

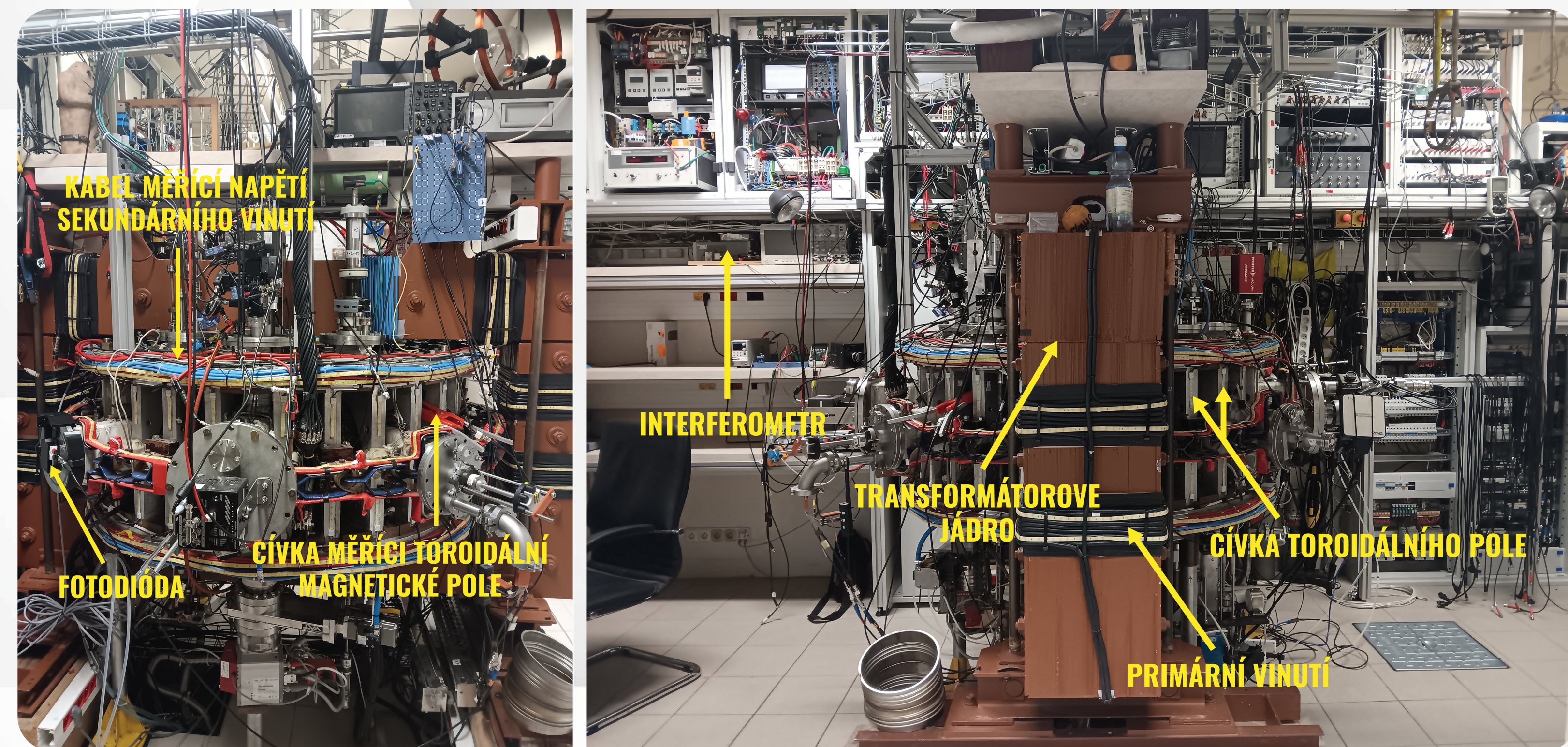
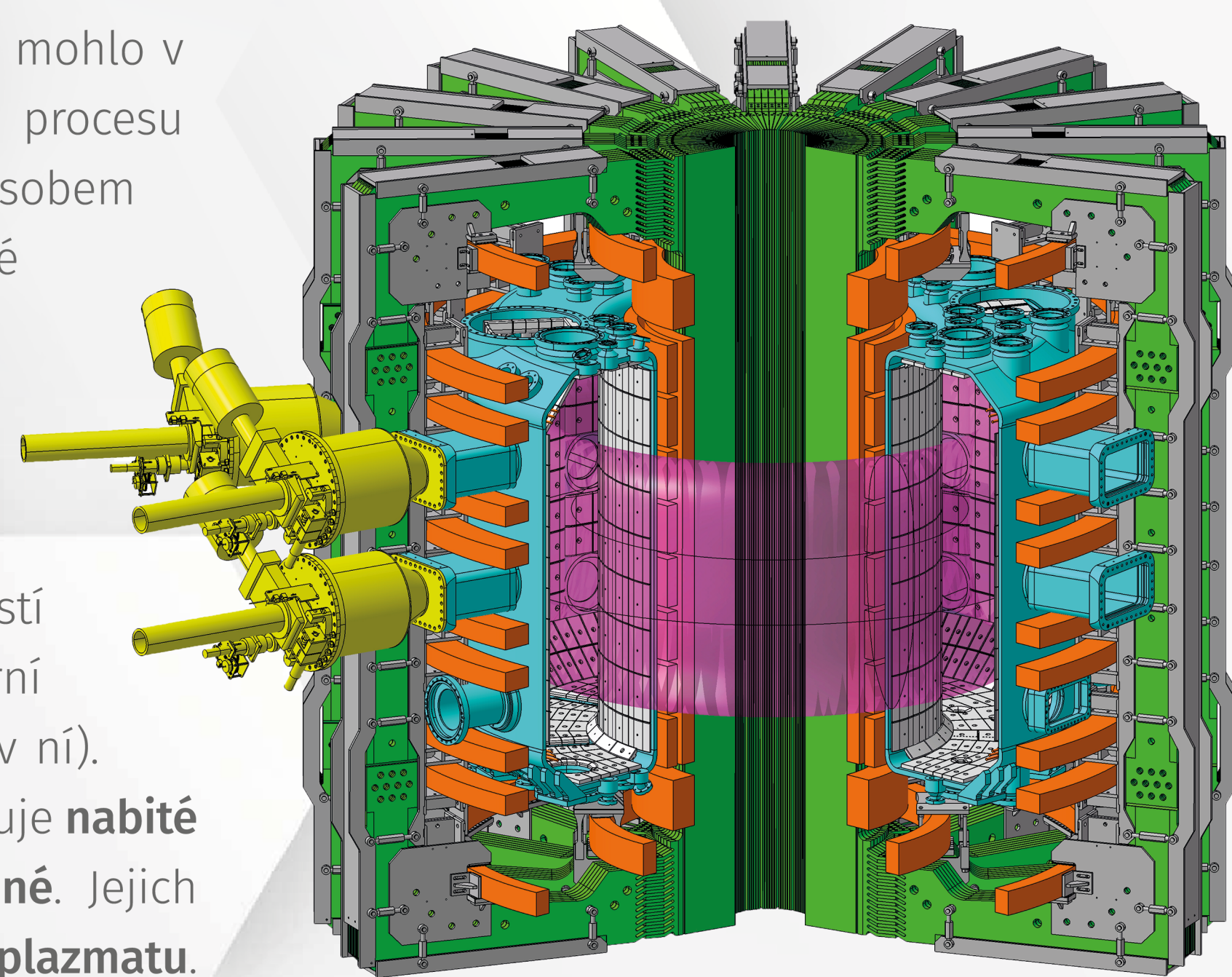
ZÁKLADNÍ DIAGNOSTIKA VYSOKOTEPLOTNÍHO PLAZMATU NA TOKAMAKU GOLEM

STUDENTI DAN KÁČEREK • FILIP KRAFČÍK • DANIEL THEISS

GARANT ING. MAREK TUNKL

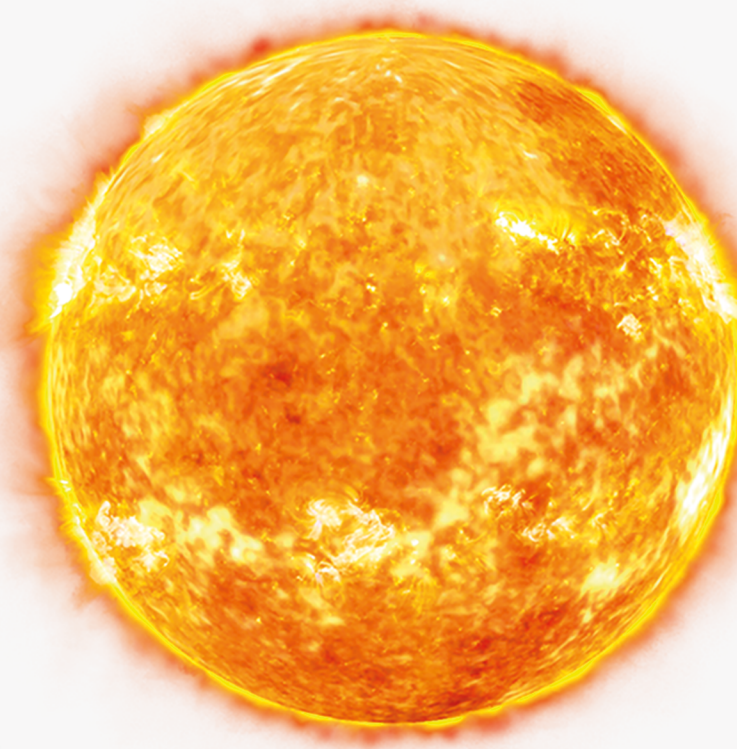
TOKAMAK

Tokamak je **zařízení**, o kterém předpokládáme, že by mohlo v budoucnu sloužit jako **fúzní reaktor**. Prostřednictvím procesu **jaderné fúze** by vyráběl energii **vysoce efektivním** způsobem a nahradil by tak současné poměrně neúspěšné uhelné elektrárny. Jádrem tokamaku je **torus**, ve kterém je vytvořeno **vysoce vakuum**. Okolo tohoto toru jsou instalovány **toroidní cívky**, které uvnitř nádoby generují magnetické pole, kolem kterého plazma "obíhá", což ho udržuje uvnitř komory. Součástí tokamaku je taky **transformátor**, jehož sekundární cívkou je samotná **vakuumová komora** (a také **plazma** v ní). Tím se v plazmatu vytváří **elektrické pole**, které urychluje **nabitě částice**, které jsou v pracovním plynu **vždy přítomné**. Jejich urychlováním může dojít k **řetězové ionizaci** a vzniku plazmatu.

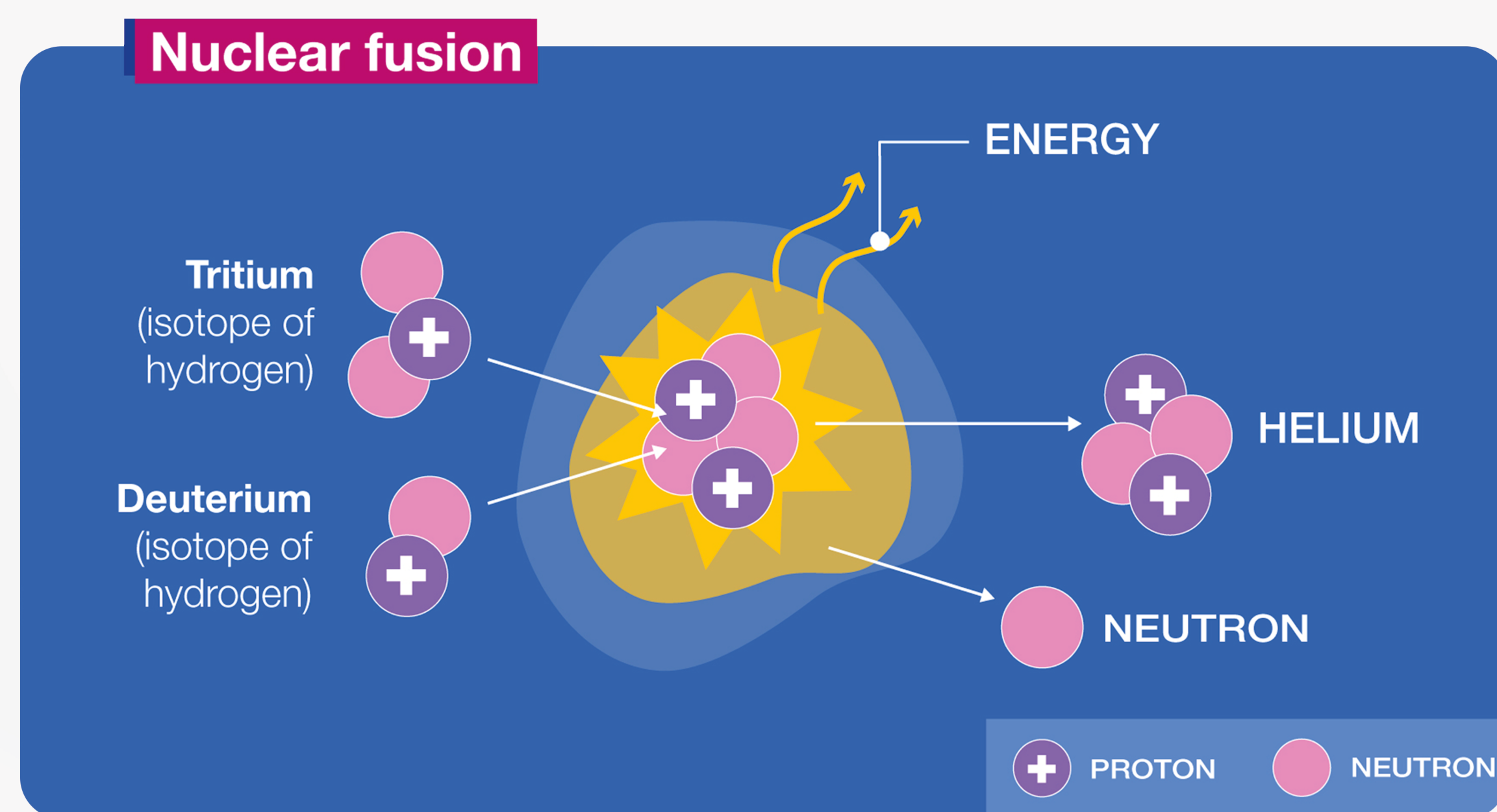


Tokamak GOLEM na FJFI ČVUT v Praze

JADERNÁ FÚZE



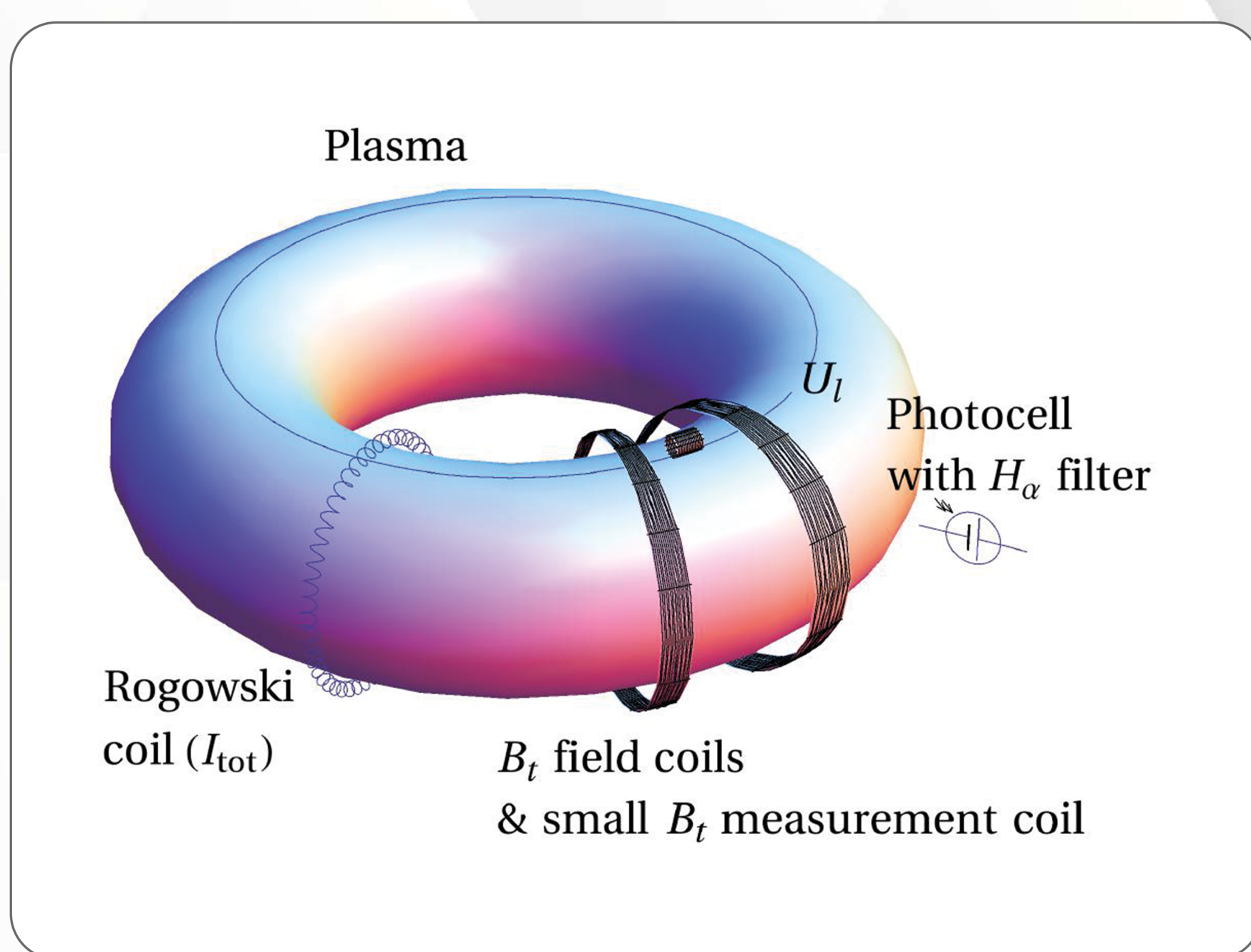
Jaderná fúze je proces, který **pohání všechny hvězdy** ve vesmíru. Je založena na **syntéze dvou lehkých atomových jader**, při níž se uvolňuje **obrovské množství energie**. Aby došlo k jaderné fúzi, musí se dva atomy přiblížit natolik, aby jejich **jaderná přitažlivá síla** překonala **elektrickou odpudivou sílu** a umožnila jejich fúzi. Zatímco u hvězd tento proces probíhá díky jejich **obrovské gravitaci**, na Zemi je umožněn **obrovskými teplotami**, až kolem **100 000 000 °C**.



JADERNÁ FÚZE PROBÍHA PŘI TEPLOTĚ AŽ **100 000 000 °C**

PRINCIPY DIAGNOSTIKY PLAZMATU UVNITŘ TOKAMAKU

Plazma, které se uvnitř tokamaku během jeho provozu tvoří, je velmi horké, a proto je **obtížné ho přímo měřit**. Existují ale způsoby, jak lze jeho vlastnosti stanovit nepřímě. Hodnoty, které nás nejvíce zajímají, jsou patrně **teplota vzniklého plazmatu** a **doba udržení energie uvnitř komory**. Ty lze vypočítat, známe-li **napětí** na plazmatu, **proud** jím procházející a **elektronovou hustotu** uvnitř něj. Napětí na plazmatu lze zjistit **měřením napětí** na jediném závitu umístěném na tokamaku v **toroidálním směru** osciloskopem. Obdobným způsobem lze zjistit **intenzitu toroidálního magnetického pole** pomocí měření **napětí** na **malé cívce** umístěné na komoře v **poloidálním směru** a proud procházející komorou i plazmatem pomocí tzv. **Rogowské cívky**. Z těchto dvou veličin se pak vypočte **plazmatický proud**. Poslední veličinu, **střední elektronovou hustotu plazmatu**, měří **interferometr**, zařízení postavené na principu **interference** (skládání) **elektromagnetického vlnění**.



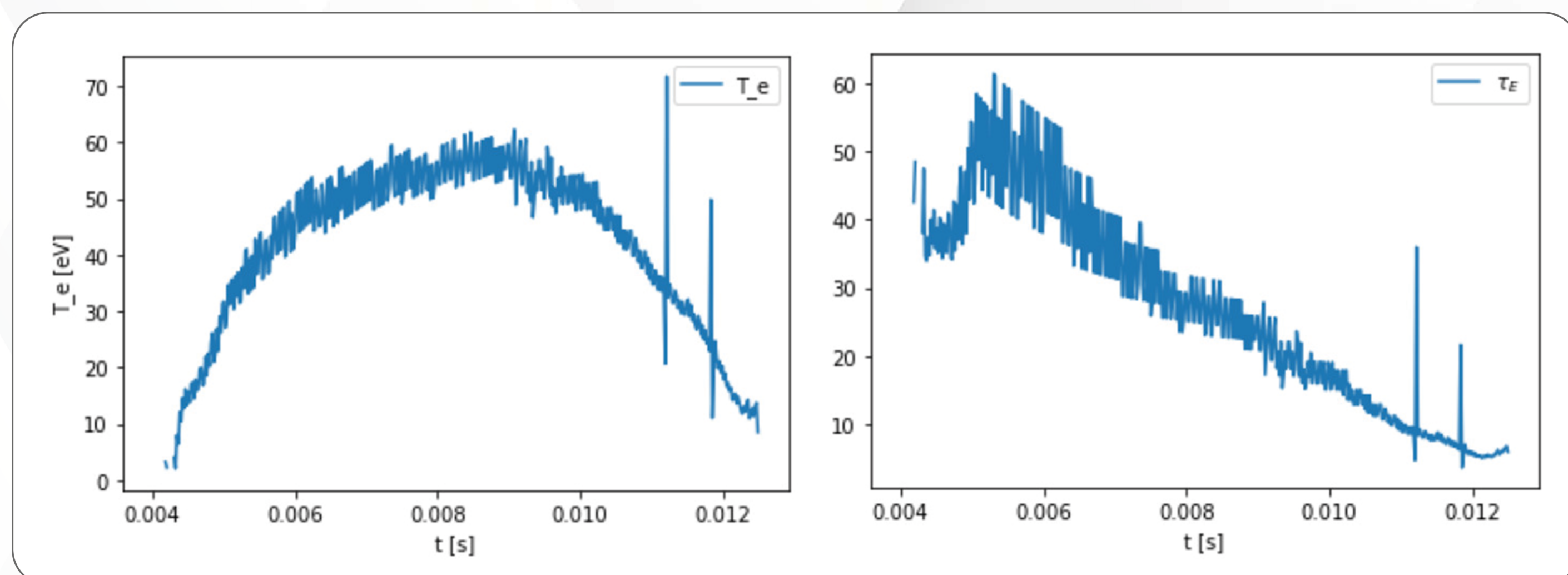
$$U_l = R_p I_p \quad T_e = 0.9 \cdot R_p^{-2/3} \quad \tau_E = \frac{en_e T_e V_p}{3U_l I_p}$$

MĚŘENÍ

S využitím **osciloskopu** jsme měřili **průběh napětí** na plazmatu, **změny intenzity toroidálního a poloidálního magnetického pole** a **napětí** na **fotodiodě** umístěné u **pozorovacího otvoru** do komory tokamaku. **Integrovaním změn magnetického pole** v toroidálním a poloidálním směru jsme dostali hodnoty **intenzity toroidálního magnetického pole** a **proudu** v komoře a plazmatu, respektive. **Fotodiodu** bohužel někdo shodil. Následují **grafy získaných měření**.

VÝSLEDKY

Na závěr miniprojektu jsme napsali **program** pro výpočet **střední elektronové teploty plazmatu** a **doby udržení energie** v komoře ze změřených veličin. Následují **grafy** těchto veličin pro **jeden z výstřelů (#45338)**.



Výboj č. #45338

