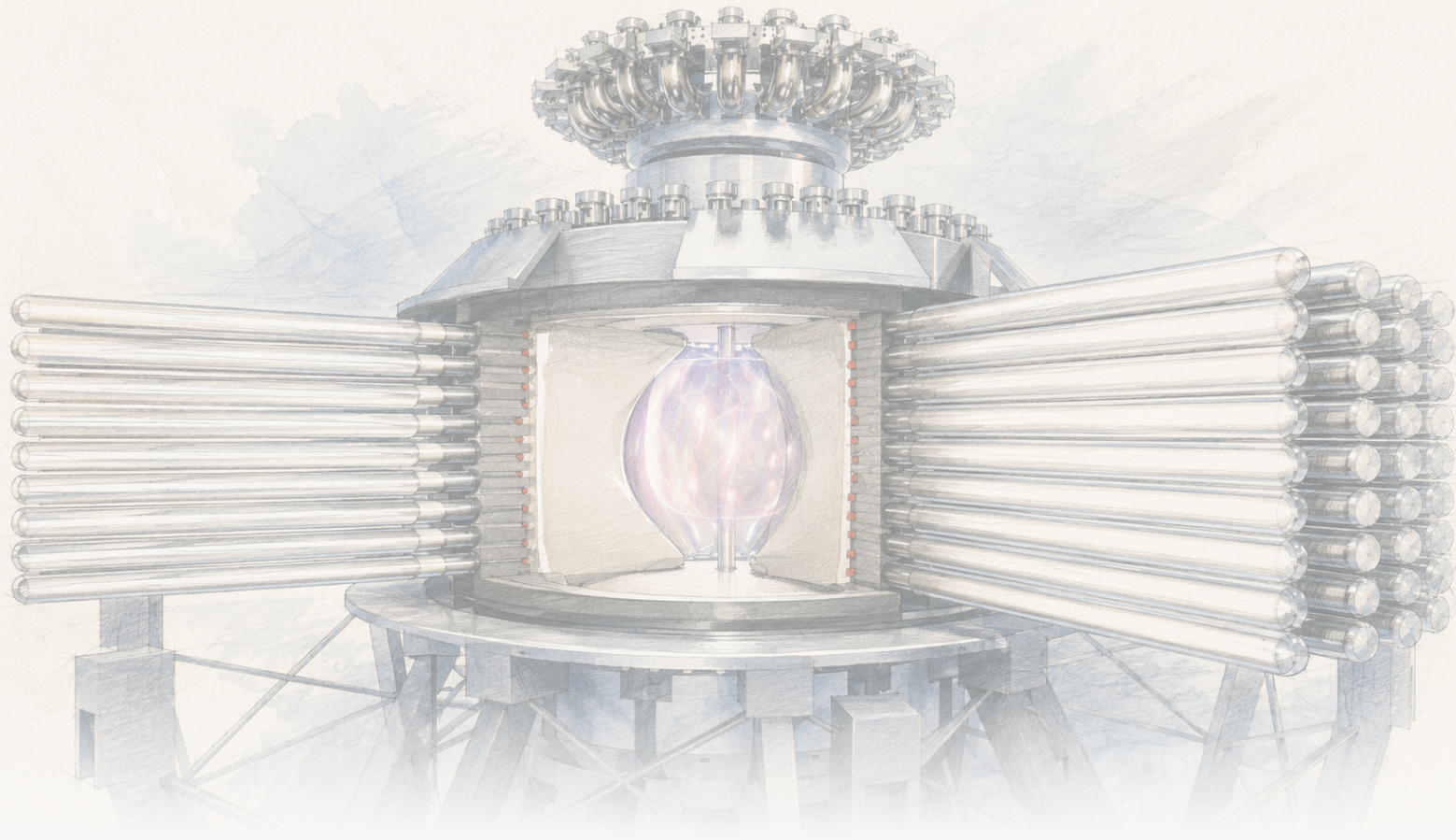




The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Fúzní zařízení zahrálo plazma stlačením — skutečný krok, nikoli elektrárna

Zařízení LM26 společnosti General Fusion stlačilo magnetizované deuterové plazma implodující lithiovou vložkou a sledovalo jeho ohřev — teplota elektronů vzrostla více než trojnásobně na naměřenou špičku přibližně 0,72 keV (718 ± 80 eV, zhruba 8 milionů °C), přičemž většina ohřevu se připisuje samotné kompresi, mechanismu přístupu MTF. Pro tuto cestu k fúzi je to skutečný technický kontrolní bod. Zároveň jde o prvních 11 výstřelů jediného zařízení, popsanych ve firemním preprintu bez recenzního řízení, při teplotě stále přibližně desetkrát nižší, než potřebuje hořící plazma — bez čisté energie, energetické rovnováhy či elektřiny. Prokázaný mechanismus, nikoli postavená elektrárna.

Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Vera Rubin · Edited by Michele Renda · Figures by Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *The science of compressional heating on the LM26 magnetized target fusion experiment*, S. J. Howard et al. (General Fusion), arXiv:2606.23974 [physics.plasm-ph] (preprint) · DOI: 10.48550/arXiv.2606.23974

Fúzní zařízení zahrálo plazma stlačením — skutečný krok, nikoli elektrárna

Aby fúzní reaktor dodal více energie, než spotřebuje na svůj provoz, musí být palivové plazma současně dostatečně horké a husté a musí zůstat pohromadě dostatečně dlouho — tyto tři veličiny spojuje Lawsonovo kritérium. Většina oboru se o to snaží pomocí obrovských supravodivých magnetů (tokamaky jako ITER) nebo soustav obřích laserů (inerciální udržení jako v americkém National Ignition Facility). Menší skupina firem sází na třetí cestu, **magnetickou terčovou fúzi** (magnetized target fusion, MTF): vytvořit teplé, magnetizované plazma a poté je rychle mechanicky *stlačit*, aby samotná komprese dodala teplo — podobně jako vznětový motor zapaluje palivo stlačením místo jiskry.

V červnu 2026 zveřejnila kanadská společnost **General Fusion** výsledky zařízení **Lawson Machine 26 (LM26)**, které ověřují, zda tento základní předpoklad opravdu funguje: zahřívá mechanické stlačení magnetizovaného plazmatu skutečně tak, jak předpovídají modely? V prvních 11 kompresních výstřelech — při nichž implodující *pevná lithiová vložka* stlačovala deuterové plazma sférického tokamaku — ukázaly nejlepší pokusy zřetelný růst teploty, hustoty a magnetizace plazmatu a analýza společnosti připisuje většinu ohřevu samotné kompresi.

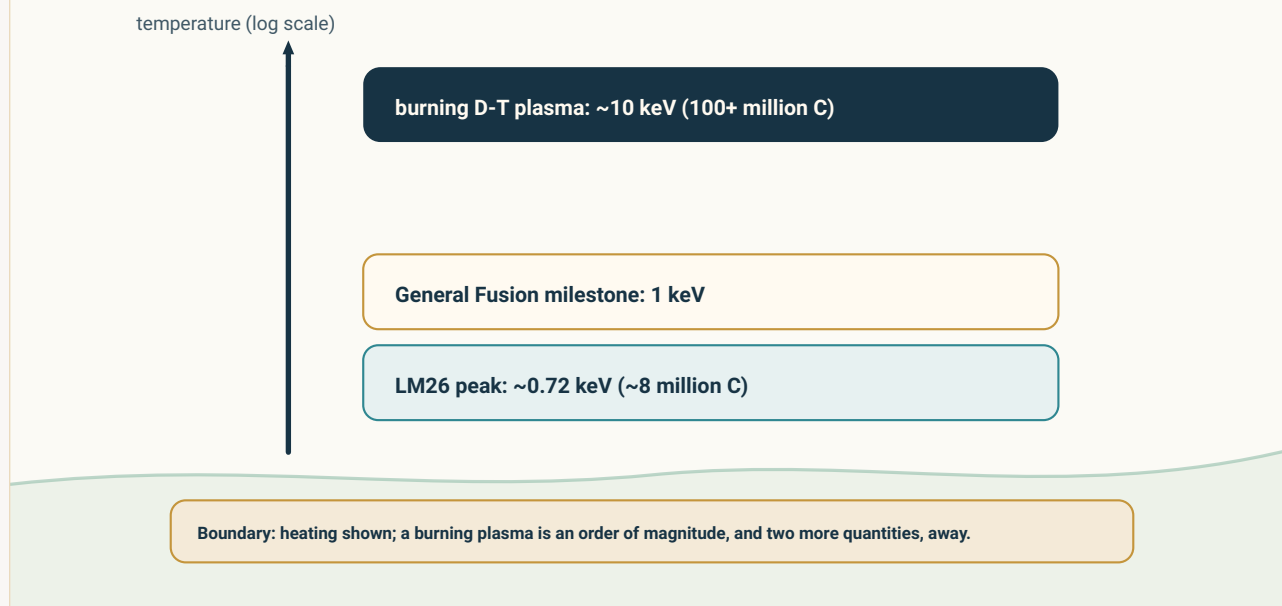
Pro přístup MTF je to skutečný, konkrétní technický výsledek. Zároveň jde o první soubor výstřelů popsany ve **firemním preprintu bez odborného recenzního řízení**, při teplotě stále výrazně nižší, než potřebuje hořící plazma — není to fúzní energie, energetická rovnováha ani elektrárna.

[video pending]

Jde o propagační záznam společnosti General Fusion přiložený pro představu, jak LM26 vypadá; není nezávislým důkazem, že zařízení dosáhne budoucích fúzních cílů.

A real heating step, far below a burning plasma

Temperature is only one Lawson quantity: density and confinement time still matter.

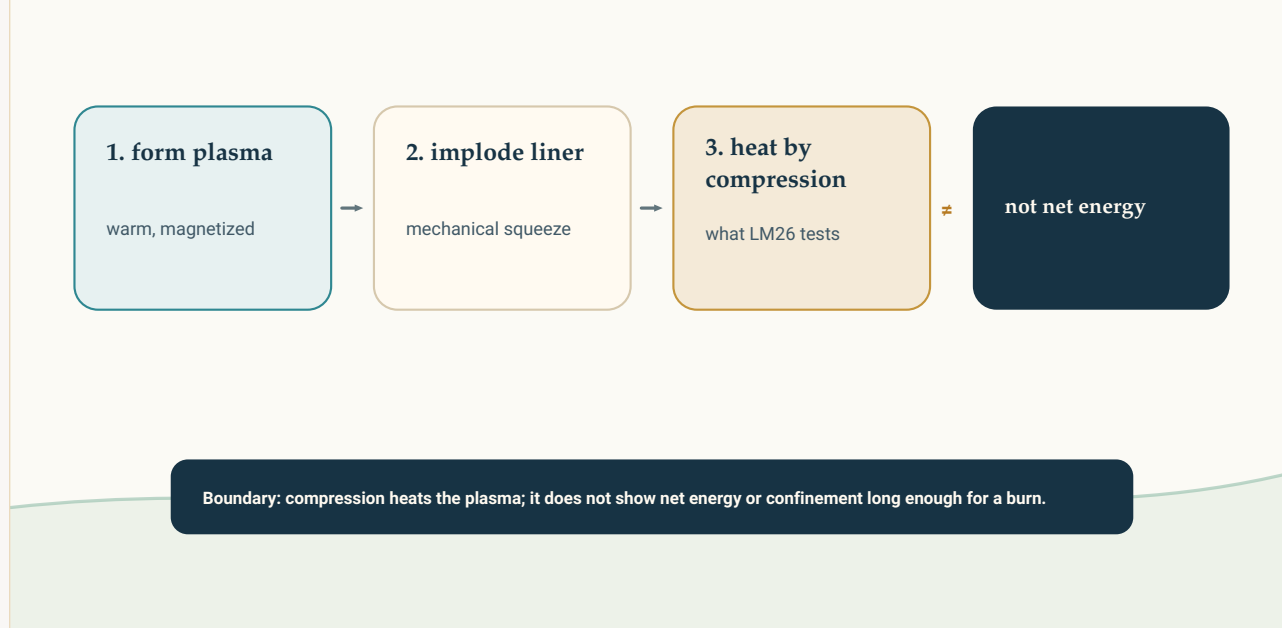


Teplotní žebřík: přibližně 0,72 keV v LM26, cíl General Fusion 1 keV a asi 10 keV potřebných pro hořící deuterium-tritiové plazma. Teplota je pouze jednou ze tří veličin Lawsonova kritéria.

Original diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

The magnetized-target-fusion bet

Form a warm magnetized plasma, then squeeze it so compression does the heating.



Magnetická terčová fúze: vytvořit teplé magnetizované plazma a poté je stlačit implodující vložkou, aby je komprese zahřála — princip podobný stlačení ve vznětovém motoru. LM26 testovalo ohřev plazmatu kompresí,

nikoli čistý energetický zisk ani dobu udržení.

Original diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Co znamenají „magnetická terčová fúze“, „keV“ a Lawsonovo kritérium

Teplota plazmatu se ve fúzní fyzice obvykle udává v **kiloelektronvoltech (keV)**, nikoli ve stupních: 1 keV odpovídá přibližně **11,6 milionu °C**. Palivo z deuteria a tritia musí dosáhnout zhruba **10 keV** (více než 100 milionů °C), aby účinně fúzovalo — teplota je však pouze jednou ze tří podmínek, které musí být splněny současně. **Lawsonovo kritérium** vyžaduje také dostatečnou **hustotu** a dostatečnou **dobu udržení**, které se obvykle spojují do jediného „trojného součinu“ (teplota $\times$ hustota $\times$ doba udržení). Zahřát plazma je nutné, samo o sobě to však zdaleka nestačí.

Magnetická terčová fúze (MTF) je prostřední cestou mezi dvěma hlavními přístupy. Místo dlouhodobého udržování horkého plazmatu obrovskými magnety nebo téměř okamžitého ohřevu malého terče lasery vytvoří MTF magnetizované plazma a během mikrosekund je mechanicky stlačí. Pokud to funguje, komprese plazma zároveň zahřívá a zvyšuje jeho hustotu — a může tak dosáhnout fúzních podmínek bez magnetů v měřítku ITER nebo laserů v měřítku NIF. Právě testy jako LM26 mají ukázat, zda komprese v reálném zařízení tento ohřev opravdu poskytuje.

Co autoři udělali

- Postavili a spustili **LM26**, zařízení MTF společnosti General Fusion: nejprve se vytvoří deuterové plazma sférického tokamaku, které pak stlačí dovnitř hnaná implodující **pevná lithiová vložka** — přibližně **3 $\times$ radiální stlačení**.
- Provedli **prvních 11 kompresních výstřelů** s rozsáhlou měřicí výbavou, rekonstruovali vývoj teploty, hustoty a magnetického pole plazmatu v čase a zaznamenávali emitované neutrony, rentgenové a viditelné záření i rychlé kamerové snímky interakce plazmatu se stěnou.
- Vytvořili **integrovaný fyzikální model**, který vyvažuje ohřev kompresí, ohmický ohřev (vlastním proudem plazmatu) a energii ztracenou na rozhraní, a poté jej porovnali s naměřenými daty, aby určili skutečný zdroj ohřevu.

Co zjistili

- **Plazma se při stlačení zahřívalo.** V nejlepších výstřelech vzrostla teplota elektronů **více než 3 $\times$** , elektronová hustota přibližně **10 $\times$** a poloidální magnetické pole asi **10 $\times$** , a to v důsledku 3 $\times$ radiálního stlačení. V nejlepším výstřelu práce naměřila **špičkovou teplotu elektronů přibližně 0,72 keV** (718 ± 80 eV, Thomsonovým rozptylem) — zhruba 8 milionů °C.
- **Většina ohřevu se připisuje kompresi.** Integrovaný model dochází k závěru, že *většina* nárůstu teploty pocházela ze samotného mechanického stlačení — mechanismu, na němž celý přístup

MTF závisí — a nikoli z ohmického ohřevu.

- **Emise neutronů během komprese vzrostla**, což odpovídá teplejšímu a hustšímu deuterovému plazmatu.

Co to neukazuje

- **Nejde** o fúzní energii, energetickou rovnováhu ani čistý zisk. Nic zde nevyrobilo více energie, než kolik provoz spotřeboval. Výsledek se týká *ohřevu plazmatu* — jednoho kroku fúzního cyklu — nikoli energetické bilance reaktoru.
- Teplota je stále **přibližně desetkrát nižší**, než potřebuje hořící plazma. Hodnota asi 0,72 keV odpovídá zhruba 8 milionům °C; palivo z deuteria a tritia potřebuje řádově **10 keV (přes 100 milionů °C)** a zároveň dostatečný součin hustoty a doby udržení, aby se hoření udrželo. Vlastním příštím milníkem General Fusion je **1 keV** — stále daleko od zapálení.
- Výrok „**většina ohřevu pochází z komprese**“ je **závěr založený na modelu**, nikoli přímý odečet. Vychází z integrovaného fyzikálního modelu proloženého diagnostickými daty; důvěra v rozdělení mezi kompresi, ohmický ohřev a ztráty závisí na důvěře v tento model.
- Je to **firemní preprint, nikoli recenzovaná práce**. Výsledky hlásí tým, který zařízení postavil a získal financování na základě jeho příslibu; nezávislé posouzení zatím neproběhlo.
- Nárůst počtu neutronů **není** energeticky významným fúzním výtěžkem. Určité neutrony se za těchto podmínek od deuteria očekávají, jejich množství je však hluboko pod čímkoli použitelným pro výrobu energie.
- Výsledek neříká nic o samostatném tvrzení společnosti, že **budoucí elektrárna bude dodávat elektřinu do sítě** — nezávislé zpravodajství k němu přistupovalo velmi obezřetně.

Jak silné jsou důkazy

- **Hlavní tvrzení je úzké a ověřitelné.** „Stlačili jsme magnetizované plazma a to se zahřálo, především kvůli kompresi“ je přesně takový test mechanismu, jakým musí přístup MTF projít. Práce jej podpírá souborem výstřelů s rozsáhlou instrumentací a výslovným modelem energetické bilance. Pokud výsledek obstojí v recenzním řízení, půjde o skutečné — byť rané — ověření tohoto přístupu.
- **Výhrady jsou podstatné, nikoli kosmetické.** Jedenáct výstřelů, jedno zařízení, jeden tým, dosud bez recenze a hlavní teplota o řád nižší než u hořícího plazmatu. Nosný závěr — že *většina ohřevu pochází z komprese* — stojí na modelu, takže hlavní otázkou recenzního řízení bude odolnost tohoto rozdělení.
- **Poctivý stav je prokázáný mechanismus, nikoli proklamovaný energetický milník.** Výsledek posouvá MTF od „komprese *by měla* plazma ohřívat“ k „komprese plazma *ohřívá*“ — a nikam dále.

Proč na tom záleží

Na magnetické terčové fúzi je zajímavá ekonomika, nikoli rekordy. Pokud mechanické stlačení dokáže ohřát plazma směrem k fúzním podmínkám, mohlo by se jich dosáhnout bez magnetů v měřítku ITER či laserů v měřítku NIF — levnější cestou s rychlejšími iteracemi, *pokud* funguje. Toto „pokud“ je podstatou celé věci a závisí na neokázalých kontrolních bodech, jako je tento: dodává komprese skutečně ohřev slibovaný modely? Odpověď LM26 na základě prvních výstřelů zní: s výhradami ano. Za pozornost stojí právě *proto*, že je podmíněná — je to příčka na dlouhém žebříku, popsaná lidmi, kteří po něm stoupají, dosud neověřená nikým jiným a daleko pod vrcholem.

Stručné shrnutí

Zařízení LM26 společnosti General Fusion stlačilo magnetizované deuterové plazma implodující lithiovou vložkou a ukázalo, že se zahřívá — teplota elektronů vzrostla více než trojnásobně na naměřenou špičku přibližně 0,72 keV (718 ± 80 eV, asi 8 milionů °C) — přičemž analýza společnosti připisuje většinu ohřevu samotné kompresi, mechanismu, na němž stojí její přístup MTF. Pro tuto cestu k fúzi je to skutečný, konkrétní technický krok. Zároveň jde o prvních 11 výstřelů jediného zařízení, popsaných ve firemním preprintu bez recenzního řízení, při teplotě přibližně desetkrát nižší, než potřebuje hořící plazma, bez čisté energie, energetické rovnováhy či elektřiny. Prokázaný mechanismus, nikoli postavená elektrárna.

Zdroje

S. J. Howard et al. (General Fusion), The science of compressional heating on the LM26 magnetized target fusion experiment, arXiv:2606.23974 [physics.plasm-ph] (2026)

<https://arxiv.org/abs/2606.23974>

General Fusion, 'General Fusion Achieves Compressional Plasma Heating with LM26 Magnetized Target Fusion Machine' (company announcement, June 2026)

<https://generalfusion.com/post/general-fusion-achieves-compressional-plasma-heating-with-lm26-magnet>

Nature news, 'Nuclear-fusion firm says plant will deliver electricity to grid - but big questions remain' (2026)

<https://www.nature.com/articles/d41586-026-01795-z>