

# Další krok ke komplexní simulaci fyzikálních jevů

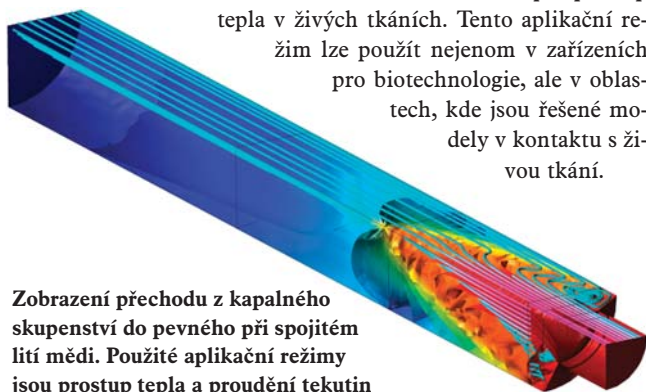
V různých výzkumných a vývojových centrech se objevuje stále více programů určených pro modelování a simulaci. Svou pozici si úspěšně buduje také program FEMLAB určený k simulaci a modelování různých fyzikálních dějů. Uplatňuje se všude tam, kde lze využít k popisu úlohy parciální diferenciální rovnice (PDE) s následným řešením vytvořených geometrických modelů metodou konečných prvků. Na stránkách tohoto časopisu byly o FEMLABu uvedeny již v minulosti podrobnější informace obsahující popis programu a pracovní postupy. Jako oblast využití byly zmiňovány obory jako je například akustika, návrh antén, elektromagnetismus, dynamika tekutin, bioinženýrství, šíření vln, pružnost a pevnost, tepelně zatížené systémy, chemický průmysl, geologie a další. V současné době byla uvedena na trh nejnovější verze 3.1, která vedle řady nových vlastností v samotném jádru FEMLABu nabízí také další tři specializované moduly což je vlastně rozšíření knihoven PDE a příslušného grafického rozhraní. Jejich použití zajišťuje uživateli komfortnější práci s modelem, zadávání okrajových podmínek a subdomén jako jsou např. vlastnosti materiálu nebo vnitřního prostředí. Vedle dřívějších specializovaných modulů z oblastí elektromagnetismu, průmyslové chemie a pružnosti a pevnosti byly uvedeny na trh další tři nové moduly:

- Modul pro výpočty prostupu tepla (Heat Transfer Module)
- Modul pro přírodní vědy (Earth Science Module)
- Modul pro řešení MikroElektroMechanických Systémů (MEMS Module)

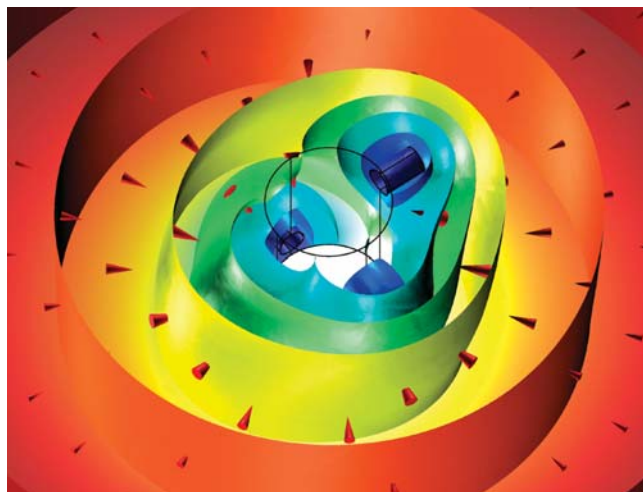
## Modul pro výpočty přestupu tepla (Heat Transfer Module)

Specializovaný modul pro výpočet přestupu tepla umožňuje řešit následující aplikační oblasti:

- Obecný přestup tepla je základním aplikačním režimem modulu, protože řeší přestup tepla prouděním, vedením a sáláním, přičemž přenos tepla sáláním lze definovat v režimech z povrchu do okolí a z povrchu na povrch. Poslední uvedený režim využívá metodu radiosity, kdy se bere v úvahu difúzní odraz a stínění.
- Aplikační režim pro tenké skořepiny využívá 3D tenké konstrukce s elementy „shell“, ve kterých se předpokládá konstantní rozložení teploty po jejich tloušťce, což umožňuje modelovat složité tenkostěnné konstrukce s minimálními nároky na výpočetní zařízení.
- Neizotermální proudění tekutin, které řeší modely s proměnnou hustotou. Hustota tekutiny může být popsána libovolným vztahem závislejícím na tlaku a na teplotě.
- Aplikační režim pro bioteplotu umožňuje zadávat empirické vlastnosti do standardních formulací pro přestup tepla v živých tkáních. Tento aplikační režim lze použít nejenom v zařízeních pro biotechnologie, ale v oblastech, kde jsou řešeny modely v kontaktu s živou tkání.



Zobrazení přechodu z kapalného skupenství do pevného při spojitím lití mědi. Použité aplikační režimy jsou pro vstup tepla a proudění tekutiny



Zobrazení chování ropy, která proráží do stěn otvoru zemního vrtu

Využití shora definovaných aplikací může být aktuální v elektronice při ovládání vznikajícího tepla např. při výrobě polovodičových materiálů, při chlazení nebo zahřívání desek osazených čipy a nebo při udržování vznikající teploty na provozních hodnotách. Další oblast využití může být při analýze případů tepelného zpracování materiálů, při změně skupenství v metalurgii nebo potravinářském průmyslu. Společným jmenovatelem jsou při tomto modelování nelinearity vznikající právě při změně skupenství.

## Modul pro Mikroelektromechanické systémy (MEMS Module)

Specializovaný modul pro výpočet mikroelektromechanických systémů (MEMS) je určen vývojářům a výzkumníkům pracujícím právě v této oblasti. Jedná se o snímače, posilovače a mikrofluidní komponenty a zařízení. Hlavním rysem nadstavbového modulu MEMS je popis elektro-mechanických nebo termo-mechanických vazeb nebo interakce tekutin a konstrukcí. Hlavními aplikacemi v MEMS modulu jsou analýza tuhých těles, rovinná deformace, rovinná napjatost, piezoelektrické efekty, elektrokinetické proudění a elektrostatika. Ke klíčovým vlastnostem modulu patří schopnost pracovat s velkými deformacemi a s pohyblivými geometrickými hranicemi – ALE (arbitrary Lagrangian-Eulerian). Modul pomáhá řešit modely obsahující zbytkové napětí, piezoelektrické vazby, elektrokinetické, elektroosmotické a elektropo-  
rozní proudění nebo Joulovo teplo.

Využití FEMLABu a MEMS modulu může být užitečné např. ve vojenském sektoru při návrhu komunikačních zařízení, v optických bezdrátových sítích, v radiokomunikacích, ale také v leteckém a automobilovém průmyslu.

## Modul pro přírodní vědy (Earth Science Module)

Specializovaný modul pro přírodní vědy je určen výzkumným pracovníkům v geologii a v oblasti životního prostředí.

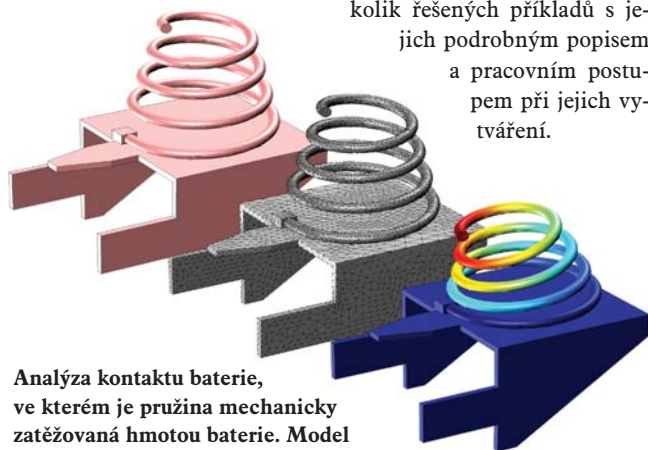
V jednotlivých aplikačních režimech spojuje hned několik fyzikálních režimů (multifyzikální aplikace) jako je kombinace proudění tekutin, přestupu tepla nebo transport rozpouštěných látek. Díky tomuto modulu se ve FEMLABu objevuje Richardova rovnice popisující proudění tekutin v pórovitých médiích s proměnnou strukturou.

V aplikačním režimu využívajícím Darcyho pravidlo je při řešení hnací silou kombinace tlaku a gravitačního potenciálu. Aplikační režim pro transport rozpouštěné látky umožňuje při migraci definovat přídavné pevné látky. Rozpouštěná látka závisí na rychlosti vznikající v důsledku jejího proudění kolem pevných zrn v pórovitém médiu. Režim prostupu tepla v tomto modulu řeší efektivní vlastnosti média obsahujícího pevné látky, tekutiny a plyny. Na pozadí této aplikace se také počítá změna teploty závisící na hloubce zkoumané vrstvy.

Charakteristickou oblastí využití modulu Earth Science je modelování podpovrchového proudění tekutin a analýza pohybu tekutiny s možností předpovědět její chování kolem pramenů. Nabízí se tak možnost například analyzovat okolí pramene a jeho případného znečištění okolními látkami.

V knihovně řešených příkladů (Model Library), která je standardní součástí FEMLABu, je uvedeno ke každému modulu několik řešených příkladů s jejich

podrobným popisem a pracovním postupem při jejich vytváření.



Analýza kontaktu baterie, ve kterém je pružina mechanicky zatěžovaná hmotou baterie. Model umožňuje lépe odhadnout odpor kontaktu

Za zmínku stojí také některé novinky v nové verzi FEMLAB 3.1. V první řadě může uživatel vytvářet různé typy sítí, což ocení uživatelé z oblasti strojírenství. Použitím těchto typů sítí se podstatně snižují nároky na paměť počítače v důsledku snížení počtu uzlů sítě a tedy i počtu stupňů volnosti. Tato výhoda může být využita také při řešení modelů složených z tenkých vrstev. Další novinkou je 64-bitová verze FEMLABu pro UNIXové platformy jako je Linux, HP-UX nebo Solaris využitelná v konfiguraci klient/server. Zachováno je také propojení s programem MATLAB, jehož pracovní prostor a příkazový řádek může uživatel využívat jako jiný způsob práce s FEMLABem. Úlohy ve FEMLABu tak zadávat a řešit bez jeho otevřeného grafického rozhraní. Novinkou FEMLABu 3.1 je také Report generátor, který umožňuje exportovat řešený model do formátu HTML a tím zpřístupnit řešenou úlohu od jejího zadání až po řešení na Internetu.

Pro zájemce o FEMLAB je volně k dispozici Tour CD Winter 2005, na kterém je prohlížeč 25 řešených příkladů, pomocí kterého lze nahlédnout například do zadání jejich okrajových podmínek nebo nastavení následného zpracování.

Distributor produktů švédské společnosti COMSOL v ČR a střední Evropě:



**Humusoft s. r. o.**

Pobřežní 20  
188 00 Praha 8, ČR  
Tel.: +420 2 84 01 17 30  
Fax: +420 2 84 01 17 40  
e-mail: [info@humusoft.cz](mailto:info@humusoft.cz)  
<http://www.humusoft.cz>

9