

LISTY DO SPECJALISTY

Oto kolejny z listów wraz z "zadaniem domowym".

Pytanie jest ciekawie sformułowane i (moim zdaniem) trudne.

Miło by było, gdyby ktoś zechciał przysłać do MF swoją odpowiedź na to pytanie.

Nauczyciel jest "narażony" na trudne pytania codziennie. Mamy nadzieję, że wspólne szukanie tej najlepszej odpowiedzi może stać się ciekawą rozrywką intelektualną. Stąd prośba nie tylko o pytania (i nie tylko od uczniów) lecz także o odpowiedzi - od każdego kto uważa, że ma coś do powiedzenia w danej sprawie i ma czas na taką zabawę.

Pytanie Sylwii

Zastanawia mnie to, iż we wszystkich ciałach są oddziaływania między cząsteczkami. Dlaczego tylko niektóre są sprężyste? Czemu sprężyna jest sprężysta?? Jaka własność ciał jest odpowiedzialna za ich sprężystość? Przejrzałam wiele książek na ten temat. Wiem czym jest sprężystość, wiem, że atomy są połączone wiązaniami, że się przyciągają i zarazem odpychają. Wiem czym jest granica sprężystości i wiem co się stanie gdy ją przekroczymy. Mimo tego wciąż nie rozumiem tego zjawiska.

Sylwia Malinowska
sylwucia007@wp.pl

Odpowiedź WD

Chciałbym Sylwio żebyś mogła zobaczyć jak zabieram się do odpowiedzi na Twoje bardzo trudne pytania. Właściwie nic ciekawego byś nie zobaczyła. Siedzi dziadek przy komputerze, kusi go by gdzieś poszperać w internecie. Kusi? Za dużo powiedziane. Wiem, że tam gdzieś wśród tysiąca materiałów jest coś co Tobie przypadnie do gustu. Więc tak naprawdę to kusi mnie by Ci odpowiedzieć: pogrzeb w internecie i nie zawracaj głowy "specjaliście", który specjalistą w tej branży nie jest, ale przypuszcza, że na tym etapie studiów fizycznych jego wyjaśnienia powinny Cię zadowolić.

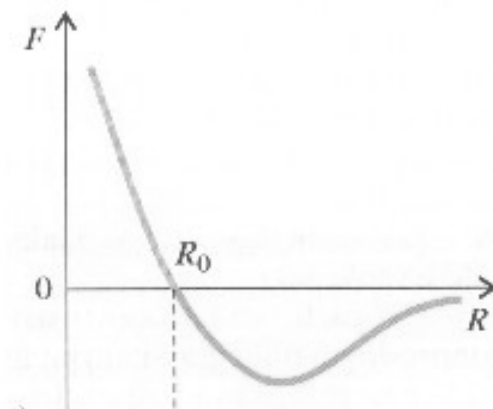
Szkoda, że nie możesz zobaczyć stanu mojego umysłu. A stan jest taki, że nie wiem jeszcze jak odpowiem. Zacznę myśleć (i wiedzieć) gdy zacznę pisać.

Zobaczmy co z tego wyjdzie.

Zaraz po otrzymaniu Twojej wiązanki pytań wziąłem z półki pierwszy z sześciu tomów uniwersyteckiego podręcznika fizyki napisanego pół wieku temu przez lwowskiego profesora Szczepana Szczeniowskiego. Ten podręcznik ma tytuł "Fizyka Doświadczalna" ale w rzeczywistości jest jedną z lepszych jakie widziałem encyklopedii wiedzy fizycznej.

Sprężystości (a nie sprężynom) poświęca autor około 30 stron. Są tam niezliczone wzory, równania, wykresy - bardzo trudny materiał o sprężystych własnościach materiałów. Trudny wykład i - przynajmniej teraz - nie polecam. Polecam natomiast to, co - jak się domyślam - masz pod ręką, a więc "Moją Fizykę". Na stronie 106 w pierwszym tomie znajdziesz rysunek nr 70a.

Miej to przed sobą.



Pewnie wiesz jak atomy są zbudowane. Znikomy promil objętości atomu zajęty jest przez materię. Pustka. Krasnoludek wielkości jądra atomowego siedząc na tym jądrze nie dostrzeże elektronów bo nawet dla niego są za małe i do tego śmigają bardzo szybko i bardzo daleko: tysiąc wzrostów krasnoludka!

Wyobraź sobie, że mimo, że elektrony są daleko, krasnoludek czuje się bezpieczny, pewny, że nic mu nie grozi ze strony innych atomów. Atomy (pustki!!) zbliżyć się mogą do siebie nie bliżej niż na tyle by odległość między jądrami była porównywalna z średnicą atomu D . Na straży soją (ha! ha!) elektrony. Co to znaczy? Znaczą to, że atomy muszą się odpychać i to tym bardziej im odległość między nimi jest bliższa D .

Czy to nie oczywiste? Przecież elektrony się nie lubią zgodnie z prawem przyrody mówiącym, że jednoimienne ładunki się odpychają.

Materii jak na lekarstwo. Pole elektryczne musi tam rządzić niepodzielnie. I tak pewnie jest. Gdyby udało się przełamać tę barierę z elektronów i zbliżyć jądra wtedy powstanie coś jakby wspólna otoczka elektronów dla obu jąder i powstanie wygodne "gniazdko" dla obu atomów. W to trzeba uwierzyć nawet jeśli trudno zrozumieć. Wtedy ta zwiększona liczba elektronów będzie utrzymywana przez zwiększony sumaryczny ładunek jądra (wiesz, że jądra zawierają ładunek dodatni - protony) i może powstać komfortowa sytuacja. Zredukowanie wzajemnych oddziaływań do zera.

Próba zbliżenia jąder, próba stworzenia jednego połączonego jądra, była by próbą połączenia dwóch ładunków dodatnich. Bardzo, bardzo trudna sprawa. Takie rzeczy się zdarzają i to stale ale w ekstremalnych warunkach (np. we wnętrzach gwiazd!) gdzie o sprężynach mowy być nie może. Popatrz na rysunek. Mamy jedno jądro atomu w miejscu zerowym (przecięcie osi) a drugie w tym komfortowym dla tej pary położeniu R_0 . Oddziaływania redukują się do zera. Nic je nie zbliża i nic nie oddala. Tu jest spokojnie. Każda jednak próba zmiany sytuacji napotyka na reakcję: chcemy zbliżyć, ostre odpychanie (siła dodatnia, wzrastająca szybko gdy odległość maleje), chcemy rozdzielić, mamy pojawienie się siły przeciwnej czyli ściąągającej (z przypisanym jej znakiem ujemnym). Widać, że z tą siłą można sobie jakoś poradzić. Na początku wprawdzie rośnie, ale od pewnej odległości zaczyna słabnąć aż do zupełnego zaniku wiązań (chęci powrotu).

Tym prostym modelem można się posłużyć przy próbie odpowiedzi na pytania dotyczące sprężyny. Ograniczmy się do najbliższego otoczenia R_0 (do niezmiernie małych przemieszczeń).

Przemieszczenie w prawo czy w lewo, a więc rozciąganie czy ściskanie sprężyny, wywołuje reakcję zobrazowaną prostym odcinkiem wykresu F od x (a zatem mamy tu proporcjonalność prostą między F i dx jak tego chce prawo Hooke'a). Wiadomo, że takich par atomów nawet w najcieńszej sprężynie znajdziemy miliardy na każdy milimetr długości sprężyny a zatem obserwowany efekt to suma niezliczonej ilości niewyobrażalnie małych przemieszczeń (względem naszego R_0).

Patrzmy znowu na nasz wykres. Gdzieś w tekście jest wyjaśnione, że na tym wykresie odległości są mierzone w skali atomowej. R_0 może być rzędu jednej tysięcznej nanometra. Siły też nie są imponujące ale trzeba mieć na uwadze ilość "zaprzęgniętych koni" w normalnie używanych urządzeniach. Posługując się tym wykresem można pokusić się o wytłumaczenie dlaczego drut się rozrywa gdy przesadzi się z obciążeniem. Zrywają się więzy - siła wiążąca zanika. Wyszliśmy poza obszar pokazany na wykresie. Zwróć uwagę na to, że "w gniazdku" też nie działa na atom czy cząsteczkę żadna siła. Miarą sprężystości będzie tu nachylenie krzywej: większe nachylenie znaczy: - spróbuj nas rozsunąć (lub ścisnąć) a zobaczysz! Widać z wykresu, że ściskanie materiału do niczego innego nie prowadzi jak do wywołania silnej reakcji ze strony ściskanego. Rozciąganie zaś musi mieć granice jeśli nie chce się atomów na zawsze odseparować.

Teraz powinno być łatwiej zrozumieć co to znaczy, że nie wszystkie materiały jednakowo nadają się do wyrobu sprężyn. Taki wykres narysowany dla słabiej wiązanych atomów różniłby się położeniem R_0 , nachyleniem (w otoczeniu R_0) prostego fragmentu, głębokością minimum krzywej w części prawej. Obraz krzywej zależy od struktury elektronowej określonych atomów. W skali użytecznej, doświadczalnej zauważa się wielkie różnice u różnych struktur krystalicznych.

O czym mowa? A no o tym, że nigdy nie mamy do czynienia z modelem reprezentowanym przez wspomniany wykres. Okazuje się że siły wiązań, granice elastyczności, wytrzymałość na obciążenie ... te wszystkie cechy zależą od tego jak "rodził się" dany materiał. Czy pozwolono atomom układać się

byle jak, czy dano im szansę utworzenia sieci krystalicznej czyli regularnej mozaiki atomów ułożonych w uporządkowane warstwy. Takie struktury nazywamy kryształami.

Kryształy mają sposób na obronę przed działaniem sił zewnętrznych. Trzeba powiedzieć, że różnie się bronią w różnych sytuacjach. Mogą nie dać się łatwo rozciągać, ale skręcać się pozwalają. Wszystko w ramach "przyzwoitości" oczywiście. Wielką rolę odgrywają tu domieszki. Czasem pojedynczy atom wprowadzony do czystego kryształu potrafi znacznie zmienić jego fizyczne parametry. Ciekawą dziedzinę wiedzy dotykamy. Materiałoznawstwo, a także fizyka ciała stałego to obszerne i rozłożyste gałęzie wiedzy o substancjach i ich najprzeróżniejszych właściwościach.

Zapędziłem się i nie widzę końca. Masz pewnie też ograniczoną wytrzymałość, więc tu przerwę wywód.

Zaproponuję doświadczenie: z miękkiego drutu aluminiowego lub miedzianego zrób kółko - najlepiej jak potrafisz. Stykające się końce odchyl teraz nieco od siebie działając na nie prostopadłe do płaszczyzny kółka.

Otrzymasz coś w rodzaju jednego oczka sprężyny. Połóż to "oczko" na stole. Nie leży płasko. Jeśli jeden koniec dotyka stołu to drugi patrzy ukosem w górę. Przyciśnij to na chwilę książką o twardej okładce. Czy sądzisz, że się kółko spłaszczy? Przekonaj się.

Ile można przy takiej zabawie dowiedzieć się o sprężynie i sprężystości!!

Chyba wyobrażasz sobie, że nie było w tym doświadczeniu ani skracania (ściskania) ani wydłużania drutu. Było skręcanie. Popatrz przez magiczną lupę do wnętrza. Warstwy atomów musiały się przesuwać względem sąsiednich warstw (sieci krystalicznej zapewne). Jeśli końce drutu zbliżyłaś powiedzmy o centymetr, a w całej długości drutu było 1000000000000 (12 zer) warstw to każda warstwa względem sąsiada przemieściła się o $1/1000000000000$ centymetra, co wcale nie jest dużo. Dlatego po usunięciu zewnętrznego "agenta" wróciły na swoje miejsca. Miedzi ani aluminium raczej do budowy sprężyn się nie stosuje. Są lepsze materiały. Ich zakres elastyczności jest większy, ich wytrzymałość też. Wszystkie ciała można uznać za sprężyste - do pewnego stopnia. Wiem, że masz ochotę mi przerwać i zapytać DLACZEGO? W różnorodności tkwi całe piękno.

A wiesz, że od tych cech zależy też np. szybkość rozchodzenia się dźwięku w materiałach?

Chcemy poznać JAK zachowują się atomy, materiały, urządzenia, rośliny, żyjące organizmy ...

Odpowiedź na pytanie DLACZEGO na ogół nas nie satysfakcjonuje. Zawsze potrafimy dodać nowe "dlaczego?" i to też jest fascynujące.

Powodzenia w rozważaniach nad ciekawym światem przyrody.

wd