

# 1. ATMOSFERA – CZYNNIKI KLIMATYCZNE

Jest wiele powodów, dla których prowadzimy badania atmosfery. W naszym codziennym życiu chcemy znać temperaturę powietrza, aby podjąć decyzje o rodzaju ubrania, które chcemy założyć; czy wychodząc z domu musimy zabrać ze sobą parasol lub też czy musimy nałożyć kapelusz i okulary, aby chronić się przed ultrafioletowym promieniowaniem Słońca. Rolnicy chcieliby wiedzieć, czy uprawy na ich polach otrzymają wystarczającą ilość opadów. Miejscowości utrzymujące się z narciarstwa zainteresowane są prognozami opadu śniegu. Prognozy pogody są szeroko wykorzystywane w transporcie powietrznym, morskim i lądowym. Lokalizowanie stref zagrożenia w atmosferze pozwala pilotom samolotów omijać niebezpieczne strefy i dzięki temu podróże lotnicze stają się bardziej bezpieczne. Ponadto wiedza na temat silnego wiatru w wyższych warstwach atmosfery pozwala na wybór bardziej ekonomicznej trasy lotu. Długookresowe prognozy pogody są wykorzystywane przez elektrociepłownie, które z odpowiednim wyprzedzeniem zwiększają lub zmniejszają produkcję energii w zależności od prognozowanych zmian temperatury powietrza. Mieszkańcy terenów narażonych na ataki cyklonów tropikalnych chcieliby wiedzieć, ile takich cyklonów może pojawić się w danym roku. Prawie każdy chciałby wiedzieć, jaka pogoda będzie w przyszłości – nie tylko jutro, za tydzień, ale nawet za pół roku lub za dziesięć lat. Naukowcy prowadzący badania atmosfery zajmują się nie tylko dniem dzisiejszym, lecz chcieliby również określić, jaka będzie pogoda w przyszłości. Aby lepiej prognozować pogodę, muszą poznać dokładnie przyczyny jej zmian. Ze względu na trudności w prowadzeniu badań ciągle zbyt mało wiemy o procesach zachodzących w atmosferze. Wynika to z niepowtarzalności pogody i jej nieustających zmian. Nie istnieje możliwość przebadania zjawisk meteorologicznych kilkakrotnie, tak jak w laboratorium fizycznym, ponieważ na pozór podobnie przebiegające w czasie procesy pogodowe różnią się wieloma szczegółami. W meteorologii laboratorium badawczym jest cała atmosfera, co sprawia ogromne trudności w wykonywaniu eksperymentów naukowych. Zjawiska atmosferyczne mają często bardzo lokalny charakter, dlatego tak istotne jest, aby pomiary meteorologiczne były wykonywane w gęstej sieci stacji. Liczba stacji, w których mierzy się parametry pogody jest zbyt mała, aby opisać i zbadać większość zjawisk meteorologicznych i dlatego celowe jest rozbudowywanie sieci pomiarowej.

Pod pojęciem pogody rozumiemy to, co się dzieje w atmosferze w dniu dzisiejszym, jutrzejszym, a nawet w przyszłym tygodniu, na określonym terenie.

Pod pojęciem klimatu rozumiemy stan atmosfery, którego możemy się spodziewać w dłuższym okresie na podstawie danych zgromadzonych przez kilkadziesiąt lat. Na przykład w pewnym mieście aktualna temperatura powietrza może wynosić 25°C (to jest element pogody), lecz jeśli spojrzymy na dane z pomiarów w ciągu ostatnich 30 lat, to stwierdzimy że średnia temperatura w poszczególnych dniach w tym mieście wynosi 18°C (to jest element klimatu). Pod pojęciem klimatu należy rozumieć nie tylko średni stan atmosfery, ale i zmiany pogody, które są nieodłącznym jego elementem.

Kiedy podejmiemy studia nad historią klimatu Ziemi, stwierdzimy, że temperatura powietrza i opady w danym regionie podlegały zmianom. Na przykład, zdjęcia satelitarne dostarczają dowodów na to, że w przeszłości potężne rzeki przepływały przez Saharę. Wiemy również o tym, że dawniej pokrywa lodowa pokrywała część Afryki, a płytkie morze zalewało niektóre regiony Stanów Zjednoczonych. Wszystko to wydarzyło się w czasach, kiedy w tych miejscach nie było jeszcze ludzi, a więc zmiany były spowodowane przez czynniki naturalne.

Atmosfera ziemską jest cienką powłoką gazową składającą się w 79% z azotu, 20% tlenu oraz 1% innych gazów (w tym pary wodnej i dwutlenku węgla). Atmosfera jest systemem bardzo aktywnym, toteż każda zachodząca w niej zmiana w jednej części świata może być przyczyną zmian w innej części globu. Spalanie paliw kopalnych, takich jak węgiel kamienny i brunatny, ropa naftowa czy gaz ziemny prowadzi do emisji dwutlenku węgla i ciągłego wzrostu jego zawartości w powietrzu. Wielu uczonych jest przekonanych, że może to być przyczyną globalnego ocieplenia. Nie brak jednak głosów, że podczas spalania paliw dostające się do atmosfery aerozole mogą lokalnie łagodzić bądź też potęgować efekt cieplarniany. Obecnie naukowcy dochodzą do wniosku, że rola aerozoli w procesach pogodowych może być dużo większa niż dotychczas sądzono. Aerozole zmniejszają ilość dochodzącego do ziemi promieniowania słonecznego, ale i odgrywają kluczową rolę w rozwoju zachmurzenia. W związku z tym istotne stają się dokładne obserwacje stopnia zachmurzenia oraz rodzaju chmur. Spalanie paliw kopalnych jest źródłem emisji innych gazów, takich jak dwutlenek siarki, tlenki azotu. Obecność tych gazów w atmosferze prowadzi z kolei do zakwaszenia opadów, co wywiera wpływ na świat roślinny i zwierzęcy, zasoby wodne, gleby i budowle. Pomimo to, że klimat ziemski podlega naturalnym zmianom, należy pamiętać, że ludzkość dysponuje potencjałem mogącym przyspieszyć tempo tych naturalnych zmian. Konsekwencje zmian klimatu mogą być odczuwalne, praktycznie rzecz biorąc, przez każdą żywą istotę na Ziemi. Wzajemne porozumienie i współpraca międzynarodowa odgrywa kluczową rolę w zapobieganiu skutkom potencjalnych zmian klimatu.

## SCENARIUSZ 1.1. Obserwowanie, opisywanie i identyfikowanie chmur

### **Poziom nauczania:**

*Gimnazjum*

### **Przedmioty**

*Geografia, fizyka, ekologiczna ścieżka edukacyjna*

### **Cele edukacyjne**

*Umożliwienie uczniom prowadzenia obserwacji chmur;*

*opisywania ich prostym językiem oraz porównywania tych opisów z oficjalnymi nazwami chmur*

### **Główne zagadnienia**

*Obserwacje pogody*

*Rozpoznawanie chmur na podstawie ich kształtu, wysokości występowania oraz cech i rodzaju powstającego z nich opadu*

Zmiany stanów skupienia wody

### **Krótki opis**

Uczniowie będą obserwować chmury i określać ich kształty, a następnie je szkicować. W fazie początkowej ich opisy będą subiektywne, później zaczną używać języka naukowego. Będą starać się skorelować własne opisy z klasyfikacją 10 podstawowych rodzajów chmur. Każdy uczeń utworzy swój własny poradnik do rozpoznawania chmur.

### **Czas trwania zadania**

Zajęcia można powtarzać w dni, w których pojawią się inne rodzaje chmur

### **Literatura pomocnicza**

- Kajetanowicz Z., *Zarys meteorologii*, PWN, Warszawa, 1964
- Molga M., *Meteorologia rolnicza*, PWRiL, Warszawa, 1966
- Międzynarodowy Atlas Chmur*, IMGW, 1956
- Radomski C., *Agrometeorologia*, PWN, Warszawa, 1977
- Roth G. D., *Pogoda i klimat*, Prószyński i S-ka, Warszawa, 1998
- Woś A., *Meteorologia dla geografów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1996

## **1.1.1. WPROWADZENIE**

### **Chmury**

Woda w atmosferze występuje pod postacią gazu (para wodna), cieczy (krople deszczu lub kropelki chmur), lub w stanie stałym (kryształki lodu lub zamrożony deszcz). Podobnie jak większość gazów budujących atmosferę, para wodna jest niewidoczna gołym okiem. Jednakże, w przeciwieństwie do innych gazów, w określonych warunkach para wodna może przekształcić się w ciało stałe lub płynne. Jeżeli temperatura powietrza jest wyższa od 0°C, w wyniku kondensacji powstają kropelki wody. Jeżeli temperatura spadnie poniżej -10°C, co ma miejsce na dużych wysokościach, pojawiają się kryształki lodu. Gdy temperatura powietrza jest nieznacznie niższa od zera, to wskutek kondensacji powstają kropelki przechłodzonej wody. Wynika to z małej ilości aerozolu w chmurach, który umożliwia zamrażanie małych kropelek wody. Chmury są więc dostrzegalnym wzrokowo zgrupowaniem mnóstwa kropelek wody lub kryształków lodu.

To, jakie rodzaje chmur widzimy w danym momencie, zależy od pogody. Niektóre z nich powstają jedynie przy słonecznej pogodzie, inne powodują opad lub burzę. Obecność danego rodzaju chmur jest informacją o pionowych ruchach powietrza na różnych wysokościach. Chmury są bardzo dobrym wskaźnikiem tego, co w danym czasie dzieje się w atmosferze. Ich występowanie często ma pewien uporządkowany w czasie scenariusz, dlatego na podstawie obserwacji aktualnego zachmurzenia oraz jego zmian w ciągu ostatnich godzin jesteśmy w stanie prognozować pogodę. Musimy być w tym zawsze bardzo ostrożni pamiętając, że takie same warunki pogodowe dwa razy się nie zdarzają, a obserwowany rozwój zachmurzenia może wskazywać na możliwość zajścia pewnych zmian warunków atmosferycznych.

Każdy jest świadomy istnienia chmur, nie każdy jednak zdaje sobie sprawę z ich znaczenia dla kształtowania się pogody. Chmury są jednym z warunków powstawania opadów, wpływają na ilość energii słonecznej pochłanianej przez Ziemię, stanowią warstwę izolacyjną między powierzchnią Ziemi a niskimi warstwami atmosfery. W każdym dowolnym momencie około połowy powierzchni Ziemi pokryte jest chmurami. Chmury odbijają część promieniowania słonecznego dochodzącego do Ziemi, schładzając w ten sposób powierzchnię planety (w porównaniu ze stanem, gdyby ich nie było). W tym samym czasie chmury absorbują część energii promieniowania ziemskiego i „oddają” je powierzchni Ziemi, co z kolei czyni ją cieplejszą (w porównaniu z sytuacją, gdyby chmur nie było). Wpływ chmur na pogodę zależy od wielu ich parametrów. Należą do nich: wysokość, na której znajduje się chmura, jej grubości oraz zawartość produktów kondensacji pary wodnej. Chmury złożone z dużych kropelek mają zasadniczo inne właściwości optyczne niż składające się z bardzo dużej ilości małych kropelek.

Z tego powodu dużą wartość naukową mają wnikliwe obserwacje zachmurzenia oraz jego zmian zarówno w czasie, jak w przestrzeni.

### **Pytania do dyskusji:**

Dowiedz się, jaka jest średnia liczba dni słonecznych w każdym miesiącu w Twojej miejscowości, jak również, jaka jest średnia temperatura powietrza w poszczególnych miesiącach. Co uczniowie sądzą o wpływie liczby słonecznych dni na temperaturę powietrza na tym terenie (wyższa, niższa?).

### **Obserwacje chmur**

Warunkiem skutecznego przewidywania pogody jest prowadzenie dokładnych i regularnych obserwacji zjawisk meteorologicznych. Ludzkie oko jest jednym z najlepszych (i najtańszych) przyrządów do obserwacji pogody. Wiele informacji, które posiadamy o pogodzie, pochodzi z bezpośrednich obserwacji dokonywanych przez ludzi w ciągu tysięcy lat. Jakkolwiek umiejętność identyfikowania rodzajów chmur jest cenna sama w sobie, to jednak regularne obserwowanie chmur i zestawianie wyników obserwacji z typem pogody w danym momencie, pozwoli uczniom wychwycić związki między zachmurze-

### **Środki dydaktyczne**

Atlas chmur; zdjęcia chmur; notatnik, literatura pomocnicza na temat chmur; aparat fotograficzny

### **Przygotowanie**

Wyszukać odpowiednie pozycje literatury odnoszące się do chmur

### **Umiejętności**

Obserwowanie i opisywanie pojawiających się chmur  
Identyfikowanie podstawowych 10 rodzajów chmur  
Szacowanie wysokości, na jakiej występuje dany rodzaj chmur  
Zapisywanie i porządkowanie danych odnoszących się do chmur

niem a pogodą. Jeżeli rozpoznamy dany rodzaj zachmurzenia, możemy przewidzieć typ pogody w najbliższej przyszłości. Tych wszystkich związków nie będziemy tu opisywać, gdyż istnieje wiele książek, które mogą pomóc uczniom zrozumieć te zależności. Zapraszając na lekcję meteorologa z najbliższej stacji meteorologicznej możemy być pewni, że zainteresuje on uczniów związkami między rodzajem zachmurzenia a przebiegiem pogody.

W tym fragmencie procesu dydaktycznego proponujemy uczniom, aby dokładnie przyjrzeni się chmurom, naszkicowali je i opisali własnymi słowami, bez używania określeń fachowych. Tę czynność można wielokrotnie powtarzać w te dni, kiedy występuje inny rodzaj zachmurzenia. Można sobie pozwolić na działania spontaniczne i wyprowadzać uczniów z klasy w każdej sytuacji, w której pojawi się nowy rodzaj chmur. Po pewnym czasie, dzięki takim działaniom, uczniowie poznają rodzaje chmur. Jeżeli jednak nie mamy możliwości częstego wychodzenia z klasy, takie obserwacje możemy prowadzić również przez okno.

### Rozpoznawanie i klasyfikacja chmur

Będziemy oznaczać dziesięć najbardziej popularnych rodzajów chmur. Ich nazwy tworzone są na podstawie trzech parametrów: kształtu, wysokości, na której się pojawiają, oraz faktu, czy powstaje z nich opad.

1. Wyróżniamy trzy podstawowe kształty chmur: *cumulus* (kłębiaste), *stratus* (warstwowe), *cirrus* (pierzaste).

2. Chmury pojawiają się na różnych wysokościach – umownie wydzielono trzy piętra, biorąc pod uwagę wysokość podstawy chmur.

Chmury wysokie, występujące na wysokości ponad 6000 m, określane jako „cirrus” lub „cirro-” (*cirrus*, *cirrocumulus*, *cirrostratus*)

Chmury średnie na wysokości (2000–6000 m) oznaczono przedrostkiem „alto-” (*altocumulus*, *altostratus*)

Do chmur niskich (poniżej 2000 m) zaliczamy: *stratus*, *nimbostratus*, *cumulus*, *stratocumulus*, *cumulonimbus*

Uwaga: Chmury *cumulus* i *cumulonimbus* mogą mieć podstawę na wysokości mniejszej niż 2000 m, jednak ze względu na swoją dużą rozciągłość pionową mogą sięgać do piętra średniego, a nawet wysokiego. Określane są one mianem „chmur rozwoju pionowego”.

Chmury, w nazwie których znajduje się przedrostek „nimbus” lub „nimbo-” są chmurami przynoszącymi opad.

### Identyfikacja chmur

Oto kilka wskazówek, które będą pomocne w identyfikowaniu chmur.

Chmury w postaci delikatnych włókien, pasm lub ławic, występujące wysoko na niebie, to chmury *cirrus*. Jeżeli taki *cirrus* składa się z kłębów, ziaren i zmarszczek, nazywamy go *cirrocumulusem*. Jeżeli natomiast jest to cienka biaława zasłona o gładkim lub włóknistym wyglądzie, mówimy o *cirrostratusie*.

Chmury piętra średniego nazywa się z użyciem przedrostka „alto-”. Jeśli są warstwowe, nazywamy je *altostratussem*. Jeżeli natomiast są kłębiaste, nazywamy je *altocumulusem*.

Chmury, które powstają na niskich wysokościach (poniżej 2000 m), należą do rodzaju *cumulus* albo rodzaju *stratus*. *Cumulusy* są chmurami kłębiastymi. *Stratusy* natomiast występują pod postacią mglistej, szarej i prawie jednostajnej warstwy, pokrywającej zazwyczaj znaczne połacie nieba.

Chmury niskie, ciemne, z których w danej chwili pada deszcz, to „nimbus”. *Nimbostratusy* zakrywają całe niebo, są tak grube, że przesłaniają Słońce, dają z reguły ciągły opad. Są one bardziej rozległe w wymiarze poziomym niż w pionowym. Opad związany z *nimbostratussem* na ogół jest mało lub średnio intensywny, występuje na dużym obszarze i jest długotrwały. *Cumulonimbus* ma ciemną podstawę, rozległy kłębiasty pióropusz, często w kształcie kowadła. Daje on intensywny opad, któremu towarzyszą zwykle pioruny i błyskawice.

### Korzystanie z fotografii

Nietrudno będzie znaleźć fotografie chmur w książkach, pismach i na planszach. Na pewno jednak dużą radość sprawi uczniom wykonywanie własnych zdjęć. Te zajęcia można wprowadzić po realizacji etapów wcześniejszych, tj. opisywania własnymi słowami i szkicowania obserwowanych chmur. Zaprezentowanie zdjęć video pokazujących chmury w ruchu stworzy uczniom nową perspektywę poznawania procesu formowania się chmur. Jeżeli nauczyciel ma dostęp do tego typu materiałów, warto je wykorzystać.

#### 1.1.1. OPIS SPOSOBU PROWADZENIA ZAJĘCIA

##### Część 1: Opisywanie chmur własnymi słowami

1. Łączymy uczniów w pary i wysyłamy na zewnątrz w celu obserwowania chmur. Każdy z uczniów powinien narysować dość dokładny szkic chmury. Jeżeli na niebie jest kilka rodzajów chmur, należy naszkicować każdy z nich na odrębnej stronie w notatniku.

2. Uczniowie powinni odnotować dokładny czas i datę obserwacji, a obok rysunku dokonać opisu chmury. Mogą używać tylu słów, ilu potrzebują do opisanego wyglądu chmur. Należy podkreślić, że w trakcie opisywania nie ma określeń dobrych i złych – mogą używać dowolnych słów, jeżeli tylko uznają, że są one odpowiednie do opisu.

Niektóre możliwe odpowiedzi uczniów:

*Wielkość:* mała, duża, (czasem użyte zostaną takie określenia jak ciężka, lekka, gęsta, gruba)

*Kształt:* puszysta, kosmata, włóknista, poszarpana, gładka, wystrzępiona, pstra, wyglądająca jak ...

*Kolor:* szara, czarna, biała, srebrzysta, mleczna

*Określenia:* burzowa, groźna, piękna, rozrastająca się, mglista, porozrywana, poruszająca się, ponura, mroczna, kłębiąca się, wirująca, prążkowana i in.

3. Po powrocie do klasy pary powinny się z powrotem połączyć w celu porównania swoich opisów. Następnie należy poprosić każdą czteroosobową grupę, aby sporządziła zbiorczą „grupową listę” wszystkich słów użytych do opisu każdego rodzaju chmury. Uczniowie powinni dokonać selekcji słów i wybrać te, które ich zdaniem najlepiej nadają się do opisu danego rodzaju chmury.

4. Korzystając z *Atlasu chmur* (lub zdjęć dołączonych do przewodnika), uczniowie powinni porównać swoje szkice z zawartymi tam fotografiami i przyporządkować „swoją” chmurę do określonego rodzaju. Na marginesie swojego rysunku zapisują naukową nazwę danej chmury.

## **Część 2: Porównywanie własnych opisów z opisami oficjalnymi**

1. Kiedy uczniowie zgromadzą już wiele opisów chmur, przeprowadzamy w klasie dyskusję. Czteroosobowy zespół uczniów na tablicy rysuje chmurę i zapisuje słowa używane do jej opisu. Jeżeli przedmiotem obserwacji były różne rodzaje chmur, każda grupa zajmuje się jednym wybranym rodzajem. Można poprosić uczniów z innych grup, aby dodawali swoje słowa użyte do opisu tego rodzaju chmury. Następnie uczniowie grupują słowa w zbiory o podobnym znaczeniu i nazywają specyficzne cechy chmur (takie jak rozmiar, kształt, kolor, wysokość i inne), które odnoszą się do danego zbioru.

2. Prosimy uczniów o zapisanie „oficjalnej” nazwy chmury naszkicowanej przez nich na tablicy. Przy okazji jeszcze wyjaśniamy, że system klasyfikacji chmur opiera się na trzech podstawowych cechach, tj: kształcie, wysokości występowania i opadzie, który niosą. Porównujemy ten system klasyfikacji z systemem utworzonym przez uczniów. Które cechy chmur wystąpiły (lub nie wystąpiły) w każdym z tych systemów? Zadaniem uczniów jest opisanie własnymi słowami czterech podstawowych rodzin chmur: *stratus* (warstwowe), *cumulus* (kłębiaste), *cirrus* (pierzaste), *nimbus* (deszczowe).

3. Czynności obserwacji, szkicowania i opisywania różnych rodzajów chmur można powtarzać w kolejnych dniach, w miarę pojawiania się nowych chmur. Może to być również praca domowa zadana uczniom. Uczniowie w swoim notatniku powinni naszkicować, na oddzielnych stronach, każdy rodzaj obserwowanych chmur. Nazywając je, mogą tam używać równolegle zarówno terminów „oficjalnych”, jak i swoich własnych.

## **Różne zakresy zajęć**

Uczniowie mogą opisywać tylko cechy podstawowych rodzajów chmur – *cirrus*, *cumulus* i *stratus*. Mogą również określać ich wysokość w kategoriach – niskie, średnie, wysokie; a także kształt – małe, wielkie; oraz kolor – białe, szare lub czarne. Lub też mogą formułować zależności między występowaniem określonego rodzaju chmur, a przebiegiem pogody w danej chwili. Mogą oni również próbować określić prawidłowości w pojawianiu się rodzajów chmur w ciągu kilku dni i wymienić czynniki wpływające na ich formowanie się.

Zajęcia tego typu stwarzają możliwość współpracy nauczycieli różnych przedmiotów, np. geografii, zajęć plastycznych i literatury. Pozwoli to opisywać chmury z zupełnie innej perspektywy, niekoniecznie ściśle naukowej.

## **Poszerzanie zakresu zajęć**

Oto kilka propozycji rozwinięcia tematu proponowanego w scenariuszu:

1. Badanie korelacji między wiatrem a chmurami;
2. Sporządzanie wykresów przedstawiających kierunki wiatrów i ich prędkość, w powiązaniu z obserwowanymi rodzajami chmur;
3. Wyjaśnianie związków między cyklem hydrologicznym a warunkami atmosferycznymi;
4. Posługiwanie się lornetką w celu obserwowania chmur i procesu ich formowania się. Korzystanie z map topograficznych, zawierających charakterystyczne elementy krajobrazu, w celu pomiaru prędkości przemieszczania się chmur;
5. Badanie korelacji pomiędzy chmurami, a porą obserwacji w ciągu dnia (w okresie letnim);
6. Znajdowanie związku między rodzajem chmur a typem opadu i jego zmianami czasowymi (opad ciągły, przelotny).

Można także zaproponować uczniom zabawę:

Gra w chmury 1: Uczniowie tworzą zestaw 10 kart, o wymiarach 5 x 10 cm, zawierających nazwy 10 rodzajów chmur. W drugim zestawie znajdują się karty z ilustracjami przedstawiającymi podstawowe rodzaje chmur. Zabawa polega na przyporządkowywaniu kart z nazwami do kart z ilustracjami.

Gra w chmury 2: Zespoły uczniowskie wymyślają pytania dotyczące cech poszczególnych rodzajów chmur – ich wyglądu, kształtu, wysokości. Na podobnych kartach zamieszczają sformułowania będące odpowiedzią na pytanie, jaki to rodzaj chmur?

## **SCENARIUSZ 1.2. Szacowanie stopnia zachmurzenia: symulacja**

### **Poziom nauczania**

Gimnazjum

### **Przedmioty**

Matematyka, geografia, ekologiczna ścieżka edukacyjna

### **Cele edukacyjne**

Przygotowanie uczniów do wykorzystania wiedzy matematycznej do rozwiązywania problemów z zakresu różnych

dziedzin życia codziennego.

Stworzenie uczniom warunków do zrozumienia trudności związanych z wizualnym szacowaniem wielkości zachmurzenia określanego procentowo; ćwiczenie umiejętności szacowania stopnia zachmurzenia z użyciem odpowiednich arkuszy papieru; ocenianie dokładności oszacowań.

### Główne zagadnienia

Umiejętność stosowania procentów i ułamków  
Zastosowanie symulacji do wyjaśniania dokładności obserwacji

### Krótki opis

Uczniowie, pracując parami, posługując się odpowiednimi arkuszami papieru, będą szacować stopień zachmurzenia. Będą oni oceniać stopień zachmurzenia w procentach i odpowiednio przyporządkowywać je do jednej z wcześniej wyróżnionych klas

### Czas trwania zadania

Jedna godzina lekcyjna

### Środki dydaktyczne

Notatnik  
Arkusze kolorowego papieru, po jednym białym i niebieskim dla każdego ucznia  
Klej lub taśma samoprzylepna

### Przygotowanie

Zaznajomienie uczniów z systemem klasyfikacji stopnia zachmurzenia  
Znajomość ułamków i procentów

### Umiejętności

Szacowanie symulacyjnej pokrywy chmur  
Komunikowanie się z wykorzystaniem języka matematyki  
Porządkowanie danych w tabelach

### Literatura pomocnicza

Molga M., *Meteorologia rolnicza*, PWRiL, Warszawa, 1966  
Petterssen S., *Zarys meteorologii*, PWN, Warszawa, 1964  
Radomski C., *Agrometeorologia*, PWN, Warszawa, 1977  
Roth G. D., *Pogoda i klimat*, Prószyński i S-ka, Warszawa, 1998

## 1.2.1. WPROWADZENIE

Zachmurzenie jest jednym z ważniejszych parametrów pogody, który charakteryzuje ruchy pionowe w atmosferze. Jest wizualnym wskaźnikiem procesów zachodzących w powietrzu. Chmury ograniczają promieniowanie słoneczne dochodzące do powierzchni Ziemi. Na skutek tego temperatura powietrza w dzień pochmurny jest niższa w porównaniu z dniem, gdy chmur nie ma. Jednocześnie chmury chronią przed silnym ochłodzeniem się powierzchni ziemi w nocy, zatrzymując promieniowanie ziemskie. Stopień oddziaływania na temperaturę powietrza zależy od wysokości chmur oraz stopnia zachmurzenia nieba.

Nie ma dotychczas przyrządów do pomiaru zachmurzenia, dlatego niezastąpionym przyrządem staje się oko człowieka. Jednak nawet doświadczeni obserwatorzy miewają kłopoty z procentowym określaniem stopnia zachmurzenia. Najczęściej wynika to z faktu, że większość ludzi ma tendencję do niedoszacowania wielkości powierzchni znajdującej się między obiektami, czyli w naszym przypadku, między chmurami. Uczniowie będą mieli możliwość samodzielnie doświadczyć tego błędu w postrzeganiu rzeczywistości, określić jego znaczenie w pracy obserwacyjnej, a także wypracować odpowiednie strategie służące doskonaleniu dokładności obserwacji. Przyjmujemy zasady klasyfikacji zachmurzenia przedstawione w tabeli poniżej.

Klasa zachmurzenia	Opis
bezczmurne	nie ma chmur, zachmurzenie 0%
zachmurzenie małe	chmury zajmują do 20% całej powierzchni
zachmurzenie umiarkowane	chmury zajmują od 20 do 80% całej powierzchni
zachmurzenie duże	chmury zajmują więcej niż 80% całej powierzchni

## 1.2.2. OPIS SPOSOBU PROWADZENIA ZAJĘCIA

Wyjaśniamy uczniom cel ćwiczeń, którym jest symulowanie pokrywy chmur i szacowanie stopnia pokrycia nieba przez chmury, występujące w postaci białych skrawków papieru na niebieskim tle. Objaśniamy uczniom czynności, krok po kroku, tak jak to jest zapisane w punktach 3–6.

1. Każdy uczeń otrzymuje: arkusz jasnoniebieskiego papieru, arkusz białego papieru, podzielonego na 10 kawałków o jednakowej powierzchni, notatnik, klej lub taśmę samoprzylepną.

2. Uczniowie pracują parami.

3. Każda para uczniów określa procent powierzchni, którą chcą pokryć chmurami, przy czym ów procent należy podawać w zaokrągleniu do pełnych dziesiątek (np. 10%, 20%, 30%,...90%). Uczniowie zachowują w tajemnicy przed innymi wybraną wielkość.

4. Każda para pracuje oddzielnie. Z arkusza białego papieru wycina fragment odpowiadający wybranej powierzchni. Jeżeli np. dana para uczniów wybrała 30% pokrycia nieba, odcina trzy odcinki z arkusza papieru białego.

5. Następnie uczniowie drą te wybrane wycinki na małe nieregularne kawałki, które mają imitować chmury.

6. Te białe nieregularne kawałki przyklejają w różnych miejscach na arkuszu papieru niebieskiego.

7. Uczniowskie pary odwiedzają swoich kolegów i próbują określić w procentach stopień pokrycia nieba przez chmury na ich arkuszach papieru. Próbuje również dokonać klasyfikacji pokrycia nieba przez chmury zgodnie z przyjętym podziałem: „bezchmurne”, „zachmurzenie małe”, „zachmurzenie umiarkowane”, „zachmurzenie duże”. Uzyskane wyniki zapisują w swoich notatnikach, w tabelkach podobnych do zamieszczonych poniżej.

*Tabela ATM-1 (przykład)*

Imiona	Oszacowane zachmurzenie w %	Klasa zachmurzenia
Janek i Alicja	10	małe
Krzyś i Ewa	70	umiarkowane

*Tabela ATM-2*

Imiona	Zachmurzenie rzeczywiste w %	Niedoszacowanie (liczba wskazań)	Sklassyfikowane poprawnie (liczba wskazań)	Przeszacowanie (liczba wskazań)
Janek i Alicja	50	4	5	12

8. Kiedy uczniowie skończą szacowanie stopnia zachmurzenia, na tablicy rysujemy tabelę (ATM-2), do której wpisujemy wartości rzeczywiste i pochodzące z oszacowań uczniów.

*Tabela ATM-3*

Imiona	Poprawna klasyfikacja	Sklassyfikowana zbyt mała pokrywa chmur	Sklassyfikowana poprawna pokrywa chmur	Sklassyfikowana zbyt duża pokrywa chmur
Janek i Alicja	umiarkowane	4	9	8

9. Na tablicy szkolnej konstruujemy następną tabelę (ATM-3), w której zapisujemy liczbę poprawnych i niepoprawnych klasyfikacji.

10. W klasie przeprowadzamy dyskusję na temat dokładności naszych obserwacji.

### **Pytania do dyskusji**

Które obserwacje były dokładniejsze – czy te, które odnosiły się do procentowego określenia stopnia zachmurzenia, czy też odnoszące się do przyporządkowywania do jednej z czterech klas zachmurzenia? Gdzie pojawiały się największe błędy? Czy w klasie pojawiła się tendencja do niedoszacowania lub przeszacowania pokrywy chmur? Które czynniki wpływają na dokładność oszacowań (np. kształt chmur, ich zgrupowanie w jednym miejscu na niebie, procent pokrycia nieba przez chmury)? Czy uczniowie mieli odczucie, że szacowanie zachmurzenia wymaga pewnego talentu, czy też można się tego wyuczyć? W jakich innych sytuacjach umiejętność takiej przestrzennej symulacji mogłaby być użyteczna? Który przedział klasyfikacyjny był dla uczniów najtrudniejszy (najłatwiejszy) do zidentyfikowania? Jakie przyjęte przez uczniów strategie działań pomogły im odnieść sukces?

## **SCENARIUSZ 1.3. Klasyfikacja chmur**

### **Poziom nauczania**

*Gimnazjum*

### **Przedmioty**

*Matematyka, geografia, ekologiczna ścieżka edukacyjna*

### **Cele edukacyjne**

*Przyswajanie przez uczniów języka matematycznego, dostrzeganie oraz formułowanie wniosków, rozwiązywanie i dyskutowanie problemów*

*Przygotowanie uczniów do wykorzystania wiedzy matematycznej do rozwiązywania problemów z zakresu różnych dziedzin oraz życia codziennego*

*Nauczenie się ilościowej oceny dokładności klasyfikacji oraz szkolenie umiejętności rozpoznawania chmur*

### **Główne zagadnienia**

*Zbieranie, porządkowanie i przedstawianie danych  
Porządkowanie świata przyrody przy pomocy klasyfikacji  
Ilościowe określenie dokładności systemów klasyfikacji  
Stopień dokładności oceny*

### **Krótki opis**

*Na podstawie wiedzy zdobytej podczas realizacji scenariusza „Obserwowanie, opisywanie i identyfikowanie chmur” uczniowie podzielą chmury na trzy klasy: cirrusy, stratusy*

i cumulusy. Następnie porównają swoje wyniki z zestawem przygotowanych odpowiedzi i stworzą matrycę różnic i błędów. Na zakończenie uczniowie przedyskutują, w jaki sposób zrozumienie popełnianych pomyłek na podstawie matrycy różnic/błędów poprawia dokładność oceny.

#### **Czas trwania zadania**

Jedna jednostka lekcyjna

#### **Środki dydaktyczne**

Zestaw zdjęć chmur

Instrukcja dla uczniów

#### **Przygotowanie**

Powielić instrukcję dla uczniów, dla każdej grupy ćwiczeniowej

#### **Umiejętności**

Klasyfikowanie chmur

Ocenianie dokładności klasyfikacji

Analizowanie danych

Znajdowanie kryteriów decyzji dla systemu klasyfikacji

Zbieranie danych i ich interpretacja

Budowanie i analizowanie matrycy różnic/błędów dokładności klasyfikacji

Wspólne rozwiązywanie problemów w celu wybrania dokładnych rozwiązań

#### **Uwarunkowania**

Ćwiczenia obejmujące podstawy klasyfikacji, doświadczenie ze scenariusza „Obserwowanie, opisywanie i identyfikowanie chmur”

#### **Literatura pomocnicza**

Encyklopedia Wiedzy i Życia, *Atmosfera i Oceany*, Wiedza i Życie, Warszawa, 1991

Greenler R., *Tęcze, glorie i halo*, Prószyński i S-ka

*Międzynarodowy Atlas Chmur*, IMGW, Warszawa, 1956

Molga M., *Meteorologia rolnicza*, PWRiL, Warszawa, 1966

Petterssen S., *Zarys meteorologii*, PWN, Warszawa, 1964

Roth G. D., *Pogoda i klimat*, Prószyński i S-ka, Warszawa, 1998

Poznaj z nami, *Pogoda*, wydawnictwo CIBET, Warszawa, 1998

Radomski C., *Agrometeorologia*, PWN, Warszawa, 1977

### **1.3.1. WPROWADZENIE**

Badając środowisko dokonujemy klasyfikacji tworzących je elementów, takich jak np.: roślinność, gleby czy zwierzęta. Chociaż klasyfikacje te mają charakter arbitralny, jednakże pomagają w jakimś stopniu uporządkować i zrozumieć świat przyrody. Istnieje wiele różnych metod, według których możemy sklasyfikować interesujące nas elementy środowiska. Dwa konkretne elementy lub zjawiska mogą być sklasyfikowane w różny sposób z powodu błędu popełnionego przez jedną lub obydwie osoby klasyfikujące. Różnice w klasyfikacji mogą również wynikać z przyjęcia innych kryteriów klasyfikacji. Powinniśmy zdawać sobie sprawę, jakimi błędami obarczona jest dokonana przez nas klasyfikacja, abyśmy mogli następnie wykorzystywać uzyskane informacje i mieć zaufanie do ich dokładności. Może się zdarzyć, że zebrane informacje posłużą do podjęcia ważnych decyzji dotyczących problemów globalnych, takich jak niszczenie lasów, ocieplanie klimatu, czy degradacja środowiska. Jest rzeczą bardzo ważną, aby decyzji tych nie podejmować na podstawie niedokładnych informacji.

Matryca różnic/błędów jest podstawowym narzędziem służącym do określenia dokładności obserwacji. Zaletą jej jest fakt, iż nie tylko wskazuje sposób stworzenia oceny całkowitego błędu klasyfikacji, ale również dostarcza dużej liczby informacji o źródłach błędów. Dzięki temu możemy zwracać więcej uwagi na te klasy, które tego wymagają. Wykorzystując te informacje możemy poprawić kryteria klasyfikacji, a także nauczyć się lepiej wyróżniać te klasy, które stwarzają najwięcej nieporozumień. Wykorzystanie klasyfikacji rodzajów chmur jako podstawy tego ćwiczenia umożliwi uczniom zarówno nauczenie się rozróżniania chmur, jak i doskonalenie tej umiejętności na podstawie ćwiczenia dotyczącego klimatu.

### **1.3.2. OPIS SPOSOBU PROWADZENIA ZAJĘCIA**

#### **Sposób wpisywania danych do matrycy różnic/błędów oraz obliczania całkowitej dokładności klasyfikacji**

Opisana poniżej procedura odnosi się do tabel oznaczonych jako „Przykład”.

1. Dla próby numer 1 z Przykładowej tabeli klasyfikacji chmur (ATM-4) ustal typ chmury według klasyfikacji dokonanej przez uczniów (rubryka A: *cirrus*).

2. W przykładowej matrycy różnic/błędów (ATM-5) należy znaleźć odpowiednią klasyfikację zgodną z typem chmury wybranym przez uczniów (*cirrus*) w pierwszej kolumnie po lewej stronie.

3. Na podstawie danych weryfikacyjnych oznaczamy prawidłowy typ chmury dla próby nr 1, którym jest *stratus* i wpisujemy do Przykładowej tabeli klasyfikacji chmur (rubryka B: *stratus*)

4. Następnie w tabeli ATM-5 należy odszukać wiersz zawierający w pierwszej kolumnie nazwę chmury zgodną z klasyfikacją uczniów (*cirrus*), a w nagłówku należy odszukać klasyfikację tej samej próby po weryfikacji (*stratus*). W rubryce znajdującej się na przecięciu wiersza zaczynającego się od *cirrusa* i kolumny zaczynającej się od *stratusa* (rubryka B3) należy wpisać 1. Następnie należy wykonać tę samą procedurę dla prób nr 2 i 3.

5. Po zakończeniu rejestracji wszystkich prób należy obliczyć całkowitą dokładność klasyfikacji.

6. Łączna liczba prób (rubryka D4) jest równa sumie wierszy (D1+D2+D3), która jest także równa łącznej sumie kolumn (A4+B4+C4). Liczba prawidłowych odpowiedzi uzyskujemy sumując rubryki znajdujące się na przekątnej tabeli (A1+B2+C3). Aby obliczyć dokładność klasyfikacji należy podzielić sumę prawidłowych odpowiedzi (w naszym przykładzie) przez całkowitą

liczbę prób, a uzyskany wynik wyrazić w procentach mnożąc go przez 100 (w naszym przykładzie 33%). Uzyskana wartość przedstawia całkowitą dokładność klasyfikacji dokonanej przez uczniów.

7. Ponieważ w rubrykach leżących na przekątnej znajdują się odpowiedzi prawidłowe, więc wszystkie pozostałe rubryki zawierają odpowiedzi niewłaściwe lub różnice. Stąd nazwa matryca różnic lub matryca błędów. Każdy błąd lub różnica jest także pominięciem próby w klasie, w której powinna się ona znaleźć, a także dodaniem (omyłkowo) do niewłaściwej klasy. Ta informacja może być wykorzystana w celu określenia rodzaju chmur szczególnie trudnych do sklasyfikowania, a także mówi o tym, które rodzaje chmur były ze sobą najczęściej mylone.

Tabela ATM-4. Przykład tabeli klasyfikacji chmur

Numer próby	Numer zdjęcia	Klasyfikacja ucznia	Dane do weryfikacji	tak	nie
1	3a	A: cirrus	B: stratus		nie
2	3c	C: stratus	D: stratus	tak	
3	3d	E: stratus	F: cumulus		nie

Tabela ATM-5. Przykład matrycy różnic/błędów dla klasyfikacji chmur

Dane uczniów	Dane weryfikacyjne				
		Cumulus	Stratus	Cirrus	Razem rzędy
Cumulus		A1:	B1:	C1:	D1: 0
Stratus		A2: 1	B2: 1	C2:	D2: 2
Cirrus		A3:	B3: 1	C3:	D3: 1
Razem kolumny		A4:1	B4: 2	C4: 0	D4: 3

Dane weryfikacyjne

$$D4 = A4 + B4 + C4 = D1 + D2 + D3$$

(suma kolumny) (suma rzędy)

$$\text{całkowita dokładność} = \frac{A1 + B2 + C3}{D4} \times 100 = (1/3) \times 100 = 33\%$$

### Pytania do dyskusji

W celu przygotowania uczniów do wykonania ćwiczenia należy na wstępie przedyskutować z nimi następujące pytania: Jaka jest różnica pomiędzy kategorią klasyfikacji, a kryterium klasyfikacji? Dlaczego klasyfikacja jest tak istotna?

### Przygotowanie

Prowadzący zajęcia powinni odbić i rozdać uczniom *Instrukcję dla uczniów* dotyczącą tego ćwiczenia oraz ponumerowane zdjęcia chmur (*odbić na kolorowym ksero*).

Uczniowie powinni wykonywać poszczególne elementy ćwiczenia zgodnie z otrzymaną instrukcją, na formularzach według następującego schematu:

1. Sklasyfikować zdjęcia chmur w zależności od ich rodzaju,
2. Porównać wyniki klasyfikacji z danymi weryfikacyjnymi,
3. Przygotować matrycę różnic/błędów.

### 1.3.3. CHMURY – opisy do fotografii (na końcu publikacji)

Rys. ATM (1)

Cirrocumulus: chmury wysokie, warstwa chmur złożona z małych członów w kształcie ziaren, zmarszczek ułożonych mniej lub bardziej regularnie. Często w formie fali.

Rys. ATM (2)

Cirrostratus: chmury wysokie, jasnoszare lub białe, często z prześwitującym przez nie księżycem lub słońcem, zazwyczaj pokrywają większą część nieba.

Rys. ATM (3)

Cumulus: chmury niskie, wyglądają jak bawełniane bale lub prażona kukurydza.

Rys. ATM (4)

Stratus: chmury niskie, jasno- lub ciemnoszare, o jednolitej podstawie, pokrywające większość nieba. Mgła jest chmurą typu stratus.

Rys. ATM (5)

Cirrus: chmury wysokie, o kształcie delikatnych włókien lub piór, zbudowane z kryształków lodu.

Rys. ATM (6)

Stratocumulus: chmury niskie, warstwa chmur złożona z zaokrąglonych brył lub walców, czasami z przestrzeniami pomiędzy nimi.

Rys. ATM (7)

Alto cumulus: chmury średnie, wydłużone człony ułożone prawie równolegle do siebie, liczne przerwy między członami.

Rys. ATM (8)

Altostratus: chmury średnie, jasnoszare i jednolite, pokrywające większość nieba.

Rys. ATM (9)

Nimbostratus: chmury niskie i średnie, ciemnoszare, o wyglądzie rozmytych wskutek opadu deszczu lub śniegu smug.

Rys. ATM (10)

Cumulonimbus: potężne chmury z ciemną podstawą, w kształcie wielkich wież, część wierzchołka rozpościera się często w kształcie kowadła lub pióropusza, poniżej postrzępione chmury oraz opady z towarzyszącymi grzmotami.

Rys. ATM (11)

Nimbostratus: niskie i średnie ciemnoszare chmury, o wyglądzie rozmytych wskutek opadów deszczu lub śniegu smug.

Rys. ATM (12)

Cumulonimbus: potężne chmury z ciemną podstawą, w kształcie wielkich wież, część wierzchołka rozpościera się często w kształcie kowadła lub pióropusza, poniżej postrzępione chmury oraz opady z towarzyszącymi grzmotami.

Rys. ATM (13)

Alto cumulus: chmury średnie, jasnoszare i jednolite, pokrywające większość nieba.

Rys. ATM (14)

Cirrostratus: chmury wysokie, jasnoszare lub białe, czę-

sto z prześwitującym przez nie księżycem lub słońcem, zazwyczaj pokrywają większą część nieba.

Rys. ATM (15)

Cirrostratus: chmury wysokie, jasnoszare lub białe, często z prześwitującym przez nie księżycem lub słońcem, zazwyczaj pokrywają większą część nieba.

Rys. ATM (16)

Alto cumulus: chmury średnie, jasnoszare i jednolite, pokrywające większość nieba.

Rys. ATM (17)

Nimbostratus: chmury niskie i średnie, ciemnoszare o wyglądzie rozmytych wskutek opadu deszczu lub śniegu smug.

Rys. ATM (18)

Cumulus: chmury niskie, wyglądają jak bawełniane bale lub prażona kukurydza.

Rys. ATM (19)

Alto cumulus: chmury średnie, jasnoszare i jednolite, pokrywające większość nieba.

Rys. ATM (20)

Nimbostratus: chmury niskie i średnie, ciemnoszare, o wyglądzie rozmytym wskutek opadu deszczu lub śniegu smug.

## SCENARIUSZ 1.4. Budowanie termometru

### Poziom nauczania

Gimnazjum

### Przedmioty

Fizyka, geografia, ekologiczna ścieżka edukacyjna

### Cele edukacyjne

Wykorzystanie wiedzy fizycznej w praktyce dnia codziennego

Zrozumienie zasady działania typowego termometru

### Główne zagadnienia

Zależność objętości cieczy od temperatury powietrza

Zasada przewodnictwa cieplnego

Zasada rozszerzalności cieplnej

Przewodzenie i konwekcja – formy przemieszczania się ciepła

### Krótki opis

Uczniowie skonstruują termometr wykorzystując w tym celu butelki po napojach

### Czas trwania zadania

Przeprowadzenie eksperymentu – jedna godzina lekcyjna

Omawianie zasad rozszerzalności i kurczenia się materiałów, a także konwekcji i przewodzenia ciepła – 15 do 30 min

Zapisanie zebranych przez klasę wyników obserwacji na tablicy, zrobienie wykresów – 30 min

Prezentacja przed całą klasą wyników uzyskanych przez

poszczególne grupy i problemów, z którymi zetknęli się uczniowie – 30 min

### Środki dydaktyczne

Lód

Woda

Plastikowa litrowa butelka po napojach

Przezroczysta, plastikowa słomka do picia

Plastelina

Dwie dwulitrowe plastikowe butelki po napojach, z obciętymi szyjkami

Nożyce lub nóż do obcinania butelek

Barwnik spożywczy – najlepiej w kolorze czerwonym, niebieskim lub zielonym

Zegar z sekundnikiem

Linijka

Flamaster do zaznaczania na słonce poziomu cieczy

Instrukcja dla uczniów

### Przygotowanie

Omówienie zasad przepływu ciepła

### Umiejętności

Konstruowanie aparatury

Prowadzenie eksperymentu, dokonywanie obserwacji i pomiarów

Zbieranie, porządkowanie i zapisywanie danych

### Literatura pomocnicza

Molga M., *Meteorologia rolnicza*, PWRiL, Warszawa, 1966

Radomski C., *Agrometeorologia*, PWN, Warszawa, 1977

Rózdżyński K., *Miernictwo meteorologiczne*, tom I, IMGW, Warszawa, 1995

Woś A., *Meteorologia dla geografów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1996

Wskazówki dla posterunków meteorologicznych, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 1975

## 1.4.1. WPROWADZENIE

Kiedy myślimy o różnicach między dniem i nocą, latem i zimą, między klimatem tropikalnym i polarnym, postrzegamy je w kategoriach temperatury powietrza. Na temperaturę powietrza wpływa wiele czynników. Najważniejsze z nich to: szerokość geograficzna, wysokość nad poziom morza oraz odległość od dużych zbiorników wodnych. Temperatura powietrza jest zależna od promieniowania słonecznego. W rejonach tropikalnych, gdzie promienie słoneczne padają pod dużym kątem do powierzchni Ziemi, temperatura powietrza jest najwyższa. W górach temperatura powietrza jest niższa niż w obszarach nizinnych, ponieważ powietrze ochładza się o około 6°C na każdy kilometr wysokości. Temperatura powietrza jest zatem tym parametrem atmosfery, na podstawie, którego wydziela się strefy klimatyczne. Podlega ona częstym zmianom zarówno w ciągu dnia, roku, jak i w dłuższym czasie. Zmiany temperatury powietrza w skali kilkudziesięciu lat są najistotniejsze dla naukowców, którzy na ich podstawie mogą stwierdzić, czy i w jakim stopniu zmienia się klimat. W ostatnich latach wyraźnie zaznaczyła się tendencja wzrostowa temperatury powietrza, przy czym największa zmiana wystąpiła w rejonach polarnych. Według większości komputerowych prognoz klimatu obecny wzrost temperatury powietrza utrzyma się i wystąpi globalne ocieplenie. Jednak aby móc potwierdzić tę hipotezę należy prowadzić systematyczne pomiary temperatury powietrza w bardzo wielu rejonach świata.

Podstawowym instrumentem służącym do pomiarów temperatury jest termometr. Jest wiele rodzajów termometrów – są np. takie, które mierzą temperaturę maksymalną i minimalną, tj. najwyższą i najniższą, jaka wystąpiła w okresie po ostatnim ustawieniu termometru. Podstawowym termometrem używanym od wielu lat na stacjach meteorologicznych jest termometr cieczowy, wypełniony rtęcią. Obecnie pojawiło się wiele termometrów elektrycznych charakteryzujących się dużą dokładnością, niezawodnością oraz szybkością pomiaru. Ich duża zaletą jest automatyzacja pomiaru, który może być wykonywany za pomocą komputera. Mimo to meteorolodzy bardzo powoli przechodzą na te nowe typy termometrów. Ciągłe jeszcze podstawowym przyrządem do pomiaru temperatury jest termometr cieczowy. Dla klimatologów ważna jest ciągłość pomiarów i eliminacja czynników związanych ze zmianami klasy przyrządów, które mogą dawać nieco inne wyniki pomiarowe. Wskutek tego termometry cieczowe nadal cieszą się dużą popularnością na stacjach meteorologicznych. Termometry cieczowe działają na zasadzie rozszerzalności cieczy wraz ze wzrostem temperatury powietrza. Termometry elektryczne wykorzystują zmiany różnych właściwości elektrycznych (np. opór elektryczny) pod wpływem temperatury. Wszystkie termometry jednak mierzą tzw. temperaturę własną, czyli temperaturę cieczy lub elementu elektrycznego zawartego w termometrze. W czasie pomiaru, dzięki prawu przewodnictwa cieplnego, czujnik przyrządu dostosowuje swoją temperaturę do temperatury powietrza. Osiągnięcie takiej równowagi wymaga jednak czasu i dla termometru cieczowego dochodzi do 5–10 minut.

W opisanym poniżej ćwiczeniu będziemy budowali termometr z butelki. Różnice pomiędzy termometrem zrobionym z butelki a termometrami używanymi do pomiarów np. temperatury powietrza są następujące: stosowana jest inna ciecz, termometr butelkowy nie jest systemem zamkniętym oraz nie ma na nim skali.

W trakcie zajęć z termometrem wykorzystywać będziemy prawo rozszerzania i kurczenia się substancji pod wpływem ciepła. Większość substancji rozszerza się po podgrzaniu i kurczy po schłodzeniu. Tak samo zachowuje się woda, która jednak przy temperaturze około 4°C zmienia swoje właściwości i zwiększa swoją objętość w czasie dalszego obniżania temperatury.

Substancje zwiększają swoją objętość po podgrzaniu, gdyż wzrasta ich energia kinetyczna. Cząsteczki poruszają się szybciej i wzrastają odległości między nimi, co sprawia, że objętość materiału wzrasta. Jeżeli temperatura substancji spada, powolniej ruch cząsteczek i objętość się zmniejsza.

Woda ma wyjątkowo niski współczynnik rozszerzalności cieplnej, stąd też jej objętość zmienia się w niewielkim stopniu. Jeżeli jednak ten niewielki przyrost objętości będziemy obserwować w słonce o małej średnicy, zjawisko rozszerzania się cieczy będzie można zauważyć. Ten eksperyment stanowi również ilustrację zjawiska przewodzenia ciepła. Przewodnictwo cieplne pojawia się wtedy, gdy energia przepływa z jednej do drugiej cząsteczki w sposób bezpośredni, tak jak to ma miejsce w przypadku nagrzewania się metalowego uchwyty patelni. Metale są dobrymi przewodnikami ciepła, drewno natomiast jest przewodnikiem złym. W naszym doświadczeniu ciepła woda w większym pojemniku będzie przewodzić ciepło przez cienką ściankę plastikowej butelki wewnętrznej i ogrzewać znajdującą się w niej zimną wodę.

Zjawisko przepływu ciepła przez przewodzenie zachodzi w ciałach stałych, płynnych i gazowych, lecz największą efektywnością cechują się ciała stałe i ciecze. Cząsteczki powietrza atmosferycznego ogrzewają się w bardzo cienkiej przy powierzchniowej warstwie na skutek przewodnictwa cieplnego od nagrzanego gruntu. Otrzymują w ten sposób więcej energii, stają się rzadsze i unoszą się do góry (zjawisko konwekcji).

Konwekcja jest wielkoskalowym ruchem substancji ciekłych lub gazowych, ukierunkowanym na rozproszanie ciepła w całej objętości materii. Jest ona procesem przebiegającym znacznie szybciej niż przewodnictwo cieplne w cieczach czy gazach. Klasycznym przykładem konwekcji jest wrząca woda w garnku. W tym przypadku woda znajdująca się w kontakcie z dnem naczynia (gdzie jest źródło ciepła) zostaje ogrzana, staje się rzadsza od wody na górze. Ta ciepła woda zaczyna się podnosić, zaś woda zimna opada i wchodzi w kontakt z dnem naczynia.

## 1.4.2. OPIS SPOSOBU PROWADZENIA ZAJĘCIA

Doświadczenie to najlepiej przeprowadzić w zespołach składających się z dwóch, trzech uczniów.

Uczeń 1 – Zbieracz – gromadzi materiały do konstrukcji termometru,

Uczeń 2 – Mierniczy czasu/Sprawozdawca – pilnuje czasu (dwuminutowych przedziałów od momentu rozpoczęcia doświadczenia), na słonce zaznacza stany wody, po zakończeniu doświadczenia ogłasza wyniki przed całą klasą,

Uczeń 3 – Pisarz – zapisuje wyniki pomiarów z poszczególnych odcinków czasu i umieszcza je w tabeli.

Dla każdej grupy uczniów przekazujemy kopię *Instrukcji dla uczniów*

Przed rozpoczęciem doświadczenia nauczyciel gromadzi niezbędne materiały. Jeżeli planuje pracę w grupach, powinien je wcześniej wyznaczyć. Uczniowie przynoszą z domu plastikowe butelki jedno- i dwulitrowe (np. po wodzie mineralnej lub Coca-Coli). Etap przygotowań może trwać około tygodnia.

Należy upewnić się, czy uczniowie rozumieją zasady przepływu ciepła oraz rozszerzalności i kurczenia się materiałów. Należy przygotować i zademonstrować odpowiednie przykłady ilustrujące tę problematykę oraz upewnić się, czy uczniowie radzą sobie z odczytywaniem skali milimetrowej.

Doświadczenie to można wykonać przed całą klasą, jednak efektywność będzie większa, jeżeli uczniowie wykonają je sami pracując w zespołach.

### Budujemy termometr

- 1-litrową plastikową butelkę napełniamy do pełna zimną wodą z kranu.
- Do wody dodajemy 4 krople barwnika spożywczego (aby była lepiej widoczna). Najlepiej jest użyć kolorów niebieskiego, zielonego lub czerwonego.
- Lepimy z plasteliny kulkę o średnicy około 25 mm. Robimy z niej wałek o grubości zbliżonych do ołówka, następnie go spłaszczamy i nawijamy na słomkę, w jej części środkowej, w sposób pokazany na rysunku w *Instrukcji dla uczniów*.
- Słomkę wkładamy do butelki i szczelnie ją zaklejamy plasteliną. Należy to zrobić dokładnie, tak aby w plastelinie nie było żadnych pęknięć ani szczelin, przez które mogłaby się wydostawać woda. Połowa słomki powinna być zanurzona w butelce. Uszczelkę z plasteliny wciskamy do szyjki butelki do momentu, kiedy w słomce pojawi się woda.

### Doświadczenie

1. Tak przygotowaną butelkę 1-litrową (czyli termometr butelkowy) wkładamy do pojemnika zrobionego z butelki 2-litrowej. Na słomce zaznaczamy poziom wody.
2. Napełniamy 2-litrowy pojemnik gorącą wodą z kranu. Odczekujemy dwie minuty. Zaznaczamy poziom wody na słomce. Zaznaczamy poziom wody po upływie kolejnych 2 minut, aż do 10 minuty eksperymentu. Przy pomocy linijki mierzymy odległości między poszczególnymi oznaczeniami, poczynając od oznaczenia na samym dole słomki. Wyniki zapisujemy w tabeli *Zespołowego arkusza pomiarów*. Bardzo uważnie obserwujemy wszelkie zmiany. Czy dostrzegamy jakieś? Opisujemy nasze spostrzeżenia.
3. Do drugiego pojemnika 2-litrowego nalewamy zimnej wody i wkładamy lód.
4. Butelkowy termometr wkładamy do lodowatej wody i zapisujemy wyniki obserwacji.
5. Co dzieje się z poziomem wody w słomce, jeżeli termometr umieścimy w gorącej wodzie? (Odpowiedź: woda podniesie się o ok. 4 cm przy różnicy temperatur 25°C). Dlaczego? Co dzieje się z poziomem wody, jeżeli termometr umieścimy w lodowatej wodzie? (Odpowiedź: opada). Dlaczego?
6. Wyjaśniamy przyczyny tych zjawisk.
7. Jakie mogą być co najmniej dwie inne zmienne, które by sprawiły, że eksperyment przebiegałby inaczej? (Możliwe odpowiedzi: ilość wody w pojemniku otaczającym termometr-butelkę, temperatura wody, wielkość pojemnika, średnica słomki).
8. Konstruujemy wykres ilustrujący wyniki doświadczenia, zapisane w tabeli. Na osi poziomej zaznaczamy czas (w minutach), na osi pionowej wyniki pomiarów (w milimetrach), zaczynając od pomiaru pierwszego, przed waniem wody do pojemnika. Wykres ten należy zatytułować oraz opisać obie osie, tak aby każdy mógł zrozumieć co on przedstawia.
9. Na tablicy lub na arkuszu papieru robimy zbiorcze zestawienie wyników całej klasy, zgodnie z tabelą *Klasowy arkusz zbiorczy*. Na podstawie danych obliczamy wartość średnią zmiany poziomu wody dla 2-minutowych przedziałów czasu.

Tabela ATM-8. Zespołowy arkusz pomiarów (w mm)

2 minuty
4 minuty
6 minut
8 minut
10 minut

Tabela ATM-9. Klasowy arkusz zbiorczy

	grupa A	B	C	D	średnia
2 minuty					
4 minuty					
6 minut					
8 minut					
10 minut					

10. Na wykres nanosimy średnie wartości zmiany poziomu wody dla 2-minutowych przedziałów czasu uzyskanych przez całą klasę.
11. Wyjaśniamy wykres. O czym on nam mówi? Czy można wyciągnąć jakieś wnioski? Dlaczego ważne jest zrobienie większej ilości prób niż jedna, aby wyciągnąć wnioski?

### Możliwe komplikacje z przebiegiem doświadczenia

1. Zabezpieczający wlot do butelki korek z plasteliny może pęknąć, w wyniku czego woda się będzie wylewać.
2. Jeżeli 1-litrowa butelka nie jest wypełniona po brzegi, więcej czasu upłynie zanim woda pojawi się w słomce.
3. Różnica temperatur wody w butelkach 1- i 2-litrowej jest niewystarczająca. Najlepiej, gdy wynosi ona co najmniej 25°C. Jeżeli ta różnica jest mniejsza, ruch wody ku górze będzie nieznaczny. Zastosowanie gorącej i zimnej wody z kranu powinno dać pożądany efekt.
4. Uczniowie często zapominają oznaczyć stan początkowy na słomce. Należy się upewnić, czy zaznaczają ten stan początkowy bezpośrednio przed nalaniem gorącej wody do pojemnika – butelki 2-litrowej.
5. Jeżeli są kłopoty z pozyskaniem i utrzymaniem lodu, tę część doświadczenia możemy pominąć lub zademonstrować je przed frontem całej klasy.

## Różne zakresy zajęć

Można zbadać oddziaływanie innych, dodatkowych zmiennych, jak np. różne średnice słomki, większe i mniejsze pojemniki z ciepłą wodą, różne kształty pojemników termometrów. Uczniowie sami powinni zaplanować doświadczenie, przeprowadzić je i zaprezentować wyniki całej klasie. Mogą również wykalibrować ten termometr korzystając z normalnego termometru.

1. Korzystając z normalnego termometru mierzymy temperaturę w obydwu butelkach – wewnętrznej i zewnętrznej i porównujemy je. Czy wysokość słupka wody w słonce zmienia się, jeżeli temperatury się zmieniają? Przygotowujemy odpowiednie doświadczenie, zapisujemy wyniki i prezentujemy je całej klasie.

2. Czy rozmiary używanych pojemników wpływają na reakcję butelki-termometru? Planujemy i przeprowadzamy stosowne doświadczenie sprawdzające sposób reagowania, wyniki przedstawiamy w postaci tabeli.

3. W bibliotece wyszukujemy informacje na temat różnych cieczy stosowanych w różnych termometrach. Całej klasie prezentujemy efekty naszych poszukiwań i objaśniamy zasady reagowania każdej używanej cieczy.

4. Telefonujemy do lokalnej stacji meteorologicznej w celu uzyskania informacji o rodzajach termometrów tam stosowanych. Organizujemy wycieczkę do takiej stacji. Po jej zakończeniu wykonujemy planszę z uzyskanymi informacjami.

5. Konstruujemy inne butelki-termometry, ze zróżnicowaną średnicą słomek i opisujemy różnice działania. Jakie są ich przyoczyny?

6. Poszukujemy informacji o metodach badań temperatury wody w oceanach na dużych głębokościach. Na mapie oceanów pokazujemy średnie temperatury wody w różnych akwenach.

## Pytania do dyskusji

Uczniowie powinni odpowiedzieć na pytania dotyczące doświadczenia, zawarte w rozdziale *Instrukcji dla uczniów*. Powinni również umieć wyjaśnić zasady przeprowadzania eksperymentu.

## SCENARIUSZ 1.5. Ziemia, woda, powietrze

### Poziom nauczania

Gimnazjum

### Przedmioty

Fizyka, geografia, technika, ekologiczna ścieżka edukacyjna

### Cele edukacyjne

Poznanie wpływu własności fizycznych gleby i wody na nagrzewanie się powietrza nad nimi

Badanie korelacji zachodzących pomiędzy powierzchnią ziemi a atmosferą

### Główne zagadnienia

Przekazywanie energii słonecznej

Przewodzenie ciepła i magazynowanie energii przez różnorodne substancje, takie jak gleba, woda czy powietrze

### Krótki opis

Uczniowie będą mierzyć zmiany temperatury gleby, wody i powietrza, wystawionych na promieniowanie słoneczne

### Czas trwania zadania

Trzy do czterech godzin, przy czym na same pomiary wystarczy jedna godzina

### Środki dydaktyczne

Dla grupy uczniów:

Dwa kubły plastikowe, wysokości co najmniej 30 cm

Miarka metrowa

Sześć termometrów

### Przygotowanie

Eksperyment najlepiej jest przeprowadzić w ciepły, słoneczny dzień. Dzielimy uczniów na niewielkie zespoły robocze. W celu lepszego zrozumienia przebiegu eksperymentu, dobrze jest zademonstrować uczniom wcześniej jego poszczególne etapy.

### Umiejętności

Planowanie i prowadzenie eksperymentu

Pomiar i zapisywanie danych

Porządkowanie danych w tabelach

Graficzne prezentowanie wyników

Efektywna współpraca w grupach

### Literatura pomocnicza

Encyklopedia Wiedzy i Życia, *Atmosfera i Oceany*, Wiedza i Życie, Warszawa, 1991

Greenler R., *Tęcze, glorie i halo*, Prószyński i S-ka

Kajetanowicz Z., *Zarys meteorologii*, PWN, Warszawa, 1964

Lockwood J. G., *Procesy klimatotwórcze*, PWN, Warszawa, 1984

Molga M., *Meteorologia rolnicza*, PWRiL, Warszawa, 1966

Poznaj z nami, *Pogoda*, wydawnictwo CIBET, Warszawa, 1998

Roth G. D., *Pogoda i klimat*, Prószyński i S-ka, Warszawa, 1998

Radomski C., *Agrometeorologia*, PWN, Warszawa, 1977

Woś A., *Meteorologia dla geografów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, 1996

### 1.5.1. WPROWADZENIE

Jedną z głównych przyczyn zróżnicowania klimatu w różnych częściach świata jest fakt, że ląd i woda nagrzewają się i ochładzają w różnym stopniu. Przyczynia się to do zróżnicowania przebiegu warunków meteorologicznych zarówno w skali dnia, jak i całego roku. Promieniowanie słoneczne dochodzące do powierzchni Ziemi zostaje w znacznym stopniu przez nią pochłonięte. Powoduje to wzrost temperatury przy powierzchniowej warstwy Ziemi oraz wody. Szybkość ogrzewania zależy od pojemności cieplnej danej substancji i tempa odprowadzania nadmiaru energii przez przewodnictwo cieplne. Zdecydowanie największą pojemność cieplną posiada woda, dlatego potrzebuje ona dostarczenia największej ilości energii dla podniesienia temperatury. Wskutek tego woda znacznie wolniej ogrzewa się w ciągu dnia w porównaniu z glebą. Najcieplejsza warstwa przy powierzchniowej oddaje energię głębszym warstwom. W przypadku gleby, która jest ciałem stałym, odbywa się to na zasadzie przewodnictwa cieplnego, a więc polega na przekazie energii pomiędzy chaotycznie poruszającymi się cząsteczkami. W wodzie dzięki temu, że cząsteczki mogą się swobodnie poruszać, istnieje dodatkowo zjawisko konwekcji, które znacznie intensywniej odprowadza ciepło do głębszych warstw. Każdy z uczniów obserwował nieraz konwekcję w czajniku z gorącą wodą, która bardzo gwałtownie przemieszcza się w kierunku pionowym. Proces konwekcji w wodzie ogrzewanej przez Słońce przebiega znacznie wolniej, gdyż cieplejsza woda tuż przy powierzchni jest lżejsza od głębszych warstw wody, dlatego nie może opadać i mieszać się z wodą chłodniejszą. Konwekcja sprawia więc, że proces przekazywania energii w wodzie przebiega znacznie szybciej niż w glebie czy piasku. Atmosfera, podobnie jak głębsze warstwy gleby czy wody, pobiera ciepło od najcieplejszej warstwy przy powierzchniowej, gdyż sama prawie wcale nie pochłania promieniowania słonecznego. Transport energii odbywa się na skutek przewodnictwa, ale jest on istotny tylko w kilkunastomilimetrowej warstwie powietrza stykającej się z powierzchnią Ziemi. Silnie ogrzane powietrze staje się lżejsze i zaczyna unosić się do góry na zasadzie konwekcji. Jednak proces ten jest znacznie silniejszy w powietrzu niż w wodzie, bo powietrze jest ogrzewane od dołu, a nie od góry jak woda. Ponadto powietrze wykazuje znacznie większą swobodę w czasie przemieszczania się, co znacznie przyspiesza proces konwekcji. Wskutek tego warstwy powietrza szybko się ogrzewają i wzrost dobowy temperatury powietrza widoczny jest nawet na wysokości 1 do 2 km, gdy w glebie nie przekracza 1 m, zaś w wodzie kilkunastu metrów. W nocy powierzchnia Ziemi szybko traci ciepło na skutek wypromieniowania energii w postaci niewidzialnego dla nas promieniowania podczerwonego. Powoduje to obniżanie się temperatury powietrza, co szybciej przebiega w glebie niż w powietrzu nad nią. Tym razem konwekcja w wodzie przebiega znacznie szybciej, gdyż górna warstwa wody ochładzając się, staje się coraz cięższa i zaczyna opadać mieszając się w ten sposób z wodą cieplejszą, zalegającą niżej. Tym samym w powietrzu znacznie słabną ruchy pionowe, gdyż chłodne powietrze przy powierzchni Ziemi nie jest w stanie poruszać się do góry. Zróżnicowanie pojemności cieplnej i przewodnictwa prowadzi do różnych typów przebiegu temperatury powietrza w ciągu doby. Nad obszarami lądowymi zmiany dobowe są największe (ciepłe dni i chłodne noce), zaś w rejonach nadmorskich temperatura powietrza w ciągu dnia zmienia się znacznie wolniej. Nierówne nagrzewanie się morza i lądu prowadzi do cyrkulacji bryzowej, która przynosi w dzień napływ chłodniejszego powietrza z morza na ląd, zaś w nocy wiatr zmienia kierunek na przeciwny i powoduje przemieszczanie się chłodnego powietrza znad lądu nad powierzchnię morza. Podobne zjawisko, tyle że w skali roku, zwane jest monsunem. Jego zasięg jest znacznie większy i charakteryzuje się dwoma typami pogody w ciągu roku. Pierwszy, zwany porą suchą, występuje w zimie i związany jest z suchymi wiatrami wiejącymi znad lądu, zaś drugi, zwany porą deszczową, jest spowodowany napływem chłodniejszego i wilgotniejszego powietrza znad oceanu.

Uczniowie mają możliwość zaobserwować różnice w stopniu nagrzewania się lądu i morza spacerując boso przez plażę w kierunku wody w czasie słonecznego, wczesnego popołudnia. Na pewno pamiętają, jak gorący jest piasek i jaka zimna jest woda morska. Jeżeli jednak powtórzą ten spacer po zachodzie Słońca, to ich odczucia będą zupełnie inne – piasek na plaży będzie zimny, natomiast woda morska będzie sprawiać wrażenie bardzo ciepłej.

### 1.5.2. OPIS SPOSOBU PROWADZENIA ZAJĘCIA

Jeden z plastikowych kubłów napełniamy glebą do wysokości ok. 15 cm. Do drugiego kubła wlewamy zimną wodę, również do wysokości ok. 15 cm. Oba kubły wystawiamy na zewnątrz, w miejscu intensywnego promieniowania słonecznego. W każdym z nich instalujemy termometry: na wysokości 1 cm ponad powierzchnią, 1 cm poniżej powierzchni oraz 8 cm poniżej powierzchni gleby i wody. Termometry należy tak ustawić, aby bezpośrednio promieniowanie słoneczne nie padało na szklaną rurkę termometru i na pojemnik z rtęcią. Czekamy na ustabilizowanie się temperatury na termometrze i odczytaną wartość temperatury zapisujemy.

Kolejnych odczytów temperatury na termometrach dokonujemy dziesięciokrotnie, co 2 minuty. Następnie wyznaczamy ucznia do wykonania odczytów po jednej, dwóch i trzech godzinach.

#### Pytania do dyskusji

Czy temperatura gleby na głębokości 1 cm jest wyższa w porównaniu z jej temperaturą 3 godziny wcześniej, na początku eksperymentu? Czy powierzchniowa temperatura wody jest wyższa niż przed 3 godzinami? Dlaczego?

W którym kubku, z wodą czy z glebą, jest wyższa temperatura na głębokości 8 cm? Jakie wnioski mogą uczniowie wyciągnąć z tego eksperymentu?

Uczniowie ustalili, że na głębokości 1 cm w glebie panowała znacznie wyższa temperatura w porównaniu z wodą. Jednak po 3 godzinach na głębokości 8 cm wyższa temperatura była w wodzie. Natomiast temperatura na wysokości 1 cm powinna być wyższa nad glebą.

Gdzie byłaby wyższa temperatura na głębokości 1 cm, gdyby dokonać pomiarów parę godzin po zachodzie Słońca?

## SCENARIUSZ 1.6. Obserwacja zachmurzenia

### **Poziom nauczania**

*Gimnazjum*

### **Przedmioty**

*Fizyka, geografia, ekologiczna ścieżka edukacyjna*

### **Cele edukacyjne**

*Prowadzenie obserwacji chmur i pogody oraz wyszukiwanie współzależności między nimi*

### **Główne zagadnienia**

*Współzależności między rodzajami chmur, zmianami zachmurzenia i pogodą*

### **Krótki opis**

*Uczniowie będą prowadzić obserwacje chmur przez 5 dni i porównywać wyniki obserwacji z przebiegiem pogody*

### **Czas trwania zadania**

*Dziesięć minut każdego dnia w pięciodniowym cyklu, ewentualnie pół jednostki lekcyjnej na dyskusję.*

### **Środki dydaktyczne**

*Notatnik, atlas chmur*

### **Przygotowanie**

*Dzielimy uczniów na niewielkie zespoły robocze*

*Inicjujemy dyskusję na temat form zapisu obserwacji*

### **Umiejętności**

*Systematyczne prowadzenie obserwacji w określonym czasie*

*Wyszukiwanie związków między różnymi zjawiskami*

### **1.6.1. WPROWADZENIE**

*Patrz Wprowadzenie do Scenariusza 1.1. Obserwowanie, opisywanie i identyfikowanie chmur*

### **1.6.2. OPIS SPOSOBU PROWADZENIA ZAJĘCIA**

W ciągu 5 dni uczniowie powinni prowadzić uważne obserwacje chmur i zapisywać ich wyniki. Jeżeli wcześniej nie poznali oficjalnych nazw chmur, mogą ich wygląd opisywać własnymi słowami. Optymalnym rozwiązaniem jest prowadzenie obserwacji trzy razy dziennie: rano (w czasie drogi do szkoły), w południe (w czasie obiadu) oraz późnym popołudniem lub wieczorem. Dokładny czas obserwacji nie odgrywa tu większej roli, jednak byłoby lepiej, gdyby prowadzono je w tych samych godzinach (lepiej prowadzić obserwacje codziennie ok. godziny 8.00 rano, niż jednego dnia o 7.00, drugiego o 10.00). Ta sama uwaga odnosi się do obserwacji południowych i wieczornych.

Pod koniec każdego dnia uczniowie opisują przebieg pogody. Czy poranek był deszczowy, a wieczór bezchmurny? Czy śnieg padał cały dzień? Czy było bezwietrznie i parno? Uczniowie nie muszą dokumentować swoich obserwacji danymi liczbowymi (np. nie muszą pisać, że spadło 21 mm opadu, lub że wilgotność względna wynosiła 79%), powinni jednak opisywać pogodę w sposób jasny i wyczerpujący.

Kiedy już uczniowie zgromadzą odpowiedni zestaw danych o chmurach i pogodzie, powinni przystąpić do formułowania prawidłowości, takich jak: czy pojawienie się rankiem chmur cirrus zazwyczaj zwiastuje popołudniową burzę? Czy obecność niewielkich chmur kłębiastych (cumulus) wiąże się z opadami deszczu?

Po tygodniu takich obserwacji chmur i pogody, prosimy uczniów o sporządzenie prognozy pogody na dzień następny i wyjaśnienie, na jakich przesłankach ją oparli. Takie działania uświadamiają uczniom trudności związane ze sporządzaniem prognoz pogody.

## SŁOWNICZEK TERMINÓW

**aerozole** – drobne cząstki stałe lub ciekłe zawarte w powietrzu atmosferycznym, pochodzenia organicznego i nieorganicznego. Mają bardzo małe rozmiary, które z reguły nie przekraczają 5 m, dzięki czemu mogą przez dłuższy czas przebywać w atmosferze.

**bryza** – okresowy wiatr lokalny wynikający z różnicy temperatur i ciśnienia atmosferycznego dwóch ośrodków, np. wody i lądu. Wiatr zawsze skierowany jest od obszaru chłodniejszego do cieplejszego. Wskutek tego wiatr w ciągu dnia wieje od wody w stronę lądu, zaś w nocy jego kierunek jest przeciwny.

**chmura** – jest widocznym zbiorem małych kropelek wody lub kryształków lodu, lub też mieszaniną kropel wody i kryształków lodu. Chmury powstają wskutek wznoszących ruchów powietrza w momencie, gdy zawarta w powietrzu para wodna ulega kondensacji. Istnieje wiele klasyfikacji chmur w zależności od ich wyglądu czy warunków atmosferycznych, przy jakich chmury się pojawiają.

**chmury kłębiaste** (*cumulus*) – powstają w wyniku silnych ruchów pionowych. Występują często w postaci pojedynczych chmur, zwykle są gęste, o ostrych kształtach, wypiętrzające się w pionie w formie narastających kopców, kopuł lub wież, których górna, wybrzuszona część czasami przypomina kalafior.

**chmury pierzaste** (*cirrus*) – występują pojedynczo lub w postaci łańcuchy chmur w kształcie białych, delikatnych włókien (nitki) lub białych, względnie prawie białych plam, albo wąskich pasów. Zawsze widać przez nie położenie słońca na niebie.

**chmury warstwowe** (*stratus*) – zwykle szara warstwa chmur ze stosunkowo równomierną podstawą. Chmury te powstają na styku dwóch różnych mas powietrza, często dają opad o stałym natężeniu.

**klimat** – układ charakterystycznych dla danego obszaru stanów pogody w okresie wieloletnim. Jest on skutkiem współdziałania promieniowania słonecznego, cyrkulacji powietrza, obiegu wody i czynników geograficznych. Termin klimat odnosi się zawsze do długich okresów czasu. Charakteryzując klimat wykorzystuje się wyniki pomiarów i obserwacji meteorologicznych za okres kilkudziesięciu lat, zaś okres 10-letni przyjmowany jest za najkrótszy w badaniach klimatu.

**kondensacja** – przemiana wody z fazy gazowej w fazę ciekłą. Jest jednym z najważniejszych procesów atmosferycznych, w wyniku którego powstają chmury, opady i mgły.

**konwekcja** – przenoszenie energii cieplnej wraz z przemieszczającą się w kierunku pionowym masą wody lub powietrza. Pojawia się w atmosferze na skutek nagrzewania przyziemnej warstwy powietrza. Powietrze ogrzane staje lżejsze i unosi się do góry, a na jego miejsce przemieszcza się zimniejsze powietrze z wyższych warstw atmosfery.

**meteorologia** – nauka o powłoce gazowej otaczającej kulę ziemską. Zajmuje się badaniem zjawisk i procesów fizycznych zachodzących w atmosferze ziemskiej.

**monsun** – okresowy wiatr obejmujący dolną część atmosfery o charakterystycznym, dominującym w danej porze roku kierunku. Bezpośrednią przyczyną pojawiania się monsunu jest sezonowa zmiana ciśnienia atmosferycznego nad kontynentem i oceanami wynikająca z różnic temperatury powietrza. Monsun zimowy wieje od lądu w kierunku morza, monsun letni – od morza na ląd.

**pojemność cieplna** – stosunek ciepła dostarczonego do danego ciała do zmiany temperatury, jaką to ciepło spowodowało. Substancje o dużej pojemności cieplnej (takie jak woda) wolno się nagrzewają i ochładzają w porównaniu z glebą czy piaskiem.

**pogoda** – fizyczny stan atmosfery występujący w danej chwili lub w pewnym czasie nad danym obszarem lub w danym punkcie. Termin *pogoda* w przeciwieństwie do terminu *klimatu* odnosi się do krótkich przedziałów czasu. Pogoda jest charakteryzowana przez wiele parametrów, do najważniejszych zaliczamy: temperaturę powietrza, zachmurzenie, ciśnienie powietrza, opady, kierunek i prędkość wiatru.

**promieniowanie słoneczne** – główne źródło energii dla Ziemi i jej atmosfery. Zjawisko polegające na przesyłaniu energii słonecznej za pośrednictwem fal elektromagnetycznych bez udziału ośrodka materialnego. Promieniowanie to jest w znacznej mierze widoczne dla człowieka.

**promieniowanie ziemskie** – wysyłanie energii cieplnej w postaci fal podczerwonych, które są niewidoczne dla człowieka. Przy braku dopływu promieniowania słonecznego promieniowanie ziemskie prowadzi do obniżania się temperatury powierzchni ziemi (co obserwowane jest w nocy, zwłaszcza przy bezchmurnym niebie).

**przechłodzone krople wody** – niezamarznięte kropelki „chmurowe” w ujemnej temperaturze. Taki stan można obserwować jedynie wtedy, gdy woda jest bardzo czysta, co jest dość często spotykane w chmurach. W skrajnych przypadkach zdarza się obserwować niezamarznięte krople nawet w temperaturze  $-40^{\circ}\text{C}$ .

**przewodnictwo cieplne** – jedna z form rozchodzenia się ciepła w ciałach stałych, cieczech i gazach pomiędzy obszarami o różnej temperaturze. Polega ona na przekazywaniu energii ruchu jednej grupy cząstek innym. Proces ten nie jest związany z makroskopowym ruchem cząstek, a jedynie z ich ruchem bezwładnym.

**rozszerzalność cieplna** – zmiana objętości ciała pod wpływem zmiany temperatury. Zjawisko to tłumaczy się wzrostem średniej odległości pomiędzy cząsteczkami wskutek zwiększenia się ich energii kinetycznej. Największą rozszerzalność cieplną wykazują gazy, słabszą ciecze, a najsłabszą ciała stałe. Ciała generalnie zwiększają swoją objętość wraz ze wzrostem temperatury, jednak niektóre z nich w pewnych przedziałach temperatur zachowują się inaczej. Przykładem jest woda, która przy temperaturze około  $4^{\circ}\text{C}$  ma ujemny współczynnik rozszerzalności.

**sieć stacji meteorologicznych** – tworzą ją wszystkie stacje prowadzące systematyczne pomiary i obserwacje meteorologiczne. Pracuje przede wszystkim na rzecz służb pogody oraz dostarcza danych do opracowań klimatologicznych.

**zachmurzenie** – stopień pokrycia nieba przez chmury. Określając zachmurzenie podaje się stopień pokrycia nieba chmurami i wyraża się go w procentach. W celu uzyskania pełnej charakterystyki zachmurzenia określa się dodatkowo rodzaj chmur i wysokość ich podstaw.