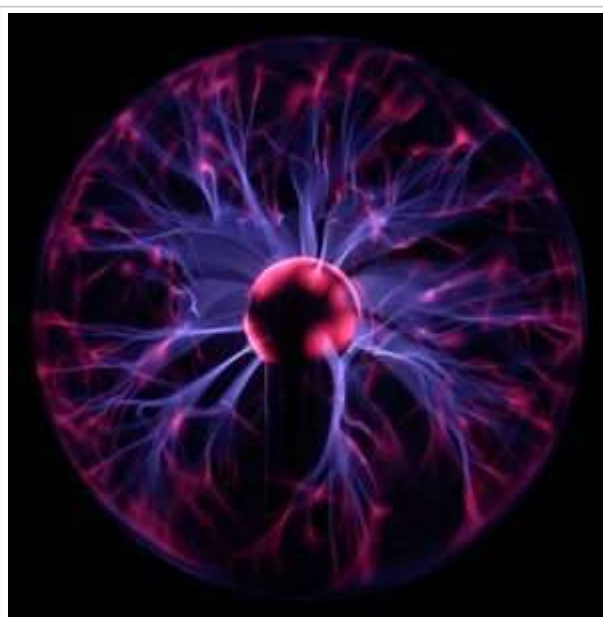


PLASMA (PHYSICS)

## Plazma (fyzika)

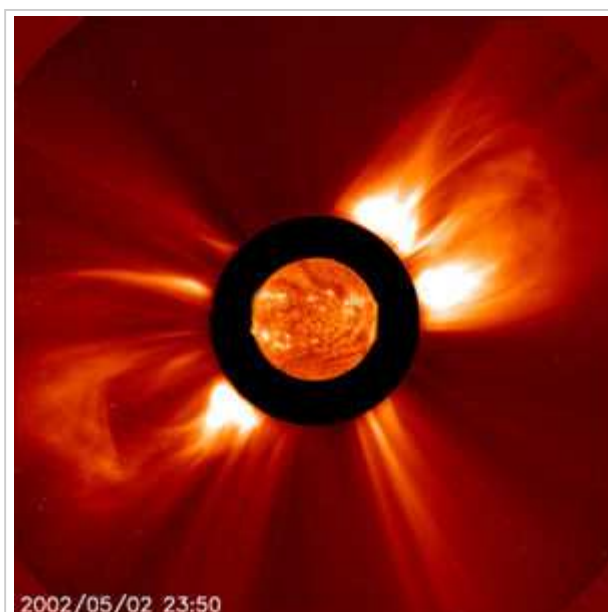
Ve fyzice a chemii, plazma je **ionized plyn**, a je obvykle považován za zřetelnou fázi záležitosti. "Ionized" v tomto případě znamená, že přinejmenším jeden elektron byl odloučil se od významného zlomku molekul. Volné elektrické náboje dělají plazmu elektricky napomáhající tak že to spojí silně k elektromagnetickým polím. Tento čtvrtý stav záležitosti byl nejprve poznán sirem William Crookes v 1879 a daboval "plazmu" Irving Langmuir v 1928, protože to připomenulo jemu krevní plasma [3].



Lampa plazmy, objasňovat některé ty komplexnější jevy plazmy, včetně *filamentation*

### Obyčejné plasmas

Plasmas je nejvíce obyčejná fáze záležitosti. Celý viditelný vesmír u sluneční soustavy je plazma: všichni my můžeme vidět jsou hvězdy. Protože prostor mezi hvězdami je naplněný plazmou, ačkoli velmi rozptýlený (vidět interstellar - a mezgalaktické médium), nezbytně celý objem vesmíru je plazma (viz astrophysical plasmas). Ve sluneční soustavě, Jupiter planety odpovídá za nejvíce *non-* plazma, jediný o 0.1% hmoty a  $10^{15}$  hlasitosti uvnitř orbity Pluta. Alfvén také všiml si toho kvůli jejich elektrickému náboji, velmi malá zrna také se chovají, zatímco ionty a část formy plazmy (vidí prašné plasmas).



Sluneční koronální hmota vyhození odstřeluje plazmu skrz sluneční soustavu.

Obyčejně se setkal s formami plazmy obsahovat:

- Uměle produkoval
  - Uvnitř zářivek (nízkoenergetické osvětlení), světelné reklamy
  - Výfuk rakety
  - Oblast v předku kosmické lodi je tepelný štít během reentry do atmosféry
  - Výzkum energie z fúze
  - Elektrický oblouk v obloukové lampě nebo svářeč oblouku
  - Míč plazmy (někdy volal kouli plazmy nebo globus plazmy)
- Plasmas země
  - Plameny (ie. oheň)
  - Blesk
  - Ionosphere
  - Polární aurorae
- Prostor a astrophysical
  - Slunce a jiné hvězdy (který být plasmas ohříváné jadernou fází)
  - Sluneční vítr
  - Meziplanetární prostředí (prostor mezi planetami)
  - Mezihvězdné médium (prostor mezi systémy hvězdy)
  - Mezigalaktické médium (prostor mezi galaxiemi)
  - Io-tok Jupitera-trubka
  - Disky narůstání
  - Mezihvězdné mlhoviny

## Charakteristiky

Plazma termínu je obecně rezervována pro systém nosičů proudu velký dost chovat se jako jeden. Dokonce částečně ionized plyn ve kterém jak malý jak 1 % částecěk být ionized moci mít vlastnosti plazmy (tj. reagovat na magnetická pole a být velmi elektricky napomáhající).

V odborných termínech, typické vlastnosti plazmy jsou:

1. Debye délky vysílání, které jsou krátké vyrovnaly se fyzické velikosti plazmy.
2. Large počítá částecěk uvnitř koule s okruhem Debye délky.
3. Střední doba mezi kolizemi obvykle je dlouhá když se vyrovnal období oscilací plazmy.

## Oškrabávání plazmy

Charakteristiky plazmy mohou přijmout hodnoty, které se mění mnoho závažností. Následující grafové dohody jediný s tradičními atomovými plasmas a ne jiné exotické jevy, takový jak, gluon quark plasmas:

	<b>Typická plazma slézat rozsahy: závažnosti (OOM)</b>	
<b>Charakteristika</b>	<b>Pozemské plasmas</b>	<b>Vesmírné plasmas</b>
<b>Velikost</b> v metrech (m)	$10^2$ m (blesk) (~ 8 OOM)	$10^{25}$ m (mezigalaktická mlhovina) (~ 31 OOM)
<b>Celý život</b> během několika	$10^{12}$ s (laser-produkoval plazmu) k:	$10^1$ s (sluneční erupce) k: $10^{17}$ s (mezigalaktická plazma)

sekund (s)	$10^7$ s (zářivková světla) (~ 19 OOM)	(~ 17 OOM)
<b>Hustota</b> v částicích na metr krychlový	$10^7$ k: $10^{21}$ (inertial plazmu vězení)	$10^{30}$ (hvězdné jádro) k: $10^0$ (tj. 1) (mezigalaktické médium)
<b>Teplota</b> v kelvins (K)	~ 0 K (krystalické non-neutrální plazma [4 ]) k: $10^8$ K (magnetický plazma roztavení)	$10^2$ K (úsvit) k: $10^7$ K (Solar jádro)
<b>Magnetická pole</b> v teslas (T)	$10^{2.4}$ T (plazma laboratoře) k: $10^3$ T (pulsoval-elektrická plazma)	$10^{12}$ T (mezigalaktické médium) k: $10^7$ T (Solar jádro)

## Teploty

Definující charakteristika plazmy je ionization. Ačkoli ionization moci být způsoben UV radiací, energetickými součástkami nebo silnými elektrickými poli (procesy, které inklinují k výsledku v non-Maxwellian elektronová distribuční funkce), to je více obvykle zaviněno topením elektrony v takový cesta že oni jsou blízcí teplotní rovnováže tak **teplota elektronu** je relativně přesně stanovený. Protože velké množství iontů příbuzných s elektrony brání přenosu energie, to je možné pro **teplota iontu** být velmi odlišný od (obvykle nižší než) teplota elektronu.



Centrální elektroda lampy plazmy, představení vřelé modré plazmové dělení nahoru. Barvy jsou výsledkem radiative rekombinace elektronů a iontů a uvolnění elektronů v vybuzených stavech zpátky do nižších energetických stavů. Tyto procesy vyzařují světlo ve spektru charakteristickém pro plyn být vzrušený.

Míra ionization je určen elektronovým teplotním příbuzným k ionization energie (a více slabě hustotou) v souhlasu s Saha rovnicí. Jestliže jediný malý zlomek plynu molekuly jsou ionized (například 1 %), pak plazma je řekl, aby byl **chladná plazma**, dokonce ačkoli teplota elektronu je typicky několik mír tisíce. Teplota iontu v chladné plazmě je často blízko okolní teplota. Protože plasmas využil v **technologie plazmy** být typicky chladný, oni jsou někdy nazvaní **technologické plasmas**. Oni jsou často vytvořeni tím, že používá velmi vysoké elektrické pole zrychlit elektrony, který pak ionize atomy. Elektrické pole je jeden capacitively nebo inductively spojené do plynu prostředky ke zdroji plazmy, např. mikrovlnné trouby. Běžná užití chladného plasmas zahrnují plazmu-zlepšil chemické parové pokovování, plazmové iontové dopování a reaktivní iontovou rytinu.

A **horká plazma**, na druhé straně, je téměř úplně ionizováno. Toto je co by obvykle bylo známé jako “fourth-stav záležitosti”. Slunce je příkladem horké plazmy. Elektrony a ionty více pravděpodobně mají se rovnat teplotám v horké plazmě, ale tam moci ještě být významné rozdíly.

## Hustoty

Vedle teploty, který je základní důležitostí pro samotnou existenci plazmy, nejvíce důležitá vlastnost je hustota. Slovo “hustota plazmy” sám obvykle odkazuje se na **hustota elektronu**, to je, množství volných elektronů na hlasitost jednotky. **hustota iontu** je příbuzný tomuto průměrným poplatkovým státem  $\langle Z \rangle$  iontů přes  $n_e = \langle Z \rangle n_i$ . (Vidět dole quasineutrality.) třetí důležité množství je hustota neutrals  $n_0$ . V horké plazmě toto je malé, ale smět ještě určovat důležitou fyziku. Míra ionization je  $n_i / (n_0 + n_i)$ .

## Potentials

Protože plasmas jsou velmi dobří dirigenti, elektrické potentials hrají důležitou roli. Potenciál jako to existuje v průměru v prostoru mezi nosiči proudu, nezávislý na otázce jak to může být změřeno, je volán **potenciál plazmy** nebo **potenciál prostoru**. Jestliže elektroda je vložena do plazmy, jeho potenciál bude obecně ležet značně pod potenciálem plazmy kvůli vývoji Debye pochvy. Kvůli dobré elektrické vodivosti, elektrická pole v plasmas inklinují být velmi malé, ačkoli kde *dvojitě vrstvy* být tvořen, pokles napětí může být velký dost zrychlovat ionty k rychlostem relativistic a produkovat radiaci synchrotron takový jak rentgeny a paprsky gamy. Toto vyústí v důležité pojetí **quasineutrality**, který říká, že, na jednu stranu, to je velmi dobré přiblížení předpokládat, že hustota



Blesk je příkladem plazmy přítomné na zemském povrchu. Typicky, blesky 30 tisíc zesilovačů, u až 100 miliónů voltů, a vyzařuje světlo, rozhlasové vlny, rentgeny a vyrovnat paprsky gamy [1]. Teploty plazmy v bleskové plechovce se blíží k 28,000 kelvins a hustoty elektronu mohou překročit  $10^{24} / \text{m}^3$ .

záporných nábojů je stejná s hustotou kladných nábojů ( $n_e = \langle Z \rangle n_i$ ), ale to, na

druhé straně, elektrická pole mohou být převzata existovat podle potřeby pro fyziku po ruce.

Velikost potentials a elektrická pole musí být určeni prostředky jiný než jednoduše najít síti hustotu náboje. Běžný příklad má předpokládat, že elektrony uspokojí **Boltzmann**

**vztah**,  $n_e \propto e^{e\Phi/k_B T_e}$ . Rozlišovat tento vztah poskytne prostředek spočítat

elektrické pole od hustoty:  $\vec{E} = (k_B T_e / e)(\nabla n_e / n_e)$ .

To je, samozřejmě, možný produkovat plazmu, která není quasineutral. Elektronový paprsek, například, má jediné záporné náboje. Hustota non-neutrální plazma musí obecně být velmi nízká nebo to musí být velmi malé, jinak to bude prostopášené odpornou elektrostatickou silou.

V astrophysical plasmas, Debye vysílání předejde elektrickým polím od přímo ovlivňovat plazmu přes velké vzdálenosti (ie. větší než Debye délka). Ale existence nosičů proudu přiměje plazmu, aby vytvářel a byl postižený magnetickými poli. Toto může a laně způsobí extrémně komplexní chování, takový jako generace plazmy dvojité vrstvy, objekt, který oddělí poplatek přes nemnoho tens Debye délek. Dynamika plasmas se ovlivňovat s externí a self-vytvořená magnetická pole jsou studována v akademické disciplíně magnetohydrodynamics.

## V srovnání s plynným skupenstvím

Plazma je často nazvaná *čtvrtý stav záležitosti*. To je zřetelné od tří nižší-fáze energie záležitosti; pevná látka, kapalina, a plyn, ačkoli to je blízko příbuzné plynnému skupenství v tom to také má žádný určitý tvar nebo hlasitost. Tam je ještě nějaká neshoda jak k zda plazma je zřetelný stav záležitosti nebo jednoduše druh plynu. Většina fyziků zvažuje plazmu být více než plyn protože množství zřetelných vlastností včetně sledování:

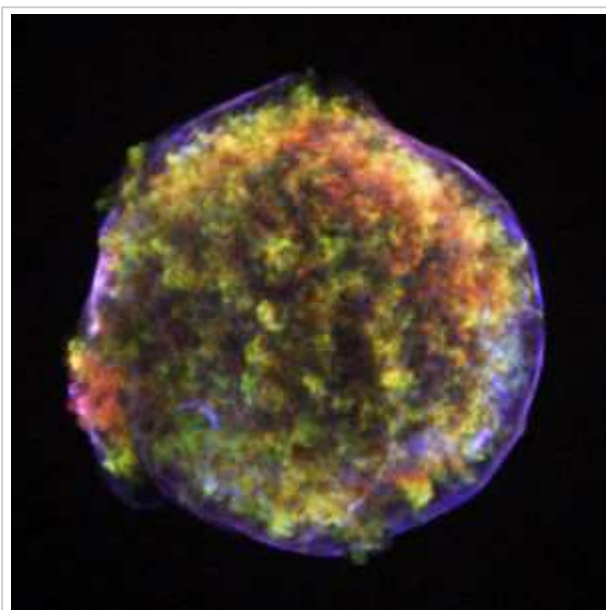
Vlastnictví	Plyn	Plazma
<b>Elektrická vodivost</b>	<b>Velmi nízký</b>	<b>Velmi vysoko</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Pro mnoho účelů elektrické pole v plazmě může být zpracované jako nula, ačkoli když proud teče úbytek napětí, ačkoli malý, je konečný, a hustotní gradienty jsou obvykle spojovány s elektrickým polem podle Boltzmann vztahu.</li> <li>Možnost proudů spojuje plazmu silně k magnetickým polím, který být zodpovědný za velkou paletu struktur takový jako vlákna, listy a</li> </ol>

		<p>proudová letadla.</p> <p>c. Kolektivní jevy jsou obyčejné, protože elektřina a magnetické síly jsou oba dalekonosní a potenciálně mnoho závažností silnější než přitažlivé síly.</p>
<b>Nezávisle úřadující druh</b>	<b>Jeden</b>	<b>Dva nebo tři</b> Elektrony, ionty, a neutrals moci být rozlišován známkou jejich poplatku tak že oni chovají se nezávisle v mnoha okolnostech, mít různé rychlosti nebo dokonce různé teploty, vést k novým druhům vln a instabilities, kromě jiného
<b>Rozdělení rychlostí</b>	<b>Maxwellian</b>	<b>May je non-Maxwellian</b> Zatímco collisional vzájemná ovlivňování vždy vedou k Maxwellian rozdělení rychlostí, elektrická pole ovlivňují rychlosti částice rozdílně. Závislost rychlosti Coulomb kolizního řezu může zesílit tyto rozdíly, končit jevy jako dva-distribuce teploty a běh-prýč elektrony.
<b>Vzájemná ovlivňování</b>	<b>Binární</b> Dva-kolize částice jsou pravidlo, tři-kolize těla extrémně vzácný.	<b>Collective</b> Každá částice ovlivňuje se současně s mnoho jiní. Tato kolektivní vzájemná ovlivňování jsou okolo desetkrát důležitější než binární kolize.

## Komplexní plazmové jevy

Plazma může projevit komplexní chování. A jen jak vlastnosti plazmy váží přes mnoho závažností (vidět stůl nahoře), tak dělat tyto rysy komplexu. Mnoho z těchto rysy byly nejprve studovány v laboratoři, a ve více nedávných letech, byli žádáni, a uznány skrz vesmír. Někteří těchto rysů obsahovat:

- **Filamentation**, rýhování nebo "vláknité věci" viděný v "míči plazmy", úsvitu, blesku, elektrických obloukách a mlhovinách. Oni jsou



Zbytek Tycho je Supernova, obrovská koule

zavinění většími aktuálními hustotami, a být také nazvaný *magnetická lana* nebo *kabely plazmy*.

rozšiřující se plazmy. Langmuir razil jméno *plazma* protože jeho podobnosti s krevním plasmatem, a Hannes Alfvén si všiml jeho buněčné přírody. Poznámka také filamentary modrá vnější skořápka rentgenu vydávat vysokorychlostní elektrony.

- **Dvojitě vrstvy**, lokalizoval poplatkové oddělovací oblasti, které mají velký potenciální rozdíl přes vrstvu a nulové elektrické pole na jedné straně. Dvojitě vrstvy se nalézají mezi přilehlými plasmas oblastmi s různými fyzikálními charakteristikami, a moci zrychlovat ionty a produkovat radiaci synchrotron (takový jak rentgenuje a paprsky gamy).
- **Birkeland proudy**, magnetický-pole-zarovnal elektrický proud, nejprve pozoroval to v úsvitu země, a také nalezený ve vláknech plazmy.
- **Obvody**. Birkeland proudy implikují elektrické obvody, to držet se Kirchhoff obvodových zákonů. Obvody mají odpor a indukčnost a chování plazmy závisí na celém obvodu. Takové obvody také uloží indukční energii, a měl by obvod být narušen, například, nestálostí plazmy, indukční energie bude povolena v plazmě.
- **Buněčná struktura**. Plazma dvojitě vrstvy mohou oddělit oblasti s různými vlastnostmi takový jako magnetizace, hustota a teplota, končit buňkou-jako oblasti. Příklady zahrnují magnetosphere, heliosphere a heliospheric aktuální list.
- **Kritický ionization rychlost** ve kterém poměrná rychlost mezi ionized plazma a inertní plyn, smět příčina další ionization plynu, končit větším vlivem electomagnetic sil.

## Ultracold plasmas

To je také možné vytvořit plasmas ultracold, tím, že používá lasery, aby chytil a zchlادil neutrální atomy k teplotám 1 mK nebo ztišil. Další laser pak ionizes atomy tím, že dává každého outermost elektrony jen dost energie uniknout elektrické přitažlivosti jeho iontu rodiče.

Klíčový bod o plasmas ultracold je to tím, že manipuluje s atomy s lasery, kinetická energie osvobozených elektronů může být řízena. Používat standardní impulzové lasery, energie elektronu může být předstíral, že odpovídá teplotě jako minimum jak 0.1 K limit stanovený šířkou pásma frekvence pulsu laseru. Ionty, nicméně, udržet millikelvin teploty neutrálních atomů. Tento druh non-rovnováha plazma ultracold vyvine se rychle a mnoho zásadních otázek o jeho chování zůstane unanswered. Experimenty dirigovaly doposud odhalili překvapující dynamiku a chování rekombinace to tlačí limity naší znalosti fyziky plazmy.

## Matematické popisy

Plasmas může být užitečně popsal s různými úrovněmi detailu. Nicméně plazma sám je popisován, jestliže elektrická nebo magnetická pole jsou dar, pak Maxwellovy rovnice budou potřeboval popisovat je. Spojení druhu napomáhající tekutiny k elektromagnetickým polím je znáno obecně jako magnetohydrodynamics, nebo

jednoduše MHD.

## Tekutina

Nejjednodušší možnost má brát plazmu jako jedinou tekutinu řízenou Navier Stokes rovnicemi. Více obecný popis je dva-obraz tekutiny, kde ionty a elektrony jsou zvažovány být zřetelný.

## Kinetický

Pro některé případy tekutý popis není dostatečný. Kinetické modely zahrnují informaci o pokřiveních funkcí rozdělení rychlostí s úctou k Maxwell-Boltzmann distribuce. Toto může být důležité když proudy tečou, když vlny jsou zahrnovány, nebo když sklony jsou velmi strmé.

## Částička-v-buňka

Částička-v-buňka (obrázkové) modely zahrnují kinetické informace tím, že následuje trajektorie velkého množství individuálních částic. Poplatek a hustoty proudu jsou určeni sčítáním částičky v buňkách, které jsou malé vyrovnaly se problému po ruce ale ještě obsahovat mnoho částic. Elektrina a magnetická pole se nalézají od poplatku a hustot proudu s vhodnými hraničními podmínkami. Obrázkové kódy aplikací plazmy byly vyvinuty u Los Alamos národní laboratoř v 1950 . Ačkoli často více calculationally intenzivní než alternativa modeluje, oni jdou relativně snadno rozumět a programovat a mohou být velmi obecný.

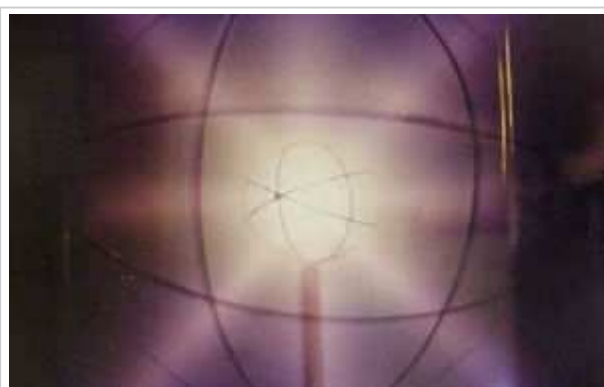
## Základní plazmové parametry

Všechna množství jsou v Gaussian cgs jednotky kromě teploty vyjádřené v eV a masa iontu vyjádřené v jednotkách protonu se hromadí  $\mu = m_i / m_p$ ;  $Z$  je poplatek stát;  $k$  je Boltzmann konstanta;  $K$  je vlnová délka;  $\gamma$  je adiabatický index;  $\ln \gamma$  je Coulomb logaritmus.

## Frekvence

- **gyrofrekvence elektronu**, kruhová frekvence kruhového pohybu elektronu v letadle kolmém k magnetickému poli:

$$\omega_{ce} = eB/m_e c = 1.76 \times 10^7 B \text{ rad/s}$$



' Slunce ve zkumavce '. Farnsworth-Hirsch Fusor během operace v tak nazvaný "režim hvězdy" charakterizoval "paprsky" vřelé plazmy který vypadat, že vyzařuje z propastí ve vnitřní mřížce.



- **gyrofrekvence iontu**, kruhová frekvence kruhového pohybu iontu v letadle kolmém k magnetickému poli:

$$\omega_{ci} = eB/m_i c = 9.58 \times 10^3 Z \mu^{-1} B \text{ rad/s}$$

- **frekvence elektronové plazmy**, frekvence se kterým elektrony oscilují, když jejich hustota náboje není stejná s iontovou hustotou náboje (oscilace plazmy):

$$\omega_{pe} = (4\pi n_e e^2 / m_e)^{1/2} = 5.64 \times 10^4 n_e^{1/2} \text{ rad/s}$$

- iontová plazmová frekvence:

$$\omega_{pi} = (4\pi n_i Z^2 e^2 / m_i)^{1/2} = 1.32 \times 10^3 Z \mu^{-1/2} n_i^{1/2} \text{ rad/s}$$

- elektron chytat míru

$$\nu_{Te} = (eKE/m_e)^{1/2} = 7.26 \times 10^8 K^{1/2} E^{1/2} \text{ s}^{-1}$$

- iont chytat míru

$$\nu_{Ti} = (ZeKE/m_i)^{1/2} = 1.69 \times 10^7 Z^{1/2} K^{1/2} E^{1/2} \mu^{-1/2} \text{ s}^{-1}$$

- elektronová kolizní míra

$$\nu_e = 2.91 \times 10^{-6} n_e \ln \Lambda T_e^{-3/2} \text{ s}^{-1}$$

- iontová kolizní míra

$$\nu_i = 4.80 \times 10^{-8} Z^4 \mu^{-1/2} n_i \ln \Lambda T_i^{-3/2} \text{ s}^{-1}$$

## Délky

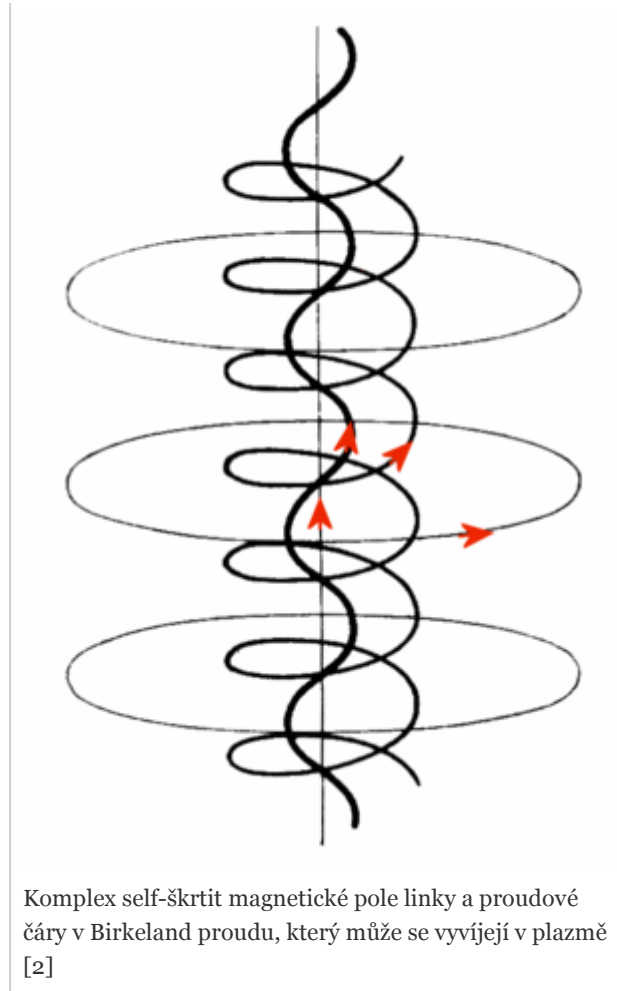
- **Elektron termální de Broglie vlnová délka**,   
přiblížit se průměru de Broglie vlnová délka elektronů v plazmě:

$$\Lambda_e = \sqrt{\frac{h^2}{2\pi m_e kT_e}} = 6.919 \times 10^{-8} T_e^{-1/2} \text{ cm}$$

- **klasická vzdálenost nejbližšího přiblížení**, nejbližší že dvě částice se základním poplatkem přijdou ke každému jiný jestliže oni se přiblíží čelní a každý mít rychlost typickou pro teplotu, ignorovat quantum-mechanické účinky:

$$e^2/kT = 1.44 \times 10^{-7} T^{-1} \text{ cm}$$

- **gyroradius elektronu**, okruh kruhového pohybu elektronu v letadle kolmém k magnetickému poli:



$$r_e = v_{Te} / \omega_{ce} = 2.38 T_e^{1/2} B^{-1} \text{ cm}$$

- **gyroradius iontu**, okruh kruhového pohybu iontu v letadle kolmém k magnetickému poli:

$$r_i = v_{Ti} / \omega_{ci} = 1.02 \times 10^2 \mu^{1/2} Z^{-1} T_i^{1/2} B^{-1} \text{ cm}$$

- **plazmová hloubka proniknutí**, hloubka v plazmě ke kterému elektromagnetickému záření může proniknout:

$$c / \omega_{pe} = 5.31 \times 10^5 n_e^{-1/2} \text{ cm}$$

- **Debye délka**, měřítko přes kterého elektrická pole jsou odfiltrována novým rozdělením elektronů:

$$\lambda_D = (kT / 4\pi n e^2)^{1/2} = 7.43 \times 10^2 T^{1/2} n^{-1/2} \text{ cm}$$

## Rychlosti

- **elektronová teplotní rychlost**, typická rychlost elektronu v Maxwell-Boltzmann distribuce:

$$v_{Te} = (kT_e/m_e)^{1/2} = 4.19 \times 10^7 T_e^{1/2} \text{ cm/s}$$

- **iontová teplotní rychlost**, typická rychlost iontu v Maxwell-Boltzmann distribuce:

$$v_{Ti} = (kT_i/m_i)^{1/2} = 9.79 \times 10^5 \mu^{-1/2} T_i^{1/2} \text{ cm/s}$$

- **iontová zvuková rychlost**, rychlost podélných vln vyplývat z množství iontů a tlaku elektronů:

$$c_s = (\gamma Z k T_e / m_i)^{1/2} = 9.79 \times 10^5 (\gamma Z T_e / \mu)^{1/2} \text{ cm/s}$$

- **Alfven rychlost**, rychlost vln vyplývat z množství iontů a vratné síly magnetického pole:

$$v_A = B / (4\pi n_i m_i)^{1/2} = 2.18 \times 10^{11} \mu^{-1/2} n_i^{-1/2} B \text{ cm/s}$$

## Nekonečně malý

- druhá odmocnina



Plazma v mezihvězdném médiu setkání heliopause

elektronu/protonový hmotnostní poměr

$$(m_e/m_p)^{1/2} = 2.33 \times 10^{-2} = 1/42.9$$

- množství částic v Debye kouli

$$(4\pi/3)n\lambda_D^3 = 1.72 \times 10^9 T^{3/2} n^{-1/2}$$

- Alven rychlost/rychlost světla

$$v_A/c = 7.28 \mu^{-1/2} n_i^{-1/2} B$$

- elektronová plazma/gyrofrequency poměr

$$\omega_{pe}/\omega_{ce} = 3.21 \times 10^{-3} n_e^{1/2} B^{-1}$$

- plazma iontu/gyrofrequency poměr

$$\omega_{pi}/\omega_{ci} = 0.137 \mu^{1/2} n_i^{1/2} B^{-1}$$

- termální/magnetický energetický poměr (“beta”)

$$\beta = 8\pi n k T / B^2 = 4.03 \times 10^{-11} n T B^{-2}$$

- magnetický/iontová klidová energie poměr

$$B^2 / 8\pi n_i m_i c^2 = 26.5 \mu^{-1} n_i^{-1} B^2$$

## Rozmanitý

- Bohm koeficient rozšiřování

$$D_B = (ckT/16eB) = 6.25 \times 10^6 T B^{-1} \text{ cm}^2/\text{s}$$

- příčné Spitzer resistivity

$$\eta_{\perp} = 1.15 \times 10^{-14} Z \ln \Lambda T^{-3/2} \text{ s} = 1.03 \times 10^{-2} Z \ln \Lambda T^{-3/2} \Omega \text{ cm}$$

## Pole aktivního výzkumu

Toto je jen částečný seznam témat. Více kompletní a organizovaný seznam může být najít na stránkách pro vědu plazmy a technologii [5].

- Teorie plazmy
  - Rovnováhy plazmy a stabilita
  - Vzájemná ovlivňování plazmy s vlnami a paprsky
  - Vůdčí centrum



Hall způsobí thruster. Elektrické pole v plazmě dvojité

- adiabatický neměnný
- Debye pochva
- Coulomb kolize
- Plasmas v přírodě
  - Ionosphere země
  - Plasmas prostoru, např. plasmisphere země (vnitřní část magnetosphere hustý s plazmou)
  - kosmologie plazmy
  - Astronomie plazmy
- Zdroje plazmy
- Dusty Plasmas
- Diagnostika plazmy
  - Thomson rozptyl
  - Langmuir sonda
  - Spektroskopie
  - Interferometry
  - Ionospheric topení
  - Nesouvislý rozhazovat radar
- Aplikace plazmy
  - Energie z fúze
    - Magnetická energie z fúze (MFE) — tokamak, stellarator, obrácená polní špetka, magnetické zrcadlo, hustý plazmový fokus
    - Inertial energie z fúze (IFE) (také Inertial roztavení vězení — ICF)
    - Plazma-založené ozbrojení
  - Průmyslové plasmas
    - chemie plazmy
    - zpracování plazmy
    - plasmový displej

vrstva je tak efektivní u iontů zrychlování, že elektrická pole jsou použita v projížďkách iontu