

# **Znaczenie fizyki w naukach rolniczych**

*Stanisław Przestalski*

*Katedra Fizyki i Biofizyki, Akademia Rolnicza we Wrocławiu*

**Słowa kluczowe:** fizyka, biofizyka, agrofizyka, nauki rolnicze, fizyka i rozwój rolnictwa, edukacja

## **Wstęp**

W miarę rozwoju wielu nauk obserwujemy obecnie ich coraz większe „ufizycznienie”. Jak zwracają uwagę Hrynkiwicz i Rokita [2]: „Postęp w poznaniu struktury i dynamiki materii w różnych stanach, dokonany dzięki fizyce, pozwala na lepsze zrozumienie właściwości obiektów, które są przedmiotem zainteresowania innych dziedzin nauki...”. Pogląd ten odnosi się zarówno do innych przyrodniczych dyscyplin podstawowych, jak i dyscyplin naukowych o charakterze praktycznym, a w szczególności do nauk medycznych i nauk rolniczych.

Fizyka, niezależnie od tego, czy była traktowana jako oddzielna dyscyplina naukowa czy np. jako filozofia przyrody, interesowała się zarówno problemami fundamentalnymi, np. budową wszechświata (i tworzeniem teorii zupełnych, jak np. dynamika Newtona, elektromagnetyczna teoria Maxwella, teorie względności Einsteina czy elektrodynamika kwantowa, lub też tworzeniem teorii doraźnych i próbnych), jak i problemami o znaczeniu praktycznym. Te dwa nurty badań fizycznych były i są wzajemnie powiązane. Badania natury ogólnej zaowocowały po przełomie kopernikańskim dwiema podstawowymi zasadami przyrodniczymi, które wskazują na: 1) powszechność praw fizyki i 2) na jedność materii, co stanowi podstawę do zastosowań fizyki zarówno w rozważaniach ogólnych, jak i w przyrodniczych i technicznych badaniach szczegółowych.

Nie tylko jednakże wszelkie badania, ale samo istnienie człowieka zależne jest od jego zabezpieczenia materialnego, a zabezpieczenie to w pierwszym rzędzie uzależnione jest od rozwoju nauk rolniczych. Jak zwracają na to uwagę w swoim doskonałym artykule Malicki i Nawrocki [5]: „... cały postęp krajów wysoko rozwiniętych mógł się dokonać dzięki rozwojowi rolnictwa i zapewnieniu społeczeństwu dostatku żywności” i dalej piszą, że obecnie „bez nauk rolniczych grozi nam poważne niebezpieczeństwo nie tylko w wyniku ziszczenia się apokaliptycznej wizji wynikającej z

teorii Malthusa, ale też zniszczenia środowiska przyrodniczego do stopnia przekraczającego możliwości adaptacyjne naszego gatunku”. Realny rozwój nauk rolniczych wiąże się zarówno z rozwojem nauk podstawowych, jak i z wykorzystaniem ich osiągnięć w rolnictwie. Jedną z dyscyplin podstawowych, które odgrywały i odgrywają znaczącą rolę w rozwoju rolnictwa, jest fizyka i jej uniwersalne prawa.

## Fizyka, biofizyka i agrofizyka

---

Podstawą nauk rolniczych są dyscypliny przyrodnicze i techniczne oraz ekonomiczne. Wszystkie nauki przyrodnicze, a wśród nich fizyka, zajmują się właściwościami materii i zjawiskami, czyli zmianami zachodzącymi w przyrodzie. Fizyka jednakże w odróżnieniu od innych nauk przyrodniczych bada najbardziej ogólne właściwości i formy ruchu materii. Prawa fizyki charakteryzują się bardzo dużym stopniem ogólności i dotyczą wszelkich procesów fizycznych, niezależnie od tego, gdzie one przebiegają i do jakich ciał się odnoszą. Na przykład prawo powszechnego ciężenia podlegają ciała małe i duże, pierwiastki chemiczne i związki chemiczne, ciała na powierzchni Ziemi i ciała na innych planetach i wreszcie ciała martwe i organizmy żywe. A więc jest to prawo uniwersalne, któremu podlegają wszelkie ciała, niezależnie od ich wzajemnej odległości, od ich stanu i od ośrodka, w którym się znajdują. Inne dyscypliny przyrodnicze i techniczne zainteresowane są bardziej szczegółowymi problemami. Różnicę między fizyką a innymi naukami przyrodniczymi przedstawił swego czasu Smoluchowski następująco: „Przedmiot (innych niż fizyka nauk przyrodniczych — mój przypis) jest ten sam, jak przedmiot fizyki: jest to przyroda..., ale odmienny jest punkt widzenia, gdyż w fizyce badamy tylko ogólne prawa przyrody, a przedmiotem tamtych nauk jest badanie zdarzeń indywidualnych. Tak np. fizyk i astronom zajmują się ruchami planet wokół Słońca. Ale fizyka interesują one jako przykład z zakresu mechaniki oraz jako dowód istnienia grawitacji ogólnej... Natomiast indywidualne dane, określające tor Marsa, Ziemi, orientacje tych torów względem konstelacji gwiazd niebieskich itd. są dla fizyka zupełnie obojętne, a one właśnie interesują astronoma”.

Zjawiska fizyczne przebiegają zarówno w układach nieożywionych, jak i ożywionych. Badaniem zjawisk fizycznych w organizmach żywych zajmuje się biofizyka. Możemy ją więc traktować jako fizykę stosowaną w szeroko pojętej biologii. Biofizyka, podobnie jak fizyka w ogóle, zajmuje się najbardziej ogólnymi zjawiskami. Aby zilustrować ten pogląd, weźmy pod uwagę bardziej ogólną dyscyplinę, jaką jest biofizyka, i bardziej szczegółową, jaką jest np. biochemia, i wykorzystajmy przedstawiony wyżej sposób rozumowania Smoluchowskiego na przykładzie związanym z tymi dwiema dyscyplinami. Otóż zarówno biofizyk, jak i biochemik interesują się m.in. procesami aktywnego transportu substancji przez błony żywych komórek. Na przykład stężenie jonów potasu wewnątrz komórki jest z reguły wyższe aniżeli w ośrodku

zewnątrznym, a stężenia jonów sodu — odwrotnie. Różnice tych stężeń są utrzymywane dzięki przepływowi jonów potasu do wnętrza komórki, a jonów sodu — na zewnątrz. W obydwu wypadkach ruch ten odbywa się w kierunku od niższego stężenia do wyższego, a więc (jak można sądzić) wbrew jednemu z podstawowych praw fizyki, prawu dyfuzji. Przez pewien czas rzeczywiście przypuszczano, że zjawisko to ma specyficznie biologiczny charakter i nie podlega prawom fizyki. Obecnie wiemy, że proces ten podlega jednak prawom fizyki. Aktywny transport zachodzi mianowicie dzięki nakładowi energii, która z kolei pochodzi z chemicznych reakcji metabolicznych, przy czym ta energia jest równa pracy wykonanej na wymuszenie transportu aktywnego substancji wbrew różnicy stężeń. A więc proces ten odbywa się zgodnie z jednym z najbardziej podstawowych praw fizyki, mianowicie z zasadą zachowania energii. Po stwierdzeniu tego faktu zagadnienie aktywnego transportu zostaje z punktu widzenia biofizyka rozwiązane, ponieważ przebiega ono zgodnie z odpowiednim prawem fizyki. Natomiast nie interesuje go w zasadzie samo źródło energii metabolicznej ani rodzaj reakcji chemicznych, które tę energię dostarczają, a te szczegółowe problemy są właśnie przedmiotem zainteresowania biochemika. Podany tu przykład jest uproszczony, ale za to wyraźnie podkreśla charakterystyczne cechy różniące biofizykę od biochemii, przy czym nie należy jednak zapominać, że podział nauki na różne dyscypliny jest umowny i niestały; ponadto należy podkreślić, że omawiany proces aktywnego transportu może być w pełni opisany dopiero wtedy, kiedy zostaną zastosowane zarówno metody fizyczne, jak i chemiczne czy też biologiczne.

Agrofizyka zajmuje się zjawiskami fizycznymi, które zachodzą w układach (i właściwościami samych układów) interesujących dla przedstawicieli nauk rolniczych. W znacznym zakresie agrofizyka i biofizyka pokrywają się ze sobą. Na przykład problem transportu substancji przez błony biologiczne czy opis przepływu krwi w układzie krwionośnym zwierząt, które taki układ mają, może być równie interesujący dla biofizyka jak i dla agrofizyka (w tym ostatnim wypadku może tu chodzić w szczególności np. o transport cząstek pożywienia przez błony biologiczne czy też układ krążenia u zwierząt hodowlanych). Do autonomicznych obszarów agrofizyki należą przede wszystkim zagadnienia związane ze zjawiskami fizycznymi zachodzącymi w układach glebowych i w wielu innych układach sypkich (np. ziarno i nasiona, nawozy, herbicydy, cukier, mąka, sól i inne), w układach gleba-roślina i oczywiście w całej sferze zastosowań technicznych, związanych z urządzeniami rolniczymi (na podobnej zasadzie, jak to się dzieje w tradycyjnych powiązaniach fizyki z techniką). Wymienione i niewymienione tu zagadnienia agrofizyczne są twórczo rozwijane w znanym i uznanym na świecie Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie. Badania tam uprawiane zostały interesująco przedstawione m.in. w wywiadzie z Glińskim i Walczakiem w *Nauce i Przyszłości* [1].

Ten podział na fizykę, biofizykę i agrofizykę jest oczywiście, jak każda próba „poszufladkowania” dyscyplin naukowych, nieco sztuczny, a na pewno nie jest sztywny. Zamiast wprowadzania terminów „biofizyka” i „agrofizyka” można byłoby mówić o

fizyce w biologii czy też o fizyce w rolnictwie. Głównym moim celem było zwrócenie uwagi na to, że w organizmach żywych, w układach glebowych itd. przebiegają bardzo liczne zjawiska fizyczne, które mogą być rozpoznane i badane tylko metodami fizycznymi, a więc na podstawie znajomości fizyki: zjawiska fizyczne można opisywać jedynie prawami fizycznymi. A więc badania agrofizyczne może prowadzić fizyk, który w jakimś zakresie zna interesującą go problematykę rolniczą, albo rolnik, który w jakimś stopniu zna fizykę, albo fizyk i rolnik, współpracując ze sobą, co jest możliwe, jeśli są w stanie porozumieć się ze sobą (a więc obydwaj orientują się w jakimś stopniu w obydwu dyscyplinach), i co jest, jak sędzę, rozwiązaniem optymalnym.

Nie mając wątpliwości, że w omawianych przez nas układach występują bardzo liczne zjawiska fizyczne, można zadać pytanie, czy rzeczywiście badanie tych zjawisk ma znaczenie obecnie i może mieć znaczenie w przyszłości w pożądanym rozwoju rolnictwa.

## Przykłady i wnioski z nich wypływające

---

Prawa fizyki rządzą m.in. zjawiskami:

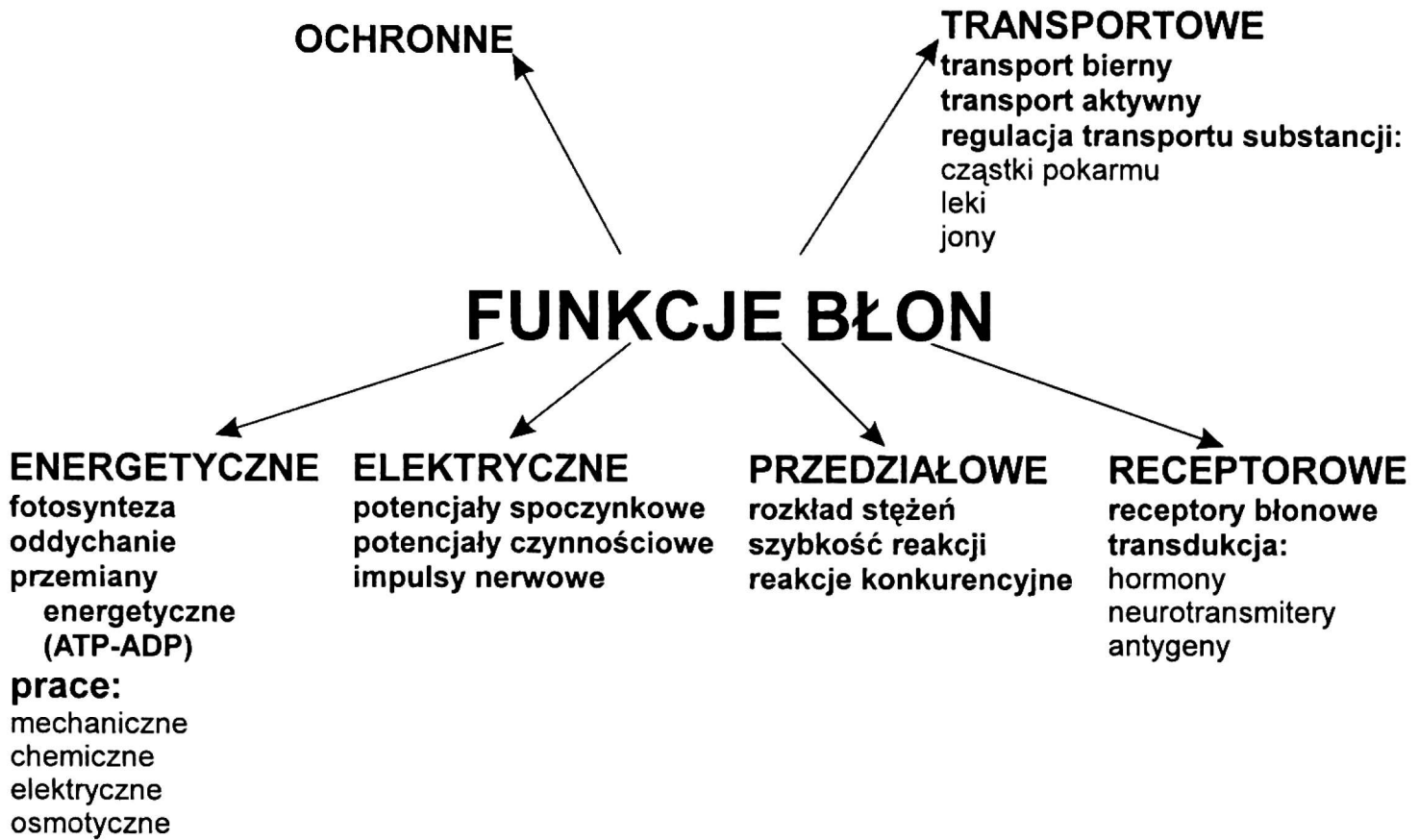
- zachodzącymi w glebie (struktura, wilgotność, transport wody i powietrza);
- uprawowymi;
- związanymi z wpływem czynników zewnętrznych (temperatura, ciśnienie, różnorodne pola, promieniowanie);
- związanymi z ochroną przed szkodnikami i chorobami roślin;
- związanymi w ogólności z ochroną środowiska (a w szczególności środowiska rolniczego);
- meteorologicznymi;
- transportu wody i nawozów mineralnych z gleby do korzeni roślin;
- związanymi z przechowywalnością produktów rolnych.

W badania struktury gleby zaangażowany jest cały arsenał metod fizycznych, podobnie jak w badaniach fizycznych ciała stałego (i z pewnością nie są to zagadnienia prostsze od typowych badań ciała stałego w fizyce „czystej”). Gleba jest naturalnym środowiskiem rolniczym i jej właściwości oraz wzajemne relacje między jej fazą stałą, ciekłą i gazową decydują o zaopatrzeniu roślin w tlen, wodę i składniki pokarmowe oraz nadają kierunek przemianom metabolicznym mikroorganizmów i w ten sposób wpływają na wykorzystanie składników pokarmowych. W szczególności określenie tego wieloskładnikowego układu termodynamicznego, jakim jest gleba, i ustalenie wpływu znaczących parametrów (temperatura, ciśnienie, potencjał chemiczny i inne) na tę strukturę ma skierować nasze działania na udoskonalenie warunków uprawowych. Te badania są obecnie rozwijane. W roztworze glebowym działają różnorodne siły (oddziaływania), m.in. takie jak przyciągające siły van der Waalsa, odpychające siły elektrostatyczne, siły oscylacyjne (strukturalne albo solwatacyjne),

odpychające siły hydratacyjne, przyciągające siły hydrofobowe, siły steryczne, kapilarne i adhezyjne [3]. Tego typu badania będą zapewne rozwijane w przyszłości i — jak sądzę — pomogą one w określeniu warunków prowadzących do optymalizacji struktury gleby. Jednym z bardzo ważnych elementów badań agrofizycznych w tym zakresie są badania stosunków wodnych w glebie. Badania te mają swoją długą historię. Samo określanie wilgotności gleby w warunkach polowych (bez naruszania struktury gleby) było dużym wyzwaniem dla fizyków. Po tysiącach prób na całym świecie zadanie to zostało zadowalająco, jak się wydaje, rozwiązane w Instytucie Agrofizyki PAN [6]. Należy zauważyć, że obecność wody (i różnych jej rodzajów) w glebie określa wszystkie ważne jej funkcje. Dlatego poznanie wodnych właściwości gleby jest podstawowym warunkiem dla zrozumienia i opisu jej pozostałych funkcji. Większość parametrów fizycznych gleby może być modyfikowana poprzez regulację uwodnienia. Dlatego oprócz pomiaru wilgotności interesującymi i ważnymi problemami hydroagrofizycznymi są badane intensywnie procesy transportu wody w glebach. Ten fizyczny proces jest bardzo skomplikowany i jego opis fizykomatematyczny jest trudny ze względu na występowanie wielu różnych sił (w szczególności tych, o których była mowa wyżej) i różną strukturę ośrodków; jednakże tylko badania fizyczne mogą stanowić podstawę rozwiązania tego problemu.

Zewnętrzne czynniki, takie jak temperatura, ciśnienie, promieniowanie itd., mają, jak wiadomo, istotny wpływ (niezależnie od materiału siewnego i genetycznego, głębokości orki, czasu siewu, dostępności wody, ilości szkodników i innych) na wielkość plonów. Badania agrofizyczne wpływu różnych zewnętrznych czynników na uprawy tym się różnią od bardzo licznych, innych badań, które nazwałbym „objawowymi”, że celem ich jest poznanie i opis mechanizmów tych działań, w miarę możliwości i w miarę potrzeby, na poziomie molekularnym. Na przykład stwierdzenie, że promieniowanie ultrafioletowe może być szkodliwe dla organizmów żywych (można tu przytoczyć wiele przykładów) jest stwierdzeniem banalnym. Dopiero informacja oparta na wskazaniu, że energia kwantów promieniowania ultrafioletowego jest większa od energii większości wiązań cząsteczek organicznych, wyjaśnia, dlaczego tak się dzieje; na tej dopiero podstawie można przewidywać wiele możliwych skutków tego promieniowania.

Wydaje się, że jeszcze niedostatecznie uznaną w badaniach agrofizycznych (w odróżnieniu od nauk medycznych, w szczególności neurologii, czy też nauk farmakologicznych) jest cała sfera fizycznych (poza biologicznymi i biochemicznymi) badań membranowych. Cytoplazmatyczna błona komórkowa (w odniesieniu do komórek roślinnych zwana dawniej plazmalemmą) spełnia różnorodne funkcje, które w skrócie przedstawione są na rysunku 1. Oprócz oczywistej funkcji ochronnej, zapobiegającej rozplynięciu się cytoplazmy w ośrodku, błona wykazuje właściwości transportowe, energetyczne, elektryczne, przedziałowe i informacyjne, czyli receptorowe. Dzięki swoim właściwościom, wynikającym ze szczególnej struktury fizycznej i obecności odpowiednich enzymów, błona ma możliwość regulacji transportu (zarów-



**Rysunek 1.** Funkcje błon cytoplazmatycznych

no biernego, czyli dyfuzyjnego, i aktywnego) substancji do wnętrza komórek i w stronę przeciwną. Procesy transportu cząstek pokarmu przez błony coraz częściej stają się przedmiotem zainteresowania nauki o żywieniu. Znajomość mechanizmów i procesów przenikania wody i jonów przez błony komórek korzeni roślin może stanowić podstawę regulacji transportu wody i nawozów mineralnych w układzie gleba-roślina (istnieje na ten temat dość bogata literatura biofizyczna, ale niewielka — typowo agrofizyczna). W dużym stopniu właściwości błon wiążą się z problematyką ochrony środowiska. Wszelkie substancje, również toksyczne, mają kontakt z błoną komórkową: albo działają destrukcyjnie na błonę (dotyczy to w szczególności różnych substancji amfifilowych, np. wielu pestycydów, czy organicznych związków ciężkich metali), zaburzając działanie organizmu żywego, względnie niszcząc ten organizm, albo co najmniej przechodzą przez błonę (co też daje potencjalną szansę regulowania tego procesu), wywierając swoje główne działanie wewnątrz komórki. Szczegółowe poznanie wpływu tych substancji na fizyczną strukturę i funkcje błony może pozwolić na wykrycie sposobów zapobiegania (w mniejszym czy większym stopniu) szkodliwemu działaniu tych substancji już na poziomie błon komórkowych, w czym dodatkowo może pomóc określenie struktury badanych cząsteczek metodą komputerowego modelowania molekularnego. Problemy transportu membranowego są również przedmiotem zainteresowania inżynierii genetycznej, odnoszącej obecnie ogromne i spektakularne sukcesy. Pozostaje jednak niewyjaśniony zadowalająco proces transfekcji, w wyniku którego materiał genetyczny jest przenoszony przez błony np. agrobakterii. Być może jest to związane z powstawaniem w błonie innych struktur niż

struktura dwumolekularna, charakteryzująca warstwę lipidową błony komórkowej nieoddziałującej z błoną innej komórki. Przemiany fazowe (które są typowym problemem fizycznym) błon obserwuje się w komórkach roślinnych i zwierzęcych w różnych przypadkach. Dla przykładu można wspomnieć, że przemiany takie zachodzą również m.in. w procesie wernalizacji roślin zbożowych [8].

Staralem się tu wskazać na obecność fizyki w naukach rolniczych na każdym, można powiedzieć, kroku. Ograniczyłem się jednak jedynie do kilku przykładów, a można ich podać setki. Pozwalają one zauważyć, że bez wykorzystania możliwości, jakich dostarcza nam fizyka, nie można, jak sędzę, liczyć na dobre zrozumienie wielu procesów występujących w naukach rolniczych w ogóle i na znaczący rozwój nauk rolniczych w przyszłości. Bez znajomości praw fizyki nie można byłoby również ustrzec się niekiedy przed popełnianiem błędów zarówno elementarnych (np. wynikających z nieznaności nauczanego obecnie w szkole podstawowej paradoksu hydrostatycznego, będącego przyczyną niepotrzebnej budowy akweduktów przez starożytnych Rzymian), jak również bardzo złożonych, wymagających znajomości zarówno bardziej zaawansowanej fizyki, jak i matematyki.

## **Nauczanie fizyki, biofizyki i agrofizyki**

---

Nauczanie fizyki na wyższych uczelniach rolniczych powinno być realizowane na wszystkich kierunkach. Ponieważ prawa fizyki są podstawą wszystkich dyscyplin przyrodniczych, więc bez ich znajomości nie można w pełni ująć innych zagadnień związanych z przyrodą, a w konsekwencji również z rolnictwem. W każdym razie bez znajomości fizyki nie można ich opanować w taki sposób, aby działania w sferze nauk rolniczych miały charakter (potencjalnie) twórczy, a nie odtwórczy. Uważam więc, że problem nie polega na pytaniu, czy na wyższych uczelniach należy nauczać fizyki, lecz jak ją nauczać. W różnych krajach różnie się podchodzi do tego zagadnienia: są np. kraje, w których przedmiotów podstawowych wraz z fizyką naucza się w czasie rocznego lub dwuletniego studium wstępnego, poświęconego wyłącznie tym przedmiotom. W naszym systemie (gdzie fizyka, biofizyka, agrofizyka znajdują się w programach pierwszego roku studiów) należy nauczać jedynie wybranych działów fizyki, wskazując, jak odpowiednie prawa fizyki mogą być wykorzystane w różnych działach nauk rolniczych. Należy pamiętać o tym, że nauczanie na omawianych kierunkach nie ma na celu wykształcenia fizyków (nawet najlepszy fizyk nie byłby rolnikiem bez znajomości dyscyplin rolniczych). Wymaga to od fizyków zapoznania się z niektórymi zagadnieniami rolniczymi, a od przedstawicieli dyscyplin rolniczych wskazywania fizykom problemów, które — ich zdaniem — powinny być eksponowane. W ogólności chodzi o to, aby studenci w pierwszym rzędzie poznali wybrane, bardzo ogólne prawa fizyczne, które obejmują duże obszary wiedzy, i ilustrować je licznymi przykładami, ważnymi dla tych kierunków studiów, które stanowią nauki rol-

cze. Rozważmy kilka przykładów. Na przykład termodynamika, która w szkole średniej jest na ogół traktowana po macoszemu, powinna być przedmiotem zainteresowania, ponieważ pozwala ona wyjaśnić zarówno samorzutne powstawanie różnych struktur w roztworach wodnych, procesy dyfuzji, mechanizm transportu aktywnego substancji przez błony biologiczne, jak i podstawy funkcjonowania maszyn cieplnych. Cała problematyka energetyczna pozwala omówić zarówno podstawy wielu zagadnień technicznych, jak i równowagę mechaniczną (zasada minimum energii potencjalnej wyjaśnia nie tylko spadanie kamienia pod wpływem siły ciężkości, lecz również wznoszenie się cieczy zwilżających w kapilarach wbrew sile ciężkości, czy też m.in. zjawisko promieniotwórczości). Pozwala ona też przedyskutować ekologiczne i ekonomiczne aspekty energetyki konwencjonalnej i jądrowej, a także energetyki opartej na źródłach energii odnawialnej. Problemem, który powinien być również podkreślany, to problem wody, jej fizycznej struktury, jej zdolności do rozpuszczania wielu substancji i (co nie mniej ważne) braku zdolności do rozpuszczania wielu innych substancji, jej właściwości powierzchniowych, sorpcji fizycznej gleb, transportu w naczyniach ksylemu i innych. Podane wyżej problemy stanowią jedynie pewne przykłady. Konkretny programy mogą i powinny być w sposób zadowalający opracowywane przez konkretnych wykładowców. Moje własne doświadczenia zaowocowały kilkoma wydaniem podręcznika pt. „Fizyka z elementami biofizyki i agrofizyki” [7]; inne pozycje z tego zakresu wydane w ostatnich latach w Polsce to opracowania K. Dołowego z SGGW i M. Kargola z Akademii Świętokrzyskiej. Tego rodzaju zainteresowanie fizyką na różnych kierunkach przyrodniczych na świecie przejawiało się wydaniem w wielu krajach różnych podręczników akademickich (co zresztą wskazuje pośrednio na to, że nigdzie materiał fizyki wyniesiony ze szkoły średniej nie zaspokaja potrzeb studentów kierunków przyrodniczych na poziomie szkoły wyższej); jednym z nich, przetłumaczonym na język polski, jest „Fizyka dla przyrodników” [4].

Edukacja w zakresie fizyki i innych dyscyplin podstawowych na kierunkach rolniczych (i nie tylko) ma dodatkowy walor, nie zawsze dostatecznie podkreślany. Otóż dyscypliny podstawowe, a w szczególności fizyka, starzeją się znacznie wolniej aniżeli dyscypliny o charakterze praktycznym. W tych ostatnich postęp (szczególnie w ostatnich czasach) jest bardzo szybki. Niekiedy już po kilku latach od ukończenia studiów o nachyleniu praktycznym absolwent może się spotkać z nowymi zupełnie problemami i wyzwaniem, którym będzie mógł stawić czoło, jeśli został wcześniej uzbrojony w wiedzę podstawową.

## Literatura

- 
- [1] Gliński J., Walczak R. 2000. Agrofizyka. *Nauka i Przyszłość* 7(116): 1 i 11.  
[2] Hryniewicz A., Rokita E. 1999. Fizyczne metody badań w biologii, medycynie i ochronie środowiska. PWN, Warszawa.



- [3] Israelashwili J. 1994. *Intermolecular and Surface Forces*, Academic Press, London etc.
- [4] Kane J., Sternheim M. 1988. *Fizyka dla przyrodników*, PWN, Warszawa.
- [5] Malicki L., Nawrocki S. 1999. Szanse dla globu. *Nauka i Przyszłość* 7(104): 1 i 8.
- [6] Malicki M. 1993. Wpływ fizycznych właściwości gleby na elektryczne parametry układu elektrody i gleby w aspekcie pomiaru jej wilgotności i zasolenia. *Acta Agrophysica*, Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN w Lublinie, Lublin.
- [7] Przystalski S. *Fizyka z elementami biofizyki i agrofizyki*. I wydanie PWN, Warszawa, 1977; ostatnie wydanie Akademia Rolnicza we Wrocławiu, 1993.
- [8] Singer M., Finegold L. 1988. Association of cold induction of flowering with low temperature phases in membrane. *Cryo-Letters* 9: 328–357.

## **Significance of physics in agricultural sciences**

---

**Key words:** physics, biophysics, agrophysics, agricultural sciences, physics and the development of agriculture, education

### **Summary**

Paper focused the attention on universal character of the physics laws which describe the processes and systems both, in the living and inanimate world. Due to that biophysics and agrophysics have been developed. These disciplines investigate the physical processes occurring in living organisms and systems of agriculture' interest (e.g. in the soil); biophysics and agrophysics are partly overlapping. Many phenomena important for agriculture (e.g. soil structure and interactions that determine it, water transport in the soil, transport of water and mineral fertilizers in the soil — plant system, effects of the temperature, radiation and other factors on the crop yields, substance permeation through the membranes, and others) which are subjected to physics laws can be investigated with the physical methods only. The knowledge of selected branches of physics enables the students of agricultural sciences to understand the physical phenomena occurring in systems they have to deal with, and thus may help them to develop the agriculture for the benefit of mankind.