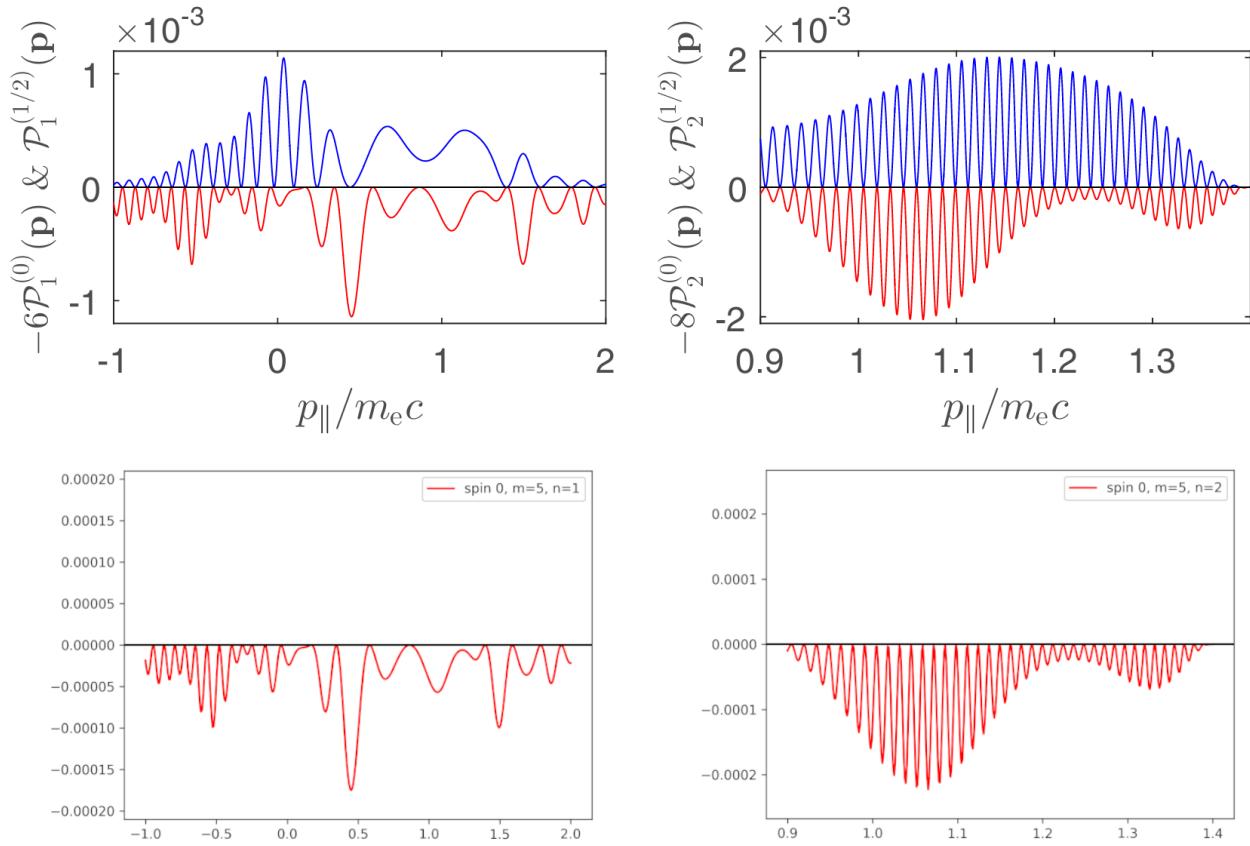
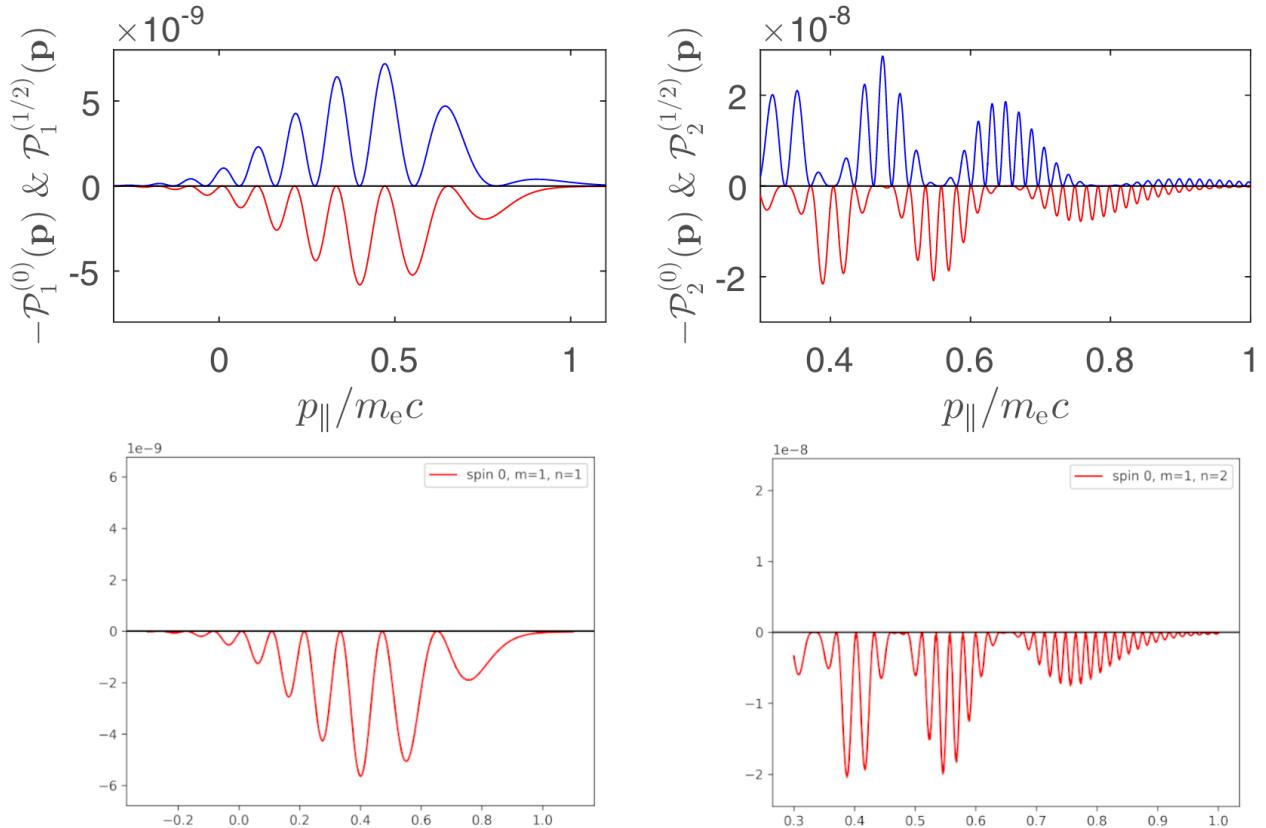
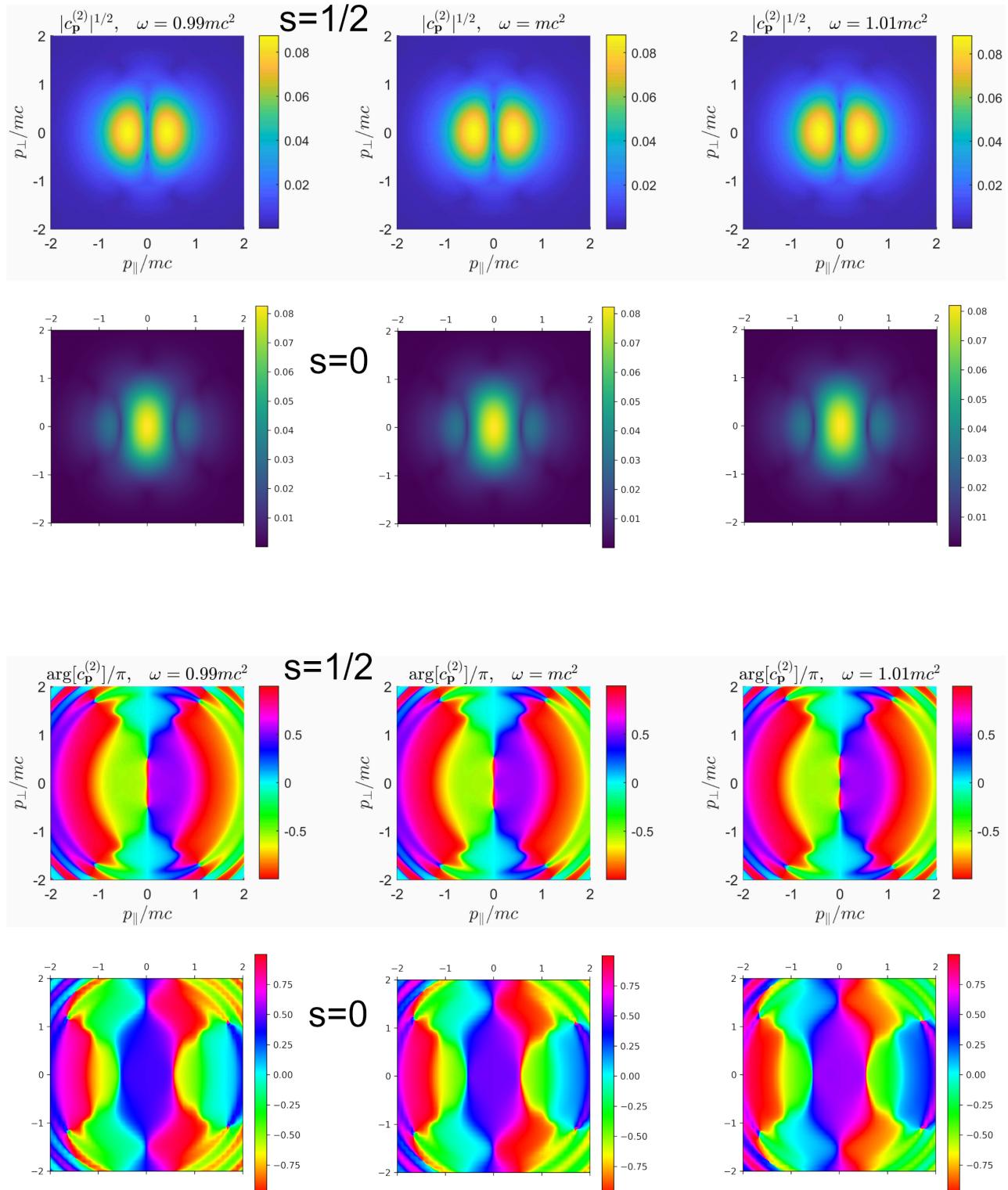


Efekt Schwinger - symulacja

W przypadku przestrzennie jednorodnego pola elektrycznego spolaryzowanego liniowo, wyniki porównałem raz jeszcze z Kamiński, Krajewska (2019) "Unitary versus pseudounitary ...", konkretnie z fig. 5. Wyniki mojej symulacji pokrywają się z artykułem na tyle dokładnie, na ile można to sprawdzić bez danych liczbowych.



Wykonałem symulacje dwuwymiarowego rozkładu pędów liniowo spolaryzowanego światła dla parametrów i postaci pola z artykułu *Bechler, Velez, Krajewska, Kamiński (2023)*. Tutaj wykresy z fig. 2. tego artykułu dla elektronów i moje wyniki dla spinu 0. Dla tych parametrów w przypadku spinu 0 nie występują żadne wiry ani nie zachodzi łączenie się ich.



W końcu, dla bozonów po niewielkiej modyfikacji można tym samym sposobem symulować efekt działania pola o polaryzacji zależnej od czasu. Przyjąłem następującą postać pola:

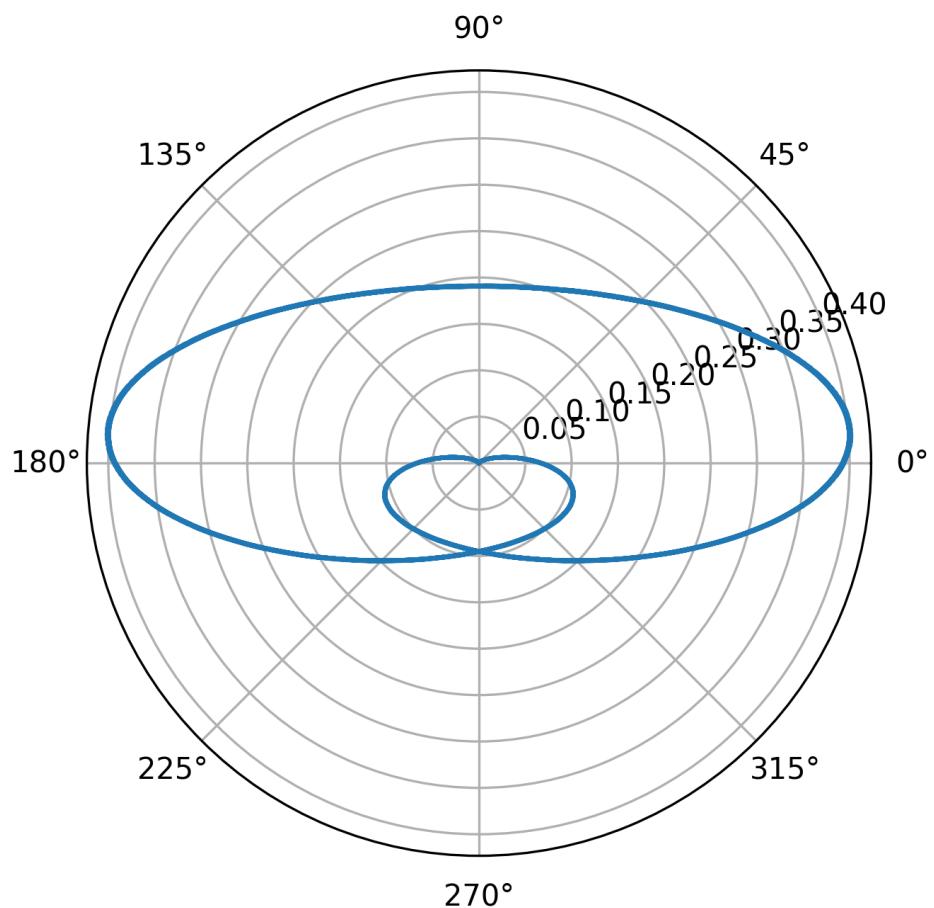
$$\vec{\mathcal{E}}(t) = \begin{cases} \mathcal{E}_0 \begin{pmatrix} \sin^2(n_{\text{rep}}\omega t/2) \cos(n_{\text{rep}}n_{\text{osc}}\omega t + \chi) \cos(\delta) \\ \sigma \sin^2(n_{\text{rep}}\omega t/2) \sin(n_{\text{rep}}n_{\text{osc}}\omega t + \chi) \sin(\delta) \end{pmatrix} & \text{if } 0 < \omega t < 2\pi n \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

Gdzie n_{rep} to ilość powtórzeń impulsu, a n_{osc} to ilość oscylacji w powtórzeniu. Pole o dowolnej polaryzacji zależnej od czasu można przedstawić na wykresie we współrzędnych biegunkowych $r(\phi) = |\vec{\mathcal{E}}| \left(\arg(\vec{\mathcal{E}}) \right)$. Poniżej wykres przebiegu impulsu i rozkład pędów dla parametrów:

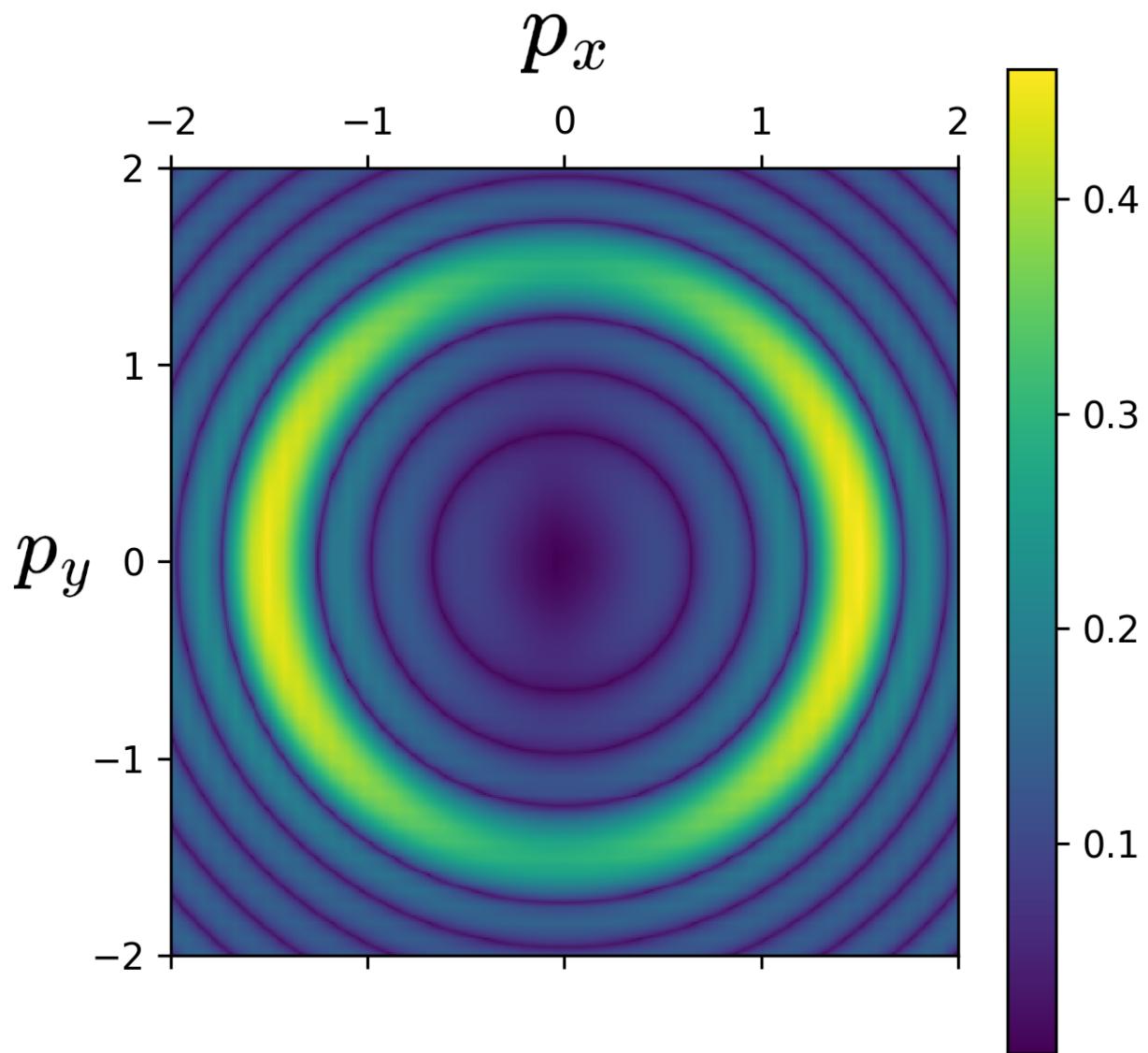
$$\mathcal{E}_0 = 0.5 \frac{m_e^2 c^3}{e}, \quad \omega = 1.2 m_e c^2, \quad n_{\text{rep}} = 3, \quad n_{\text{osc}} = 2, \quad \chi = \frac{\pi}{2}, \quad \sigma = 1, \quad \delta = \frac{\pi}{8}$$

Przyjmuję tutaj konwencję z artykułu *Kamiński, Krajewska (2019)*, gdzie w analitycznych wyrażeniach $\hbar = 1$, natomiast w symulacjach numerycznych $m = m_e = c = \hbar = 1$.

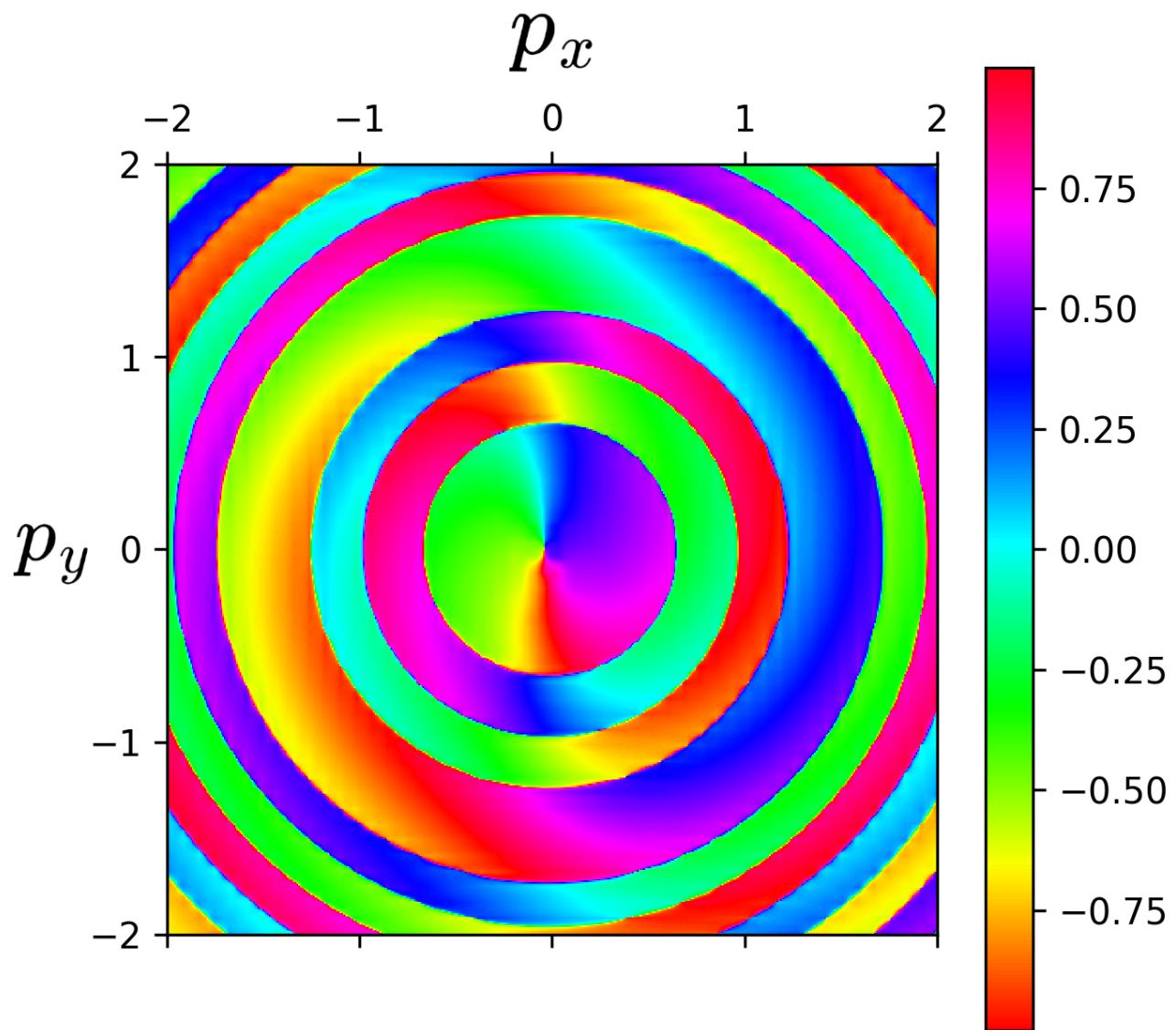
Dodatkowo, na poniższym wykresie $e = 1$, tak że bezwymiarowa amplituda oznacza ułamek krytycznego natężenia pola Schwingera $\mathcal{E}_S = \frac{m_e^2 c^3}{e}$.



Amplituda rozkładu pędów:

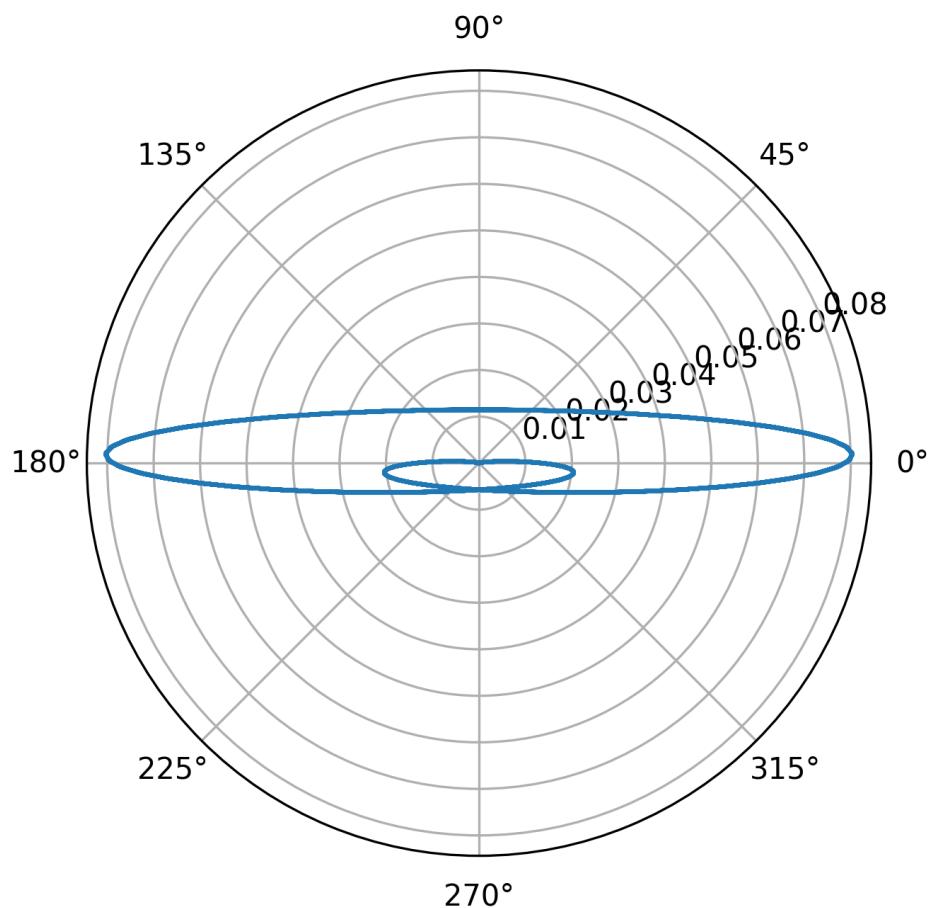


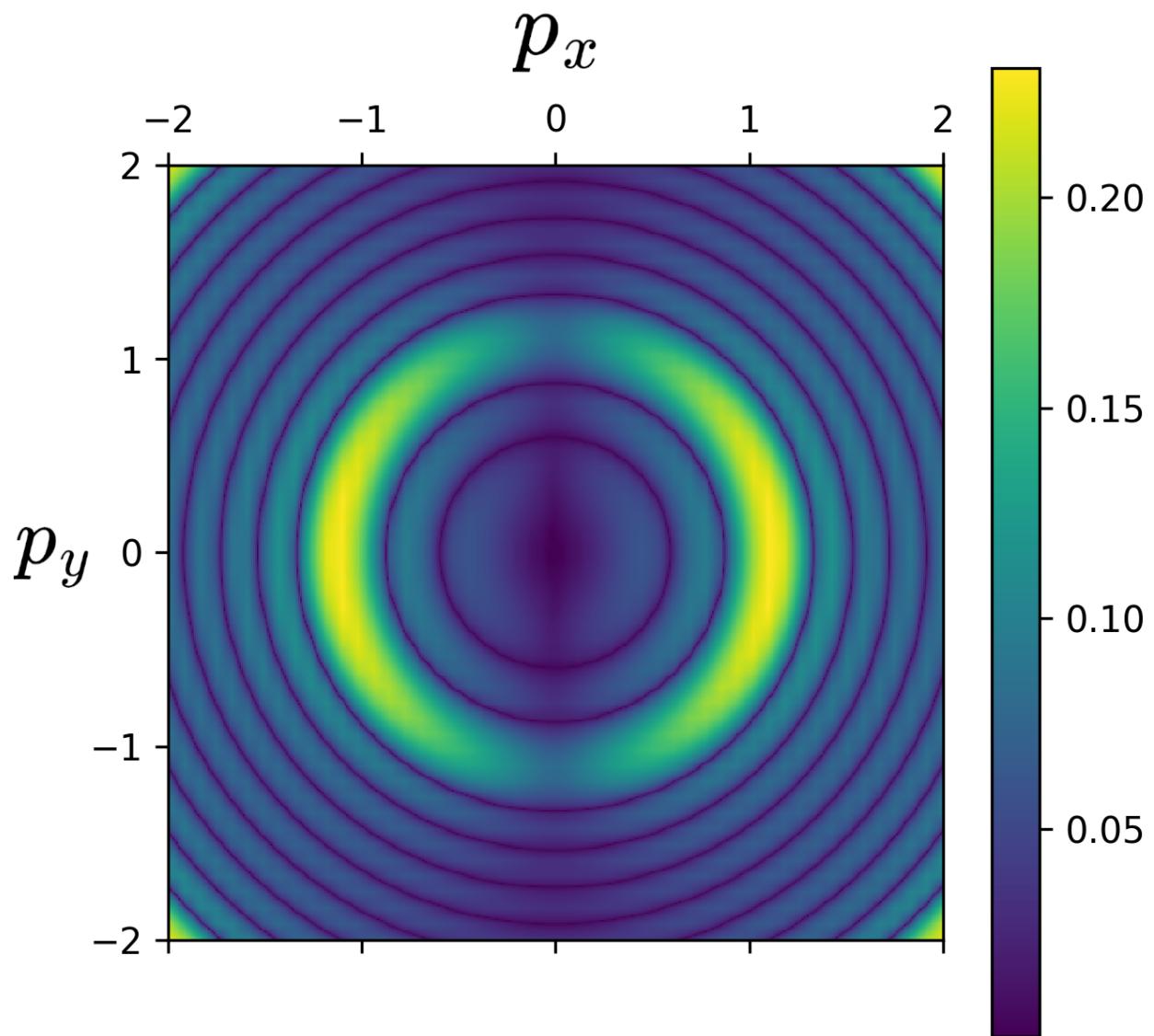
Faza rozkładu pędów:

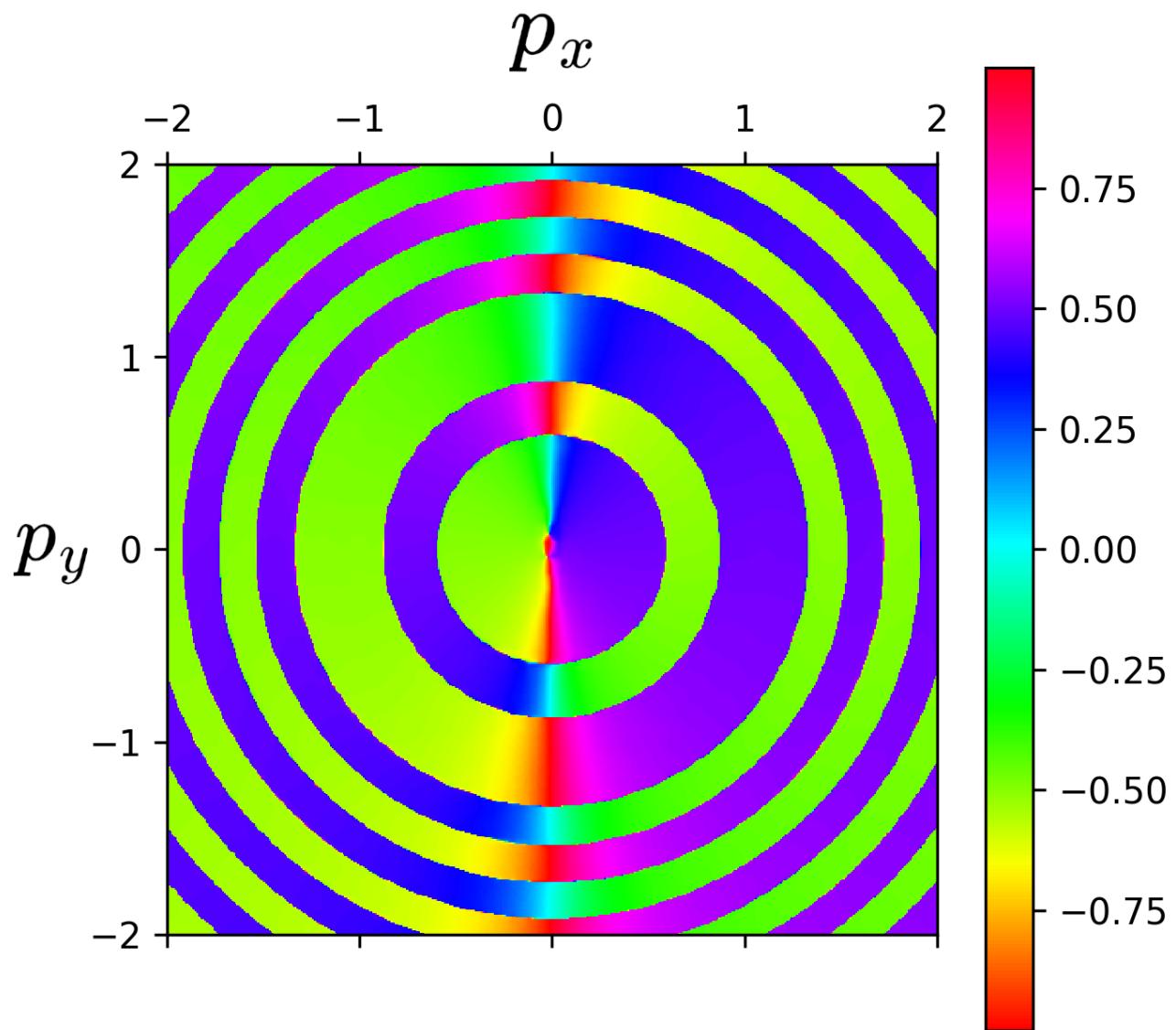


Analogiczne wykresy dla zmodyfikowanych parametrów

$\mathcal{E}_0 = 0.1\mathcal{E}_S$, $\omega = m_e c^2$, $\sigma = 0.3$ (pozostałe parametry pozostawione bez zmian):







W najbliższym czasie planuję poprawić wydajność kodu przez zaimplementowanie solvera równań różniczkowych w cythonie lub z użyciem kompilatora numba, tak by można było wielokrotnie zwiększyć rozdzielcość i badać różne parametry pola przy rozsądny czasie symulacji.