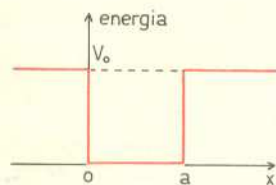


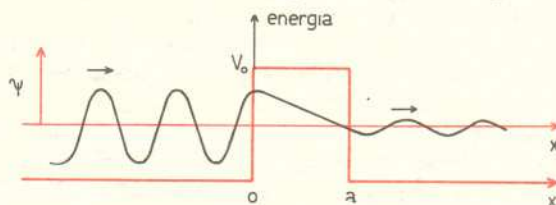
energii ma cząstka. Wynika to z postaci wzorów określających ψ_{II} oraz współczynnik tłumienia κ . Łatwo też zauważyć, że funkcja ψ_{II} będzie tożsamościowo równa zero tylko wówczas, gdy $\kappa \rightarrow \infty$ (nieskończenie silne tłumienie), czyli gdy $V_0 \rightarrow \infty$. Tylko w takim przypadku granicznym nastąpi całkowite odbicie.

Jak można sobie tłumaczyć to zjawisko wnikania cząstki do obszaru klasycznie wzbronionego? Niestety, nie ma sposobu przedstawienia tej sytuacji w języku mechaniki klasycznej, gdyż fizyka klasyczna sytuacji takich w ogóle nie dopuszcza. Obrazowo jednak rzecz ujmując, możemy cząstkę kwantową wyobrazić sobie jako swego rodzaju pakiet czy kłębek fal. Zanikający w obszarze II „ogon” funkcji falowej odpowiada w takim niezbyt adekwatnym modelu falowym „ramionom” cząstki, którymi sięga ona bezkarnie tam, gdzie jej mechanika klasyczna zabrania.

W tym miejscu Czytelnik domyśla się pewnie, jak dalej można rozumować. Skoro mianowicie cząstka może wniknąć z pewnym prawdopodobieństwem do obszaru II, to w sytuacji, kiedy obszar ten ma skończoną szerokość (rys. 2), z pewnym prawdopodobieństwem można znaleźć cząstkę po drugiej stronie bariery (jeśli bariera ma skończoną szerokość). Takie przenikanie cząstek przez bariery potencjalne nosi nazwę zjawiska tunelowego.



Rys. 5



Rys. 4. Zjawisko tunelowe (schematycznie)

Chętny Czytelnik pewnie zabierze się teraz do dokładnych obliczeń ilustrujących zjawisko tunelowe w przypadku bariery, jak na rys. 2, i w wyniku ich udowodni podany na wstępie warunek absolutnego bezpieczeństwa bariery dla lwów. Obliczenia te nie wniosą wiele nowego do naszej kwestii, choć pewnie poprawią nasze samopoczucie. Wyniknąć w nich powinny jednak nowe, ciekawe kwestie, dlatego warto przeprowadzić przedtem trochę rachunków i dyskusję innego, ale prostszego i pouczającego zagadnienia, mianowicie — cząstki w jamie potencjalnej (rys. 5).

Zjawisko tunelowe występuje dość często w różnych sytuacjach. Dla przykładu wymienimy: autoemisję (emisję zimną elektronów z metalu pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego), emisję cząstek alfa z jąder w wyniku rozpadu alfa oraz zjawiska Josephsona w złączach nadprzewodnikowych. Zapoznanie się z mechanizmami tych zjawisk pozwoli zdać sobie sprawę z realności i znaczenia efektu tunelowego.

Na pewno pomogą w tym książeczki, np.:
R. P. Feynmana, R. B. Leightona i M. Sandsa,
„Feynmana wykłady z fizyki”, tom III;
E. H. Wichmana „Fizyka kwantowa”
(IV tom Berkeleyowskiego Kursu Fizyki).



Zadania

Redaguje dr Andrzej ZIEMIŃSKI

F14. W Stanach Zjednoczonych rozważa się projekty budowy pociągów „grawitacyjnych”. Pociągi takie poruszałyby się wydrążonymi we wnętrzu Ziemi tunelami. Tunel łączący dwa miejsca na powierzchni Ziemi byłby prowadzony wzdłuż cięciwy. Pociąg grawitacyjny potrzebowałby lokomotywy jedynie do pokonania sił tarcia. Jakie są teoretyczne podstawy tych projektów? Pomijając na początek tarcie i przyjmując, że gęstość Ziemi jest w każdym jej punkcie jednakowa, obliczcie, ile wynosiłby czas przejazdu oraz jakim przyspieszeniem byłiby poddawani podróżni? Promień Ziemi $R \approx 6370$ km, a przyspieszenie ziemskie $g = 9,81$ m/s². Odpowiedzi szukajcie na str. 6

Redaguje mgr Andrzej MAKOWSKI

M.40. Dany jest trójkąt prostokątny ABC ($\sphericalangle C = 90^\circ$). Na przeciwprostokątnej zbudowano na zewnątrz trójkąta kwadrat o boku AB . Wyznaczyć $\sphericalangle OCB$, gdzie O jest środkiem kwadratu. Rozwiązanie zadania na str. 3

M.41. Udowodnić, że w dowolnym dwunastokącie wypukłym istnieją dwie przekątne tworzące kąt o mierze mniejszej od 4° (przyjmujemy, że proste równoległe tworzą kąt 0°).
Rozwiązanie zadania na str. 10

M.42. Udowodnić, że 38 jest największą liczbą parzystą, która nie jest sumą dwóch liczb złożonych nieparzystych. Rozwiązanie zadania na str. 2