

Zkoušková písemka z Úvodu do fyziky plazmatu (F2017G)

Otázky (každá za 1 bod):

1. Jaká je nejpravděpodobnější velikost rychlosti pro rozdělení velikosti rychlosti $f(v) = -v^2 + 4v - 3$ pro $v \in \langle 0, \pi \rangle$ a $f(v) = 0$ jinde?
2. Jaký náboj mají následující dvě částice, které se pohybují v konstantním magnetickém poli B ?



3. Jaký drift popisují následující křivky? Modrá a červená křivka odpovídají částicím s opačným nábojem. Vyznačte tak náboje a vektory polí.



4. Jak můžeme jednoduše vyjádřit srážkový člen v plazmatu, kde uvažujeme pouze pružné srážky elektronů s neutrály? Označte rychlost elektronu \mathbf{u}_e a rychlost neutrálu \mathbf{u}_n .
5. Jaký vztah platí mezi plazmovou frekvencí ω_p a srážkovou frekvencí elektronů a neutrálu ω_{en} v dobře definovaném plazmatu?
6. Na jaký potenciál se nabije objekt vložený do plazmatu? Vysvětlete proč.
7. Jak obecně vyjádříte člen $n_\alpha \langle \mathbf{F} \rangle_\alpha$ z rovnice hybnosti v případě elektronu pohybujícím se v elektromagnetickém poli a navíc v tíhovém poli Země?
8. Pojmenujte následující rovnici a také každý z jejích členů:

$$\rho_{m\alpha} \left[\frac{\partial \mathbf{u}_\alpha}{\partial t} + (\mathbf{u}_\alpha \cdot \nabla) \mathbf{u}_\alpha \right] = -\nabla \cdot \mathcal{P}_\alpha + n_\alpha \langle \mathbf{F} \rangle_\alpha + \mathbf{A}_\alpha - \mathbf{u}_\alpha S_\alpha$$

9. Elektrická vodivost je definovaná jako koeficient úměrnosti. Mezi kterými veličinami?

1. Příklad (celkem 7 bodů)

Maxwell-Boltzmannovo rozdělení ve 2D je dáno vztahem

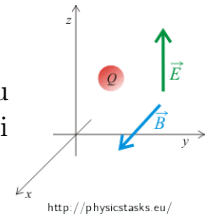
$$f(v_x, v_y) = C \cdot \exp \left[-\frac{m(v_x^2 + v_y^2)}{2kT} \right] \quad (1)$$

1. Určete konstantu C [1b].
2. Odvoďte rozdělovací funkci velikosti rychlosti $F(v)$ [3b].
3. Vypočítejte střední velikost rychlosti [2b].
4. Určete nejpravděpodobnější velikost rychlosti [1b].

2. Příklad (celkem 7 bodů)

Kladná částice Q se nachází v homogenním elektrickém poli ve směru osy z a homogenním magnetickém poli ve směru osy x , viz obrázek:

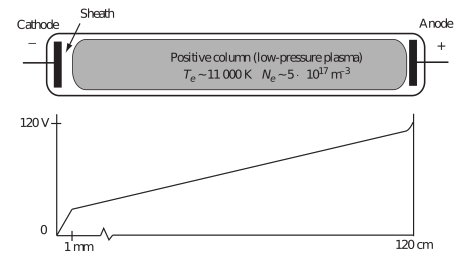
1. Napište pohybové rovnice pro analýzu pohybu částice. [1b]
2. Řešte tuto soustavu pro částici, která se v čase $t = 0$ nachází v klidu v počátku souřadnicové soustavy. Vyjádřete všechny složky rychlosti i polohy. Zaveďte substituci $\Omega = \frac{QB}{m}$, $a = \frac{E}{B\Omega}$. [5b]
3. Pojmenujte a načrtněte křivku po níž se částice bude pohybovat. [1b]



3. Příklad (celkem 8 bodů)

V zářivce hoří nízkoteplotní plazma nazývané doutnavý výboj. Zářivka je naplněná argonem a rtuťovými parami. Tato směs je částečně ionizována díky napětí na elektrodách. Volné elektrony pak excitují malé množství rtuťových atomů a způsobují vznik ultrafialového záření, které dopadá na stěny trubice pokryté luminoforem. Tato látka absorbuje ultrafialové záření a sama září ve viditelné oblasti.

Nejdůležitější částí doutnavého výboje je katodový spád, což je oblast, kde se prudce mění potenciál na malé vzdálenosti. Kladný sloupec je naopak oblast odpovědná za vznik UV záření. Uvažte, zjednodušený průběh potenciálu v zářivce, viz obrázek.



Parametry zářivky a plynu: $P = 40\text{W}$, $U = 120\text{V}$, $l = 120\text{cm}$ (délka), $D = 3.6\text{cm}$ (průměr), $d = 1\text{mm}$ (délka katodového spádu), $n_e = 5 \times 10^{17}\text{m}^{-3}$, $n_{\text{gas}}^{\text{Ar}} = 10^{23}\text{m}^{-3}$, $T_e = 11000\text{K}$, srážková frekvence mezi elektrony a argonovými atomy je $\nu_i = 4 \times 10^9\text{Hz}$.

1. Předpokládejte, že v kladném sloupci probíhají pouze srážky elektronů s neutrály, přičemž je rychlost neutrálů zanedbatelná. Vypočítejte rychlost elektronů v zářivce a pomocí rovnice hybnosti najdete elektrické pole v kladném sloupci. Rovnice hybnosti pro elektrony: $m_e \frac{D\mathbf{u}_e}{Dt} = -e\mathbf{E} - \nabla p_e + A_e$
Použijte její ustálený stav a v kladném sloupci zanedbejte prostorový gradient koncentrace elektronů. [4b]
2. Odhadněte pole v oblasti katodového spádu. Vypočítejte prostorový gradient koncentrace elektronů v oblasti katodového spádu. [4b]