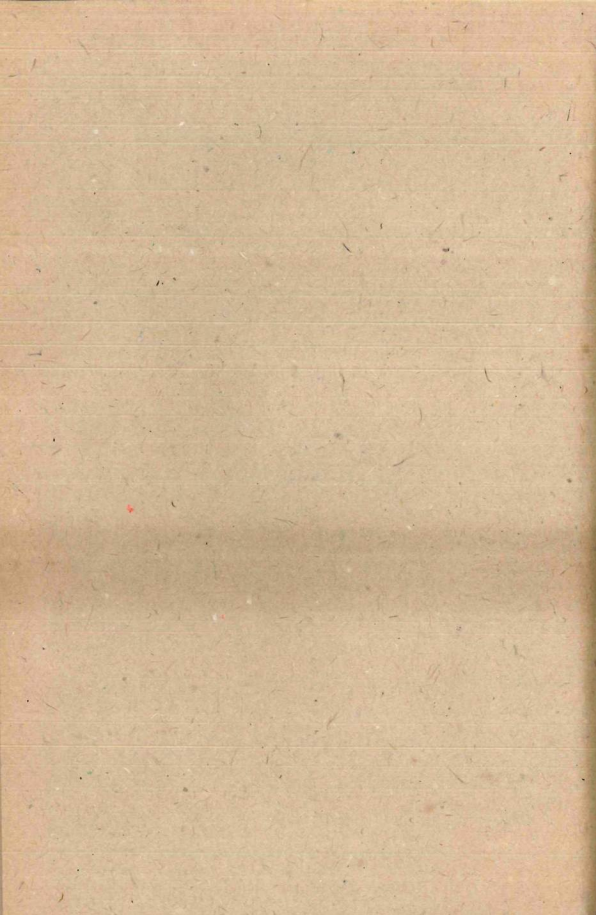


© PROW. CWA 77 PRZYB. WYD. PRAG 77K

211





z 2257

EDWARD GEMBOREK

O PROWADZENIU  
ĆWICZEŃ PRZYRODNICZYCH  
W PRACOWNI SZKOLNEJ

2117



LWÓW — 1933  
PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
UL. KURKOWA 21.

28/n22

3.

Dolnośląska Biblioteka Pedagogiczna  
we Wrocławiu

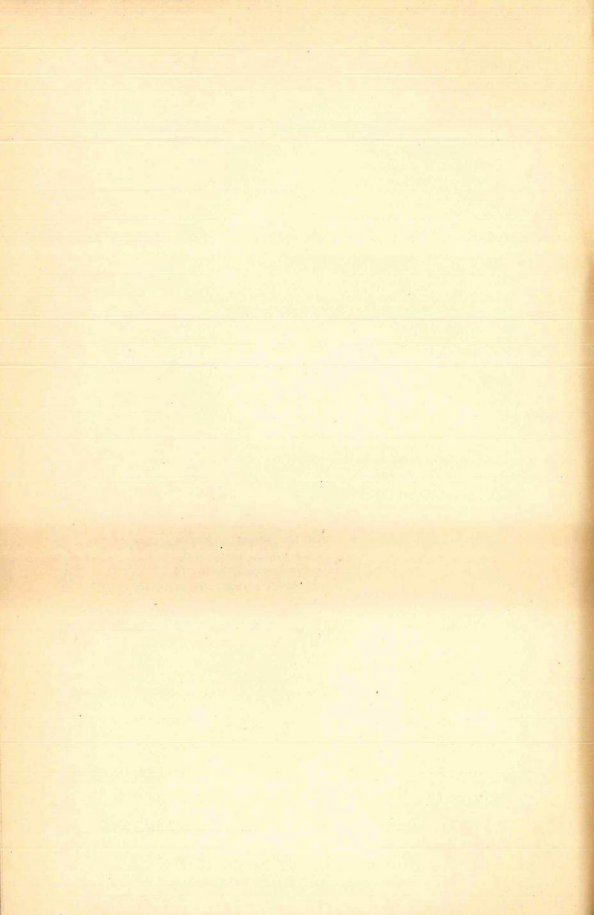


WRO0145769



## T R E Ś Ć

	Str.
1. Wstęp . . . . .	5
2. Organizacja ćwiczeń . . . . .	9
3. Ćwiczenia :	
1. Hodowla gałązki trzykrotki w kolbce z wodą . . . . .	19
2. Badanie skórki z górnej powierzchni liścia trzykrotki . . . . .	22
3. Badanie skórki, zdartej ze spodu liścia trzykrotki . . . . .	34
4. Obserwacja poziomów wody i oliwy w hodowli gałązek trzykrotki . . . . .	41
5. Badanie poprzecznego przekroju blaszki liścia trzykrotki . . . . .	49
6. Badanie skórki łodygi trzykrotki . . . . .	59
7. Badanie korzenia przybyszowego trzykrotki . . . . .	63
8. Wyparowywanie wody z gałązek trzykrotki . . . . .	68
9. Rozpoznawanie i wykrywanie skrobi . . . . .	72
10. Badanie podłużnego przekroju łodygi trzykrotki . . . . .	75
11. Rozpoznawanie cukru gronowego . . . . .	80
12. Wykrywanie cukru w trzykrotce i innych roślinach . . . . .	82
13. Rozpoznawanie białka . . . . .	84
14. Rozpoznawanie budowy komórkowej nasienia fasoli oraz wykrywanie w niem skrobi i białka . . . . .	86
15. Rozpoznawanie błonnika . . . . .	88
16. Hodowla wodna trzykrotki i fasoli na pełnej pożywce Knop'a . . . . .	92
17. Rozpoznawanie taniny, jako wstęp do ćwiczeń z osmozą . . . . .	97
18. Obserwacja przenikania chlorku żelazowego przez błonę . . . . .	98
19. Obserwacja poziomu roztworu siarczanu miedzi z ćw. 18 . . . . .	101
20. Badanie łuski cebuli w wodzie zwykłej i w roztworze stężonym . . . . .	107
21. Pomiar przyrostu wagi i objętości namoczonych nasion fasoli . . . . .	110
22. Badanie ziaren skrobi w liścieniach kielkujących nasion fasoli . . . . .	112
23. Oddychanie nasion kielkujących . . . . .	114
24. Obserwacja budowy liścia moczarki i ruchu ciałek zieleni . . . . .	120
25. Badanie wyciągu spirytusowego chlorofilu . . . . .	123
26. Badanie glonu . . . . .	127
27. Fermentacja alkoholowa . . . . .	131
4. Dobieranie i porządkowanie materiału naukowego, ujmowanego w postaci ćwiczeń . . . . .	141
5. Tablica rozkładu materiału.	



## WSTĘP.

Nauka przyrodoznawstwa w dzisiejszej szkole średniej wypada w nieznacznej tylko części roku szkolnego na miesiące jesienne i wiosenne. Reszta nauki odbywa się w zimie. Najcenniejsza pora roku — lato — przepada zupełnie. W takich warunkach może nauczyciel poświęcić bardzo mało czasu nauce w terenie, jeśli się zważy, że najlepsza pora dla jego pracy przypada na pierwsze i ostatnie tygodnie roku szkolnego, co zawsze wpływa ujemnie na jej ciągłość i wydajność. Wskutek tego wytwarza się pewien szkodliwy pośpiech w korzystaniu z materiału sezonowego. Z konieczności zajmujemy się wtedy takimi okazami, których na zimę, zwłaszcza w stanie żywym, nie można przechować. Tak samo obserwujemy te zjawiska, których w zimie nie można odtworzyć. Zabiegamy więc usilnie o to, by jak najwięcej materiału przetrzymać na miesiące zimowe i opracować go w pracowni wśród zrównoważonego łoku zajęć. W ciągu roku szkolnego wypadnie nam pracować w pracowni w czasie od listopada do marca włącznie, gdyż wycieczki zimowe i prace w ogródku sprowadzają się wówczas do minimum. W pozostałych zaś miesiącach, zważywszy zmienną pogodę, nie zawsze możemy pracować z młodzieżą w terenie. Ogród szkolny, jako bliżej położony, da się łatwiej wyzyskać, niż dalsze tereny wycieczkowe, nie zastąpi jednak, tak samo jak pracownia, pełni światła roślin i zwierząt w ich naturalnym zespole. Nie zapominając o wielkiej wartości terenów wycieczkowych i ogrodów szkolnych, musimy czas zimowy tak spożytkować, by utrzymać kontakt młodzieży z przyrodą. Da się to skutecznie w dobrze zorganizowanej i należycie wyzyskanej pracowni. Z jednej strony zadaniem jej będzie dać możliwe warunki do opracowania: 1) materiału wiosennego i jesiennego, odłożonego na

zimę; 2) materiału wiosennego i jesiennego we właściwym czasie, jeśli jest trudny do badania poza pracownią (np. doświadczenia z asymilacją); z drugiej zaś: uczyć badania na drobnych przykładach, dobieranych celowo. Wyrazi się to: 1) nawykiem i umiejętnością stawiania sobie pytań (zagadnień) wobec otaczających organizmów i zjawisk, 2) wyrobieniem umiejętności:

a) znajdowania sposobów, jak praktycznie dochodzić do rozwiązywania zagadnień (projektowanie zadań, t. j. ćwiczeń właściwych,

b) wykonywania zamierzonych zadań (ćwiczeń właściwych);

c) stwierdzania i poprawnego formułowania, t. j. wyrażania w mowie i na piśmie wyników przeprowadzonej samodzielnie pracy;

d) wnioskowania i wysuwania nowych pytań (nowych zagadnień).

Spełniając te zadania, zamierzamy wyrobić u uczniów umiejętność myślenia przyrodniczego. Uczeń zdobywa tu badawczą, więc aktywną postawę wobec otaczającego świata. Bada rzeczy pozornie małe, a uczy się patrzeć i widzieć rzeczy wielkie. Zacznie rozglądać się na wycieczce w bogactwie otaczającej przyrody. Z doświadczenia w pracowni i z powodzenia pracy w rozwiązywaniu zagadnień małych pod kierunkiem nauczyciela wyrośnie zainteresowanie przyrodą, a nabyta wprawa w zaradności doprowadzi nawet do samodzielnego i samorzutnego rozwiązywania zagadnień. Taka umiejętność jest tem ważniejsza, że obok zdobytych gruntownych wiadomości, jakkolwiek może nielicznych, uzbraja ucznia w metodę pracy. Wprowadzamy ucznia do pracowni po to, by go w niej przyrodniczo wykształcić, „otworzyć mu drzwi i wyprowadzić do przyrody“.

Tak postawione zadania wskazują, że pracownia powinna być czynna przez cały rok szkolny, stanowiąc w zimie wyłączny niemal grunt pracy młodzieży. Na wiosnę zaś i w jesieni obok głównego warsztatu, t. j. ogródka szkolnego i terenów wycieczkowych, pracownia spełnia zadanie pomocnicze.

Pracownia biologiczna, mimo że potrzebę jej w szkole uznano już dawno, jest placówką nową. Drogi postępowania nauczyciela i młodzieży w pracowni jeszcze się nie utarły.



W wielu wypadkach przenosi się do niej znaczne działy i sposoby pracy na wzór pracowni uniwersyteckiej, bez sprawdzenia, czy są celowe. W innych — nie jest ona wyzyskiwana nawet w minimalnym stopniu, dostępnym młodzieży. Próby na tem polu czyni nauczycielstwo w całej Polsce, w szczególności zaś w ogniskach metodycznych biologji<sup>1)</sup>. Przedłożona tu praca jest także obrazem próby, usiłującej przedstawić nauczycielowi przyrodnictwa, jak można prowadzić ćwiczenia w szkolnej pracowni biologicznej.

Podane w tej pracy ćwiczenia — to materiał, wielokrotnie przerabiany z młodzieżą w szkole. Uległ on też pewnej krytyce kolegów nauczycieli podczas prac na kursach metodycznych.

Układ ćwiczeń uwzględnia pewną wewnętrzną ich spójność, nie wyczerpuje jednak wszystkich ćwiczeń, które można i należy stosować. Daje on raczej to minimum, za pomocą którego staram się przedstawić, jak można, względnie, jak należy prowadzić ćwiczenia przyrodnicze w szkolnej pracowni biologicznej.

---

W pracy niniejszej jako t. zw. organizm przewodni wybrałem trzykrotkę, idąc za wzorem D. Gayówny: *Tradescantia zebrina* (*Zebrina pendula*), Warszawa 1923 r. oraz opierając się na materiałach własnych, zdobytych przez zastosowanie tej rośliny do ćwiczeń szkolnych. Przy doborze treści ćwiczeń oraz konstrukcji niektórych aparatów pomocne były mi różne dzieła, a przede wszystkim następujące:

1. E. Strassburgera: *Krótki przewodnik do zajęć praktycznych z botaniki mikroskopowej*. Przeł. T. Kołodziejczyk, Warszawa, M. Arct, 1924.
2. A. Czartkowskiego: *Ćwiczenia z anatomji roślin*. Warszawa, M. Arct, 1922.
3. A. Czartkowskiego: *Doświadczenia z fizjologii roślin*. Warszawa, M. Arct, 1922.
4. Z. Bohuszewiczówny: *Lekcje botaniki w IV kl. szk. śr.* Warszawa, 1925.

---

<sup>1)</sup> Dotychczas istnieją ogniska we Lwowie, Brześciu, Jarosławiu, Cieszynie, Grudziądzu, Krakowie i Wilnie.

5. W. Schoenichen'a: *Methodik und Technik des naturgeschichtlichen Unterrichts*, Leipzig, Quelle u. Meyer (wyd. I-1914, II-1926).
  6. B. Schmid'a: *Handbuch der naturgeschichtlichen Technik*, Leipzig, Teubner, 1914.
-

## ORGANIZACJA ĆWICZEŃ.

Prowadzenie ćwiczeń w pracowni wymaga spełnienia wielu warunków. Dwa z nich są najważniejsze: pierwszy — to należyta organizacja pracowni, która 1) umożliwia i zapewnia wydajność pracy nauczyciela i ucznia; 2) oszczędza ich siły do prowadzenia pracy właściwej; 3) chroni ich pracę od zabiegów pomocniczych, powtarzających się stale z powodu braków w urządzeniu i zaopatrzeniu pracowni (np. brak kompletów naczyń, szkła, narzędzi, przyrządów i t. p.); drugi — to organizacja samych ćwiczeń, polegająca na: 1) uplanowaniu pracy przez nauczyciela, 2) przysposobieniu do niej uczniów, aby doprowadzić do skutecznego wykonania zamierzeń.

Pomijam tutaj sprawę organizacji pracowni<sup>1)</sup>, gdyż wychodzi to poza ramy niniejszej pracy i jest już przedstawione w „Poradniku w sprawach nauczania i wychowania, zesz. 1, rok I.<sup>2)</sup>”. Zajmę się natomiast bliżej sprawą organizacji ćwiczeń, jako nieodłączną częścią zagadnienia o prowadzeniu ćwiczeń przyrodniczych w pracowni.

Planowanie pracy przez nauczyciela w pracowni jest trudniejsze od zwykłego sporządzania rozkładu materiału do wykładów, chociażby nie opartych na podręczniku szkolnym. Jest ono zagadnieniem metodycznym, gdyż dotyczy nie tylko treści nauczania, ale i sposobu postępowania. Program nauki danego przedmiotu przedstawia dla nauczyciela pewną narzuconą całość, którą należy rozłożyć na cały rok szkolny.

---

<sup>1)</sup> Żywe wzory organizacji pracowni znaleźć można w ogniskach metodycznych, model zaś znajduje się w Pracowniach Centralnych dydakt. Min. W. R. i O. P. przy Muzeum Ośw. i Wychowania w Warszawie.

<sup>2)</sup> Nakład Ministerstwa Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego — skład główny: Książnica-Atlas. Lwów—Warszawa.

Nauczyciel spełnia to w ten sposób, że dzieli całość mniej lub więcej mechanicznie na 3 lub 4 jednakowe części, stosownie do podziału czasu nauki na okresy lub kwartaly. Dla ujęcia laboratoryjnego taki podział jest nierealny, bo zawsze na okres pierwszy wypadnie za wiele materiału naukowego. Opóźnienia będą nieuniknione, bo młodzież nie nabierze odrazu wprawy w prowadzeniu pracy pod postacią ćwiczeń. Stąd należy się liczyć bardzo z powolnością tempa pracy. Ogromny wysiłek uczniów kieruje się z początku na pokonanie trudności technicznych. Pochłania to wiele czasu, dając narazie mały dorobek pod względem wiadomości. Stopniowo jednak, przez powtarzanie szeregu czynności, dochodzi uczeń do nabycia wielu umiejętności i dzięki nim szybciej i łatwiej wzbogaca swój zasób wiadomości. Obraz tego stanu może nam dać porównanie dorobku naukowego w ćwiczeniu 2-gim z dorobkiem z ćwiczenia 26-go.

Planowanie pracy na dłuższy okres czasu jest mniej realne, bo mniej można przewidzieć szczegółów, niż w planie, ułożonym np. na jeden lub dwa tygodnie, a nawet na miesiąc.

Przedstawię tu zasady ujmowania materiału naukowego w formie ćwiczeń. Będzie ono dotyczyło tylko kilku przykładów postępowania, ujęcie zaś całości, z wypukleniem związku ćwiczeń między sobą, nastąpi w ostatnim rozdziale o dobie-raniu i porządkowaniu materiału.

Przystępując do wykonania programu np. kl. IV (dawnej), przewiduję, że nauczyciel zakomunikuje uczniom główny cel ich pracy. Uczniowie muszą wiedzieć, o czym się będą uczyli. Ułatwi to im ujęcie całości, a prócz tego pozwoli nauczycielowi umiejętnie wciągnąć ich do współpracy w planowaniu zajęć. Ma to polegać na stawianiu problemów czyli zagadnień oraz projektów ich rozwiązania. Jeżeli dla przykładu weźmiemy kurs kl. 4-tej mat. przyr. — to komunikujemy uczniom, że celem ich pracy będzie poznanie budowy i czynności rośliny. Uczniowie przypominają sobie, co już o tem wiedzą. Wyszczególniają na dostarczonym przykładzie rozpoznawane części, oraz wymieniają ich czynności. Nauczycielowi chodzi teraz o to, by wywołać wątpliwości, czy te wiadomości o roślinie są wystarczające. Np., z zakresu budowy, gdy uczeń, patrząc na liść trzykrotki, wymienia jego części i cytuje: (ogonek) — pochewka — blaszka — wysuwamy umyślnie szczegóły: A wło-

ski? Czem one są? Jak są zbudowane? Dlaczego liść jest bledszy na spodzie, niż na wierzchu? Czem są barwne smugi na nim? Z jakiego materiału jest liść zbudowany? Z czego są zbudowane inne części? i t. p. Dajemy uczniowi do rąk lupę. Przez nią włoski inaczej już wyglądają. Budzą się w uczniu nowe pytania. Tak samo, gdy spogląda zukosa na powierzchnię blaszki liścia przez lupę. Widzi lekką chropowatość powierzchni, więc uznaje, że nie jest, jak się zwykle wydaje, gładka. Co to są owe guzki na powierzchni? Więc jakże jest liść zbudowany? A lodyga? Korzeń? Z pomocą przechodzi znów nauczyciel, dając uczniowi do rąk mikroskop.

Powstało zagadnienie budowy rośliny przez pytanie, jak jest zbudowany liść? Tak samo z czynnościami. Prosta hodowla z ćwiczenia 1-go może i powinna stać się podłożem do wzbudzania wątpliwości i zainteresowania życiem rośliny. Dalej przypomina nauczyciel, że poznawanie życia i budowy roślin będzie się odbywało w ciągu roku szkolnego, od jesieni do wiosny. W zimie roślin będzie mniej. Trzeba sobie obrać takie, które i wtedy będzie można mieć w pracowni. Proponuje — np. trzykrotkę, chociaż próby lepiej prowadzić każdego roku na coraz to innym materiale<sup>1)</sup>. Trzykrotka tedy stanie się w planie organizmem przewodnim. Wychodząc od niej, będziemy rozszerzali wiadomości uczniów, w miarę potrzeby, na innych okazach. Skupienie się początkowo na nieznacznej ilości gatunków jest pożądane, gdyż zapobiega rozproszkowaniu wiadomości, oderwanych od całości organizmu. Unika się wytworzenia abstrakcyjnego obrazu budowy lub czynności rośliny. Przez przechodzenie do innych organizmów pomocniczych rozciągamy stopniowo wiadomości o budowie lub czynnościach z jednej rośliny na drugą i w ten sposób od konkretnych, naturalnie skojarzonych obrazów przechodzimy do abstrakcyjnych schematów. W omawianych przykładach ćwiczeń prócz trzykrotki przechodzą: moczarka, fasola, cebula, skrzętnica, ziemniak i t. p.

Posuwamy planowanie dalej. Należy poznać budowę obranej rośliny (trzykrotki). Ustalamy szczegóły. Np. uczniowie postanawiają zbadać najpierw liść, potem lodygę, wkońcu korzeń. Więc pierwszym zagadnieniem będzie: jak liść jest zbu-

<sup>1)</sup> Potrzebne byłyby do tego liczniejsze monografie organizmów, opracowane w świetle potrzeb szkoły średniej.

dowany? W toku omawiania mógł je wysunąć uczeń lub nauczyciel. Musi się odtąd stać troską nauczyciela stwarzać takie sytuacje i tak prowadzić młodzież, by mogła jak najwcześniej i jak najczęściej wysuwać zagadnienia (pytania). Przykład przytoczonego zagadnienia jest w treści swej dosyć obszerny. Należy go nadal w dyskusji wstępnej rozłożyć na mniejsze. Pomaga w tem nauczyciel, oznajmiając, że budowę dokładnie można poznać tylko przez mikroskop. Grubych liści w całości badać nie można, trzeba z nich brać cienkie bardzo skrawki. Proponuje zacząć od skórki. Teraz uczniowie postanawiają zedrzeć kawałek skórki liścia. Pytanie tylko, czy to będzie wszystko jedno: skórka z wierzchu liścia, czy ze spodu, tembardziej, że są one różnie zabarwione? Trzeba to wyjaśnić, biorąc najpierw jedną, potem drugą skórkę. Wysunęły się więc nowe drobniejsze pytania czyli zagadnienia.

Pierwsze obszerne zagadnienie:

„Jak liść jest zbudowany?“ rozpada się na poszczególne:

- 1) jak jest zbudowana skórka z wierzchu liścia?
- 2) jak jest zbudowana skórka ze spodu liścia?

Widzą teraz uczniowie, że pozostaje do rozpatrzenia wewnątrz liścia i formułują trzecie pytanie:

- 3) jak jest zbudowane wewnątrz blaszki liścia?

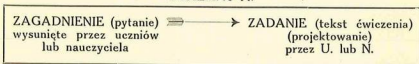
Nabierając pewnej wprawy w wysuwaniu zagadnień, uczniowie mogą w podobny sposób uplanować badanie łodygi i korzeni. To samo odnosi się do zagadnień, dotyczących czynności roślin. Treść zagadnień, w miarę wykonywania ćwiczeń, wzbogaca się bardzo. Naprzykład: Uczeń przystępuje do badania skórki z wierzchu liścia, nie mając wyobrażenia, co tam ujrzy. Gdy zamierza badać skórkę ze spodu liścia (ćw. 3), zgóry już pyta, czy będzie ona taka sama, jak z wierzchu, łącząc z tem szereg szczegółów obrazu poprzedniego preparatu. W tem pytaniu: „czy taka sama?“ zawiera się dużo treści, zdobytej w ćwiczeniu 2-gim. Właściwie, mimo dawnej formy, jest to już nowe zagadnienie, wysunięte wskutek rozwiązania pierwszego.

Wysuwanie zagadnień miało na celu skierowanie ucznia ku ich rozwiązaniu. Rozwiązanie ma być wynikiem dalszej, samodzielnej pracy ucznia. Dążąc do tego, uczeń zapytuje: jak zbadać skórkę liścia, jak to wykonać, na czem ma to polegać? Jeżeli nawet w pierwszych ćwiczeniach nauczyciel przyjdzie mu

z pomocą (ćw. 2-gie) i wskaże, jak to uczynić, zawsze zresztą zostawiając dużo pola do jego pomysłowości, to już w następnych (np. ćw. 3-cie) musi oczekiwać jak największego wysiłku ze strony uczniów w projektowaniu praktycznych rozwiązań. W odpowiedzi na pytanie: „jak to zrobić?“, uczeń ustala dokładny, praktyczny plan postępowania, przedyskutowany, poddany krytyce. Plan ów przyjmuje jako tekst przyszłego ćwiczenia. Jest to tak zwane zadanie.

Dolychezasowy przebieg prac przygotowawczych możemy wyrazić poniższym skrótem:

SCHEMAT A.

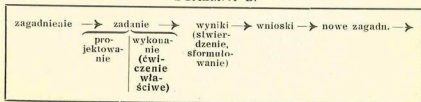


Dalsze ogniwo czynności uczniów stanowi wykonanie zamierzonego zadania. W całym cyklu 27 ćwiczeń podałę wystarczającą liczbę przykładów wykonania. Widać z nich, czego się ma uczeń nauczyć. Obok strony manipulacyjnej czyli technicznej, w której uczeń ćwiczy się stopniowo, jest tam także strona intelektualna, w której uczy się patrzeć, widzieć, rozumieć. Odbywa się to wszystko wśród przeżyć podczas wykonywania ćwiczenia.

Wynikiem pracy są pewne fakty. Trzeba je umieć poprawnie wyrazić ustnie, a nieraz i na piśmie. Wypowiadanie się o nich wymaga wprawy. Wyniki stwierdzone i dobrze sformułowane służą jako podstawa do wysnuwania wniosków. Nauczyciel dogląda przytem, by były należyte podstawy do wniosku, więc wrazie potrzeby uzupełnia wiadomości uczniów i potem dopiero prowadzi do wniosku. Z wniosku bardzo często wysuwa się nowe zagadnienie, jak to widać z wielu przykładów w omówionej niżej serji ćwiczeń.

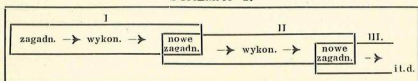
Całość przebiegu pracy w pracowni da się wyrazić następującym skrótem:

SCHEMAT B.



Zamyka się w nim jednostka metodyczna w ujęciu laboratoryjnym. Wywołujemy w takim postępowaniu aktywność ucznia od samego początku wysuwania zagadnień. Utrzymujemy ją w ciągu całego, wyżej w schemacie przedstawionego cyklu, aż do wysunięcia nowego zagadnienia, które staje się początkiem nowego cyklu (schemat C). Szereg cykli można przedstawić w postaci następującego schematu.

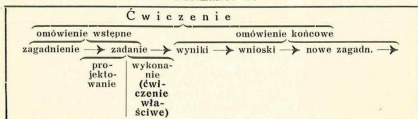
SCHEMAT C.



Część cyklu „wykonanie zadania“ wymaga największej czynności ucznia, a wyraża się widocznymi dla oka manipulacjami. Dlatego zwiemy ją ćwiczeniem właściwym. Niemniej jednak i w pozostałych ogniwach skreślonego schematu B — więc w wysuwaniu zagadnienia, projektowaniu zadania, stwierdzaniu i formułowaniu wyników, wnioskowaniu i wysuwaniu nowych zagadnień — uczeń jest czynny, spełnia bowiem ćwiczenia umysłowe. W takim ujęciu cała powyższa jednostka metodyczna jest ćwiczeniem, najogólniej pojętem, część zaś, zwana wykonaniem — zwie się ćwiczeniem właściwym. Bez ćwiczenia właściwego — cały cykl straciłby swą wartość, stając się spekulacją, nie opierającą się na doświadczeniu osobistym i przeżyciach ucznia. Praca byłaby jednostronna. Podobnie bez wartości większej i jednostronną byłaby praca ucznia, sprowadzona tylko do ćwiczeń właściwych, nie splecionych w całość z pozostałymi częściami łańcucha. Byłaby tylko bezmyślną majsterką, złośliwie też „kuchnią“ zwana.

Aby odróżnić od ćwiczenia właściwego resztę omawianego postępowania — nazywamy I jego część — od zagadnienia do wykonania — omówieniem wstępnym, a po za wykonaniem — omówieniem końcowym (p. ćw. 15).

SCHEMAT D.





Jeżeli ćwiczenie prowadzimy wspólnym frontem, to znaczy: jeśli wszyscy uczniowie są zajęci wykonywaniem w danym czasie tego samego ćwiczenia, to omówienie wstępne i końcowe przeprowadzamy wspólnie z całą klasą lub grupą (półową klasy). Jednak omówienie końcowe w fazie stwierdzania i formułowania wyników poprzedzamy tak zwanymi konferencjami indywidualnymi. Są to rozmowy nauczyciela z jednym uczniem lub 2—3 osobową grupką, zajęta przy jednym aparacie np. mikroskopie. Prowadzi je kolejno z każdą grupką po cichu tak, żeby nie przeszkadzać nawet najbliższemu grupkom. Rozmowa dotyczy w pierwszej fazie wykonania — stanu preparatu, przyrządu i t. p., słowem: wartości materiału i poprawności wykonania planu. W pierwszym ćwiczeniu (p. ćw. 2-gie) zajmuje to sporo czasu. Nauczyciel obchodzi kolejno grupki, wgląda w ich pracę, koryguje wprawdzie o tyle, że jeszcze na bieżącej lekcji może ćwiczący pracę powtórzyć i błąd naprawić. Bez tej kontroli lekcja dla danej grupki byłaby stracona. W następnych ćwiczeniach nauczyciel skraca głównie tę część konferencji indywidualnych, gdyż uczniowie coraz wprawniej pracują i dlatego krócej już konferuje z niektórymi grupkami lub zgola je pomija, wspierając w pracy pozostałe grupki.

Nowy obchód zaczyna nauczyciel w tym celu, aby u badającego ucznia zobaczyć wyniki i usłyszeć pierwszą próbę ich sformułowania. Jeżeli zastanie ucznia jeszcze w fazie wykonywania pracy — przygląda się jej niejako „in statu nascendi“, wysnuwając dla siebie najcenniejsze wskazania metodyczne. Wtedy bowiem może dostrzec swoje błędy, które wkradły się do tekstów ćwiczeń lub wskazówek postępowania, względnie brak tych wskazań. Uwagi o przebiegu danego ćwiczenia powinien notować skrzętnie w pamięci, a potem i w notatniku.

Przytem wypadnie nieraz przyjść uczniowi z drobną, a konieczną pomocą; podsunąć pytaniem — sposób właściwego postępowania; poprawić błąd rysunku, obserwacji, rozumowania i t. p. Ta druga faza konferencji indywidualnej potrwa znacznie dłużej, ale w każdej grupce niejednakowo, zależnie od uzdolnień uczniów, z których dana grupka się składa. Stosownie do umysłowości każdej grupki będzie pogłębianie treści jej pracy rozmaite. Drugorocznik łatwiej mogą pogłębić swą pracę, unikając zabójczej nudy. Śpiesząc z pomocą jednostkom,

stwarzamy każdej z nich sposobność samodzielnego rozwiązania zagadnienia, gdyż punktem wyjścia rozmowy w konferencji indywidualnej jest to, do czego dany uczeń doszedł, niezależnie od stopnia zaawansowania reszty grupek. Podczas konferencji indywidualnych wszyscy są zajęci. Z przebiegu rozmów widzi nauczyciel, kiedy trzeba pracę grupek skończyć i odwołać się do całości klasy lub grupy<sup>1)</sup>, aby przeprowadzić wspólnie ustalenie wyników, sformułowanie oraz wnioskowanie, aż do ewentualnego wysunięcia nowego zagadnienia. Opiera się w dyskusji na odczytanych lub wypowiedzianych przez kilka grupek (ewentualnie przez wszystkie) wyników, na ich krytyce, którą podsyca i kieruje. Kładzie nacisk na wyszukiwanie błędów i nieścisłości, doprowadzając w końcu do sformułowań poprawnych, uzgodnionych w opinii klasy.

Przedstawiony schemat jednostki metodycznej (sch. D.) nie zawsze jest dziełem ucznia w całości. Nieraz omówienie wstępne podaje nauczyciel (np. éw. 11 lub 17), uczeń zaś daje resztę, aż do wysunięcia nowego zagadnienia, które staje się początkiem nowej jednostki metodycznej (część II w schemacie C), wykonywanej zupełnie samodzielnie przez ucznia (np. éw. 12 lub 27 b. po 27 a). W takim wypadku omówienie wstępne, podane przez nauczyciela, spełniło swe zadanie, bo pobudziło ucznia do samodzielnej pracy.

Wykonanie jednostki metodycznej może nastąpić w różnym czasie. Cała jednostka, wysunięta w ćwiczeniu 11 lub 12, da się wykonać w ciągu 1 lub 2 godzinnej lekcji. Inne muszą ulec rozbiciu na kilka lekcji. Może np. wypaść omówienie wstępne na jednej lekcji t. zw. teoretycznej, wykonanie może zająć 2-godzinną lekcję ćwiczeń (zawsze z konferencjami indywidualnymi), końcowe zaś omówienie odbędzie się na następnej lekcji „teoretycznej“. Wypadną też lekcje jednogodzinne, mieszczące w sobie więcej niż jedną całą jednostkę metodyczną, np. éw. 18 i 17, 21 i 22 lub 22 i 23, 13 i 14. W hodowlach natomiast — samo wykonanie przeciąga się nieraz tygodniami. Cykl jednak musi być doprowadzony do końca.

Jeżeli przewidujemy, że niezawsze omawiana jednostka metodyczna zmieści się w granicach jedno lub dwugodzinnej

<sup>1)</sup> W całej pracy niniejszej grupą nazywam połowę klasy, dzielonej tak na lekcje ćwiczeń, grupką zaś — skupienia 2-4 osób, wspólnie pracujących z jednym okazem, przyrzędem i t. d.

lekcji, to należy rozważyć, w którym miejscu można taki łańcuch przerwać? Otóż ze względów praktycznych można go przerwać już w omówieniu wstępnym, gdy się skończy wy-suwanie zagadnienia, projektowanie zaś zadania odłożyć do lekcji następnej. Można też całe omówienie wstępne przeprowadzić odrazu, odkładając ćwiczenie właściwe wraz z resztą cyklu do wykonania na później. Wreszcie realizację cyklu można posunąć od omówienia wstępnego do wyników i tu przerwać w razie nieuniknionej konieczności. Lepiej jest jednak wykonanie doprowadzić aż do wniosków, a nawet do nowego zagadnienia. Jeżeli odłożymy omówienie końcowe, zwłaszcza zaś sformułowanie wyników, do przyszłej lekcji, to należy polecić młodzieży ich rozważenie i sformułowanie w domu. Lekcję następną zaczniemy od dyskusji nad wykonaną pracą domową ucznia.

Jak z powyższych przykładów widać, każde zaczęte ogniwo łańcucha należy skończyć. Szczególnie dotyczy to ćwiczenia właściwego.

Trzeba pamiętać, że nie da się całego kursu ująć w jeden nieprzerwany łańcuch zagadnień (jak na schemacie C). Mogą zdarzyć się przerwy, jeśli tu i ówdzie braknie nowych zagadnień. Chodzi tylko o to, aby wszystko, co wchodzi do pracowni, poszło na warsztat ucznia jako przedstawiona tu jednostka metodyczna. Dodać muszę, że wiele materiału można w ten sposób ująć, jeżeli szczerze zerwiemy z pędem ujmowania takiej całości przedmiotu, jaka dla ucznia całością nie jest, lecz tylko skrótem ogromnych działów z podręczników uniwersyteckich.

Wobec tego, że wprowadziłem wyrażenia: projektowanie, projekt i t. p., pozostaje mi jeszcze, dla uniknięcia nieporozumień, wyjaśnić stosunek takiego prowadzenia ćwiczeń do metody projektów. Ćwiczenia, przedstawione przeze mnie, stoją na gruncie 3 zasad, wysuniętych w metodzie projektów<sup>1)</sup>, a mianowicie:

- 1) pierwszeństwo rozumowania przed zapamiętywaniem wiadomości;
- 2) pierwszeństwo postępowania przed nabywaniem wiadomości dla nich samych;

<sup>1)</sup> J. A. Stevenson, *Metoda projektów w nauczaniu*. Wyd. Książnica-Atlas. 1930.

3) pierwszeństwo zagadnienia przed zasadami.

Nie uwzględniają one jednak najglówniejszej czwartej zasady, to jest pierwszeństwa naturalnego podłoża przed sztucznem.

Tylko w pewnych wypadkach, wobec wzbudzonego pracą w szkole zainteresowania ucznia, może w nim powstać myśl, zamiar, który spełni się na naturalnem podłożu, stanie się przez to projektem w znaczeniu właściwem. W praktyce szkolnej, obok przedstawionego niżej prowadzenia ćwiczeń, miałem podobne wypadki. Świadczy to, że postępowanie omawiane jest bliższe metodzie projektów, niż nauka, prowadzona poza pracownią.

---

# ĆWICZENIA.

## ĆWICZENIE 1.

Świeżą gałązkę trzykrotki umieścić w kolbce z wodą zwykłą. Obciąć liście z zanurzonej części lodygi. Narysować dokładnie w powiększeniu węzeł zanurzony. Obserwować zmiany przez 6 do 12 dni, notować je, a najważniejsze przedstawić na rysunku.

HODOWLA  
GAŁĄZKI  
TRZYKROT-  
KI W KOLBCE  
Z WODĄ.

W cyklu omawianych ćwiczeń niniejsze ma charakter wstępu. Zamierzamy w nim zainteresować młodzież sprawą budowy i czynności rośliny. Osiągamy to przez trwalszą i staranniejszą obserwację zmian żywej gałązki. Wprawdzie młodzież zna proces utrzymywania przy życiu, a nawet pomyślnego wzrostu gałązek, wstawianych w wodę, nawet z własnego doświadczenia, ale nie opartego na dokładnej i celowej obserwacji. Poza tem znane to zjawisko, nie poddane należytej rozwadze i dyskusji, nie odsłoni wielu ciekawych zagadnień, które staną się przedmiotem badań na lekcjach przyrody<sup>1)</sup>. Zainicjowanie pracy w tym kierunku przez skromną hodowlę wprowadzi młodzież na drogę poznawania podstawowych pojęć o życiu i budowie rośliny. W szczególności chodzi o pokierowanie dokładniejszą obserwacją nad wzrostem i budową korzonków przybyszowych oraz o dostarczenie tych korzonków do dalszych ćwiczeń makroskopowych i mikroskopowych.

OGÓLNY  
CHARAKTER  
ORAZ ROLA  
ĆWICZENIA.

<sup>1)</sup> Ob. Sformułowanie wyników i wysuwanie nowych zagadnień (Organizacja ćwiczeń).

NASTAWIE-  
NIE  
HODOWLI.

Mimo że przygotowanie, czyli tak zwane nastawienie hodowli jest łatwe, doglądamy, by zostało starannie wykonane. Rozdajemy w tym celu kolbki (100 cm<sup>3</sup> lub nawet tylko 50 cm<sup>3</sup>) oraz zdrowe, świeże gałązki, zawierające np. od 6 do 9 węzłów. Dalej polecamy obciąć listki z węzłów, które zostaną zanurzone w wodzie. Zakładamy w ten sposób po jednej hodowli na każdą parę uczniów. Chętnym można zezwolić na przeprowadzenie hodowli pojedynczej. Mija się natomiast z celem zaprowadzanie jednej hodowli dla większej grupy uczniów. Dla dalszych celów ćwiczeń trzeba przechowywać hodowle w pracowni. Uczniowie poznać nalepkami swe kolbki i ustawią na wskazanym miejscu. Nauczyciel ustala, w jakiej porze mają sprawdzać stan i wyniki hodowli. Badanie szczegółów wyglądu węzłów odbywa się przez lupę. Nadmienić tu trzeba jeszcze jeden sposób szybkiego otrzymywania korzonków przybyszowych trzykrotki. Polega on na zamknięciu świeżej gałązki w słoju, do którego wiano dwie łyżeczki wody. Słój powinien być przechowany w ciepłym i zaciemnionym miejscu.

OBSERWA-  
CJA.

Na przykładzie omawianej hodowli musimy uczniom wyraźnie wskazać, jak należy obserwować. Nie taimy, że chodzi nam przede wszystkim o uważne śledzenie zmian w węzłach zanurzonych. Można przytem już zgóry przewidzieć, że dla większości ćwiczących pojawienie się korzonków przybyszowych nie będzie nowością. Żądamy tedy, poza ogólnikowym stwierdzeniem, że z węzła wyrastają korzonki, jeszcze spostrzeżeń: 1) skąd wyrosły, t. j. w której części i stronie węzła? 2) w jakim kierunku? 3) jakie mają części? 4) jakie są rozmiary tych części, jakie zmiany? 5) jaka barwa? i t. p. Tych kilka pytań określa ściśle wymagania nauczyciela i skłania młodzież do gruntownej i celowej obserwacji. Większość tych spostrzeżeń uczynią uczniowie nawet bez pomocy pytań naprowadzających. W ten sposób postępujemy jednak tylko w pierwszych ćwiczeniach,



dla przykładu; w następnych już o podobnym charakterze pozostawiamy swobodę obserwacji, nie zmniejszając wymagań co do gruntowności.

Głównym wynikiem hodowli jest pojawienie się korzeni przybyszowych. Uczeń powinien wyraźnie stwierdzić i wypowiedzieć, że: 1) korzenie wyrosły z guzków, to jest ciemnych wypukłości: a) u podstawy pochwy liścia, b) naprzeciw blaszki; 2) korzenie z początku rosną prostopadle do osi lodygi, potem kierują się skośnie w dół; z głównych korzonków wyrastają boczne; 3) korzeń ma część pokrytą włośnikami, część bez włośników, zakończenie jest rozszerzone, ma strzępy (czapeczka), całość przypomina stożek; 4) najdłuższa jest część, okryta włoskami, malejącymi w miarę oddalania się od lodygi; krótsza jest część bez włośników, najkrótsza — czapeczka; stosunek tych części ulega powolnej zmianie, gdyż wydłuża się stale część pierwsza (dane z notatek o wzroście); 5) korzenie są mleczno białe, oś ma ciemne smugi podłużne.

STWIERDZENIE I SFORMUŁOWANIE WYNIKÓW.

Prócz powyższego wyniku hodowli otrzymujemy jeszcze inny wynik. Wszak z hodowanej gałązki, jako kawalka pędu trzykrotki, uczeń otrzymuje nową roślinę, całą, zdolną do życia. Tnąc tedy pęd na kilka części i zmuszając te części do wytworzenia korzeni, nie gubimy rośliny, lecz ją, jak się naocznie przekonał — r o z m n a ż a m y. Jakkolwiek i ten sposób, prócz rozmnażania roślin przy pomocy nasion, był niejednemu już znany, to jednak wykonanie zabiegu oraz dokładna obserwacja i uprzytomnienie sobie procesu inicjuje dalsze badania z zakresu życia rośliny. Narazie uczeń ustala, że ten sposób rozmnażania roślin nazywa się rozmnażaniem w e g e t a t y w n e m albo r o s t o w e m.

W powyższej hodowli rzucają się w oczy przede wszystkim korzonki. Powstaje pewne zainteresowanie ich wyglądem i budową, tem większe, że do tej pory, czekając na wyniki hodowli, młodzież zdążyła już zbadać budowę liścia (ćwiczenie 2-gie, 3-cie

WYSUWANIE NOWEGO ZAGADNIENIA.

i ewentualnie 5-te). Zainteresowanie to będzie dotyczyło budowy mikroskopowej, gdyż badanie przy pomocy lupy dostatecznie wyjaśni budowę makroskopową.

Uczeń może wysunąć np. następujące zagadnienia: Jak wyglądają pod mikroskopem części korzenia, rozpoznane pod lupą? Czy korzeń trzykrotki też jest zbudowany z komórek? Jeżeli tak, to jakich kształtów i rozmiarów są te komórki? Czy są podobnie ugrupowane, jak w liściu? i t. d.

Jest i drugi kierunek zainteresowań. Są to objawy życia trzykrotki. Wszak korzenie wyrósł, przekształcił się. Jak rosły? Od czego to zależało? Ile czasu trzeba na te przemiany? Jaka jest rola wody w tych procesach, skoro z zanurzonych węzłów wyrosły korzenie? Jaka rolę spełniają poszczególne części korzenia: czapeczka, włośniki i t. p.?

Badania następne, samodzielnie przez młodzież przeprowadzone, powinny obejmować tak zagadnienia budowy, jak i funkcji, — w miarę możliwości — równocześnie. Od tej chwili pójdą one równolegle. Np. badaniu budowy korzenia będzie towarzyszył eksperyment, wyjaśniający sprawę pobierania wody przez roślinę.

Staramy się więc utrzymać związek zagadnień z anatomji i z fizjologii, unikamy zaś ich wyodrębniania i odkładania na plan dalszy, gdy zainteresowanie sprawami funkcji osłabnie lub całkowicie zniknie.

Tylko niektóre zagadnienia fizjologiczne, wyjątkowo uzależnione od pory roku, z konieczności, odkładamy do stosownej chwili. (Patrz — wstęp).

## ĆWICZENIE 2.

BADANIE  
SKÓRKI  
Z GÓRNEJ  
POWIERZCH-  
NI LIŚCIA  
TRZYKROT-  
KI.

Zedrzeć lub ściąć (brzytwą, skalpelem lub t. zw. żyłetką) kawałek skórki z górnej powierzchni liścia trzykrotki. Jeden lub kilka małych skrawków ułożyć w kropli wody na szkiełku przedmiotowym i nakryć szkiełkiem przykrywkowym. Obejrzeć preparat



najpierw przez obiektyw Nr. 3 (10×), potem Nr. 7 (np. 40×). Narysować małą część preparatu, napisać pod rysunkiem, co przedstawia.

Jak widać z treści powyższego ćwiczenia, uczeń sam powinien sporządzić preparat do badania. Ma to być pierwszy preparat — praca nowa, która nasunie liczne drobne trudności. W tekście, przytoczonym powyżej, brak jeszcze wielu szczegółowych wskazań postępowania. Musi je nauczyciel podać na wstępie ćwiczenia. Krótko pouczy i wskaże, jak należy trzymać liść, brzytwę lub skalpel, kiedy należy sobie pomóc pincetą. Poleca tę pracę wykonać i przechodząc szybko od grupki do grupki, sprawdza jej przebieg i wynik. W razie niepowodzenia poleca zabieg powtórzyć. Następną manipulację stanowi: 1) układanie zdartych kawaleczków skórki w kropli wody na szkiełku przedmiotowym; 2) nakrywanie szkiełkiem przykrywkowym. Należy zażądać, by uczniowie przygotowali zawczasu czyste szkiełka, pokazując, jak należy je czyścić, zwłaszcza szkiełka przykrywkowe. Dalej następuje posiłkowanie się pipetą podczas nabierania wody i umieszczania kropelki na środku szkiełka przedmiotowego. Przykrywanie szkiełkiem wymaga również odpowiedniego pouczenia. Wszystkie te szczegóły są ważne. Objasnienia i nadzór, by młodzież samodzielnie wykonała pracę, zajmą sporo czasu. Dzieje się to tylko przy pierwszych ćwiczeniach. Wskazania te dotyczą bowiem też następnych ćwiczeń, więc przydadzą się w przyszłości i tem usprawiedliwiają stratę czasu przy pierwszym ćwiczeniu. Względ ogólnowocho-wawczy również nakazuje samodzielne wykonanie preparatu, gdyż w toku takiej pracy, obok wyrobienia techniczno-laboratoryjnego, kształci młodzież wszechstronnie swe zmysły przez pracę ręczną.

Po sporządzeniu preparatu nadchodzi chwila zastosowania mikroskopu. Pierwsza czynność polega na właściwym ustawieniu mikroskopu i umieszczeniu preparatu na stoliku, dalsze zaś na uchwyceniu

SPORZADZANIE  
PREPARATU.

ZASTOSOWANIE  
MIKROSKOPU.

jasnego, ostrego obrazu w polu widzenia. Ten etap pracy należy poprzedzić krótkim opisem i pokazem modelu mikroskopu. Przeprowadzamy to jak najbardziej poglądowo i w tym celu zarządzamy szereg samodzielnych prób z przyrządem<sup>1)</sup>. Ćwiczą wszyscy jednocześnie. Najpierw wskazujemy i nazywamy kolejno części mikroskopu, potem polecamy uczniom



RYS. 1. Mikroskop szkolny (P. Z. O. w Warszawie).

wskazać je i nazwy powtórzyć. Dalej polecamy wykonywanie ruchów:

1) śrubą kremaljerą i śrubą mikrometryczną;

2) zwierciadłem, ćwicząc w nastawianiu na najsilniejsze światło;

3) przesłoną (najlepiej, gdy jest irysowa);

4) rewolwerem, dla zmiany obiektywów;

5) do ewentualnej zmiany okularów i obiektywów.

Po wykonaniu podobnych prób polecamy nastawić mikroskop tak, by zobaczyć obraz preparatu. Poza ćwiczeniem w należytem oświetlaniu obrazu, zważamy na celowe posilkowanie się śrubami, zwłaszcza mikrometryczną przy nastawianiu na tak zwaną ostrość. Ostatnią wreszcie manipulacją, stosunkowo najtrudniejszą, jest nastawianie silniejszego obiektywu np. 6 lub 7 na dowolny punkt, obrany w polu widzenia przez obiektyw słabszy, np. Nr. 3<sup>2)</sup>.

Podczas powyższych ćwiczeń niema potrzeby wdawania się w wyjaśnienia teorii powstawania obrazu,

<sup>1)</sup> Przedtem uczniowie uważnie oglądają cały przyrząd.

<sup>2)</sup> Dalej w niniejszej pracy będę oznaczał obj. Nr. 3 — jako obj. 10×, obj. Nr. 6 — jako 40×, podobnie będę oznaczał okulary np. 5×, 10×, 15× i t. p.

roli soczewek i t. p., podobnie jak nie czynimy tego, gdy dajemy do rąk młodzieży np. lornetkę. Pamiętajmy, że chodzi nam głównie o umiejętność używania przyrządu, jako narzędzia pracy. Dla informacji dobrze jest podać powiększenie. Przynajmniej z początku trzeba wywierać silny nacisk na staranne wykonanie zleceń, dotyczących używania i utrzymania mikroskopów.



RYS. 2. Podwójny okular wskazówkowy  
(P. Z. O. w Warszawie).

Rozpatrywanie preparatu, sporządzonego własnoręcznie, daje wprawę nie tylko w badaniu (o czym będzie mowa dalej), lecz i w używaniu mikroskopu. Jest to umiejętność, którą uczeń nabywa przez dłuższe i dosyć częste ćwiczenie. Należy tu planowo działać, nie szczędzić wskazań jasnych, krótkich, stale zaś przestrzegać należytego ich wykonania.

Uczeń nie zdaje sobie zrazu sprawy z tego, że nie każdy preparat jest dobry do badania oraz, że wystarczy nieraz zbadać bardzo małą jego cząstkę. Na wstępie obserwacji przez mikroskop wypadnie tedy nauczyć młodzież oceny preparatu i wyboru części do badania. Ocenę wyrażamy krótkim oświadczeniem: zły albo dobry. Opieramy się na tem, czy jest on czysty, dobrze ułożony, czy nie ma domieszek, zniekształcających obraz. W omawianym przykładzie preparat skórki może: 1) być źle zdarty, za gruby (z zielonym miękiszem), poszarpany; 2) być pozwijany, tworząc niewyraźną gmatwaninę kilku warstw; 3) posiadać przypadkowe domieszki, jak: kurz, męty z wody, pęcherzyki powietrza i t. p., trudne do usunięcia, a zaciemniające i zniekształcające

OCENA  
WARTOŚCI  
PREPARATU  
I WYBÓR  
JEGO CZĘŚCI  
DO BADAŃIA.

obraz. Jeśli preparat można poprawić, wskazujemy, jak to należy wykonać.

Początkujący uczeń nie potrafi dostrzec tych braków, nauczyciel jednak obchodzi grupki pokolei i jednym rzutem oka ocenia preparat, poczem wskazuje usterki i sposoby ich usunięcia. Gdy czas na to pozwala, wówczas korzystniej jest doprowadzić ucznia przy pomocy stosownych pytań do właściwej oceny preparatu. Jeżeli pewna usterka spotyka się częściej, wówczas dobrze jest przeprowadzić dyskusję z całą klasą (ewentualnie grupą) i błąd naprawić. I ta strata czasu, podobnie jak z mikroskopem, jest konieczna, aby zapewnić sprawność ćwiczeń następnych. Szczęśliwie się składa, jeżeli w kropli wody umieścimy kilka skrawków. Wybór jest łatwiejszy, dzięki sposobności porównania, pozatem jest prawdopodobieństwo większe, że któryś z nich jednak jest dobry. Wybór części preparatu podlega kryterjom, stosowanym do całego preparatu, więc wybiera się część: 1) dobrze rozłożoną, 2) czystą, 3) dostatecznie przejrzystą, 4) nieuszkodzoną, 5) zawierającą elementy charakterystyczne, powtarzające się w całym preparacie, jako istotne składniki.

Z braku wprawy zdarzają się, między innymi, następujące błędy: 1) uczeń wybiera świadomie lub nieświadomie części barwne, (np. zielone), uznając je za najważniejsze; 2) bada środek preparatu bez wyboru, nie dostrzegając, że jest zwinięty, ma pęcherzyki powietrza, śmieci i t. p. Zapomina się też o regulowaniu oświetlenia i ostrości obrazu, a pozatem, jeżeli preparat wykracza poza pole widzenia, uczeń nie usiłuje przejrzeć części, chwilowo ukrytych.

OBSERWA-  
CJA.

Pokonanie trudności technicznych, dotychczas analizowanych, otwiera drogę do badania preparatu. Rozpoczynamy od obserwacji. Pierwszymi krokami ćwiczącego należy uważnie pokierować. Pytaniami doprowadzamy go do zrozumienia i uprzytomnienia sobie, co widzi w polu widzenia mikroskopu. Uwagę jego zaprzęta najpierw kształt skrawka. Usiłuje to

nawet starannie przedstawić na rysunku. Obowiązkiem nauczyciela jest zapytać: od czego zależy kształt danego preparatu, czy wszystkie skrawki są jednakowe, czy wreszcie kształt skrawka jest cechą stałą badanej skórki? W ten sposób zmuszamy ucznia do zastanowienia się nad tem, jakie stałe składniki dostrzega w budowie skórki. Rzeczą charakterystyczną jest to, że uczeń odnosi wrażenie z całości, że skórka jest siatką, dopiero potem usiłuje scharakteryzować istotne jej składniki, t. j., jak się wyraża, „oczka“.



RYS. 3. Porozumiewanie się nauczyciela z uczniem przy pomocy podwójnego okularu wskazówkowego.

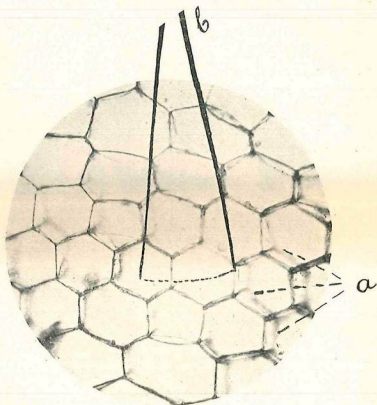
*Fot. z Ogniska metod. biologji w Jarostawiu.*

Jeżeli nawet użyje wyrazu „komórka“, zasłyszanego od drugoroczników — nie zmienia to zupełnie zakresu pojęcia o niej.

Komórka, czy „oczko“, zostaje nadal jakby szeregiem niteczek, pałeczek i t. p., tworzących określony wielobok. Jest to pierwsza faza zdobytego przez samodzielną obserwację najelementarniejszego pojęcia komórki. Skupienie komórek („oczek“) prowadzi do pojęcia tkanki. Głównem zadaniem nauczyciela będzie troska, aby pośpiesznie nie zwiększać zakresu pojęć, lecz raczej zdobyte pojęcia pogłębiać przy dal-

szych ćwiczeniach. Musi więc powstrzymać się od podawania nowych wiadomości o komórce i tkance.

Obserwacją ucznia próbujemy teraz pokierować. Polecamy mu wybrać dowolną komórkę, wskazać ją igłą okularu wskazówkowego (najlepiej podwójnego — p. rys. 2 i 3), poczem dokładnie narysować. Nazwijmy ją dla ułatwienia — „komórką centralną”. Gdy to już wykonał, każemy mu dorysować te komórki, które bezpośrednio do tej pierwszej przylegają. Pomijając narazie wykonanie rysunku, podkreślę, że przez dokładne skopjowanie części preparatu zdobywa uczeń szereg faktów. Dostrzeże z ogólnego wrażenia, że oczka są sześciokątne. Gdyby jed-



RYS. 4. Skórka górna liścia trzykrotki. — a) kontury spodu komórek (wygląd zukosa). — b) kolejne położenie igły okularu wskazówkowego. — Pow. 260 : 1.  
Z fotografią prof. K. Miedzińskiego.

nak na tem ogólnem wrażeniu poprzestał, na rysunku podałby szereg prawidłowych sześciokątów, narysowanych nieraz przy pomocy linijki. Tymczasem okazuje się, że wybrana komórka, o ile nawet jest sześciokątna, posiada boki różnej długości. Dalej, że inne, otaczające ją oczka, są też nieforemne, a nawet nie wszystkie są sześciokątami. Ostateczny wynik dokładnej obserwacji jest: 1) oczka są to przeważnie sześciokąty nieforemne, lub inne wieloboki; 2) oczka są różnych rozmiarów. Bez dokładnej obserwacji i narysowania obranej ściśle części preparatu, uczeń nie dostrzeżłby różnicy kształtów oczek i ich rozmiarów, a nabrałby przekonania o całkowitem podobieństwie obserwowanych elementów. Zapytujemy ucznia, czy konieczne jest dorysowanie dalszych komórek? Wówczas odpowie odrazu albo spoglądnie przedtem jeszcze raz do mikroskopu i przekona się, że dorysowanie dalszych części skrawka już nic nowego nie przyniesie.

Barwa skórki, a raczej jej bezbarwność, nie zawsze rzuca się w oczy. Barwa ta uwydatni się wyjątkowo w preparatach z plamami zielonemi zdartego miększu. Można narazie tę kwestję pominąć, gdyż wypłynie ona sama przy badaniu preparatów następnych. Wtedy, dzięki kontrastowi, młodzież przypomni sobie, że skórka górna była bezbarwna.

W zakresie rysunku musi nauczyciel ustalić swe wymagania jak najwcześniej. Wyrazi to w szeregu zarządzeń i pouczeń ogólnych, które młodzież przyjmie jako zasady postępowania, oraz w szczególnych wskazówkach, dotyczących danego ćwiczenia. Do wskazań ogólnych zaliczamy np. takie zarządzenia, aby uczeń używał zawsze zwykłego ołówka (nie do kopjowania), dobrze zaciętego; aby rysunek, jako obraz ważny, umieszczał na środku kartki, a nie na marginesie; aby rysował linje cienkie, nie wygniatał ołówkiem śladów aż na kartkach następnych i t. p.

Należy również stale żądać rysowania odrazu „na czysto“, gdyż tylko wtedy rysunek na lekcji będzie

RYСУNEK.

wykonany starannie i zmusi do możliwie dokładnej obserwacji. Zwykle uczeń chciałby rysunek „przerobić“, czy przerysować w domu „na czysto“. W przewidywaniu takiej pracy domowej mniej już przykłada się do wykonania rysunku w pracowni, rysuje byle jak, byle co, mniemając, że w domu odtworzy z pamięci i ulepszony swój rysunek. Cierpi na tem dokładność obserwacji, część pracy niewątpliwie najważniejsza. Prowizoryczny rysunek nie daje nam miary, co i ile uczeń widzi lub może widzieć. W ten sposób nauczyciel traci sposobność oceny rzetelnej pracy, bo jej nie widzi, nie zaprawia go również w obserwacji. Przeróbka w domu nie ma już z obserwacją rzetelną nic wspólnego. W domu uczeń upiększa rysunek i zniekształca go przez to bardzo. Taka praca jest nie tylko zbędna, ale nawet szkodliwa. Rysować należy tylko to, co ilustruje jakiś fakt zaobserwowany i co jest niezbędnie potrzebne. Należy więc powstrzymywać młodzież od rozpoczynania rysunku preparatu mikroskopowego od rysunku koła t. j. pola widzenia, gdyż nie umie ona rysować dalej w tej samej skali, a ponadto narzuca sobie zadanie wypełnienia rysunkiem całego koła. Wskutek tego rysuje za dużo i niedokładnie, nie dostrzega wielu cech preparatu, przeryzuca bowiem punkt ciężkości swej pracy z dokładnej obserwacji na obszerny i pobieżny rysunek.

Powinniśmy również wymagać rysunku możliwie najprostszego. Wszelkie kreski, kropki, plamy, o ile nie ilustrują jakiegoś określonego składnika badanego obiektu, są zbędne. W przykładzie skórki — zdarza się, że uczeń zasmaruje pole narysowanej komórki. Motywu tego postąpienia wyjaśnić nie umie, czyli tem samem dowodzi, że ujawnił na papierze lukę w swej obserwacji. O ile uczeń dostrzega w polu obserwowanej komórki jakieś kropki, kulki, plamki, czy kreski, powinien usilować przedstawić je możliwie dokładnie co do kształtu, ilości, rozmieszczenia, a następnie szukać wyjaśnienia tych faktów. Zalecamy mu i tutaj próbę oceny, czy uważa te cząstki za składniki stałe, czy przypadkowe? i t. p.



Z tych uwag wylania się zasada, że należy rysować niewiele, lecz dokładnie. Każdą kreskę, czy inny składnik rysunku powinien uczeń umieć wskazać przy pomocy igły okularu wskazówkowego w preparacie.

Rysunek trzeba podpisać, co przedstawia, i wskazać powiększenie, notując skrótem dla dawnych mikroskopów: obj. 3, ok. I lub nowych: obj. 10×, ok. 5×. Rozpoznane części lub wskazane nazwy należy napisać, jako napisy lub objaśnienia części rysunku.

Po zbadaniu skórki z górnej powierzchni liścia powinien uczeń umieć wyrazić krótko a wyczerpująco wynik swej pracy. Może tego dokonać ustnie lub na piśmie. Jest to zadanie trudne, dlatego trzeba młodzież stopniowo i wytrwale zaprawiać w tej umiejętności. Zbędną jest rzeczą dodawać, że ta praca biologa wkracza na teren gruntowniejszego wykształcenia. Aby osiągnąć konieczną wprawę wyrażania wyników oraz wniosków, trzeba zapewnić samodzielność w ćwiczeniu się. Da się to osiągnąć w ten sposób, że w krótkiej rozmowie (konferencji indywidualnej) z każdą grupką z osobna, nauczyciel wypytuje o wynik, ustala go z uczniem, w końcu poleca powtórzyć i zanotować. Czyni to jednak tak, by rozmową nie przeszkadzać nawet najbliższej grupce, która może zechce inaczej wyrazić swe wyniki pod względem ilościowym i jakościowym. Z początku rozmowę taką należy przeprowadzić kolejno we wszystkich grupkach, a dopiero na dalszych ćwiczeniach można niektóre grupki, według uznania, pomijać. Gdy nauczyciel konferował już z każdą grupką, może uznać ćwiczenie za skończone i przystąpić do wspólnego omówienia, ustalenia i należytego sformułowania wyników. Można to uczynić w następujący sposób: nauczyciel poleca odczytać lub wypowiedzieć wyniki kilku grupek i zapomocą dyskusji z klasą stara się wyjaśnić błąd lub przyczyny drobnych roz-

SFORMUŁOWANIE  
WYNIKÓW  
BADANIA.

bieżności, a temsamem doprowadzić do uzgodnienia faktów. Oczywiście, w niektórych zagadnieniach wynik może być zdecydowanie pozytywny lub negatywny. Przez dyskusję wpaja się też w młodzież stopniowo przekonanie, że nie większość głosów, lecz waga argumentów rozstrzyga wątpliwości naukowe.

Przy udziale młodzieży odbywa się też ujęcie myśli w należyłą szatę językową, poczem dopiero wynik może być zanotowany.

W omawianem ćwiczeniu 2. wynik będzie mniej więcej taki:

Uczeń przekona się, że:

1) skórka przedstawia obraz siatki, zwanej tkanką (termin podany przez nauczyciela)

2) oczka tej siatki (komórki) są mniej więcej jednakowe.

3) nie są jednakowe ściśle co do kształtów — przeważają sześciokąty, są też pięciokąty, siedmiokąty i t. p.

4) nie są jednakowe ściśle co do rozmiarów (na co zwrócić uwagę już dokładne rysunki od 6 do 7 komórek oraz dalszy wgląd w preparat).

Te fakty należy ustalić. Innych, jak np. ścisłego przyleganiu oczek (komórek), bezbarwności, zawartości — z braku kontrastu lub danych nie można będzie stwierdzić. Tu i ówdzie zauważy uczeń wprawdzie jądro, kryształek, resztki plazmy, kilka kresek, zamiast jednej, przedstawiającej ściankę (bok wielokąta), lepiej jednak zalecić mu cierpliwość aż do dalszych ćwiczeń i zaspokoić jego ciekawość dopiero na obfitszym materiale. W wielu wypadkach jednak sami uczniowie zdołają bardzo dobrze wyjaśnić takie niezrozumiałe fakty. Podczas omawiania budowy liścia trzykrotki na podstawie preparatu skórki, uczniowie czynią pierwsze uogólnienie o skórcie. Za podstawę biorą tu materiał z wielu liści trzykrotki i ustalają: Skórka z wierzchu liścia trzykrotki stanowi tkankę, złożoną z komórek. To pierwsze uogólnienie jest jednak ograniczone, gdyż uczniowie wyrażają

sąd tylko o liściach trzykrotki, tylko o ich skórcie, i to nie o całej, lecz z wierzchu blaszki. W dalszych ćwiczeniach zakres tego uogólnienia będzie się pomalą zwiększał. Należy sobie zresztą uprzytomnić, że także zakres pojęcia komórki i tkanki u uczniów jest dotąd jeszcze szczupły. Czekać jednak musimy cierpliwie na rozszerzenie tego zakresu przez samodzielne ćwiczenia, celowo dobierane.

W kształtowaniu tych pojęć doniosłe znaczenie ma fakt samodzielnego sporządzania preparatu. W omawianym przykładzie młodzież zna dobrze źródło preparatu. Uczniowie sami przecież zdarli maleńki kawałek skórki z wierzchu liścia. Wyobraźnia ich zachowa świeżo łączność tej maleńkiej cząstki z całością. Wyobrażenie budowy skórki, zdobyte w badaniu mikroskopowem, wiąże się z liściem i rozciąga na całą jego górną powierzchnię. Dlatego nie należy dawać odrazu pięknie (sztucznie) zabarwionych gotowych preparatów skórek chociażby nawet znanych roślin, gdyż głośne oświadczenie nauczyciela, że podana skórka pochodzi z takiego czy innego liścia nie wywoła pożądanego skojarzenia części z całością.

Ograniczenie uogólnienia, dotyczące budowy skórki liścia trzykrotki, było podyktowane ostrożnością. Uczniowie widzieli i badali tylko skórkę „górną“ liścia trzykrotki, poczem wydali o niej sąd. Nasunie się niewątpliwie u niektórych uczniów chęć objęcia tym sądem całej skórki, więc także skórki od spodu liścia. Musimy jednak budzić u nich konieczną powściągliwość we wnioskowaniu. Ostrożniejsi w sądach uczniowie przyjmą dwie możliwości, t. j. że skórka dolna jest albo tak samo albo inaczej zbudowana. Z podobnego rozbitcia zdań wylania się pytanie: Więc jak jest zbudowana skórka ze spodu liścia trzykrotki? I to jest nowe zagadnienie. Wiąże się ono z poprzedniem i z niego wypływa, wysuwa je młodzież z dyskusji z tych lub innych pobudek.

Ostatecznie praca przebiega tak, że od jednego

WYSUWANIE  
NOWEGO ZA-  
GADNIENIA.

zagadnienia doprowadza do nowego i tem zamyka sobie pewną jednostkę metodyczną, zaczynając zarazem następną (schemat C Organizacja ćwiczeń str. 14). W praktyce może się ona zmieścić w dwugodzinnej lekcji ćwiczeń. Dorobek jej nie ogranicza się do 4 punktów (przytoczonych na str. 31—32 w części o sformułowaniu wyników) ze stanowiska wyłącznie rzeczowego. Rozciąga się ona na wszystkie strony pracy samodzielnej ucznia, uwypuklone w częściach o sporządzaniu preparatu, zastosowaniu mikroskopu, ocenie wartości preparatu, wybrze części do badania, rysunku, obserwacji... i stanowi dorobek z punktu widzenia celów formalnych nauczania.

### ĆWICZENIE 3.

**BADANIE SKÓRKI, ZDARTEJ ZE SPODU LIŚCIA TRZYKROTKI.** Podobnie jak w ćwiczeniu 2, sporządzić i zbadać preparat skórek, zdartych ze spodu liścia trzykrotki. Czy widać co nowego?

**SPORZĄDZANIE PREPARATU.** Powołując się na ćwiczenie 2-gie, polecamy uczniowi: 1) zedrzeć skórę, 2) przygotować szkiełka oraz kroplę wody, 3) rozłożyć kilka skrawków na szkiełku, 4) nakryć szkiełkiem przykrywkowem. Czynności te są podobne do manipulacji z poprzedniego ćwiczenia. W ich powtarzaniu leży ułatwienie przy pokonywaniu trudności natury technicznej. Powtarzając tę serję czynności, uczeń nabiera wprawy, niezbędnej w pracach dalszych. Rola nauczyciela polega tu: 1) na przypominaniu względnie powtarzaniu dokładniejszych wskazań, jak należy sporządzać preparat, 2) na sprawdzaniu wykonania i wczesnem skłanianiu do powtórzenia zabiegu, wadliwie wykonanego. W ten sposób nauczyciel nadal usiłuje wyrobić u młodzieży niezbędne umiejętności, otwierające drogę do samodzielnego i dostatecznie sprawnego zdobywania i przyswajania wiadomości.

**DALSZE ZASTOSOWANIE MIKROSKOPU.** Nauczyciel nie może zapomnieć, że celem jego jest zaprowadzić młodzież w posiadanie się mikroskopem oraz doprowadzić ją przez stopniowe ćwiczenia

czenie do coraz to lepszego rozumienia obrazu. Musi również pamiętać, że od pełnego osiągnięcia tego celu zależy wydajność dalszej pracy ucznia. Musi wreszcie nieustannie przestrzegać we wszystkich ćwiczeniach, by młodzież dbała o należyty stan i wygląd mikroskopu.

Do zadań ucznia w zakresie manipulowania mikroskopem należy w dalszym ciągu ćwiczenie się w posilkowaniu tym przyrządem. Wyrazi się to: 1) dokładną znajomością części mikroskopu, co nauczyciel sprawdza przy każdej nadarzającej się sposobności, 2) swobodą w użyciu śrub, zwierciadła, w wyszukiwaniu i ostrem nastawianiu obrazu

Użycie mikroskopu przez ucznia już poraz drugi sprawia, że lepiej rozpoznaje on obraz w polu widzenia i nabiera zwyczaju posilkowania się śrubą mikrometryczną nie tylko dla nastawiania obrazu na ostrość, lecz i dla penetracji preparatu, t. j. dla wglądu wgląd.

Opierając się na dyrektywach, podanych w ćwiczeniu 2, polecamy uczniom rozpoznać, czy dane skrawki odpowiadają postawionym tam warunkom. Rozmyślnie wymagamy teraz od ucznia pewnej samodzielności sądu i śledzimy, w jakim stopniu już ją zdobył. Od tej chwili staramy się tak postępować także w dalszych ćwiczeniach, zmuszając ucznia do oceny preparatu, opartej na coraz to szerszym doświadczeniu. W ten sposób cały szereg czynności będzie się powtarzał, dając sposobność nabywania koniecznej wprawy. Jest to droga ciągłego szkolenia umiejętności.

OCENA WARTOŚCI I WYBÓR CZĘŚCI PREPARATU DO BADANIA.

Uczeń przystępuje do badania, bogatszy w doświadczenie, niż w ćwiczeniu poprzednim. Przykładowe kształty skrawków nie zaprzątną jego uwagi, podobnie, jak i przypadkowe wady preparatu (gruby, zwinięty, brudny, pęcherze powietrza i t. p.). Nauczyciel w pierwszym rzędzie powinien stwierdzić, jak dalece uczniowie skorzystali z doświadczenia w powyższych sprawach. Dalej kieruje

OBSERWACJA I RYSUNEK.

już obserwacją młodzieży tak, jak w czasie badania skórki z wierzchu liścia (str. 26), godząc się na samodzielny wybór komórki „centralnej” i jej najbliższego otoczenia do rysunku. Jeżeli wybór jest wadliwy, nauczyciel pytaniami doprowadzi ucznia do zdania sobie sprawy z tego, czy obrana część przedstawi wystarczająco budowę skórki. W szczególności, czy przedstawi charakterystyczne w tej skórcie:

1. Kształty:

- a) komórek zamykających i szparek,
- b) komórek pozostałych z kompleksu, tworzącego aparat szparkowy,
- c) komórek wielokątnych, jak w ćwiczeniu 2.

2. Barwy:

- a) zieloną — komórek, zamykających szparkę (uczeń ma wrażenie, że są to „kółka”, czy „plamki” zielone),
- b) fioletową — niektórych „oczek”,
- c) obydwie barwy na tle większości komórek bezbarwnych.

3. Rozmiary:

- a) sześciokątnych komórek — jak z preparatu w ćwiczeniu 2,
- b) grupy komórek aparatu szparkowego i jej stosunku do rozmiarów komórki z p. a).

4. Ugrupowanie:

- a) stały wygląd ugrupowania komórek w aparacie szparkowym,
- b) dosyć równomierne rozmieszczenie szpar.

Badając preparat, uczeń usiłuje narysować to, co widzi. Skłaniamy go, by z całą starannością rysował takie niezbędne minimum, które uwidoczni powyższe 4 grupy cech budowy skórki. Ucznia, rysującego za wiele, zapytujemy, czy rysując więcej — przedstawia jakiś nowy fakt, czy też powtarza już narysowane? Jeżeli nie da nam uzasadnienia, powstrzymujemy go od zbędnej pracy. Na miejscu będzie tu powtórzenie zakazu rysowania całego pola

widzenia (kółka), z zamiarem całkowitego wypełnienia go rysunkiem.

Rozsądniejsi uczniowie szybko nabiorą wprawy w ujmowaniu minimum materiału do rysunku, słabszymi natomiast wypadnie jeszcze kierować w szeregu dalszych ćwiczeń — indywidualnie, by doprowadzić ich do koniecznej rozwagi.

Tak samo, jak w ćwiczeniu drugim, celem sformułowania jest:

SFORMUŁOWANIE  
WYNIKÓW  
BADANIA.

1. treściwe wyrażenie wyniku pracy, celem ujawnienia nabytych w ćwiczeniu przez uczniów wiadomości przyrodniczych,

2. ciągle ćwiczenie w poprawnym wyrażaniu tego dorobku, czyli wyrabianiu umiejętności formułowania swych myśli.

Nauczyciel nie ogranicza się tutaj do kierowania pracą, lecz wyczekującą postawą wywołuje i sprzyja rozwojowi samodzielności uczniów.

Pytanie: „Co widać nowego?“ zmusza ucznia do zastanowienia. Chcąc dać odpowiedź, musi porównać obie badane skórki. Przez porównanie może stwierdzić i uprzytomnić sobie podobieństwa i różnice. Stwierdzając różnice, uchwyci to, co jest nowe.

Z podobieństw uczeń ustali, że:

1. skórka ze spodu liścia też jest zbudowana z komórek;

2. że przeważają komórki sześciokątne; są to również „oczka“ — wieloboki, zbudowane jakby z nitek (jak w ćw. 2-iem). Można powiedzieć o ich podobieństwie kształtów oraz granicach wahań kształtów i rozmiarów to samo, co da się powiedzieć o komórkach skórki górnej (na str. 32 p. 2, 3 i 4).

Z różnic rzucają się w oczy najpierw:

1. „plamki“ lub „kółka zielone“ (wedle wyrażen uczniów), dosyć równomiernie rozrzucone;

2. „fioletowe“ komórki, pozatem podobne do komórek skórki górnej.

W szczegółowszem badaniu powinien uczeń stwierdzić:

- 1) komórki półksiężycowate oraz szczelinę między niemi,
- 2) ciała zieleni (ewentualnie i jądra w tych komórkach),
- 3) osobliwe ugrupowanie komórek o innych kształtach, niż dotychczas widział (aparatuszparkowy).

W rezultacie tego ćwiczenia wiadomości o tkance i komórce niewiele się rozszerzyły. Uczeń wprawdzie potwierdza fakt, że i tu skórka jest jakby siecią oczek, uzupełnia to jednak dodatkiem wiadomości o barwie, nowych kształtach oraz ugrupowaniu i rozmieszczeniu. Cenną stroną pracy jest powtórzenie spostrzeżeń tkanek i komórek na nowym okazie, przez co uczeń powoli zżywa się: 1) z obrazem mikroskopowym, 2) z faktem budowy komórkowej, a nadto zaczyna gromadzić szereg wyobrażeń do pojęcia komórki i tkanki. Jest on jeszcze daleki od tego elementarnego pojęcia, które mu chcemy dać, niemniej jednak wprowadziliśmy go na właściwą drogę.

Wykazując podobieństwa z p. 1 (str. 37), podkreśliłem wyraz też z tą myślą, aby wykazać stopniowe przygotowanie umysłu młodzieży do uogólniania na podstawie ćwiczeń.

W obecnem ćwiczeniu może uczeń orzec, że skórka liścia trzykrotki jest zbudowana z komórek, a w następnych dopiero stopniowo będzie zbierał dowody, że cały liść, potem lodyga, cała trzykrotka, a wkońcu, że i inne rośliny też są zbudowane z komórek. Jak widzimy już w tem ćwiczeniu, zaczynamy uczyć młodzież liczenia się z rzeczywistością zdobyciami badania.

A łatwo, aż nadto łatwo, odbiegamy w pracy szkolnej od tej zasady. Z chwilą, gdy stwierdzimy, że skórka górna jest zbudowana z komórek, pośpiesznie recytujemy, a w lepszym wypadku demonstrujemy wszystko, czego się uczeń może dowiedzieć



własnym wysiłkiem na ćwiczeniach następnych. Niecierpliwiimy się i wyprzedzamy ten dorobek. Rozpływamy się niemal, mówiąc, że komórka ma ścianki, jest bryłą, zawiera jądro, zaródź, sok komórkowy, barwiki, ciałka zieleni i t. p., że w zespołach tworzy tkanki, rozmnaża się i t. d. Nie żalujemy sobie nawet opisu karjokinezy. Podobny los spotyka i tkanki.

Do rzeczowej, pracowitej atmosfery laboratoryjnej wkracza zpowrotem podstępnie werbalizm, jakby kpiąc sobie z całego otoczenia mikroskopów, szkieł, naczyń i okazów.

Cóż więc robić? Otóż cierpliwie gromadzić fakty i zestawiać je stopniowo. Szczupły zapas powolnie zdobywanych wiadomości utrudnia nam z początku szerszą dyskusję. Brak jej pokrywamy atoli zaabsorbowaniem sił młodzieży w kierunku nabywania koniecznych umiejętności (trudności techniczne — pewna nieudolność postępowania w każdej dziedzinie ćwiczenia).

Prócz błędów, zaznaczonych w omówieniu ćwiczenia 2 (str. 26), następujące zdarzają się pospolicie:

NAJPOSPOLITSZE  
BŁĘDY  
W OBSERWACJI  
RYŚUNKU  
I INTERPRETACJI.

1) uczeń przedstawia komórki zamykające jako kółka lub jako elipsy zielone, swobodnie położone w polu normalnej komórki. Ujawnia przez to, że nie dostrzega dobrze: a) ich kształtu, b) związku z całym zespołem komórek najbliższych, c) poszczególnych komórek aparatu szparkowego;

2) dwie komórki zamykające przedstawia jako jedną eliptyczną ze szczeliną pośrodku.

3) ciałka zieleni oznacza na rysunku zbyt małe i liczne.

Błędy wspomniane i inne nieprzewidziane tutaj usiłujemy poprawić: 1) dla utrwalenia poprawnych wiadomości, 2) dla ćwiczenia uczniów w dokładnej obserwacji.

Przypomnijmy sobie, że zagadnienie budowy skórek liścia trzykrotki wypłynęło jako część obszerniejszego zagadnienia: „Jak jest zbudowany liść trzy-

WYSUWANIE  
NOWYCH  
ZAGADNIEŃ.

krotki?'' Uczeń, usiłujący odpowiedzieć na to pytanie, musi postawić sobie kilka zadań praktycznych i wykonać samodzielnie następujące ćwiczenia właściwe:

1. zbadać skórkę z wierzchu liścia,
2. „ „ ze spodu „
3. „ „ wewnątrz liścia.

W takim rozplanowaniu prac narzucaloby się badanie wnętrza liścia po ćwiczeniu 2 i 3, jako dalszy ciąg badania liścia. Niezależnie jednak od tego rozplanowania już po wykonaniu ćwiczenia 2-go nasuwało się pytanie (zagadnienie), czy skórka ze spodu liścia też jest tak zbudowana, jak skórka z wierzchu (p. str. 33), to znaczy, wynik ćwiczenia 2-go sam przez się podsunął nowe zagadnienie, niezależnie od tego, że stanowiło ono już przewidzianą część zadań praktycznych (2-gie), narzucających się z zagadnienia głównego. Tak samo zadanie 3-cie wysuwa się również zupełnie naturalnie, jako zagadnienie po wykonaniu ćwiczenia 2-go i 3-go.

Umiejętnie bowiem pokierowana dyskusja postawiła ucznia w następującej sytuacji: Poznał, jak jest zbudowana skórka z wierzchu i spodu liścia, jakżeż tedy jest zbudowana reszta liścia trzykrotki — to jest jego wnętrze? I to ostatnie pytanie, wysunięte przez ucznia, z mniejszym lub większym udziałem nauczyciela, jest nowym zagadnieniem, a proces wysuwania zagadnienia jest ćwiczeniem umiejętności stawiania sobie pytań i szukania na nie odpowiedzi.

Dążymy do tego, aby z zagadnień wynikały zadania praktyczne, to jest ćwiczenia właściwe. Chcemy przytem, by młodzież projektowała sama, jak należy postąpić, czy też: co i jak należy zrobić, aby odpowiedzieć na pytanie (zagadnienie), a potem przystąpiła również samodzielnie do wykonania ćwiczenia (zadania).

Ćwiczenia 2-gie i 3-cie, prócz powyższego zagadnienia budowy wnętrza liścia trzykrotki, pobudzają jeszcze i do innych pytań, np.:

1. czy inne części trzykrotki, jak: lodyga i korneń — mają skórki też podobnie zbudowane?

2. czy liście innych roślin np. begonji, pelargonji, pierwiosnka<sup>1)</sup> i t. p. są okryte podobnymi skórkami?

3. do czego służą szparki i jak działają i t. p.

Zależnie od wagi, jaką przywiązujemy do tych zagadnień, ustalamy kolejność ich rozwiązań, względnie odrzucamy niektóre z nich. Z dwu ostatnich zagadnień, pierwsze wchodzi do cyklu przewidzianych ćwiczeń, drugie natomiast możemy dać uczniom do rozstrzygnięcia w ten sposób, że każdej grupce 2—3 osób ćwiczących pozwalamy lub polecamy wybrać liść dowolnej rośliny i obejrzeć jego skórki. Ćwiczenie potrwa krótko, dzięki sprawności uczniów i mniej drobiazgowemu badaniu.

#### ĆWICZENIE 4.

Gałązki trzykrotki z korzonkami przybyszowymi (wyhodowane w ćwiczeniu 1) wstawić do cylindra miarowego (10 cm<sup>3</sup>) albo do kolbki (100 cm<sup>3</sup>), napełnionej zwykłą wodą do połowy wysokości szyjki. Na powierzchnię wody nalać warstewkę oliwy grubości około 1 cm, poczem poziom wody i oliwy zaznaczyć atramentem (tuszem, specjalnym ołówkiem albo wąskimi paskami z nalepek). Obok, dla kontroli, postawić naczynie podobne z wodą i oliwą, ale bez gałązek i zaznaczyć na niem również poziomy obu cieczy. Obserwować hodowlę, postawioną w świetle (np. na oknie) w ciągu tygodnia. Zanotować wynik i wniosek.

OBSERWA-  
CJA POZIO-  
MÓW WODY  
I OLIWY  
W HODOWLI  
GAŁĄZEK  
TRZY-  
KROTKI.

Po hodowli gałązki trzykrotki w kolbce z wodą nasuwa się nauczycielowi pytanie: jak dojść do tego, by młodzież wysunęła zagadnienie pobierania wody i obmyśliła ćwiczenie (zadanie), które ujawniłoby ten proces. Taki udział ćwiczących jest bardzo pożądanym, to też tylko w razie znacznych trudności można odstąpić od tej zasady i narzucić im cały

PROJEKTO-  
WANIE  
ZADANIA  
(ĆWICZENIA).

<sup>1)</sup> przytaczam przykłady roślin, hodowanych w laboratorium przez całą zimę, dostępnych zawsze do badania.

problem, a w ostateczności i sposób jego rozwiązania.

W ćwiczeniu 1 (na stronie 21) przedstawiłem kilka możliwych zainteresowań ucznia sprawami nie tylko budowy, lecz i życia gałązki trzykrotki, jako usamodzielnionej już nowej roślinki. Obserwacje, poczynione w tej hodowli, ustaliły, że korzonki wyrosły albo tylko z węzłów zanurzonych, albo z węzłów roślinki, przechowywanej w atmosferze nasyconej wilgocią (gałązki w naczyniach zamkniętych — patrz str. 20). Zrozumiałe jest wtedy pytanie: Jaka jest rola wody w tych procesach, skoro z zanurzonych węzłów wyrosły korzenie? Chcemy teraz wywołać u ucznia zastanowienie oraz skłonić go do eksperymentalnego sprawdzenia, jaka jest rola wody w tych procesach, czy woda jest tylko bodźcem, czy też i materiałem, wchodzącym w skład ciała rośliny? Inaczej mówiąc, czy roślina tę wodę zużywa? Drobną obserwacją może go skierować na ten domysł, a mianowicie: po kilkudniowej hodowli gałązek (jak w ćwiczeniu 1) powstał w szyjce kolbki białawy pierścień osadu, a poziom wody obniżył się. Stąd narzuca się wniosek, że wody w kolbce ubyło. Z hodowli w cylindrze miarowym można nawet odczytać, ile  $\text{cm}^3$  wody ubyło, w jakim czasie, oraz porównać wyniki z różnych hodowli współczesnych. Powstaje nowe pytanie: Czy woda z tych naczyń wyparowała, niezależnie od obecności gałązek trzykrotki, czy też zużyły ją owe gałązki? I to pytanie stanowi już dokładną treść nowego, zresztą jednego tylko z wielu innych możliwych zagadnień, wypływających z hodowli ćwiczenia 1-go.

Takie zagadnienie może się nam i uczniom wydać zbyt prostem. Powiemy, że młodzież oddawna wie z życia codziennego o znaczeniu deszczu dla wegetacji, o potrzebie podlewania roślin, więc i omawianej trzykrotki. Chodzi o to, że taka wiedza opiera się tylko na przekonaniu, że tak jest, w pracy zaś laboratoryjnej musimy przekonać się o tem doświadczalnie. W tem sprawdzaniu przypuszczeń oraz

w poszukiwaniu przekonujących doświadczeń leży wartość ćwiczenia. Nie powinna nas tu odstraszać prostota i pewna, pozorna zresztą, łatwość problemu, gdyż, ze względu na cel sprzyjania i ułatwiania rozwoju umysłowego młodzieży, jedno i drugie staje się właśnie zaletą bardzo ważną u progu pracy doświadczałnej.

Ustaliliśmy wyżej, że odpowiedź na pytanie o zużyciu wody przez trzykrotkę otrzymamy z doświadczenia, nie podajemy jednak uczniowi gotowego przepisu ćwiczenia (doświadczenia), lecz stawiamy go w obliczu nowej trudności: Jak to zrobić?

Zastanawiając się nad sprawą, czy wody z kolbki ubywa, uczeń przewiduje tylko dwie możliwości: tak lub nie. W pierwszym wypadku nie ma jeszcze powodu, że stratę wody można przypisać trzykrotce samej lub też tylko parowaniu. Niejeden gotów twierdzić, że tylko ten drugi czynnik sprawił obniżenie poziomu wody, a na dowód może przytoczyć fakt ubywania wody z kolbki bez gałązki.

Więc wylania się nowa trudność, którą w omawianiu projektu ćwiczenia należy wyraźnie wypowiedzieć: Jak zapobiec bezpośredniemu parowaniu wody z kolbki? Służymy młodzieży radą: Należmy do szyjki kolbki warstewkę oliwy. Spytają, czy to istotnie wstrzyma parowanie? Radzimy sprawdzić. Jak to uczynić? Projektują: wypełnić dwie kolbki do wysokości połowy szyjek wodą i do jednej z nich dolać warstewkę oliwy; w obydwóch kolbkach zaznaczyć poziomy. Wynik obserwacji kilkudniowej pouczy, czy można izolację warstwą oliwy uznać za wystarczającą? Ostatecznie znajdują sposób wyeliminowania czynnika bezpośredniego parowania wody i ustalają, że do kolbki z gałązką trzykrotki doleją warstwę oliwy i zaznaczą poziomy, jak poprzednio już podano. Dla porównania ustawiają w tych samych warunkach kolbkę z wodą i oliwą, ale bez gałązki trzykrotki. Można również postawić cylinder miarowy z wodą i gałązką, ale bez oliwy, przewidując, że dzięki działaniu dwóch przyczyn, to

jest bezpośredniego parowania wody i pobierania jej przez roślinę obniżenie poziomu najwyraźniej się zaznaczy, a strata wody wyrazi się największą liczbą  $\text{cm}^3$ .

Po takiej wstępnej dyskusji doprowadzamy młodzież do ustalenia tekstu ćwiczenia, przytoczonego wyżej. Nie potrzebuję dodawać, jak doniosłe znaczenie wychowawcze ma jasne zrozumienie przez młodzież celu różnych zabiegów i manipulacji, oraz jak dalece trzeba żądać umiejętności zwięzłego, a jednak ścisłego wypowiedzania, do czego zmierza dane doświadczenie.

NASTAWIENIE  
HODOWLI

Rozdajemy wszystkim grupkom (dwuosobowym lub trzyosobowym) dawne hodowle, cylindry miarowe pojemności  $10 \text{ cm}^3$ , oliwę, nalepki, tusz lub atrament i t. p., i polecamy postąpić w myśl wskazań tekstu ćwiczenia.

Ustalamy potem, gdzie należy hodowle umieścić oraz kiedy sprawdzać ich stan i wyniki. Nauczyciel powinien sprawdzić, jak wykonano pracę, zwracając uwagę:

1. na wyraźne zaznaczenie poziomu wody i oliwy;
2. na takie wypełnienie kolbki, by woda po wstawieniu do niej roślinki, sięgała do połowy szyjki;
3. na to, by uczeń nie wyjmował gałązki po nalanu oliwy.

Warunki pod 1) i 2) nie dotyczą oczywiście hodowli w cylindrach miarowych, wystarczy tu bowiem zanotować, do której kreski sięgają poziomy wody i oliwy. Uwzględniając, że cylindry miarowe są łatwiejsze w użyciu, umożliwiają pomiar w niniejszym ćwiczeniu, są stosunkowo niedrogie i przydatne do wielu innych ćwiczeń, należałoby usilnie zabiegać o zastosowanie ich w omawianej hodowli.

Uczniowie mogą urozmaicić wykonanie zadania wieloma własnymi pomysłami. Np. na szyjce kolbki nalepią wąski pionowy pasek papieru milimetrowego dla odczytywania, o ile kresek obniżał się poziom w pewnych określonych odstępach czasu.

Przy zdobywanej stopniowo wprawie w manipulacjach laboratoryjnych nastawienie tej hodowli nie przedstawia specjalnych trudności technicznych, a posiada tę zaletę, że odrywa młodzież od ciągłego mikroskopowania, urozmaicając pracę. Ćwiczenie przytem narzuca wyobraźni ucznia zachowanie się całej, żywej rośliny, a nie malej jej cząstki, jak w ćwiczeniu 2 lub 3. Jest ono też przykładem, jak należy równoległe z problemami budowy wiązać problemy czynności rośliny.

Obserwacja poziomów wody i oliwy w hodowlach gałązek trzykrotki potrwa conajmniej kilka dni. Jeżeli uczniowie prowadzą hodowle w kolbkach, wówczas mogą stwierdzić tylko fakt ubywania wody. Natomiast posilkując się cylindrami miarowymi, odczytają nawet, ile  $\text{cm}^3$  wody ubyło w danym odstepie czasu. W ćwiczeniu obecnem powtarza się z hodowli poprzedniej (ćwiczenie 1) warunek wytrwałości w dłuższej i systematycznej obserwacji, a nadto wzbogacamy je jeszcze nowym walorem, tym mianowicie, że poza stwierdzeniem zjawiska (strona jakościowa) wprowadzamy jego pomiar (strona ilościowa). Pośrednie stanowisko pod tym względem zajmuje hodowla w kolbkach, z naklejonemi paskami papieru milimetrowego. Obserwujący odczyta w równych odstępach czasu, o ile kresek obniżył się poziom wody. Zyska więc tylko względną miarę straty wody.

Przy projektowaniu zadania (str. 43) wprowadziliśmy do pracy hodowle kontrolne. W uznaniu ich wagi zamierzamy je stosować w przyszłości w każdym wypadku, gdy zajdzie tego potrzeba. Ilustrują one przebieg zjawiska w warunkach niezmiennych i służą za podstawę: 1) do stwierdzenia samego zjawiska, 2) do jego pomiaru.

Wyniki obserwacji mogą być dość różnorodne, nie ograniczają się bowiem tylko do sprawy stanu wody, lecz dotkną i wielu objawów życia rośliny. Prawdopodobnie nie ujdą uwagi ucznia zmiany w wierzchołku pędu, w korzeniach i t. p. Skoro jed-

OBSERWA-  
CJA, SFOR-  
MUŁOWANIE  
WYNIKÓW,  
WNIOSKI.

nak głównie ma się on zająć sprawą zużywania wody przez gałązki trzykrotki, tedy i notatki, czynione w równych, umówionych odstępach czasu np. co 2 dni, powinny nagromadzić materiał, który posłuży do scharakteryzowania przebiegu zjawiska. Czynność formułowania wyników bieżącej hodowli staje się znów zadaniem dla ćwiczenia umiejętności, poruszonej już w ćwiczeniach 3-ciem i 2-giem.

Oczekujemy, że uczeń stwierdzi i treściwie wypowie:

- a) w wypadku hodowli w kolbkach, że
1. w kolbkach z gałązkami i oliwą — poziom wody obniżył się, wody ubyło;
  2. w kolbkach z gałązkami, bez oliwy — poziom wody obniżył się bardziej, wody ubyło więcej;
  3. w kolbce kontrolnej — poziom nie zmienił się;
- b) w wypadku hodowli w cylindrach miarowych, że:
1. w cylindrach miarowych z gałązką i oliwą — wody ubyło np.  $a \text{ cm}^3$ ,
  2. w cylindrach miarowych z gałązką bez oliwy wody ubyło np.  $b \text{ cm}^3$  ( $a < b$ ),
  3. w cylindrze miarowym kontrolnym — niema zmian.

Wszędzie grubość warstwy oliwy nie zmieniła się.

Wyniki mogą uczniowie przedstawić w następujących tabelkach:

TAB. 1.

	1	2	3
poziomy	Hodowla gałązek trz. w kolbce z wodą i oliwą	Hodowla gałązek trz. w kolbce z wodą, bez oliwy	Kolbka kontrolna
wody	obniżył się, wody ubyło	obniżył się bardziej niż w 1	bez zmian
oliwy	obniżył się, oliwy nie ubyło (grubość warstwy ta sama)	—	bez zmian



TAB. 2.

	1	2	3
objętości	Hodowla w cylindrze miarowym z wodą i oliwą	bez oliwy	Cyl. miar kontrolny
woda	ubyło a cm <sup>3</sup>	ubyło b cm <sup>3</sup> (b > a)	bez zmian
oliwa	bez zmian	—	bez zmian

Tabelki 2-gie można wypełniać po każdorazowej obserwacji, t. zn. uczeń wypełni tyle tabel, ile razy czynił pomiary. Na zakończenie swych obserwacji zsumuje liczby (otrzyma owe ostateczne wielkości a i b) i przedstawi je w jednej, końcowej tabeli, dodając objaśnienie co do czasu trwania hodowli i liczby obserwacji (pomiarów).

Z porównania obydwu tabel rzuca się w oczy większa wartość drugiej, dzięki konkretnym liczbom, które podaje. Tabelka, podobnie zestawiona, ujawni pośrednią wartość hodowli gałązek trzykrotki w kolbках, z nalepionymi paskami papieru milimetrowego, gdyż tam przynajmniej można wziąć liczbę kresek za miarę względną.

Mając tabelkę 1 lub 2-gą przed oczyma, uczeń łatwiej odczyta:

1. że oliwy nie ubywa;
2. że wody ubywa więcej w hodowli gałązek bez oliwy,
3. że w hodowli gałązek z oliwą wody ubywa mniej, niż w p. 2,
4. że wody nie ubywa w naczyniach kontrolnych.

Upamiętnia sobie wobec tego, że:

- a) w punkcie 4 wstrzymano bezpośrednie parowanie wody z naczyń;
- b) w punkcie 2 nie wstrzymano parowania jak w p. 4, więc wody ubywa;

c) w punkcie 3 wstrzymano bezpośrednie parowanie warstwą oliwy (p. 4), mimo to wody ubywa.

Zastanawia się: dlaczego? Jaka jest różnica warunków w doświadczeniu w punkcie 3 i 4? Stwierdza, że w doświadczeniu pod 3 — jest gałązka trzykrotki, gdyby jej nie było, wody nie ubywałyby, skoro jest — wody ubywa. Więc owa gałązka jest sprawczynią straty wody, ona to pobiera wodę. Zapyta również, dlaczego w hodowli pod 2 stwierdził największą stratę wody? Po chwili namysłu zdola sobie wyjaśnić, powołując się na p. 4, 3, że obydwie czynniki działały: bezpośrednie parowanie wody oraz pobieranie jej przez gałązkę trzykrotki.

Z całości bieżącego ćwiczenia widzimy, że główny ciężar przerzuciliśmy na zaprojektowanie zadania oraz na staranne zestawienie wyników i na wnioskowanie, a nie na samo nastawienie hodowli i na obserwację.

WYSUWANIE  
NOWYCH  
ZAGADNIEŃ.

Ćwiczenie jest już skończone. Dalo pewne wiadomości z życia rośliny, a przez to zbliżyło młodzież do nowych zagadnień. Łatwiej może je na tej podstawie wysuwać. Będą to nowe pytania. Trudno przewidzieć wszystkie możliwe kierunki zainteresowań. Oto niektóre z nich przytaczam dla przykładu:

1. czym roślina pobiera wodę?

(jeżeli znają już budowę korzenia — zapytają: którą częścią?)

2. jak, którędy woda przedostaje się do wnętrza rośliny?

3. jaką drogą i dokąd posuwa się?

4. czy zabiera z sobą domieszki?

5. do czego jest roślinie potrzebna?

6. czy zostaje w roślinie na zawsze, czy też opuszcza ją? i t. d.

Z szeregu pytań wybieramy do natychmiastowego opracowania tylko te, na które bez specjalnego przygotowania można znaleźć odpowiedź przy pomocy doświadczenia. Do takich pytań należy tu np. pytanie 6. Chcąc natomiast odpowiedzieć na pytanie 2-gie,

należy przygotować młodzież szeregiem ćwiczeń z osmozą. Dlatego do cyklu niniejszych ćwiczeń wcielamy odpowiednie ćwiczenia niezbędne jako ogniwa, przygotowujące do znalezienia odpowiedzi i na takie pytania.

### ĆWICZENIE 5.

Zbadać najpierw przez lupę, a potem przez obiektyw 3, skrawek poprzecznego przekroju blaszki liścia trzykrotki. Starać się rozpoznać warstwy i ich barwę. Naszkicować małą część preparatu tak, by te warstwy uwidocznić. Dać napisy objaśniające.

BADANIE  
POPZRECZ-  
NEGO PRZE-  
KROJU BŁA-  
SZKI LIŚCIA  
TRZYKROTKI.

Na lekcji wstępnej uczniowie przypomnieli sobie części rośliny, oglądając okazy trzykrotek. Jako dojrzałsi, kierowani pytaniami nauczyciela, stwierdzili, że każda z rozpoznanych części rośliny ma pewne interesujące szczegóły budowy, dotychczas niedostrzegane. Zastosowanie lupy odsłoniło im nieco więcej tajemnic pomijanej dotychczas budowy wewnętrznej. Mikroskop miał dokonać reszty. I powstała wtedy myśl: zbadać budowę wewnętrzną rośliny. W ten sposób wysunięto też zadanie poznania budowy wewnętrznej liścia trzykrotki. Ponadto potrzeba zbadania wnętrza liścia wypłynęła z poznania budowy skórek liścia. Wyraziło się to pytaniem: „Jakże tedy jest zbudowana reszta liścia trzykrotki t. j. jego wnętrze“? (ćw. 3).

GENEZA  
I CEL  
ĆWICZENIA.

Badanie wnętrza liścia ma dla nauczyciela na celu przede wszystkim doprowadzić ucznia do zrozumienia, że komórki skórki górnej czy dolnej są bryłami. Spodziewa się, że wrażenia bryłowatości komórek doznają uczniowie pod słabem powiększeniem (np. obj. 3), zestawiając obraz sześciokątów, to jest komórek, widzianych z góry, z obrazem prostokątów, to jest komórek, widzianych z boku.

Dopiero na drugim planie postawi nauczyciel poznanie budowy liścia, która zresztą w danym przykładzie nie jest charakterystyczna.

Dla pewności powinien nauczyciel sam przygotować skrawki zawczasu. Ale celem usprawnienia mł-

SPORZĄDZA-  
NIE  
PREPARATU.

dzieży w wykonaniu przekroju, z którym spotyka się poraz pierwszy, należy jej polecić samodzielne sporządzenie preparatu. Nie można jednak doprowadzać wymagań z zakresu techniki przekrojów ręcznych do przesady, zwłaszcza przy użyciu mikrotomów. Preparaty uczniowskie dają piękny obraz plastyczny dzięki temu, że są zwykle nieco grubsze. Skoro zaś są wykonane zlekka skośnie, tem lepiej dają przy słabem powiększeniu widok skórki i zboku i zwierzchu. W tym wypadku najlepiej można zauważyć wypukłe „przykrywki“ komórek (rys. 3), a uchwycenie bryłowatości komórek stanie się tem łatwiejsze. Z tego względu pozornie nieudolne preparaty uczniowskie odpowiadają lepiej zadaniu, niż precezyjnie cienkie skrawki, których sporządzanie wymaga dużej wprawy i specjalnych przyrządów.

Najłatwiej wykonają uczniowie przekrój z liścia, zwiniętego w trąbkę (rurkę). Posiłkują się najsprawniej t. zw. żyłkami nawet bez specjalnej oprawki. Sposób powyższy podali uczniowie, projektując zadanie, a w wykonaniu wykazali nadspodziewaną zręczność.

Pewną trudność sprawia uczniom układanie skrawka w wodzie na szkiełku przedmiotowym, łatwo bowiem skręca się, albo też, gdy skrawek jest za gruby, układa się skórka do góry, a powierzchnia przekroju, zamiast położenia poziomego, zajmuje pionowe.

Jak dotychczas, tak i w obecnem ćwiczeniu nauczyciel dogląda przebiegu wszystkich prac, sprawdza ich przebieg u poszczególnych grup i wporę interwenjuje. Jeżeli jakiś błąd powtarza się częściej — wówczas zwraca uwagę wszystkich na dany zabieg, dając uzupełniające wskazówki postępowania.

**MIKROSKOP.** Jest to już conajmniej trzecie ćwiczenie, w którym młodzież zaprawia się w badaniu przy pomocy mikroskopu. Sama umiejętność i wprawa w posilkowaniu się głównie śrubą mikrometryczną sprzyja

lepszemu rozumieniu obrazu. Staje się to dzięki osiągniętej stale ostrości obrazu i doświadczeniu, wskutek czego w wyobraźni ucznia łatwiej dokonywa się synteza całego szeregu obrazów płaskich, czyli powstaje wycucie brylowatości preparatu.

Uczeń dochodzi tylko drogą wielu przeżyć własnych do tego, czego nie zastąpią żadne objaśnienia nauczyciela, a zwłaszcza odwoływanie się do ubogiej jeszcze w tym względzie wyobraźni młodego obserwatora.

Nauczyciel musi stale pamiętać o wyrobieniu u młodzieży sprawności w posilkowaniu się mikroskopem i dlatego nie szczędzić czasu, lecz stale sprawdzać, pouczać i kierować pracą każdej grupki z osobna, byle ćwiczących doprowadzić do koniecznej wprawy.

W następnych ćwiczeniach coraz mniej będzie takich uczniów, którzy będą wymagali kontroli i pomocy nauczyciela. Wysilek ucznia i nauczyciela będzie w dalszym ciągu przesuwiał się od elementarnych trudności mikroskopowania w stronę naukowych zdobyczy badania.

Nauczyciel dba, aby preparat spełnił następujące warunki:

1. Preparat musi zawierać wyraźne 3 warstwy, a mianowicie: skórkę górną i dolną oraz miękisz, jako pasemko zielone; nie może być skrzywiony lub zgnieciony, a warstwy muszą być wolne od strzępów warstw sąsiednich, np. rozproszonych ciałek zieleni (preparat należy oplukać).

2. Komórki skórki górnej powinny zarysować się jako szereg prostokątów, przylegających do siebie (dają one wrażenie palisady).

3. Skórka dolna — prócz powyższego — będzie miała komórki zielone (przy szparkach), a w niektórych miejscach fioletowe.

4. Jeden z końców skrawka powinien być dostatecznie cienki, aby ujawnił budowę komórkową mię-

OCENA  
WARTOŚCI  
PREPARATU  
I WYBÓR  
JEGO CZĘŚCI  
DO BADANIA.

kiszu<sup>1)</sup> oraz to, że ciałka zieleni są składnikiem jego komórek. W całości swej preparat powinien uwiocznicić położenie, grubość i zieloną barwę miękiszu.

5. Preparat musi posiadać szare plamy w miękiszu, to jest przekroje poprzeczne wiązek, ewentualnie przekrój podłużny jakiegokolwiek wiązki, obnażający naczynia z boku.

Uczeń nie posunie swej oceny preparatu tak daleko. Wystarczy, jeżeli osądzi go podług zasad, już omówionych i stosowanych w ćwiczeniu 2-gim i 3-cim, a nadto sprawdzi, czy odpowiada on warunkom zadania (ujawnienie warstw i barw).

Obserwacja przez lupę zorientuje ucznia w całości skrawka, pozwalając mu uchwycić główne elementy składowe liścia, a mianowicie: a) warstwy, ich rozmieszczenie, względną grubość, charakterystyczne prążkowanie w warstwach skórek (palisada); b) zabarwienie: zielone i fioletowe na tle szarem; prawidłowość rozmieszczenia tych barw.

Najmniejszy odcinek jednej jakiegokolwiek warstwy obrazuje mniej więcej dobrze budowę jej reszty. Stąd wypływa zrozumiała konieczność uwzględniania tylko wąskiej, poprzecznej części skrawka, zawierającej jednak wszystkie trzy warstwy, z tem, że wybierze się tę część warstwy miękiszu, w której występuje też szara plama przekroju wiązki. W ten sposób, oglądając uważnie małą, wybraną część preparatu, uczeń zbada wszystkie rodzaje składników liścia. Dla powodzenia w wykonaniu tego ćwiczenia i wielu jeszcze następnych należy przeprowadzić z młodzieżą ocenę wartości preparatu i wyboru części do badania. W tym celu nauczyciel nie może ograniczyć się do stwierdzenia, czy uczeń wybrał dobrze czy źle, lecz powinien przeprowadzić podczas konferencji indywidualnej krótką rozmowę, w której ćwiczący uzasadni swój wybór. Skoro nie da odpowiedzi na pytania nauczyciela, wykaże, że wyboru dokonał przypadkowo, a może bezmyślnie.

<sup>1)</sup> Dobrze jest do tego celu użyć też potem preparatów gotowych, bardzo cienkich, a nawet odbarwionych.

Jeżeli preparat jest dobry, a uczeń wybierze najodpowiedniejszą jego część i umiejętnie posilkuje się mikroskopem, to powinien:

1. wśród trzech warstw rozpoznać znane już skórki (warstwy zewnętrzne) i nową warstwę (środkową), mięksisz, a następnie odróżnić skórkę górną od skórki dolnej;

2. dostrzec względną grubość tych warstw, więc stwierdzić, że grubość skórki górnej wynosi niemal połowę grubości blaszki, grubości zaś mięksiszu i skórki dolnej są mniej więcej jednakowe;

3. stwierdzić a) budowę komórkową każdej warstwy oraz podobieństwo kształtów komórek, zgrupowanych w danej warstwie, b) istnienie pewnej zawartości komórek (choćby rozumianych jako wieloboki t. j. płaskie figury);

4. dostrzec zabarwienie warstw, a w szczególności, poza zielenią mięksiszu (ciałka zieleni), komórki fioletowe skórki dolnej, komórki zamykające z ciałkami zieleni, szare plamy lub smugi przekroju wiązek oraz zgrubienie mięksiszu w tem miejscu, wreszcie bezbarwność reszty (skórek).

Celem rozpatrzenia dowolnego szczegółu, np. szparki, zawartości komórek zamykających i t. d., uczeń używa silniejszego powiększenia według własnego uznania.

Rysunek wraz z objaśnieniami musi te fakty potwierdzić. Uczeń odwołuje się do preparatu, wskazując — na dowód prawdy — daną część igłą podwójnego okularu wskazówkowego (rys. 2). Tak samo czyni nauczyciel i przy pomocy igły wspomnianego okularu wskazuje pewne cechy preparatu, pominięte lub źle przedstawione na rysunku lub w opisie. Przy takim postępowaniu uczeń nie tylko stwierdza i poznaje fakty, potrzebne do dalszej dyskusji, lecz także uczy się uważnie, wyczerpująco obserwować. O dalsze wyzyskanie sił ucznia do takiej pracy będziemy coraz bardziej zabiegać, w miarę pokonywania elementarnych trudności w postępowaniu laboratoryjnym (trudności techniczne), gdyż wi-

dzimy w tem jedno z poważnych zadań kształcenia młodzieży.

OMÓWIENIE  
ĆWICZENIA.

Uczeń, badając skrawek, spostrzegł i po swemu zrozumiał jego budowę. Teraz musi to wyrazić słowami. Jedną część tej pracy będą stanowiły napisy przy rysunku poznanych składników, więc niejako tylko wyliczenie faktów, na drugą zaś złożyć się opis i próby objaśnienia, świadczące już o tem, jak je uczeń rozumiał i powiązał.

Otóż takie wyliczenie i opis, a zwłaszcza interpretacja zdobytych faktów informują nauczyciela, w jakiej mierze ćwiczenie doprowadziło ucznia do poznania wewnętrznej budowy liścia trzykrotki. Pamiętajmy, że jest to ten cel, do którego uczeń świadomie dążył. Pozatem nauczyciel musi przekonać się, czy uczeń rozumiał, że komórki skórek są bryłami, więc czy osiągnął cel, którego mu wprowadzić jawnie nie wystawił, chociaż uważał go za cel główny (str. 49).

Napisy, umieszczone przy rysunku, powinny wykazać, że ćwiczący rozpoznał trzy warstwy i wszystkie związane z nimi fakty, przytoczone w 4 punktach bieżącego ćwiczenia na str. 53. Powiązanie do robku w pewien zwarty opis i objaśnienie może jeszcze pójść z trudem. Wypytyując poszczególnych uczniów i zestawiając ich wyniki, dochodzi się w drodze dyskusji do ustalenia pewnych faktów, wspólnych dla ogółu preparatów. Ich zbiór będzie stanowił sumę wiadomości o budowie liścia trzykrotki. Uczeń zaś powinien treściwie sformułować to w zeszycie, np.:

„W skrawku widać trzy warstwy. Środkowa jest zielona. Z dwu pozostałych jedna ma fioletowe plamy, druga jest bezbarwna. Grubość warstwy bezbarwnej wynosi niemal połowę grubości skrawka (blaszki). Warstwy zewnętrzne są skórkami. Fioletowa jest dolna (są i szparki), więc bezbarwna jest pozostałą skórką, to jest górną. Środkowe pasmo zielone — to wewnątrz liścia. Widać w niem bardzo małe komórki zaokrąglone, mniej więcej jednakowe. W komórkach



są liczne zielone kuleczki. Są to ciała zieleni. W niektórych miejscach warstwy zielonej w komórkach nie ma ciałek zieleni. Są to szare plamy. Od plamki takiej w bok ciągnie się wąskie pasemko z prążkami“.

Jak widzimy w tym przykładzie opisu, niektóre fakty są:

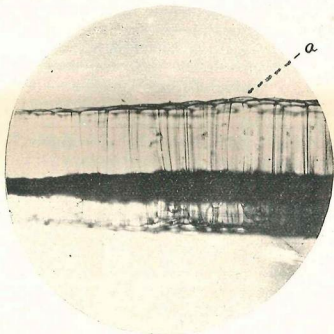
1) dobrze spostrzeżone i dobrze zrozumiane (np. skórki),

2) dobrze spostrzeżone, ale źle zrozumiane (np. „komórki“ plamek szarych),

3) dobrze spostrzeżone, ale podane bez interpretacji (np. „wąskie pasemko z prążkami“ — t. j. naczynia na przekroju podłużnym).

Powyższe możliwości wskazują, że cały dorobek ucznia należy dokładniej w klasie (pracowni) omówić.

Warstwę najgrubszą uznał uczeń jako skórkę górną. Twierdzi, że jest zbudowana z komórek. Kształty ich są jednak inne, niż w ćwiczeniu 2-giem.



RYŚ. 5. Przekrój poprzeczny blaszki liścia trzykrotnika. — a) kopulasty wierzch komórki skórki górnej. — Pow. 100 : 1.

Z fotografii prof. K. Miedzińskiego.

Pytamy, skąd ta różnica? Odpowiada, że w ćwiczeniu 2-gim patrzył na nie zgóry, teraz widzi je zboku. Jakież tedy kształt mają naprawdę? Tu mogą nastąpić wahania, a zwłoka lub błędna odpowiedź pochodzą z dwu możliwych źródeł:

- 1) z niezrozumienia kształtu komórek, jako bryły;
- 2) z braku znajomości wyrazów, któreby to należyście przedstawiły.

Uwzględniając obydwaj źródła trudności, stawiamy pytanie, jaki kształt może mieć jakieś ciało, którego wierzch ma kształt sześcioboku, a bok — prostokąt? Rysujemy na tablicy obydwaj kształty, jeden pod drugim. Uczniowie odtwarzają odpowiednią bryłę geometryczną, pomagamy im nazwać ją. Nieraz ten cały przebieg dopytywania i naprowadzania odpada, jeżeli uczniowie trafnie wypowiedzą i uzasadnią, że komórki są bryłami.

Nadmienić należy, że dotychczasowe objawy brylowatości komórek w preparatach skórek, oglądanych zgóry, zazwyczaj uchodziły uwagi (ćw. 2 i 3). Wprawdzie młodzież zapytuje nieraz, co znaczą szeregi cienkich kresek, zgrupowanych przy kreskach (ściankach) głównych, ale nie przy wszystkich w danej komórce. Wszystkie sąsiednie komórki mają podobne kreseczki, przy odpowiednich (zwykle dwóch) ściankach (p. rys. 4).

Faktu tego jednak młodzież nie rozumie, bo brak jej jeszcze umiejętności syntezy obrazów płaskich. Dopiero ćwiczenie 5 pokazuje te komórki zboku, przy czem niemal zawsze widać i ich wierzch, t. j. sześciokąty w skrócie perspektywicznym. Całość ma dla ucznia wygląd graniastosłupa przezroczystego, zaznaczającego się w obrazie swemi krawędziami.

Polecamy uczniom spojrzeć na rys. z ćw. 2 ew. 3, (rys. 4), o ile przedstawili na nim te cienkie kreseczki „dodatkowe“. Teraz rozumieją. Pomagamy ich wyobraźni: kładziemy im na stole kawaleczki plasterów pszczelich i każemy zaglądać do wnętrza komórek woskowych zukosa. Przy tej sposobności nawiązujemy rozmowę do historii nazwy komórki.

Wydobywamy z uczniów, że kreski, którymi znaczyli komórki, przedstawiają właściwie krawędzie brył, a powierzchnie, zawarte między kreskami, to ściany przezroczyste. Co jest w tych bryłach? W niektórych jest „coś“ fioletowego. Inni wątpią. Może to tylko ścianki są tak zabarwione, jak szybki kolorowe w latarni? To trzeba — postanawiają — wyjaśnić. Są jeszcze — przypominają — pewne „kółka“, ale nie we wszystkich komórkach. Podajemy nazwę „jądro“. Nic nie mówimy, czy wszędzie występuje, jaką ma rolę i t. p.

W ten sposób kwestja ewentualnej zawartości komórek jest otwarta, a dorobek z ćwiczeń następnych coś w tej sprawie dorzuci (ćw. 6 i dalsze).

Zresztą już teraz widać, że w komórkach mięksizu są zielone kuleczki, które odtąd będą nazywali ciałkami zieleni.

W omówieniu staramy się wydobyć wyjaśnienia, jak młodzież rozumiała zieloną barwę liścia trzykrotki dawniej, a jak rozumie ją teraz. Z relacyj wynika, że pierwiej wyobrażali sobie tak:

1. roślina jest zielona, bo jest zbudowana całkowicie z jakiegoś zielonego materiału np. tak, jak zielona bibuła z zielonych włókienek;

2. bo jest wypełniona sokiem zielonym;

3. roślina jest zielona, bo warstwa na powierzchni jest zielona tak, jak lakier na jakimkolwiek meblu.

Teraz zaś rozumieją tak:

1. warstwa zielona rośliny lub liścia leży w środku (więc nie tak, jak w przypuszczeniu p. 3);

2. zawdzięcza zieloność kuleczkom t. j. ciałkom zieleni w komórkach mięksizu.

Niektórzy uczniowie prostują błędny pogląd, wyrobiony nieraz po ćwiczeniu 3-ciem, że barwa zielona liścia zależała od ciałek zieleni w komórkach, zamykających szparkę. Już przed badaniem przekroju liścia, zaraz po ćwiczeniu 3-ciem, można tym poglądem zachwiać, nakazując porównać:

1. barwę spodu i wierzchu liścia (intensywniejsza zieleń z wierzchu);

2. zabarwienie zdartej skórki dolnej z barwą miejsca obnażonego (intensywna zieleń);

3. wpływ fioletowych komórek skórki na zabarwienie spodu liścia.

Najczęściej mylny pogląd, o którym mowa, zbijają trafnie inni uczniowie podczas dyskusji.

Sprawa zieleni nie jest jednak skończona. Uczniowie muszą poznać, czy barwa łodygi też zależy od obecności ciałek zieleni. Ponadto zajmą się jeszcze bliżej barwikami ciałek zieleni i ich rolą.

Dla zestawienia dorobku naukowego trzeba uczniom uwidocznić ewolucję pojmowania przez nich komórki i tkanki. Dawniej

1. były to (ćw. 2 i 3) wieloboki, jakby nitki, tworzące oczka, te zaś układały się w sieć oczek — tkankę;

2. pola, opisane przez wieloboki, nic nie przedstawiały.

Teraz: komórka — to bryła, ze ściankami, krawędziami, a nieraz z pewną zawartością (np. ciała zieleni, jądro i t. p.). Czem jest teraz tkanka, np. ta, która okrywa liść? W mniemaniu ucznia jest jakby posadzką z wysokich kostek (zespolonych graniastostupów), ściśle przylegających, przeważnie bezbarwna, a głównie nie zielona. Tylko w skórcie dolnej są szparki. Jaka jest ich rola? Nawiąże się to pytanie do wyników hodowli. Tkanę, tworzącą skórę, nazwiemy teraz tkanką okrywającą. Scharakteryzuje ją młodzież z przykładu trzykrotki po uzupełnieniu badaniami łodygi a nawet korzenia<sup>1)</sup>. Podkreślę, że zaczynamy od konkretnego przykładu i przejdziemy do definicji ogólnej tkanki wtedy dopiero, gdy młodzież pozna kilka rodzajów tkanek. Dla tych samych przyczyn nie śpieszymy się z podawaniem definicji komórki.

Wkońcu zostają plamki szare w polu warstwy środkowej. Trzeba się ograniczyć do ich stwierdzenia, odkładając wyjaśnienie i korektę błędów do ćwiczeń

<sup>1)</sup> lub po zbadaniu skórek liści innych roślin — patrz ćw. 3, str. 41, p. 2.

najbliższych. Szczególnie trzeba wyszukiwać wiązki naczyń, przekrojonych wzdłuż, gdyż dadzą się one potem dobrze nawiązać i wyzyskać w ćwiczeniu 7-mem.

### ĆWICZENIE 6.

Zedrzeć kilka skrawków skórki z lodygi trzykrotki i zbadać je, jak w ćwiczeniu 2-gim. Niektóre z nich zabarwić w hematoksylinie, poczem porównać ich wygląd ze skrawkami niebarwionemi. W opisie dać porównanie ze skórkami liścia i wnioski o budowie skórki pędu.

BADANIE  
SKÓRKI  
ŁODYGI  
TRZY-  
KROTKI.

Dzięki zainteresowaniu uczniów budową lodygi, a specjalnie skórki (ów. 3, str. 41 p. 1), okrywającej całą roślinę, wypadnie wykonać to ćwiczenie. Znajomość elementarnego postępowania laboratoryjnego pozwala uczniom, poza wysuwaniem zagadnienia, także na projektowanie samodzielne zadania, to jest ustalenie sposobu badania skórki. Stąd uplanowanie ćwiczenia (zredagowanie tekstu) nie przedstawia trudności. Tylko nauczyciel służy tu swoim doświadczeniem i wprowadza, jakby dla próby, barwienie, chcąc tym łatwym i krótko trwającym zabiegiem wzbogacić uczniowskie metody badania. Prócz celów, które sobie uczniowie postawili, nauczyciel posiada, jak w ćwiczeniu 5-tem, cel, narazie ukryty. Chodzi mu o dostrzeżenie jądra, jako stałego składnika komórki. Pozatem w dalszym ciągu ćwiczący żywa się z obrazem zespołu komórek, podobnych do siebie, tworzących tkankę. Na preparatach niebarwionych jądra wystąpią dosyć wyraźnie, uderzająco jednak, jako punkty (kółka) odznaczają się w skrawkach zabarwionych. W ten sposób młodzież przekona się o pożytku z zastosowania barwika.

GENEZA  
I CEL  
ĆWICZENIA.

Teraz już zdzieranie skórki nie przedstawia prawie żadnej trudności dla uczniów, którzy zdolali już zedrzeć ją z wierzchu i spodu liścia. Wystarczy w tym celu lodyżkę przelamać, a w miejscu przelomu uchwycić skórkę pincetą, zlekka zedrzeć z mięszkiem, a dal-

SPORZĄDZA-  
NIE PREPA-  
RATU.

sza jej część oderwie się już bez domieszek warstw głębszych i przedstawi się oku ucznia jako bezbarwna, długa wstążka. Należy ją teraz odciąć nożyczkami i natychmiast ułożyć w kropli wody na szkiełku przedmiotowym, stroną zdartą do spodu. Lepiej odrywać szersze pasemka, a końce rozstrzępione obcinać.

Skórka z lodygi trzykrotki zielonej (*Zebrina pendula* v. *viridis*) zdiera się najłatwiej i daje czysty, wyraźny obraz zespołu komórek z jądrami.

Barwienia można dokonać przy pomocy hematoksyliny Delafielda. W tym celu dajemy uczniom barwik w buteleczkach z pipetami (rys. 6) i polecamy wybrane skrawki zanurzyć w kropli barwika, umieszczonej na jakimkolwiek szkiełku, na przeciąg 2 do 4 minut. Późem należy skrawki wyjąć, opłókać i ułożyć na szkiełku przedmiotowym do badania obok skrawków niebarwionych.

Nauczyciel powinien dokładnie sprawdzić i ustalić, jak długo należy barwić.

Nowych trudności w mikroskopowaniu, czy innym manipulowaniu laboratoryjnym, młodzież spotkać już nie powinna. Uważny nauczyciel zawsze wpore pośpieszy z pomocą tam, gdzie brak wprawy utrudnia pracę. Naogół to ćwiczenie pod względem technicznym jest łatwiejsze do wykonania, niż ćwiczenie 2-gie lub 3-cie, umieszczamy je jednak na tem miejscu, gdyż daje obraz komórki wraz z jej składnikami (jądro) tak dalece skomplikowany, że wymaga tamtych badań przygotowawczych.



RYS. 6.  
Butelka  
z pipetką.

OBSERWA-  
CJA, RYSU-  
NEK, SPOR-  
MULOWANIE  
WYNIKÓW.

Można przewidzieć, co może dostrzec młodzież w tym preparacie oraz, jak z tem powiąże nabyte już wcześniej wiadomości o komórce, tkance i skórze. Obserwacja ma doprowadzić do potwierdzenia faktów, już poznanych oraz stwierdzenia nowych.

Z elementów dawnych uczniowie dostrzec powinni:

1. komórki, tworzące tkankę (obraz sieci o oczkach wydłużonych);

2. podwójne ścianki komórek, co potwierdzi brylowatość komórek, łatwiej dostrzegalną i zrozumiałszą teraz po wykonaniu ćwiczenia 5;

3. szparki, komórki zamykające, ciała zieleni.

Nie ujdzie też uwagi uczniów ściśle przyleganie komórek oraz brak ciałek zieleni w innych komórkach.

Jako nowe składniki rzucą się w oczy jądra komórek, wyraźnie rozmieszczone po jednym w każdej. Położenie jąder będzie różne. Nieraz znajdują się one w środku pola komórki, jako lśniące kóleczone, nieraz zaś przedstawiają się jako półkoliste ciała, strona spłaszczoną przyparte do ścianki.

Jądra, dzięki barwieniu, jeszcze bardziej się uwidoczną, a uczeń tem łatwiej uzna, że są one stałym składnikiem komórek.

Rysunek powinni uczniowie wykonać z zachowaniem zasad; już wskazanych, a przede wszystkim:

1. muszą zacząć go od konkretnej, obranej komórki „centralnej“;

2. sporządzić go z najlepszej części preparatu, należyte ocenionej i wybranej;

3. wykreślić go tak, aby przedstawiał minimum niezbędnych elementów tkanki i komórki.

Sformułowanie wyników powinien uczeń zacząć od napisów na rysunku.

Odpowiedzią na pytanie, jak jest zbudowana skórka łodygi, będzie opis preparatu. Musi on wyraźnie stwierdzić, że:

1) skórka łodygi jest też zbudowana z komórek;

2) komórki te są innych kształtów i rozmiarów niż w skórkach liścia;

3) są one wydłużone i mniej więcej jednakowe;

4) są bryłami, zawierają jądra, brak w nich ciałek zieleni, niektóre są całe fioletowe;

5) są szparki, komórki zamykające, a w nich ciała zieleni.

W opisie mogą się znaleźć również i inne fakty, źle lub dobrze zaobserwowane. Korekta może nastąpić dopiero podczas omawiania dorobku.

Na podstawie faktów, poznanych w ćwiczeniach poprzednich, powstaje w wyobraźni ćwiczącego obraz skórki całego pędu. Może już o nim powiedzieć, że cały jest okryty skórką, zbudowaną z komórek, oraz, że szparki występują w skórcie dolnej liścia i w skórcie łodygi. W szczegółach potwierdza taki obraz tkanki, jaki sobie wytworzył w ćwiczeniu 5 (str. 58), z dodatkiem, że w komórkach występuje nowy stały składnik — jądro.

Zbadanie i omówienie roli całej skórki i jej szparek odkładamy do czasu, gdy młodzież z wyników dalszej hodowli gałązki wysunie ściślej sformułowane zagadnienia.

Dotychczasowa znajomość skórki pędu nie uprawnia uczniów do twierdzenia, że i inne rośliny mają również pędy, okryte skórką, tak samo zbudowaną. Przed tem przedwczesnem uogólnieniem należy ich powstrzymać.

Podczas omawiania wyników ćwiczenia 6-go powinni uczniowie dojść do pytania, czy pędy innych roślin są także okryte taką tkanką?

Wysunięte przez nich samych nowe zagadnienie powinni sami rozwiązać, dajmy im tylko do tego sposobność. Dlatego na najbliższych ćwiczeniach pozwalamy zbadać skórki dowolnych roślin. Każdy ćwiczący bada swój wybrany okaz. Bada już wprawnie i szybko, nie rysuje, lecz natychmiast komunikuje swe wyniki. Zyskuje w ten sposób szerszą podstawę do uogólnienia, a zarazem większy zasób wyobrażeń, niezbędnych do wyrobienia i ugruntowania pojęcia o komórcie i tkance.

Szczególnie ulubiony i pouczający materiał, uzupełniający ćwiczenie 6-te, stanowi skórka z soczystych łusek cebuli. Jak wiadomo, łatwo się ona odrywa jako przejrzysta błonka i daje piękny obraz tkanki, w której komórkach wyraźnie lśnią jądra.

Barwienie hematoksyliną, łatwe i szybkie, dobrze



uwydatnia jądra, ucznia zaś utwierdza w uznaniu wartości barwienia.

Idąc dalej, można rozdać ćwiczącym gotowe preparaty z zabarwionymi jądrami. Pierwszeństwo należałoby tu dać znanym już skórkom liścia trzykrotki. Jak widzimy, w takiej kolejności, wporę użyte, gotowe preparaty (trwale) lepiej zostaną ocenione i lepiej spełnią swe zadanie, aniżeli zastosowane na początku omawianej tu serji ćwiczeń.

Wprowadzając inne rośliny do badania, pragnę silniej podkreślić ideę monograficznego opracowania materiału.

W moim przykładzie badamy, jako podstawową roślinę, z przyczyn gdzieindziej podanych, trzykrotkę. Inne rośliny wciągamy w miarę potrzeby dla zdobycia szerszej podstawy dla porównań, a stąd i uogólnień.

Jeżeli rzucimy okiem wstecz i ocenimy, ile wiadomości zdobyła młodzież w tem ćwiczeniu, to przyjdziemy do przekonania, że dorobek jest już znaczny w porównaniu z tem, co osiągnęła w pierwszych ćwiczeniach. Dorobek wzrasta teraz szybciej dzięki temu, że młodzież wyćwiczyła pewne umiejętności w wykonywaniu czynności, wyrażających się ruchem (psychofizycznych) i czynności umysłowych (obserwacja, rozumowanie i t. p.). Zgodnie tedy z zasadami dydaktyki odbywał się proces ćwiczenia zdolności w zdobywaniu wiadomości i rozporządzaniu nimi. Innemi słowy młodzież nabyła tyle wiadomości, ile mogła sobie przyswoić, będąc stale czynną.

### ĆWICZENIE 7.

Z końca bardzo młodego korzenia przybyszowego uciąć kawałek długości 5 do 7 mm i zbadać go przez lupę, potem przez mikroskop (obj. 10× i 40×),

a) naszkicować całość, dać napisy rozpoznanych części;

b) rozpatrzyć czapeczkę, zwłaszcza jej brzeg przez obj. 40×; naszkicować składniki charaktery-

BADANIE  
KORZENIA  
PRZYBYSZO-  
WEGO TRZY-  
KROTKI.

styczne. Co nowego widać w częściach odosobnionych (t. zw. „klaczkach“)?

c) obejrzyć włósniki najmniejsze przez obj. 40×, wyjaśnić, skąd wyrastają; uwidocznić to na rysunku; wykazać, gdzie są najmłodsze;

d) zeszkrobać lekko skalpelem włósniki i wierzchnią warstwę, oplókać i zbadać ponownie obnażone wnętrze korzenia przez obj. 10× i 40×.

GENEZA  
I CEL  
ĆWICZENIA.

Nie kończąc badania lodygi (ćw. 6), uczniowie zaczynają poznawać korzeń. Ten krok czynimy rozmyślnie.

Nauczyciel przyjmuje tę kolejność ze względu na to, że:

1. Przedstawia ona komórkę jako coraz bogatszą w składniki, mianowicie:

w ćw. 2 i 3	komórka to	płaski wielobok
„ „ 5	„ „	bryła (pusta przeważnie)
„ „ 6	„ „	„ z jądrem
„ „ 7	„ „	„ z jądrem i zarodkiem

(Każde następne ćwiczenie potwierdzało fakty z ćwiczeń poprzednich i dorzucało nowe, np. w ćw. 6 znanym faktem jest „komórka-bryła“, nowym „jądro“).

2. Dalsze badanie lodygi przedstawiłoby obfitszy skład komórki, bo prócz składników z ćw. 7. (w tym jeden nowy — zaródź) wprowadziłoby odrazu: sok komórkowy, ciała zieleni, kryształki, ziarna skrobi i t. d.

3. Przyjęta kolejność ćwiczeń odtwarza przypadkowo historyczną kolejność wykrywania składników komórki (ćw. 2, 3—5, 6, 7).

4. Wskazuje na szybkie starzenie się korzeni i zwyrodnianie się komórek, złuszczonej z czapeczki.

Przerwę po ćwiczeniu 6-tem możemy uzasadnić tem, że:

1. narazie celem naszym była budowa skórki pędu (p. ćw. 3);

2. wykonane ćw. 6-te ułatwi przyszłe badanie całej lodygi;

3. przejście do badania korzenia wyświetli odrazu sprawę budowy skórki na całej trzykrotce;

4. korzeń starzeje się.

Potrzeba badania korzenia wynika z omówienia wstępnego i z ćwiczenia 2, 3, 5, 6-go.

Celem ćwiczenia jest nie tylko stwierdzenie zarodki, jako składnika komórki, lecz poznanie włósników i naczyń, by łatwiej nawiązać omówienie budowy korzenia do jego funkcji.

Uczniowie z łatwością sporządzą sami preparat. Trzeba tylko doglądać pracy zeskrobywania korzonka (część d, str. 64). SPORZĄDZANIE  
PREPARATU.

Na zakończenie części d można polecić postrzępić korzeń starannie igłami, by odosobnić naczynia. Nieraz zdarza się, że z rozerwanego naczynia przypadkowo udaje się wypruć spiralne wzmocnienie, wystające z rurki jak sprężynka. Taki obraz wymownie poucza o charakterze i roli wzmocnień w naczyniach.

Do skrobania skalpelem lepsze są nieco starsze korzenie. Dobrze jest również wziąć korzeń rozgaleziony, by zobaczyć, skąd wyrasta korzeń boczny, zeskrobawszy uprzednio warstwę wierzchnią w miejscu rozgaleziania się. Tak samo należałoby zabarwić hematoksyliną komórki luszczące się, by lepiej uwydatnić ich zawartość.

Kwestja oceny preparatu i wyboru miejsca do badania odpada, dzięki wprawie uczniów i warunkom z tekstu ćwiczenia, wyraźnie wskazującym, jaki ma być materiał, ile i co należy w nim badać.

Już w hodowli z ćwiczenia 1-go i 4-go młodzież, posilkując się lupą, widziała główne części korzenia. Zna również nazwy tych części oraz zaznacza je na rysunku. Teraz uzupełnia to w części a) bieżącego ćwiczenia, badając bliżej korzeń przy pomocy mikroskopu. Chcąc ogarnąć możliwie całość, posilkuje się słabem powiększeniem, mianowicie obj. 10× i okularem 5×. Można wtedy ogarnąć w polu widzenia:

OBSERWACJA.

1) czapeczkę, z komórkami luszczącymi się, 2) wierzchołek wzrostu korzenia, t. j. część pozbawioną włósników, 3) część korzenia z najmłodszymi włósnikami, 4) ciemne smugi wiązek w walcu osiowym. Obok tego widzieć będzie można dobrze budowę komórkową całości. Na szkicu należy to wszystko przedstawić.

Części ćwiczenia b), c) i d) mają za zadanie poznanie szczegółowsze składników; dostrzeżonych w części a).

Budowę komórkową oraz kształt czapeczki widzieć dostatecznie przez obiektyw 10 $\times$ . Jeśli zaś zalecamy stosowanie obiektywu 40 $\times$  w części b), to głównie dlatego, że chcemy umożliwić uczniom dokładne rozpatrzenie luszczących się komórek. Powinni oni dostrzec:

1. grupki komórek, mniej więcej podobnych do siebie, jednak innych, niż dotychczas poznali,
2. komórki, tak luźno złączone w grupki, że czynią wrażenie rozpadających się,
3. zaródź i jądro w każdej komórce.

Dla rysunku wystarczy, jeżeli uczniowie wybiorą 3—4 komórki, byle uwidocznili fakty, wymienione w powyższych 3-ch punktach.

W części c) muszą stwierdzić, że włóśnik jest wyrostkiem komórki, czyli jej częścią. Na rysunku mogą przedstawić 2 lub 3 włóśniki, różnej wielkości, jak-gdyby trzy stadia rozwojowe jednego włóśnika, pozatem zawartość włóśników: zaródź i jądro, które, jak praktyka wskazuje, uczniowie niezawsze dostrzegają.

W części d) ma uczeń zobaczyć:

1. naczynia, jako elementy wydłużone, jak taśmy wśród komórek, ewentualnie „sprężynki“, wyprute z naczyń;
2. różne na nich prążki, kółka, elipsy i t. p., t. j. ich wzmocnienia;
3. skupienie tych naczyń, po kilka razem, czyli wiązki.

Po wspólnem omówieniu uczeń może sformułować wyniki swej pracy np. w następujący sposób: SFORMUŁOWANIE WYNIKÓW.

1. korzeń trzykrotki składa się: a) z walca osiowego i kory, tworzących jakby trzon; b) z włośników, wyrastających z górnej części trzonu, tem krótszych, im bliżej czapeczki; c) z trzonu bez włośników, tak zwanego wierzchołka wzrostu; d) z czapeczki z luszczącymi się komórkami (kłaczkami);

2. korzeń jest zbudowany też z komórek;

3. z komórek kory, tworzących tu jakby skórę, wyrastają włośniki; są one częścią komórki z powierzchni korzenia;

4. w każdej komórce (widoczne zwłaszcza w komórkach czapeczki) jest jądro i masa ziarnista — zaródź (jądro rozpoznać lepiej przez barwienie, jak w ćwiczeniu 6-tem).

5. ciemne smugi w walcu osiowym, to wąskie pasemka, rozmaicie prążkowane; występują po kilka obok siebie. Są to wiązki naczyń czyli rurek (o ile widział wypadek wyprucia spirali);

6. w całym korzeniu nigdzie nie widać ciałek zieleni, szparek i komórek fioletowych, jak w ćwiczeniach poprzednich.

Obraz naczyń w korzeniu może wywołać w pamięci ucznia obraz wiązek lub naczyń pojedynczych, obnażonych na przekroju poprzecznym blaszki liścia z ćwiczenia 5-go. Rozpozna on w nim wtedy takie same naczynia. Będzie to ważny przyczynek do wiadomości o tkance przewodzącej.

Poznanie budowy każdej części korzenia, np. czapeczki, włośników, wiązek naczyń, zmusza młodzież do stawiania pytań, do czego te części służą i jak działają? Rolę czapeczki należy wyjaśnić w omówieniu, natomiast rolę włośników przedstawić na przykładzie jakiegokolwiek roślinki, np. gorczycy, wyhodowanej z nasionek w drobnym piasku, pulchnej glebie i w czystej wodzie. Chodzi o obserwację ścisłego przerastania i splątania się włośników z cząstkami gleby. Hodowlę można nastawić zaraz NOWE ZAGADNIENIA.

po wysunięciu zagadnienia, zaś doświadczenie wyrywania roślinek z gruntu przeprowadzić wtedy, gdy dostatecznie podrosną. Nie zajmie to wiele czasu i nie przerwie toku innych ćwiczeń.

Sprawę pobierania wody wraz z rozpuszczonymi w niej substancjami możemy wyświetlić po wykonaniu ćwiczeń przygotowawczych ze zjawiskiem osmozy. Również nie możemy jeszcze eksperymentalnie uwidocznić wznoszenia się soków i częściowo rozważyć jego przyczyny.

Pytania z ćwiczenia 4 (str. 48) — 1, 2, 3 i 4-te są teraz szczególnie aktualne. Pamiętając o nich, czynimy przygotowania. Jeżeli uczniowie nie prze-rabiali jeszcze ćwiczenia, stwierdzającego, że w wodzie zwykłej są rozpuszczone domieszki, które po odparowaniu wody pozostają w naczyniu, jako białawy osad, to teraz należy je przerobić. Do tego celu można użyć zlewek lub próbówek, bardzo starannie wymytych i wytartych. Każemy wlać nieco czystej wody z kranu lub studni i gotować ostrożnie, aż woda zupełnie wyparuje. Pozostały osad traktują uczniowie jakimkolwiek kwasem np. solnym.

Obecnie można przystąpić do rozwiązania zagadnienia: czy woda zostaje w roślinie, czy też ją opuszcza? (pytanie 6 ćw. 4 str. 48). Jest to temat do następnego ćwiczenia.

Postępując w ten sposób, osiągamy:

1. wytrwałość w obserwacji długotrwałego procesu,
2. powolne gromadzenie materiału do rozwiązania pewnych zagadnień,
3. wysuwanie nowych zagadnień.

Wszystko to dzieje się przy największej aktywności ucznia.

### ĆWICZENIE 8.

WYPAROWY-  
WANIE  
WODY Z GA-  
ŁĄZEK TRZY-  
KROTKI.

Hodowlę trzykrotki w kolbce lub cylindrze miarowym z ćwiczenia 4-go umieścić pod dzwonem szklanym, starannie wytartym (szczególnie z wewnątrz). Pod innym dzwonem postawić kolbkę (cylinder mia-

rowy) kontrolny, to jest bez gałązki. Dzwony postawić w miejscu, dobrze oświetlonym, np. na oknie. Obserwować codziennie wygląd hodowli i ścianek dzwonów. Stwierdzić wyniki i wysnuć wnioski.

Chcemy w tem doświadczeniu przekonać młodzież, że woda opuszcza roślinę głównie w postaci pary, która skrapla się na chłodnych ściankach dzwonu. Ma to być odpowiedź na pytanie 6-te z ćwiczenia 4-go (str. 48). Jaki jest udział uczniów w projektowaniu ćwiczenia właściwego?

PROJEKTOWANIE  
ZADANIA  
(ĆWICZENIA).

Już dotychczasowe doświadczenie życiowe młodzieży poucza ją, że roślina traci wodę, chodzi tylko o to, jak to unaocznić? Wystarczyłoby wprowadzić nie podlewać trzykrotki w doniczce lub gałązkę położyć na stole i czekać, aż roślina zwiędnie, a potem uschnie. Jednak chcemy młodzież skłonić do znalezienia sposobu, jak unaocznić tę wodę, która z rośliny wyparowała, a nadto zachować roślinę przy życiu. Zapytujemy, czy człowiek wydychuje parę? Kiedy i jak można to zobaczyć? Czy można tak samo zbadać to na roślinie? Czy wystarczy naprzykład postawić chłodną szybkę w pobliżu gałązki? Nie, trzeba, twierdzą uczniowie, całą okryć tak, jak nakrywa się młode sadzonki szklanką, a rosa powinna wystąpić na ściankach. Następuje teraz omówienie bliższe szczegółów, jak wykonać doświadczenie, a potem, jak zredagować tekst zadania (ćwiczenia).

Skoro omówiliśmy, co należy zrobić, to już samo wykonanie, czy nastawienie doświadczenia, pójdzie łatwo, bo nie zawiera nowych i trudnych manipulacji. Dopilnujemy tylko, by dzwony były bardzo czyste i aby szczelnie przylegały do podstawy. Można w tym celu brzegi dzwonu posmarować tłuszczem i ustawić go na płycie szklanej. Zamiast dzwonów można użyć dostatecznie szerokich słojów z przykrywkami, uszczelnionymi zapomocą pierścieni gumowych i klamer. Sloje takie bywają używane w gospodarstwie domowym do konserw. Ostatecznie wystar-

NASTAWIENIE  
HODOWLI DO  
DOŚWIADCZENIA.

czą słoje o szerokich szybkach z korkami, dobrze dopasowanymi (zatopić parafiną).

Najlepiej, bo pewnie i prędko, udaje się doświadczenie, gdy część bezlistną, t. j. dolną, gałązki trzykrotki umieścimy w próbówce z wodą, na wodę nalejemy warstwę oliwy, a wystającą ponad nią gałązkę z liśćmi ostrożnie nakryjemy drugą probówką tak, by obydwie probówki zetknęły się otworami. Do otworu górnej probówki, mieszczącej tedy gałązkę z liśćmi, wprowadzamy watę (w pewnym oddaleniu od warstwy oliwy z dolnej probówki), aby wchłaniała wodę, ściekającą po ściankach górnej probówki. Tylko wtedy można stwierdzić stratę wody w dolnej próbówce. Obydwie probówki w miejscu zetknięcia otworów trzeba mocno obwiązać pasemkiem płótna i nitką<sup>1)</sup>.

Jeżeli młodyż zna zmianę barwy papierka kobaltowego z niebieskiego na różowy pod wpływem wilgoci, to można wyzyskać ten fakt do wykazania transpiracji.

Pozatem stratę ciężaru gałązki trzykrotki wskutek parowania można stwierdzić przy pomocy wagi — całej hodowli w określonych odstępach czasu.

OBSERWA-  
CJA  
I WNIOSKI.

Już na drugi dzień można nieraz zauważyć wyraźną różnicę w wyglądzie ścianek dzwonów. Na dzwonie z hodowlą wystąpi widoczne zamglenie lub okażą się kropelki rosy, natomiast na ściankach dzwonu kontrolnego nie będzie tych objawów (lub w stopniu znacznie słabszym).

Wyniki obserwacji zestawia uczniowie np. w następujący sposób:

	doświadczenia kontrolne (kolbka z oliwą i wodą)	hodowla gałązki
Stan wody w kolbce lub cylindrze miar.	bez zmian	wody ubyło
wygląd ścianek dzwo- nu lub próbówki	bez zmian	rosa

<sup>1)</sup> Powyższy przyrząd pomysłu prof. Słoneckiego był demonstrowany w Ognisku metodycznym biologii we Lwowie (1933 r.)



albo jeszcze inaczej, o ile wprowadzimy 3-ci dzwon (można jeden dla wszystkich) jako kontrolny, z wodą w kolbce (cylindrze miarowym), ale bez oliwy.

	I	II	III
	Dzwon z kolbką, wodą i oliwą	Dzwon z kolbką, wodą, bez oliwy	Dzwon z kolbką, wodą, oliwą i gałązką
Stan wody w kolbce lub cylindrze miar.	bez zmian	ubyło	ubyło
Wygląd ścianek dzwonu lub próbowki	bez zmian <sup>1)</sup>	rosa	rosa

Następnie uczniowie rozważają: zroszenie ścianek dzwonu od wewnątrz nastąpiło dzięki skropleniu się pary, wydostającej się z naczynia (kolumna II), więc i w kolumnie III rosa powstała z pary. Czy mogła para wydostać się przez oliwę? Nie, jak to stwierdza wynik w kolumnie I (i ćw. 4-tem). Źródłem tej pary jest tedy gałązka trzykrotki. Stąd wniosek: trzykrotka paruje albo inaczej: woda nie zatrzymuje się w roślinie, lecz przynajmniej część wody pobranej — wyparowuje.

Uczniowie wiedzą, że woda, powstająca ze skro-<sup>WYSUWANIE</sup>plonej pary, nie zawiera domieszek rozpuszczonych <sup>NOWYCH</sup>czyli jest wodą jakby destylowaną. <sup>ZAGADNIEN.</sup>Opierając się na tym fakcie, powinni wysunąć pytanie: gdzie pozostają domieszki, które znajdowały się w wodzie zwykłej? Mogą przewidzieć dwa wypadki:

1. rozpuszczone domieszki pozostają w wodzie i wcale do rośliny nie wchodzi;

2. domieszki owe wchodzi do rośliny i jej nie opuszczają.

Stąd wysuwają konkretne pytanie: Czy woda

<sup>1)</sup> Może wystąpić słabe zamglenie wewnętrznych ścianek dzwonu wskutek wilgotności powietrza otaczającego i wówczas rozważać trzeba różnicę zamglenia i stanu wody w naczyniach.

z rozpuszczonymi domieszkami (roztwór) może przedostać się przez błonki komórek (np. włośników)?

W ten sposób zbliżają się uczniowie do zjawiska osmozy, jako tematu ćwiczenia 18 i 19.

Nie zostało jeszcze wyjaśnione, którądy para wydostaje się z rośliny?

### ĆWICZENIE 9.

ROZPOZNA-  
WANIE I WY-  
KRYWANIE  
SKROBL.

a) Zebrać końcem skalpelu trochę pianki z przekrojonej powierzchni ziemniaka i wymieszać w kropli wody na szkiełku przedmiotowym, nakryć i obejrzeć przez obj. 3 ewent. 6 (7). Narysować składnik pianki. Wpuścić pod szkiełko nakrywkowe kroplę jodyny. Obserwować zmiany.

b) Zbadać, jak działa jodyna na inne substancje np. cukier, sól, sodę, mąkę pszenną, żytnią i t. p. Wysnuć wnioski. Wyjaśnić, czy próby znajdują praktyczne zastosowanie?

c) Ściąć kilka maleńkich, bardzo cienkich skrawków z przekrojonej powierzchni ziemniaka, oplókać i zbadać przez mikroskop. Dodać kroplę jodyny. Podać i wyjaśnić wynik.

CHARAKTER  
I CEL  
ĆWICZENIA.

Przystępujemy do ćwiczeń, w których zamierzamy uczniów zaznajomić:

1. z najważniejszymi związkami organicznymi, wchodzącymi w skład komórki, a tem samem i rośliny;

2. z rozpoznawaniem i wykrywaniem tych substancji przy pomocy odpowiedniego odczynnika;

3. z zastosowaniem i rolą odczynnika w reakcjach mikrochemicznych.

Poznane tą drogą związki organiczne w roślinie chcemy przeciwstawić związkom nieorganicznym, rozpuszczonym w wodzie, pobieranej przez roślinę i stąd wysnuć zagadnienie tworzenia się związków organicznych w roślinie.

W ćwiczeniu obecnem stawiamy sobie następujące cele szczególne:

1. poznanie i wykrywanie skrobi (pierwszy składnik organiczny),

2. udowodnienie przez wykonanie części c), że ziarna skrobi nie są komórkami odrębnymi (co łatwo może uczeń przypuścić z ich wyglądu), lecz ich częścią składową (zawartością),

3. poznanie i zastosowanie 1-go odczynnika — roztworu jodu — nie tylko przy reakcjach makroskopowych (część b), lecz i mikrochemicznych.

Zaznaczyć muszę, że nie zajmujemy się przytem chemizmem zjawiska, przebiegiem reakcji, lecz tylko samą stroną barwną reakcji, jako cechą rozpoznawczą.

Te wstępne wiadomości zastosujemy potem do ćwiczenia 10-go przy badaniu łodygi, dla rozpoznania składników komórki, oraz w dalszych ćwiczeniach, a nawet przy rozpatrywaniu pokarmów człowieka i zjawisk trawienia (działanie ptyaliny).

Samodzielne sporządzenie preparatu jest dla ćwiczących bardzo łatwe do wykonania i przy osiągniętej już wprawie zajmie bardzo mało czasu. Trzeba dopilnować, aby uczeń użył niewielkiej ilości pianki i dobrze ją wymieszał w kropli wody, przez co uniknie niekorzystnego dla obserwacji sfłoczenia ziaren skrobi w polu widzenia. Musimy młodzież pouczyć, jak wprowadza się kroplę roztworu jodu pod szkiełko nakrywkowe gotowego już preparatu.

SPORZĄDZANIE  
PREPARATU.

Podajemy dwa sposoby:

1. lekkie podniesienie igłą szkiełka nakrywkowego z jednego boku i wpuszczenie kropli roztworu jodu do wody pod szkiełko;

2. pasilkowanie się pasemkiem bibuły, która, ściągając wodę z pod szkiełka z lewej strony, wciąga roztwór jodu z kropli, umieszczonej obok szkiełka z prawej strony.

Do celów laboratoryjnych trzeba zawczasu przygotować słaby roztwór jodu w wodnym roztworze jodku potasu np.: w 100 g. wody destylowanej rozpuścić 1,2 g. jodku potasu i dodać 0,1 g. jodu.

Główny zapas roztworu przechowujemy w butelce z ciemnego (brązowego) szkła, do ćwiczeń zaś rozdajemy na każdy stół nieznaczne ilości odczynnika w specjalnych ciemnych 15—20 gramowych buteleczkach, których przedłużone zatyczki szklane stanowią odrazu pipetę, u góry zakończoną gumową czapeczką (p. rys. 5). Zastosowanie zwykłej jodiny aptecznej wywołuje zbyt silne i różnych odcieni zabarwienie, utrudniające określenie wyniku reakcji.

Część b) wystarczy wykonać bez zastosowania mikroskopu, obserwując golem okiem wyniki działania roztworu jodu na szczypty wskazanych substancyj, na szkiełku przedmiotowym lub zegarkowym.

Skrawki ziemniaka do części c) powinny przedstawiać cienką warstwę komórek, wypełnionych ziarnami skrobi. Przez oplókiwanie skrawka chcemy usunąć zanieczyszczenie preparatu ziarnami skrobi z komórek rozerwanych, a pozostawić tylko takie, które tkwią w komórkach, jako ich zawartość.

OBSERWA-  
CJA  
I OMÓWIENIE  
ĆWICZENIA.

Wykonując część a), uczniowie powinni zauważyć:

1. charakterystyczne, przeważające kształty ziaren skrobi oraz wyróżnić ziarna złożone i pojedyncze,
2. „jąderka“ w ziarnach, ich położenie ekscentryczne,
3. linje ekscentryczne na powierzchni,
4. wyłączne barwienie się ziaren na niebiesko od roztworu jodu.

Część c) doprowadzi do stwierdzenia, że między komórkami miękiszu bulwy ziemniaczanej znajdują się przestrzenie międzykomórkowe (jak i w ćw. 5 wśród komórek miękiszu zielonego), zgrupowanie ziaren skrobi w komórkach. Część b) przekona, że tylko taki materiał jak mąka barwi się na niebiesko pod wpływem roztworu jodu.

Sformułowanie wyników powinno ujawnić, czy uczniowie zrozumieli, że ziarna skrobi są materiałem roślinnym, składnikiem komórek, barwiącym się pod

wplywem działania jodu na niebiesko. Ponieważ jod w roztworze działa tak charakterystycznie tylko na mąkę (ziarna skrobi), można go użyć do rozpoznawania, czy dane ciało jest mączką, czy nie. Substancja, którą posilkujemy się do wykrywania innej substancji, nazywa się odczynnikiem. W omawianym wypadku roztwór jodu jest odczynnikiem na mączkę i odwrotnie: mączka jest odczynnikiem na roztwór jodu.

Wprowadzamy i ustalamy nowy termin: skrobia albo mączka.

Z nowych zagadnień narzuca się pytanie: czy skrobia jest też w komórkach trzykrotki? Jeżeli jest, czy występuje też w kształcie ziaren? Czy w postaci takich ziaren, jak u ziemniaka? Uczniowie wiedzą, że ziarna wykryć mogą przez obserwację, stwierdzić zaś, czy są skrobią — przez próbę jodową.

Zapytać mogą również i wskazać sposób znalezienia odpowiedzi, czy mąką pszenna, żytnia i inne są zbudowane też z ziaren, jakich kształtów i t. p.

Można w jednym z ćwiczeń dalszych doprowadzić do stwierdzenia, że skrobia jest związkiem organicznym, jakkolwiek zjawisko przypalania i palenia się mąki, znane młodzieży, wystarczająco o tem poucza.

### ĆWICZENIE 10.

a) Zbadać przez obiektyw 3 skrawki podłużnego przekroju lodygi trzykrotki. Wykazać, czy posiadają one składniki, poznane już w liściu i korzeniu? Nazkicować warstwy podłużne części skrawka, dać napisy. Wskazać w rysunku i w opisie, co widać nowego?

BADANIE PODŁUŻNEGO PRZEKROJU LODYGI TRZYKROTKI.

b) Wybrać jedną z najwyraźniejszych dużych komórek lodygi i rozpatrzyć jej wnętrze. Narysować i dać napisy dla rozpoznanych składników.

c) Zbadać skrawek roztworem jodu. Wnioski.

Zgodnie z zamiarem, bieżące ćwiczenie prowadzi w dalszym ciągu do poznania budowy trzykrotki i wysuwa zagadnienia czynności bądź całej rośliny, bądź też jej części. Żywsze zainteresowanie budową

GENEZA I CEL ĆWICZENIA.

lodygi może powstać dzięki ćwiczeniom 5-emu, 7-mu, gdyż uczeń zdoła lepiej przewidzieć tę budowę i postawi dokładniejsze pytania, zamiast ogólnikowo wyrażonej chęci zbadania także lodygi (jako części trzykrotki) w omówieniu wstępnym, np.: Czy są w lodydze wiązki naczyń? Czy miękisz jest taki sam, jak w liściu? i t. d.

Pamiętamy, że już w ćwiczeniu 6-tem młodzież zaczęła badać lodygę, jednak nie skończyliśmy tej pracy celowo, uważając narazie to ćwiczenie tylko za dalszy ciąg badania skórki całej trzykrotki (podług zainteresowań z ćwiczenia 2-go i 3-go)<sup>1)</sup>, dla rozstrzygnięcia wysuniętych tam pytań. Obecnie skorzystamy z wyników ćwiczenia 6-go i o tyle skrócimy badanie lodygi.

Dwoistość celu zaznacza się teraz tak samo, jak już zaznaczyła się w ćwiczeniu 5-tem.

Uczeń wie, że ma poznać budowę lodygi, nauczyciel zaś zamierza jeszcze przy tej sposobności doprowadzić ćwiczącego do znajomości:

a) dalszych składników komórki, więc (soku komórkowego), kryształków i ziaren skrobi, odrębnych lub zespolonych z ciałkami zieleni, obok składników, już mu znanych: błony, jądra, zarodki,

b) obrazu kilku różnych tkanek (dla podkreślenia charakteru tkanek), a w szczególności: skórki w przekroju, miękiszu, wiązek, symetrycznego rozmieszczenia tych elementów. Uczeń natomiast w swym zamiarze badania lodygi nie przewiduje, że tak jeszcze pogłębi znajomość komórki i tkanki.

Dużą wagę powinien nauczyciel przywiązać do dwóch faktów:

a) istnienia wiązek naczyń w lodydze,

b) istnienia skrobi w komórkach miękiszu, a w omówieniu tak je uwypuklić, by skłonić młodzież do wysunięcia pytania, jaka jest rola wiązek, jako dróg, przeprowadzających soki oraz skąd pochodzi skrobia, skoro jej nie było w pożywieniu, t. j. w pobieranej wodzie. Tu ponownie zbliży się młodzież do

<sup>1)</sup> i zgodnie z zamiarem nauczyciela — dla przedstawienia z kolei nowego składnika komórki — jądra, na przykładzie wyraźnym.

konieczności ustalenia, co to jest „sok“<sup>1)</sup>, „sok mineralny“ lub jakikolwiek inny.

Nawiązując do uwag o wykonaniu przez młodzież przekroju liścia (ćwiczenie 5, str. 49), muszą zauważyć, że i w niniejszym przykładzie należy przygotować z góry dobre, cienkie skrawki. Ćwiczący zaś, z przytoczonych już względów, powinni sporządzić po kilka skrawków, aby tem łatwiej dokonać wśród nich wyboru najładniejszego. Przedtem jednak trzeba uczniom powiedzieć, że powinni dokonać przekroju z kawałka łądy, przepołowionego wzdłuż („rozłupanego“). Taki skrawek, jako przechodzący najbliżej osi głównej, obejmie wszystkie warstwy. Dyrektywę taką można uzupełnić na tablicy perspektywnym rysunkiem walca, z oznaczeniem osi walca i położenia płaszczyzny zamierzonego przekroju. Wykonanie bardzo cienkiego przekroju ręcznego jest trudne, mimo to każdy niemal skrawek, wykonany przez ucznia, będzie dostatecznie cienki w miejscu, gdzie się już urywa, i odpowie wymaganiom części b). Dopiero wtedy, gdy okaże się, że u większości grupek skrawki są zbyt nieudolne i niewystarczające dla części a), należy rozdać przygotowane przekroje.

Reszta przeszkód natury technicznej, jak układanie na szkiełku, przykrywanie, posilkowanie się mikroskopem, wobec wprawy z ćwiczeń poprzednich nie wpływa już hamująco na bieg pracy.

Utartym zwyczajem żądamy, by uczeń sam wybrał z grupy skrawków najlepszy i rozpatrzył go w całości. Potem zadaniem jego będzie wyznaczyć tę część, którą postanowi narysować, aby uwidocznili elementy charakterystyczne skrawka oraz ich ugrupowanie. W czasie oceny i wyboru części preparatu przez pojedyncze grupki musi nauczyciel sprawdzać, jak to już dotychczas czynił, wynik pracy, a dostrzeżone błędy od razu prostować, bez większej straty czasu. Po takim przygotowaniu

SPORZĄDZANIE  
PREPARATU.

OBSERWACJA I OMÓWIENIE.

<sup>1)</sup> pierwsza obserwacja — to szary nalot w szyjce kolbki — p. ćw. 4.

nauczyciel przystępuje do drugiego, głównego etapu swej pracy, t. j. do konferencji indywidualnych z grupami w czasie obserwacji materiału, uznanego za odpowiedni.

Co mogą stwierdzić uczniowie? Głównie dwa zasadnicze fakty: 1. lodyga jest także zbudowana z komórek, co pozwoli na uogólnienie, że cała trzykrotka jest zbudowana z komórek; 2. podobne do siebie komórki występują tutaj również w skupieniach, tworząc tkanki.

W zakresie pierwszego faktu uczniowie:

1. potwierdzą dotychczasowe wiadomości: komórki są bryłami z błon przejrzystych, połączone ze sobą, zawierają w środku jądro, zaródź, sok komórkowy; są różnych kształtów i rozmiarów, a w danym skupieniu, t. j. w tkance, mniej więcej podobne do siebie; niektóre komórki, np. w skórce, także nie mają ciałek zieleni, inne zaś posiadają je; 2. jako nowe zjawiska powinni dostrzec: liczne kryształki (różnych kształtów i skupień), lśniąca ziarna skrobi, wykryte przy pomocy roztworu jodu.

W zakresie drugiego faktu stwierdzą uczniowie dalsze szczegóły:

1. z dawnych tkanek — skórka bez ciałek zieleni, prócz komórek zamykających, o komórkach ściśle przylegających do siebie, z wyjątkiem szparek; miękisz też z komórek, już jednak dużych (inaczej niż w liściu), z ciałkami zieleni, wiązki naczyń;

2. z nowych zjawisk dostrzegają głównie zgrupowanie tkanek. Zaznaczą się one jako pasy podłużne, powtarzające się z obu stron osi głównej (symetrii): szare smugi wiązek, potem miękiszu o intensywniejszym zabarwieniu zielonym, słabszym w środku.

Rysunek muszą uczniowie — jak zawsze — ograniczyć do minimum. Powinni narysować:

1) połowę szerokości skrawka, by nie powtarzać już części symetrycznej;

2) jak najkrótszy tylko kawałek, gdyż wzdłuż ele-



menty są jednakowe i rysunek nie nowego nie wniesie.

Aby zapobiec przesadnej gorliwości rysowania większej części preparatu, powinien nauczyciel wytrwale żądać od ćwiczących wyznaczenia (przy pomocy igły podwójnego okularu wskazówkowego) minimalnego pola obranego do rysowania, wymagać natomiast dokładniejszego rysunku (podobnie jak w ćwiczeniu 2 i następnych).

Na omówienie w danym przykładzie składają się: konferencje indywidualne (drugi etap) i omówienie wspólne z całą grupą lub klasą. W treści swej omówienie obejmuje: 1) ustne stwierdzenie pewnych faktów, 2) próby wyjaśnienia i powiązania tych faktów z dawnymi, 3) wysnuwanie wniosków, 4) wysuwanie nowych zagadnień, 5) ewentualne praktyczne zastosowania. Przygotowanie wstępne, wynikające z badania uczniów i konferencji indywidualnych, umożliwi nauczycielowi przeprowadzenie omówienia wspólnego. Z dyskusji powinny wyłonić się takie pytania lub przypuszczenia, na które można odpowiedzieć, lub sprawdzić tylko przez obserwację poprzecznego przekroju lodygi. Wystąpią wtedy wyraźnie przekroje wiązek, jako miejsca szare, a młodzież upodobni je do takich samych plam z przekroju liścia. Zrozumie jednocześnie, że warstwy lub pasy, obserwowane na przekroju podłużnym, są to przeważnie części walców, obejmujących się wzajemnie. Wystąpią również wyraźnie przestrzenie międzykomórkowe. Przekrój poprzeczny sporządza się łatwo, badanie jest łatwiejsze i krótsze, a rysunek trzeba ograniczyć do bardzo małego wycinka koła.

Dalszych szczegółów budowy lodygi unikam nie tylko z braku czasu w szkole, ale i ze względu na obawę przeciążenia młodzieży materiałem anatomicznym. Sądzę, że uczniowie zdobyli już w dotychczasowej kolejności ćwiczeń bardzo dużo. Bowiem stopniowo i gruntownie urabiali sobie pojęcie komórki i tkanki nie na jednym preparacie, lecz na całym ich szeregu. Szli od licznych spostrzeżeń do wyobra-

zeń danych elementów i dopiero na ich bogactwie oparli wspomniane pojęcia.

Badając rośliny w innych celach, spotykają jeszcze okolicznościowo komórki i tkanki i wzbogacają tem swe pojęcia. Rurek sitowych sami nie dostrzegają, najlepiej ilustrować je na dobrych trwałych preparatach i zaraz omówić.

Z najbliższych zagadnień należy teraz wysunąć stopniowo:

1. rozpoznawanie i wykrywanie dalszych, typowych składników chemicznych w roślinie;

2. a) funkcje przenikania pokarmu i wznoszenia się soków, opierając się na ćwiczeniach z osmozą, b) wyjaśnienie stanu turgoru i plazmolizy, c) rolę wody — pęcznienie nasion, zmiany ziaren skrobi, oddychanie, wywiązywanie się ciepła, d) wzrost, e) wrażliwość, f) przeróbkę pokarmów, rolę światła, powietrza i t. d.

### ĆWICZENIE 11.

ROZPOZNA-  
WANIE CU-  
KRU GRONO-  
WEGO.

Szczyptę cukru gronowego rozpuścić w wodzie destylowanej (około 2 cm<sup>3</sup>) i dodać do roztworu równą objętość odczynnika Fehlinga. Mieszaninę ogrzać w próbówce. Zanotować wynik.

POGADANKA  
WSTĘPNA.

Jest to dalszy ciąg serji, zaczętej ćwiczeniem 9-tem, zgodnie z postawionemi tam celami. Zkolei przystępujemy teraz do rozpoznawania cukru nie-tylko przy pomocy zmysłu smaku, lecz i drugiego z rzędu odczynnika. W pogadance wstępnej zapytujemy uczniów, czy oprócz cukru, spożywanego codziennie, znają jeszcze jaki inny cukier? Odpowiedzi są różne. Jedne uwzględnią tylko różne postaci sacharozy, występujące w handlu, jak: kryształ, cukier kostkowy i t. zw. mączka lub puder. Drugie oprą się na różnych źródłach pochodzenia tej samej sacharozy, np. cukier buraczany i trzcinyowy, inne wreszcie dotkną różnych przetworów cukrowych, spożywanym przez ludzi np. landrynki i t. p. Wkońcu mogą wymienić wytwory, przypominające w smaku

cukier, np. sacharynę. Dosyć rzadko natomiast wymieniają t. zw. cukier lodowaty. Odwołując się do wrażeń smakowych, wypytywujemy młodzież, w jakich jeszcze roślinach, prócz buraka cukrowego, można smakiem wykryć obecność cukru? Zebrawszy te wiadomości o cukrach, przystępujemy do ich rozszerzenia, a potem do uporządkowania.

Dajemy uczniom szczyptę mialkiego cukru gronowego<sup>1)</sup> i polecamy skosztować. Po smaku rozpoznają, że jest słodki, jednak nieco mniej, niż cukier trzcinowy. Mówimy, że to jest cukier gronowy, wyjaśniamy jego pochodzenie, a wkońcu polecamy postąpić, jak wskazuje tekst ćwiczenia. Przed zastosowaniem odczynnika Fehlinga oznajmiamy, że aby zapobiec zepsuciu, utrzymujemy go w dwóch płynach składowych<sup>2)</sup>, naznaczonych na butelkach jako plyn Fehlinga I i II. Dopiero przed doświadczeniem uczeń, mieszając w osobnym naczyniu, np. cylindrze miarowym (10 cm<sup>3</sup> pojemności) oba płyny, otrzymuje właściwy odczynnik Fehlinga. Zauważy przytem zmianę wyglądu połączonych składników.

WYKONANIE  
OMÓWIENIE.

Można również podać już gotowy odczynnik, dbać trzeba jednak zawsze o to, by go dostarczyć w osobnych naczyniach na każdy stół. Przez to uniknie się chodzenia i szukania po pracowni.

Musimy też pouczyć młodzież, jak należy obchodzić się z płynem, zwłaszcza podczas ogrzewania.

Roztwór cukru gronowego polecamy zadać sporządzonym odczynnikami (a nie jego składnikami I i II z osobna i pokolei) i podgrzać. Uczniowie stwierdzą zmętnienie roztworu i zmianę barwy na koralowo-czerwoną. Pouczamy ich, że jest to wynik charakterystyczny, dzięki któremu możemy użyć odczynnika Fehlinga do wykrywania cukru gronowego. Zresztą, stosownie do rozporządzalnego czasu, można i w tem ćwiczeniu zbadać jeszcze inne substancje

<sup>1)</sup> można też pokazać cukier gr. w kryształkach.

<sup>2)</sup> I-na 500 cm<sup>3</sup> wody dest. 173 gr. soli Seignetta, 60 gr. wodotlenku sodu — II-na 500 cm<sup>3</sup> wody dest. 35 gr. siarczanu miedzi.

odczynnikiem Fehlinga, by unaocznic młodzieży charakterystyczne oddziaływanie na cukier gronowy. Poza tem trzeba sprawdzic zachowanie się cukru zwyklego wobec odczynnika. Wynik będzie ujemny. Wówczas polecamy zadac roztwór cukru zwyklego kroplą kwasu solnego, chwile pogotowac, poczem zobojętnic, zadajac kroplą amonjaku i przerobic próbe ponownie z odczynnikiem Fehlinga, która teraz wypadnie dodatnio. W dyskusji trzeba wydobyć, że ten zabieg ma praktyczne znaczenie, gdyż rozszerza zastosowanie odczynnika i na ten rodzaj cukru. Jeżeli tedy badany roztwór po przegotowaniu z kwasem solnym i zadany amonjakiem, jak wyżej, nie daje spodziewanego wyniku, uczeń wnioskuje, że nie zawiera ani cukru gronowego, ani też trzciniowego (t. zw. zwyklego).

Jako nowe zagadnienie uczniowie powinni tu wysunac: czy w komórkach trzykrotki jest cukier gronowy oraz w jakich roślinach najpospolitszych można wykryć cukier gronowy.

## ĆWICZENIE 12.

WYKRYWANIE CUKRU W TRZYKROTCE I INNYCH ROŚLINACH.

Zbadac, czy w wywarach trzykrotki i cebuli jest cukier? Przerobic na szkielku przedmiotowym próbe na cukier ze skrawkami trzykrotki, cebuli, cytryny, jablka, kielkami ziemniaka i t. p. Zapisac wyniki i wnioski.

WYKONANIE.

Uczniowie wiedzą, że cukry (gronowy, trzciniowy) rozpuszczają się w wodzie, wiedzą również, że przez gotowanie rozpuszczalne składniki rośliny znajdują się w wywarze. Opierając się na tem, rozpoczynają badanie wywaru trzykrotki i osobno wywaru cebuli. Zwracamy uwagę, że wywar należy dluzej gotowac, gdyż stężony w ten sposób roztwór da wyraźniejszy wynik z odczynnikiem. Badanie skrawków odczynnikiem na szkielku przedmiotowym upewni ucznia o zawartości w nich cukru. Trzeba go tylko przedtem pouczyc, jak to wykonać. Skrawki powinny być nie zbyt cienkie lecz plaskie. Szkielko, po nalaniu kropli

odczynnika Fehlinga na skrawek, należy zlekka ogrzewać, przesuwając je nieustannie dosyć wysoko nad płomieniem lampki spirytusowej, aby nie pękło.

Wnioski uczeń powinien jasno formułować i uzasadniać, np.:

1. cukier gronowy, ogrzany z odczynnikiem Fehlinga, daje osad koralowo - czerwony,

2. wywar cebuli, ogrzany z odczynnikiem Fehlinga, dał również osad koralowo - czerwony, więc: wywar cebuli zawiera w sobie cukier gronowy.

WNIOSKO-  
WANIE I WY-  
SUWANIE  
NOWYCH  
ZAGADNIEŃ.

Może też uczeń formułować najpierw wnioszek, a potem przytoczyć dla uzasadnienia przesłanki, na których się oparł, np. w cytrynie jest cukier gronowy, ponieważ (2) z odczynnikiem Fehlinga zabarwiła się tak, jak (1) barwi się z nim roztwór cukru gronowego.

Wykrycie cukru w cytrynie wywołuje zdumienie u młodzieży. Wedle powszechnego mniemania cytryna jest kwaśna, nie może więc być słodka, gdyż uznaje się, że „słodki“ jest przeciwstawieniem „kwaśnego“. Badanie zmysłem smaku w życiu codziennym utrzymuje nas w tym błędzie i dopiero badanie chemiczne ujawnia obecność dwóch składników pozornie sprzecznych: kwasu (wykrywanie papierkiem lakmusem) i cukru (odczynnik Fehlinga). Poucza nas to o niedokładności i niedoskonałości badania przy pomocy tylko jednego zmysłu. O tych niedostatkach przekonują się jeszcze uczniowie na przykładzie błędnego odróżniania ciał zimnych i ciepłych i t. p. Po wyższy wynik i postępowanie należy podkreślić, podnosząc wartość metody badania ściślejzego, opartego nie tylko na jednym, lecz, jak w omawianym przykładzie, na dwóch zmysłach.

W pogadance trzeba podnieść rolę cukru w życiu człowieka, w gospodarstwie i przemyśle oraz zaznaczyć doniosłą rolę roślin w tej produkcji. Będzie to ważne przygotowanie do nauki o człowieku. Zależnie od stopnia zainteresowania można wspomnieć o wysiłkach ludzi, zmierzających do wytworzenia cukru sztucznego.

Nadarza się tu też sposobność zajęcia się zagadnieniem przeróbki skrobi na cukier w roślinie. Nasuwa je fakt, że przemarznęte lub porastające na wiosnę ziemniaki są słodkawe. Można w nich stwierdzić obecność cukru, jakkolwiek przedtem go tam nie było (smak, odczynnik Fehlinga). Także w młodych pędach porastającej bulwy ziemniaka znajduje się cukier.

Poza tem zagadnieniem trzeba wyzyskać rozpuszczalność cukru przy doświadczeniach z osmozą. Wyjaśni to nietylko wędrówkę cukru w roślinie, ale będzie też przyczynkiem do spraw trawienia u człowieka. Wkońcu może się wyłonić ważne zagadnienie: Skąd się bierze cukier w roślinie? Czy jest on w glebie? Gdzie powstaje? Jak przekonać się o tem? (projektowanie zadania).

### ĆWICZENIE 13.

ROZPOZNA-  
WANIE  
BIAŁKA.

Do rozcieńczonego w wodzie białka z jaja kurzego dodawać kroplami stężonego kwasu azotowego. Mieszaninę zlekka podgrzewać w próbówce. Po chwili dodać kilka kropel amonjaku. Zauważyć i opisać kolejne zmiany i wynik.

WYKONANIE  
I OMÓWIENIE.

Sporządzenie mieszaniny białka z wodą jest łatwe, wymaga jednak pewnych drobnych ostrożności, aby otrzymać płyn klarowny i niespieniony. Najlepiej przygotować mieszaninę na kilka godzin przed ćwiczeniem. Postępujemy w następujący sposób: do zlewki 400 cm<sup>3</sup> dajemy świeże białko i dolewamy do pełna wody destylowanej; zlekka mieszamy dokładnie płyn bagietką, by go nie spienić i odstawiamy. Gdy męty opadną na dno, zlewamy mieszaninę do innej zlewki. Taki klarowny płyn rozdajemy młodzieży zawczasu w małych zlewkach (np. 05 cm<sup>3</sup>) lub próbówkach z napisami, co zawierają.

Podczas ćwiczenia należy pilnować, aby po dodaniu kwasu azotowego ogrzewać z wolna próbówkę tak długo, dopóki nie powstanie serowaty osad, który wskutek poruszania próbówką zacznie się sku-

piąc u góry w brylki i żółknać. Również przezroczy-  
sta ciecz zabarwi się na żółto. Dopiero wtedy pole-  
camy dodać amonjaku. Przed użyciem kwasu i pod-  
grzaniem próbówki ostrzegamy młodzież o niebez-  
pieczeństwie i przypominamy, jak należy postępo-  
wać. Flaszeczkę z kwasem i amonjakiem nakazu-  
jemy po użyciu natychmiast zakorkować.

Kwas rozdajemy na stoły uczniowskie w ma-  
łych 15 do 25 gr. flaszeczkach z bagietkami, stanowią-  
cemi przedłużenie doszlifowanej zatyckki szklanej  
(rys. 7). Zapobiegamy wyżeraniu płam na stole,  
ustawiając flaszeczki z kwasem na jakichkolwiek  
podstawkach, np. płytkach szkla-  
nych, deseczkach i t. p.

Uczniowie powinni dostrzec  
kolejno i opisać następujące fazy:

1. „mleczne“ mętnienie mie-  
szaniny pod wpływem każdej kro-  
pli kwasu,

2. powstawanie serowatych  
klaczków,

3. skupianie się tych klac-  
ków u góry w brylki, powstawa-  
nie pierścienia (widoczne, gdy pa-  
trzymy na próbówkę z boku),

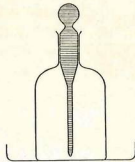
4. żółknienie osadu i pozostałej cieczy,

5. utrzymanie się tych zmian po dodaniu amo-  
njaku.

Zaznaczamy wtedy, że taki sam wynik otrzy-  
muje się z całym szeregiem substancyj, podobnych  
do białka z jaja kurzego.

Są to tak zwane ciała białkowe. W mleku znaj-  
duje się także białko. Odczynnikami na białko są na  
podstawie doświadczeń chemicznych kwas azotowy  
i amonjak. Uczniowie mogą sami sprawdzić, że oma-  
wiany odczynnik nie działa charakterystycznie na  
substancje, nie zawierające białka.

W końcu omówienia należy podkreślić, że po-  
znaliśmy już 3-ci odczynnik, który pozwala nam po-



RYŚ. 7. Butelka z bagietką,  
na podstawce.

znać nowy, bardzo ważny składnik organizmu. Najpierw tedy wypadnie doszukiwać się białka w roślinach. Uczynią to uczniowie w ćwiczeniu 14 - tem.

### ĆWICZENIE 14.

ROZPOZNA-  
WANIE  
BUDOWY KO-  
MÓRKOWEJ  
NASIENIA  
FASOLI ORAZ  
WYKRYWA-  
NIE W NIEM  
SKROBI  
I BIAŁKA.

a) Ściąć kilka małych i bardzo cienkich skrawków z przekrojonego wpoprzek liścienia fasoli (z nasienia, przedtem moczonego w ciągu kilku godzin), oplókać i zbadać przez mikroskop:

1. narysować część wybranego preparatu, by przedstawić jego budowę, dać napisy;
2. przeprowadzić próbę jodową, to jest sprawdzić, czy jest w nim skrobia;
3. porównać z poznanymi już składnikami rośliny i opisać;

b) większe i grubsze niż użyte do części a) skrawki namoczonych nasion fasoli umieścić na jakiegokolwiek płycie szklanej i zbadać je, czy zawierają białko? Obok dla porównania zachować skrawki kontrolne.

CEL,  
WYKONANIE  
I OMÓWIENIE  
ĆWICZENIA.

Przez wykonanie części a) zmierzamy do stwierdzenia przez uczniów, że:

1. nasienie fasoli składa się też z komórek brylowatych, posiadających pewną zawartość, a w szczególności dobrze widoczne ziarna skrobi;
2. ziarna skrobi fasoli mają swoisty wygląd (kształt, uwarstwienie, szczeliny);
3. w komórkach znajdują się drobne ziarna aleuronu;
4. istnieją przestrzenie międzykomórkowe.

W ten sposób rozszerzą się nieco: 1. pojęcie o składzie i zawartości komórki roślinnej, 2. podstawę do twierdzenia, że rośliny są zbudowane z komórek.

Cel części b) jest wskazany w tekście ćwiczenia. Skrawki, przeznaczone do badania mikroskopowego, muszą posiadać takie same cechy jak skrawki bulwy ziemniaczanej. Uczeń, badając nowy przykład



miększu, powinien dojść do takich samych wyników, jak w ćwiczeniu 9 (część c, str. 74), a mianowicie:

1. ziarna skrobi znajdują się wewnątrz komórek, więc nie stanowią odrębnych komórek;

2. komórki też nie przylegają tu ściśle, lecz zostawiają przestrzenie międzykomórkowe, których nie miała tkanka okrywająca.

Rysunek sporządzi uczeń z warstewki najcieńszej, więc takiej, na której będzie widział tylko jedną warstwę komórek z wyraźną zawartością niezbyt stłoczonych ziaren skrobi. Ziarna wyprute z komórek, zalegające i niejako zaśmiecające pole widzenia, należy przed rysowaniem usunąć przez staranne oplókanie. Chcąc ułatwić dostrzeżenie przestrzeni międzykomórkowych, powinniśmy polecić uczniowi, nie mówiąc, o co chodzi, by dokładnie narysował zetknięcie się wspólne trzech komórek. Dokładność rysunku sprawdzamy podczas konferencji indywidualnych, wskazując igłą podwójnego okularu wskazówkowego interesujące nas szczegóły. Z omówienia i napisów rozpoznanych części rysunku powinien uczeń zauważyć i zrozumieć, że małeńkie półko trójkątne (rys. 8) o bokach łukowato wgiętych do wnętrza nie jest odrębną komórką, lecz przestrzenią wolną, tak zwaną międzykomórkową. Trzeba żądać również dokładnego rysunku ziaren skrobi, uwzględniającego ich kształt eliptyczny i charakterystyczną falistą szczelinę podłużną, z bocznymi odgałęzieniami.



RYŚ. 8  
p. mk — przestrzeń międzykomórkowa.

Jako reszta zawartości komórki powinna rzucić się w oczy masa drobnych zlocisto-żółtych ziaren aleuronu. Próba na białko przekona ucznia, czem one są, najlepiej jednak poprzestać na działaniu roztworem jodu, a badanie na białko przeprowadzić makroskopowo podług zlecenia w części b).

Porównanie i opis (zadanie z części a, p. 3) powinno zawierać:

1. omówienie wspólnych cech budowy mikroskopowej nasienia fasoli, trzykrotki, ziemniaka;

2. omówienie różnic tych okazów, zawsze zaś ma wyrażać sąd ucznia o budowie komórkowej poznanych roślin i składzie komórki nie tylko pod względem morfologicznym (ziarna, zarodź, jądro, błona i t. p.), lecz i składu chemicznego (skrobia, białko i t. p.).

Dalszą treścią omówienia powinna stać się pogadanka o występowaniu białka, roli ciał białkowych w roślinach i o znaczeniu tych związków, jako pokarmów. Nie można też pominąć uprawy odpowiednich roślin, jako zagadnienia gospodarczego. Byłoby jednak za wcześnie już teraz poruszać białko w pokarmach zwierzęcego pochodzenia. Nasunie się to dopiero w nauce o człowieku, w dziale odżywiania i wtedy może być wyczerpane po wykonaniu dalszych ćwiczeń.

Można przerobić<sup>1)</sup> kilka doświadczeń z białkiem jaja kurzego, które pouczą młodzież o innych własnościach białka, np. ścinaniu się pod wpływem ciepła, alkoholu, kwasów i t. p., wysoleniu i rozpadzie przez prażenie. Sprawa nieprzenikania białka przez błonę zostanie poruszona w ćwiczeniu 19 (str. 105) jako zagadnienie, postawione z omówienia tego ćwiczenia.

Niewątpliwie zapyta młodzież, skąd bierze się w roślinie białko? Gdzie i z czego powstaje?

Chwila postawienia tych pytań sprzyja zrozumieniu wyjaśnień, które będą tylko odpowiedzią na pytania zainteresowanych uczniów.

### ĆWICZENIE 15.

ROZPOZNA-  
WANIE  
BŁONNIKA.

Zwilżony kawałek waty lub białej bibuły ułożyć na szkiełku przedmiotowym i rozstrzępić na cienkie niteczki, poczem zalać najpierw kroplą stężonego kwasu siarkowego, a po chwili kroplą roztworu jodu. Zanotować wynik. Sprawdzić, czy podobnie zach-

<sup>1)</sup> o ile tego nie zrobiono na ćwiczeniach z chemji.

wają się inne substancje np. cukier, białko i t. p. Wysznuć wnioski. Wyjaśnić, czy wyniki tych prób przydadzą się do zastosowania kwasu siarkowego i roztworu jodu?

Jest to dalsze ćwiczenie z serji, zaczętej w ćwiczeniu 9-tem. Celem naszym jest nauczyć młodzież rozpoznawania nowego składnika roślin, związku organicznego, t. zw. błonnika, albo celulozy przy pomocy nowego, czwartego z rzędu odczynnika, oraz wykrywania go w ciele roślin.

CEL  
I CHARAK-  
TER  
ĆWICZENIA.

W ćwiczeniu 9, 11 i 13 oraz w bieżącym 15 narzucamy uczniowi projekty zadań i polecamy je wykonać. Wykonawszy je, uczeń omawia wyniki, wysnuwa wnioski i stawia nowe zagadnienia. Dopiero od chwili postawienia sobie tych zagadnień, wynikających z pracy narzuconej, przystępuje uczeń do samodzielnego wykonania pełnego cyklu prac. Od inicjowania zagadnienia, przez projektowanie i wykonanie ćwiczenia (zadania) dochodzi do omówienia, a nawet do ewentualnego wysunięcia nowego zagadnienia<sup>1)</sup>.

W tych przykładach ćwiczeń widzimy, że samodzielną pracę ucznia można w pewnych wypadkach zacząć niejako od środka cyklu (początek opracował i podał nauczyciel), to jest od wykonania już postawionych zgóry zadań, byle taki początek doprowadził potem do samodzielnego przerobienia najbliższego, pełnego już cyklu (ćw. 10, 12, 14-te).

Należy uprzedzić młodzież i dopilnować w czasie pracy, aby ostrożnie obchodziła się z kwasem siarkowym. Przyrządy optyczne trzeba trzymać zdala lub zupełnie usunąć. Jeżeli zachodzi potrzeba, rozprowadzać kroplę odczynnika tylko przy pomocy bagietki szklanej, a nie igły, skalpela lub nożyczek, jak to uczeń nieraz chciałby uczynić, nauczyciel zaś zbyt późno, bo dopiero w jakiś czas po ćwiczeniach, dostrzega wynikię stąd uszkodzenia. Kwas siarkowy

WYKONANIE  
I OMÓWIENIE.

<sup>1)</sup> p. cykl „od zagadnienia do zagadnienia“ Organizacja ćwiczeń, schemat D.

należy przechowywać w buteleczkach, jakie już zastosowaliśmy do kwasu azotowego, a podawać go również na odpowiednich podstawkach (p. ćwiczenie 13, rys. 6).

Wynik ćwiczenia jest dosyć wyraźny i, o ile nie przetrzyma się strzępków waty lub bibuły za długo w kwasie siarkowym, w którym czernieją i rozpuszczają się niemal zupełnie, to otrzyma się niebieskie zabarwienie badanych materiałów. Informujemy młodzież wedle wzoru poprzednich omówień z ćwiczeń 9, 11 i 13-go, że tak charakterystycznie barwiące się substancje, jak wata, bibuła, zawierają błonnik, czyli celulozę, specjalny produkt roślinny. Uczniowie sprawdzają, jak działa kwas siarkowy i roztwór jodu na inne ciała i z wyników nabierają przekonania, że te dwie substancje, zastosowane kolejno, mogą służyć, jako odczynnik do wykrywania błonnika. Nasuwa się teraz pytanie: Czy w trzykrotce, badanej już pod tyłoma względami, też jest błonnik? Jest to nowe zagadnienie, na które łatwo znajdą odpowiedź, stosując odczynnik — (kwas siarkowy i roztwór jodu) i stwierdzając charakterystyczne zabarwienie<sup>1)</sup>.

W tak pozornie prostym, łatwym do wykonania i dającym się prędko przeprowadzić badaniu, zawiera się cały cykl metodyczny. Oto jego ogniwa:

1. zagadnienie wysunięte przez ucznia:

„czy błonnik jest też w trzykrotce?”

2. Zadanie:

a) projektowanie przez ucznia „jak przekonać się o tem i którą część trzykrotki zbadać?”

postanowienie: „zbadać skórkę lodygi, traktując ją kwasem siarkowym i roztworem jodu“.

b) wykonanie samodzielne — podług projektu z części a).

(Ćwiczenie właściwe).

---

<sup>1)</sup> Byłoby to 16 ćwiczenie. Tutaj łączę je z ćw. 15, jako bardzo krótkim, a z konstrukcji podobnem do przedstawionych już ćw. 10, 12, 14-go. Dobre rezultaty daje też roztwór chlor cynk jodu. Otrzymuje się go łatwo, wrzucając do roztworu J w K J (jak wyżej) chlorku cynku, aż do stanu zupełnego nasycenia. Do uwadniającego się łatwo roztworu — dodaje się ponownie chlorku cynku.

3. Wynik:

- a) stwierdzenie niebieskiego zabarwienia,
- b) sformułowanie wniosku: „w skórcie trzykrotki jest błonnik“.

4. Nowe zagadnienia: „gdzie w komórkach jest błonnik?“ oraz „czy w innych częściach trzykrotki jest też błonnik?“ i t. d.

Punkt 1 i 2-gi a), t. j. zagadnienie i projektowanie zadania — stanowią omówienie wstępne, zaś punkt 3-ci i 4-ty omówienie końcowe, przy czym jedno z zagadnień z punktu 4-go staje się początkiem (punktem 1.) następnego cyklu metodycznego<sup>1)</sup>.

Pierwsze zagadnienie z punktu 4-go wymaga mikroskopowego zbadania skórki, zadanej odczynnikiem na błonnik, drugie zaś szeregu prób różnych części trzykrotki na wzór badania skórki lodygi.

Na tym dorobku w zakresie poznawania składu chemicznego rośliny można się zatrzymać. Trzeba tylko te wiadomości uporządkować i powiązać, aby przy sposobności tem łatwiej coś w tym zakresie dorzucić (np. garbnik, kwasy, sole, tłuszcze i t. p.). Zaznaczyć muszę, że uważam ten dorobek za bardzo ważny nie tylko dla znajomości rośliny, ale jako podstawę do nauki o człowieku, gdzie będzie należycie wyszyskany.

Gdy wyrażenia: „białko“ „skrobia“ „cukry“ „błonnik“ nie są już pustym dźwiękiem dla ucznia, lecz zawierają głębszą treść i w umyśle jego wzbudzają wspomnienia przeżyć, doznanych podczas ćwiczeń, z tą chwilą stają się pojęciami gruntowniejszymi i cenniejszymi ze stanowiska wychowawczego.

Zbliżyliśmy młodzież do zagadnienia: Czem są te substancje? Związkami, czy pierwiastkami? Jeżeli to są związki, to do jakiej znanej grupy je zaliczyć? Tego zaszeregowania domagają się dotychczasowe elementarne wiadomości uczniów z chemji, nabyte z ćwiczeń w kursie propedeutycznym. Nauczyciel musi

<sup>1)</sup> p. Organizacja ćwiczeń, schemat C i D.

sprawdzić, czy uczniowie uczyli się o związkach organicznych i nieorganicznych i po czym je rozróżniają? W razie potrzeby — krótkimi ćwiczeniami powinni uzupełnić te wiadomości, jeżeli z jakichkolwiek przyczyn zostały pominięte w propedeutyce chemii.

Praca przygotowawcza, zaczęta już w ćw. 9, da podstawę do wysunięcia zagadnienia przeróbki pokarmów mineralnych w roślinie, oraz roli w życiu człowieka związków, wyprodukowanych przez roślinę. Do rozwiązania można przystąpić wtedy, gdy wyjaśnią się sprawy przenikania pokarmów przez błony, różnicy zachowania się koloidów i krystaloidów, roli wody i t. p. Pierwszym krokiem w tej sprawie może być wodna hodowla trzykrotki lub kielków fasoli na pełnej pożywce np. Knop'a.

### ĆWICZENIE 16.

HODOWLA  
WODNA  
TRZYKROTKI  
I FASOLI  
NA PEŁNEJ  
POŻYWCE  
KNOP'A.

Z dwu gałązek trzykrotki, jednakowych mniej więcej rozmiarów, jedną hodować w wodzie destylowanej, drugą zaś na tak zwanej pełnej pożywce Knop'a. Dla kontroli podobną trzecią jeszcze gałązkę hodować w wodzie zwykłej (jak w ćwiczeniu 1.).

W takich samych warunkach, jak wyżej, przeprowadzić jednocześnie hodowlę trzech roślinek fasoli, wyhodowanych z nasion na wilgotnej bibule. Po kilku tygodniach porównać wyniki hodowli tych dwóch roślin na różnych podłożach i wysnuć wnioski.

GENEZA  
I CEL  
ĆWICZENIA.

Już z hodowli w ćwiczeniu 1 powstało pytanie: „Jaka jest rola wody w tych procesach“, to jest w procesach wzrostu i przekształcenia się całej trzykrotki, względnie tylko jej korzeni, a dalej w ćwiczeniu 4 (na str. 48) wśród kilku możliwych zagadnień znalazły się pytania: (p. 4 i 5) „Czy woda (wchodząc do rośliny) zabiera z sobą domieszki“ oraz „do czego jest roślinie potrzebna“, wreszcie na str. 71 ćwiczenia 8-go zjawilo się dalsze, lecz w treści swej podobne pytanie: „Gdzie pozostają te domieszki, które były w wodzie zwykłej rozpuszczone?“

Nim uczniowie doczekają się końca hodowli, już

im z pomocą przyjdzie stwierdzenie, że roztwory przenikają przez błony do wnętrza roślin (ćw. 18, 19, str. 98, 101).

Ćwiczenie bieżące ma na celu częściowe wyjaśnienie sprawy. Stwarza ono dla badanych roślin trzy różne sytuacje, a mianowicie:

1. w pożywce — pełny dobór soli (domieszek),
2. w wodzie destylowanej — brak domieszek,
3. w wodzie zwykłej — sytuację pośrednią, o charakterze kontrolnym dla oczekiwanych odchyleń w sytuacjach 1 i 2-giej.

Najbujniejszy wzrost obydwóch roślin na pełnej pożywce ma pouczyć ucznia, że woda jest potrzebna do wzrostu rośliny (wynik hodowli ćwiczenia 1), ale nie wystarcza całkowicie. Roślina rośnie lepiej wtedy, gdy woda ma więcej domieszek (porównanie sytuacji 1 i 3), więc oczywiście korzysta nie tylko z wody (sytuacja 1 i 2), lecz i z domieszek, to znaczy pobiera je i wytwarza znane mu już składniki chemiczne: białko, cukier, błonnik, skrobię i t. d. Krócej mówiąc: uczeń przekona się, że roztwory soli mineralnych (zwane pospolicie sokami mineralnymi), przenikając do rośliny, stają się jej pokarmem.



RYS. 9. Korek do słoików na hodowle wodne.

Nastawienie omawianych hodowli wymaga:

NASTAWIENIE HODOWLI.

1. przygotowania słoików mniej więcej 2-litrowej pojemności, o szyjce dosyć szerokiej, np. 5 cm. średnicy; oklejenia czarnym, nieprzezroczystym papierem, dopasowania korka z trzema otworami<sup>1)</sup> (rys. 9), przekrojonego na linii średnicy;

2. sporządzenia pożywki Knop'a (zamiast kropli chlorku żelazowego — wlać parę kropel wody zwykłej). Pracę tę powinno się polecić każdej grupce z osobna, a na lekcje wypożyczyć kilka wag czułych z pracowni fizycznej<sup>2)</sup>;

<sup>1)</sup> bliższy opis np. w książce A. Czartkowskiego „Doświadczenia z fizjologii roślin“, M. Arct — Warszawa.

<sup>2)</sup> np. waga techniczna, model WF — typ I — 729 — „Urania“.

3. doboru zdrowych, jednakowych gałązek trzykrotki i fasoli (wyhodowanych z nasion na wodzie);

4. umocowania, to jest osadzenia roślinek w otwarte środkowym korka przy pomocy waleczka z waty.

Hodowle w wodzie zwykłej, jako kontrolne, można założyć po jednej na dwie lub trzy grupki ćwiczących. Do hodowli fasoli polecamy dodać cienkie listewki, jako tyczki długości około 1 m. do 1.30 m. Całe ćwiczenie najlepiej daje się przeprowadzić w pracowni, trzeba tylko zawczasu wskazać miejsce stałe dla ustawienia słoików, poczem dodać dokładne przepisy, jak pielęgnować i obserwować hodowle.

Dla celów ćwiczenia wystarczy doprowadzić hodowle do stanu wyraźnych różnic wyglądu roślin.

OMÓWIENIE  
WYNIKÓW,  
WYSUWANIE  
NOWYCH  
ZAGADNIEŃ.

Wyniki w poszczególnych wypadkach mogą wypaść niezbyt wyraźnie dzięki różnym czynnikom i warunkom, nieraz nieuchwytnym. Dla uczniów dostrzeżalny jednak będzie przeważający wynik ogólny. Spotkamy się tu z wypadkiem uwzględnienia wyników masowego eksperymentu, jakkolwiek każda grupka prowadzi swe hodowle z osobna (prócz kontrolnych, których może być mniej, niż grupek ćwiczących).

Jako miarę wyników hodowli biorą uczniowie wygląd (zmiany, przyrost, stan ogólny) roślin, utrzymywanych, czy żywionych na wodzie zwykłej. Muszą się tu zaznaczyć dwa przeciwne odchylenia:

a) roślinki na wodzie destylowanej będą gorzej wyglądały, niż roślinki kontrolne,

b) roślinki zaś na pożywce — lepiej niż kontrolne.

Młodzież powinna wytłómaczyć te różnice w wypadku a) — brakiem tych domieszek, jakie są w wodzie zwykłej, w wypadku b) — nadwyżką domieszek.

Lepszy wynik hodowli (wypadek b) przypisują uczniowie obecności soli, które roślina zużyła jako pokarm i wytworzyła z niego swe nowe części — liście, łodygę, korzenie, zbudowane, jak im wiadomo, z tkanek. Wśród materiałów, zawartych w nowych



komórkach, znajdują się badane już poprzednio niektóre związki organiczne, jak białko, cukier, błonnik, skrobia i t. p. Są to, jak uczeń wie, związki węgla. Staramy się zwrócić uwagę na brak tego składnika w pożywce. Możemy to uczynić w następujący sposób: w kolumnie pionowej z jednej strony tablicy wypisujemy nazwy soli z pożywki Knop'a oraz pierwiastki, które dana sól zawiera np. siarczan magnezu — siarka, magnez, tlen, chlorek potasu — chlor, potas i t. d., a w tytule tej kolumny dajemy napis: związki nieorganiczne, zawarte w pożywce.

Obok tej kolumny, z prawej strony tablicy, wypisujemy nową kolumnę z tytułem: związki organiczne, zawarte w roślinie, np. białko — węgiel, wodór, tlen, azot, siarka; cukier — węgiel, wodór, tlen i t. d.; poczem polecamy sprawdzić, czy wszystkie wynotowane pierwiastki prawej kolumny znajdują się w kolumnie lewej.

Związki nieorganiczne, zawarte w pożywce	Związki organiczne, zawarte w roślinie
Azotan wapnia — azot, tlen, wapń	Białko — węgiel, wodór, tlen azot, siarka, fosfor
Chlorek potasu — chlor, potas	Cukier — węgiel, wodór, tlen
Siarczan magnezu — siarka, magnez, tlen	Skrobia — węgiel, wodór, tlen
Kwaśny fosforan potasu — potas, fosfor, tlen, wodór	
Chlorek żelazowy — chlor, żelazo	

Rzuci się wówczas w oczy brak węgla. Skąd go tedy roślina wzięła? Przecież nagromadziła go, mimo że brakło go w pożywce! Mogła go wziąć chyba tylko z powietrza. Uczniowie przypominają, że węgiel jest w powietrzu w postaci dwutlenku węgla, chociaż tylko w znikomych ilościach. Czy z tego dwutlenku węgla roślina czerpie węgiel? Wślad za tem nowem zagadnieniem musi pójść pytanie: jak przekonać się o tem, jak to zrobić? Zmusi to do opracowania projektu

ćwiczenia (zadania). Zacznie się nowa serja ćwiczeń, wyjaśniająca stopniowo różne warunki przyswajania węgla przez roślinę zieloną, a po niej rozpoznawanie sprawy odżywiania rośliny bezzieleniowej.

Podręczniki szkolne podają różne typy przyrządów do przeprowadzenia doświadczeń z asymilacją węgla. Niektóre z opisów są niewystarczające, a przyrządy, sporządzone podług nich, zawodzą. Dla przykładu podaję krótki opis przyrządu i zastosowania oraz rysunek z uwagą, że do potrzeb pracowni należy zaopatrzyć się w pewną liczbę takich przyrządów (stosownie do ilości grupek ćwiczących). Aparat omawiany wypróbowałem w praktyce szkolnej. Składa się on z dwóch części: (rys. 10) jedna —



RYŚ. 10. Przyrząd do badania asymilacji węgla.

to zwykły słój (a) o dostatecznie szerokiej szyjce (np. średnicy 3 cm.), pojemności około 1,5 do 2 litrów; druga — to obcięty wierzch takiego samego słoja (b). Do obydwu słoików są dopasowane korki (najlepsze są gumowe, jako najszczelniejsze), przez środek których przeprowadzamy rurkę szklaną (e) z wystającym końcem nad korkiem (d) w zbiorniku (g). Do słoja a wkładamy niezbyt stłoczone, świeże gałązki moczarki, wypełniamy go wodą po wierzch, poczem wtłaczamy korek c tego słoja, spięty już rurką e z korkiem d, dopasowanym i osadzonym zawczasu w szyjce słoja b. Korki trzeba dobrze wtłoczyć, by pęcherze powietrza nie pozostały w słoju a, woda zaś, zbywająca w tym słoju — wzniosła się przez rurkę do zbiornika g. Zbiornik ten dopełniamy wodą na tyle, aby otwór rurki znalazł się pod powierzchnią wody. Na rurkę wprowadzamy próbkę h, wypełnioną wodą. Przyrząd można też napelniać wodą, nasyconą dwutlenkiem węgla i stosownie do celów doświadczenia, umieścić w świetle lub ciemności. W praktyce otrzymuje się dobre rezultaty na wiosnę, mniej więcej już

w połowie marca, o ile posiadamy młode, zielone (bez nalotu okrzemek) gałązki moczarki lub jakiegokolwiek innej rośliny wodnej.

Hodowla w powyższym ćwiczeniu prowadzi zupełnie w naturalny sposób do zagadnień:

1. ilości składników odżywczych w glebie,
2. zasilania gleby w te składniki,
3. nawozów naturalnych i sztucznych, ich źródła, produkcji i znaczenia gospodarczego,
4. praktycznego dożywiania roślin doniczkowych z hodowli szkolnych i domowych słabym roztworem poznanej pożywki.

Powyższe sprawy należy wyczerpać w omówieniu, w hodowlach (szkolnych i domowych) oraz w ogródku szkolnym. Zainteresowania glebą — o ile powstaną — należy poprzeć, wprowadzając je nawet jako zagadnienia uczniów do ćwiczeń (np. przepuszczalność gleby i t. p.).

### ĆWICZENIE 17.

Szczyptę taniny wymieszać w próbówce z wodą destylowaną, potem dodać kroplę słabego roztworu chlorku żelazowego. Zanotować wynik. Sprawdzić, czy chlorek żelazowy da takie same wyniki z innymi roztworami<sup>1)</sup> np. cukru, soli i t. p. Wysnuć wniosek, wskazać zastosowanie.

ROZPOZNA-  
WANIE TA-  
NINY, JAKO  
WSTĘP DO  
ĆWICZEŃ  
Z OSMOZA.

Celem ćwiczenia jest:

1. zaznajomienie młodzieży z nowym składnikiem chemicznym rośliny — taniną;
2. wprowadzenie odczynnika do wykrywania tego składnika, a przedewszystkiem
3. przekonanie ucznia, że ciemno-niebieskie zabarwienie w taninie występuje tylko wtedy, gdy dostanie się do niej chociażby nieznaczna ilość roztworu chlorku żelazowego.

CEL  
ĆWICZENIA.

Zgodnie z powyższymi celami utrwalamy w dalszym ciągu, podobnie jak w ćwiczeniach 9, 11, 13

<sup>1)</sup> w tekście pomijam wskazówkę, że tanina nie daje właściwego roztworu, jaki daje cukier, sól i t. d.

i 15-em uznanie roli odczynnika, głównie jednak chcemy na mocy barwnego oddziaływania chlorku żelazowego na taninę ułatwić w następnem ćwiczeniu rozpoznanie, czy chlorek żelazowy przedostaje się przez błonę pęcherza świńskiego do taniny (wymieszanej z wodą), czy nie?

W stosunku do całości cyklu metodycznego postępujemy tak samo, jak podalem w omówieniu celu i charakteru ćwiczenia 15-go (str. 89), t. j. zaczynamy pracę samodzielną ucznia od wykonania zadania, gdyż i tu narzucamy mu zgóry zagadnienie i projekt zadania.

Samo wykonanie, sformułowanie wyników, wysnuwanie wniosku i zastosowań praktycznych nie przedstawia żadnych trudności. Dzięki znacznemu wyrobieniu ucznia we wskazanych pracach pomijam ich omówienie.

Ćwiczenie przebiega łatwo i prędko, a przez to staje się tylko wstępem do ćwiczenia następnego.

### ĆWICZENIE 18.

OBSERWA-  
CJA PRZENI-  
KANIA  
CHLORKU  
ŻELAZOWE-  
GO PRZEZ  
BLONĘ.

Cylinder szklany, którego jeden otwór jest zamknięty napiętą błoną z pęcherza świńskiego, drugi zaś jest otwarty, umocować w statywie tak, by koniec z błoną zanurzył się w zlewce z „roztworem“ taniny (około 50—100 cm.<sup>3</sup>). Do środka cylindra nalać kilka cm.<sup>3</sup> roztworu chlorku żelazowego. Uważnie obserwować spód błony, utrzymując przyrząd w zupełnym spokoju. Zapisać treściwie wynik, wysnuć wniosek.

PRZYGOTO-  
WANIE  
PRZYRZĄDU.

Do wykonania ćwiczenia trzeba przygotować każdej grupie ćwiczących po jednym komplecie, w następującym składzie:

1. statyw (a) żelazny średnich rozmiarów z łapą średnią i łącznikiem,
2. zlewka 100 cm. z „roztworem“ taniny (b),
3. cylinder (c) — to jest kawałek rurki szklanej, długości 10 cm., średnicy 2 cm., otwartej z obu stron, z brzegami, lekko nazewnątrz wywiniętymi, nie ostremi (rys. 11),

4. naczynie z roztworem chlorku żelazowego (np. buteleczka, próbówka, zlewka),

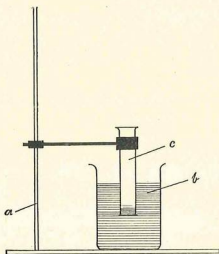
5. kawałki pęcherza świńskiego, namoczone i odtłuszczone w roztworze sody zwykłej,

6. cienki, mocny sznurek (np. t. zw. szare nici).

O ile rozporządzamy czasem, mogą uczniowie spreparować i napiąć błonę na cylindrze. Czynność ta polega na rozdarciu wymoczonych kawałków pęcherza świńskiego na cieńsze płyty, usunięciu bryłek tłuszczu i pasemek mięśni pincetą lub palcami, wkońcu na lekkim napięciu błony rozpostartej na końcu rurki i obwiązaniu sznurkiem kilka razy tuż za odwiniętym brzegiem.

Należy też przygotować kilka zapasowych cylindrów z błonami i rozdać je w razie potrzeby. Przyrządzone cylindry z błonami nadają się do ćwiczeń w następnych latach, gdy jednak błony wyschną, trzeba je przed ćwiczeniem przez kilka godzin moczyć w ciepłej wodzie.

Trzeba sprawdzić, czy błona jest szczelnie i mocno przywiązana, inaczej bowiem chlorek żelazowy będzie przeciekał przez szczelinę. Można to łatwo zauważyć, gdyż wówczas smugi ciemno-niebieskie tworzą się u spodu błony nie równomiernie, na całej powierzchni, lecz na obwodzie, w pobliżu sznurka, zdradzając swą grubością i szybkością powstawania miejsce, w którym przecieka chlorek żelazowy. Również trzeba sprawdzić, czy błona jest cała, często bowiem zdarzają się nakłucia pincetą lub delikatne rozdarcia podczas oczyszczania.



RYS. 10. Przyrząd do badania osmozy.  
*a* — statyw, *b* — zlewka z roztworem taniny  
*c* — cylinder z błoną i chlorkiem żelazowym.

Najpierw każemy uczniom nalać do przygotowanego cylindra kilka  $\text{cm}^3$  chlorku żelazowego, potem ująć go łapą statywu i zsuwać ostrożnie łącznik, pozwalając obniżyć go do zlewki, ustawionej na płycie statywu, na tyle, by błona zanurzyła się około  $\frac{1}{2}$  cm. w płynie zlewki. Gdy osiągną ten poziom każemy łącznikiem umocnić łapę. Od tej chwili, chroniąc przyrząd od wstrząsów, należy zacząć obserwację. Trzeba patrzeć pod światło i w tym celu ustawić wszystkich obserwujących twarzą w stronę okien. Pod zlewką należy położyć kawałek białego papieru, jako tło.

OBSERWA-  
CJA.

Zjawisko przenikania chlorku żelazowego do taniny przez błonę rozpoczyna się niemal zaraz po zanurzeniu rurki w zlewce, jakkolwiek nie zawsze od razu rzuci się w oczy. Uczeń powinien nie tylko dostrzec, ale i jasno wypowiedzieć, co zauważył, a mianowicie: 1. zjawienie się na spodzie błony cienkich, czarnych prawie, nitkowatych, falistych smug w zlewce; 2. coraz liczniejsze ich występowanie; 3. równomierne rozmieszczenie; 4. stopniowe wydłużanie się i rozchodzenie czyli rozlewanie się i mieszanie z otaczającym środowiskiem. Wkońcu notuje uczeń te fakty zwięźle, pomijając zupełnie opis przygotowań i przyrządów. Głównie chodzi o to, by młodzież rozpoznała ciemne smugi, jako produkt oddziaływania chlorku żelazowego na taninę i stwierdziła w ten sposób, że chlorek żelazowy przedostał się do zlewki mimo przegrody błoniastej, napozór bardzo szczelnej, a dalej doszła do wniosku, że błona z pęcherza świńskiego przepuszcza ten roztwór. Teraz dopiero podajemy lub tylko przypominamy wiadomości z kursu fizyki z kl. 3-ciej, że jest to przykład zjawiska osmozy.

Niewprawni uczniowie nie zawsze od razu samodzielnie uchwycą szczegóły zjawiska, przytoczone w punkcie 1—4. Takim pomagamy pytaniami. Gdy uczeń zakomunikuje nauczycielowi, konferującemu z daną grupką przy aparacie, że widać „czarne niteczki“, nie opisuje jednak zjawiska bliżej (w myśl

p. 1—4), wówczas nauczyciel pyta, gdzie są te „niteczki“, ile ich jest, gdzie się zaczynają, dokąd sięgają, jakiego są kształtu, czy są wszędzie jednakowe, jak się zachowują i t. p.? i zostawia ucznia wobec szczegółowo rozpoznanego faktu łączenia się chlorku żelazowego z taniną. Dając czas do namysłu przed wysnuciem wniosku, nauczyciel przychodzi do konferencji indywidualnej z następną grupką. W powyższym postępowaniu widzimy kierowniczy wpływ nauczyciela na ucznia. W praktyce szkolnej prowadzą grupki ćwiczących uczniów tylko pozornie pracę wspólnym frontem. Wynika to z niejednakowej zaradności poszczególnych grupek. Praca wspólnym frontem odbywa się tylko z początku, stan jej jednak w dalszym stadium jest niejednorodny i daje możliwość nauczycielowi prowadzenia konferencji indywidualnych.

Pracę laboratoryjną wspólnym frontem cechuje prócz wspólnego punktu wyjścia i tej samej treści zadania także ukończenie pracy po pewnym oznaczonym czasie i wspólne omówienie.

### ĆWICZENIE 19.

Cylinder z ćwiczenia 18-go wypełnić stężonym i nasyconym roztworem siarczanu miedzi, w górnym otworze osadzić korek gumowy z rurką, wtlaczając część roztworu do rurki tak, by nie zostały w niej pęcherze powietrza, potem zanurzyć błonę w zlewce z wodą destylowaną (rys. 12). Przyrząd umocować jak w ćw. 18. Obserwować cieczę w zlewce i rurce, wysnuć wnioski.

OBSERWA-  
CJA  
POZIOMU  
ROZTWORU  
SIARCZANU  
MIEDZI  
W PRZYRZA-  
DZIE Z ĆW. 18.

W poprzednim ćwiczeniu dzięki barwnej reakcji zaobserwowano dobrze zjawisko przenikania cieczy przez błonę. Przytem jednak nic osobliwego nie przedstawił kierunek ruchu roztworu przenikającego, ruch bowiem chlorku żelazowego w rurce odbywał się w kierunku działania siły ciężkości. Uczeń mógłby w tem widzieć objaw zwykłego opadania roztworu,

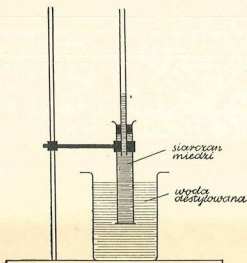
CEL  
ĆWICZENIA.

połączony z przenikaniem przez błonę. Natomiast bieżące ćwiczenie ma na celu ujawnić przedewszystkiem ruch wody destylowanej do góry, a więc w kierunku przeciwnym działaniu siły ciężkości, na tle nowego przykładu znanego już zjawiska osmozy. Chcemy również, by uczeń temu, jakby ssącemu, działaniu roztworu stężonego przypisał znaczną rolę w procesie pobierania przez roślinę wody, względnie słabych roztworów.

WYKONANIE,  
OBSERWA-  
CJA,  
OMÓWIENIE.

Dla lepszej ilustracji zjawiska, z chwilą, gdy zo-  
stało stwierdzone, trzeba zalecić wykonanie pomiaru:

ile wody i w jakim czasie dostało się do cylindra z rurką. W tym celu można zamiast zlewki użyć cylindra miarowego, niewiele szerszego od cylindra z błoną. Latwo wtedy da się w nim odczytać, ile wody ubyło i porównać tę objętość z przyrostem objętości cieczy w rurce. Celem oznaczenia przyrostu tej objętości trzeba wzdłuż rurki,



RYS. 12. Przyrząd do badania osmozy.

tkwiącej w korku gumowym, nalepić pasek szerokości 1—3 mm., wycięty z arkusza papieru milimetrowego. Pozwoli to uczniowi odczytać różnice poziomów w dowolnym czasie, a stąd obliczyć objętość słupa cieczy, jako walca o wiadomej wysokości i średnicy podstawy.

Przy zestawieniu przyrządu należy dbać o:

1. dobre spreparowanie i szczelne napięcie błony;
2. szczelne osadzenie korka gumowego z rurką szklaną o średnicy wewnętrznej około 3—5 mm, długości 40—50 cm (zwykle korki często zawodzą);



3. zupełne usunięcie pęcherzyków powietrza z rurki i z pod korka w cylindrze;

4. usunięcie śladów roztworu siarczanu miedzi z powierzchni cylindra;

5. o to, by dolny koniec rurki nie wystawał z korka.

Uczniowie mają obserwować poziom roztworu siarczanu miedzi w rurce wystającej. Zgodnie z doświadczeniem poprzednim, mogliby oczekiwać obniżenia się poziomu w rurce, wynik jednak temu zaprzeczy i zainteresuje swą niezwykłością, uwypukloną przez pomiar. Rozumowanie, oparte na stwierdzonym fakcie wznoszenia się poziomu roztworu w rurce, a tem samem przybywania cieczy w cylindrze, prowadzi do wniosku, że, mimo istnienia błoniastej przegrody, ciecz — w danym przykładzie woda destylowana — przechodzi przez błonę i wznosi się do góry.

W przyrządzie, należycie zestawionym, zmiana zaznaczy się wyraźnie, a uczeń wkrótce zauważy, że w cylindrze jest już więcej cieczy. Rozważając, skąd się ona wzięła, najłatwiej może przypuścić, że ze zlewki. Trzeba tylko sprawdzić, czy w zlewce ubyło wody? Już zwykła obserwacja, w szczególności zaś pomiar wody w cylindrze miarowym, użytym na miejsce zlewki, potwierdzą słusność przypuszczenia. Czy w tym wyniku znajdzie młodzież dowód, że tylko ze zlewki wznosiła się woda do cylindra? (patrz niżej — tabelka — wyp. 4-ty). Na pozór takby się zdawało, zgóry jednak można uprzedzić, by sądziła ostrożnie i polecić jej wyliczenie i uporządkowanie wszystkich możliwych wypadków, dla przykładu ujętych w specjalną tabelkę (patrz str. 104):

Najprawdopodobniej uczeń uzna wznoszenie się poziomu roztworu siarczanu miedzi za zjawisko, przewidziane w wypadku 4, nie przypuszczając, że może tu zachodzić obustronne przenikanie, a więc wypadek uwzględniony w p. 3—1. Dopiero dłuższa obserwacja przez szereg dni ustali, że, po osiągnięciu pewnej największej wysokości, słup cieczy zacznie

L. p.	A	B L O N A	B	P O Z I O M C I E C Z Y		U W A G I	
	Woda destylowana w zlewce lub cylindrze miarowym		Roztwór siarczanu miedzi w rurce z błoną	W zlewce lub cylindrze miarowym A	W rurce z błoną B		
1	nie przenika do b	nieprzepuszczalna  przepuszczalna <sup>1)</sup>	nie przenika do a	bez zmian	bez zmian	Niema osmozy	
2	nie przenika do b		przenika do a	podnosi się	obniża się		
3	przenika do b		przenika do a	Mozliwe wypadki zależnie od ilości przenikających substancji	1) obniża się	podnosi się	Więcej przechodzi z a do b
					2) podnosi się	obniża się	Więcej przechodzi z b do a
3) bez zmian	bez zmian	Przenikają równo ilości <sup>2)</sup>					
4	przenika do b	nie przenika do a	obniża się	podnosi się			

zwolna maleć, wskazując, że zachodzi tu też przewidziany w tabelce wypadek 3—2. Wkońcu poziomy wróć do pierwotnego położenia, koncentracje zaś zrównają się. Uczeń mógłby się w tem dopatrywać równie dobrze wypadku 1-go, jak i 3—3), należy go tedy poinformować, że przejawia się tu właściwie wypadek 1, a 3—3) był możliwy jako szczególny na przejściu od wypadku 3—1) do 3—2).

**WYSUWANIE  
NOWYCH  
ZAGADNIEN.**

Nie porzucamy jednak jeszcze tabelki, lecz usiłujemy w dalszej interpretacji wysunąć z młodzieżą nowe zagadnienia. Przyjrzyjmy się bliżej wypadkowi 1-mu. Niema tam osmozy. Inaczej mówiąc, błona nie przepuszcza ani wody, ani siarczanu miedzi. Ale chociaż z doświadczenia odpadła ta możliwość dla przytoczonych w przykładzie substancyj, mimo to powstaje pytanie, czy są inne jakie substancje płynne (roztwory), które nie przechodzą przez błonę, naogół przepuszczalną?

<sup>1)</sup> Wypadek 3, 3) w końcowym wyniku podobny do 1.

<sup>2)</sup> Narazie nie rozróżnia się tu błon półprzepuszczalnych i całkowicie przepuszczalnych.

To pytanie możnaby było również postawić przy rozważaniu osmozy w jednym kierunku (wypadek 2 i 4). Już dłuższa obserwacja roztworów w ćwiczeniu 18-tem poucza, że zachodzi tam wypadek 2-gi, z tą różnicą, że w zlewce (a) zamiast wody destylowanej była tanina, w rurce zaś (b) — roztwór chlorku żelazowego, zamiast siarczanu miedzi. Taninę tedy zaliczy uczeń do substancyj, nie przenikających przez błonę.

Przystępując do rozwiązania zagadnienia, uczniowie stawiają sobie kilka ćwiczeń do wykonania. Wybierają dowolne płyny, np. bardzo rozcieńczony kłajster (skrobię wykryją jodem), białko (jak w ćw. 13), roztwór cukru gronowego (Fehling, smak), soli (smak) i t. p. Te próby nazwalbym ćwiczeniami, wykonanemi różnym frontem, to znaczy: każda grupka zbadalaby zachowanie jednej tylko z wymienionych substancyj, a jednoczesny wynik badań różnych ciał zakomunikowanoby sobie wzajemnie, by przyjąć go następnie za podstawę do odróżniania substancyj przenikających przez błonę od nieprzenikających. Dopiero wtedy wprowadzamy termin: koloidy i krystaloidy, informując młodzież zgrubsza o innych jeszcze różnicach między temi grupami substancyj.

Możliwości przenikania przez błonę rozważaliśmy dotychczas jako sprawę, zależną od własności substancyj w roztworach. Zachodzi jednak pytanie, czy własności błony samej nie mają tu również wpływu? Stajemy wobec problemu nieprzepuszczalności i przepuszczalności błony, a szczególnie jej półprzepuszczalności, jeżeli weźmiemy pod uwagę wypadek 2 lub 4.

Z wielu doświadczeń, stosowanych dla zilustrowania półprzepuszczalności, można wybrać doświadczenie z opłókanemi świeżemi skrawkami buraka ciemnego, umieszczonemi w czystej wodzie. Chcemy ujawnić oddawanie barwnego soku buraka dopiero po zagotowaniu, to jest po zabiciu komórek, a więc

---

<sup>1)</sup> albo w zawiesinach o pozornym wyglądzie roztworów.

i błon. Ten sam burak przed zanurzeniem w wodzie może posłużyć do ilustracji oddawania samej tylko wody, a nie soku barwnego, jeśli do dolka, wydrążonego w skrawku i osuszonego wałą lub bibułą, wspiemy szczyptę cukru lub soli. Jest tu, jak widzimy, sposobność do licznych doświadczeń, jednak szczególną wagę należy przywiązać nie tylko do ich wykonania, ale i do dokładnej interpretacji, w której uczeń wykaże, że zjawisko zrozumiał i wysnuł należyte wnioski. Dla oszczędności miejsca nie przedstawiam tu dokładnego obrazu wykonania tych ćwiczeń, stwierdzania i formułowania wyników oraz wnioskowania, podkreślę tylko, że w dyskusji należy podnieść przedewszystkiem doniosłą rolę półprzepuszczalności błon dla życia rośliny.

Z interpretacji zjawisk, obserwowanych w ćwiczeniu 19, może się wysunąć sprawa ciśnienia osmotycznego. Ciśnienie to da się uwidocznić lepiej wieloma innymi sposobami, znanymi z fizyki. Dla demonstracji możnaby zastosować dwa: 1) Cylinder z ćwiczenia 19-go wypełnić roztworem siarczanu miedzi i zamknąć z drugiej strony również błoną, Następnie zanurzyć go w wodzie destylowanej na tak długo, aż zaznaczy się wydęcie błon nazewnątrz. Wyjawszy cylinder z wody, przekłuć jedną błonę. Uczeń zobaczy wytrysk roztworu, tłumacząc wydęcie błon i wytrysk zwiększonym ciśnieniem wewnątrz cylindra.

2) Zamiast prostej rurki, jak w ćwiczeniu 19-em, zastosować rurkę, wygiętą na pewnej wysokości w kształcie litery U i, wypełniwszy jej kolanko rtęcią, wyzyskać tę część przyrządu jako manometr. W tym wypadku, poza stwierdzeniem zjawiska ciśnienia osmotycznego, możnaby wskazać na elementarny sposób dokonywania pomiaru.

Demonstracja jednego z tych dwóch sposobów jest wskazana o tyle, że samo zjawisko osmozy, jako podstawa, zostało przez ucznia przerobione dokładnie, przeżyte, przemyślane, a brak czasu przynagła do pewnego pośpiechu. Lepszą formą pracy byłoby niewątpliwie wykonanie doświadczenia nad ciśnieniem

osmotycznym na oba wyżej podane sposoby, to jest różnymi aparatami i różnymi roztworami, jako ćwiczenie uczniowskie, przeprowadzone różnym frontem. Najlepszą wreszcie formą byłoby zastosowanie wspólnego frontu, trzeba jednak stwierdzić, że w obecnych warunkach szkolnych jest to bardzo trudne. Wobec tego nie pomijałbym przynajmniej formy pośredniej, t. j. ćwiczenia różnym frontem jako ćwiczenia pozalekcyjnego w pracowni, dostępnej dla chętnych uczniów. Wyzyskanie celowe momentu ochotniczego jest wskazane ze względu na psychikę młodzieży w tej fazie rozwoju.

Zaznajomiliśmy ucznia ze zjawiskiem osmozy, rozpatrywaniem z różnych stron. Wprawdzie nie jest to wszystko, co możnaby nawet na tym poziomie przerobić, jednak do dalszych rozważań — wystarczy. Ucznia powinno zastanowić pytanie: Jakie to ma zastosowanie i związek z rośliną? Inaczej: Czy można jakąkolwiek roślinę lub jej część np. liść itp. porównać z aparatem z ćw. 19-go? Jak zachowywałby się dana część w roztworze stężonym? Ponieważ uczeń zna komórki trzykrotki i inne, jako elementy całkowicie oblonione i przejrzyste, przypuści tedy, że łatwo może obserwować ich wygląd przy zastosowaniu roztworu stężonego i porównać z wyglądem normalnym. Osiągalny na tej drodze stan plazmolizy i powrót do stanu turgoru będzie celem obserwacji i omówienia w ćwiczeniu następnym.

## ĆWICZENIE 20.

Kawalek skórki (blonki) z soczystej łuski cebuli obejrzeć w kropli zwykłej wody przez obiektyw 3, potem zaś zbadać wygląd tego preparatu:

1. w kropli stężonego roztworu cukru lub azotanu potasu;
2. przeniesionego zpowrotem do kropli wody zwykłej.

Następnie preparat po wykonaniu p. 2-go oblać gorącą wodą, ochłodzić i zbadać znów wygląd w kro-

BADANIE  
ŁUSKI CEBULI  
W WODZIE  
ZWYKŁEJ  
I W ROZTWORZE  
STĘŻONYM.

pli roztworu, zastosowanego w p. 1. Zanotować wyniki, podać próbę objaśnienia.

WYKONANIE.

Zwykle komórki skórki cebuli są bezbarwne i wydłużone, tylko w pobliżu wierzchołka na spodzie<sup>1)</sup> łusek, skórka jest zlekką zielono-żółta, a jej komórki są znacznie krótsze. Taka część najlepiej nadaje się do niniejszego ćwiczenia, gdyż krótsze komórki mieszczą się w polu widzenia mikroskopu przy zastosowaniu silnego powiększenia (np. obj. 7). Łatwiejsze jest wtedy ogarnięcie całej powierzchni komórki i dostrzeganie zmian jej wyglądu, a szczególnie położenia zarodki. Dzięki lekkiemu zielonkawo-żółtemu zabarwieniu komórek łatwo odcina się zaródź od tła komórki. W fazie plazmolizy rzucają się w oczy jaskrawsze, wskutek skupienia, plamki barwnej zarodki wszystkich komórek. Tem samym powszechność zjawiska staje się uczniowi oczywistą. Dla stwierdzenia tego stanu wystarczy słabe powiększenie. Na wzór powyższy należy przerobić próbę z trzykrotną (liść, lodyga i t. p.).

W szczegółowym badaniu nie wystarczy, by uczeń spoglądał na cały preparat skórki, gdyż może wtedy przeoczyć różne fazy zjawiska, stwierdzając najwyżej fazę końcową. Należy mu polecić, by wybrał jedno miejsce preparatu — kilka tylko komórek, obejrzał je uważnie, a narysował ich kształt wtedy dopiero, gdy na miejsce wody zwykłej wprowadzi stężony roztwór. Zależnie od posiadanej wprawy może przenieść całą skórkę do kropli roztworu, bądź też, wyciągając paskiem bibuły wodę z jednej strony szkiełka nakrywkowego, wciągać pod nie kroplę stężonego roztworu, umieszczoną przy przeciwległej krawędzi szkiełka.

OBSER-  
WACJA, OMÓ-  
WIENIE.

Jeżeli skórka była cała, to znaczy komórek jej nie rozdarto, wówczas uczniowie dostrzegą odstawanie zarodki od ścianek komórek. Bliżej rozważając, powinni zobaczyć i wypowiedzieć, że powstają jakoby lukowate zatoki, a zaródź styka się już tylko w niektórych miejscach z błoną. Zjawisko znika, zaródź

<sup>1)</sup> wypukła powierzchnia łuski.

bowiem przybiera położenie pierwotne, po przeniesieniu skórki do wody zwykłej. Uczniowie stwierdzają wtedy, że to zjawisko jest odwracalne. Skórka, oblane gorącą wodą, nie daje takiego wyniku. Jak może uczeń podać próbę objaśnienia? Oprze się głównie na ćwiczeniu poprzednim. Pamięta, że roztwór stężony siarczanu miedzi zabierał, jakgdyby ssal wodę ze zlewki; w tem ćwiczeniu zaś zastosował — zamiast siarczanu miedzi — stężony roztwór cukru (lub azotanu potasu), który, zgodnie z wynikiem z ćwiczenia 19-go, powinien również brać wodę. Skąd? Jedyne jej źródło w tej sytuacji — to komórki cebuli (ewent. trzykrotki). Widzi zmiany położenia zarodki, ma tedy dowód oddziaływania użytego roztworu. Jeżeli te zmiany zaszły na skutek przewidywanego pobrania wody z komórek, to w takim razie, czy przez umieszczenie ponowne w wodzie zwykłej — dobierze sobie komórka wody? Czy wróci jej zaródź do pierwotnego stanu? Wynik potwierdza to przypuszczenie. W doświadczeniu ze skrawkami buraka (ćw. 19-te) młodzież przekonała się, że żywe komórki oddają wodę, a zatrzymują substancje rozpuszczone (w powyższym przykładzie — barwne). Był to przykład półprzepuszczalności błony. W bieżącym wypadku roztwór stężony powinien zabierać z komórek też tylko wodę. Uczeń musi sobie zdać sprawę, że wskutek jej utraty koncentracja roztworu w komórce wzrasta, dlatego też skórka z takimi komórkami, przeniesiona do wody zwykłej, musi działać tak, jak działał roztwór siarczanu miedzi na wodę destylowaną w pierwszej fazie doświadczenia (ćw. 19-te).

Sprawa ciśnienia osmotycznego wysunie się z analogji z ćwiczeniem 19-tem, jeżeli komórkę zechcemy porównać z cylindrem, zamkniętym błonami z obu końców. Przypomnienie roślin więdnięcych, czyli nadmiernie tracących wodę oraz stających się jędrnemi, po dostarczeniu im wody, pozwala nawiązać bieżące doświadczenie do życia rośliny. Możemy w ten sposób wykazać rolę wody nie tylko jako rozpuszczalnika, przeprowadzającego przez błony i prze-

noszącego pokarmy wewnątrz rośliny, ale także jako czynnika mechanicznego, usztywniającego roślinę. Wprowadzamy terminy: plazmoliza, turgor. Omawiamy dalej przystępnie rolę ciśnienia osmotycznego, cytujemy przykłady i liczby. Nadszedł też czas wyjaśnienia działania komórek zamykających (ćwicz. 3). Nawiązując do ćwiczenia 8-go, zapytujemy uczniów: jaki wpływ ma zjawisko parowania na stężenie roztworów (soków) w komórkach i jak wpływa ta zmiana na dalszy bieg życia rośliny? Z nowych zagadnień wysuwa się jeszcze sprawa krążenia soków, dróg krążenia i przyczyn wznoszenia się w nich wody na znaczne wysokości (przykłady wysokości roślin i ilości pobranej wody). Jest to nowa serja samodzielnych ćwiczeń i demonstracyj. Sądzę, że należy je przeprowadzić tak, jak dotychczas zilustrowałem postępowanie z innymi tematami.

### ĆWICZENIE 21.

POMIAR  
PRZYROSTU  
WAGI I OBJE-  
TOŚCI NAMO-  
CZONYCH NA-  
SION FASOLI.

WYSUWANIE  
ZAGADNIE-  
NIA.

Znaleźć przeciętny przyrost wagi i objętości namoczonego nasienia fasoli i wyrazić go w odsetkach.

Na wstępie do tego ćwiczenia powinni uczniowie przypomnieć sobie znajomość procesu kiełkowania oraz budowę nasienia fasoli, jako dorobek z klas niższych. Potem mogą przystąpić do bliższego rozpatrzenia roli wody w procesie kiełkowania, opierając się na zjawiskach, badanych w ćwiczeniach 18—20 (osmoza, turgor i t. p.).

Przypuszczamy, że młodzież pamięta dobrze skład nasienia makroskopowy, a częściowo i mikroskopowy (komórki, przestrzenie międzykomórkowe, ziarna skrobi i t. d.) oraz przypomina sobie z obserwacji własnej poszczególne makroskopowe fazy kiełkowania. Ma ona nadto świeże wiadomości o składnikach chemicznych nasienia fasoli, gdyż przeprowadziła



rozpoznawanie w niem skrobi, białka, względnie nawet błonnika.

Z doświadczenia codziennego i szkolnego wie też, że nasiona fasoli (oraz inne), nie uszkodzone lub nie za stare, mają zdolność kiełkowania, dzięki której może z nich rozwinąć się młoda roślina. Głównym czynnikiem zewnętrznym, wywołującym kiełkowanie, jest woda. Zachodzi pytanie: Którędy nasiona pobierają wodę, ile, jakie zmiany w nich woda wywołuje?

Odpowiedź na pierwsze pytanie znajdują, zastoso- WYKONANIA.  
wując fakty, znane z ćwiczeń z osmozą (ćwiczeń. 18—19). Częściową odpowiedź znajdują tu również i na pytanie 3-cie, dotyczące zmian wewnątrz nasienia (pęcznienie).

Rozważamy z uczniami najpierw, jak to zrobić — czyli projektujemy zadanie (ćwiczenie). Uczniowie powinni jasno wypowiedzieć, jak lepiej ważyć<sup>1)</sup> nasiona, względnie mierzyć ich objętość. Czy ważyć każde osobno i wziąć wagę przeciętną (wzgl. objętość), czy też zważyć wszystkie nasiona — np. po 10 sztuk w każdej grupce, i z tego obliczyć przeciętne wagi (względ. objętość jednego nasionka). W czasie projektowania zadania kierujemy dyskusją fak, aby uczniowie, układając plan manipulacyj, uznali konieczność dokonania pomiaru ciężaru i objętości najpierw nasion suchych, a potem namoczonych<sup>2)</sup>. Różnica tych dwóch liczb wyrazi przyrost wagi nasienia, czyli, ile wody przeciętnie pobrało jedno nasionko. Ujęcie tego wyniku w odsetkach lepiej wydatni zjawisko, niż liczby bezwzględne.

Przyrost objętości, ujęty również w odsetkach, wyrazi zmiany wyglądu zewnętrznego nasienia. Ze zmianą objętości nasion pęczniejących wiąże się także praca mechaniczna, której nie można pominąć. Jak wiadomo, praca mechaniczna jest iloczynem z drogi i siły, która na pewną masę na tej drodze działała.

<sup>1)</sup> Ważenie należy zorganizować na wzór, podany w ćwiczeniu 16 str. 93 p. 2-gi i odnośnik.

<sup>2)</sup> nasiona muszą moknąć około 24 godzin.

Należy przeto wykonać następujące proste ćwiczenie. Każda grupka otrzymuje po kilka nasion fasoli, zanurza je w cylindrze miarowym z wodą i notuje poziom przygniatającego te nasiona krążka, na którym kładzie się wiadomej wagi ciężarek. Po upływie doby lub dłuższego czasu krążek z ciężarkiem wzniesie się. Została więc wykonana pewna praca. Poczyn z wielkości tego wzniesienia, wyrażonego w centymetrach (t. j. drogi), przez ciężar krążka wraz z ciężarkiem położonym, wyrażony w gramach (t. j. przez siłę), wyrazi wykonaną pracę nasion. Zjawisko nadaje się do bliższego omówienia stosunków, panujących pod tym względem w przyrodzie. Może być ono poparte również takimi przykładami, jak rozsadzanie czaszek przez kielkujące nasiona i t. d.

Już z dotychczasowych wyników widać doniosłą rolę wody i zewnętrzne objawy jej działania. Jakże wygląda wnętrze nasienia? Jak wyglądają komórki? Jak wygląda ich zawartość? Są to zagadnienia do rozwiązania w następnym ćwiczeniu.

## ĆWICZENIE 22.

BADANIE  
ZIAREN  
SKROBI W LI-  
ŚCIENIACH  
KIELKUJA-  
CYCH NASION  
FASOLI.

Sporządzić kilka bardzo cienkich skrawków z liścieni kielkującej fasoli, zbadać je przez mikroskop i porównać z obrazem preparatu z ćwiczenia 14-go a).

WYKONANIE  
I OMAWIA-  
NIE.

Wykonanie i badanie preparatu należy przeprowadzić tak, jak w części a) ćwiczenia 14-go. Chodzi teraz głównie o wykrycie zmian wyglądu ziaren skrobi i próbę wyjaśnienia zjawiska. Zaznaczą się one wyraźnie, trzeba jednak przeprowadzić porównanie małej części preparatu z rysunkiem z ćw. 14-go, a dalej doprowadzić ucznia do stwierdzenia, że kształt ziaren skrobi zmienił się. Uczeń musi to zaznaczyć na nowym rysunku, przedstawiającym 2—3 najcharakterystyczniej zmienionych ziaren, poczem sformułować ustnie, lub na piśmie, co i jak zmieniło się w preparacie. Wyniki obserwacji doprowadzą do wniosku, że ziarna skrobi, nagromadzone w komór-

kach liścieni, maleją, więc ich materiał, t. j. sama skrobia, stopniowo gdzieś znika. Młody badacz może przypuścić, że roślina przekształca skrobię, zawartą w nasionach, na jakąś substancję niedostrzegalną i najprawdopodobniej przenosi do nowych części roślin. Przypuści to tem łatwiej, skoro przypomni sobie z hodowli (ćwicz. 16-te), że liście marszczą się i maleją, wzrasta zaś sama roślina. Szczególnie przekonywujące jest to w sytuacji 2-giej ćwicz. 16-go, w której roślina buduje pęd i korzenie kosztem zapasów z liścieni, nie czerpiąc żadnych domieszek z wody. Z komórek tedy liścieni musiał przejść zmieniony materiał do komórek nowych części rośliny. Już z własnego doświadczenia lub chociażby tylko z informacji kolegów, którzy tę próbę robili w związku z ćwiczeniem 19-em, uczeń pamięta, że skrobia, sporządzona jako kłajster, nie przenika przez błonę. W obserwowanym obecnie preparacie skrobia z komórek częściowo lub całkowicie znika. Co się z nią stało?

Przypominamy teraz, o ile młodzież nie wpadła sama na właściwy domysł, wiadomość z ćwicz. 12-go o słodkawym smaku porastających ziemniaków. Czy i w nasionach fasoli wytworzył się cukier? Próba odczynnikami Fehlinga wyjaśni, czy domysł był słuszny.

W ten sposób staje młodzież wobec zagadnienia uruchomienia przez roślinę zapasów oraz czynników, które je wywołują.

Warunki danego zakładu rozstrzygną, w jakiej mierze powyższe zagadnienia można będzie ująć w formę ćwiczeń uczniowskich, pokazów, wreszcie informacji, podanych w przystępnym wykładzie. Należy jednak zawsze ułatwić młodzieży przeprowadzenie chociażby tylko indywidualnych prób, sprawdzających podane jej informacje, a w szczególności usilnie popierać pracę nad wysuniętymi z jej strony przy tej okazji zagadnieniami. Przybiorą one w zupełności charakter projektów, zyskując naturalne podłoże<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> jeden z głównych warunków projektu.

### ĆWICZENIE 23.

ODDYCHANIE  
NASION  
KIELKUJĄ-  
CYCH.

W dwóch słojach (każdy o pojemności około 1 litra) umieścić po garści nasion fasoli. Do jednego z nich wlać tyle wody, by jej poziom wzniósł się nieco tylko ponad nasiona. W drugim słoju pozostawić tyleż, co i w pierwszym, nasion suchych. Obydwa słoje szczelnie zakorkować. Po upływie 2—4 dni zba-  
dać plonącym lucyiwem i wodą wapienną powietrze w słojach. Wysnuć wniosek.

CEL  
ĆWICZENIA.

Dotychczas kielkowanie wyrażało się w oczach ucznia najprawdopodobniej tylko zmianami zewnętrznymi tych nasion. Nie domyślał się lub nie zwracał uwagi na przeróbki substancyj w nasionach. Zajmując się w ćwiczeniu 22-gim przekształcaniem ziaren skrobi w komórkach liścieni, zetknął się z zagadnieniem zmian chemicznych w procesie kielkowania, przekonał się bowiem wtedy, że stopniowemu zanikowi ziaren skrobi towarzyszyło powstanie cukru, że więc było to zjawisko chemiczne. W bieżącym ćwiczeniu chodzi o to, by uczniów przekonać na nowym przykładzie, że w nasionach, prócz zmian morfologicznych, odbywają się podczas kielkowania liczne zjawiska chemiczne. Zawilość tych procesów zgóry wyklucza, by poznawać je szerzej na tym poziomie. Podkreślam raz jeszcze, że celem ćwiczenia jest tylko zwrócenie uwagi na obecność zjawisk chemicznych. Jako najodpowiedniejszy do ujęcia laboratoryjnego — wybieram problem zmian składu powietrza w otoczeniu kielkujących nasion, gdyż rozpatrzenie go dostarczy podstawowych wiadomości o oddychaniu rośliny.

WYSUWANIE  
ZAGADNIE-  
NIA.

Z zasady lepiej jest, gdy zagadnienie wysunie sam uczeń. Nauczyciel powinien w takim wypadku tak pokierować omówieniem poprzednich ćwiczeń, by uczeń mniej lub więcej ściśle wysunął nowe zagadnienie. Zresztą, jeśli materiał poprzedni w małym tylko stopniu sprzyja samodzielnemu postawieniu pytania — nie należy się mozolić i wymuszać na uczniu wysunięcia zagadnienia. Wtedy nauczyciel po-

stawi je sam, licząc się z tem, że w rozwiązaniu znajdzie uczeń jeszcze sposobność do postawienia swoich pytań. Jako przykład można przytoczyć następujący wypadek.

Uczeń wie, że kielkujące nasiona wydają dziwną woń. Wiadome mu także, iż nasiona kielkują lepiej, gdy mają powietrza podostatkiem, stłoczone zaś w słoiku zakorkowanym lub zalane wodą, pokrywają się pleśnią i wkońcu gniją. W pierwszym wypadku przypuszcza, że jakieś gazy wydzielają się z kielkujących nasion. W drugim — zastanawia się, jak zapobiec gniciu nasion? Dostrzega, że gdy umieści w słoju mniej nasion, więc zostawi wolną przestrzeń z powietrzem — kielkują dobrze. Pyta tedy: Czy powietrze jest potrzebne nasionom? Czy ono zapobiega pleśnieniu? Czy ono obok innych czynników, umożliwia kielkowanie? Czy zmienia się wreszcie lub czy bierze udział w kielkowaniu? Skoro postawi takie pytania, planuje dalej, jak ma postąpić, by w ćwiczeniu znaleźć odpowiedź. Przypuszczalnie uplanuje ćwiczenie z kielkowaniem w naczyniach o różnej pojemności, ale dla równej ilości jednakowych nasion. Po wykonaniu ćwiczenia dojdzie do wniosku, że do kielkowania niezbędne jest powietrze. Im go jest więcej, tem lepiej przebiega ten proces.

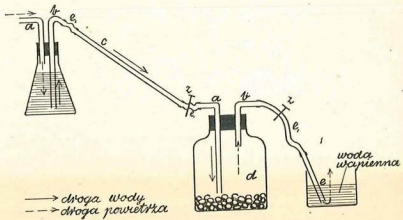
W niniejszym układzie nie uwzględniam powyższego ćwiczenia; w życiu szkolnem wyzyskalbym jednak to zagadnienie, jeśli nie w ćwiczeniach grupy (pół klasy) lub całej klasy, to już conajmniej dla opracowania przez tego ucznia, który je wysunął lub, dowiedziawszy się o niem, żywiej się niem zainteresował.

Stwierdzając, że powietrze jest do kielkowania potrzebne, tem samem przyjmuje uczeń, że bierze ono pewien udział w tem zjawisku. Zwykle uczniowie ogólnikowo twierdzą, że powietrze jest potrzebne roślinie „do życia“, nie wiążąc z tem powiedzeniem pewnej bliżej określonej treści. Doprowadzamy więc do wyraźnego pytania: Czy powietrze, biorąc udział w kielkowaniu, zmienia swój skład?

Przypuszczamy, że uczniowie znają skład powietrza, że umieją stwierdzić, czy zawiera tlen (płonącym luczywem) i rozpoznać dwutlenek węgla (wodą wapienną).

Projektowanie zadania (ćwiczenia) sprowadza się do ustalenia, co i jak należy zrobić, aby znaleźć odpowiedź na podane wyżej pytanie.

**WYKONANIE.** Wykonanie nie przedstawia specjalnych trudności. Zwłaszcza gdy chodzi o stwierdzenie braku tlenu w słoju z kiełkującymi nasionami. Trudniej natomiast uwidocznic obecność dwutlenku węgla. Do tego celu nadaje się znany już uczniom przyrząd z in-



RYŚ. 13. a, b, c, e — rurki szklane, e<sub>1</sub> — rurki gumowe, z — zaciskacze.

nych ćwiczeń. Może to być słoje z przewietrzacza lub tryskawka (jak na rys. 13), której wodę odprowadzamy przez rurkę c do słoja z nasionami (d). Przepływ wody zaczyna się, gdy silnie wdmuchniemy powietrze do rurki a, co zmusi wodę do wzniesienia się w rurce c — aż ponad poziom b. Po osiągnięciu tego poziomu, woda zacznie już sama przepływać do słoja d, skąd będzie wypierała powietrze przez rurkę e do zlewki z wodą wapienną. Zmętnienie w zlewce wyraźnie wskaże, że w słoju d wytworzył się dwutlenek węgla w większej ilości. Podobną próbę należy przeprowadzić z powietrzem w słoju z su-

chemi nasionami. Porównanie wyników doprowadzi do wniosku. Przewidując zastosowanie opisanego wyżej przyrządu, trzeba dać zawczasu do słoików korki z rurkami szklanymi a, b, a<sub>1</sub> i b<sub>1</sub> i gumowymi c, e, zamkniętymi narazie zaciskaczami (z). Pozwoli to włączyć tryskawkę z wodą bez żadnego trudu.

Po kilku dniach oczekiwania uczniowie przeprowadzają badanie powietrza w słojach. Należy polecić, by tylko w połowie przyrządów sprawdzili skład powietrza płonącym lucywowem. Luczywo gaśnie. Po tym fakcie dość pochopnie oświadczają, że widocznie w słoju jest dwutlenek węgla. Przeprowadzamy rozmowę i prostujemy błąd. Wyjaśnia się, że w słojach brak tlenu, albo go jest już bardzo mało. Krótko: tlenu ubyło, nasiona zużyły tlen. W słojach z suchymi nasionami luczywo płonie. Nasiona nie zużyły tlenu, więc zużywają tlen tylko nasiona kielkujące. Zostaje teraz znana próba powietrza na zawartość dwutlenku węgla. Zapytujemy, czy można ją przeprowadzić w tych słojach, w których zanurzono płonące luczywo. Wyjaśniają, że nie, gdyż luczywo wytwarzało dwutlenek węgla, nie mieliby tedy dowodu, że, w wypadku ujawnienia dwutlenku węgla, jest on produktem kielkowania nasion. Dlatego też do prób bierzemy drugą połowę słoików i postępujemy już w sposób, powyżej przytoczony.

OMÓWIENIE  
WYNIKÓW.

Zestawiamy z młodzieżą wyniki i przeprowadzamy na ich podstawie rozumowanie. Do rozważań wprowadzamy jeszcze dwa nowe możliwe wypadki, zbadane jednorazowo, jako słoje kontrolne (wyp. 2 i 4 w tabeli na str. 118).

W grę wchodzi tu trzy czynniki: woda, powietrze i nasiona. Jeżeli występują, jak w wypadku 2, 3 i 4, najwyżej po 2 czynniki naraz, brak zaś jednego lub dwóch (wyp. 4-ty), to wtedy nie dostrzegamy zmian składu powietrza.

Np. w wypadku 2 — jest powietrze i woda — brak nasion.

W wypadku 3 — jest powietrze i nasiona — brak wody.

Wypadek	Słój	I		II	
		palące luczywo	wniosek	woda wapienna	wniosek
1	z nasionami kielkującymi	gaśnie	brak tlenu	zmętniała bardzo	jest dużo dwutlenku węgla
2	bez nasion z wodą	pali się nadal	jest tlen	nie zmętniała (albo b. mało)	dwutlenku węgla niema albo b. mało
3	z nasionami suchymi	"	"	"	"
4	bez nasion i bez wody	"	"	"	"

W wypadku 4 — jest powietrze — brak wody i nasion.

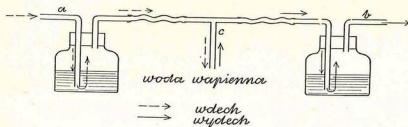
W wypadku 1-ym były: powietrze, woda i nasiona, nastąpiło kielkowanie, stwierdziliśmy zużycie tlenu. Próby I i II w wypadku 2 i 4 dowodzą, że zmiany w powietrzu słoja z wodą czy bez wody samorzutnie nie nastąpią. Wystąpią one dzięki nasionom kielkującym. Nasiona rozpoczynają kielkowanie wtedy, gdy mają powietrze i wodę, wówczas zaś używają tlen (1).

Uzupełniamy teraz tabelkę nową kolumną faktów (II), dotyczącą obecności dwutlenku węgla i rozpatrzywszy wyniki, uzupełniamy wniosek powyższy (1): Kielkujące nasiona wytwarzają dwutlenek węgla. Na pytanie: Czy nasiona kielkujące zmieniają skład powietrza, dajemy teraz krótką odpowiedź: pobierają z niego tlen, oddają dwutlenek węgla. Może który z uczniów wpadnie na podobieństwo z oddychaniem człowieka, jeśli wie o oddychaniu z innego źródła. Chcąc podobieństwo uwydatnić, należałoby umożliwić uczniom przedtem przerobienie próby z następującym przyrządem (rys 14).

Przytykając palcem otwór b, uczeń wykonywa powolny wdech przez rurkę c. Powietrze z otoczenia przechodzi do otworu a — przez słoik 1 — jak wskazuje strzałka — do ust. W słoiku 1 zostawia ślady dwutlenku węgla, poczem, wolne od tego gazu,



idzie do płuc. Tu należy je chwilę w płucach zatrzymać, wstrzymując oddech. Po tej krótkiej przerwie, przytykając teraz palcem otwór a — uczeń wydechuje powietrze z płuc przez rurkę c — do słoja 2. Woda wapienna silnie mętnieje. Jest więc dla niego oczywiste, że 1) w powietrzu wydechane jest dużo dwutlenku węgla, 2) że powstał on w płucach z powietrza, przedtem oczyszczonego z tego gazu. Różnica zmętnień w słojach 1 i 2 jest bardzo wyraźna, uwydatnia się zaś szczególnie dobrze, gdy obydwie słoje umieścimy na tle czarnem. Aparat można łatwo skonstruować w pracowni, biorąc do tego 2 słoiki po 200 cm.<sup>3</sup>, zaopatrując je w korki z rurkami, jak na rysunku. Najkłopotliwsze jest zrobienie rurek te-

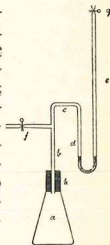


RYŚ. 14. Przyrząd do ujawniania  $CO_2$  w powietrzu wydechane.

owych c. Można je zamówić w odpowiedniej pracowni szklarskiej lub dowolnej firmie szkolnych pomocy naukowych. Korki z rurkami i rurki teowe można przechować osobno w pudełku, słoje zaś zastosować do dowolnych celów w ciągu roku szkolnego. Przyrządów tych trzeba dać po jednym każdej grupce 2—4 ćwiczących uczniów.

Zestawiając wyniki ćw. 23-go z obserwacją własnego oddychania, nazwą uczniowie tę działalność kielkujących nasion również oddychaniem. Tę nową funkcję życiową powinniśmy mieć odtąd na uwadze i dopatrywać się jej także w innych okresach życia rośliny. Może to uczniów szczególnie wtedy zastanowić, gdy, wbrew oczekiwaniom czy przewidywaniom, pędy rośliny zielonej w świetle dadzą wyniki inne. Nie kreśląc bliżej planu ćwiczeń w tym

kierunku, zaznaczam tylko, że mamy tu źródło wielu zagadnień fizjologicznych. Mając aparaty z powyższego ćwiczenia, należałoby wyzyskać je dla stwierdzenia, że kiełkujące nasiona wytwarzają pewne ilości ciepła. Zwykłym termometrem nie daje się to należyście uwidocznić. Stosujemy dlatego termoskop Sigmunda (rys. 15); z działaniem jego młodzież szybko zaznajomi się. Wynik jest bardzo wyraźny i prowadzi do wniosku, że kiełkujące nasiona wytwarzają ciepło. Pogłębi to jeszcze bardziej podobieństwo oddychania nasion i człowieka, nasunie też myśl o podobieństwie oddychania z procesem palenia się.



RYŚ. 15. Termoskop.  
*a* — kolbka Erlenmeyera 5–8 cm<sup>3</sup>; rurki szklane: *b* = 30 cm, *c* = 7 cm, *d* = 20 cm, *e* = 40 cm; *f* i *g* — zaściskacze na rurkach gumowych, *h* — korek gumowy.

### ĆWICZENIE 24.

OBSERWACJA  
 BUDOWY  
 LIŚCIA MOCZARKI I RUCHU CIAŁEK ZIELENI.

Rozpatrzyć budowę młodego liścia moczarki, porównać ją z budową liścia trzykrotki. Narysować obraną komórkę, zaznaczyć dokładniej rozmieszczenie jej ciałek zieleni. Obserwację powtórzyć (po przeprowadzeniu omówienia wyników pierwszej obserwacji) po oblaniu gorącą wodą. Wysnuć wnioski.

GENEZA  
 i CEL  
 ĆWICZENIA.

Zanim przystąpimy do właściwego ćwiczenia, należy poinformować uczniów, że do kilku doświadczeń musimy użyć moczarki kanadyjskiej, wobec tego zmuszeni jesteśmy krótko rozpatrzyć jej budowę pod mikroskopem i porównać z budową trzykrotki.

Badanie wszystkich części moczarki jest łatwe i może być szybko przeprowadzone, byle nie kłaść zbyt dużego nacisku na dokładny rysunek i związaną z tem analizę anatomiczną. Przewidując, że źródłem zagadnień może się stać głównie liść moczarki, zaczniemy badanie od liścia.

Nauczyciel, prócz powyższego celu, podanego ucz-

niom, ma inny jeszcze<sup>1)</sup>, a mianowicie: doprowadzić ich do samodzielnego spostrzeżenia w moczarce ruchu ciałek zieleni. Zrozumiałą jest rzeczą, że dopiero po stwierdzeniu ruchu ciałek należy tekst ćwiczenia uzupełnić zleceniem powtórzenia obserwacji liścia, oblanego gorącą wodą. Może to nastąpić po krótkiej dyskusji, z której powinien wysunąć się domysł, że badany ruch jest przejawem życia. Z okolicznościowego niejako badania moczarki zamierza nauczyciel odnieść i tę korzyść, że uczniowie poznają budowę komórkową rośliny na nowym przykładzie.

Pod względem technicznym niema trudności **WYKONANIE.** w wykonaniu ćwiczenia. Aby zapewnić samodzielną obserwację ruchu ciałek zieleni — musi nauczyciel obciąć młode listki moczarki zawczasu (pół godziny) przed lekcją i rozdać je młodzieży do pracy. Nie jest to jednak warunek konieczny. W praktyce przekonałem się, że uczniowie sami mogą obciąć listki tuż na początku lekcji i włożyć je do letniej wody. Wprawdzie ruch ciałek zieleni w takich listkach nie ujawni się odrazu, nie wstrzyma to jednak biegu pracy, uczeń bowiem tymczasem jest zajęty wpatrywaniem się w budowę komórkową, przeprowadzeniem porównania i rysunkiem. Obchodząc poszczególne grupki, nauczyciel zapytuje, którą komórkę uczeń obrał dla dokładniejszej obserwacji i rysunku? Jeżeli zauważy, że nie w obranej, lecz w innych komórkach ruch już jest widoczny, może wskazać jedną z takich komórek jako dobrą do rysunku, ruch zaś pominąć milczeniem w przekonaniu, że teraz ruch nie ujdzie uwadze ucznia. Może się zdarzyć, że, mimo naprowadzania na odpowiednie komórki, tylko w nielicznych preparatach ruch będzie dostrzegalny. Wtedy z pomocą przychodzą listki, ucięte przed lekcją. Rozdajemy je i sprawdzamy ponownie, czy obrana komórka jest dobra do zamierzonej obserwacji. Jako ogólną wskazówkę komu-

<sup>1)</sup> Podobna sytuacja była np. w ćwiczeniu 5 — brylowatość komórki — jako cel ukryty nauczyciela.

nikujemy uczniom, by brali listki młode, jasno zielone, bez brązowego nalotu (okrzemki).

OMÓWIENIE.

Uczeń stwierdzi, że liście moczarek są zbudowane z komórek. Komórki są mniej więcej jednakowe, przylegają do siebie, tworząc skupienia. Są „wypelnione“ ciałkami zieleni. Na brzegach liścia komórki tworzą coś w rodzaju kolców. W komórkach, nie zupełnie „zatloczonych“ ciałkami zieleni, może dostrzec plazmę, a nawet jądro. Następnie przypomni sobie budowę liścia trzykrotki i — na wzór porównania skórek z wierzchu i spodu liścia w ćwiczeniu 3, — przeprowadzi porównanie liścia moczarki i trzykrotki, a nawet całych roślin, jeżeli już zbadal lodygę i korzeń moczarki. Najważniejszą nowością, zaprzatającą umysły uczniów, będzie zapewne ruch ciałek zieleni. Powstaną różne domysły, by zjawisko wyjaśnić. Najogólniej wyrażą się, że komórki żyją. Nauczyciel stawia teraz szereg pytań. Co zawierają komórki moczarki? Czy tylko ciałka zieleni? Czy poruszają się same ciałka, czy też porusza się i reszta zawartości? Czy ciałka poruszają się chaotycznie — każde w inną stronę? Jak można przekonać się, że ruch ciałek jest przejawem życia komórki? Co może zniszczyć życie komórki? Po przeprowadzeniu takiej dyskusji dochodzi się do wykonania obserwacji liści, oblanych gorącą wodą. Tło komórki wydaje się wtedy zazielenione, ciałka zieleni nie odcinają się już tak wyraźnie. Ruch zamarł. Był więc istotnie objawem życiowym. Zastanowi uczniów to, że komórki trzykrotki, fasoli, cebuli i t. p. niewątpliwie także żyły, a jednak tam ruchu nie dostrzegli. Dlaczego? Proponujemy powtórzyć obserwację tych materiałów pod silnem powiększeniem mikroskopu w celu sprawdzenia, czy naprawdę tam ruchu nie było? Szybkie i łatwe sporządzenie preparatu np. skrawka lodygi trzykrotki, włoska, luski z cebuli itp. oraz doraźne obserwacje ruchu w komórkach doprowadzą do pozytywnego wyniku. Uczniowie dostrzegą wyraźnie, że jest to ruch zarodki, uchwytny dzięki

jej ziarnistości. Zrozumieją teraz, że ciałka zieleni moczarki, widoczne jako dosyć duże i barwne „kulki“, zdradzały łatwo ruch zarodki. Gdy go się raz spostrzegło w tak korzystnych warunkach, da on się odnaleźć i tam, gdzie tak wydatnie nie występuje. O takie zrozumienie zagadkowego narazie — zastosowania moczarki do ćwiczeń musi nauczyciel zabiegać. Wzbudzi to żywsze zainteresowanie młodzieży dla przyszłych prac i kierownictwa nauczyciela. Omówienie trzeba połączyć z przypomnieniem, jak gromadziły się i pogłębiały wiadomości o zieleni rośliny. Najnowszą zdobyczą dla ucznia w tej dziedzinie jest ruch ciałek zieleni. Zagadkowo przedstawi się zamazana, jakby zzieleniała cała zawartość komórek moczarki po sparzeniu wodą. Uczniowie mówią, że „zieleni puszcza“ tak, jak puszcza barwik z jakiegokolwiek tkaniny, bibuły i t. p. Więc myślą, być może, że i w moczarce jest jakiś barwik. W zimnej wodzie nie puszcza, a gorącą wodę barwi. Przypominają sobie historję barwika czerwonego z komórek buraka (ćwiczenie 19), następnie fakt, że woda zielenieje, gdy w niej gotują się warzywa. Na tle tych wiadomości wysuwa się nowe zagadnienie: Co to jest barwik? Jak go wydostać z rośliny i bliżej poznać? Będzie to treścią następnego ćwiczenia. Do niniejszego ćwiczenia należy jeszcze dorzucić uwagę, że samo zagadnienie budowy moczarki, jak i ruchu jej ciałek zieleni, wysunął nauczyciel. On też zaprojektował zadanie, tj. ćwiczenie właściwe, zajął jednak młodzież wykonaniem ćwiczenia i przemyśleniem wyników w takim stopniu, że mogła ona wysunąć zagadnienie zieleni rośliny, jako barwika.

### ĆWICZENIE 25.

a) Posiekać liście moczarki lub trzykrotki. Wrzucić je do próbówki z alkoholem (około 4cm<sup>3</sup>). Wstrząsać mieszaniną, a po kilku minutach, odlewając spirytus do innej próbówki, usunąć strzępy liści, dolać benzyny w ilości nieco mniejszej, niż połowa

BADANIE  
WYCIĄGU  
SPIRYTUSO-  
WEGO  
CHLOROFILU.

zawartego w próbówce spirytusu. Zauważyć zachowanie się obu cieczy. Wstrząsać ponownie. Porównać wyniki, zanotować, wysnuć wnioski.

b) Do niskiego krystalizatora z wyciągiem spirytusowym chlorofilu zanurzyć koniec pasemka białej bibuły. Porównać z wynikiem poprzednim i rozważyć, jakie jest oddziaływanie benzyny w pierwszym wypadku, a bibuły w drugim, na wyciąg spirytusowy chlorofilu ?

**WYKONANIE.** Polecamy połowie uczniów sporządzić wyciąg podług przepisu, podanego w tekście części a) ćwiczenia bieżącego, reszcie zaś z liści trzykrotki, lub innych, dowolnych roślin. Zachowując jak najdalej posuniętą ostrożność, możemy zawczasu ogrzać około 100 gr. spirytusu na łaźni wodnej, by uczniowie zalewali liście już gorącym spirytusem, co przyśpieszy bieg prac. Liście moczarki dają wyciąg prędzej intensywniejszy i lepszy do dalszych prób, niż liście trzykrotki. Nauczyciel może każdej grupce z osobna wskazać chwilę, kiedy należy odlać spirytus od strzępów liści, a dodać benzyny<sup>1)</sup>. Dbać trzeba, by wyciąg miał intensywną barwę ciemno zieloną, a po dolaniu benzyny wyzyskać chwilę dla stwierdzenia, że benzyna nie miesza się ze spirytusem. Dopiero po skłóceniu zmiesza się na krótko, poczem zacznie znów wypływać nawierzch spirytusu, ale już zielona. Spirytus zabarwi się na żółto. Otrzymają w ten sposób płyny w dwóch warstwach różnych barw, zaznaczających się w próbówce, jak dwa pierścienie.

**OMÓWIENIE.** Do omówienia wysuwają się dwa główne pytania: 1) Co rozpuściło się w spirytusie; całe ciało zieleni, czy też barwik, w nich zawarty? 2) Jak wytłumaczyć obecność dwóch barw w próbówce ze spirytusem i benzyną, oraz jaka jest w tem rola benzyny, czy rozkłada ona chemicznie pierwotny barwik zielony, czy też oddziela w sposób czysto mechaniczny dwa zmieszane z sobą barwiki?

<sup>1)</sup> Od tej chwili zachować w pracowni szczególną ostrożność z ogniem.

Formułując swe spostrzeżenia, uczniowie wypowiadają, że spirytus, zmieszany z barwikami liści, zabarwił się na zielono. Coś zielonego, co było w roślinie, przeszło do spirytusu. Pamiętają, że zielone były tylko ciałka zieleni, więc zachodzi pytanie: czy całe ciałka, jako kulki, są tylko zawieszane w spirytusie, czy też rozpuściły się one całkowicie w spirytusie tak, jak barwny kryształek, np. siarczan miedzi rozpuszcza się w wodzie. Badanie mikroskopowe wyciągu i listka, wyjętego ze spirytusu, da odpowiedź na pytanie. Zostaje inne przypuszczenie: Ciałka zieleni oddały z siebie to, co je barwiło, więc pozostały w komórcie odbarwione. I to pytanie rozstrzygnie mikroskop. Wkońcu ustalą, że ciałka zieleni oddały swój barwik zielony, najogólniej pojęty. Dolewając benzyny do wyciągu spirytusowego, zauważą, że benzyna pływa po wierzchu spirytusu, jak oliwa po wodzie. Poznają ją po tem, że jest bezbarwna. Postępując dalej w myśl wskazówek, wstrząsają próbkę i wzdą chwilowe wymieszanie się dwóch cieczy i zmętnienie. Po chwili cieczy znów oddzielają się. U góry pływa warstwa benzyny, w dole spirytus. Rozumują: jakiś barwik zielony, który znalazł się teraz w benzynie, przeszedł ze spirytusu, więc był w spirytusie razem z barwikiem żółtym. Przedtem żółtego nie było widać, krył go barwik zielony. Obydwa były rozpuszczone w spirytusie. Dlaczego benzyna zabarwiła się na zielono, a nie na żółto? Doprowadzić musimy powoli do wniosku, że barwik żółty nie rozpuszcza się w benzynie, do benzyny zaś przeszedł, łatwiej zapewne w niej rozpuszczalny, barwik zielony. Podajemy teraz nazwy: chlorofil, ksantofil, bez wdawania się w dalsze, szczegółowe rozróżnianie tych substancyj.

W toku dyskusji można spotkać się z powątpiewaniem, czy zieleń (chlorofil), zawarta w spirytusie, istotnie maskowała ksantofil? Czy nie powstał on pod wpływem chemicznego oddziaływania benzyny na „zieleń“. Dla wyjaśnienia tej sprawy przeprowadzamy próbę z wyciągiem spirytusowym chloro-

filu i paskiem bibuly (można to wykonać jako demonstrację doświadczenia jednego z uczniów). Naczynie z wyciągiem musi być płaskie, bo ułatwi parowanie spirytusu z odsłoniętego w górze paska bibuly. Tem prędzej i wyraźniej wystąpi zabarwienie bibuly dwiema pręgami, żółtą i zieloną. Będzie to wskazówką, że chlorofil i ksantofil, bez jakiegokolwiek chemicznego oddziaływania, wprost mechanicznie zostały oddzielone.

Proponujemy uczniom porównać barwę zieloną i żółtą w próbowce z tabelą barw np. fabryki Leszczyńskiego lub Iskry-Karmańskiego i zanotować numery barw uzgodnionych. Będziemy mogli potem, nie dowierając pamięci wzrokowej, stwierdzić, czy barwy w próbowce zmieniają się tylko pod wpływem światła, czy także w ciemności. Próbowki trzeba zakorkować, jeżeli chcemy je pozostawić do następnej lekcji. Skoro w dyskusji przypomną sobie uczniowie, że kielki roślin zielenią się dopiero w świetle, rośliny zaś zaciemnione żółkną, wtedy okaże się potrzeba zbadania tych własności na wyciągu chlorofilu i ksantofilu. W tym celu przechowują uczniowie część próbek w świetle, część zaś, owiniętą papierem, w ciemności. Wyniki będą niezgodne z przewidywaniami, opartymi na obserwacjach żywych roślin. Po kilku dniach da się stwierdzić, że w ciemności niema zmiany barwy, w świetle zaś wyblakła zupełnie barwa benzyny. Barwa spirytusu nie zmieniła się<sup>1)</sup>. Stąd wniosek, że pod wpływem światła chlorofil ginie i jest mniej trwały niż ksantofil. Rozważają dalej, że usuwanie się chlorofilu w żywej roślinie obnaża ksantofil; roślina żółknie. Dla próby, czy w żółtych liściach niema już zupełnie chlorofilu, względnie czy jest go bardzo mało, mogą uczniowie, jeśli takie zagadnienie wysuną i zechcą sprawdzić, sporządzić z nich wyciąg według znanego już wzoru.

---

<sup>1)</sup> Posiłkujemy się tu wspomnianymi wyżej tabelami barw.



### ĆWICZENIE 26.

Obejrzyć i narysować kawałek zielonej niteczki glonu, używając obiektu 3 wzgl. 7 (6). Wykazać, co znanego z budowy roślin można tu zauważyć? Dać napisy rozpoznanych części. Porównać z budową trzykrotki.

BADANIE  
GLONU.

Grupa ćwiczeń poprzednich, obok trzykrotki, obejmowała rośliny o wyższej organizacji. Odpowiadało to myśli opracowania organizmu roślinnego wyższego. Obecne ćwiczenie ma zadanie ujęcia całości rośliny, wprawdzie nie jednokomórkowej, lecz o budowie takiej, że poza faktem istnienia wielu komórek, niema tu ich zróżniczkowania na tkanki. Przy tej sposobności uczeń może się przekonać, że roślina, nawet tak odbiegająca swym wyglądem od ogółu znanych mu roślin, jest mimo to utworem komórkowym, a komórki jej posiadają takie same składniki i budowę, jak wyższe rośliny. Fakt ten ma przekonać uczniów o jedności budowy i czynności wśród organizmów roślinnych, dotychczas poznanych, i wysunąć przypuszczenie, że tak samo jest zapewne u wszystkich innych roślin. Na drodze stopniowego zdobywania i ustalania pojęć biologicznych jest to etap ważny, prowadzący przez przyszłe poznanie świata zwierząt do uznania jedności budowy i funkcji całego świata ustrojów. Z tego punktu widzenia zbadanie budowy i elementarnych funkcji jakiegokolwiek glonu nabiera większej wagi.

GENEZA  
I CEL  
ĆWICZENIA.

Do powyższego ćwiczenia bywa stosowany materiał dosyć różnorodny. Najczęściej dajemy jakikolwiek pospolity gatunek z rodzaju *Spirogyra* lub *Cladophora*, rzadziej inne rodzaje. Z wielu względów należałoby oddać pierwszeństwo skrzętnicy, stosowanej z dobrym skutkiem w szkole.

Przystępując do badania nitki obranego glonu, musimy sobie zdać sprawę, że uczniowie do tej pory całkowicie opanowali technikę laboratoryjną, o ile o nią dbano troskliwie w ciągu poprzednich ćwiczeń.

WYKONANIE.

czeń. Dotyczy to nie tylko posługiwania się przyrządami, w pierwszym rzędzie mikroskopami, lecz także i umiejętności obserwacji, dostrzegania, rysowania, formułowania, słowem — należytego i trafnego ujmowania treści zdobywanej. Pracy ucznia towarzyszyć też będzie większy zasób wyobrażeń i pojęć podstawowych. Pokolei przejdę te sprawności, które uczeń powinien posiadać, a na których oprzemy większą wydajność pracy w toku niniejszej lekcji.

1. Sporządzanie preparatu i wszelkie związane z tem usprawnienia, doświadczenie z przeżytych osobistych. Nauczyciel daje bardzo mało dyrektyw, są one teraz niemal zbędne. Wgląd nauczyciela podczas pierwszej części konferencji indywidualnej zabiera mało czasu; w niektórych wypadkach jest zbyteczny, w przeciwieństwie do jego roli np. w ćw. 2-giem.

2. Ocena wartości preparatu i wybór części najlepszej do badania i rysowania opiera się również na dłuższym doświadczeniu, nie wymaga tu przeto więcej czasu.

3. Rysunek opiera się na szybkim zrozumieniu obrazu mikroskopowego, uczeń więc, dzięki wprawie w posilkowaniu się śrubą mikrometryczną, łatwo przegłąda preparat, a obrany szczególnie przedstawi należyście. Zastosuje tu też szereg tych dyrektyw ogólnych, które nawykł już stosować w rysunkach przy ćwiczeniach poprzednich.

4. Interpretacja obiektu widzianego, stwierdzenie i sformułowanie faktów. Najpierw przyjdzie z pomocą uczniowi zrozumienie: a) bryłowatości obserwowanych obrazów, b) komórek, jako elementów, już spotykanych w różnych wypadkach. W tym ostatnim wypadku poznawania komórek widzimy, że uczeń od razu jest zdolny ująć szereg faktów: np. istnienie komórek, ich bryłowatość; zawartość, złożoną z wielu elementów (jądro, ciała zieleni, plazma, sok komórkowy, ziarna skrobi, błona i t. p.), ponieważ uczył się zdobywać to bardzo powoli w długim szeregu poprzednich ćwiczeń, starannie do tego celu dobieranych.

Gdyby uczeń natknął się na tak skomplikowaną komórkę już w ćwiczeniu 2-gim, miałby ogromne trudności do zwalczenia wobec ogromu materiału i braku tych sprawności, na które kładłem nacisk przy każdej sposobności w pierwszych ćwiczeniach. Muszę tu zauważyć, że w jednym z ognisk metodycznych uczyniono celowo próbę wprowadzenia glonu, jako pierwszego poznawanego organizmu w kl. IV, poczem poddano analizie wyniki. Okazało się, że wszystkie trudności, o których była wyżej mowa, wystąpiły najaw, dając wskazania, by jednak zaczynać od organizmu wyższego<sup>1)</sup>.

Rozpatrując skrętnicę, stwierdzą uczniowie, że:

OMÓWIENIE,  
WYSUWANIE  
NOWYCH  
ZAGADNIEŃ.

1. komórki są walcowate, otoczone błoną;

2. walce te zrastają się podstawami, tworzą nić;

3. cała roślina posiada jednakowe komórki, niema tedy zróżnicowanych tkanek, jak w trzykrotce lub innych badanych roślinach.

Wewnątrz komórki uwydatnią się:

a) ciałka zieleni, mające kształt nie kulek, lecz wstęg, zygzakowato powyginanych (przy pomocy ruchów mikrometru poznają, że jest to taśma, zwinięta spiralnie wewnątrz komórki);

b) ziarna skrobi, zespolone z ciałkami zieleni;

c) jądro (barwienie hematoksyliną);

d) plazma i sok komórkowy.

Na podstawie tych faktów mogą uczniowie przeprowadzić porównanie z trzykrotką. Przy tem powstaną pewne pytania, czy skrętnica zachowa się podobnie, jak trzykrotka lub skórka cebuli w steżonym roztworze, t. j. czy da zjawisko plazmolizy; czy plazma porusza się; czy posiada chlorofil i ksantofil (ćw. 25), a nadto, czy, umieszczona w aparacie asymilacyjnym, da takie same wyniki; czy żywić się może pożywką Knop'a i t. d.

<sup>1)</sup> Próbę powyższą wykonał w r. szk. 1931/32 prof. T. Muł, kierownik ogniska metodycznego biologji w Gimn. II w Jarosławiu wspólnie z inż. Tomaszewskim.

Na uwagę zasługuje jeszcze: hodowla skrętnicy w różnych warunkach oraz obserwacja procesu rozmnażania się (na okazach żywych lub konserwowanych). Rozstrzygnięcie tych zagadnień da grunt szerszy do ustalenia jedności funkcji u różnych roślin.

Poniżej podaję kilka sposobów hodowli glonów<sup>1)</sup>, używanych w pracowni szkolnej.

1. Skrętnica (*Spirogyra*). Utrzymywać w wodzie, w której ją znaleziono. Wymaga pokoju chłodnego o słabem oświetleniu. W rozcieńczonej pożywce Knop'a kopuluje. Hodowlę przeprowadzamy dla obserwacji wpływu pomyślnych warunków na rozwój glonu oraz dla wywołania i obserwacji zjawiska rozmnażania.

2. Gałęzka (*Cladophora*). Umieścić w szalce Petriego i wystawić na światło. W krótkim czasie wytwarza pływki, które osiadają na szkle od strony światła. Hodujemy dla obserwacji rozmnażania i wpływu światła.

3. Woszerja (*Vaucheria*). Do hodowli bierzemy woszerję, która rośnie na ziemi w paprociarniach u ogrodników.

a) Nitki tej woszerji umieszczamy w dużych szalkach z ziemią. Gdy roślina silnie rozwinie się, rozpylamy wodę, aby zmoczyć nitki glonu. Jeżeli glon był na świetle, to w krótkim czasie wytwarzają się na nich pływki. (Rozmnażanie bezpłciowe w dogodnych warunkach).

b) Hodujemy nitki tej samej woszerji w bardzo rozcieńczonej pożywce Knop'a (0,5%) na świetle. Gdy się intensywnie rozwiną — przenosimy je do wody destylowanej. Wtedy nitki przestają się rozwijać, powoli giną, wytwarzając pływki.

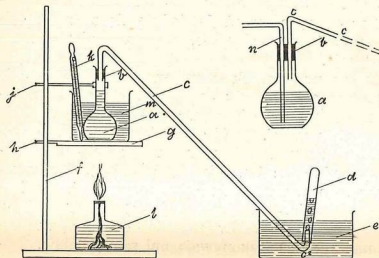
c) Hodowaną woszerję w wodzie destylowanej lub w rozcieńczonej pożywce Knop'a — pozbawić światła przez zaciemnienie. Nitki giną, wytwarzając przedtem pływki.

d) Woszerja hodowana w 4% roztworze cukru i na silnym świetle wytwarza organa płciowe.

<sup>1)</sup> Sposoby powyższe wypróbował prof. A. Mączak.

ĆWICZENIE 27.

a) Sporządzić 5% roztwór cukru gronowego FERMENTA-CJA ALKOHOLOWA. w wodzie destylowanej, ogrzanej do 40° C, dodać 2 do 5 gr. drożdży, wypełnić kolbkę (100 cm<sup>3</sup>) tą mieszaniną, zatkać korkiem, przez który przechodzi rurka szklana zgięta, jak wskazuje rysunek 16. Kolbkę zanurzyć po szyjkę w naczyniu z wodą o temperaturze 40° C i dbać o utrzymanie tej temperatury, nie przekraczając jej. Na końcu rurki ustawić próbkówkę



RYŚ. 16. Przyrząd do fermentacji alkoholowej.

z wodą. Zaobserwować działanie przyrządu, zbadać wytworzony gaz. Rozważyć, jakie warunki wywierają wpływ na przebieg zjawiska.

b) Powyższe ćwiczenie przerobić kolejno w temperaturach aż do 70° C w odstępach co 5°. Zanotować ilości gazu, wydobywającego się przy tych temperaturach; wyniki przedstawić w postaci wykresu na papierze milimetrowym.

Ćwiczenie to nie wiąże się bezpośrednio z całością poprzedzających ćwiczeń. W praktyce szkolnej dochodzimy do niego dopiero przy rozpatrywaniu OGÓLNY CHARAKTER I ROLA ĆWICZENIA. roślin bezzieleniowych. Wtedy przerabiamy je, nie

mając wyłącznie na celu poznania życia takich roślin, lecz także sprawę enzymów, którą wszczynamy w tem ćwiczeniu i doprowadzimy aż do enzymów u człowieka (np. ptyalina, pepsyna i t. p.). Tak wczesnie zamierzone przygotowanie nadaje ćwiczeniu większej wagi. Dlatego, kładąc na nie większy nacisk, lepiej nie odkładać go do czasu, gdy w nauce o czło-wieku zagadnienie enzymu stanie się aktualne. Pojęcia o enzymach należy zdobywać stopniowo, gdyż potrzeba wiele czasu na ich przemyślenie i przyswojenie. W szkole pomija się ćwiczenie z fermentacją badzo często, uczeń dowiaduje się o tem zjawisku zaledwie na wykładzie, popartym niekiedy demonstracją.

Prócz powyższych racyj przytaczam ćwiczenie z drożdżami ze względu na jego dużą wartość z metodycznego punktu widzenia. Całość ćwiczenia składa się z dwóch części. Część a) zawiera zadanie, podyktowane przez nauczyciela w sprawie działania drożdży (zagadnienie: jak działają drożdże?), dalszy zaś ciąg, aż do wysuwania nowych zagadnień, ma być dziełem ucznia. Następną część b) po wysunięciu zagadnień przez uczniów (zadanie projektują z udziałem nauczyciela) wykonywają oni samodzielnie. Ćwiczenie jest więc przykładem, że zagadnienie, postawione przez nauczyciela, doprowadza uczniów do samodzielnego wysunięcia nowego zagadnienia i całkowitego opracowania cyklu jednostki metodycznej.

ORGANIZACJA PRACY  
MŁODZIEŻY  
I SKŁADANIE  
PRZYRZĄDU

Najpierw podajemy uczniom rysunek przyrządu, w którym mają przeprowadzić fermentację. Przyrząd ten należy złożyć z poszczególnych części i uruchomić. Możemy w tym celu dostarczyć gotowych części dostosowanych, t. j. zgiętych rurek i przedziurawionych korków gumowych. Zadanie uczniów będzie tedy polegało tylko na złożeniu przyrządu. Żywszą była praca, gdy poleciłem uczniom na początku ćwiczeń wygiąć i dopasować rurki szklane (c) i przedziurawić korek (b), wreszcie zmontować przyrząd. Wprawni uczniowie wykonali to w czasie od 15 do 19

minut, mniej biegli do 25 min.<sup>1)</sup>. Nawet gdy się oszczędzi uczniom zginania rurki i dziurawienia korka, pozostaje jeszcze wiele drobnych zabiegów do wykonania, do zestawienia i uruchomienia przyrządu.

Muszą bowiem starannie uregulować wzniesienie siateczki (h) nad płomieniem palnika (l) (rys. 16), wypróbować zanurzenie kolbki (a) w zlewce (m), ustawić w należytej odległości naczynia z wodą (e) i przygotować w niem próbówki. Narazie rurka (c) wraz z korkiem (b) lekko tkwi w szyjce kolbki. Przyrząd już jest gotowy do uruchomienia, trzeba tylko wypełnić kolbkę zaczynem drożdży z roztworem cukru gronowego. Odważanie kilku lub kilkunastu porcyj drożdży po 2 do 5 gr. oraz tyłuż porcyj 5<sup>0</sup>/<sub>0</sub> roztworu cukru gronowego — można zlecić parze uczniów, którzy wykonają te prace i rozdadzą reszcie, zajętej ustawianiem przyrządu. Jednemu z uczniów, niezajętemu w grupce, należy polecić zagrzać większą ilość zwykłej wody do 40<sup>0</sup> C i rozdać wszystkim grupom, dla wypełnienia zlewek (m) po szyjkę kolbki (a)<sup>2)</sup>. Roztwór cukru przed zmieszaniem z drożdżami powinien być też ogrzany do 40<sup>0</sup> C. Do naczynka z ogrzanym roztworem cukru (objętość płynu 80—90 cm<sup>3</sup>) wrzucają uczniowie odważoną porcję drożdży, zlekka mieszają pałeczką szklaną, by rozkruszyć grudki drożdży, wlewają zawartość do kolbki i natychmiast dobrze osadzają korek w szyjce. Termometrem sprawdzają temperaturę kąpieli, podgrzewając wodę w zlewce palnikiem (l) w miarę potrzeby. Jeżeli drożdże są dobre (trzeba to przed użyciem sprawdzić), fermentacja zaczyna się niemal natychmiast. Doglądać trzeba, czy korek szczelnie tkwi w szyjce i czy gaz nie uchodzi szczeliną przy rurce w korku. W korku zwykłym zatapiamy szcze-

<sup>1)</sup> Byli to uczniowie V kl., wyszkoleni w ciągu 4 lat poprzednich w pracowni robót ręcznych, 2 lata w pracowni fizycznej (z propetydyką), 1 rok w chemicznej, 2-gi rok w pracowni biologicznej. Sprawność była naogół dobra.

<sup>2)</sup> do tych prac zgłaszali się uczniowie ochotniczo.

liny parafiną. Unikniemy tych kłopotów, stosując korki gumowe. Przestrzeganie stałej temperatury ( $40^{\circ}\text{C}$ ) nie tylko kąpieli, ale i zaczynu zapewnia, że fermentacja zacznie się natychmiast i będzie przebiegać energicznie. O to głównie nam chodzi, jeśli chcemy umożliwić młodzieży obserwację zjawiska w szczupłych ramach lekcyjnych. Doświadczenie da się przy zachowaniu tych warunków wykonać nawet w ciągu 45-minutowej lekcji.

OBSERWA-  
CJA.

Pierwszy objaw rozpoczętej fermentacji można dostrzec w kolbce. Jej zawartość zacznie się pieniać na powierzchni i wznosić do szyjki. Później mnóstwo małych pęcherzyków obsiada ścianki kolbki, odrywa się od nich i wznosi do góry. Po paru minutach ruch ten jest coraz żywszy i czyni wrażenie ruchu pęcherzyków pary w wodzie, która zaczyna wrzeć. Drugim objawem będzie ruch wody w dolnym kolanku rurki ( $\text{C}^2$ ) tuż pod próbką. Zaznaczy się on z początku wahaniami, poczem, w miarę wzrostu ciśnienia gazu w kolbce i rurce, gaz wypchnie wodę z rurki i pierwszy pęcherzyk wzniesie się do odwróconego dna próbki. Po nim wkrótce coraz szybciej pójdą dalsze. Uwaga młodzieży kieruje się bardziej na drugi objaw. Bywały nawet wypadki, że uczeń uskarżał się na to, że doświadczenie nie udaje się, bo z końca rurki nie wznoszą się wcale pęcherzyki, jak u sąsiadów. Nie zwrócił bowiem uwagi na objaw pierwszy, t. j. na obfite spienienie i ruch pęcherzyków gazu. Po uszczelnieniu korka nastąpił, oczywiście, i objaw drugi, a uczeń stwierdził z zadowoleniem, że doświadczenie się „udało“. Pęcherzyki gazu, zbieranego w próbce, nazywają uczniowie powietrzem. Błąd naprawiają nieco później, przystępując do zbadania gazu.

Przebieg zjawiska, mimo tylu ostrożności, w różnych aparatach może być różnej intensywności. Burzenie się zaczynu bywa nieraz tak gwałtowne, że piana wtłacza się do rurki C i splywa z wolna do naczynia e, macząc w niem wodę. Jest to niepożądane



z kilku względów. Zapobiec możnaby temu, przeprowadzając przez korek b drugą rurkę n (rys. dodatkowy przy 16 rys.), sięgającą prawie do dna kolbki. Nie stosowałem jej, bo nie chciałem zbytnio komplikować przyrządu. Zaradziłem złu inaczej: poleciłem kolbkę wypełnić poniżej szyjki, wówczas wzburzony zaczyn wznosił się niemal do wysokości korka, przechodził najwyżej do rurki, kolanka jednak górnego c<sup>1</sup> nigdy nie zdołał przekroczyć.

Utrzymanie wskazanej temperatury wymagało ciąglego sprawdzania przy pomocy termometru. Ostygnięcie następuje bardzo powoli, wystarczy więc chwilkę potrzymać płomień lampki spirytusowej<sup>1)</sup> pod siatką, by mu zapobiec.

Zbieraniu gazu w próbowce towarzyszą też liczne spostrzeżenia i przypuszczenia uczniów. Przedewszystkiem dostrzegą, że pęcherzyki wydzielają się najpierw zrzadka, później — coraz częściej. Powstaje w niektórych grupkach zamiar, który udziela się wkrótce i reszcie, aby zliczyć, ile pęcherzyków wydobywa się z końca rurki w ciągu określonego czasu? Ustalają, że najlepiej porachować, ile pęcherzyków na minutę wydzieli się do próbówki. Jedni rozumieją to dosłownie: na tarczy zegarka śledzą bieg wskazówki sekundnika i liczą pęcherzyki w ciągu 1 minuty. Wynik przyjmują jako miarodajny. Tymczasem przypadkowe powtórzenie tego pomiaru w następnej minucie może dać wynik inny. Inne też mogą być obliczenia u sąsiadów. Wszystko to skłoni uważniejszych uczniów do namysłu i prób ustalenia wyniku najbardziej wiarogodnego. Wpadają na myśl: zliczyć pęcherzyki w ciągu kilku minut (bez przerw) i wyprowadzić liczbę przeciętną na minutę. Jest to już drugi wypadek w tem ćwiczeniu poszukiwania i próby usunięcia źródła błędu (pierwsze niepowodzenie z powodu złego korka).

Powstaje teraz badanie zebranego gazu. Uczniowie znają najprostszy sposób stwierdzania obecności

---

<sup>1)</sup> stosowany też przez uczniów do zginania rurek szklanych.

lub braku tlenu oraz rozpoznawania dwutlenku węgla. Zaczynają na wzór dawnych prób, płonącym lucyiwem. Trzeba przedtem zwrócić uwagę odpowiedniem pytaniem na to, że w przyrządzie prócz gazu, wytwarzającego się z zaczynu, jest jeszcze dużo powietrza. Uznając to, muszą uczniowie odrzucić pierwszą próbkę gazu i poddać badaniu dopiero następną<sup>1)</sup>. Płonące lucywo — gaśnie w próbówce z gazem. Stwierdzają zatem, że niema w niej tlenu, chociaż bywają i tu jeszcze odosobnione twierdzenia, że w próbówce jest dwutlenek węgla (ćw. 23). Sprawdzić teraz muszą, czy zawiera ona dwutlenek węgla. Z różnych sposobów najbardziej wymowny jest następujący: Wypełniamy próbkę klarowną wodą wapienną, zamiast zwykłej, odwracamy do góry dnem i wprowadzamy gaz otworem nad wylotem rurki. Już pierwszy pęcherzyk gazu, przechodzący przez wodę wapienną próbówki, znaczy swój ślad wyraźnem zmętnieniem. Następne mącą jeszcze silniej. Niema wątpliwości, że z przyrządu wydziela się dwutlenek węgla. Wytwarzają go drożdże w roztworze cukru. Pod koniec doświadczenia muszą zastanowić się uczniowie, co stało się z zawartością kolbki. Widzieli, że burzyła się, wydzielala dwutlenek węgla, pytają więc, czy się zmieniła? Polecamy wyjąć korki, wydobyć kolbki z kąpieli i powąchać zaczyn. Najczęściej stwierdzają, że zapach jest „kwaśny“. Niektórzy, opierając się, być może, na doświadczeniu pozaszkolnem, twierdzą, że zaczyn czuć nieco alkoholem. Powstaje więc prócz dwutlenku węgla i alkohol. Innych prób dla rozpoznania alkoholu nie przeprowadzałem. Obserwacja w myśl zleceń tekstu ćwiczenia jest skończona. Uczniowie mają teraz rozważyć: jakie warunki wywierają wpływ na przebieg zjawiska?

OMÓWIENIE.

Na podstawie obserwowanego przebiegu zjawiska fermentacji będzie to w rozumieniu uczniów proces, w którym drożdże wywołały przekształca-

<sup>1)</sup> Podczas doświadczenia uczniowie wypełniają gazem kilka próbek.

nie cukru gronowego na alkohol<sup>1)</sup> i dwutlenek węgla. Sięgamy po przykłady zastosowań drożdży w życiu codziennym. Przeważnie są one znane z wyrobu pieczywa, o zastosowaniu zaś w gorzelnictwie wiadomości są skąpe. Z rozważań nad przytoczonymi przykładami dochodzą do stwierdzenia, że w jednych wypadkach potrzebny jest dwutlenek węgla — jak przy wypieku chleba, w innych zaś — alkohol. Podajemy do wiadomości uczniów, że zjawisko, które obserwowali, nazywa się fermentacją alkoholową. Wywołują ją drożdże, o ile znajdują odpowiednie podłoże i inne warunki sprzyjające.

Młodzież wie, że ciasto, zaczynione drożdżami i trzymane w cieple — rośnie. Ochłodzone — osiada i nie rośnie. Zbytne ogrzanie sprawia tak zwane zaparzenie ciasta. Stąd wypływa, rozumują uczniowie, że fermentacja alkoholowa wymaga określonych warunków ciepłoty. Zapewne w zbyt niskiej temperaturze lub w zbyt wysokiej ustanie, więc w jakiej temperaturze zjawisko już się rozpocznie i przy jakiej najwyższej temperaturze jeszcze przebiega? Powstają i inne zagadnienia<sup>2)</sup>. Czy przebieg fermentacji będzie taki sam, jeżeli zacząć ją nie od 15° C, lecz od 100° C, chłodząc stopniowo zaczyn do 15° C.? Czy uda się zjawisko na zwykłym cukrze? Poza tem pytają, dlaczego ciasto rośnie, jakkolwiek nie dodawano do niego cukru gronowego? i t. p. Wskutek tych pytań, wysuwanych przez różnych uczniów, poświęciłem osobną dwugodzinną lekcję ćwiczeń, na której każda grupka szukała odpowiedzi na swe pytanie. Miałem w ten sposób 6 grup, pracujących na 6-ciu aparatach.

I grupka	badala	przebieg	zjawiska	od	40° C	wzwyż
II-ga	„	„	„	„	15° C	do 40° C
III-cia	„	„	„	„	z przegotowanymi	i ochłodzonymi drożdżami

<sup>1)</sup> alkohol etylowy.

<sup>2)</sup> Przedstawiam tu w streszczeniu rzeczywisty przebieg dyskusji, przeprowadzonej w szkole.

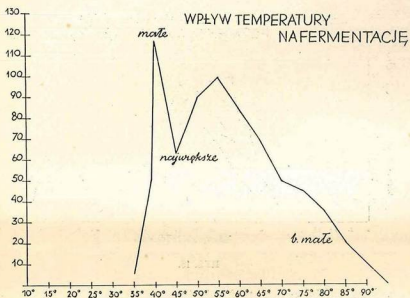
IV grupka	badala	przebieg	zjawiska	z cukrem	zwyklym
V-ta	„	„	„	„	z zaczynem norm., zadany odrobiną kwasu siarkowego
VI-ta	„	„	„	„	z zaczynem norm., jako kontrolnym.

Wyniki tych prób zakomunikowały grupki sobie wzajemnie, a ogół klasy przyjął je jako wiarogodne. Na tej podstawie doszła młodzież do przekonania, że zjawisko fermentacji w pewnej najniższej temperaturze rozpoczyna się, w innej — najwyższej ustaje. Któraś z temperatur pośrednich jest najkorzystniejszą dla fermentacji. Dalej uznała, że drożdże po przegotowaniu tracą własność wzbudzania fermentacji, więc zjawisko jest odwracalne poniżej temperatury maksymalnej. Drożdże, ochłodzone poniżej temperatury minimalnej — własności swych nie tracą. Na podłożu innego cukru np. trzcinowego — działanie drożdży odbywa się. Kwas siarkowy niszczy drożdże. Aby obserwować zmiany przebiegu fermentacji w różnych temperaturach, np. od 15° do 80°, postanowiono obserwować działanie zaczynu normalnego w temperaturze pokojowej (np. 15° C), następnie podwyższać ją, przez ogrzewanie kąpieli, co parę stopni i śledzić, jak intensywnie będzie fermentacja przebiegała. Miarą intensywności miała być przeciętna liczba pęcherzyków powietrza, wydzielanych w minucie w danej temperaturze. Dane trzeba ułożyć w kolumnę np.

temperatura:	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	i t. d.
Liczba										
pęcherzyków:	4	4	6	13	25	40	43	55		

Ponieważ uczniowie umieli na podstawie ćwiczeń z fizyki ujmować wyniki liczbowe graficznie, przeto poleciłem im sporządzić wykres na papierze milimetrowym. Ćwiczenie wykonano sprawnie, nie przewidziano jednak wielu trudności i błędów, wy-

plywających głównie z nieścisłości pomiarów. Wykresy rzuciły szczególnie jaskrawe światło na całość i ciągłość zjawiska, ale odsłoniły też i usterki pracy. Można to wyczytać naprzykład z wykresu I-go (rys. 17), gdzie krzywą o dwóch wierzchołkach uczeń uzupełnia dopiskami: po punkcie temp. 40° „małe“, po 45° „największe“. Stąd widać, że liczby pęcherzyków już zdaniem ucznia nie obrazują należycie ilości wytworzonego gazu, bo słusznie mniema, że 63 pęcherzyków „dużych“, wydzielonych na mi-

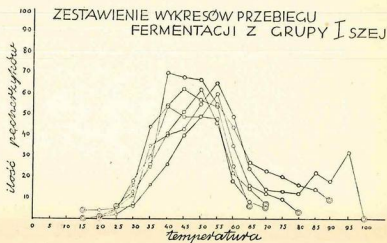


RYŚ. 17.

nutę w temperaturze 45° C, być może, niemniej zawierają gazu niż 117 pęcherzyków „małych“, wydzielonych w temp. 40° C. Tak samo 20 pęcherzyków „bardzo małych“ w temp. 85° może przedstawiać ilość znikomą. Aby wykres dobrze ilustrował zjawisko, należałoby mieć pewność, że pęcherzyki gazu są we wszystkich temperaturach równe (uwzględniając także ciśnienie). Uczeń jednak dopiskami swemi stwierdził, że tak nie jest. Więc wykres jest błędny. Jak błąd naprawić? Mierzyć objętości gazu,

zamiast ilości pęcherzyków. Jak tego dokonać? Rzecz dziwna, uczniowie gubili się w różnych pomysłach pomiarów objętości gazu, trudnych do zrealizowania. Nie wpadli na myśl zastosowania cylindrów miarowych zamiast próbek nawet wtedy, gdy te cylindry stały przygotowane przeze mnie na stole opodal ćwiczących.

Wykres II-gi (rys. 18) przedstawia 6 wykresów, sporządzonych przez 6 grup (połowa klasy). Był on przedmiotem interesującej dyskusji z młodzieżą.



RYŚ. 18.

Poznanie samych drożdży pod mikroskopem, jako utworów jednokomórkowych, mogło nastąpić przed wykonaniem tego ćwiczenia albo też i po niem. W każdym razie, opierając się na niem, musimy uzupełnić wiadomości młodzieży o działaniu drożdży, cytując wyniki badań uczonych, że nie same komórki, jako zorganizowane jednostki, lecz pewna substancja, wyciąg z komórek, ma zdolność wywoływania fermentacji. Jest to enzym, wrażliwy na wpływy temperatury i pewne czynniki chemiczne (np. kwas siarkowy), jak się sami przekonali. Na dowód przytoczyć należy fakt, że wyciąg z drożdży z komórkami zmiażdżonymi działa, dopóki nie poddamy ich szczątków nadmiernemu ogrzaniu.

Dalej zostaje jeszcze omówienie roli enzymu w gospodarce człowieka, a głównie w przemyśle. Nasuwa się pytanie, czy w innych roślinach są też enzymy i jak one w nich działają?

### DOBIERANIE I PORZĄDKOWANIE MATERJAŁU NAUKOWEGO, UJMOWANEGO W POSTACI ĆWICZEŃ W PRACOWNI.

Rozpatrując przebieg ćwiczeń, poświęciłem wiele uwagi trudnościom, które uczeń musi pokonać, oraz omówieniu sposobów ich zwalczania. Mogłoby się więc zdawać, że strona rzeczowa nauczania w takim ujęciu jest zaniedbana na korzyść strony formalnej. Jest jednak inaczej. Przykładałem największą wagę do samodzielnego przerabiania ćwiczeń przez młodzież, ale nie tak dalece, by miało to wpłynąć na uszczuplenie wiadomości, zdobywanych na tej drodze (pozorna strata ilościowa, zysk pod względem jakości).

Uznaję, że nie można pozostawić przypadkowi doboru, kolejności i powiązania wiadomości. Nie może też ich suma spaść poniżej określonego minimum. Z taką myślą układałem powyższe ćwiczenia. Chcę teraz to przedstawić w skrócie jak najtreściwszym, jako wyjaśnienie do załączonej tablicy. Zawiera ona 10 rubryk. Rubryki od 3-ciej do 7-mej ujmują najważniejsze grupy wiadomości; pozostałe spełniają rolę pomocniczą. Tytuły tych rubryk opierają się na zagadnieniach głównych, rozpatrywanych przez młodzież i rozumianych przez nią jako jej własne. Stąd niektóre wydadzą się — w świetle naukowego podziału materiału — nieuzasadnione, n. p. „zielen“, jako tytuł rubryki, wyłączonej z rubryki „komórka“ lub „tkanka“. Z każdego omówionego ćwiczenia wynosi młodzież pewne wiadomości. Wpisujemy do rubryki tylko nowe, powtarzające się pomijamy.

Tablica ta jest przykładem, jak nauczyciel może obmyślać i układać plan ćwiczeń w myśl zasad, przedstawionych w rozdziale o organizacji ćwiczeń.

Jeżeli każdą z kolumn rozważymy z osobna zgóry wdół, np. kolumnę 3-cią „wiadomości o komórce“, to obaczymy w niej dorobek rzeczowy, który po każdym ćwiczeniu stopniowo narasta, pogłębia się i umacnia. Narasta, skoro zważymy, że po 2-gim ćwiczeniu komórka przedstawia się jako oczko, wielobok z nitek, w ćwiczeniu 5-tem jest już bryłą z błony przeźroczystej, w 6-em — przybywa pierwsza wiadomość o jej zawartości t. j. o jądrze, w 7-em komórka jest już bryłą oblonioną, wypełnioną zarodnią i jądrem; w 10-em jest przykładem najpełniejszej komórki, bo poza składnikami dawnymi, są: kryształki, barwny sok komórkowy, ciałka zieleni i ziarna skrobi. Jakże różni się ona od komórki z ćwiczenia 2-go! Nie można jej wprowadzić od razu na miejsce komórki do ćw. 2-go. Zbyt jest złożona, wiele jej elementów ujdzie uwagi ucznia, zrazu niewprawnego w badaniu. Przyjmując porządek, podany w ćwiczeniach, stopniujemy rozmyślnie trudności w ugruntowaniu pojęcia o komórce. (p. uwagi w ćw. 26).

Znajomość komórki pogłębia się i umacnia też stopniowo na licznych przykładach w coraz to nowych ćwiczeniach, w których obok nowej zdobywanej treści (np. plazmoliza w ćw. 20) występuje dawna, za każdym razem coraz lepiej pojmowana i utrwalana. Mając przed oczyma projekt w takiej kolumnie wiadomości o komórce, nauczyciel ze spokojem będzie realizował plan, nie śpiesząc się z wtłoczeniem wiadomości o niej, podawanych głośno i zawczasu (p. ćw. 3). Nauka nic na tem nie ucierpi, jeśli po wykonaniu ćw. 2-go lub 3-go wstrzymamy się z wykładem, który okaże się zrozumiały, a może i zbędny po ćwiczeniu 10-tem. Po ćwiczeniu 2-gim uczeń dowie się reszty własną pracą, przysposabiającą go do przyswajania sobie coraz to większego materiału. Podobne uwagi dotyczą oczywiście i następnych kolumn. Spoglądając na dowolną kolumnę, ujrzymy w niej obraz całości zamierzonego dorobku w danej kwestji, ujęty w postaci



ćwiczeń. W ten sposób treść wszystkich kolumn (3—7), to suma wiadomości, zdobytych na ćwiczeniach.

Układanie planu na wzór powyższy ułatwi pewne przewidywania co do kierunku pracy. Cały szereg nowych zagadnień (kolumna 8) może się wysunąć. Być może, że rubryki okażą się za ciasne, dopisków i wyjaśnień nie zmieści rubryka uwag (10-ta), trzeba stworzyć nowe. Plan wskaże nauczycielowi wporę, jakie fakty naukowe nie objęte, lub niewykonalne w postaci ćwiczeń, należy podać w wykładzie lub demonstracji. Wskaże również miejsce dla lektury popularno-naukowej.

Rubryka 9-ta wskazuje, skąd wzięło się dane zagadnienie na warsztacie, ujawnia więc związek wzajemny ćwiczeń. W niektórych wypadkach ciągłość ćwiczeń przerywa się, niemniej jednak w miarę możliwości utrzymujemy ją nadal. Z tablicy widać, że nieraz dane ćwiczenia wiążą się aż z kilkoma poprzednimi np. 7 i 10.

Spoglądając na kolumny 3—7, nauczyciel widzi zakres materiału do wykonania. Planując go, może przewidzieć, ile mu potrzeba czasu na wykonanie. Zmuszony dokonać wyboru materiału — odda pierwszeństwo takiemu, który nadaje się do wykonania w postaci ćwiczeń, odrzucając inny. Zostawi wreszcie jako niezbędny dla ujęcia całości pewien materiał naukowy, którego nie można ująć laboratoryjnie; względnie można go opracować poza pracownią, np. w ogródku lub na terenach wycieczkowych.

Plan nie będzie w całkowitej zgodzie z wykonaniem. Odchyleń nie da się uniknąć. Trzeba też w miarę posuwania się pracy sporządzać nową tabelę, wypełniając już jej rubryki rzeczywistym, a nie projektowanym tylko dorobkiem. Będzie to dobry obraz i miara zamierzeń i realizacji.

Przeгляд doboru i zakresu materiału podług tabeli rzuca też światło na wartość monograficznego traktowania materiału. Z poniższej tabeli widzimy, że nawet w tak szczupłym zakresie trzykrotka nie wystarcza, pomagamy sobie innymi roślinami.

Nie przemawia to jednak na niekorzyść prób monograficznego ujęcia. Wskazuje raczej na to, że każdy organizm, monograficznie ujęty w szkole, powinien, na wzór tabeli, dać możliwie sporo materiału. Gdy ten warunek spełni, stanie się organizmem przewodnim, inne wciągniemy jako tło, dla uzupełnienia treści kolumn. Zapobiegniemy w ten sposób kalejdoskopowemu charakterowi obrazów i przeżyć, które wynosiłby uczeń, gdyby nie stosować monografji chociażby w tak uszczuplonym zakresie, jak w przykładzie trzykrotki.

Tabela nie przedstawia jeszcze całości materiału naukowego, wybranego dla danej klasy. Nie miałem zamiaru przedstawić takiej całości. Chciałem tylko na tym przykładzie wskazać, jak dobierać, porządkować i ustalać zakres materiału do przerobienia w pracowni.

---

27/00

4180

4/88

to/10



PEDAGOGICZNA BIBLIOTEKA

RP 2117