

Dynamika kwantowa naładowanej cząstki w pudle w zmiennym polu elektrycznym

Robert Jankowski

13 grudnia 2019

Komputerowe Metody Symulacji - laboratorium

I. WSTĘP

Celem projektu było zaimplementowanie symulacji zachowania się cząstki kwantowej umieszczonej w zmiennym polu elektrycznym poprzez numeryczne rozwiązanie od czasu równania Schrödingera.

II. IMPLEMENTACJA

Program do symulacji został napisany w C++17. Wykresy zostały opracowane w pakiecie R. Natomiast do stworzenia animacji wykorzystano program ImageMagick [1].

III. WYNIKI

A. Sprawdzenie poprawności algorytmu przy wyłączonym polu oscylującym

Wykonano symulację dla $\tau = 10$, $N = 100$, $\Delta\tau = 10^{-4}$ dla każdego stanu początkowego $n \in \{1, 4, 9\}$. Wykreślono zależność normy, położenia średniego oraz energii od czasu. Potwierdzono stałą wartość normy oraz położenia średniego (wahania na 4 miejscu po przecinku dla $n = 9$).

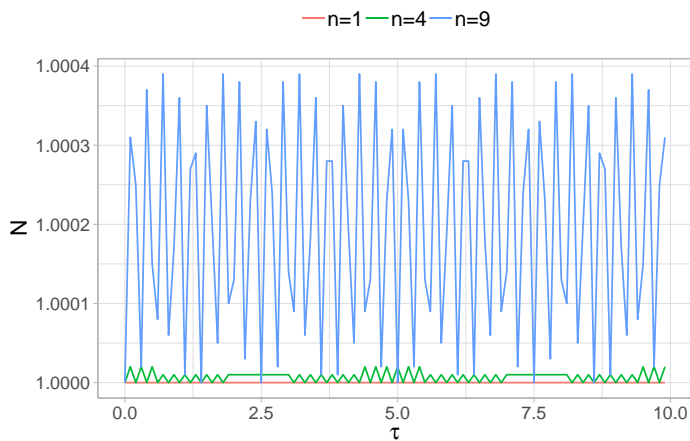


Fig. 1: Zależność normy od czasu

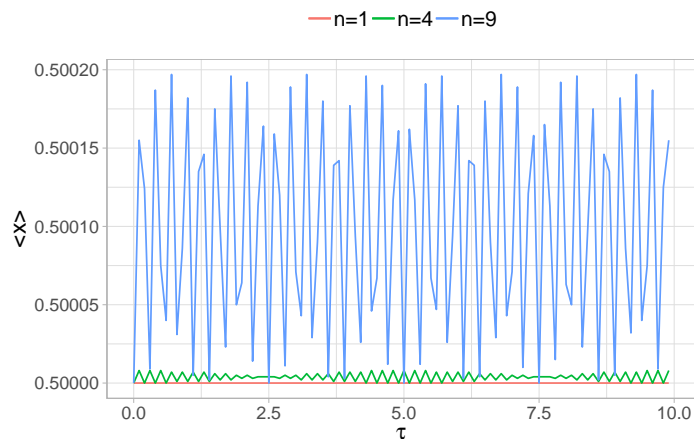


Fig. 2: Zależność średniego położenia od czasu

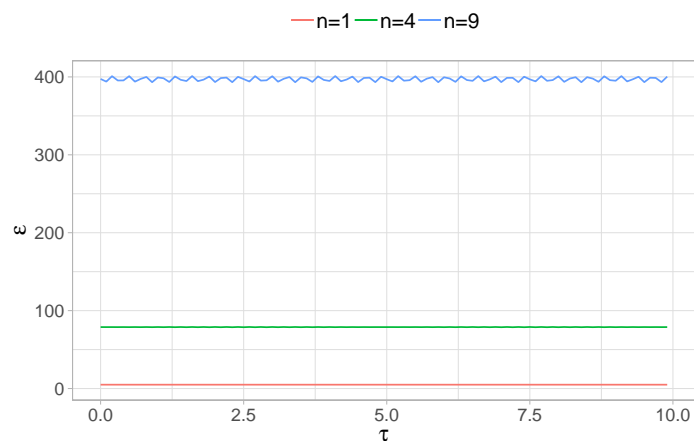


Fig. 3: Zależność energii od czasu

B. Symulacje z zaburzającym polem elektrycznym

W symulacji przyjęto $N = 100$, $\tau = 10$, $\Delta\tau = 10^{-4}$. W celu określenia, między którymi poziomami energetycznymi zachodzi przejście rezonansowe, a między którymi nie wykreślono zależność $\omega \in \{3\pi^2/2, 4\pi^2/2, 8\pi^2/2\}$ od $\langle\epsilon\rangle_{max}$ dla $\kappa \in \{1, 3, 5, 7, 9\}$ dla stanów początkowych $n \in \{1, 4, 9\}$.

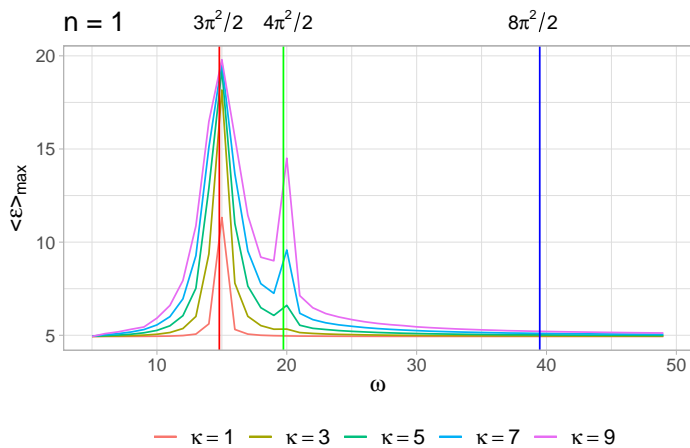


Fig. 4: Zależność średniej energii od częstości dla $n = 1$. Liniami prostymi wykreślono badane częstości rezonansowe.

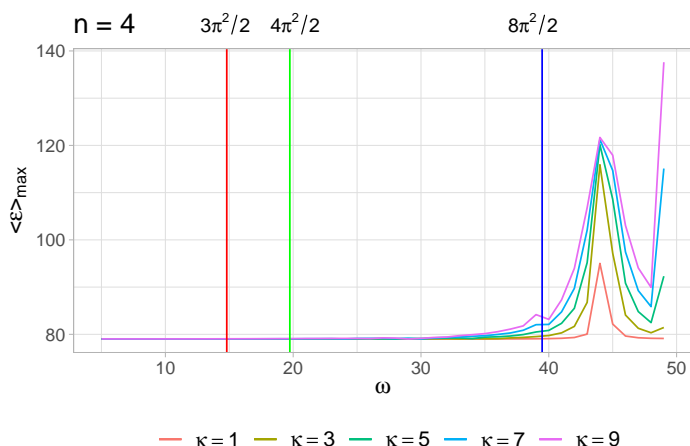


Fig. 5: Zależność średniej energii od częstości dla $n = 4$. Liniami prostymi wykreślono badane częstości rezonansowe.

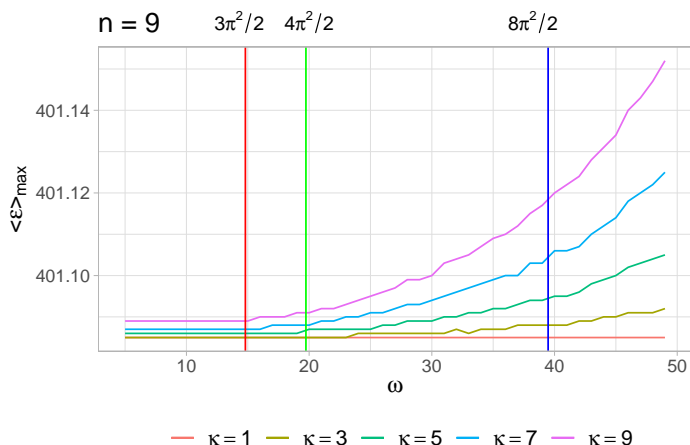


Fig. 6: Zależność średniej energii od częstości dla $n = 9$. Liniami prostymi wykreślono badane częstości rezonansowe.

Zbadano okolicę rezonansu dla częstości rezonansowej (przejście $1 \rightarrow 2$). Dodatkowo w celu lepszej wizualizacji wykonano animację modułu funkcji falowej od k . Gify są dostępne pod adresem: <https://github.com/robertjankowski/kms-lab-quantum/blob/master/README.md> oraz <https://github.com/robertjankowski/kms-lab-quantum/tree/master/visualization>.

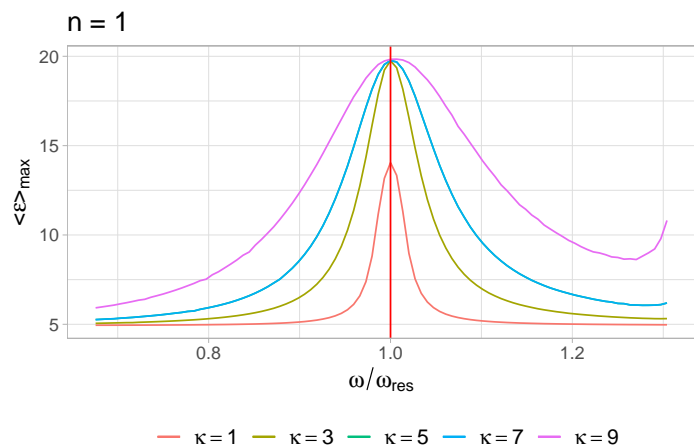


Fig. 7: Zależność średniej energii od przeskalowanej częstości dla $n = 1$. Zbliżenie na częstość rezonansową $\omega_{\text{res}} = 3\pi^2/2$.

Wykonano także wykresy normy, położenia średniego oraz energii od czasu dla częstości rezonansowej oraz dla przykładowej częstości nierezonansowej ($\omega = 10$) w celu porównania przebiegów funkcji.

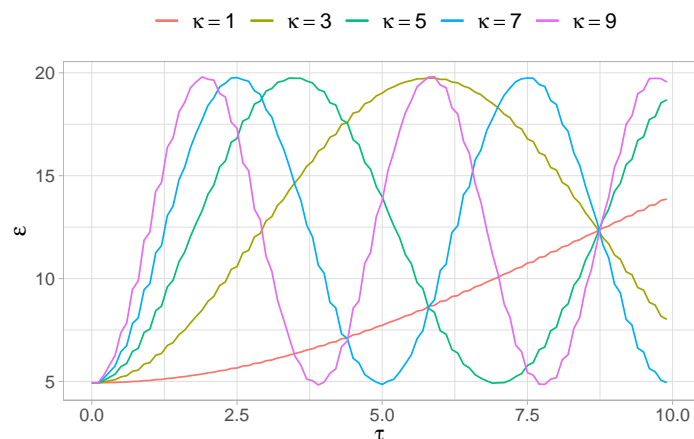


Fig. 8: Zależność energii od czasu dla częstości rezonansowej dla badanych κ .

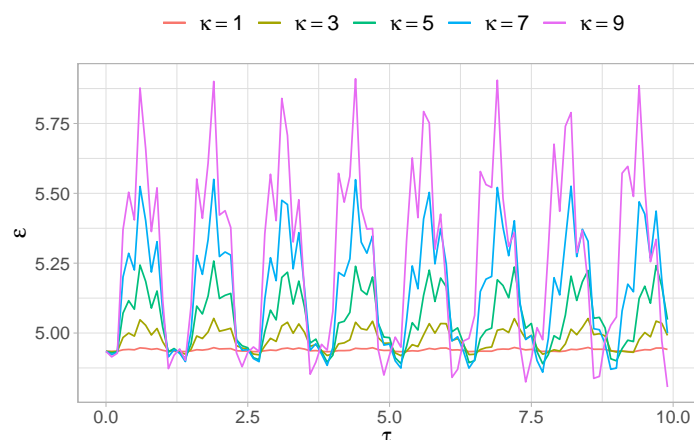


Fig. 9: Zależność energii od czasu dla przykładowej częstości nierezonansowej $\omega = 10$ dla badanych κ .

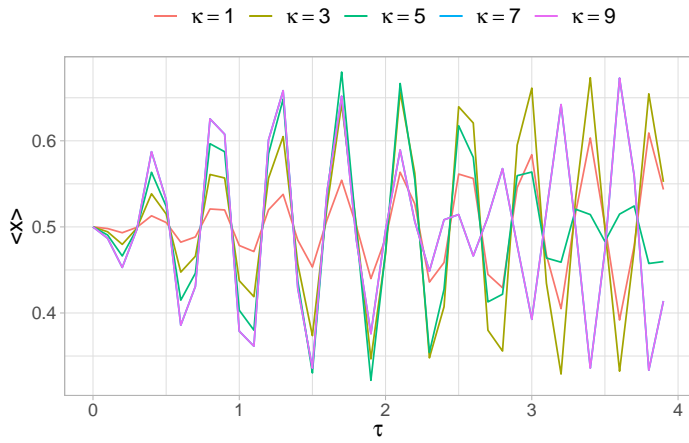


Fig. 10: Zależność średniego położenia od czasu dla częstości rezonansowej dla badanych κ .

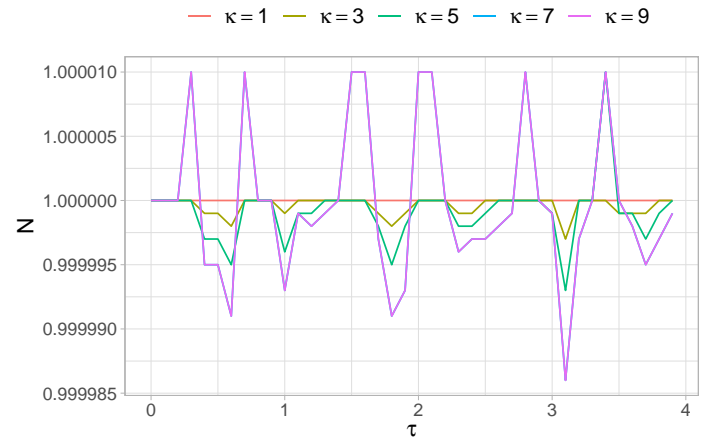


Fig. 13: Zależność normy od czasu dla częstości nierezonansowej $\omega = 10$ dla badanych κ .

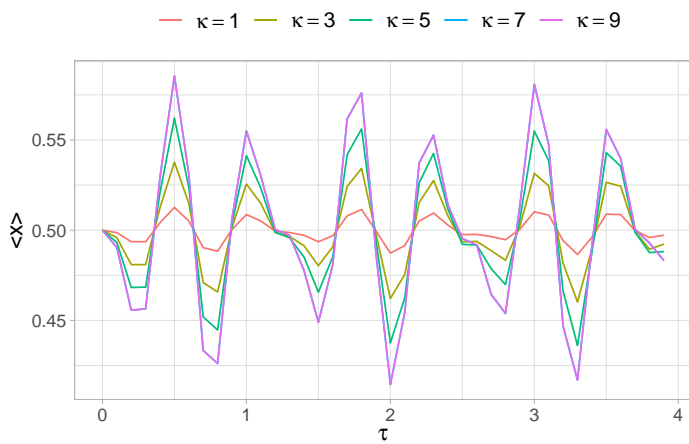


Fig. 11: Zależność średniego położenia od czasu dla częstości nierezonansowej $\omega = 10$ dla badanych κ .

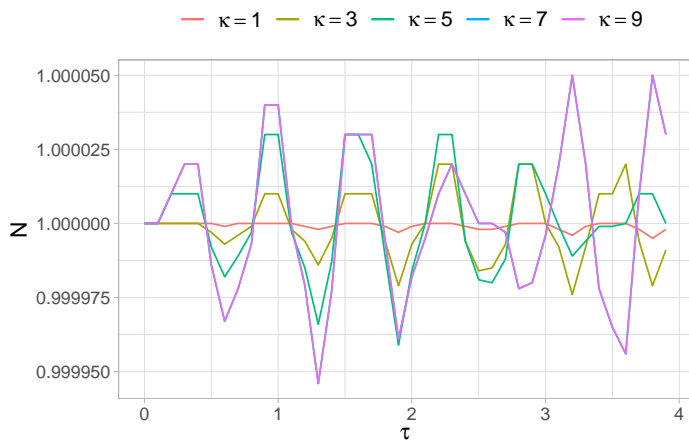


Fig. 12: Zależność normy od czasu dla częstości rezonansowej dla badanych κ .

IV. KOD ŹRÓDŁOWY

Program jest dostępny na platformie GitHub pod adresem: <https://github.com/robertjankowski/kms-lab-quantum>.

REFERENCES

- [1] ImageMagick - Convert, Edit, or Compose Bitmap Images. URL: <https://imagemagick.org/index.php>. Data dostępu: 05.12.2019