardzo dynamiczny sport wymagający umiejętności lekkoatletycznych. W ostatnich dziesięcioleciach jego intensywność znacząco wzrosła. Wytrzymałość, prędkość i szybkie reakcje to typowe cechy charakteryzujące piłkarzy, którzy muszą je skoordynować podczas rozgrywek, a także w czasie treningów. Piłkarz musi używać rąk, aby lepiej grać, szybciej biegać i wyżej skakać. Ze względu na ten fakt możliwe jest, że piłkarz dotknie ręką piłki podczas meczu, nawet jeśli zrobi to nieświadomie.

W ramach krótkiego wprowadzenia chcielibyśmy przekazać kilka faktów na temat posługiwania się rękoma podczas gry w piłkę nożną. Przede wszystkim najpierw przyjrzyjmy się po krótku przepisowi FIFA nr 12^[1], który mówi, że „zagraniem ręką wiąże się z celowym działaniem piłkarza, który dotyka piłki ręką”. Stąd zwykle piłkarzom nie wolno dotykać piłki rękoma. Wyjątki od tej reguły są standardowo określane jako „naturalne położenia rąk”.

Ostatecznie sędziowie muszą zdecydować, czy dane dotknięcie ręką jest „nienaturalne”, czy nie i czy w związku z tym było celowe. Osoby oglądające mecze piłki nożnej na stadionie lub w telewizji wiedzą, że te podejmowane w danym momencie decyzje często prowadzą do gorących dyskusji. Niektóre decyzje dotyczące zagrania ręką zmieniają się podczas gry. Najstłanniejszym przypadkiem zagrania ręką jest z pewnością gol strzelony „ręką Boga” przez Diego Maradonę dla Argentyny w ćwierćfinale Mistrzostw Świata w 1986 roku podczas meczu z Anglią – Argentyna zdobyła wówczas tytuł mistrzowski^[2]. W meczu kwalifikacyjnym pomiędzy Irlandią a Francją w 2009 roku Thierry Henry strzelił gola dla drużyny francuskiej ręką. Wówczas FIFA musiała zapłacić 5 mln EUR odszkodowania Irlandzkiemu Związkowi Piłki Nożnej (FAI)^[3],^[4].

Te dwa przykłady pokazują, że ręce mogą odegrać ważną rolę w meczu piłki nożnej. Nauczyciel może wykorzystać te dwa przykłady, aby zmotywować uczniów do baczniejszego przyjrzenia się użyciu rąk podczas gry w piłkę nożną.

2 | 1 Ruch

Jak wspominaliśmy wcześniej, dynamika odgrywa ważną rolę podczas gry w piłkę nożną. Na pierwszym etapie chcielibyśmy się skupić na aspektach ergonomicznych ruchów zawodnika. Chcielibyśmy się skupić na dwóch typach standardowych ruchów, które piłkarz musi skoordynować podczas gry: bieganie i skakanie.

Wszystkie obserwacje można łatwo odnotować za pomocą narzędzi mierniczych, takich jak taśma miernicza i stoper. Jeśli uczniowie również używają kamer cyfrowych lub smartfonów i analizy wideo, wyników można użyć do przeprowadzenia dalszych badań związanych z ruchem, przyspieszeniem, siłą, energią i mocą.

Aby poruszać się szybciej i skakać wyżej, trzeba używać rąk. Dzieje się tak dlatego, że ruch wahadłowy rąk redukuje ruch bioder i amplitudę ruchów ramion i w związku z tym równowagę rotacyjne przyspieszenie ciała wynikające z ruchu nóg. Z drugiej strony, kiedy człowiek biegnie z rękoma blisko ciała lub za ciałem, pozycja ta prowadzi do niższej prędkości liniowej^[5]. Widać to w porównaniu czasu, jakiego potrzeba, aby przebiec ten sam dystans przy różnych ruchach rąk (patrz **RYS. 1**^[6]).

RYS. 1 Bieganie na różne sposoby (odległość $s = 20$ m)

	czas przy standardowym ruchu [s]	czas przy ruchu z prostymi ramionami [s]	czas przy ruchu z ramionami z tyłu [s]
Chłopiec	3,12	4,03	4,03
Dziewczynka	4,07	5,03	4,18

Biomechaniczna koncepcja „mocy wyjściowej” wyjaśnia, dlaczego można skoczyć wyżej, jeśli się nabierze się dodatkowego pędu, machając rękoma. Mierząc i porównując wysokość skoków różnego rodzaju (ręce blisko ciała, ręce za plecami, machanie rękami), uczniowie mogą sprawdzić, jaki efekt daje machanie rękami (patrz **RYS. 2**).

Po przeprowadzeniu pomiarów różnych wysokości uczniowie mogą obliczyć różnice pomiędzy osiągniętymi wysokościami. Ilość zyskanej energii można obliczyć w następujący sposób:

$$\Delta E_{pot} = m \cdot g \cdot \Delta h.$$

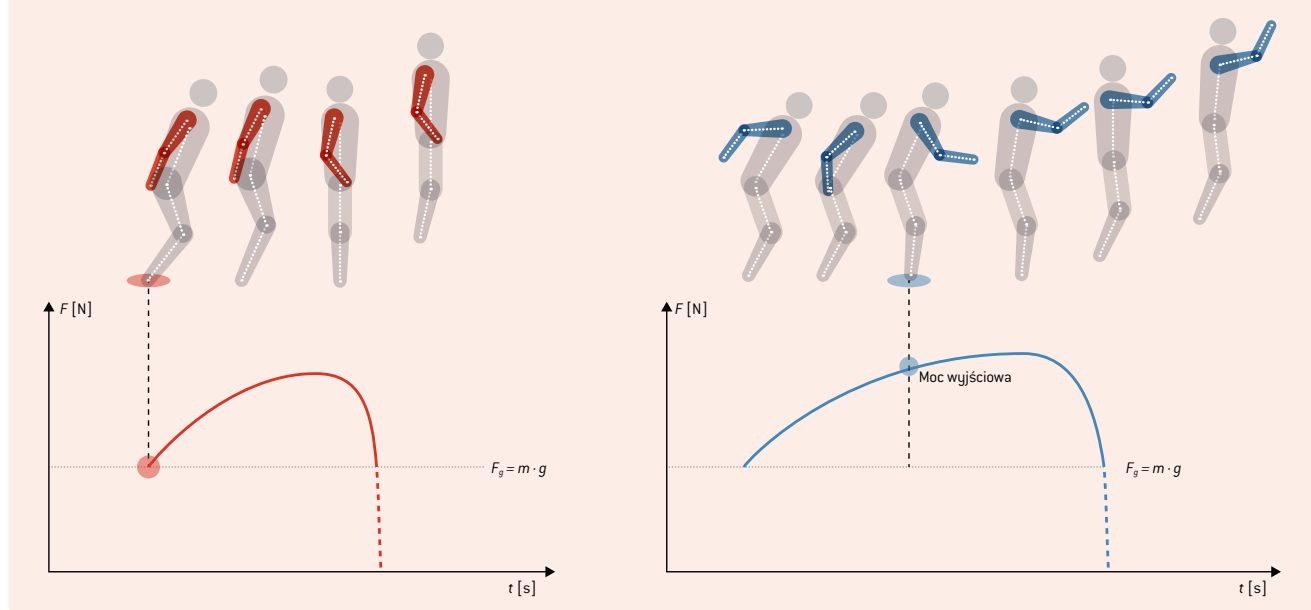
ΔE_{pot} : ilość zyskanej energii potencjalnej [J]

m : masa skaczącego ucznia [kg]

g : przyspieszenie ziemskie, $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

Δh : różnica pomiędzy wysokością skoków [m]

RYS. 2 Siły przy różnych rodzajach skoków



Mierząc przyspieszenie (np. czujnikiem w smartfonie), uczniowie mogą porównać maksymalne siły i poznać zależność pomiędzy ruchem a przyspieszeniem. Analizując film, mogą obliczyć średnią moc różnego rodzaju wyskoków w następujący sposób:

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{(m \cdot g \cdot h)}{\Delta t}$$

\bar{P} : średnia moc [W]

W : praca przez wzrost energii potencjalnej [J]

m : masa skaczącego ucznia [kg]

g : przyspieszenie ziemskie; $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

h : wysokość skoku [m]

Δt : czas potrzebny na rozciągnięcie nóg [s] (od najniższego punktu ruchu aż do oderwania stóp od ziemi)

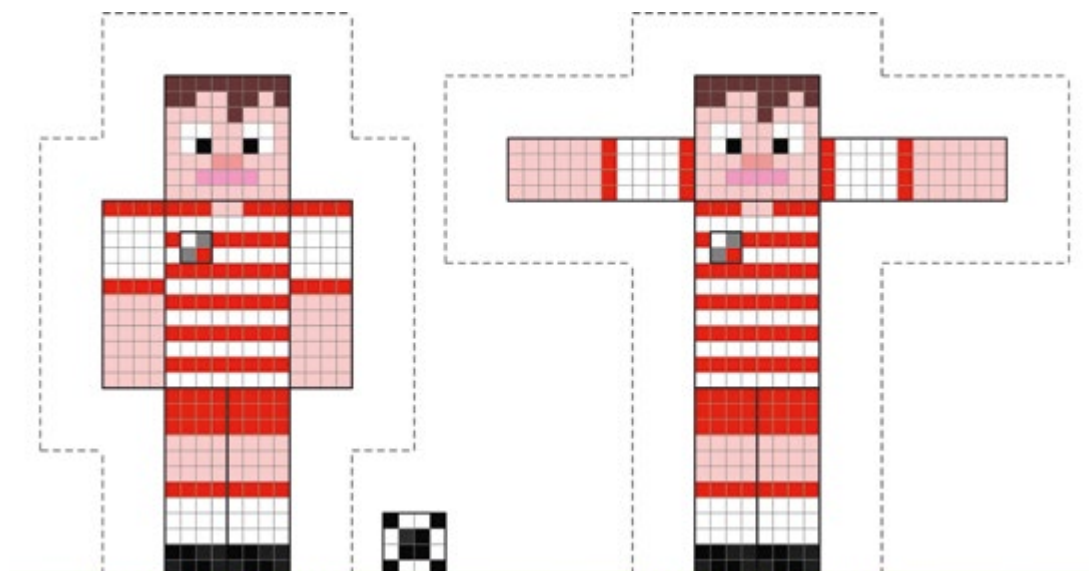
2 | 2 Powierzchnia ciała zawodnika

Wyciągając ręce, można zwiększyć powierzchnię ciała, którą uderza się piłkę. W ten sposób wzrastają szanse zawodnika na zapobieżenie przechwyceniu piłki przez przeciwnika lub na odebranie mu piłki. Procent powiększenia można oszacować, używając aparatu matematycznego.

Na pierwszym etapie kształt ciała ludzkiego można łatwo zasymulować, tworząc figury Minecraft (doskonale znane większości uczniów) [7]. Uczniowie mogą wykonać własne projekty sylwetek piłkarzy (patrz RYS. 3).

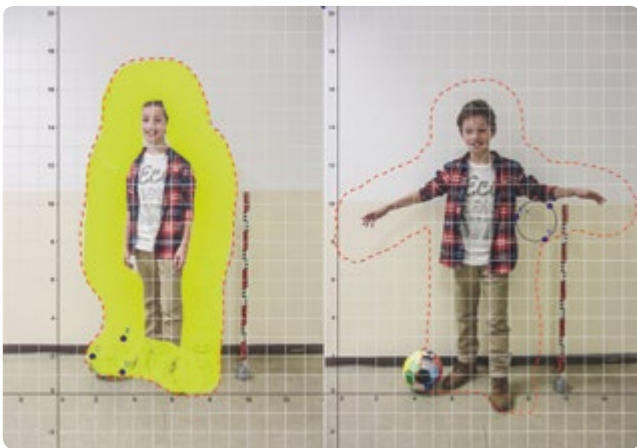
Ze względu na fakt, że zasymulowana sylwetka gracza składa się jedynie z prostokątów, nie ma problemu z obliczeniem po-

RYS. 3 Sylwetki graczy – powiększenie około 17% powierzchni



wierzchni, którą można uderzyć piłkę. Wartości różnych powierzchni ciała można porównać, a następnie różnice wyrazić w postaci procentów.

Jeśli zadanie ma być bardziej skomplikowane, można przeanalizować prawdziwe zdjęcia uczniów. Uczniowie mogą użyć programu GeoGebra^[8], aby spróbować oszacować powierzchnię ich ciała, którą mogą uderzyć piłkę (patrz **RYS. 4**). Metoda ta może być również użyta do zmotywowania uczniów do użycia rachunku całkowitego, aby wykorzystali metody całkowania numerycznego.



RYS. 4 Szacowanie powierzchni przy pomocy GeoGebra

2 | 3 Czas reakcji

Aby uniknąć uderzenia piłki ręką, zawodnik trzymający ręce w naturalnym położeniu musi reagować na ruchy innych graczy względem piłki oraz na jej trajektorię. Reakcja ta będzie zależała od wielu parametrów takich jak odległość gracza od piłki, prędkość piłki i czas reakcji samego gracza. Czas reakcji gracza można obliczyć, wykonując bardzo proste doświadczenie. Uczniowie muszą jedynie zmierzyć odległość pokonaną przez spadającą linijkę.

Doświadczenie to można wykonać nawet z bardzo młodymi uczniami szkoły podstawowej przy użyciu tabeli do oceny danych ich doświadczeń (patrz **RYS. 9**). Doświadczenie można przeprowadzić też za pomocą obliczeń przy użyciu reguł rządzących swobodnie spadającymi przedmiotami (przyspieszenie linowe), patrz również scenariusz „Pij i żyj”, str. 30.

$$s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{[2 \cdot h]}{g}}$$

t: czas reakcji [s]

h: pokonany dystans [m]

g: przyspieszenie ziemskie; $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

3 | ZADANIE UCZNIÓW

Wszystkie doświadczenia można przeprowadzić bez żadnego sprzętu specjalistycznego. Aby dowiedzieć się, jak używać analizy wideo lub smartfonów, należy zapoznać się z broszurą iStage 2^[9].

Podstawowe zasady, np. obliczania pola prostokąta lub wyrażania wyniku w postaci procentów, nie będą tutaj objaśniane.

3 | 1 Ruch

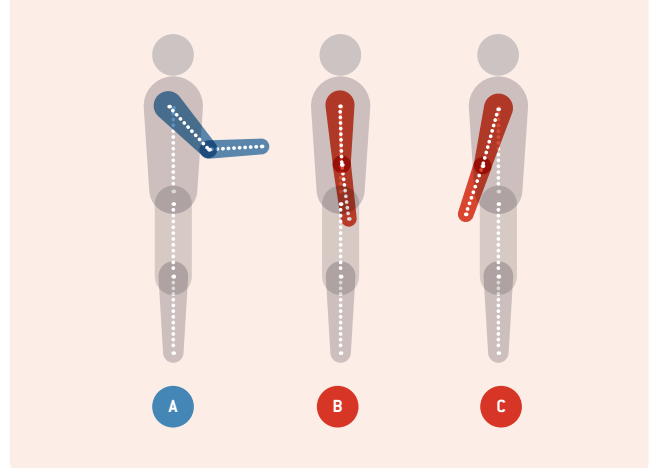
3 | 1 | 1 Jak szybko biegać

Co będzie potrzebne: taśma miernicza, stopery, narzędzia do oznaczania

Do dokładniejszej analizy potrzeba: kamery cyfrowej lub smartfona, oprogramowania do analizy wideo (np. Tracker^[10]).

- Wyznaczcie dystans biegu (długość: 15 m–20 m) i wyraźnie oznaczcie linię startu i linię mety. Umieście punkt startu w niewielkiej odległości (ok. 5 m) przed linią startu.
- Odnotujcie czas potrzebny na przebiegnięciu dystansu przy założeniu, że biegacze będą przyjmować różne ułożenie rąk: A) standardowy ruch (normalny) B) ręce opuszczone prosto do dołu, C) ręce za plecami (patrz **RYS. 5**). Biegacze powinni wykonać start lotny.

RYS. 5 Różne ułożenia rąk



- Powtórzcie pomiary różnych typów biegów trzykrotnie (każdy uczeń). Aby zebrać więcej danych, jednocześnie może biec dwóch lub trzech uczniów.
- Przeanalizujcie i porównajcie zmierzone czasy (po obliczeniu średniej dla każdego rodzaju biegu). Czy uczniowie poruszają się szybciej niż zwykle, jeśli pomagają sobie rękoma (jak pokazano na **RYS. 1**)?

Ćwiczenia dodatkowe:

- Nagracie filmy z poszczególnych biegów. Możecie użyć kodowania czasowego na filmie, aby zmierzyć czas biegu.
- Użyjcie umocowanej na stałe kamery, aby nagrać filmy, które zostaną następnie przeanalizowane przez oprogramowanie.

Oprogramowanie automatycznie obliczy prędkość i przyspieszenie ucznia na filmie.

- Oszacujcie utratę energii podczas biegu bez użycia rąk (ruch B i C). Obliczcie średnią prędkość i energię kinetyczną dla wszystkich trzech rodzajów ruchu w następujący sposób:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot \bar{v}^2.$$

E_{kin} : energia kinetyczna [J]

m : masa ucznia [kg]

\bar{v} : średnia prędkość [$\frac{m}{s}$]

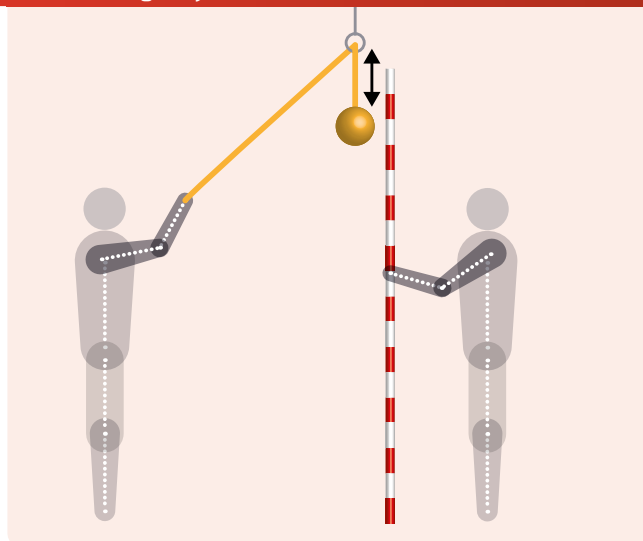
- Przeanalizujcie kolejne rodzaje ruchu typowe dla piłki nożnej przy trzech ułożeniach rąk, np. zmiana kierunku, początek ruchu.

3 | 1 | 2 **Jak skakać wysoko**

Potrzebny sprzęt: sznurek (lub lina), miękka piłka (lub inny przedmiot, który uczniowie mogą uderzyć głową), łąta pomiarowa

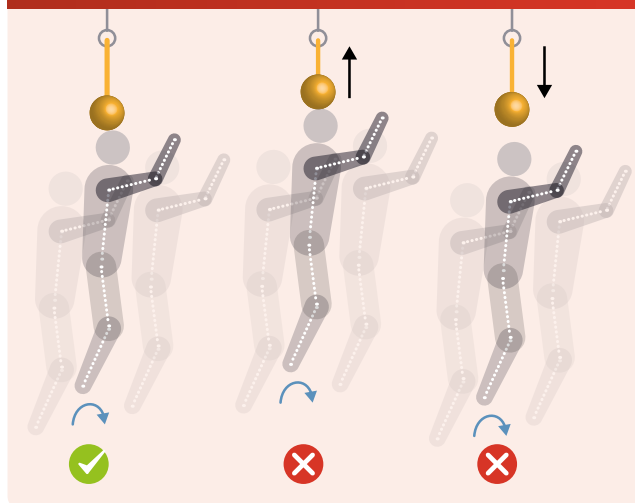
Do dokładniejszej analizy potrzeba: kamery cyfrowej lub smartfona, oprogramowania do analizy wideo (np. Tracker^[10]).

RYS. 6 Konfiguracja wahadła



- Zbudujcie proste wahadło (sznurek, miękka piłka) (patrz **RYS. 6**). Upewnijcie się, że możecie bez trudu zmieniać długość wahadła.
- Zmierzcie wysokość skoków z rękoma w następujących położeniach: A) ręce wyprostowane do dołu, B) ręce za plecami, C) ręce zwisające (jak zwykle). Wyregulujcie długość sznurka, na którym wisi miękka piłka, tak aby uczeń nie mógł dotknąć głową piłki, stojąc pod nią.
 1. Stańcie bezpośrednio pod piłką.
 2. Podskoczcie i spróbujcie uderzyć głową w piłkę.
 3. Jeśli możecie prawie dotrzeć głową do piłki, zmierzcie odległość pomiędzy dolną częścią piłki a ziemią. Jeśli uderzacie głową w piłkę, zawieście wahadło wyżej i powtórzcie wyskok. Jeśli nie możecie dotrzeć wahadła, obniżcie je i powtórzcie wyskok (patrz **RYS. 7**).

RYS. 7 Ustawianie wahadła



Przed skokiem przyjmijcie odpowiednią pozycję w przysiadzie. Upewnijcie się, że wykonujecie wyskok za każdym razem z tej samej pozycji.

- Przeanalizujcie i porównajcie zmierzone wysokości skoków. Czy skaczecie wyżej, jeśli rozbujaacie ręce i uniesiecie je do góry w ostatnim momencie? ^[6]

Ćwiczenia dodatkowe:

- Zmierzcie swój wzrost (stojąc na palcach). Obliczcie energię, jaką produkuje Wasze ciało podczas skoku, korzystając ze wzoru w części 2.1 *Ruch*.
- Użyjcie umocowanej na stałe kamery, aby nagrać filmy, które zostaną następnie przeanalizowane przez oprogramowanie. Wówczas nie będzie potrzebne wahadło. Pamiętajcie, aby dodać skalę do swojego filmu, tak abyście mogli wyznaczyć wysokość na nagraniu. Możecie także oszacować zakres czasu skoku (najniższy punkt bioder – palce odrywają się od ziemi). W ten sposób możecie oszacować energię, jaką produkuje Wasze ciało podczas skoku, korzystając ze wzoru w części 2.1 *Ruch*.
- Użyjcie czujnika przyspieszenia w smartfonie. Przyczepcie go gdzieś blisko ramienia ^[6], aby odnotować dodatkowe przyspieszenie wynikające z ruchu rąk podczas skoku (patrz **RYS. 8**). Możecie również umieścić smartfon wygodnie w kieszeni spodni, aby odnotować całkowite przyspieszenie środka masy. Jakich efektów się spodziewacie?
- Przeanalizujcie spektrum przyspieszenia podczas skoku. Spróbujcie zidentyfikować różnorodne pozycje podczas skoku.

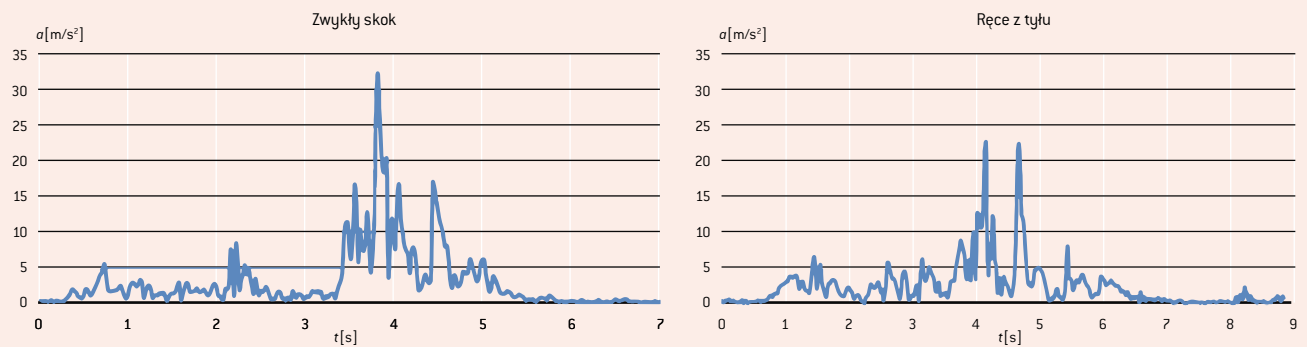
3 | 2 **Powierzchnia ciała zawodnika**

Potrzebny sprzęt: blok techniczny, ołówek, linijka

Do dokładniejszej analizy potrzeba: kamery cyfrowej lub smartfona, oprogramowania GeoGebra ^[8]

- Narysujcie kształt ciała zawodnika, używając skórek Minecraft (możecie również użyć edytora skórek, np. skórki nova ^[7]). Na-

RYS. 8 Przyspieszenie skoku zarejestrowane za pomocą analizatora miernika przyspieszenia [11] aplikacja na smartfon



rysujcie drugiego zawodnika z rękoma w poziomie. Dodajcie piłkę do każdego rysunku i zaznaczcie powierzchnię, gdzie piłka mogłaby uderzyć każdego z narysowanych zawodników (patrz RYS. 3).

- Obliczcie powierzchnię tego obszaru. Który zawodnik ma większą powierzchnię, którą mógłby uderzyć w piłkę? Porównajcie obie powierzchnie i wyrażcie różnicę w postaci procentowej.

Ćwiczenia dodatkowe:

- Zróbcie sobie zdjęcie z rękoma blisko ciała i drugie z rękoma w naturalnym ułożeniu. Spróbujcie naśladować niektóre typowe ruchy zawodników. Pamiętajcie, aby dodać skalę i piłkę do zdjęcia.
- Zaimportujcie zdjęcia do narzędzia GeoGebra i spróbujcie oszacować powierzchnię, którą można uderzyć w piłkę. Dodajcie koło (piłkę) i wybierzcie opcję *Show Trace* (Pokaż ślad) w menu kontekstowym. Po nakreśleniu śladu ciała dodajcie zarys, używając opcji *Pen* (Ołówek) (patrz RYS. 4). Wypróbujcie różne metody szacowania powierzchni. Jak można by zoptymalizować Wasze metody?

3 | **Czas reakcji**

Potrzebny sprzęt: linijka (30 cm)

Do dokładniejszej analizy potrzeba: kamery cyfrowej lub smartfona

- Grupę należy podzielić na pary. Jeden z uczniów w każdej parze trzyma linijkę, a drugi ma palce blisko oznaczenia 0 cm.
- Pierwszy uczeń puszcza linijkę, a drugi stara się złapać ją jak najszybciej. Odczytajcie odległość, na jaką spadła linijka.
- Teraz możecie sprawdzić swój czas reakcji, porównując tę odległość z danymi na RYS. 9.

RYS. 9 Czas reakcji

<i>h</i>	<i>t</i>	<i>h</i>	<i>t</i>	<i>h</i>	<i>t</i>
[cm]	[s]	[cm]	[s]	[cm]	[s]
1	0,045	11	0,150	21	0,207
2	0,064	12	0,156	22	0,212
3	0,078	13	0,163	23	0,217
4	0,090	14	0,169	24	0,221
5	0,101	15	0,175	25	0,226
6	0,111	16	0,181	26	0,230
7	0,119	17	0,186	27	0,235
8	0,128	18	0,192	28	0,239
9	0,135	19	0,197	29	0,243
10	0,143	20	0,202	30	0,247

Ćwiczenia dodatkowe:

- Obliczcie swój czas reakcji, używając równania podanego w części 2.3 *Czas reakcji*.
- Przygotujcie tabelę dla młodszych uczniów, aby pomóc im sprawdzić ich czas reakcji w tym doświadczeniu.
- Zaprojektujcie doświadczenie do pomiaru czasu reakcji przy użyciu mediów cyfrowych.

4 | **WNIOSEK**

W tym scenariuszu uczniowie dowiadują się, że używanie przez piłkarza rąk (nawet jeśli nie dotyka piłki) odgrywa kluczową rolę w kontekście uzyskania lepszych wyników podczas meczu. Jednocześnie zwiększa jednak możliwość nieczystego zagrania.

O ile nam wiadomo, jest to pierwsze zbadanie różnych aspektów używania rąk podczas gry w piłkę nożną. W efekcie uzyskaliśmy zaledwie kilka pomysłów, jak poradzić sobie z tym tematem.

Inne ważne tematy, które można uwzględnić w ramach tego scenariusza:

- Ochrona (np. rzut wolny): Graczom nie wolno używać rąk do ochrony ciała (np. twarzy) przed strzałami. Uczniowie obliczają siłę piłki w momencie uderzenia ciała zawodnika.

- Czas reakcji i ruchy rąk: Jaki jest najszybszy sposób, aby zbliżyć ręce do ciała? Uczniowie mierzą czas i trajektorię wyciągniętych rąk w trakcie przybliżania ich do ciała.
- Użycie rąk z punktu widzenia bramkarza: Jaki jest najlepszy sposób poruszania rękoma/wyciągania rąk, aby obronić strzał na bramkę?

5 | MOŻLIWOŚCI WSPÓŁPRACY

Uczniowie mogą podzielić się swoimi wynikami i pomysłami z innymi:

- wgrując wyniki/pliki na stronę/platformę internetową. Wgrane dane mogą być wykorzystane przez innych uczniów^[6].
- grając w piłkę nożną z przyjaciółmi i opowiadając im o iStage 3.

ŹRÓDŁA

- ^[1] FIFA: Reguły gry 2015/2016
www.fifa.com/mm/Document/FootballDevelopment/Refereeing/02/36/01/11/LawsofthegamewebEN_Neutral.pdf
 [str. 121]
- ^[2] Argentyna przeciwko Anglii (Mistrzostwa Świata FIFA 1986)
https://en.wikipedia.org/wiki/Argentina_v_England_%281986_FIFA_World_Cup%29 [08/03/2016]
- ^[3] Mecze piłki nożnej w 2009 pomiędzy Republiką Irlandii a Francją https://en.wikipedia.org/wiki/2009_Republic_of_Ireland_v_France_football_matches [08/03/2016]
- ^[4] Eamon Dunphy: The FIFA payment to the FAI was like something from The Sopranos
www.independent.ie/sport/soccer/international-soccer/eamon-dunphy-the-fifa-payment-to-the-fai-was-like-something-from-the-sopranos-31279282.html; publikacja z dnia 04.06.2015
- ^[5] Christopher J. Arellano, Rodger Kram: „The metabolic cost of human running: Is swinging the arms worth it?”
<http://jeb.biologists.org/content/217/14/2456.abstract>
- ^[6] Pod adresem www.science-on-stage.de/iStage3_materials znajdują się filmy do tych ćwiczeń oraz opisy sposobów, jak udostępniać wyniki.
- ^[7] <http://minecraft.novaskin.me/>
- ^[8] www.geogebra.org
- ^[9] iStage 2 – Smartfony w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych; publikacja w języku ang.
www.science-on-stage.de/iStage2_publication_EN
- ^[10] www.physlets.org/tracker
- ^[11] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lul.accelerometer> [27/04/2016]

PIŁKA

Skupmy się teraz na najważniejszym przedmiocie w piłce nożnej: samej piłce! W tej grze chodzi przecież głównie o piłkę. Jeśli potraficie manewrować tym pozornie prostym urządzeniem, Wasze szanse wygranej są znacznie większe. Nauka może Wam wiele powiedzieć na temat skomplikowanego zachowania tego kulistego przedmiotu. Czy na pewno jest kulisty? Czy jest to ciało stałe? Zastosujemy metody poznane w szkole i dokonamy pewnych przybliżeń. Dzięki temu będziemy mogli przewidzieć przebieg rzeczywistych zjawisk.

Nasi uczestnicy przygotowali trzy scenariusze zajęć, z których każdy prezentuje różne aspekty piłki.

Przed meczem musimy napompować piłkę. W scenariuszu zajęć „Pod ciśnieniem” uczniowie dowiedzą się, że powietrze ma masę i że mogą zważyć powietrze, używając bardzo prostych urządzeń domowych. Ponadto ilość powietrza w piłce zmienia ciśnienie, które z kolei zmienia właściwości odbijania się piłki. Ciśnienie wewnątrz piłki zmienia współczynnik restytucji, tj. tego, jak wysoko piłka się odbija. Wszystko to można zrozumieć, traktując powietrze jako gaz doskonały składający się mniej więcej z dwudziestu procent tlenu i osiemdziesięciu procent azotu. Prawa dotyczące gazów są przydatne!

W naszym następnym scenariuszu będziemy dokładnie w połowie gry. Bramkarz myśli: „Nie dotykaj ziemi!”, ponieważ wie, że kierunek i prędkość odbijającej się piłki może się zmienić znacząco, kiedy piłka uderzy w ziemię. Klasyczne reguły mechaniki pomogą nam zrozumieć, o co chodzi. Analizując obracającą się piłkę, która odbija się od ziemi, uczniowie rozumieją, jak zmiana energii kinetycznej ruchu obrotowego w energię kinetyczną ruchu translacyjnego może prowadzić do dziwnego efektu, kiedy to piłka nabierze znacznej prędkości, po prostu uderzając w ziemię. Zmianę kierunku piłki można wyjaśnić przy pomocy klasycznych reguł mechaniki.

Aby zmienić kierunek, ta pozornie prosta kula nie musi nawet uderzyć w ziemię. Interakcja piłki z powietrzem wokół niej wystarczy, aby zawodnik mógł wykonać podkręcony strzał. W ramach scenariusza „Po(d)kręcona fizyka” uczniowie zdobędą wiedzę na temat aerodynamiki piłki. Jak wiemy z pracy Daniela Bernoulliego, szybszy ruch powietrza prowadzi do redukcji ciśnienia. Poprzez tarcie obracająca się piłka zmienia prędkość powietrza po swojej jednej stronie względem powietrza po drugiej stronie. Wynikowa różnica w ciśnieniu może zmienić ścieżkę lotu piłki w zaskakujący sposób – jest to tak zwany efekt Magnusa. W rzeczywistości efekt ten



jest dość trudny do szczegółowego zrozumienia i producenci piłek do gry w piłkę nożną poświęcają sporo czasu i wysiłku na ukształtowanie powierzchni piłki w taki sposób, aby zapewniała jak najlepszy przepływ powietrza, tj. aby zapewnić jednakowy wzrost oporu powietrza przy rosnącej prędkości. Jednakże nasi uczestnicy opracowali scenariusz zajęć, który ten dość trudny temat prezentuje w sposób przystępny dla uczniów szkoły średniej na drodze doświadczeń i symulacji.

Te trzy scenariusze to świetne przykłady, które pokazują, jak fizyka na poziomie szkolnym może wyjaśnić zachowanie piłki, czyli jednego z najważniejszych przedmiotów w życiu pozawirtualnym z punktu widzenia naszych uczniów. Kilku najlepszych nauczycieli fizyki w Europie wykonało tutaj fantastyczną pracę.


DR JÖRG GUTSCHANK


Leibniz Gymnasium / Dortmund International School
Przewodniczący Science on Stage Deutschland
Główny koordynator projektu


KIRSTEN BIEDERMANN · ANDERS FLORÉN · PHILIPPE JEANJACQUOT · DIONYSIS KONSTANTINOU · CORINA TOMA

POD CIŚNIENIEM



 piłka, masa, waga, pompka, ciśnienie, gaz doskonały, zderzenie sprężyste, współczynnik restytucji

 fizyka, matematyka, TIK

 Ten scenariusz zajęć nadaje się do wykorzystania podczas lekcji z uczniami w różnym wieku, od szkoły podstawowej przez gimnazjum aż do szkoły średniej. Obie części można zmodyfikować i dostosować do poziomu uczniów:

Poziom 1: Dla uczniów szkół podstawowych (wiek: 9–12 lat)

Poziom 2: Dla uczniów szkół gimnazjalnych (wiek: 12–15 lat)

Poziom 3: Dla uczniów szkół średnich (wiek: 15–18 lat)

1 | STRESZCZENIE

Czy kiedykolwiek zastanawialiście się, jak ważne jest ciśnienie powietrza w piłce nożnej? W tym scenariuszu zajęć zaprezentowano różne ćwiczenia dotyczące ciśnienia. Pierwsze ćwiczenie rozpoczyna się pomiarem masy powietrza wewnątrz piłki oraz wskazuje jej powiązanie z ciśnieniem wewnętrznym. Drugie ćwiczenie bada zależność maksymalnej wysokości osiągniętej przez piłkę po pierwszym zderzeniu lub odbiciu się od ciśnienia wewnątrz piłki oraz jednocześnie prezentuje znaczenie stanu powierzchni podłoża.

2 | WPROWADZENIE KONCEPCYJNE

Naszym celem jest pokazanie, że za pomocą prostych doświadczeń uczniowie mogą zmierzyć masę powietrza wewnątrz piłki, a następnie zweryfikować liniową zależność pomiędzy ciśnieniem a masą zgodnie z równaniem stanu gazu doskonałego. Na końcu uczniowie zbadają znaczenie ciśnienia w procesie odbijania i zastosują zasadę zachowania energii mechanicznej.

2 | 1 Część 1: Masa powietrza a ciśnienie

Patrz szczegóły ćwiczeń w części 3 *Zadanie uczniów*.

Poziom 1:

Można przeprowadzić dwa różne i niezależne ćwiczenia. Pierwsze skupia się na masie powietrza oraz sposobie zmierzenia masy powietrza wewnątrz piłki. Nauczyciel może przyjąć podejście badawcze i zapytać uczniów, jak ich zdaniem można by obliczyć masę powietrza wewnątrz piłki. Uczniowie będą proponować rozwiązania i wykonywać doświadczenia, np. używając wagi, pompując piłkę i sprawdzając masę piłki po napompowaniu. W drugim ćwiczeniu uczniowie skupią się na objętości oraz na metodach wyznaczania zewnętrznej objętości piłki (np. z wiadrzem wody).

Poziom 2:

Zmierzcie masę powietrza wewnątrz piłki przy różnym ciśnieniu. Znajdźcie związek pomiędzy ciśnieniem a masą powietrza (założenie: objętość piłki nie zmienia się wraz ze wzrostem ciśnienia). Uczniowie mogą sporządzić wykres prezentujący masę powietrza przy różnym ciśnieniu. Uczniowie mogą także zmierzyć objętość piłki. Doświadczenie to można również wykorzystać do poznania siły wyporu piłki w powietrzu.

Poziom 3:

Uczniowie mogą wykonać takie same doświadczenia jak uczniowie na poziomie 2. Porównaj swój wykres zależności pomiędzy masą a ciśnieniem powietrza wewnątrz piłki przy użyciu równania stanu gazu doskonałego i oblicz różne parametry gazu na podstawie nachylenia wykresu.

2 | 2 Część 2: Zależność wysokości odbicia od ciśnienia

Poziom 1:

Zbadajmy różnice wysokości odbicia piłek (jakościowo): Upuśćcie dwie piłki z tej samej wysokości i odnotujcie bezpośredni wpływ różnego ciśnienia wewnątrz piłki. Wybierzcie procedurę, dane do zbierania, zbierzcie dane i omówcie je po zakończeniu doświadczenia.

Poziom 2:

Zbadajmy różnice wysokości odbicia piłek (jakościowo): Zmierzcie maksymalną wysokość po pierwszym odbiciu, a następnie powtórzcie doświadczenie dziesięć razy, poszukując sposobu wykrycia wysokości, na przykład nagrywając film w dużej prędkości smartfonem. Poszukajcie czynników przypadkowych i innych, które wpływają na wyniki i obliczcie średnią wysokość.

Poziom 3:

Zastanówcie się nad wykorzystaniem modelu matematycznego swobodnego spadku do analizy danych. Rozpocznijcie od poziomu 2, przeanalizujcie dane, aby obliczyć stratę energii, używając równania $E_{pot} = m \cdot g \cdot h$ i porównując energię na początku doświadczenia ($h = 1$ m lub inna wartość) oraz po pierwszym uderzeniu piłki w ziemię. Uczniowie mogą także obliczyć czas odbicia i maksymalną prędkość podczas pierwszego kontaktu z ziemią, a następnie spróbować ją zmierzyć. Na końcu mogą porównać energię potencjalną i kinetyczną (E_{pot} i E_{kin}) i obliczyć współczynnik restytucji (patrz 3.2.1).

E_{pot} : energia potencjalna [J]

m : masa piłki [g]

g : przyspieszenie ziemskie, $g = 9,81 \frac{m}{s^2} = 9,81 \frac{N}{kg}$

h : wysokość osiągnięta przez piłkę [m]

Część 2 można przeprowadzić na różnych nawierzchniach, np. na trawie, podłodze sali gimnastycznej, asfalcie, betonie, mokrej trawie, krótkiej i dłuższej trawie oraz na piasku. Uczniowie na wszystkich poziomach powinni postawić własne hipotezy, omówić je i przeanalizować doświadczenia na różnych poziomach. Idąc jeszcze dalej, można by spróbować przygotować tabelę pokazującą ciśnienie niezbędne do tego, aby piłka w ogóle się odbiła na różnych powierzchniach, na przykład na różnych stadionach.

3 | ZADANIE UCZNIÓW

Ten scenariusz zajęć jest podzielony na dwie części: pomiar masy w zależności od ciśnienia wewnątrz piłki oraz pomiar zależności pomiędzy wysokością odbicia a ciśnieniem wewnątrz piłki.

Istnieją dwa różne sposoby przeprowadzenia pomiaru ciśnienia.

Ciśnienie względne to różnica pomiędzy ciśnieniem wewnątrz piłki a ciśnieniem atmosferycznym (na zewnątrz piłki); do pomiaru ciśnienia względnego służy manometr. Używamy tego ciśnienia w części 1.

Ciśnienie bezwzględne to całkowita wartość ciśnienia. Używamy tego ciśnienia w części 2.

3 | 1 Część 1: Zmierzcie masę gazu w zależności od ciśnienia

Potrzebny sprzęt: pompka, manometr (narzędzie do pomiaru ciśnienia), waga (z dokładnością do 0,1 g i zakresem pomiaru od 0 do 1000 g), dysza do napompowania piłki, szklanka do położenia piłki na wadze i piłka nożna.

Jeśli szkoła nie dysponuje takim sprzętem, doświadczenie można przeprowadzić, używając tanich urządzeń

(najłatwiejszym sposobem jest umieszczenie manometru na pompce. Jeśli nie można tego zrobić, można poszukać taniego manometru do opon samochodowych, dysza ma taki sam rozmiar jak ta używana do piłek.).

3 | 1 | 1 Procedura

Opisujemy wszystkie szczegóły naszej procedury. Niektóre jej fragmenty można pominąć, jeśli okażą się nieodpowiednie dla konkretnej grupy uczniów.



RYS. 1 Piłka w wiadrze

▪ Zmierzcie objętość piłki (z powietrzem i bez powietrza wewnątrz)

Aby zmierzyć objętość piłki, możecie użyć wiadra napełnionego wodą i zmierzyć różny poziom wody: z piłką i bez piłki. Uważajcie, ponieważ piłka nożna jest wykonana ze skóry, która może nasiąknąć wodą, co zwiększyłoby masę piłki. Aby tego



RYS. 2 Pomiar poziomu w celu obliczenia objętości wody

uniknąć, można włożyć piłkę do worka foliowego. Ciśnienie wody wokół piłki spowoduje przyłgnięcie worka do piłki. Objętość będzie taka sama z workiem foliowym, jak i bez niego.

Jeśli nie chcecie używać worka foliowego wokół piłki, przeprowadźcie pomiar masy piłki przed pomiarem objętości.

Objętość można zmierzyć, patrząc na różny poziom wody wewnątrz wiadra. Jeśli uczniowie nie potrafią obliczyć objętości wody w wiadrze, mogą napełnić je po brzegi, wepchnąć piłkę i zmierzyć objętość wylanej wody.

W tym przypadku objętość pustej piłki to 1,65 l, a objętość pełnej piłki to 5 l. Oznacza to, że wewnątrz znajduje się $5 \text{ l} - 1,65 \text{ l} = 3,35 \text{ l}$ powietrza.

▪ Zmierzcie masę z powietrzem wewnątrz

Postawcie szklankę na wadze, wytarujcie wagę, postawcie piłkę na wadze i zmierzcie jej masę.

W tym doświadczeniu używamy wagi z dokładnością do 0,1 g i zakresem pomiaru od 0 do 1000 g), piłki nożnej oraz pompki z manometrem.



RYS. 3 Piłka na wadze



RYS. 4 Pomiar masy pustej piłki

- **Zmierzcie masę powietrza wewnątrz piłki przy różnym ciśnieniu**

(na przykład $m_{piłki} = 408,0 \text{ g}$)

- **Napompujcie piłkę, aby mieć takie samo ciśnienie wewnątrz i na zewnątrz piłki**

Ciśnienie względne lub różnica ciśnienia pomiędzy ciśnieniem wewnątrz i na zewnątrz piłki wynosi $P = 0$ barów. Zmierzcie masę piłki $m_{piłki} = 408,0 \text{ g}$ (taka sama masa jak wcześniej!).

3 | 1 | 2 **Analiza: Dlaczego masa jest taka sama z powietrzem wewnątrz piłki, jak i bez powietrza?**

- **Wskazówka:** Powietrze wokół nas to płyn, który wytwarza siłę mającą takie same właściwości jak siła wytworzona, kiedy wkładamy coś do wody.
- **Odpowiedź:** Masa powietrza wewnątrz piłki jest zrównoważona przez siłę wyporu powietrza wokół piłki.
- Zmierzcie masę powietrza tej samej piłki przy różnym ciśnieniu. Na manometrze odczytacie ciśnienie względne.
- Zbierzcie dane w arkuszu kalkulacyjnym. Na przykład możecie zmierzyć masę przy ciśnieniu względnym $P = 0,35 \text{ bara}$; $P = 0,5 \text{ bara}$; $P = 0,6 \text{ bara}$; $P = 0,75 \text{ bara}$; $P = 0,9 \text{ bara}$; $P = 1,05 \text{ bara}$ lub innym.
- Narysujcie krzywą m względem P .
- Znajdźcie najlepiej dopasowaną krzywą (to funkcja liniowa).
- Znajdźcie powiązanie pomiędzy nachyleniem linii prostej a równaniem stanu gazu doskonałego: $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$

Aby pomóc uczniom zrozumieć równanie stanu gazu doskonałego, nauczyciel może dać im kilka podpowiedzi.

- **Pierwsza wskazówka:** Krzywa liniowa ma równanie

$$m_{całkowita} = a \cdot P + m_{piłki}$$

lub $m_{całkowita} = m_{gazu} + m_{piłki}$

Oznacza to, że: $m_{gazu} = a \cdot P$.

- **Druga wskazówka:** $n_{gazu} = \frac{m_{gazu}}{M_{gazu}}$.

- m : masa [g]
- P : ciśnienie względne [Pa]
- a : współczynnik nachylenia krzywej [$\frac{\text{g}}{\text{bar}}$]
- V : objętość [m^3]
- n : ilość substancji [mol]
- M : masa molowa [$\frac{\text{g}}{\text{mol}}$]
- R : stała gazu doskonałego, $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$
- T : temperatura [K]

- **Trzecia wskazówka:** Gaz (tutaj powietrze) składa się mniej więcej w 20% tlenu i w 80% azotu.

$$M_{O_2} = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad \text{i} \quad M_{N_2} = 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

3 | 2 **Część 2: Pomiar wysokości odbicia w zależności od ciśnienia**

3 | 2 | 1 **Teoria**

Czy kiedykolwiek zastanawialiście się, jak ważne jest ciśnienie wewnątrz piłki? Pokażemy, że współczynnik restytucji e (sprężystość) zależy od tego ciśnienia.

Co to jest współczynnik restytucji? Kiedy piłka spada, łąduje z pewną prędkością względem ziemi, co nazywa się prędkością przed zderzeniem. Po zderzeniu sprężystym z ziemią prędkość po zderzeniu będzie miała inną wartość niż przed zderzeniem, ponieważ część pierwotnej energii kinetycznej zostanie utracona:

$$e = \frac{v_{po \text{ zderzeniu}}}{v_{przed \text{ zderzeniem}}}$$

Współczynnik ten można bardzo łatwo obliczyć, jeśli zmierzy się pierwotną wysokość h_1 , z której spada piłka, a następnie maksymalną wysokość h_2 , na jaką piłka wzniesie się po odbiciu od ziemi.

Stosujemy tutaj zasadę zachowania energii:

$$mgh_1 = \frac{mv^2_{przed \text{ zderzeniem}}}{2} \quad mgh_2 = \frac{mv^2_{po \text{ zderzeniu}}}{2}$$

Więc: $e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$.

e : współczynnik restytucji

v : prędkość [$\frac{\text{m}}{\text{s}}$]

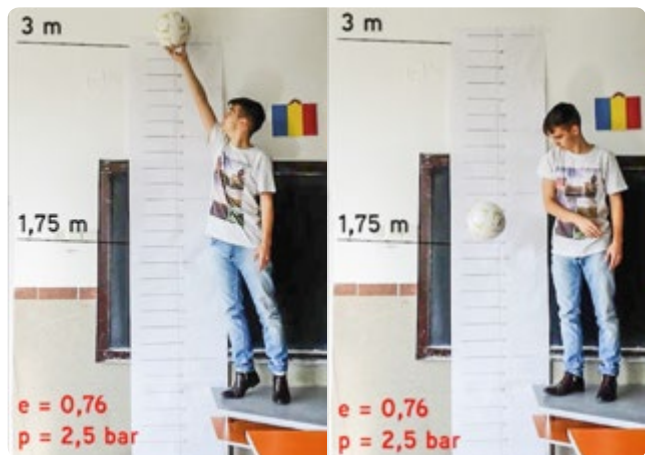
m : masa [g]

g : przyspieszenie ziemskie, $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

h : wysokość [m]

3 | 2 | 2 **Doświadczenie**

Upuszczamy piłkę z wysokości (h_1), a następnie odnotowujemy wysokość (h_2), na jaką piłka się wzniesie po odbiciu na ziemi. Możemy zmierzyć obie te wysokości na filmach.



RYS. 5 Trzymanie piłki na wysokości h_1 (po lewej); upuszczanie piłki (po prawej)

Doświadczenie to można wykonać z różnymi rodzajami piłek i na różnych nawierzchniach^[1].

4 | **WNIOSEK**

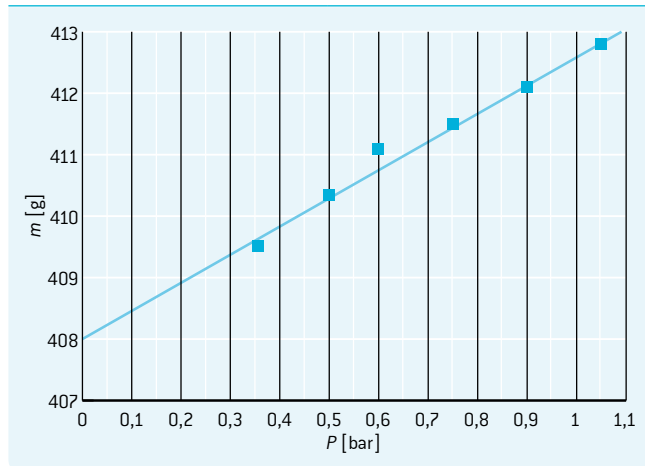
4 | 1 **Część 1: Pomiar masy w zależności od ciśnienia**

4 | 1 | 1 **Przykład pomiaru masy względem ciśnienia w piłce**

Masa piłki to $m_{piłki} = 408,0$ g przy $P = 0$ barów.
Objętość powietrza w piłce wynosi $V = 3,35$ l.

RYS. 6 m [g] w zależności od P [bar] (ciśnienie względne)

P [bar]	m [g]
0,75	411,5
0,35	409,5
1,05	412,8
0,9	412,1
0,6	411,1
0,5	410,3



4 | 1 | 2 **Przykład obliczenia zgodnie z równaniem stanu gazu doskonałego:**

Tutaj równanie krzywej to $m = 4,5711 \frac{\text{g}}{\text{bar}} \cdot P + 408,0$ g.

Widzimy, że wartość 408 to masa pustej piłki w gramach.

lub $m_{całkowita} = a \cdot P + m_{piłki}$

m : masa całkowita [g]

P : ciśnienie [bar]

a : współczynnik nachylenia krzywej [$\frac{\text{g}}{\text{bar}}$]

W tym przypadku $a = 4,5711 \frac{\text{g}}{\text{bar}}$.

Wartość a można obliczyć z równania stanu gazu doskonałego:

$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$.

P : ciśnienie [Pa], 1 bar = 10^5 Pa

V : objętość [m^3]

n : ilość gazu [mol]

R : stała gazu doskonałego, $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$

T : temperatura [K]

M : masa molowa [$\frac{\text{g}}{\text{mol}}$]

To oznacza, że $n_{\text{gazu}} = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$ i $m_{\text{gazu}} = M_{\text{gazu}} \cdot \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$

lub $m_{\text{gazu}} = \frac{M_{\text{gazu}} \cdot V}{R \cdot T} \cdot P$

a w rozdziale 3.2.1 widzieliśmy już, że $m_{\text{gazu}} = a \cdot P$,

więc $a = \frac{M_{\text{gazu}} \cdot V}{R \cdot T}$.

Powietrze składa się w przybliżeniu z 20% tlenu i 80% azotu, tak więc tutaj

$M_{\text{gazu}} = \frac{20 \cdot M_{O_2} + 80 \cdot M_{N_2}}{100}$

$M_{\text{gazu}} = \frac{20 \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 80 \cdot 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{100}$

$M_{\text{gazu}} = 28,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

Dla tej piłki

$V = 3,35 \text{ l} = 3,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

$T = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$

$a = \frac{M_{\text{gazu}} \cdot V}{R \cdot T}$

$a = \frac{28,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 3,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{8,31 \frac{\text{J}}{\text{K mol}} \cdot 293 \text{ K}} = 3,96 \cdot 10^{-5} \frac{\text{g}}{\text{Pa}}$.

Tyle wyniesie ta wartość, jeśli P mierzone jest w Pa. Dla P mierzonego w barach wartość ta musi być pomnożona przez 10^5 (ponieważ 1 bar = 10^5 Pa).

$a = 3,96 \frac{\text{g}}{\text{bar}}$

Najlepsze dopasowanie krzywej otrzymujemy dla $a = 4,57 \frac{\text{g}}{\text{bar}}$.

Jeśli porównamy te dwa wyniki, to względna różnica między nimi wynosi:

$$d = \frac{4,57 - 3,96}{4,57} = 0,13.$$

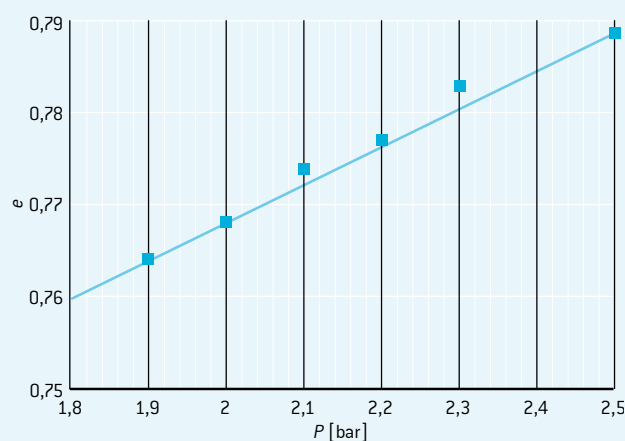
Możemy omówić błędy powiązane z pomiarem: Tutaj dokładność manometru wynosi 0,05 bara na każdy 1 bar. W pustej piłce w momencie pomiaru jej objętość może nadal być powietrze.

4 | 2 Część 2: Pomiar odbicia w zależności od ciśnienia

W naszym doświadczeniu zmieniliśmy wewnętrzne ciśnienie w dwóch różnych piłkach i otrzymaliśmy następujące wyniki:

RYS. 7 Współczynnik restytucji e w zależności od ciśnienia bezwzględnego P (Piłka 1)

P [bar]	e
1,9	0,764
2,0	0,768
2,1	0,774
2,2	0,777
2,3	0,783
2,5	0,789



Tutaj P to ciśnienie bezwzględne w barach.

W przypadku pierwszej piłki zależność jest liniowa, ponieważ różnica w ciśnieniu nie jest zbyt duża.

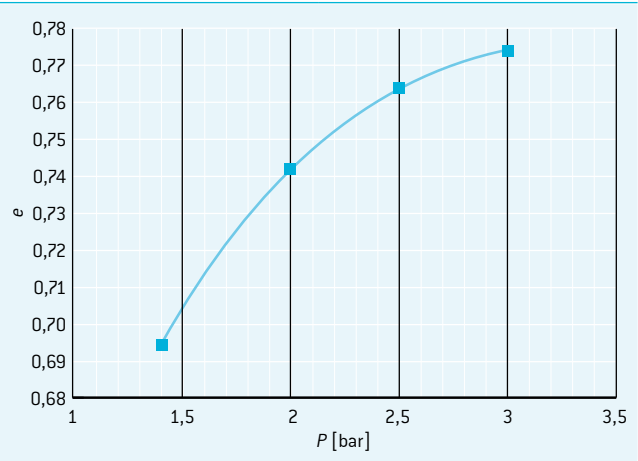
W przypadku drugiej piłki otrzymaliśmy krzywą. Kiedy ciśnienie jest zbyt duże, piłka traci sprężystość i współczynnik restytucji wydaje się być maksymalny.

Podczas tych dwóch eksperymentów piłka została upuszczona na podłogę i można zauważyć, że współczynnik restytucji wynosi 0,77 przy ciśnieniu 3 barów.

Następnie zmieniliśmy powierzchnię, ale ciśnienie wewnątrz piłki pozostało na poziomie 3 barów. Na trawie współczynnik restytucji był niższy: $e = 0,57$. Na sztucznej trawie współczynnik uzyskał wartość 0,74^[1].

RYS. 8 Współczynnik restytucji e w zależności od ciśnienia bezwzględnego P (Piłka 2)

P [bar]	e
1,4	0,695
2,0	0,742
2,5	0,764
3,0	0,774



5 | WNIOSK

Piłki do gry w piłkę nożną to bardzo dobre przedmioty do nauki reguł rządzących gazami, właściwości ciśnienia i wydajności odbić. Uczniowie mogą poznać prawa fizyki, używając piłki, która jest sprzętem sportowym. Mogą dostrzec powiązanie pomiędzy prawami fizyki, w tym wypadku równaniem stanu gazu doskonałego, a codziennym życiem.

Co ciekawe, zagadnienia omawiane w ramach tego scenariusza można uwzględnić na zajęciach prowadzonych z uczniami w różnym wieku – od 6 do 18 lat. Omawiane ćwiczenia można łatwo dostosować do dowolnego programu nauczania.

6 | MOŻLIWOŚCI WSPÓŁPRACY

Wyniki różnych doświadczeń z piłką nożną można udostępnić innym szkołom.

Aby to zrobić, należy pobrać plik i wykonać zawarte w nim polecenia^[1].

Jesteśmy przekonani, że uczniowie mogą podzielić się z innymi swoimi pomysłami na temat występujących różnic w ich pomiarach lub urządzeniach pomiarowych. Mogą sobie wyobrazić doświadczenia przeprowadzone z użyciem innej piłki: na przykład filmując odkształcenie piłki podczas zderzenia z ziemią lub wpływ ciśnienia na ten proces.

ŹRÓDŁA


^[1] www.science-on-stage.de/iStage3_materials





DIONYSIS KONSTANTINOU · ANDREAS MEIER · ZBIGNIEW TRZMIEL

NIE DOTYKAJ ZIEMI



 ruch, rotacja, toczenie, energia kinetyczna ruchu translacyjnego, energia kinetyczna ruchu obrotowego, tarcie

 fizyka, TIK

 Przygotowane są dwa zestawy ćwiczeń. Pierwszy jest odpowiedni dla uczniów w wieku 14–15 lat, natomiast z uczniami w wieku 16–18 lat można wykonać oba zestawy.

1 | STRESZCZENIE

Uczniowie analizują odbicia piłki w kontekście ruchu, energii kinetycznej i pędu. Ponadto uczą się, że energia kinetyczna rzeczywistego ciała składa się zarówno z energii kinetycznej ruchu obrotowego, jak i translacyjnego.

2 | WPROWADZENIE KONCEPCYJNE

2|1 Abstrakt

Bramkarze mówią, że ich zadanie jest trudniejsze, jeśli piłka odbija się na ziemi przed nimi. W ramach tego scenariusza zajęć pokażemy uczniom, jak zbadać czynniki, które powodują zmiany w energii i ruchu piłki w momencie, gdy ta się odbija. W tym kontekście uczniowie poznają prawa fizyki związane z ruchem obrotowym i translacyjnym ciała stałego, szczególnie w odniesieniu do toczenia się. Podstawę tego scenariusza stanowią dwa doświadczenia. Uczniowie nagrywają ruch piłki i analizują go przy pomocy narzędzia do analizy filmów. Doświadczenia dobrano w taki sposób, żeby zapewniły uczniom możliwość zbadania konkretnego zjawiska. Następnie będą wyciągać wnioski, aby móc wyjaśnić zjawisko odbijania się piłki w kategoriach siły, ruchu, pędu i energii.

2|2 Wymagana wiedza

Uczniowie powinni znać fizykę ruchu, rolę sił w ruchu, zagadnienia energii potencjalnej i kinetycznej w odniesieniu do punktu materialnego. Powinni potrafić pracować z wielkościami wektorowymi takimi jak prędkość i pęd liniowy.

2|3 Podstawy teoretyczne

2|3|1 Kinetyka

Toczenie się to połączenie ruchu translacyjnego i obrotowego. Przy tego typie ruchu:

1. Środek masy (cm) przesuwa się ruchem translacyjnym. Jego prędkość względem ziemi wynosi \vec{v}_{cm} .
2. Reszta ciała obraca się wokół środka masy i wykonuje dwa rodzaje ruchu, tj. ruch translacyjny o prędkości \vec{v}_{cm} i ruch obrotowy.

Zajmijmy się punktem i ciała. W drugim rodzaju ruchu jego prędkość bezwzględna w odniesieniu do jego cm wynosi $v_{rel,cm}^i = r_i \omega$.

Prędkość kątowna mierzona jest na osi obrotu. Prędkość punktu i w odniesieniu do cm jest styczna do toru punktu i . Te dwie prędkości są powiązane regułą prawej dłoni.

r_i : odległość konkretnego punktu i od osi obrotu [m]

ω : prędkość kątowna ciała [$\frac{1}{s}$]

v : prędkość [$\frac{m}{s}$]

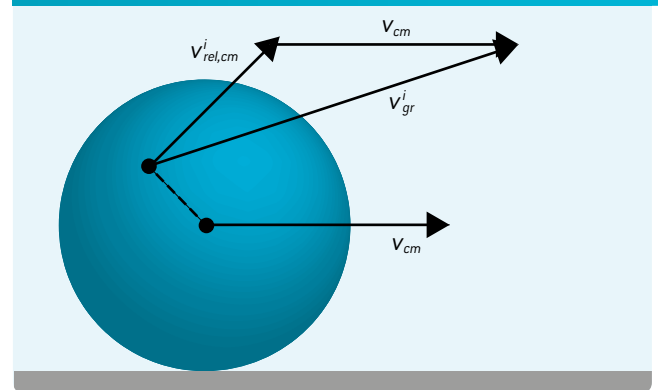
W odniesieniu do punktów na obwodzie ich $\vec{v}_{rel,cm}^i$ będzie $R\omega$.

R : promień ciała [m]

Dlatego prędkość punktu i ciała w odniesieniu do ziemi jest sumą wektorową tych dwóch prędkości (**RYS. 1**).

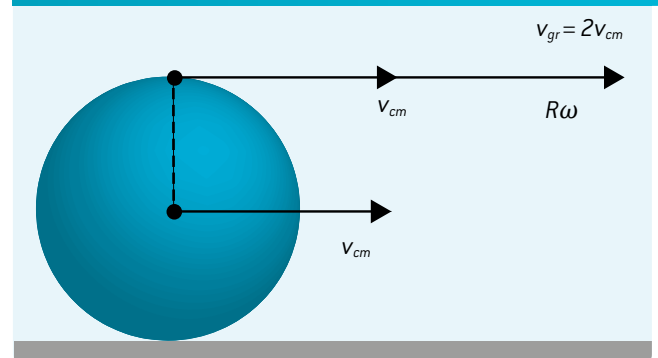
$$\vec{v}_{gr}^i = \vec{v}_{cm} + \vec{v}_{rel,cm}^i$$

RYS. 1



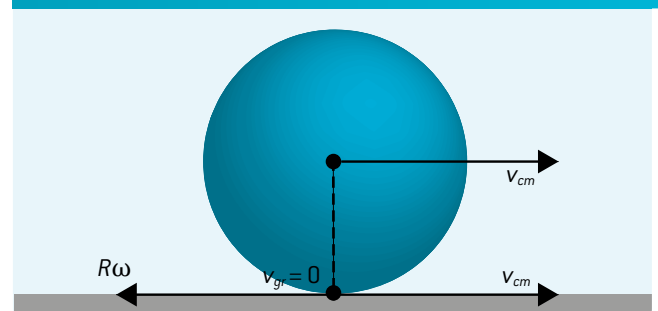
\vec{v}_{gr} najwyższego punktu ciała jest równa $2\vec{v}_{cm}$.

RYS. 2



Prędkość \vec{v}_{gr} punktu mającego kontakt z ziemią wynosi zero, tj. jest tymczasowo w spoczynku (**RYS. 3**).

RYS. 3



Ostatecznie warunek $v_{cm} = R\omega$ oznacza, że ciało toczy się bez poślizgu.

2 | 3 | 2 Energia kinetyczna

Z założenia poruszające się ciało kuliste ma energię kinetyczną

ruchu obrotowego i translacyjnego: $E_{kin,tr}$ i $E_{kin,rot}$.

$$E_{kin,tr} = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{i} \quad E_{kin,rot} = \frac{1}{2}I\omega^2$$

m : masa [kg]

I : moment bezwładności [$\text{kg} \cdot \text{m}^2$]

v : prędkość bezwzględna [$\frac{\text{m}}{\text{s}}$]

ω : prędkość kątowna ciała kulistego [$\frac{1}{\text{s}}$]

Przyjmijmy, że takie ciało uderza ziemię i skupmy się na krótkim czasie tuż przed i tuż po zderzeniu, w którym możemy zbadać siłę działającą pomiędzy tym ciałem a ziemią.

Przed zderzeniem:

$$E_{kin,tr(1)} = \frac{1}{2}mv_1^2 \quad \text{i} \quad E_{kin,rot(1)} = \frac{1}{2}I\omega_1^2.$$

Po zderzeniu te dwie energie będą nadal istnieć, jednak będą mieć inne wartości:

$$E_{kin,tr(2)} = \frac{1}{2}mv_2^2 \quad \text{i} \quad E_{kin,rot(2)} = \frac{1}{2}I\omega_2^2.$$

Wskaźniki 1 i 2 odpowiadają wartościom przed i po zderzeniu z ziemią.

Siła oddziałująca pomiędzy ziemią i tym ciałem składa się ze składowej pionowej i poziomej. Jeśli przyjmiemy, że piłka nie poślizgnie się na ziemi, składowa pozioma to siła tarcia spoczynkowego. Praca tej siły wynosi zero, natomiast jej moment obrotowy powoduje przyspieszenie kątowe. Oznacza to, że prędkość kątowna zmienia się pod względem wielkości i czasami kierunku. Tym niemniej jednak żadna energia nie jest przekształcana na ciepło i dochodzi tylko do wymiany pomiędzy energią translacyjną a obrotową. Komponent pionowy oraz ciężar piłki generują przyspieszenie pionowe względem piłki. Zakładając, że piłka nie ślizga się na ziemi, możemy zastosować regułę zachowania energii mechanicznej:

$$E_{pot(1)} + E_{kin,tr(1)} + E_{kin,rot(1)} = E_{pot(2)} + E_{kin,tr(2)} + E_{kin,rot(2)}.$$

E_{pot} to energia potencjalna, natomiast wskaźniki 1 i 2 odnoszą się do stanu tuż przed i zaraz po odbiciu piłki.

Ze względu na fakt, że skupiamy się na zdarzeniu uwzględniającym odbijanie piłki od ziemi, $E_{pot(1)} = E_{pot(2)}$

$$\text{i} \quad E_{kin,tr(1)} + E_{kin,rot(1)} = E_{kin,tr(2)} + E_{kin,rot(2)}.$$

Ze względu na działanie kilku czynników, między innymi rodzaju powierzchni i kątowej prędkości piłki tuż przed zderzeniem, trudno jest oszacować wpływ tarcia. Dlatego niełatwo jest przewidzieć parametry ruchu piłki tuż po odbiciu, zwłaszcza wektor jej prędkości.

2 | 4 Doświadczenia i procedury

1. Aby wzbudzić zainteresowanie uczniów, należy ich poprosić, aby puścili piłkę, jednocześnie wprowadzając ją w ruch obrotowy^[1]. Miejmy nadzieję, że uczniowie skojarzą „kopnięcie” piłki z ruchem wirowym, w jaki ją wprowadzili.
2. Pierwsze doświadczenie (pierwszy zestaw ćwiczeń) Uczniowie montują rampę składającą się z dwóch równoległych prętów. Odległość pomiędzy tymi dwoma prętami powinna być nieco mniejsza niż średnica piłki.



RYS. 4 Przygotowanie do pierwszego doświadczenia.

Uczniowie mają za zadanie puścić małą piłkę z góry rampy, zarejestrować jej ruch i przeanalizować go za pomocą narzędzia do analizy wideo, np. Tracker^[2]. Szczegółowy opis tego oprogramowania znajduje się w publikacji *iStage 1 – Materiały dydaktyczne wykorzystujące technologie informacyjno-komunikacyjne [TIK] w nauczaniu przedmiotów ścisłych*^[3]. Lepiej byłoby nawet użyć „szybkiej” kamery (co najmniej 120 klatek na sekundę).

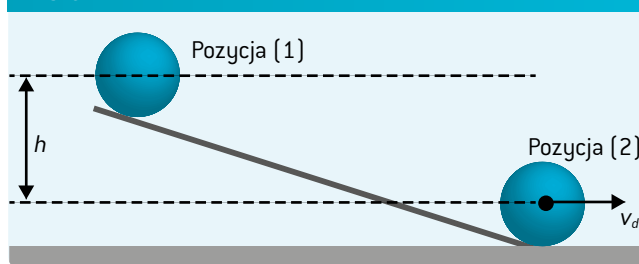
Pełna piłka (m, R) $I = \frac{2}{5}mR^2$ toczy się bez poślizgu z pozycji (1) na ziemię, tj. do pozycji (2), a następnie toczy się dalej po ziemi (RYS. 5).

Uwaga: Moment bezwładności piłki używanej do gry w piłkę nożną jest bliski $\frac{2}{3}mR^2$.

W naszych doświadczeniach używamy piłki pełnej.

Kiedy piłka toczy się w dół po rampie, jej prędkość v i prędkość kątowna ω zmieniają się zgodnie z $v = R\omega$.

RYS. 5



Zasada zachowania energii jest następująca:

$$mgh = \frac{1}{2}mv_d^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 = \dots = \frac{7}{10}mv_d^2.$$

\vec{v}_d to prędkość piłki przy podstawie rampy. Kinetyczna energia translacyjna to $\frac{5}{10}mv_d^2$, i dlatego obrotowa energia kinetyczna równa jest $\frac{2}{10}mv_d^2$.

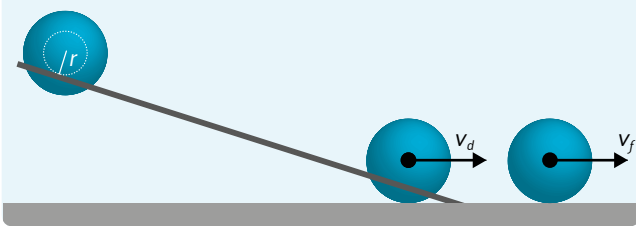
$$\text{Dlatego } \frac{E_{kin,rot}}{E_{kin,tr}} = \frac{2}{5}.$$

W proponowanym doświadczeniu ruch piłki po rampie jest zgodny z $v = r\omega$, gdzie r to odległość pomiędzy osią obrotu a punktami, w których piłka dotyka rampy.

Doświadczenie opracowano (**RYS. 6**) w taki sposób, że $r < R$. W efekcie współczynnik $\frac{E_{kin,rot}}{E_{kin,tr}}$

jest większy niż $\frac{2}{5}$. Kiedy piłka dotrze do ziemi, będzie równy $\frac{2}{5}$, tak więc ruch toczny przyjmie nową konfigurację, gdzie odległość osi obrotu od punktu, w którym piłka dotyka ziemi, jest równa R .

RYS. 6



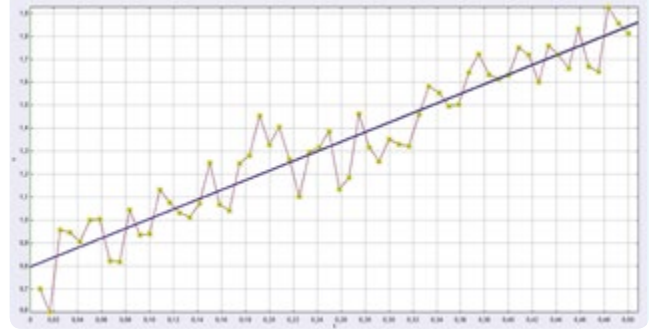
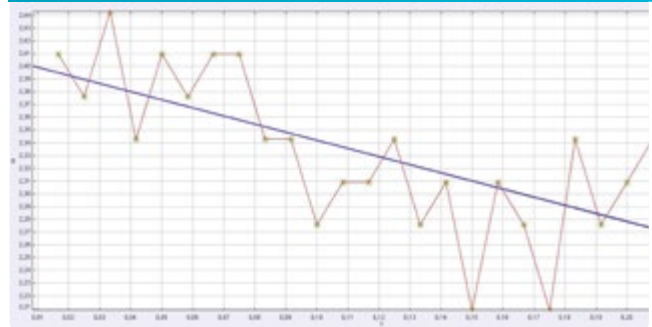
Dokładnie taka sytuacja będzie mieć miejsce i po bardzo krótkiej zmianie prędkość piłki przyjmie wartość ostateczną, kiedy to prędkość \vec{v}_f będzie większa niż prędkość \vec{v}_d , z którą piłka uderza w ziemię.

Uczniowie mogą zobaczyć, nawet gołym okiem, że piłka toczy się szybciej po ziemi. Mogą przeanalizować ten ruch i zdefiniować prędkości \vec{v}_d i \vec{v}_f .

W tym celu muszą uwzględnić rotacyjną energię kinetyczną. W przeciwnym razie nie będzie można wyjaśnić tego zjawiska przy użyciu zasady zachowania energii. Każdy, kto ma świadomość, że ciało stałe może mieć energię kinetyczną translacyjną i obrotową zrozumie, że część kinetycznej energii ruchu obrotowego przekształciła się w energię kinetyczną translacyjną w wyniku tarcia pomiędzy ziemią a piłką.

2 | 5 Wymagane materiały

Dwa pręty o długości 1 metra oraz odpowiednie podpory i łączniki, mała piłka, najlepiej pełna i wykonana z twardej gumy. W typowym laboratorium szkolnym bez wątplenia znajdują się takie materiały.

RYS. 7 Pierwsza część ruchu, $v_d = 1,85 \text{ m/s}$ RYS. 8 Druga część ruchu, $v_d = 2,4 \text{ m/s}$ 

3 | ZADANIE UCZNIÓW

3 | 1 Pierwsze doświadczenie: pierwszy zestaw ćwiczeń

1. Przygotujcie doświadczenie.
2. Nagrajcie film [1].
3. Wykonajcie analizę odpowiednim narzędziem, np. Tracker [2].
4. Zdefiniujcie prędkości tuż przed i tuż po zderzeniu z poziomą platformą (**RYS. 6 i 7**).
5. Zmierzcie promień piłki i zdefiniujcie jej prędkość kątową, kiedy rozpocznie się toczyć po ziemi (**RYS. 9**).
6. Zmierzcie masę piłki i zdefiniujcie energię kinetyczną translacyjną tuż przed zderzeniem ($E_{kin,tr(1)}$) i zaraz po ($E_{kin,tr(2)}$) zderzeniu z poziomą platformą (**RYS. 9**).
7. Wyjaśnijcie zmianę energii kinetycznej.

RYS. 9 $\omega = 156 \text{ s}^{-1}$, $E_{kin,tr(1)} = 2,46 \cdot 10^{-2} \text{ J}$, $E_{kin,tr(2)} = 4,14 \cdot 10^{-2} \text{ J}$



RYS. 10 Przygotowanie do drugiego doświadczenia.

3 | 2 Drugie doświadczenie

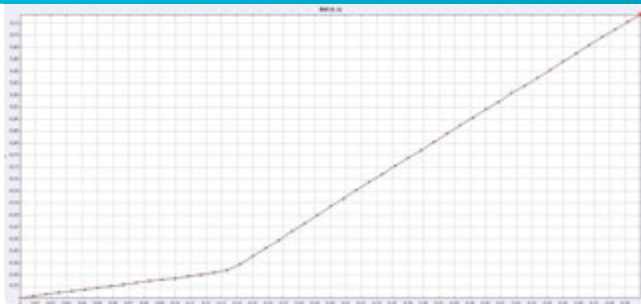
Uczniowie powinni przygotować doświadczenie podobne do pierwszego. Jednak tym razem koniec rampy powinien być umiejscowiony około 0,6 metra nad poziomą platformą.

Uczniowie powinni pozwolić, aby piłka się potoczyła i spadła na powierzchnię poniżej. Powinni nagrać ruch piłki i przeanalizować go przy pomocy narzędzia do analizy filmów, np. Tracker^[2]. W tym przypadku ciekawy aspekt tego ruchu zaczyna się w momencie, gdy piłka opuszcza rampę i nabiera znacznego rozpędu. W ramach tego doświadczenia uczniowie poznają dogłębniej zagadnienie ruchu i energii.

Drugi zestaw ćwiczeń

1. Przygotujcie doświadczenie.
2. Puśćcie piłkę tak, aby stoczyła się z góry rampy i nagrajcie ten ruch kamerą^[1].
3. Sporządźcie wykres x do t i zdefiniujcie poziomy komponent prędkości piłki v_x w momencie, gdy upadnie i się wzniesie. Wyjaśnijcie zmianę v_x .

RYS. 11 Przykład wykresu prezentującego zmianę prędkości



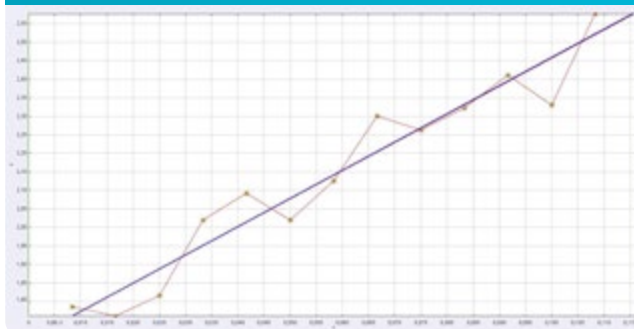
4. Zmierzcie masę piłki i obliczcie, ile $E_{kin,rot}$ piłki zostało przekształcone w $E_{kin,tr}$. Należy zdefiniować także prędkość piłki tuż przed odbiciem i zaraz po nim.

$$v_{fall,fin} = 2,55 \frac{m}{s} \quad E_{kin,tr(1)} = 4,67 \cdot 10^{-2} J \quad (\text{RYS. 12}) \quad i$$

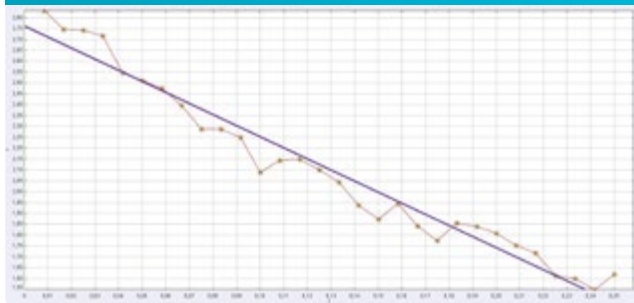
$$v_{wzn,pocz} = 2,76 \frac{m}{s} \quad E_{kin,tr(2)} = 5,47 \cdot 10^{-2} J \quad (\text{RYS. 13})$$

$$\Delta E_{kin,tr} = 0,8 \cdot 10^{-2} J = -\Delta E_{kin,rot}$$

RYS. 12

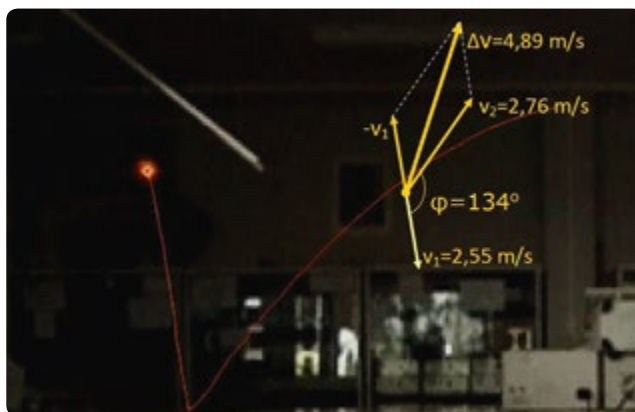


RYS. 13



5. Zdefiniujcie zmianę $\vec{\Delta p}$ [$kg \cdot \frac{m}{s}$] w pędzie piłki podczas jej kontaktu z ziemią.

$$\vec{\Delta p} = m \vec{\Delta v}$$



RYS. 14

\vec{v}_1 i \vec{v}_2 to prędkości tuż przed i tuż po zderzeniu z poziomą platformą Ich bezwzględne wartości w tym doświadczeniu to $2,55 \frac{m}{s}$ i $2,76 \frac{m}{s}$ z kątem $\varphi = 134^\circ$ pomiędzy nimi.

$\vec{\Delta v}$ to zmiana prędkości. Jej wartość bezwzględna obliczono na $4,89 \frac{m}{s}$. Kąt pomiędzy \vec{v}_2 a $\vec{\Delta v}$ został obliczony i ma wartość 24° .

Zmiana pędu wynika z równania $\vec{\Delta p} = m \vec{\Delta v}$.

Jej kierunek jest taki sam jak kierunek $\vec{\Delta v}$, a jej bezwzględna wartość wynosi $7 \cdot 10^{-2} kg \cdot \frac{m}{s}$.

- Uwzględnijcie drugą część ruchu, gdyby piłka była rzucona z poziomu ziemi. Zdefiniujcie wstępne wielkości, które charakteryzują ten rzut i obliczcie maksymalną wysokość i zasięg rzutu. Porównajcie wartości, które ustaliliście, z wartościami uzyskanymi w narzędziu Tracker. Wyjaśnijcie wszelkie różnice pomiędzy analizą danych a wartościami teoretycznymi.

4 | WNIOSEK

Uczniowie powinni zaobserwować zmiany w ruchu i energii piłki i powiązać je z siłą, szczególnie z jej komponentem poziomym, oddziałującą pomiędzy piłką a ziemią oraz z momentem obrotowym tej siły. Jednocześnie powinni dojść do wniosku, że energia kinetyczna ciała stalego składa się z dwóch wielkości (energii kinetycznej ruchu obrotowego, jak i translacyjnego). W końcu mogą również przewidywać pewne uprzedzenia, które być może bazują na tym, że zwykle pracujemy z modelem masy punktowej na lekcjach z mechaniki.

5 | MOŻLIWOŚCI WSPÓŁPRACY

Uczniowie z różnych szkół, niekoniecznie w ramach tego samego kraju, mogą skontaktować się ze sobą nawzajem i wymienić filma-
mi, głównie w przypadku pierwszego ćwiczenia. Zakłada się, że powinni dojść do tych samych wniosków, które mogą później omówić podczas telekonferencji.

Mogą też się spotkać i wspólnie przeprowadzić cały zestaw ćwiczeń, takich jak:

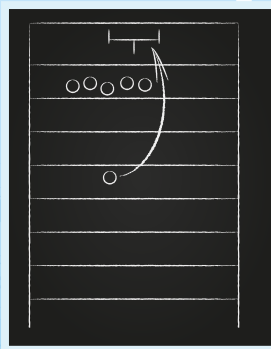
- Wyjdźcie na zewnątrz i ustawcie kamerę. Nagrajcie film z piłką upadającą na ziemię i spójrzcie na parametry ruchu piłki podczas zderzenia z ziemią.
- Przeanalizujcie ten ruch.
- Wyciągnijcie wnioski dotyczące właściwości tarcia podczas zderzenia piłki z ziemią.
- Zdefiniujcie prędkość piłki przed i po zderzeniu z ziemią, zmierzcie masę piłki i obliczcie energię kinetyczną ruchu translacyjnego.
- Poproście kolegę w klasie, który dobrze gra w piłkę nożną, aby kopał piłkę różnymi technikami, nagrywajcie filmy i opisujcie to, co się dzieje, gdy piłka uderza w ziemię.
- Przygotujcie konkretną odpowiedź na podstawowe pytanie, dlaczego bramkarze mają większy problem z obroną strzału, jeśli piłka skozłuje na ziemi przed nimi.
- Po zakończeniu pozostałych ćwiczeń rozegrajcie mecz piłki nożnej poświęcony nauce. Oczywiście taka gra stworzy warunki korzystne dla obu stron bez względu na ostateczny wynik!

ZASOBY

[1] www.science-on-stage.de/iStage3_materials

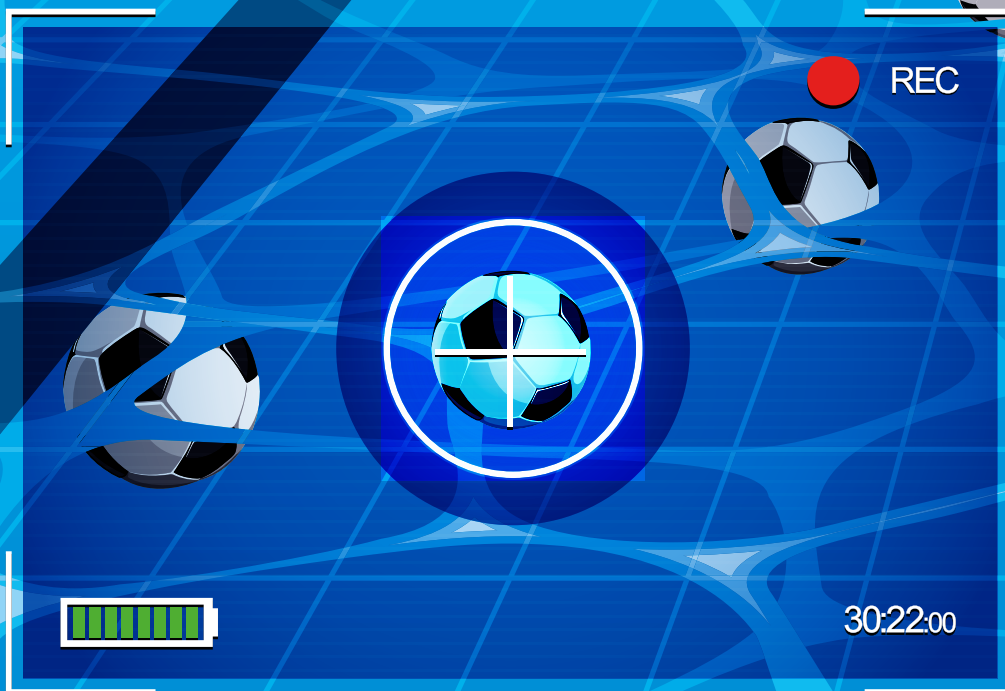
[2] www.physlets.org/tracker


[3] www.science-on-stage.de/iStage1-download





ANDERS FLORÉN · PHILIPPE JEANJACQUOT · DIONYSIS KONSTANTINOU · ANDREAS MEIER · CORINA TOMA · ZBIGNIEW TRZMIEL

PO(D)KRĘCONA FIZYKA



 efekt Magnusa, dynamika płynów

 fizyka, matematyka

 16–19 lat

1 | STRESZCZENIE

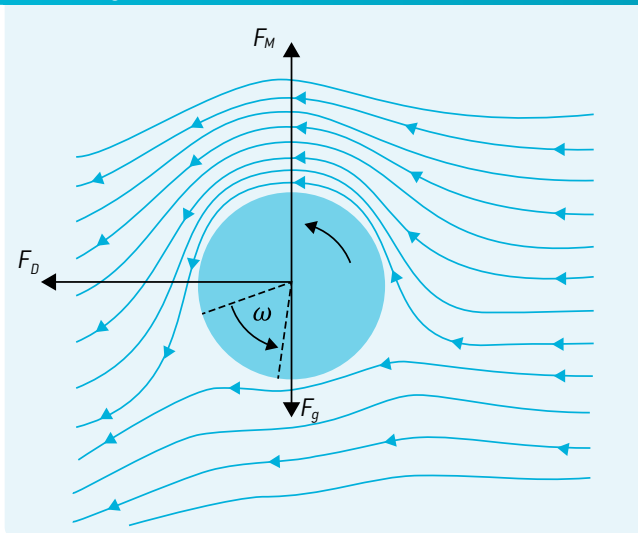
Obracająca się piłka poruszająca się w powietrzu będzie zakreślać ze względu na efekt Magnusa, czyli siłę działającą prostopadle do kierunku i osi obrotu piłki. W tej jednostce prezentujemy kilka praktycznych doświadczeń, symulacji i metod w celu obliczenia jej trajektorii.

2 | WPROWADZENIE KONCEPCYJNE

W czerwcu 1997 roku Roberto Carlos strzelił słynnego gola z rzutu wolnego z odległości 35 m od bramki, który wciąż zdumiewa oglądających ten strzał^[1]. Jak piłka może zachowywać się w ten sposób, lecąc w jednym kierunku zaczyna magicznie zakreślać w kierunku bramki? Odpowiedź brzmi: piłka kręci się w powietrzu i podlega sile Magnusa. Jeśli chcecie obejrzeć wprowadzenie do rzutów wolnych w wykonaniu samego mistrza Roberto, gorąco zachęcamy do obejrzenia jego filmu na stronie UEFA Training Ground^[2]. Jeśli chcecie dowiedzieć się kilku rzeczy na temat siły Magnusa, czytajcie dalej.

Aby przeanalizować trajektorię piłki, musimy ocenić trzy siły działające na nią: grawitacji F_g , Magnusa F_M i opór F_D .

RYS. 1 Siły^[3]



Siła grawitacji jest opisana drugą zasadą dynamiki Newtona, $F_g = mg$, gdzie m to masa piłki, a g to przyspieszenie ziemskie.

Efekt Magnusa F_M występuje w wyniku różnic ciśnień po obu stronach piłki. Zmiany w ciśnieniu można opisać, używając równania Bernoulliego. Dla punktu na powierzchni poruszającego się względem otoczenia z prędkością v , całkowite ciśnienie p jest równe otaczającemu ciśnieniu statycznemu p_0 i ciśnieniu dynamicznemu q (RÓWN. 1), gdzie ρ to gęstość ośrodka (w naszym przypadku będzie to gęstość powietrza). Jednak kiedy piłka lub cylinder

o promieniu R obraca się (z prędkością kątową ω w radianach na sekundę), punkt na powierzchni po jednej stronie piłki poddany jest działaniu większego przepływu powietrza ($v + \omega R$) niż punkt po przeciwnej stronie ($v - \omega R$). Stąd możemy obliczyć różnicę w ciśnieniu $\Delta p = 2\rho\omega v R$ z RÓWN. 1.

$$p = q + p_0 = \frac{\rho v^2}{2} + p_0 \quad (\text{RÓWN. 1})$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \left[\frac{\rho v_2^2}{2} + p_0 \right] - \left[\frac{\rho v_1^2}{2} + p_0 \right] \\ &= \frac{\rho [(v + \omega R)^2 - (v - \omega R)^2]}{2} = 2\rho\omega v R \end{aligned}$$

$$F_M = \Delta p A = (2\rho\omega v R) A$$

$$\text{Dla walca: } F_M = 4\rho\omega v R^2 h. \quad (\text{RÓWN. 2})$$

$$\text{Dla kuli: } F_M = 2\rho\omega v \pi R^3. \quad (\text{RÓWN. 3})$$

Siła Magnusa zależy zatem od różnicy ciśnień i powierzchni pola przekroju ciała. Bez zagłębiania się w dokładne obliczenia matematyczne, zajmiemy się jedynie siłami działającymi prostopadle względem przepływu cieczy. Każda siła działająca w kierunku innym niż prostopadle do przepływu będzie zrównoważona przez inną przeciwną siłę w wyniku symetrii. Dlatego zajmujemy się tylko użyteczną powierzchnią przekroju A przedmiotu. W przypadku piłki A będzie po prostu kołem o promieniu R (użyty w RÓWN. 3); w przypadku walca A będzie prostokątem o wysokości $2R$ i szerokości h (użyty w RÓWN. 2). Pod względem wektorowym \vec{F}_M jest proporcjonalna do iloczynu wektorowego prędkości kierunkowej i kątowej.

Ostatecznie należy oszacować siłę oporu F_D . Opór jest skomplikowany, ponieważ przepływ powietrza może być warstwowy lub zaburzony, zależąc w dużej mierze od kształtu przedmiotu i natury płynu, w którym się porusza. Do celów naszych doświadczeń wystarczy przyjąć, że przepływ ten jest warstwowy (jak na RYS. 1) i użyjemy standardowego równania na opór, gdzie siła jest skierowana w przeciwnym kierunku do v i proporcjonalna do prędkości: $F_D = \beta v$. β to stała, która zależy od właściwości cieczy i wymiarów przedmiotu, w przypadku piłki nożnej i powietrza jest to $\beta = 0,142 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ ^[4].

3 | ZADANIE UCZNIÓW

Prezentujemy trzy różne przykłady zademonstrowania efektu Magnusa. Wszystkie te doświadczenia można przeprowadzić jako proste pokazy, ale można je również sfilmować i użyć naszych modeli do analizy trajektorii. W takim przypadku należy zwrócić uwagę, aby nagrywać film kamerą stacjonarną na tej samej wysokości co przedmioty i prostopadle do trajektorii oraz przynajmniej z odległości kilku metrów, aby zminimalizować zniekształcenia kątowe. Film można następnie przeanalizować za pomocą programu do wideopomiarów. Polecamy program Tracker^[5]. Szczegółowe instrukcje dotyczące używania narzędzia Tracker znajdują się w naszej pierwszej broszurze iStage^[6]. Istnieje świetna aplikacja,



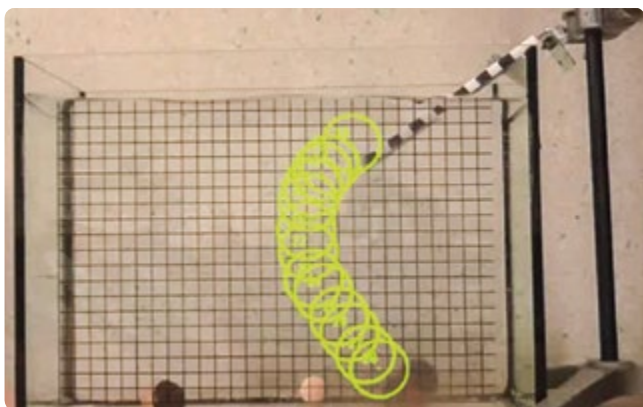
RYS. 2 Cylinder i pochylnia

VidAnalysis^[7], która nagrywa trajektorię i przeprowadza analizę bezpośrednio w urządzeniu z systemem Android (**RYS. 2C**). Dane można także wyeksportować do dalszej analizy; tutaj używamy darmowego oprogramowania GeoGebra^[8].

3 | 1 Doświadczenia z cylindrem

Wykonajcie różne cylindry, używając arkuszy papieru A4 lub A3 i kleju. Zamontujcie tablicę pod kątem i puśćcie cylindry w dół po nachyleniu, aby wprowadzić je w swobodny ruch z obrotem (**RYS. 2A**).

Uczniowie mogą sprawdzić, co się stanie, jeśli zmienią nachylenie deski, promień lub wysokość cylindra. Uczniowie mogą doświadczać i określić parametry, które będą widocznie zapewniać większy efekt i powiązać go z **RÓWN. 2** lub mogą nawet wyekstrahować

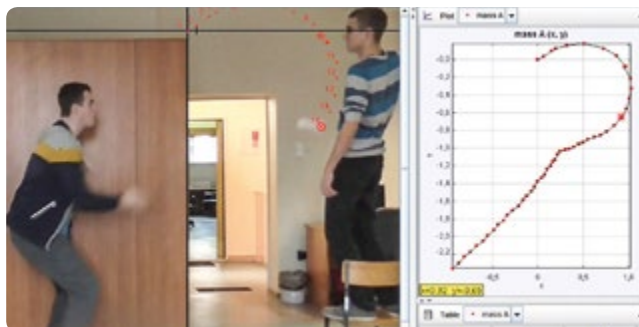


RYS. 3 Efekt Magnusa w wodzie

dane i przeprowadzić ich analizę (Model II) zgodnie z późniejszym opisem.

Efekt Magnusa w wodzie (**RYS. 3**) jest jeszcze większy ze względu na większą gęstość nośnika. Cylinder musi mieć większą gęstość niż woda, a szorstka powierzchnia zwiększa tarcie. Użyliśmy lekkiego pręta teflonowego z rzepem przyklejonym do powierzchni. Aby zwiększyć ciężar cylindra, można przykleić monety na jego końcach.

Jeszcze bardziej widowiskowa, ale trudniejsza konfiguracja zakłada sklejenie klejem lub taśmą dwóch podstawek styropianowych kubków, tak aby mieć cylinder z przewężeniem na środku.^[9] Następnie należy owinąć sznurek wokół przewężenia i puścić cylinder w powietrze, szarpnięc za sznurek (**RYS. 4**; jest również link do filmu na naszej stronie GeoGebra^[10]). Wykonanie tego wymaga pewnej wprawy, ale efekt jest niesamowity. To doświadczenie jest mniej odtwarzalne w porównaniu z innymi doświadczeniami z cylindrami, ponieważ trajektoria zależy od kąta oraz siły szarpnięcia sznurka. Tym niemniej jednak możecie przeanalizować udane trajektorie oddzielnie. Na **RYS. 4** latające kubki wykonują ruch kolisty. Jeśli efekt Magnusa jest znacząco większy niż przyciąganie ziemskie, F_M zachowuje się jak siła dośrodkowa. Tego przydatnego założenia użyjemy później podczas analizy danych.



RYS. 4 Latające kubki

3 | 2 Analiza danych

Opracowaliśmy różne modele matematyczne do analizy trajektorii. Modele te są dostępne bezpośrednio na naszej stronie iStage 3 GeoGebra^[10]. Gorąco zachęcamy, aby otworzyć te modele przed dalszą lekturą tego tekstu. Otworzą się bezpośrednio w przeglądarce – wystarczy kliknąć link.

We wszystkich obliczeniach przyjęliśmy, że ruch obrotowy jest stały podczas lotu. Następnie przygotowaliśmy dwa uproszczone modele oparte na różnych założeniach:

Model I: Podobnie jak w przypadku trajektorii latających kubków (w kształcie znaku zapytania) (**RYS. 4**), F_M będzie zachowywać się jak siła dośrodkowa, a obliczona trajektoria przedmiotu będzie okręgiem o promieniu r . To założenie jest również uzasadnione w przypadku rzutu karnego, gdzie całkowita prędkość piłki pozostaje mniej więcej taka sama. Część energii zostaje utracona ze względu na turbulencje, stąd musimy wprowadzić stałą C_s , aby opisać tę stratę.

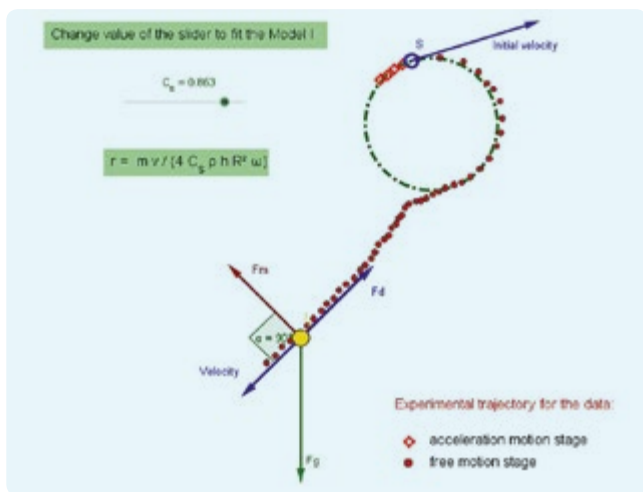
Tak więc mamy:

$$F_M = C_s 2 \rho \omega v R A = \frac{m v^2}{r}$$

$$\text{Dla kuli: } r = \frac{m v}{2 C_s \pi \rho \omega R^3} \quad (\text{RÓWN. 4})$$

$$\text{Dla cylindra: } r = \frac{m v}{4 C_s \rho \omega h R^2} \quad (\text{RÓWN. 5})$$

Widać ślad na **RYS. 4** w naszym modelu GeoGebra (latające kubki) i zmianę środka okręgu i C_s . Pobawcie się parametrami, aby znaleźć jak najlepsze dopasowanie; model pozwoli obliczyć r z **RÓWN. 5**. W przypadku naszych danych najlepszym dopasowaniem jest $C_s = 0,86$.



RYS. 5 Analiza latających kubków

Model II: Aby uprościć obliczenia do celów doświadczenia z cylindrem papierowym (**RYS. 2**), uczniowie mogą przyjąć, że efekt Ma-

gnusa występuje głównie prostopadle do pierwotnego kierunku ruchu i że cylindry osiągnęły maksymalną prędkość w momencie spadania. Przy takich założeniach F_D i F_g się równoważą, a efekt Magnusa można uznać za przyspieszenie a w kierunku y , stąd obliczona trajektoria będzie parabolą:

$$y = \frac{a}{2v^2} x^2 \Rightarrow y = C_s \frac{\rho \omega R A}{m v} x^2.$$

$$\text{Dla kuli: } y = C_s \frac{\pi \rho \omega R^3}{m v} x^2. \quad (\text{RÓWN. 6})$$

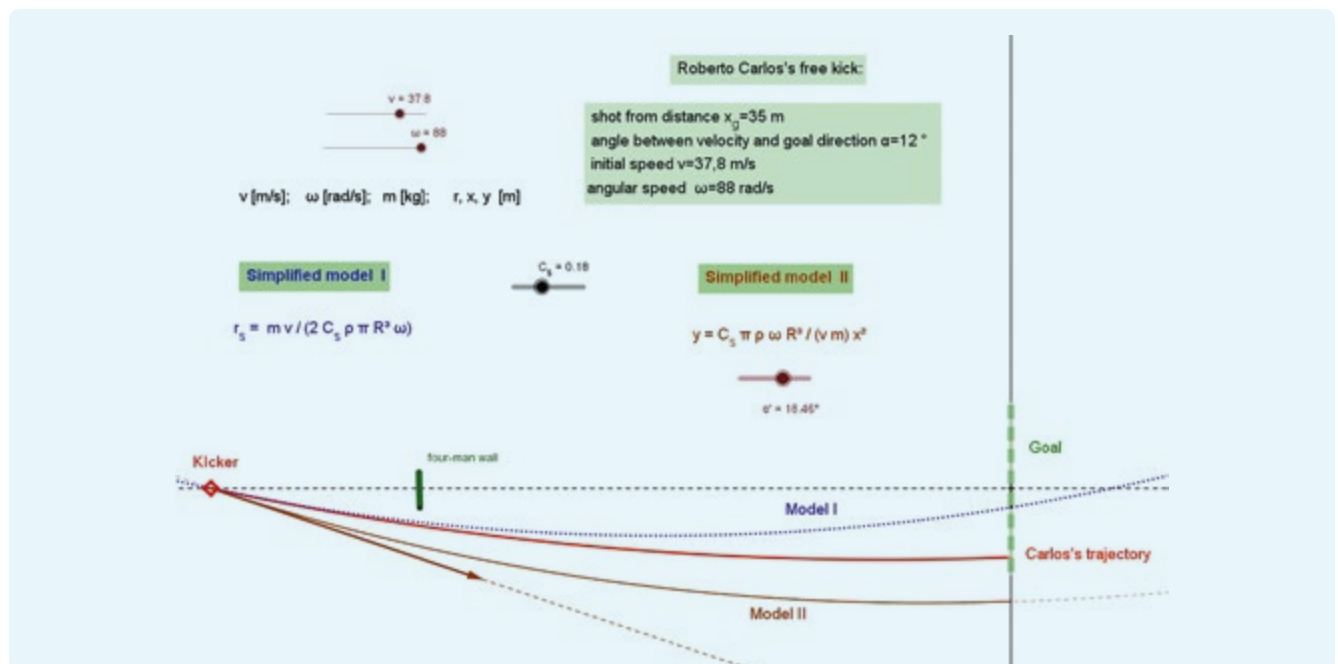
$$\text{Dla cylindra: } y = C_s \frac{2 \rho \omega h R^2}{m v} x^2. \quad (\text{RÓWN. 7})$$

Jest to uproszczenie, jednak zapewni nam podobną wartość C_s jak w naszym drugim modelu.

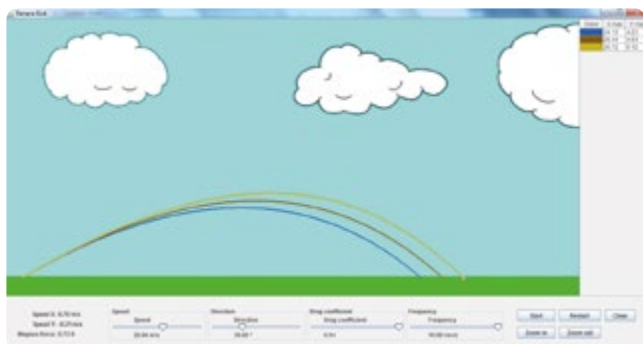
Na naszej stronie GeoGebra (**RYS. 6**) odtworzyliśmy słynny rzut wolny Roberto Carlosa. Możecie pobawić się prawie wszystkimi parametrami, aby zmieniać konfigurację [odległość, kąt, wymiary bramki, C_s , prędkość, obrót, ustawienie czteroosobowego muru itp.]. Analiza pokaże obliczoną trajektorię w obu modelach – I i II – tym razem przy użyciu **RÓWN. 4** i **RÓWN. 6**, ponieważ teraz analizujemy piłkę, a nie cylinder. Nauczyciel powinien zachęcić uczniów, aby poszukali najlepszych wartości dla danego ustawienia lub poprosić ich, aby poszukali warunków, w których obliczenia trajektorii na podstawie obu modeli będą inne i wyjaśnili dlaczego (okaże się, że wyniki będą się różnić przy piłce poruszającej się z bardzo małą prędkością i szybko obracającej się).

3 | 3 Symulacje

Symulacja 2D: Po praktycznych doświadczeniach uczniowie mogą zasymulować efekt Magnusa. Pobierzcie program Java^[11]. W ramach tej symulacji uczniowie mogą zmieniać pierwotną prędkość, kąt, współczynnik oporu oraz częstotliwość kątową. Ruch



RYS. 6 Analiza rzutu wolnego

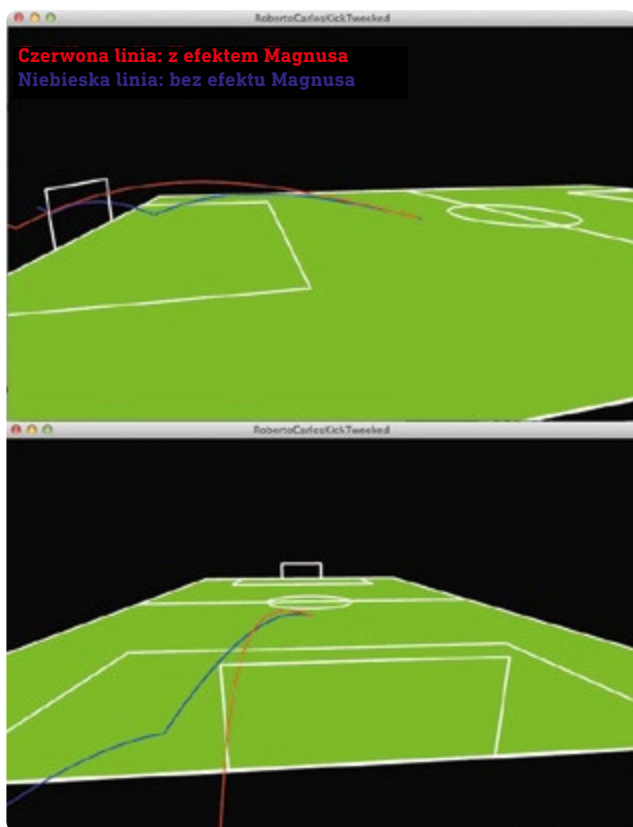


RYS. 7 Symulacja 2D

obrotowy i siły oddziałujące na piłkę są pokazane na RYS. 1. Na RYS. 7 pokazujemy trzy przykłady trajektorii pod kątem 30° przy częstotliwości 0, następnie 5 i $10 \frac{\text{obr.}}{\text{s}}$. Widać, że wartości x_{max} i y_{max} rosną wraz ze wzrostem częstotliwości.

Symulacja 3D: Po raz kolejny odtworzyliśmy trajektorię rzutu wolnego Roberto Carlosa (RYS. 8). Teraz możecie spróbować swoich sił, pobierając odpowiedni program Java [11]. Później możecie wypróbować inną wersję [11] bez wykopu, ale możecie zmienić parametry dowolnie, aby sprawdzić, jaki wpływ będą mieć na trajektorię.

W symulacji 3D sytuacja nagle zdecydowanie się zmienia. W modelu dwuwymiarowym piłka może mieć tylko rotację górną lub dolną, tak więc trajektorie i siła Magnusa będzie zawsze oddziaływała na tej samej płaszczyźnie. W trójwymiarowym modelu siła Magnusa będzie zakrzywiać trajektorie piłki, ale moment pędu ruchu obrotowego będzie zawsze zachowany, ponieważ piłka bę-



RYS. 8 Symulacja 3D

dzie zachowywać się jak żyroskop. Tak więc kąt pomiędzy v i ω będzie inny w różnych punktach trajektorii, co zdecydowanie ją skomplikuje. W przeciwieństwie do obliczeń w programie GeoGebra ten program po prostu oblicza wszystkie siły numerycznie w każdej klatce na podstawie wartości w poprzedniej klatce. Program jest napisany w Processing [12], uproszczonej wersji Javy.

4 | WNIOSEK

Na boisku do piłki nożnej trajektorie piłki jest złożona i zależy od wielu różnych czynników. Aby ją przeanalizować w klasie, uczniowie muszą podzielić ją na części, którymi będą umieli się zająć, przy użyciu modeli i uproszczeń. Te doświadczenia, modele i symulacje dają wgląd w to, co można wywnioskować z pracy z metodą naukową: jeśli przyjmiemy, że gra jest rozgrywana pod wodą lub że piłkę nożną można zastąpić dwoma papierowymi kubkami, wówczas będziemy bardzo blisko wyjaśnienia, jak Roberto Carlos zdołał tak podkręcić piłkę.

5 | MOŻLIWOŚCI WSPÓŁPRACY

Na naszej platformie iStage 3 GeoGebra [10] można znaleźć informacje na temat tego, jak uzyskać kopię naszych plików GeoGebra i jak z nich skorzystać. Proponujemy konkurs: uzyskajcie jak największy efekt Magnusa w doświadczeniu z latającymi papierowymi kubkami. Odpowiada to znalezieniu najwyższej wartości dla C_s – możliwie najbliższej 1. Możecie udostępnić innym swoje analizy, wyniki i modele [11].

ŹRÓDŁA:

- [1] www.theguardian.com/football/2015/may/18/roberto-carloss-free-kick-against-france-recreated-sensible-soccer-style (08/03/2016)
- [2] www.uefa.com/trainingground/skills/video/videoId%3D761187.html (08/03/2016)
- [3] Oryginalne zdjęcie do RYS. 1 pozyskano ze strony https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Magnus_effect.svg (08/03/2016)
- [4] The Science of Soccer; John Wesson. CRC press, 2002. ISBN 978-0750308137
- [5] www.physlets.org/tracker
- [6] iStage: Materiały dydaktyczne wykorzystujące technologie informacyjno-komunikacyjne [TIK] w nauczaniu przedmiotów ścisłych, rozdział „Od jazdy na rowerze do lotu w kosmos”, str. 43–64, www.science-on-stage.de/iStage1_downloads
- [7] VidAnalysis app <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vidanalysis.free&hl=en> (08/03/2016)
- [8] www.geogebra.org/
- [9] Podobne doświadczenie zostało opisane przez Laurę Howes (Science in School, wydanie 35, 2016, www.scienceinschool.org/content/sports-spin).
- [10] www.geogebra.org/science+on+stage
- [11] www.science-on-stage.de/iStage3_materials
- [12] [https://processing.org](http://processing.org)

BIG DATA

W ciągu ostatnich kilku lat określenie „big data” stało się bardzo powszechne w świecie informatyki. Koncepcja dużych zbiorów danych wiąże się z analizą nieprawdopodobnie ogromnych ilości danych, którymi nie można już zarządzać przy użyciu tradycyjnych metod oceny. Duże firmy informatyczne oferują zarządzanie danymi i rozwiązania do analizy takich ogromnych baz danych, które w większości przypadków są generowane automatycznie.

Nawet zagadnienie piłki nożnej generuje wielkie ilości danych. Wszystkie mecze najlepszych lig są nagrywane przez wiele kamer pod różnymi kątami i z różnych pozycji. Dlatego w tej chwili grę poszczególnych zawodników oraz ich interakcje z innymi graczami można teraz automatycznie przeanalizować i ocenić. Wykorzystanie wielu kamer i danych, jakie te dostarczają, umożliwia prezynterom telewizyjnym i komentatorom sportowym przedstawianie i analizowanie statystyk dotyczących czasu posiadania piłki przez konkretnego gracza, jego wydajności i wytrzymałości (np. przebiegnięty dystans podczas meczu). Jednakże musimy przyznać, że trenerzy niechętnie udostępniają takie dane osobom z zewnątrz ze względu na wykorzystywanie tych informacji do budowania strategii i taktyki.

W ramach zajęć pt. „Dopasowywanie danych” uczniowie dowiedzą się, jak zbiera się dane dotyczące pozycji poszczególnych zawodników podczas meczu. Zrobią to przy pomocy smartfona, który może ciągle pobierać dane GPS zawodnika. Dowiedzą się, jak napisać taki program do swojego smartfona.

Scenariusz zajęć „Wystrzałowy strzał”, przygotowany przez zespół zajmujący się Big Data, poświęcony jest rundzie strzałów karnych, które mają miejsce w przypadku, gdy mecz kończy się remisem po zakończeniu przepisowego czasu oraz dogrywek. Na przykład: czy kolejność zawodników oddających strzały karne ma znaczenie? Czy lepiej, aby najpierw strzelali lepsi zawodnicy, czy może na początek lepiej jest wystawić tych słabszych? Napisaliśmy oprogramowanie, za pomocą którego uczniowie mogą przetestować różnego rodzaju hipotezy i wariacje.

W zakładach piłkarskich obstawiane są zakłady warte setki milionów euro. Jednakże nasi autorzy scenariusza „Piłkarska giełda”



doszli do wniosku, że przewidywanie wyników meczów oparte na wcześniejszych wynikach jest nierzetelne i nieprzydatne. Z drugiej strony zaobserwowaliśmy, że mnogość informacji na temat meczów piłki nożnej dostępnych w Internecie może stanowić doskonały materiał, który pomoże uczniom nauczyć się pracować z arkuszami kalkulacyjnymi. Stosując te informacje do obliczeń według zasad rachunku prawdopodobieństwa, mogą zbadać różne wątpliwości, jakie powstaną w trakcie zajęć. Jednakże uczniowie powinni mieć świadomość, że nie mogą pod żadnym pozorem traktować świata sportu jako źródła ewentualnego dochodu ze względu na zakłady.

BERNARD SCHRIEK (RET.)

Marien-Gymnasium

Werl, Niemcy

Koordinator

PERE COMPTE · STEPHEN KIMBROUGH · MAEVE LISTON · MARCO NICOLINI

DOPASOWANIE DANYCH



🔧 technologie (App Inventor; dweet.io; freeboard.io; programming, big data)

📡 Technologie informacyjno-komunikacyjne

👥 Ten projekt zalecany jest do wykonania w klasach z uczniami powyżej 15. roku życia.

1 | STRESZCZENIE

Od 2015 roku FIFA zezwoliła na używanie systemów śledzenia podczas oficjalnych meczów, tj. trackerów do gromadzenia danych dotyczących wszystkich zawodników na boisku. Następnie dane te mogą być przeanalizowane i przekazane do użytku menedżerów, trenerów i zawodników, gdyż stanowią bogate źródło informacji na temat gry zawodników.

Systemy te są także wykorzystywane podczas treningów i do testowania wydajności fizycznej graczy, udostępniając dane w czasie rzeczywistym. Są to urządzenia noszone przez zawodników (np. w postaci zegarka lub chipu wpiętego w odzież), które zbierają nieprawdopodobnie duże ilości danych – tak duże, że po ich zebraniu można je analizować jako Big Data.

W ramach tych zajęć uczniowie nauczą się przysyłać duże ilości danych w czasie rzeczywistym poprzez urządzenia mobilne.

2 | WPROWADZENIE KONCEPCYJNE

Gromadzenie danych w czasie rzeczywistym za pośrednictwem GPS na boisku piłkarskim przy użyciu technologii pamięci staje się coraz ważniejsze w doskonaleniu możliwości zawodników, w planowaniu treningów, zapobieganiu kontuzjom czy opracowywaniu taktyki.

Podczas jednego meczu kamery i czujniki potrafią uchwycić około 1,5 miliona pozycji ciała zawodnika. Takie dane GPS są później wykorzystywane do pomiaru i obliczenia prędkości zawodnika (tempa poruszania się), przyspieszenia i zmiany kierunku.

Analiza takich danych może również powiedzieć trenerowi, kiedy zawodnik może powrócić do gry po kontuzji lub kiedy u zawodnika występuje wysokie ryzyko kontuzji. Innym przykładem danych, które można zbierać na bieżąco przy pomocy czujników umieszczonych w koszulkach graczy, to temperatura ciała (opracowanie map ciepła na boisku), rytmu serca, procentu tlenu czy stężenia kwasu mlekowego we krwi.

Różnego rodzaju oprogramowanie używane jest do przechowywania, przetwarzania, analizowania i wizualizacji takich dużych ilości danych w wygodny i wydajny sposób.

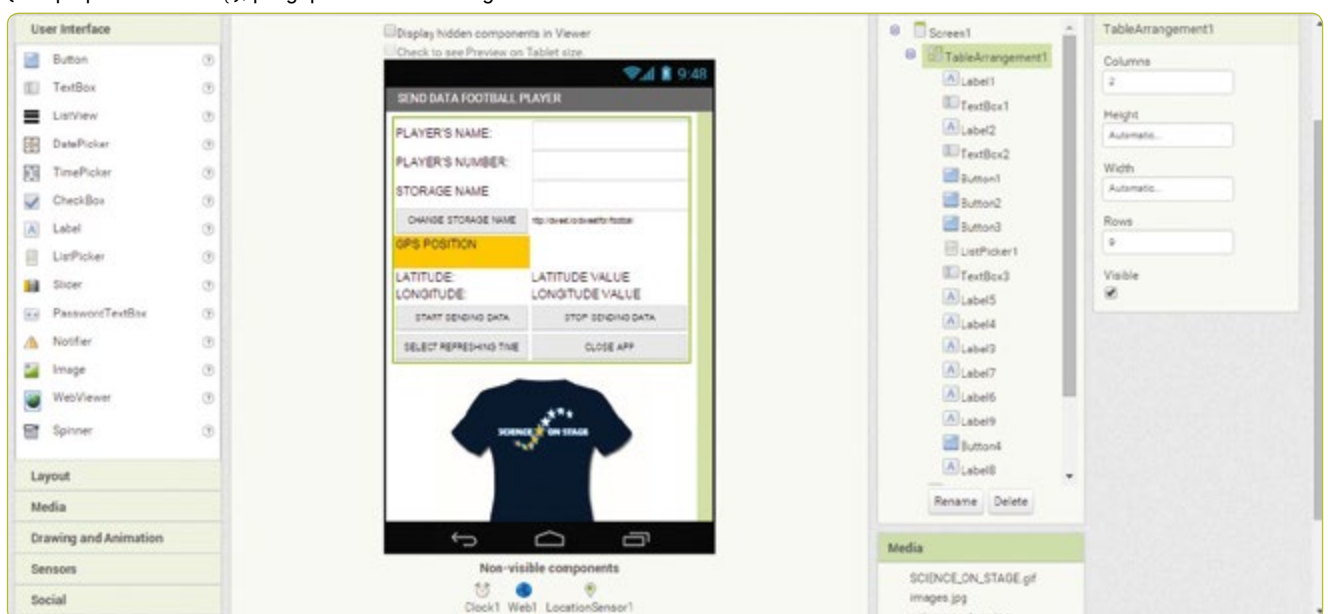
3 | ZADANIE UCZNIÓW

W ramach tych zajęć uczniowie nauczą się przysyłać duże ilości danych w czasie rzeczywistym poprzez smartfony. Uczniowie będą pisać oprogramowanie, projektując własne aplikacje przy pomocy programu App Inventor^[1]. Dane będą zbierane w czasie rzeczywistym poprzez tę aplikację, a następnie przesyłane do witryny udostępniania danych (dweet.io), która jest połączona z witryną do mapowania danych na ekranie (freeboard.io). Wszystkie wcześniej wspomniane programy są darmowe i można z nimi pracować w chmurze. Uczniowie nauczą się, jak publikuje się zebrane dane i udostępnia je w chmurze.

3 | 1 App Invenytor

MIT App Inventor to innowacyjny, prosty w obsłudze program do tworzenia i doskonalenia aplikacji. Świetnie nadaje się dla początkujących programistów i jest bardzo łatwy dla uczniów. Uwaga: przed użyciem aplikacji App Inventor należy założyć sobie konto.

Tutaj znajduje się dokładna instrukcja, jak należy napisać aplikację, która będzie gromadziła dane GPS w czasie rzeczywistym od uczniów, którzy będą grali w piłkę nożną na boisku (**RYS. 1**).



RYS. 1 Zrzut ekranu z App Inventor

3|1|1 Projekt ekranu App Inventor

Otwórzcie App Inventor, kliknijcie *new project* (nowy projekt) i wpiszcie jego nazwę, np. *Przesyłanie danych zawodników*. Następnie zostaniecie przekierowani do części projektowania aplikacji.

Po prawej stronie ekranu znajduje się lista właściwości ekranu, jakie można wybrać, aby zaprojektować zawartość ekranu.

RYS. 1 to efekt wykonania następujących czynności:

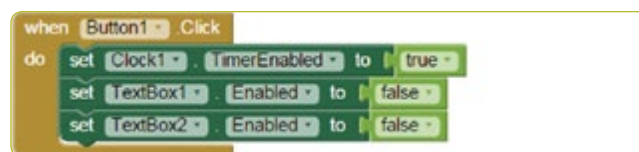
- **Screen1.** AlignHorizontal: CENTER; AppName: SEND DATA FOOTBALL PLAYER; Icon: SCIENCE_ON_STAGE.GIF; Title: SEND DATA FOOTBALL PLAYER
- **TableArrangement1.** Columns: 2; Rows: 9
- **Label1.**Text. PLAYER'S NAME:
- **Label2.**Text. PLAYER'S NUMBER:
- **TextBox1.** Hint: Introduce your name
- **TextBox2.** Hint: Introduce your number; NumbersOnly
- **TextBox3.** Hint: Introduce your storage name
- **Label3.**BackgroundColor: Orange; Text: GPS POSITION (patrz RYS. 2)
- **Label4.**Text. LATITUDE:
- **Label5.**Text. LONGITUDE:
- **Label6.**Text. LATITUDE VALUE:
- **Label7.**Text. LONGITUDE VALUE:
- **Label8.** FontSize:9; Text:http://dweet.io/dweet/for/football
- **Button1.** FontSize:11; Text: START SENDING DATA
- **Button2.** FontSize:11; Text: STOP SENDING DATA
- **Button3.** FontSize:11; Text: CLOSE APP
- **Button4.** FontSize:11; Text: STORAGE NAME
- **Label9.**Text. STORAGE NAME:

- **ListPicker1.** FontSize:11; Text: SELECT REFRESHING TIME (SEKUNDY)
- **Image1.** Picture: SCIENCE_ON_STAGE.GIF
- **Clock1.**TimerEnabled: NO; Timer Interval: 5000 (co 5 sekund)
- **Web1.** Url: http://dweet.io/dweet/for/thing (e.g. http://dweet.io/dweet/for/football; tzamiast słowa „thing” mamy tutaj „football”, ale możecie wybrać inne)
- **LocationSensor1.** Time Interval: 1000 (co 1 sekundę)

3|1|2 Programowanie bloków App Inventor

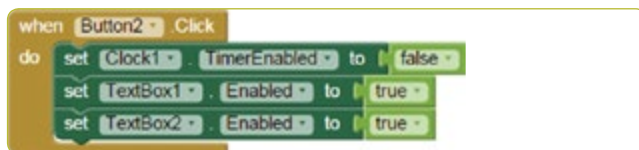
Kliknij kartę *Blocks* (Bloki) na pasku menu (RYS. 1).

Kliknij *Button1* (Przycisk1), aby aktywować czas przesyłu danych i wyłączyć zmiany w nazwisku i numerze zawodnika.



RYS. 3

Kliknij *Button2* (Przycisk2), aby dezaktywować czas przesyłu danych i włączyć zmiany w nazwisku i numerze zawodnika.

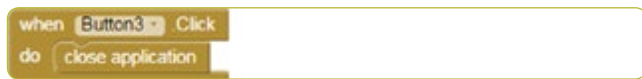


RYS. 4



RYS. 2 Komponenty Układu Tabeli 1

Kliknij *Button3* (Przycisk3), aby zamknąć aplikację.



RYS. 5

Kliknij *Button4* (Przycisk4), aby zmienić URL pliku, gdzie będą publikowane dane na dweet.io.



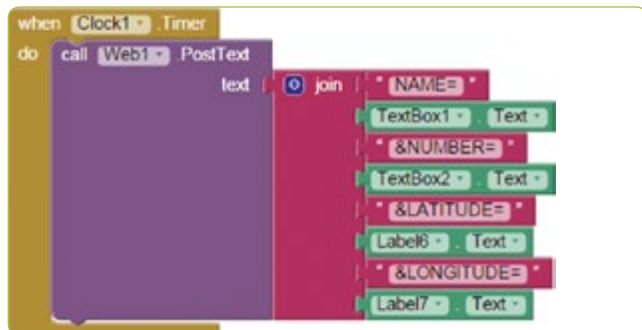
RYS. 6

Kiedy czujnik GPS wykryje zmianę w szerokości lub długości geograficznej, dane te zostaną odnotowane w *Labels 6 i 7* (Etykiety 6 i 7).



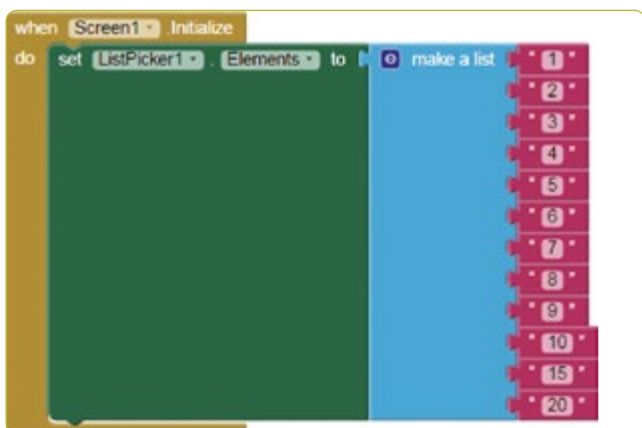
RYS. 7

Odnotowane dane razem z nazwiskiem i numerem zawodnika, a także szerokością i długością geograficzną jego pozycji, są przesyłane w regularnych odstępach, domyślnie co pięć sekund (RYS. 8).



RYS. 8

Karta *ListPicker1* (ListaWyboru1) umożliwia odświeżanie informacji co konkretną liczbę sekund, od 1 do 20 (RYS. 9).



RYS. 9

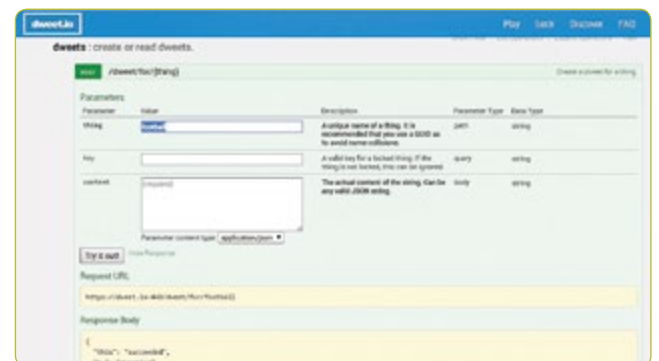
Pole *Timer Interval* zdefiniowane jest w milisekundach (RYS. 10).



RYS. 10

3|2 Przechowywanie danych na dweet.io

dweet.io powstał do publikowania danych z czujników (RYS. 11 i 12). Znany jest pod popularniejszą nazwą Internetu rzeczy (Internet of Things, IoT). dweet.io przypisuje unikalny URL każdej rzeczy.



RYS. 11

- Wybierzcie *PLAY* (Graj)
- Kliknijcie kartę *POST* (Publikuj).
- Wpiszcie nazwę miejsca przechowywania w polu *thing* (rzecz). W naszym przykładzie nazwa miejsca przechowywania w aplikacji została ustawiona jako *football*. Dlatego musi się również nazywać *football* tutaj na dweet.
- Kliknijcie *Try it out!* (Wypróbuj!)

Używanie karty *GET*.

Aby wyświetlić przechowywane dane, przejdźcie do: *get/tweets/for/{thing}*, podajcie wybraną **NAZWĘ MIEJSCAPRZECHOWYWANIA** (domyślnie *football*) i kliknijcie *Try it out* (Wypróbuj).

3 | 3 Wizualizacja danych na *freeboard.io*

Freeboard to otwarte oprogramowanie do budowania pulpitów w czasie rzeczywistym dla Internetu rzeczy.

- Kliknijcie *Start Now* (Zacznij teraz).
- Podajcie nazwę i kliknijcie *Create New* (Utwórz teraz).
- Kliknijcie kartę *Add Datasources* (Dodaj źródła danych).
- Kliknijcie *Select a Type* (Wybierz typ) i wybierzcie *Dweet.io*.
- Wpiszcie *Name: football*.
- Wpiszcie *Thing Name: football*.
- Naciśnijcie *Save* (Zapisz).
- Kliknijcie kartę *Add Pane* (Dodawanie okienek).
- Kliknijcie symbol plusa (+).
- Kliknijcie *Select Type* (Wybierz typ) i wybierzcie tekst.
- Tytuł: *Player*
- Kliknijcie *+Datasource* (Dodaj źródło danych): *Football* i nazwa
- Kliknijcie *Save* (Zapisz).

- Kliknijcie kartę *Add Pane* (Dodawanie okienek) i wybierzcie *Painter* (Wskaźnik).
- Kliknijcie *+Datasource* (Dodaj źródło danych): *Football* i liczba
- Kliknijcie *Save* (Zapisz).
- Kliknijcie kartę *Add Pane* (Dodawanie okienek).
- Kliknijcie symbol plusa (+).
- Kliknijcie *Select* (Wybierz) *Google Map*.
- Kliknijcie *+Datasource* (Dodaj źródło danych): *Football* i szerokość geograficzna
- Kliknijcie *Save* (Zapisz).
- Kliknijcie kartę *Add Pane* (Dodawanie okienek).
- Kliknijcie symbol plusa (+).
- Kliknijcie *Select* (Wybierz) *Google Map*.
- Kliknijcie *+Datasource* (Dodaj źródło danych): *Football* i długość geograficzna
- Kliknijcie *Save* (Zapisz) (**RYS. 13**).

4 | WNIOSEK

W tym scenariuszu uczniowie mają za zadanie opracować własną aplikację do przesyłania danych w czasie rzeczywistym. Zapewnia ona możliwość zbierania „rzeczywistych danych” z boiska za pośrednictwem smartfonu – narzędzia, które większość uczniów ma przy sobie.

Uczniowie rozumieją, że smartfon jest jedynym urządzeniem potrzebnym do zbierania danych oraz do zwiększania liczby parametrów do jednoczesnej analizy.

The screenshot shows the dweet.io API interface. At the top, there are navigation links: Play, Lock, Discover, and FAQ. Below that, there are options: Show/Hide, List Operations, Expand Operations, and Raw. The main content area is titled "dweets : create or read dweets." and lists three API endpoints:

- POST** /dweet/for/{thing} - Create a dweet for a thing.
- GET** /get/latest/dweet/for/{thing} - Read the latest dweet for a thing.
- GET** /get/dweets/for/{thing} - Read all of the saved dweets (up to last 500) for a thing.

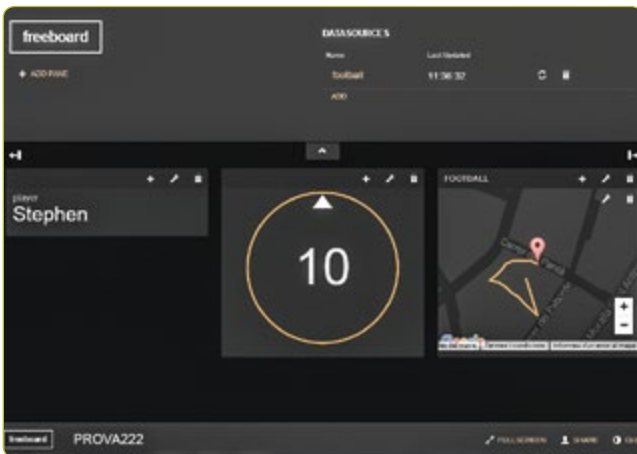
Below the endpoints is a "Parameters" table:

Parameter	Value	Description	Parameter Type	Data Type
thing	football	A unique name of a thing.	path	string
key		A valid key for a locked thing. If the thing is not locked, this can be ignored.	query	string

There is a "Try it out!" button and a "Hide Response" link. Below that is the "Request URL" field containing: `https://dweet.io:443/get/dweets/for/football`. At the bottom is the "Response Body" field containing a JSON object:

```
{
  "this": "succeeded",
  "by": "getting",
  "the": "dweets",
  "with": [
    {
      "key": "football"
    }
  ]
}
```

RYS. 12



RYS. 13



RYS. 14 Uczeń z koszulką do rejestrowania danych

5 | MOŻLIWOŚCI WSPÓŁPRACY

Uczniowie mogą współpracować w ramach tego projektu z innymi szkołami. Na przykład uczniowie w jednej szkole mogą dokonywać pomiarów w czasie rzeczywistym, natomiast uczniowie z innej szkoły mogą analizować dane. Metodologia ta może być również użyta do analizy innych sportów.

ZASOBY

[1] MIT App inventor <http://ai2.appinventor.mit.edu/>

- <http://usuaris.tinet.cat/pcompte/football/> BIG DATA: Przesyłanie danych w czasie rzeczywistym
- www.realtracksystems.com/ Systemy śledzenia w czasie rzeczywistym WIMU
- <http://go.sap.com/solution/industry/sports-entertainment/team-management/sports-one.html> SAP Sports One

Istnieje wiele opcji analizowania danych. Na przykład uczniowie mogą wyznaczyć i przeanalizować pozycje zawodników danej drużyny na boisku, używając następujących narzędzi:

- Utwórzcie plik Excel zawierający długość i szerokość geograficzną wszystkich zawodników.
- Wejdźcie na stronę www.earthpoint.us i wybierzcie *Excel to Google Earth*, zaznaczcie swój plik Excel i kliknijcie *View on Google Earth*.
- Na Google Earth: sprawdźcie, czy pozycje zawodników są nanoszone w miejscach, gdzie grają.

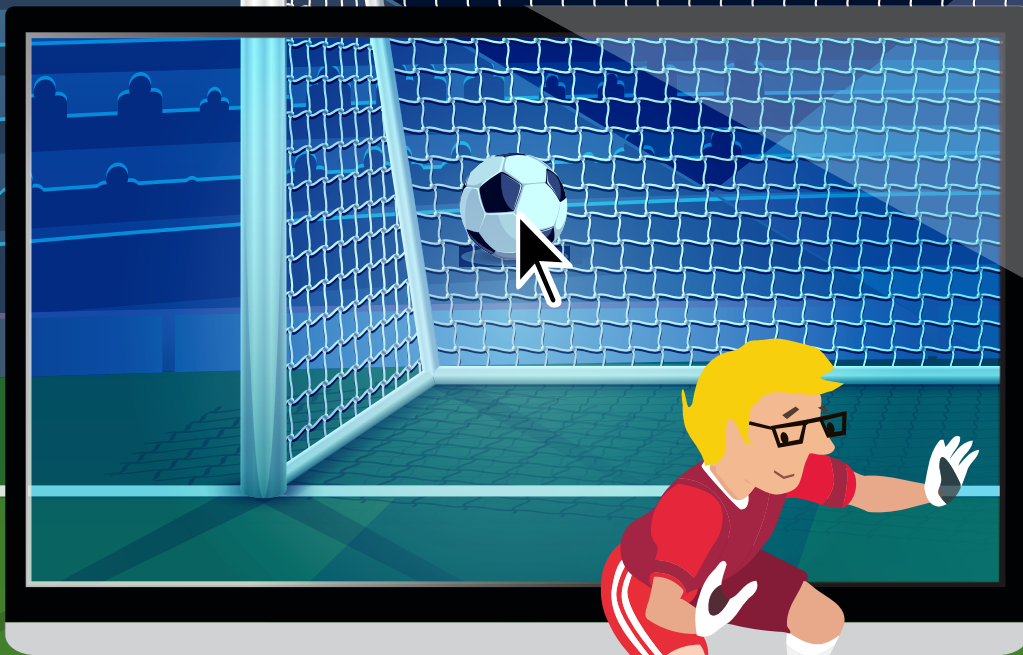
Dalsze zmiany


- Rozwój sytuacji: uczniowie mogą uporządkować te pliki chronologicznie, oglądając je jak film i analizując, jak zespół się porusza i zachowuje w konkretnym momencie meczu.
- Obszar, na którym poruszał się zespół: po wygenerowaniu widoku Google Earth pozycji zespołu uczniowie mogą użyć narzędzia *Polygon Area* dostępnego z tego samego źródła. Wykonując proste czynności, mogą obliczyć obszar, po którym poruszał się zespół, aby ocenić, czy grali rozproszeni, czy w zwartej grupie.


64


STEPHEN KIMBROUGH · DAMJAN ŠTRUS

WYSTRZAŁOWY STRZAŁ



 rzut karny, kombinatoryka, teoria gier

 matematyka, informatyka, fizyka

 14–18 lat

1 | STRESZCZENIE

W ramach tego scenariusza uczniowie obliczają prawdopodobieństwo strzelenia gola z rzutu karnego, uwzględniając wszystkie czynniki wewnętrzne i zewnętrzne (tj. geometrię, czas reakcji, wybór strony).

Uczniowie muszą również znaleźć idealne ustawienie do rzutu karnego oraz „uczciwą” alternatywę wobec niego.

2 | WPROWADZENIE KONCEPCYJNE

Rzuty karne decydujące o wygraniu meczu zostały wprowadzone do zasad gry w piłkę nożną na mistrzostwach świata FIFA w latach 70. XX wieku.

Tego typu sposób rozstrzygnięcia meczu stosuje się, jeśli po dogrywce, czyli dodatkowych minutach gry po zakończeniu przepisowego czasu, wynik meczu wciąż pozostaje remisowy. Przed wprowadzeniem tego rozwiązania mecz rozstrzygano rzutem monetą.

Rzuty karne dostarczają największych emocji podczas całego meczu w piłkę nożną.

W ramach tego scenariusza przeanalizujemy, jak zoptymalizować wynik dla konkretnego zespołu.

Scenariusz jest podzielony na dwie części. W pierwszej uczniowie obliczają prawdopodobieństwo zdobycia bramki przy jednym strzale. W drugiej natomiast dowiadują się, jak można zoptymalizować rzuty karne decydujące o wygraniu meczu.

3 | ZADANIE UCZNIÓW

3 | 1 | Pojedynczy strzał

Aby sprawdzić, jak wysokie jest prawdopodobieństwo zdobycia bramki z rzutu karnego, musimy wziąć pod uwagę dwa niezależne ruchy: wykonywane przez bramkarza i przez zawodnika.

Najpierw oszacujemy prawdopodobieństwo obrony przez bramkarza na podstawie zasad trygonometrii.

Bramka to prostokąt o szerokości 7,32 m i wysokości 2,44 m. Przeciętny bramkarz ma około 2 metrów wzrostu i rozstaw rąk około 2 metrów. Uczniowie mogą następnie porównać obszar ubezpieczony przez bramkarza z powierzchnią bramki. Dzięki temu będą mogli obliczyć prawdopodobieństwo obrony strzału przez bramkarza.

Drugim aspektem jest czas reakcji bramkarza oraz czas potrzebny mu, aby sięgnąć do piłki.

Uczniowie powinni zastanowić się, w które miejsca bramki naj-

piej jest strzelać. Odpowiedź brzmi: górne narożniki bramki. Następnie muszą użyć zasad trygonometrycznych, aby obliczyć odległość do tego punktu. Czas, kiedy piłka leci, można obliczyć ($t = \frac{s}{v}$) przy założeniu, że średnia prędkość piłki to 100 km/h.

Bramkarz ma tyle czasu na reakcję i rzucenie się do odpowiedniego narożnika.

Uczniowie mierzą własny czas reakcji przy pomocy linijki upuszczonej przez jednego ucznia i łapanej przez drugiego (patrz str. 30). Używając odległości, na jaką spadła linijka, można obliczyć czas reakcji:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

g : przyspieszenie ziemskie; $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

t : czas [s]

h : pokonany dystans [m]

Na pokonanie dystansu do piłki bramkarzowi pozostaje ten czas pomniejszony o jego czas reakcji. Został on już obliczony z uwzględnieniem prędkości początkowej rzędu $v = \frac{x}{t}$, z którą musi wystartować, aby dosięgnąć do piłki. Średnia prędkość sportowca podczas wyskoku wynosi około 16 km/h.

Porównując obie te prędkości, uczniowie mogą się przekonać, że bramkarz nigdy nie miałby szansy na dosięgnięcie piłki. To prowadzi do wniosku, że bramkarz nie może pozwolić sobie na żaden czas reakcji i musi wybrać narożnik, w który będzie się rzucał, przed oddaniem przez zawodnika strzału.

Uczniowie dzielą bramkę na dwie połowy i obliczają prawdopodobieństwo obrony strzału na połowie bramki, używając powyższej metody. Można to również przeliczyć ponownie, dzieląc bramkę na trzy części.

Trudno jest zawodnikowi oddającemu strzał przewidzieć prawdopodobieństwo, jednak można powiedzieć, że lewnonożny zawodnik będzie celował lepiej w prawy narożnik, a prawonożny w lewy narożnik.

Uczniowie mogą zebrać dane, strzelając 10, 20 lub więcej razy do pustej bramki i obliczyć dokładność swoich strzałów.

Uczniowie mogą następnie napisać program lub użyć kodu źródłowego, który znajduje się w załączniku ^[1], aby zasymulować rzut karny. Uczniowie muszą najpierw wprowadzić prawdopodobieństwa trafień. Zarówno dla bramkarza, jak i zawodnika oddającego strzał kierunek lotu piłki ulega przypadkowym zmianom. Pamiętając o prawie wielkich liczb, prawdopodobieństwo strzelenia bramki podczas rzutu karnego można określić, zwiększając liczbę strzałów. Na tej podstawie uczniowie mogą zbadać kwestię tego, czy zmiana strategii oddania strzału może prowadzić do większej lub mniejszej dokładności. Uczniowie mogą współzawodniczyć między sobą w zakresie tworzenia programów.



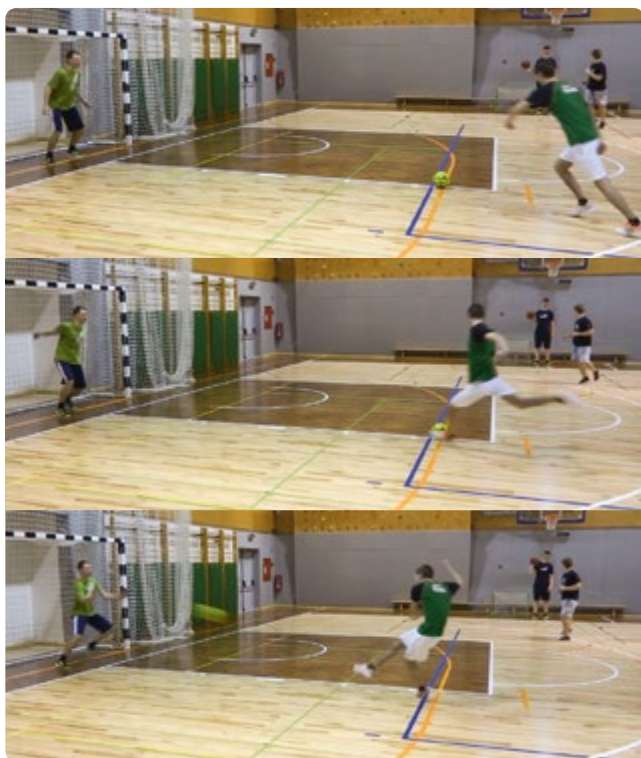
RYS. 1 Perspektywa zawodnika oddającego strzał



RYS. 2 Perspektywa bramkarza

3 | 2 Rozstrzygające rzuty karne

Rozstrzygające rzuty karne zawsze odbywają się na takiej samej zasadzie. Z każdego zespołu zostaje wyznaczonych pięciu zawodników, którzy mają oddać po jednym strzale w określonej kolejności. Aby ustalić, która drużyna ma oddać pierwszy strzał, rzuca się monetą. Następnie zawodnicy z obu drużyn oddają strzały na przemian.



RYS. 3 Kolejność rzutów karnych

Uczniowie otrzymują listę zawodników z ich danymi dotyczącymi średniego prawdopodobieństwa oddania celnego strzału. Wybierają pięciu z nich i ustalają kolejność, w której mają oddawać strzały. Dwóch uczniów rywalizuje przeciwko sobie w grze, która została zaprogramowana w Scratch 2 [2]. Następnie uczniowie będą musieli udowodnić, że wyznaczona przez nich kolejność jest najlepsza. Ze względu na fakt, że średnie prawdopodobieństwo oddania celnego strzału wynosi

$$p = \frac{(p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5)}{5}, \text{ wszystkie ustawienia są równorzędne.}$$

Problem pomiędzy prawdziwą sytuacją na boisku a symulacją komputerową polega na tym, że presja wywierana na każdym oddającym strzał zawodniku rośnie z każdym strzałem. Wartość tę można przyjąć na poziomie 5%. W ten sposób uzyskamy następujące równanie na średnie prawdopodobieństwo:

$$p = \frac{(p_1 + 0,95p_2 + 0,90p_3 + 0,85p_4 + 0,80p_5)}{5}.$$

Ponieważ mamy $5! = 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 120$ możliwych ustawień kolejności, uczniowie muszą poszukać sposobu zoptymalizowania wyniku. Uczniowie powinni samodzielnie znaleźć rozwiązanie tego problemu, chociaż wystawienie najpierw najsłabszego zawodnika i ustawienie kolejności pozostałych aż do najlepszego jako oddającego strzał na końcu jest w rzeczywistości najlepszym rozwiązaniem.

Pamiętając o tym, uczniowie mogą zmienić program Scratch 2 tak, aby pasował do ich potrzeb [2].

Kolejną zmienną, która odgrywa tutaj rolę, jest wpływ psychologiczny na zawodników, jeśli zespół, który oddaje strzał jako pierw-

szy, zdobędzie bramkę. Taka sytuacja wywiera jeszcze większą presję na kolejnym zawodniku.

Później uczniowie mogą porównać dwa zespoły o podobnych umiejętnościach, zmieniając program i symulując go wielokrotnie. To doprowadzi ich do wniosku, że zespół, który rozpoczyna rzuty karne, ma większe szanse na zwycięstwo.

Na końcu uczniowie powinni przeprowadzić dyskusję, aby wyznaczyć uczciwą zasadę regulującą oddawanie rozstrzygających rzutów karnych. Powinni przetestować tę zasadę przy pomocy programu wspomnianego powyżej i dowiedzieć się, czy pięć rzutów karnych wystarczy, aby uzyskać satysfakcjonujący wynik.

Najuczciwsze ustawienie zawodników zespołu A i B liczących po ośmiu zawodników byłoby AB BA BA AB. Układ ten znany jest również jako ciąg Thue-Morse'a. Ustawienie kolejności zespołów musi być zmienione i sama zmiana też musi być zmieniona.

4 | **WNIOSEK**

Uczniowie dowiedzą się, jak modelować świat rzeczywisty i analizować go matematycznie. Dowiedzą się także, jak wykorzystać umiejętności programowania do rozwiązywania problemów powstających w skomplikowanych sytuacjach i jak napisać własną symulację przebiegu rozstrzygających rzutów karnych.

5 | **MOŻLIWOŚCI WSPÓŁPRACY**

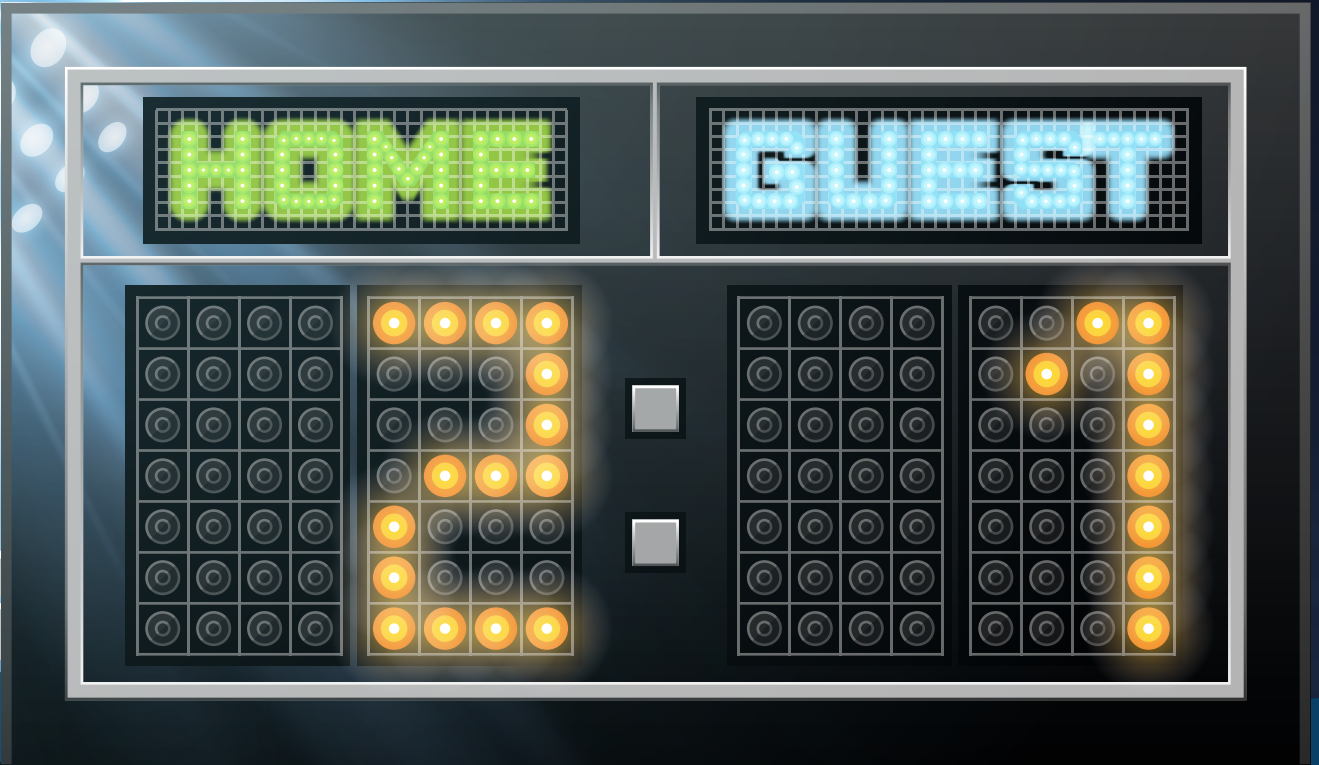
Uczniowie mogą zorganizować zawody klasowe lub międzyszkolne, aby sprawdzić, czyja strategia oddawania rzutów karnych jest najlepsza (patrz 3.1).

Ciekawa byłaby również próba „poprawienia” przez uczniów zasad piłki nożnej w postaci nowych wymiarów i kształtu bramki. Jak zmieniłyby się rzuty karne, gdyby bramka była okrągła lub trójkątna?

ŹRÓDŁA

^[1] www.science-on-stage.de/iStage3_materials

^[2] <https://scratch.mit.edu/scratch2download/>



PIŁKARSKA

STEPHEN KIMBROUGH · MARCO NICOLINI · DAMJAN ŠTRUS

GIEŁDA



arkusz kalkulacyjny, statystyki strzałów, średnie, wykresy, częstotliwości względne, zbieżność, prawdopodobieństwo, notowanie

matematyka, statystyka, TIK

15–19 lat

1 | STRESZCZENIE

Niniejszy scenariusz zapewni uczniom możliwość pracy z danymi, wyjaśnienia i zadawania pytań na temat danych dotyczących prawdziwych rozgrywek piłkarskich dostępnych bez ograniczeń w Internecie [1] lub w gazetach.

2 | WPROWADZENIE KONCEPCYJNE

Piłka nożna to najpopularniejszy sport na świecie, pokonujący bariery narodowe, kulturowe, płciowe i socjoekonomiczne. Ze względu na coraz większą grupę entuzjastów tej dyscypliny sportu jego popularność cały czas rośnie, powodując jednocześnie, że piłka nożna stała się jednym z najpotężniejszych biznesów sportowych na całym świecie.

Wartość europejskiego rynku piłkarskiego szacowana jest na 19,4 mld EUR [2]. Wielu ludzi na całym świecie utrzymuje się z tego sportu, np. zawodnicy, trenerzy, sędziowie, firmy marketingowe, media i oczywiście bukmacherzy. Zakłady piłkarskie to branża obrotowa kwotami od 606 mld do 870 mld EUR rocznie. Praca bukmacherów wiąże się z przewidywaniem, czy dana drużyna wygra, czy przegra i obliczaniem na tej podstawie prawdopodobnego wyniku. Skuteczny bukmacher nie tylko potrzebuje szczęścia, ale również umiejętności matematycznych, aby przeprowadzać skomplikowane analizy zestawów danych, uwzględniając wiele kombinacji czynników i skomplikowanych zmiennych.

3 | ZADANIE UCZNIÓW

Najważniejszą umiejętnością, jaką uczniowie muszą najpierw opanować, jest zapoznanie się z projektowaniem i budowanie bazy danych przy pomocy arkusza kalkulacyjnego. Typ danych

futbolowych dostępnych online uwzględnia całą gamę różnych zmiennych, między innymi terminy meczów, wyniki meczów rozgrywanych na swoim boisku i na wyjeździe, wyniki po całym meczu, jak i po pierwszej połowie, liczbę strzałów, rzutów różnych, faułów, spalonych, przyznanych żółtych i czerwonych kartek i oczywiście szanse wygrania. Uczniowie mogą pozyskać komplet danych z takich źródeł i zaimportować go do swojego arkusza.

3 | 1 Wprowadzanie danych

Najpierw należy poprosić uczniów, aby przygotowali arkusz kalkulacyjny z wynikami meczów. Przykładowy arkusz zaprezentowano na RYS. 1. Arkusz ten oparty jest na niemieckiej pierwszej lidze krajowej (Bundesliga 1) w sezonie 2014/2015.

Nazwy wszystkich zespołów znajdują się w lewej kolumnie (zespół gospodarzy) i w górnym wierszu (zespół gości) w kolejności alfabetycznej.

Wyniki każdego meczu są wprowadzone w dwóch odpowiednich komórkach: lewa komórka podaje liczbę bramek zdobytych przez zespół gospodarzy, a prawa komórka liczbę bramek zdobytych przez zespół gości. Na przykład w meczu pomiędzy Bayernem Monachium rozegranym na ich boisku przeciwko drużynie z Augsburga wynik był 0:1. Kiedy Augsburg grał u siebie przeciwko Bayernowi Monachium, wynik był 0:4.

3 | 2 Obliczenia

Nauczyciel prosi uczniów o wykonanie następujących czynności:

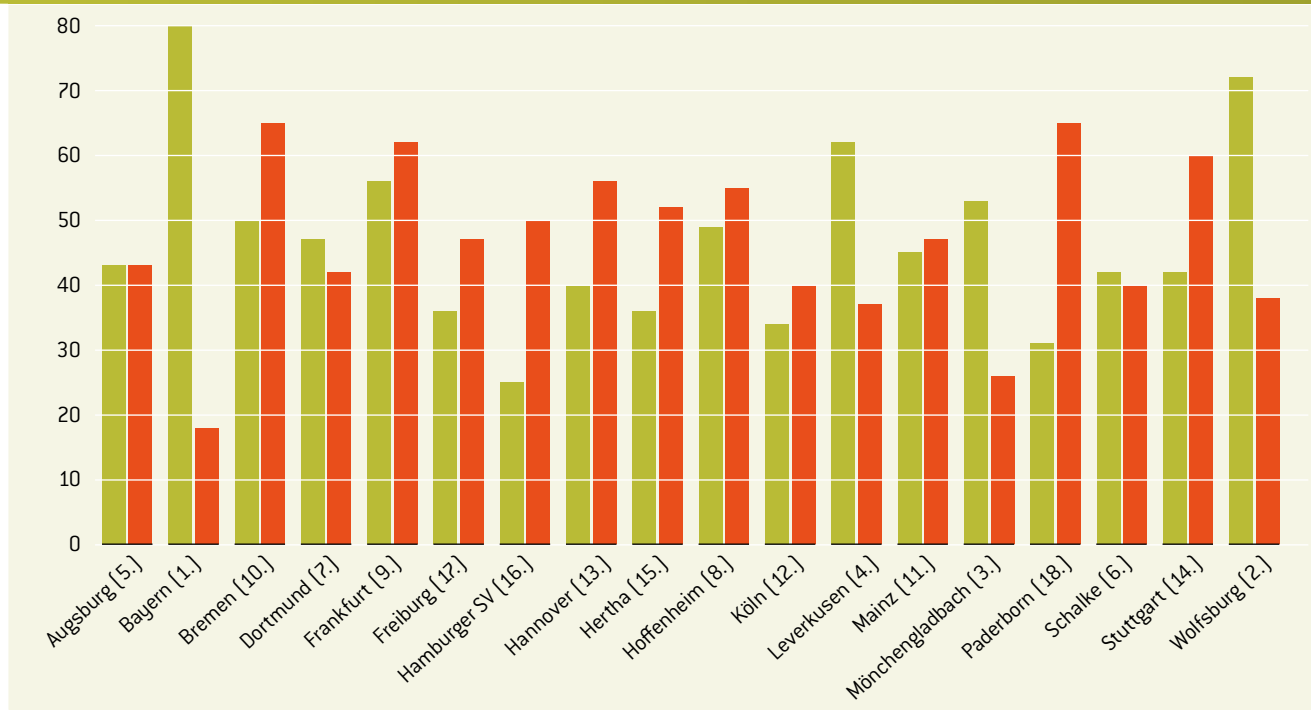
- Napiszcie formułę do obliczenia liczby meczów rozegranych przez cały sezon w Bundeslidze 1 (wskazówka: 18 zespołów grających przeciwko sobie).

Rozwiązanie: Każdy zespół ma 17 przeciwników i rozgrywa z każdym dwa mecze: jeden u siebie i jeden na wyjeździe, stąd każdy zespół rozgrywa $2 \cdot 17 = 34$ mecze (Bundesliga 1 ma 34 kolejki). Ponieważ jest 18 zespołów, każda kolejka li-

RYS. 1 Arkusz kalkulacyjny z wynikami meczów; niemiecka Bundesliga 1, sezon 2014/15

	zespół gości																		
	Augsburg	Bayern	Bremen	Dortmund	Frankfurt	Freiburg	Hamburger SV	Hannover	Hertha	Hoffenheim	Köln	Leverkusen	Mainz	Mönchengladbach	Paderborn	Schalke	Stuttgart	Wolfsburg	
1 Augsburg																			
2 Bayern	0	1		6	0	2	1	3	0	2	0	8	0	4	0	1	0	4	0
3 Bremen	3	2	0	4		2	1	1	0	1	1	1	0	3	3	2	0	1	1
4 Dortmund	0	1	0	1	3	2		2	0	3	1	0	1	0	1	2	0	1	0
5 Frankfurt	0	1	0	4	5	2	2	0		1	0	2	1	2	2	4	4	3	1
6 Freiburg	2	0	2	1	0	1	0	3	4	1		0	0	2	2	2	2	1	1
7 Hamburger SV	3	2	0	0	2	0	0	0	1	2	1	1		2	1	0	1	1	0
8 Hannover	2	0	1	3	1	1	2	3	1	0	2	1	2	0		1	1	1	2
9 Hertha	1	0	0	1	2	2	1	0	0	0	0	2	3	0	0	2		0	5
10 Hoffenheim	2	0	0	2	1	2	1	1	3	2	3	3	3	0	4	3	2	1	
11 Köln	1	2	0	2	1	1	2	1	4	2	0	1	0	0	1	1	1	2	3
12 Leverkusen	1	0	2	0	3	3	0	0	1	1	1	0	4	0	4	0	4	2	2
13 Mainz	2	1	1	2	1	2	2	0	3	1	2	2	1	2	0	0	0	2	0
14 Mönchengladb.	1	3	0	0	4	1	3	1	1	3	1	0	1	0	2	0	3	2	3
15 Paderborn	2	1	0	6	2	2	2	2	3	1	1	1	0	3	2	0	3	1	0
16 Schalke	1	0	1	1	1	1	2	1	2	2	0	0	0	0	1	0	2	0	3
17 Stuttgart	0	1	0	2	3	2	2	3	3	1	2	2	2	1	1	0	0	0	2
18 Wolfsburg	1	0	4	1	2	1	2	1	2	2	3	0	2	0	2	2	2	1	3

RYS. 2 Wykres zdobytych bramek (zielone) i straconych (czerwone) dla każdego zespołu w niemieckiej Bundeslidze 1, sezon 2014/15



czy dziewięć meczów. Dlatego w sumie w sezonie zostaje rozegranych 306 meczów.

- Obliczcie statystyki dotyczące celnych strzałów (bramki zdobyte i stracone) dla każdej drużyny w całym sezonie.

RYS. 2 przedstawia wszystkie bramki zdobyte przez każdy zespół (słupki zielone) i wszystkie bramki stracone przez dany zespół (słupki czerwone). Uczniowie mogą następnie porównać wyniki z swoich arkuszy kalkulacyjnych z rzeczywistymi danymi z internetowych baz danych, aby sprawdzić swoje obliczenia.

- Obliczcie średnią liczbę bramek na mecz w całym sezonie.

Rozwiązanie: 2,75

- Obliczcie średnią liczbę bramek na mecz, które każdy zespół zdobył i stracił. Uczniowie mogą narysować wykres bramek zdobytych i straconych w meczu dla każdej drużyny. Nauczyciel prosi uczniów, aby porównali wykres z pozycją każdego zespołu w tabeli końcowej i daje im czas, aby znaleźli powiązanie pomiędzy kształtem wykresu a rankingiem w tabeli końcowej (na **RYS. 2**).
- Obliczcie względną częstotliwość $p(n)$ liczby bramek na grę. Uczniowie mogą policzyć mecze, w których każda drużyna zdobyła 0, 1, 2, 3 bramki itd. Uczniowie tworzą arkusz kalkulacyjny dla każdego zespołu i przygotowują wykres z częstotliwościami względnymi zestawionymi z liczbą bramek w meczu dla każdego zespołu. **RYS. 3** pokazuje, że Bayern rozegrał

w sumie 34 mecze i zdobył zero bramek w pięciu spotkaniach, jedną bramkę w ośmiu meczach, dwie bramki w dziewięciu meczach itd. Warto zachęcić uczniów, aby użyli formuł dostępnych w Excelu, aby zaprojektować sugerowaną tabelę w **RYS. 3**.

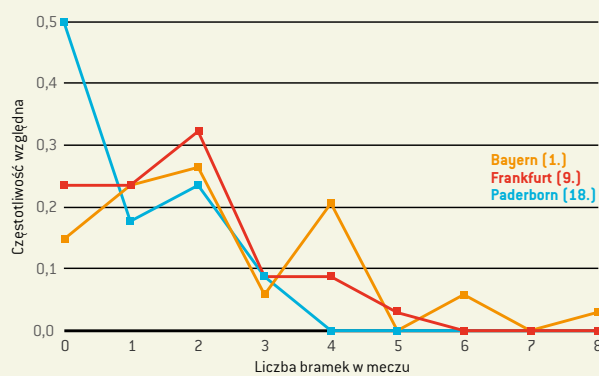
RYS. 3 Względne częstotliwości $p(n)$ dla trzech drużyn

n	Częstotliwość względna					
	Bayern (1.)		Frankfurt (9.)		Paderborn (18.)	
	$N \cdot p(n)$	$p(n)$	$N \cdot p(n)$	$p(n)$	$N \cdot p(n)$	$p(n)$
0	5	0,15	8	0,24	17	0,50
1	8	0,24	8	0,24	6	0,18
2	9	0,26	11	0,32	8	0,24
3	2	0,06	3	0,09	3	0,09
4	7	0,21	3	0,09	0	0,00
5	0	0,00	1	0,03	0	0,00
6	2	0,06	0	0,00	0	0,00
7	0	0,00	0	0,00	0	0,00
8	1	0,03	0	0,00	0	0,00
	34	1	34	1	34	1

Suma drugiej kolumny to liczba meczów w całym sezonie rozegranych przez jeden zespół, suma w trzeciej kolumnie wynosi 1.

- Należy sprawdzić, jakie informacje (wcześniej obliczone) otrzymają uczniowie, jeśli pomnożą liczbę bramek n przez odpowiednią częstotliwość $p(n)$ w każdym wierszu tabeli. Następnie podsumujcie wszystkie:

RYS. 4 Względne częstotliwości względem liczby bramek w meczu dla trzech drużyn



$$\sum_{n=0}^{\infty} n \cdot p(n).$$

Rozwiązanie: Uczniowie uzyskają średnią liczbę bramek \bar{n} zdobytych przez daną drużynę w sezonie.

7. Użycie średniej liczby bramek do obliczenia tak zwanej zbieżności w wyniku gry. Zbieżność to względnie skuteczne odchylenie i według rozkładu Poissona wynosi $\sqrt{\frac{1}{n}}$.

Wynik każdego meczu jest dość trudny do przewidzenia, ponieważ wartość zbieżności rośnie. Są to jedynie wstępne szacunki, jednak można by w sumie się uprzeć przy twierdzeniu, że piłka nożna bazuje w zasadzie na zbieżności zdarzeń. Zbieżność w prawdziwych grach często wynosi aż 100%. Jednocześnie zbieżność jest większa, kiedy zespół plasuje się niżej w tabeli.

8. Narysujcie wykres, aby pokazać, jak pozycja każdej drużyny zmienia się w tabeli podczas całego sezonu (dla wszystkich 34 kolejek). Nauczyciel powinien omówić z uczniami kilka prawdopodobnych przyczyn, które powodują zmianę miejsca w tabeli.

3 | 3 Prawdopodobieństwo

9. Uczniowie już obliczyli średnią liczbę bramek, które każdy zespół zdobył w meczu. Niech r_1 będzie średnią liczbą bramek, które pierwszy zespół zdobył w meczu, a r_2 średnią liczbą bramek, które drugi zespół zdobył w meczu. Zdefiniujemy R jako iloraz: $R = \frac{r_1}{r_2}$.

Prawdopodobieństwo, że pierwsza drużyna zdobędzie następną bramkę jest obliczone przy użyciu $p_1 = \frac{R}{R+1}$, a prawdopodobieństwo, że druga drużyna zdobędzie następną bramkę przy użyciu

$$p_2 = 1 - p_1 = \frac{1}{R+1}.$$

Oczywiście średnie będą się zmieniać wraz z każdą zdobytą bramką. Jednakże nie powinniśmy tego uwzględniać, lecz raczej użyć poprzednich średnich dla całego meczu. Należy poprosić uczniów, aby policzyli prawdopodobieństwo p_1 i p_2 dla każdego zespołu przy użyciu danych uzyskanych w 33 kolejkach, tak aby porównać obliczenia teoretycznie z rzeczywistymi wynikami meczów piłki nożnej w 34. kolejce Bundesligi 1, 2014/15.

10. Jeśli w konkretnym momencie w meczu oba zespoły razem zdobyły n bramek, prawdopodobieństwo, że wszystkie bramki zostały zdobyte przez pierwszą drużynę wynosi p_1^n , a wszystkie bramki zostały zdobyte przez drugą drużynę wynosi p_2^n . Prawdopodobieństwo, że pierwsza drużyna zdobyła k z wszystkich bramek n wynosi $\binom{n}{k} p_1^k p_2^{n-k}$.

11. Prawdopodobieństwo, że drużyna, która zdobyła r bramek w meczu, zdobędzie n bramek w czasie t (pomiędzy $0 =$ początek a $1 =$ koniec meczu) równa się $p = \frac{(rt)^n}{n!} e^{-rt}$.

Nauczyciel powinien poprosić uczniów, aby narysowali wykres prawdopodobieństwa zdobycia n (0, 1, 2, 3 lub 4) bramek podczas 90 minut meczu dla każdego zespołu. Użycie danych uzyskanych w 33 kolejkach, aby porównać obliczenia teoretyczne z rzeczywistymi wynikami meczów piłki nożnej w 34. kolejce Bundesligi 1, 2014/15.

12. Uczniowie mogą również sprawdzić prawdopodobieństwo wyniku $n : m$. W teorii to prawdopodobieństwo przedstawić można w postaci równania

$$p_{n,m} = \frac{[r_1 t]^n [r_2 t]^m}{n! m!} e^{-(r_1+r_2)t}.$$

Równanie to zakłada, że liczba bramek dla każdej drużyny jest od siebie niezależna, co oczywiście nie jest prawdą, ale można użyć takiego założenia przy pierwszym przybliżeniu. Uczniowie powinni porównać obliczenia teoretyczne z rzeczywistymi wynikami meczów piłki nożnej w 34. kolejce Bundesligi 1, w sezonie 2014/15 (RYS. 5).

RYS. 5 Wyniki meczów piłkarskich 34. kolejki Bundesligi 1 w sezonie 2014/15^[3]

Bayern	Mainz	2 : 0
Dortmund	Bremen	3 : 2
Frankfurt	Leverkusen	2 : 1
Hamburger SV	Schalke	2 : 0
Hannover	Freiburg	2 : 1
Hoffenheim	Hertha	2 : 1
Köln	Wolfsburg	2 : 2
Mönchengladbach	Augsburg	1 : 3
Paderborn	Stuttgart	1 : 2

4 | WNIOSEK

Ciągłe badanie i analiza zestawów danych może z pewnością pomóc przewidzieć wyniki meczów piłki nożnej. Jednakże aby przewidzieć poprawny wynik konkretnego meczu, należy uwzględnić wiele parametrów (oprócz bramek) – np. kontuzje, kondycję zawodników, stan nawierzchni na boisku, warunki pogodowe itp. Gdyby istniała magiczna formuła umożliwiająca przewidywanie wyników, byłoby znacznie więcej milionerów wśród obstawiających zakłady. Dlatego też praca bukmacherów to raczej sztuka niż nauka.

Jednak celem tych zajęć nie było dyskutowanie o sensowności zakładów bukmacherskich, stąd na tym zakończymy nasze wnioski.

5 | MOŻLIWOŚCI WSPÓŁPRACY

Uczniowie z różnych krajów mogą gromadzić wyniki wszystkich spotkań w ramach pierwszej ligi w ich kraju. Powinni następnie obliczyć statystyki bramek (zdobytch i straconych) dla każdego zespołu w całym sezonie, obliczyć średnią liczbę bramek w meczu w całym sezonie i średnią liczbę bramek w meczu, jakie każdy zespół zdobył i stracił.

Na końcu powinni porównać wyniki swoich obliczeń i przeanalizować swoją krajową ligę. Czy wszystkie zespoły są mniej więcej równie dobre, czy jest kilka silniejszych zespołów, kilka słabszych i wiele przeciętnych? Być może uczniowie nawet odkryją jakąś trzecią, czwartą czy piątą opcję...

ŹRÓDŁA

[1] www.football-data.co.uk/

[2] www.soccerex.com/about/what-soccerex/football-industry (08/11/2015)

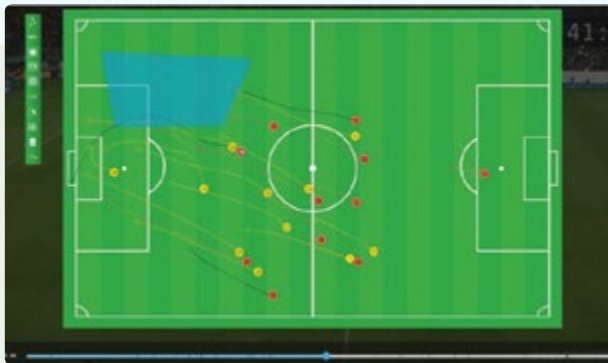
[3] www.rezultati.com/nogomet/njemacka/bundesliga-2014-2015/ (12/11/2015)

- ALI JE NOGOMET IGRA NA SREČO, Janez Strnad, Presek, ISSN 0351-6652, ročník 13 (1985/1986), numer 1, str. 9–15
- Matematika i nogomet (<http://pptfilesearch.com/single/79931/nogomet-i-matematika>), Franka Miriam Brückler, Osijek, 1.6.2006 (08/03/2016)

INFORMATYKA W SŁUŻBIE PIŁKI NOŻNEJ

Technologie informacyjne stały się podstawowym narzędziem w piłce nożnej, pomagającym drużynom przygotowywać się do meczu i umożliwiającym analizę podczas przerwy w meczu. Trenerzy mogą wykorzystywać ogromne ilości danych i analizę skupień, aby idealnie dostosować ruchy poszczególnych zawodników oraz całego zespołu do postępowania przeciwników oraz spowodować, aby automatycznie na nie reagowali. W przypadku narzędzi analitycznych takich jak *Match Insights* podstawą jest analiza materiału wideo. Podczas treningu czujniki umocowane do ciała zawodników dostarczają informacji nie tylko na temat ich pozycji i ruchów, ale również na temat ich rytmu serca. Statystyki dotyczące indywidualnych zawodników i zespołów umożliwiają sporządzenie profilu ich osiągnięć oraz dokonywanie porównań. Trenerzy wykorzystują te informacje do przygotowania idealnego planu treningowego i taktyki, jaką należy zastosować podczas zbliżającego się meczu.

ANALIZA MATERIAŁU WIDEO (MATCH INSIGHTS)



TABLICE TAKTYCZNE

Pokazują one wzorce ruchów graczy, takie jak obronę, biegi czy pokonane dystanse. Wzorce te stanowią informacje dla trenera, np. w jakich sytuacjach drużyna przeciwna zmienia krycie z „każdy swego” na krycie strefą, aby zyskać okazję do zdobycia bramki.



MAPY ZASIĘGU

Są to mapy prezentujące grę poszczególnych zawodników, pokazujące ścieżki ich ruchów oraz obszar na boisku, po którym się poruszają. Stanowią źródło informacji dla trenera w kontekście tego, czy zawodnik będzie lepszy w obronie, czy w ataku. Dzięki temu trener jest w stanie w pełni wykorzystać potencjał swoich zawodników i przydzielić im optymalną pozycję.



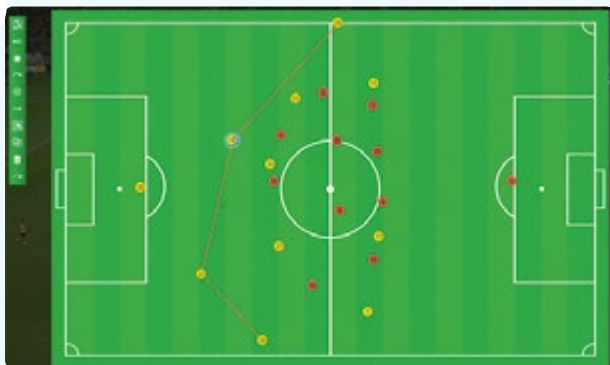
STATYSTYKI DOTYCZĄCE ZAWODNIKÓW

Osiągnięcia każdego zawodnika rejestrowane są przez całą grę. Dzięki temu trener otrzymuje informacje na bieżąco, np. dotyczące strzałów na bramkę, pokonanego dystansu, liczby podań oraz porównanie wyników konkretnego zawodnika na tle całego zespołu. Użytkuje również informacje na temat ryzyka kontuzji.

ZALECANE UŻYCIE DO ROZSTAWIENIA I TRENOWANIA ZAWODNIKÓW



ANALIZA RUCHÓW ORAZ PORÓWNANIE ZESPOŁÓW

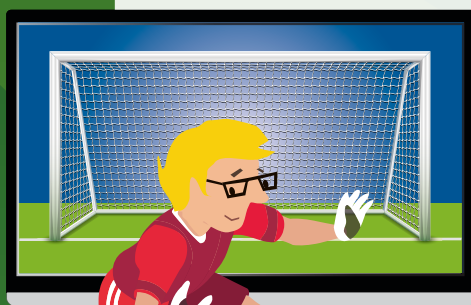


Trener porównuje ostatnie dziesięć meczów dwóch drużyn, na przykład w sytuacjach, w których padła bramka lub kiedy oddany strzał był niecelny. Porównanie to może pokazać, że przeciwna drużyna wykazuje słabość w standardowych sytuacjach lub że strzela najczęściej bramkę pod koniec meczu. W takim przypadku trener może poinstruować swój zespół, aby stwarzał jak najwięcej standardowych sytuacji i zwolnił grę pod koniec spotkania.

ZALECANE UŻYCIE DO PRZYGOTOWANIA TAKTYKI DLA ZESPOŁU

PERCEPCJA I TECHNIKA STRZAŁU

Największe kluby korzystają już ze specjalistycznego oprogramowania podczas treningów.



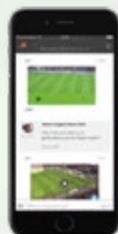
FOOTBONAUT

To sześciątka przypominająca klatkę, stanowiący rodzaj narzędzia do trenowania, który strzela piłkami w zawodników. Służy ono do trenowania techniki oraz koordynacji ruchów przy pierwszym kontakcie z piłką, podczas kontrolowania piłki oraz dokładności strzałów.

HELIX

To narzędzie do symulowania na boisku treningów psychicznych, które poprawia umiejętność interpretowania sytuacji na boisku z daleka oraz podczas szybkiej gry.

SPERSONALIZOWANY TRENING BEHAWIORALNY



Poza treningami zawodnicy dyskutują z trenerami i analitykami materiałów wideo na temat poprawy osiągnięć i przygotowania do kolejnego meczu.



Materiał graficzny przygotowany przy wsparciu ze strony SAP / SAP Sports One Software
Zrealizowano przy pomocy Jensa Wittkopfa,
Products & Innovation, Sports and Entertainment, SAP SE

DODATKOWE ZASOBY I MATERIAŁY



Autorzy przygotowali więcej zasobów i materiałów do wykorzystania razem ze scenariuszami opisanymi w skrypcie.

Pliki są dostępne do darmowego pobrania na stronie: www.science-on-stage.de/iStage3_materials

WYDARZENIA W RAMACH PROJEKTU iSTAGE 3 – PIŁKA NOŻNA W NAUCZANIU PRZED- MIOTÓW PRZYRODNICZYCH

Sesje burzy mózgów w celu
wybrania tematów podczas
ostatniego spotkania
w ramach projektu *iStage 2 –
Smartphones in Science
Teaching* w Berlinie
w Niemczech
▼ 5 grudnia 2014 r.

Pierwsze warsztaty w
Berlinie w Niemczech
▼ 24–26 kwietnia 2015 r.

Prezentacja publikacji
w Brukseli w Przedstawi-
cielstwie kraju związkowe-
go Hesji w Unii Europejskiej
▼ 2 czerwca 2016 r.

▲ 3 lutego 2015 r.
Spotkanie koordynatorów
w Dortmundzie w Niemczech

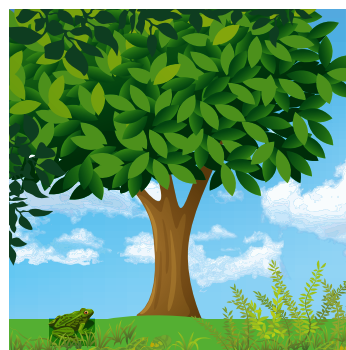
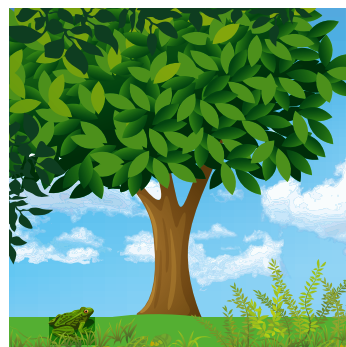
▲ 6–8 listopada 2015 r.
Drugie warsztaty
w Berlinie w Niemczech

▲ Spotkania kontynuacyjne
w 2016 i 2017 r.
Szkolenia dla nauczycieli
w różnych krajach europej-
skich

KARTY DO GRY W PARACH

Patrz scenariusz zajęć „Stapając po śladzie węglowym”, str. 12.

Do pobrania z www.science-on-stage.de/iStage3_materials





SCIENCE ON STAGE EUROPE

SCIENCE ON STAGE – EUROPEJSKIE STOWARZYSZENIE NAUCZYCIELI PRZEDMIOTÓW PRZYRODNICZYCH

- ... to sieć tworzona przez i dla nauczycieli przedmiotów przyrodniczych, technologii, inżynierii i matematyki wszystkich poziomów edukacyjnych.
- ... to platforma europejska służąca wymianie pomysłów na ciekawe lekcje.
- ... podkreśla znaczenie nauk przyrodniczych i technologii w szkole i dla całego społeczeństwa.


Głównym sponsorem Science on Stage Germany jest Federalne Zrzeszenie Niemieckich Organizacji Pracodawców Przemysłu Metalowego i Elektrotechnicznego (GESAMTMETALL) wraz z inicjatywą think ING.

Przyłącz się do nas! Zapraszamy!
WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU

 www.facebook.com/scienceonstageeurope

 www.twitter.com/ScienceOnStage

Zaprenumeruj nasz biuletyn:

 www.science-on-stage.eu/newsletter

DODATKOWE MATERIAŁY



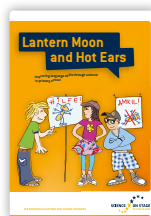
iStage – Materiały dydaktyczne wykorzystujące technologie informacyjno-komunikacyjne [TIK] w nauczaniu przedmiotów ścisłych

- Biologia i zdrowie
- Środowisko naturalne
- Od jazdy na rowerze do lotu w kosmos



iStage 2 – Smartphones in Science Teaching

- Materiały dydaktyczne poświęcone wykorzystaniu smartfonów na zajęciach z przedmiotów ścisłych



Lantern Moon and Hot Ears

- Doskonalenie umiejętności językowych na przedmiotach ścisłych w szkole podstawowej
- Doświadczenia, arkusze pracy, teksty itp.

Do darmowego pobrania z
www.science-on-stage.de/materials





GLÓWNY SPONSOR
SCIENCE ON STAGE GERMANY

think
ING.

Die Initiative für
Ingenieur Nachwuchs

Proudly supported by

