

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

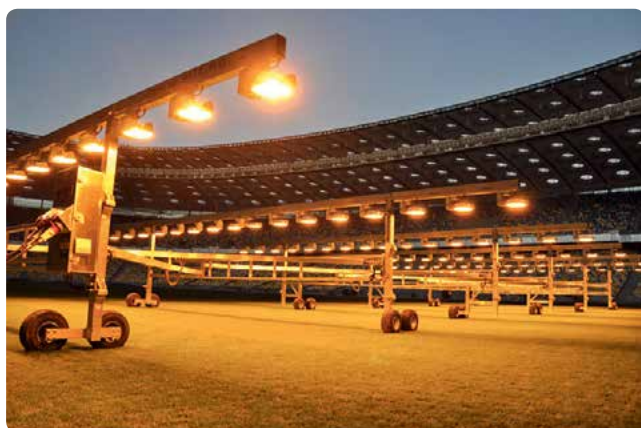
👥 16–18 lat

## 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

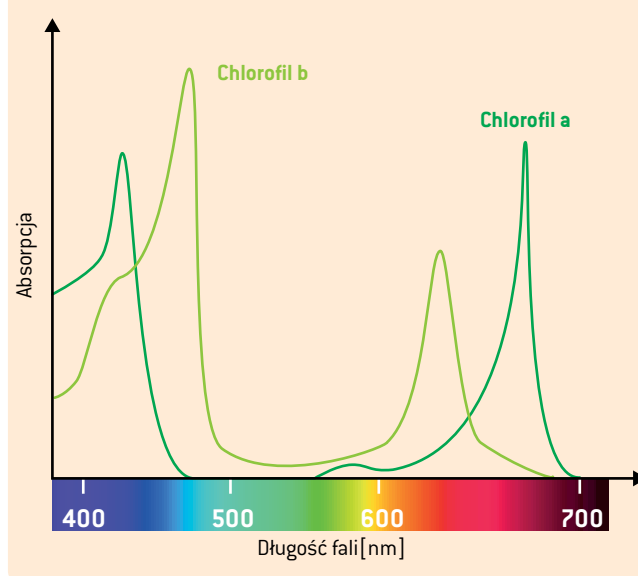
## RYS. 2 Widmo światła widzialnego [1]



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

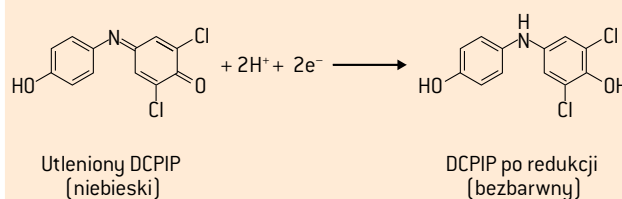
Światło widzialne składa się ze światła o różnej długości fal, tj. różnej barwie (**RYS. 2**). Najpopularniejszy barwnik fotosyntetyczny, jakim jest chlorofil, to w rzeczywistości mieszanina dwóch barwników (chlorofilu a i chlorofilu b), które lepiej pochłaniają fale światła o określonej długości, wykazując 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 najsukuteczniejszego przyspieszania 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<sup>[3]</sup>.

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). Umieśćcie 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 tackę 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 tackek 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

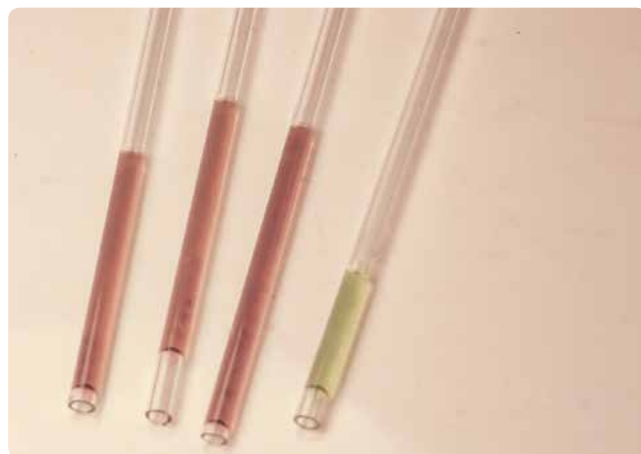


**RYS. 5** Lampy były wyposażone w żarówki RGB 3W B22 LED z pilotem zdalnego sterowania, którym można zmienić barwę światła na czerwoną, pomarańczową, żółtą, zieloną, niebieską, fioletową lub białą.

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 cm<sup>3</sup> 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 cm<sup>3</sup> wody destylowanej.
4. Następnie należy całość mieszać przez 60 sekund, aby otworzyć komórki i uwolnić chloroplasty. Przelfiltrować, 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 (dodawać 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 cm<sup>3</sup> 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. Umieśćcie lampkę biurkową z żarówką o barwie fioletowej 8 cm nad białą płytką (nie włączajcie jej jeszcze). Następnie umieśćcie kapilarę wzorcową z kroku 6 na płytce. Teraz zanurczcie trzy kapilary w ekstrakcie chloroplastów i DCPIP, osuszcie je jak poprzednio i umieśćcie 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 = $\frac{1000}{t}$ [ $\frac{1}{s}$ ]
		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**).

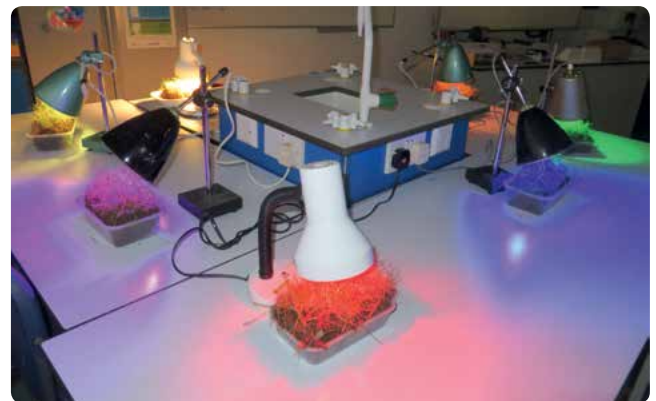
9. Włączcie lampkę i stoper.
10. W odpowiedniej tabeli (dane przykładowe podane są na **RYS. 7**) odnotujcie czas, jaki upłynie do momentu, gdy kolor w każdej kapilarze doświadczalnej będzie taki, jak w kapilarze wzorcowej (t). Ze względu na fakt, że bardzo trudno jest dostrzec kolor kapilary w świetle o różnej barwie, należy użyć pilota, aby zmieniać kolor światła na „białe” na sekundę co 20 sekund, aby porównać kolory.
11. Powtórzcie kroki 9 i 10 dla pozostałych pięciu barw światła oraz dla żarówki emitującej białe światło (**RYS. 8**).
12. 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 kontrowalności 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 nagzewają, 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

<sup>[1]</sup> [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linear\\_visible\\_spectrum.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linear_visible_spectrum.svg) (08/03/2016)

<sup>[2]</sup> 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)

<sup>[3]</sup> [www.science-on-stage.de/iStage3\\_materials](http://www.science-on-stage.de/iStage3_materials)



# IMPRINT

## TAKEN FROM

iStage 3 - Football in Science Teaching  
available in Czech, English, French, German,  
Hungarian, Polish, Spanish, Swedish  
[www.science-on-stage.eu/istage3](http://www.science-on-stage.eu/istage3)

## PUBLISHED BY

Science on Stage Deutschland e.V.  
Poststraße 4/5  
10178 Berlin · Germany

## REVISION AND TRANSLATION

TransForm Gesellschaft für Sprachen- und Mediendienste mbH  
[www.transformcologne.de](http://www.transformcologne.de)

## CREDITS

The authors have checked all aspects of copyright for the images and texts used in this publication to the best of their knowledge.

## DESIGN

WEBERSUPIRAN.berlin

## ILLUSTRATION

Tricom Kommunikation und Verlag GmbH  
[www.tricom-agentur.de](http://www.tricom-agentur.de)

## PLEASE ORDER FROM

[www.science-on-stage.de](http://www.science-on-stage.de)  
[info@science-on-stage.de](mailto:info@science-on-stage.de)

Creative-Commons-License: Attribution Non-Commercial  
Share Alike



First edition published in 2016

© Science on Stage Deutschland e.V.



## SCIENCE ON STAGE – THE EUROPEAN NETWORK FOR SCIENCE TEACHERS

- ... is a network of and for science, technology, engineering and mathematics (STEM) teachers of all school levels.
- ... provides a European platform for the exchange of teaching ideas.
- ... highlights the importance of science and technology in schools and among the public.

The main supporter of Science on Stage is the Federation of German Employers' Associations in the Metal and Electrical Engineering Industries (GESAMTMETALL) with its initiative think ING.

Join in - find your country on

**[WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU](http://WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU)**

 [www.facebook.com/scienceonstageeurope](http://www.facebook.com/scienceonstageeurope)

 [www.twitter.com/ScienceOnStage](http://www.twitter.com/ScienceOnStage)

Subscribe for our newsletter:

 [www.science-on-stage.eu/newsletter](http://www.science-on-stage.eu/newsletter)



MAIN SUPPORTER OF  
SCIENCE ON STAGE GERMANY

think  
**ING.**  
Die Initiative für  
Ingenieur Nachwuchs

Proudly supported by

