

KMS

Symulacja dynamiki kwantowej cząstki

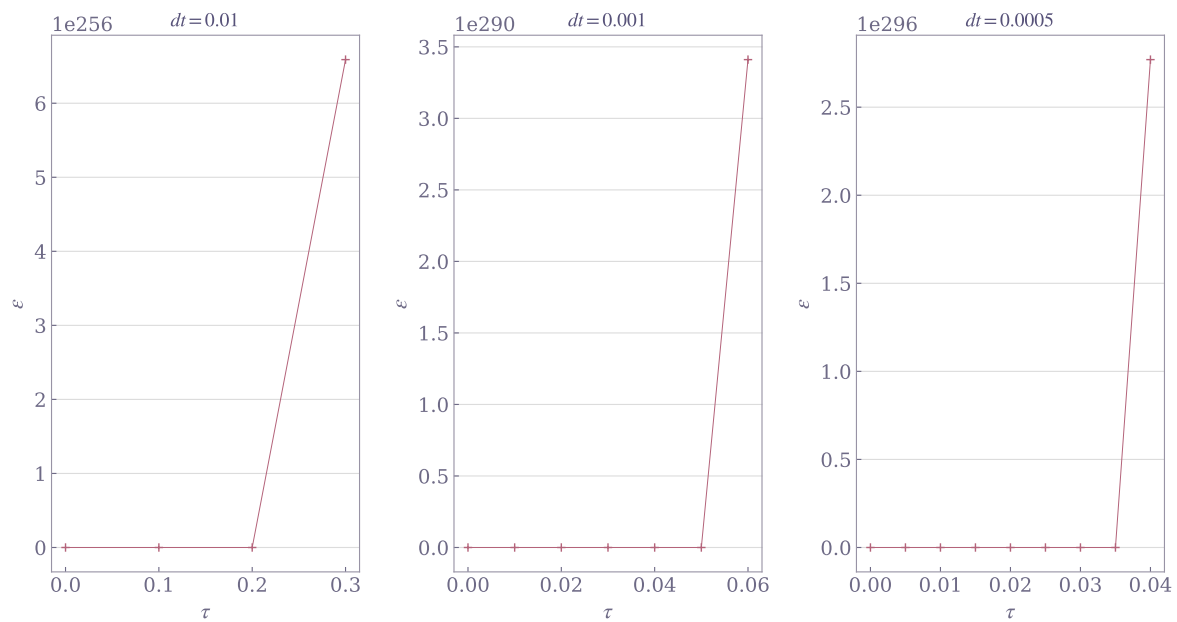
Dawid Karpiński

20.12.2023 r.

1 Test symulacji

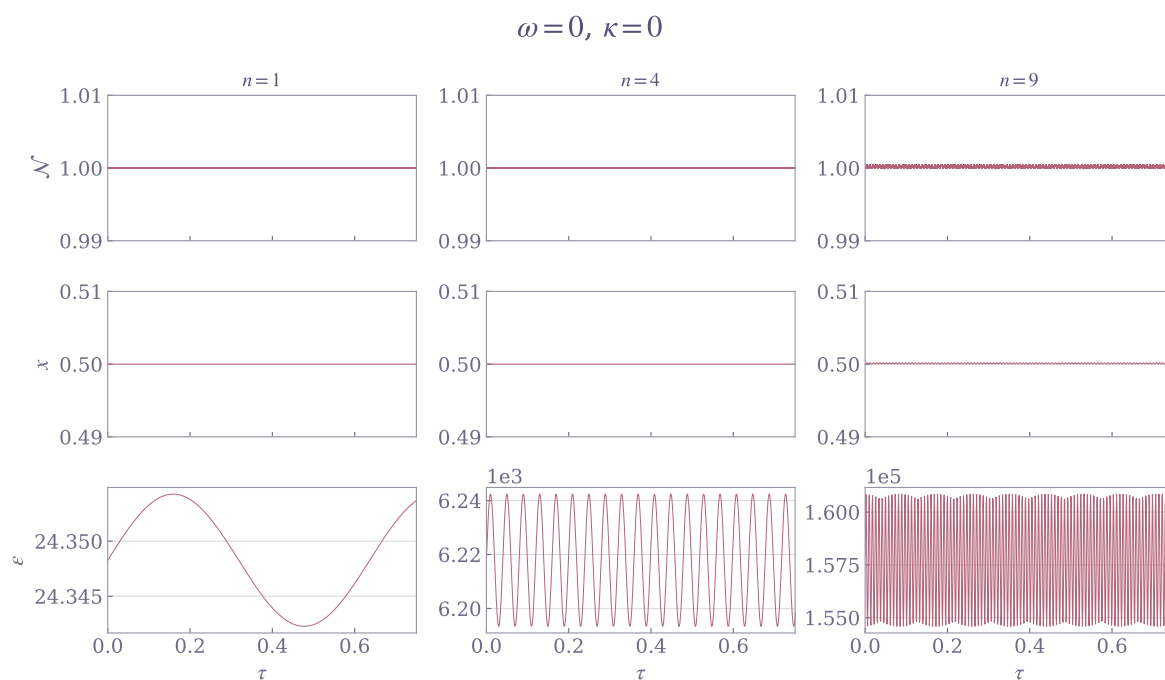
Rysunek 1: Średnia energia od czasu dla niestabilnych kroków $d\tau$

$$\omega = 0, \kappa = 0$$

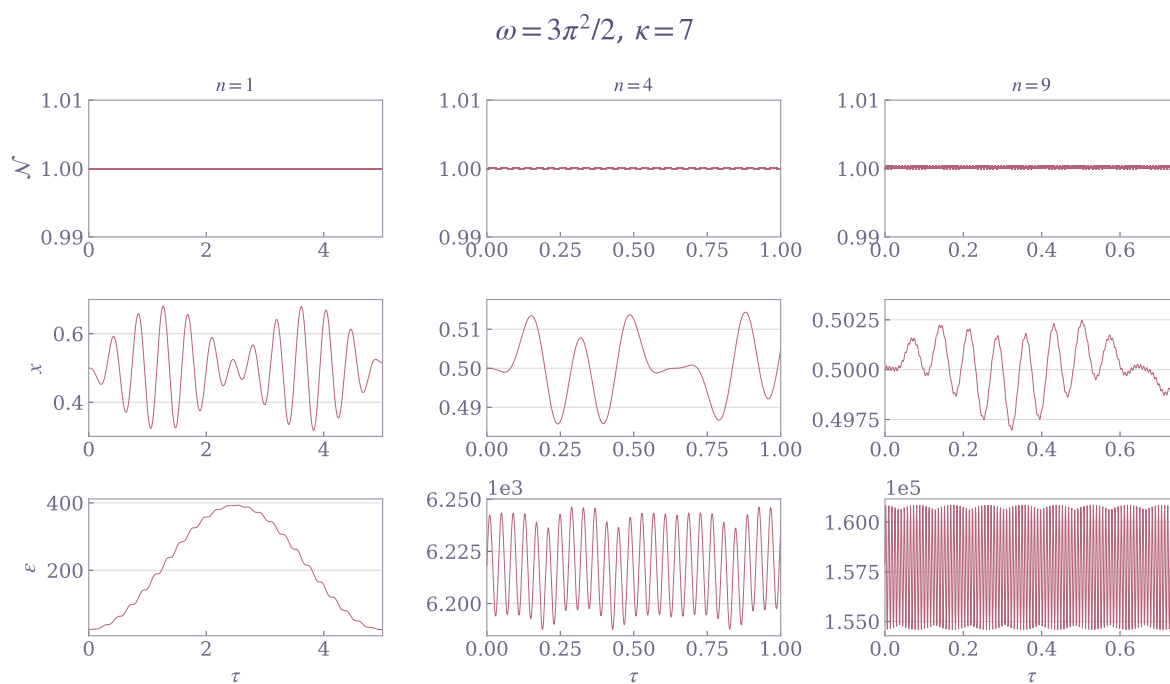


Symulacja okazała się być stabilna tylko dla kroku $d\tau = 0.0001$. Inne zbadane kroki powodowały, że symulacja była mocno niestabilna (średnia energia dążyła szybko do nieskończoności).

Rysunek 2: Zależności od czasu dla: normy \mathcal{N} , średniego położenia x , średniej energii ε (brak zaburzenia)

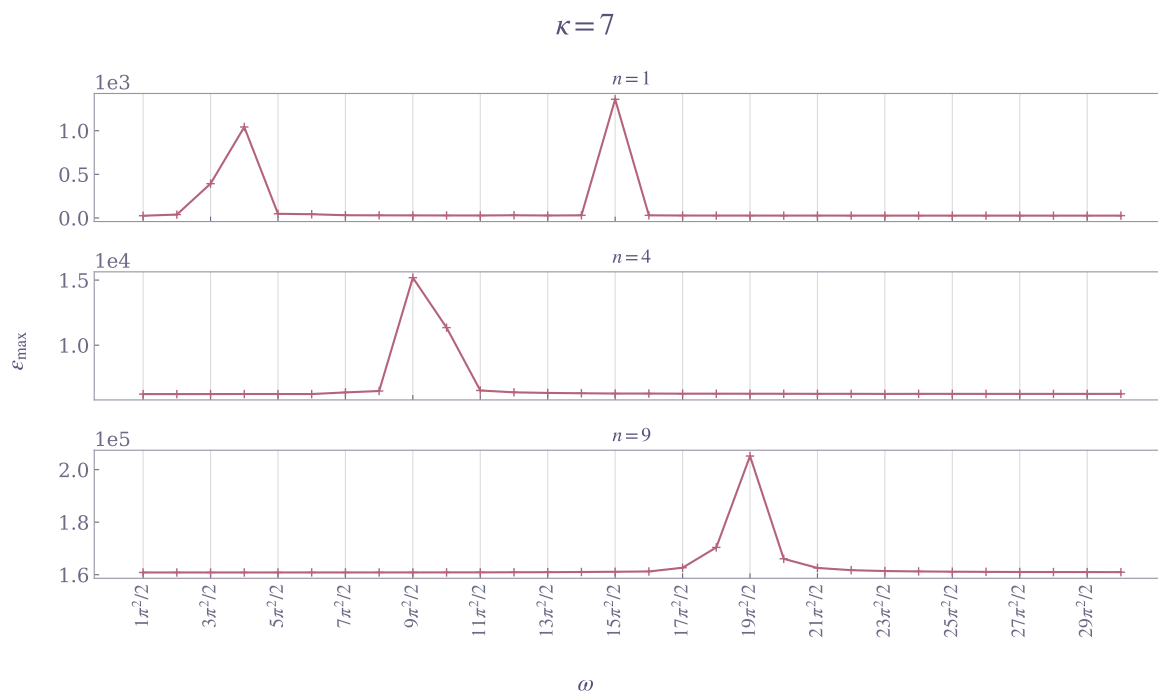


Rysunek 3: Zależności od czasu dla: normy \mathcal{N} , średniego położenia x , średniej energii ε (z zaburzeniem)



2 Badanie rezonansu

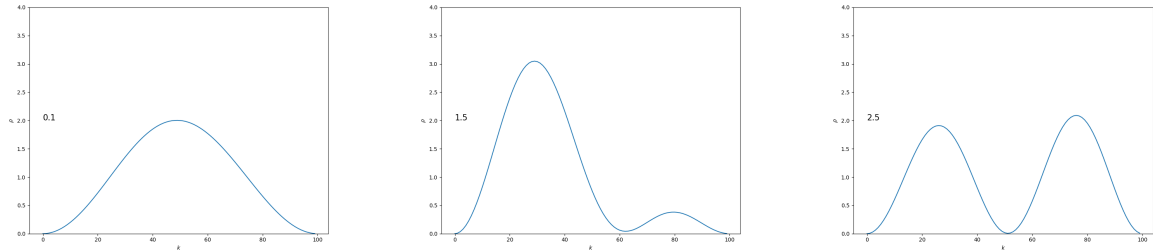
Rysunek 4: Skan wartości ω w poszukiwaniu rezonansu



Wartości ω dla których zachodzi rezonans znaleziono poprzez wykonanie skanu 30 punktów pomiarowych. Zbadano miejsca w których zaobserwowano pik.

ω	stan własny / przejście	rezonans	t
$\frac{1\pi^2}{2}$	1	nie	-
$\frac{2\pi^2}{2}$	1	nie	-
$\frac{3\pi^2}{2}$	1 / $1 \rightarrow 2$	tak	1.5
$\frac{4\pi^2}{2}$	1	nie	-
$\frac{5\pi^2}{2}$	1	nie	-
$\frac{14\pi^2}{2}$	1	nie	-
$\frac{15\pi^2}{2}$	$1 \rightarrow 2$	tak	4.0
$\frac{16\pi^2}{2}$	1	nie	-

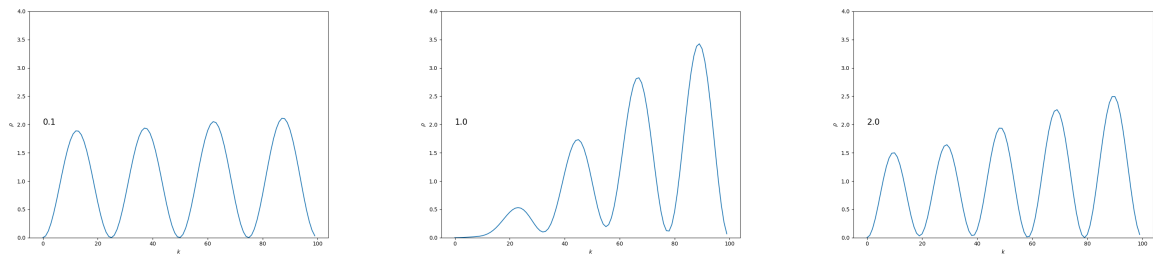
Tabela 1: $n = 1$



Rysunek 5: **Zachowanie gęstości w różnych krokach czasowych dla $n = 1$, od lewej: $t = 0.1, 1.5, 2.5$**

ω	stan własny / przejście	rezonans	t
$\frac{7\pi^2}{2}$	4	nie	-
$\frac{8\pi^2}{2}$	4	nie	-
$\frac{9\pi^2}{2}$	4 / $4 \rightarrow 5$	tak	2.0
$\frac{10\pi^2}{2}$	4	nie	-
$\frac{11\pi^2}{2}$	4	nie	-

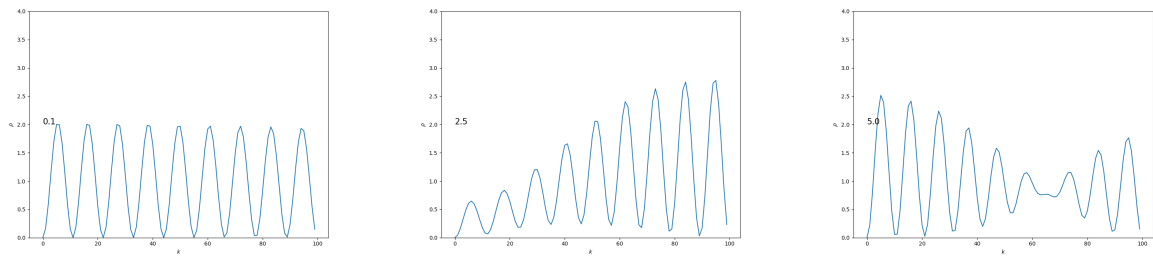
Tabela 2: $n = 4$



Rysunek 6: Zachowanie gęstości w różnych krokach czasowych dla $n = 4$, od lewej: $t = 0.1, 1.0, 2.0$

ω	stan własny / przejście	rezonans	t
$\frac{17\pi^2}{2}$	9	nie	-
$\frac{18\pi^2}{2}$	9	nie	-
$\frac{19\pi^2}{2}$	9 / $9 \rightarrow 10$	tak	2.0
$\frac{20\pi^2}{2}$	9	nie	-
$\frac{21\pi^2}{2}$	9	nie	-

Tabela 3: $n = 9$



Rysunek 7: Zachowanie gęstości w różnych krokach czasowych dla $n = 9$, od lewej: $t = 0.1, 2.5, 5.0$

3 Wnioski

W pierwszym etapie symulacji sprawdzono poprawność algorytmu. Wykonano obliczenia dla stanów cząstkowych o numerach 1, 4 i 9, monitorując normę, średnie położenie i średnią energię.

W dalszych symulacjach wprowadzono zaburzające pole zewnętrzne. Przeprowadzono symulacje dla różnych wartości częstotliwości rezonansowej ω . Czas symulacji ustawiono tak, aby obejmował co najmniej jeden pełny cykl okresowych zmian energii.

Do wykonania symulacji zastosowano język F#, a do wizualizacji Python/Matplotlib.