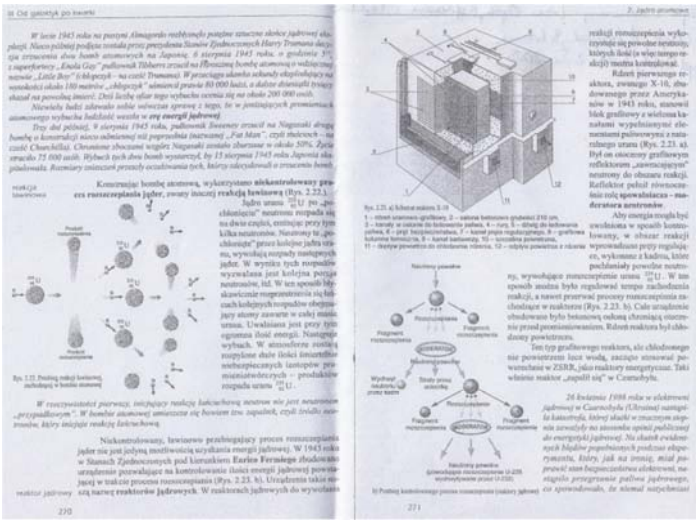
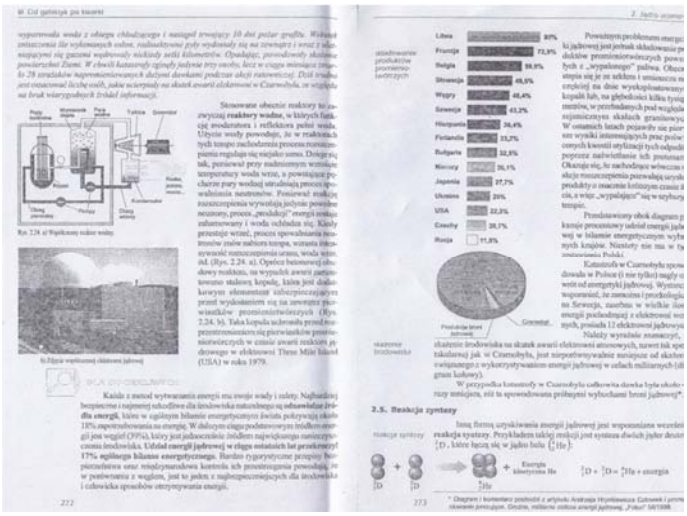
Michal Przeperski from Sopot in Poland presents in his contribution two high school Physiks school books and a Biology school book for junior high school, where he found references to the Chernobyl issue.

1.





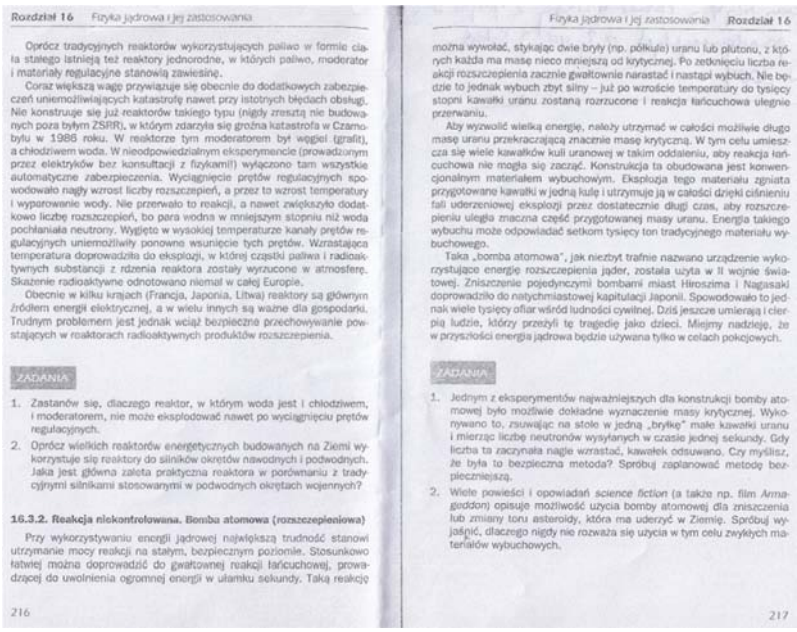
K. Chyla, A. Warczak, B. Warczak, *Fizyka z astronomią* [*Physics with Astronomy*], Bielsko Biała: Debit 2003, p.271-272. – High school textbook.

On 26th April 1986 in the nuclear plant in Chernobyl (Ukraine) the catastrophe took place, the outcomes of which become of a vital importance to the public opinion's attitude towards nuclear energy. As the effect of evident mistakes made during the experiment which, ironically, was supposed to en-

hance security of the plant, the nuclear fuel reached too high temperature. It caused an almost immediate evaporation of the steam from the cooling circulation and the fire of graphite, lasting for ten days, started. Because of the destruction of badly made covers, the radioactive dusts got out and, together with the evaporating gases, reached destinations placed some hundreds of kilometers away from the plant. Having sloped down the dusts caused serious contamination. In the very moment of the catastrophe only three people were killed, yet during the next month some 28 firemen died because of having been exposed to the huge radiation. It is very hard today to even estimate the number of people who suffered because of the catastrophe because of a lack of reliable sources of information.

It is worth noticing that the information about Chernobyl in this textbook is both quite comprehensive and added as a kind of additional information. That is visible in the fact that the whole text is written in italics and a different colour is used (which is not noticeable unfortunately, because I had to upload xerox copy).

2.



Rozdział 16 Fizyka jądrowa i jej zastosowania

Oprócz tradycyjnych reaktorów wykorzystujących paliwo w formie ciała stałego istnieją też reaktory jednorodne, w których paliwo, moderator i materiały regulacyjne stanowią zawiesinę.

Coraz większą wagę przywiązuje się obecnie do dodatkowych zabezpieczeń uniemożliwiających katastrofę nawet przy istotnych błędach obsługi. Nie konstruuje się już reaktorów takiego typu (nigdy zresztą nie budowanych poza byłym ZSRR), w którym zdarzyła się groźna katastrofa w Czarnobylu w 1986 roku. W reaktorze tym moderatorem był węgiel (grafit), a chłodziwem woda. W nieodpowiedzialnym eksperymencie (prowadzonym przez elektryków bez konsultacji z fizykami!) wyłączono tam wszystkie automatyczne zabezpieczenia. Wyciągnięcie prętów regulacyjnych spowodowało nagły wzrost liczby rozszczepień, a przez to wzrost temperatury i wyparowanie wody. Nie przerwało to reakcji, a nawet zwiększyło dodatkowo liczbę rozszczepień, bo para wodna w mniejszym stopniu niż woda pochłaniała neutrony. Wygięto w wysokiej temperaturze kanały prętów regulacyjnych uniemożliwiły ponowne wsunięcie tych prętów. Wzrastająca temperatura doprowadziła do eksplozji, w której cząstki paliwa i radioaktywnych substancji z rdzenia reaktora zostały wyrzucone w atmosferę. Skażenie radioaktywne odnotowano niemal w całej Europie.

Obecnie w kilku krajach (Francja, Japonia, Litwa) reaktory są głównym źródłem energii elektrycznej, a w wielu innych są ważne dla gospodarki. Trudnym problemem jest jednak wciąż bezpieczne przechowywanie powstających w reaktorach radioaktywnych produktów rozszczepienia.

ZADANIA

1. Zastanów się, dlaczego reaktor, w którym woda jest i chłodziwem, i moderatorem, nie może eksplodować nawet po wyciągnięciu prętów regulacyjnych.
2. Oprócz wielkich reaktorów energetycznych budowanych na Ziemi wykorzystuje się reaktory do silników okrętów nawodnych i podwodnych. Jaka jest główna zaleta praktyczna reaktora w porównaniu z tradycyjnymi silnikami stosowanymi w podwodnych okrętach wojennych?

16.3.2. Reakcja niekontrolowana. Bomba atomowa (rozszczepieniowa)

Przy wykorzystywaniu energii jądrowej największą trudność stanowi utrzymanie mocy reakcji na stałym, bezpiecznym poziomie. Stosunkowo łatwiej można doprowadzić do gwałtownej reakcji łańcuchowej, prowadzącej do uwolnienia ogromnej energii w ułamku sekundy. Taką reakcję

216

Fizyka jądrowa i jej zastosowania Rozdział 16

można wywołać, stykając dwie bryły (np. półkule) uranu lub plutonu, z których każda ma masę nieco mniejszą od krytycznej. Po zetknięciu liczba reakcji rozszczepienia zacznie gwałtownie narastać i nastąpi wybuch. Nie będzie to jednak wybuch zbyt silny – już po wzroście temperatury do tysięcy stopni kawałki uranu zostaną rozrzucone i reakcja łańcuchowa ulegnie przerwaniu.

Aby wyzwolić wielką energię, należy utrzymać w całości możliwie długo masę uranu przekraczającą znacznie masę krytyczną. W tym celu umieszcza się wiele kawałków kuli uranowej w takim oddaleniu, aby reakcja łańcuchowa nie mogła się zacząć. Konstrukcja ta obudowana jest konwencjonalnym materiałem wybuchowym. Eksplozja tego materiału zgniata przygotowane kawałki w jedną kulę i utrzymuje ją w całości dzięki ciśnieniu fali uderzeniowej eksplozji przez dostatecznie długi czas, aby rozszczepieniu uległa znaczna część przygotowanej masy uranu. Energia takiego wybuchu może odpowiadać setkom tysięcy ton tradycyjnego materiału wybuchowego.

Taka „bomba atomowa", jak niezbyt trafnie nazwano urządzenie wykorzystujące energię rozszczepienia jąder, została użyta w II wojnie światowej. Zniszczenie pojedynczymi bombami miast Hiroszima i Nagasaki doprowadziło do natychmiastowej kapitulacji Japonii. Spowodowało to jednak wiele tysięcy ofiar wśród ludności cywilnej. Dziś jeszcze umierają i cierpią ludzie, którzy przeżyli tę tragedię jako dzieci. Miejmy nadzieję, że w przyszłości energia jądrowa będzie używana tylko w celach pokojowych.

ZADANIA

1. Jednym z eksperymentów najważniejszych dla konstrukcji bomby atomowej było możliwie dokładne wyznaczenie masy krytycznej. Wykonywano to, zsuwając na stole w jedną „bryłkę" małe kawałki uranu i mierząc liczbę neutronów wysyłanych w czasie jednej sekundy. Gdy liczba ta zaczynała nagle wzrastać, kawałek odsuwano. Czy myślisz, że była to bezpieczna metoda? Spróbuj zaplanować metodę bezpieczniejszą.
2. Wiele powieści i opowiadań *science fiction* (a także np. film *Armageddon*) opisuje możliwość użycia bomby atomowej dla zniszczenia lub zmiany toru asteroidy, która ma uderzyć w Ziemię. Spróbuj wyjaśnić, dlaczego nigdy nie rozważa się użycia w tym celu zwykłych materiałów wybuchowych.

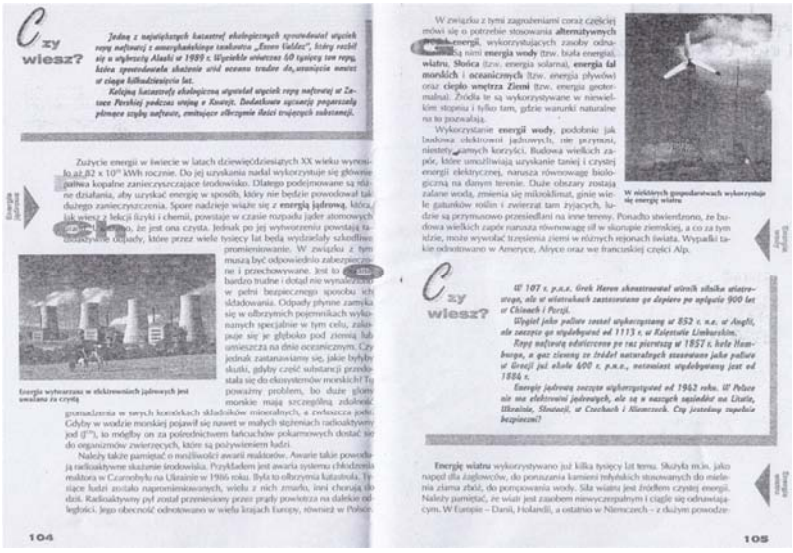
217

J.Salach (red.), *Wybieram Fizykę* [*I Choose Physics*], Kraków: Zamkor 2007, p.216 – High School Textbook for the pupils especially interested in physics.

More and more attention is paid nowadays to the additional security measures which would make the nuclear catastrophe impossible even when some serious mistakes of the people were involved. The reactors of the type which was involved in the Chernobyl catastrophe are no longer built (they were actually never produced anywhere outside USSR). In that reactor carbon (graphite) served as the moderator and water served as a cooler. In the irresponsible experiment (conducted by the electricians without consultation with the physicians!) all the automatic security measures were turned off. Holding out of the regulatory bars led to the increase of the number of fissions and, by that, temperature increase and evaporation of the water. It did not interrupt the reaction but rather boost its pace,

because steam absorbed less neutrons than water. The place for the bars in reactor was destroyed and that was why the bars could not have been put on their place again. Increasing temperature led to the explosion in which the particles of fuel and radioactive compounds were emitted to the atmosphere. Contamination was noted in the whole Europe.

3.



Czy wiesz?

Jedną z największych katastrof ekologicznych spowodował wypadek ropy naftowej z amerykańskiego tankowca „Exxon Valdez", który rozbił się w wybrzeży Alaski w 1989 r. Wypadek wówczas 60 tysięcy ton ropy, która spowodowała skażenie wód oceanu trudne do usunięcia nawet w ciągu kilkudziesięciu lat.

Kolejną katastrofą ekologiczną wywołał wypadek ropy naftowej w Zatoce Perskiej podczas wojny w Kuwejcie. Zadziałowie wycieczkę pogarszały pomoce szyby naftowe, emitujące olbrzymie ilości trujących substancji.

Zużycie energii w świecie w latach dziewięćdziesiątych XX wieku wynosiło aż 82 x 10^{15} kWh rocznie. Do jej uzyskania nadal wykorzystuje się głównie paliwa kopalne zanieczyszczające środowisko. Dlatego podejmowane są różne działania, aby uzyskać energię w sposób, który nie będzie powodował tak dużego zanieczyszczenia. Spore nadzieje wiąże się z **energią jądrową**, która, jak wiesz z lekcji fizyki i chemii, powstaje w czasie rozpadu jąder atomowych [illegible] że jest ona czysta. Jednak po jej wytworzeniu powstają [illegible] odpady, które przez wiele tysięcy lat będą wydzielały szkodliwe promieniowanie. W związku z tym muszą być odpowiednio zabezpieczone i przechowywane. Jest to [illegible] bardzo trudne i dotąd nie wynaleziono w pełni bezpiecznego sposobu ich składowania. Odpady płynne zamyka się w olbrzymich pojemnikach wykonanych specjalnie w tym celu, zakopuje się je głęboko pod ziemią lub umieszcza na dnie oceanicznym. Czy jednak zastanawiamy się, jakie byłyby skutki, gdyby część substancji przedostała się do ekosystemów morskich? To poważny problem, bo duże głębiny morskie mają szczególną zdolność gromadzenia w swych komórkach składników mineralnych, a zwłaszcza jodu. Gdyby w wodzie morskiej pojawił się nawet w małych stężeniach radioaktywny jod (I^{131}), to mógłby on za pośrednictwem łańcuchów pokarmowych dostać się do organizmów zwierzęcych, które są pożywieniem ludzi.

Należy także pamiętać o możliwości awarii reaktorów. Awarie takie powodują radioaktywne skażenie środowiska. Przykładem jest awaria systemu chłodzenia reaktora w Czarnobylu na Ukrainie w 1986 roku. Była to olbrzymia katastrofa. Tysiące ludzi zostało napromieniowanych, wielu z nich zmarło, inni chorują do dziś. Radioaktywny pył został przeniesiony przez prądy powietrza na dalekie odległości. Jego obecność odnotowano w wielu krajach Europy, również w Polsce.

Energia wytwarzana w elektrowniach jądrowych jest uważana za czystą

104

W związku z tymi zagrożeniami coraz częściej mówi się o potrzebie stosowania **alternatywnych źródeł energii**, wykorzystujących zasoby odnawialne, z nimi **energia wody** (tzw. biała energia), **wiatru**, **Słońca** (tzw. energia solarna), **energia fal morskich** i **oceanicznych** (tzw. energia pływów) oraz **ciepło wnętrza Ziemi** (tzw. energia geotermalna). Źródła te są wykorzystywane w niewielkim stopniu i tylko tam, gdzie warunki naturalne na to pozwalają.

Wykorzystanie **energii wody**, podobnie jak budowa elektrowni jądrowych, nie przynosi, niestety, samych korzyści. Budowa wielkich zapór, które umożliwiają uzyskanie taniej i czystej energii elektrycznej, narusza równowagę biologiczną na danym terenie. Duże obszary zostają zalane wodą, zmienia się mikroklimat, ginie wiele gatunków roślin i zwierząt tam żyjących, ludzie są przymusowo przesiedlani na inne tereny. Ponadto stwierdzono, że budowa wielkich zapór narusza równowagę sił w skorupie ziemskiej, a co za tym idzie, może wywołać trzęsienia ziemi w różnych rejonach świata. Wypadki takie odnotowano w Ameryce, Afryce oraz we francuskiej części Alp.

W niektórych gospodarstwach wykorzystuje się energię wiatru

Czy wiesz?

W 107 r. p.n.e. Grek Heron skonstruował silnik oparty na wiatrowym, ale w wiatrakach zastosowano go dopiero po upływie 900 lat w Chinach i Persji.

Węgiel jako paliwo został wykorzystany w 852 r. n.e. w Anglii, ale zaczęto go wydobywać od 1113 r. w Królestwie Lichtenstein.

Ropę naftową odkryto po raz pierwszy w 1857 r. koło Hamburga, a gaz ziemny ze źródeł naturalnych stosowano jako paliwo w Grecji już około 600 r. p.n.e., natomiast wydobywany jest od 1886 r.

Energię jądrową zaczęto wykorzystywać od 1962 roku. W Polsce nie ma elektrowni jądrowych, ale są w naszych sąsiadów na Litwie, Ukrainie, Słowacji, w Czechach i Niemczech. Czy jesteśmy zupełnie bezpieczni?

Energię wiatru wykorzystywano już kilka tysięcy lat temu. Służyła m.in. jako napęd dla żaglowców, do poruszania kamieni młyńskich stosowanych do mielenia ziarna zbóż, do pompowania wody. Siła wiatru jest źródłem czystej energii. Należy pamiętać, że wiatr jest zasobem niewyczerpalnym i ciągle się odnawiającym. W Europie – Danii, Holandii, a ostatnio w Niemczech – z dużym powodze-

105

M.Kłyś, K.Żbikowska-Zdun, *Biologia dla Gimnazjum* [*Biology for Junior High School*], cz.3, Warszawa: Nowa Era 2001, p.104 – Textbook for Junior High School Pupils

One has to remember about the *possibility of the malfunction of nuclear reactor. Such malfunctions cause the radioactive contamination of environment. The malfunction of the cooling system of nuclear reactor in Chernobyl, Ukraine in 1986. It was a huge catastrophe. Thousands of people were exposed to the radiation, a lot of them died; others suffer from diseases till today. Radioactive dust was moved by the air drifts to the areas remote from the area close to Chernobyl. The presence of that dust was spotted in many countries all around Europe, also in Poland.*