

Kurz výuky simulací pro univerzity



Martin Kožíšek

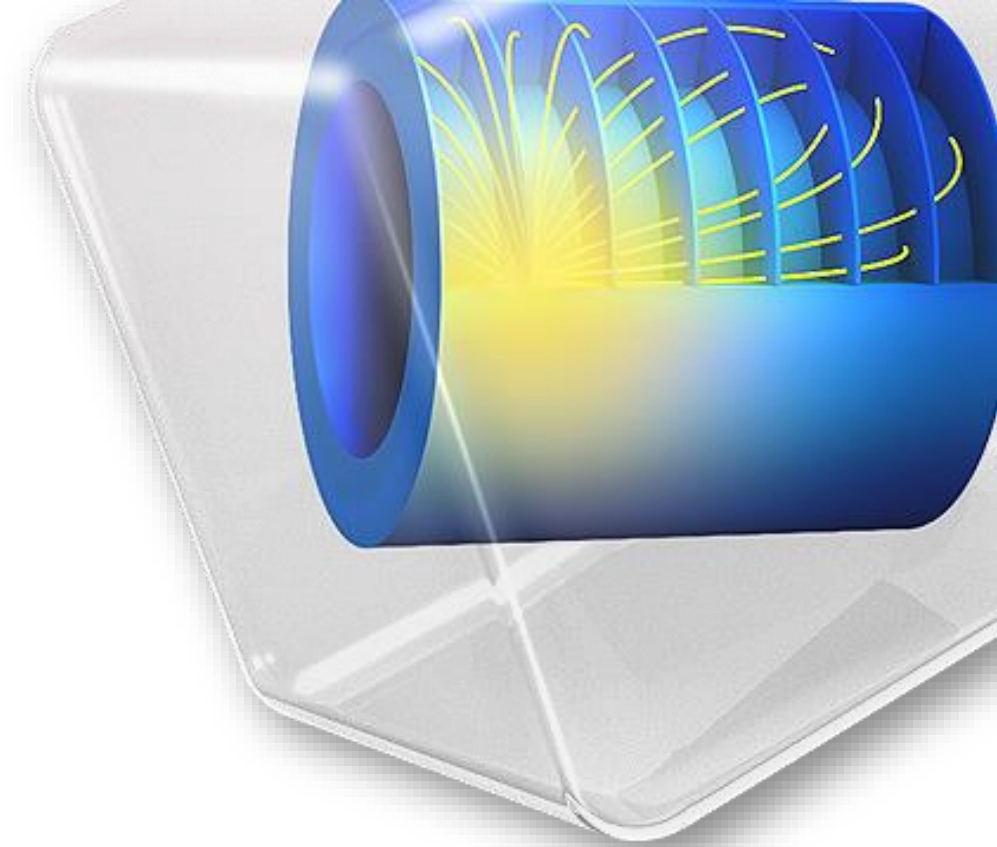
HUMUSOFT s.r.o.

kozisek@humusoft.cz

+420 284 011 745


Obsah koordinační schůzky

- Tři připomenutí
- Obsah kurzu
- Zaškolení vyučujících
- Jak se zavádí předmět?
- Inspirace pro další využití simulací při výuce
- Shrnutí, 5 domácích úkolů





Tři připomenutí


1. Na čem pracujeme? (rychlost 2 bloky za rok)
 - Prezentace (cca 8 x 70 slajdů)
 - Modely (poutavé, moderní)
 - Cvičení (cca 40, lehké příklady bez návodu)
 - Příklady (cca 25, těžší příklady s návodem krok po kroku)
 - Zaškolení
 - Požadavek na video ze zaškolení pro snazší oživení
2. Co musí dodat univerzita?
 - Předmět výuky simulací
 - Aktuální CKL licenci (Classroom Kit)
 - Vyučujícího
3. CKL licence v době karantény


 Blok_01-Teorie_MKP


 Blok_02-GUI_a_tvorba_geometrie


 Příklad_03-tvorba_CAD_geometrie


 Příklad_04-kam_umistit_reproduktor_v_byte


 Příklad_05-CAD_import_elektrosoucastky


 Příklad_06-Vyfukove_potrubi_CAD_import_Cap_Faces_Delete_Faces


 Příklad_07-Kolo_CAD_Defeaturing_a_virtualni_operace


 Příklad_08-Ninja_Fruits_Meloun_Vypocet_Hmotnosti


 Blok_02.pptx


 Cviceni-boundary_modeling_jehlan.mph


 Cviceni-CAD_Defeaturing_ojnice.mph

 Cviceni-geometrie_sklenicka.mph

 Cviceni-hraci_kostka_transformace_booleovske_operace.mph


 Cviceni-Image_To_Curve.mph

 Cviceni-Image_To_Curve.png

 Cviceni-ojnice.x_b

 Blok_03-Tvorba_sítě_a_postprocessing

 Blok_04-Equation_Based_Modelling

 Blok_05-Proudění_tekutin_CFD

 Blok_06_Přestup_tepla

 Blok_07-ACDC

 Blok_08_Pružnost_a_pevnost

Obsah kurzu

Hodina	Tematický blok	Teorie	Modely	Návod	Použité moduly
1	BLOK 1: Teorie MKP	<p>Představení COMSOL Multiphysics®, Server™ a Compiler™</p> <p>Fyzikální odvětví COMSOL Multiphysics®</p> <p>Parciální diferenciální rovnice - zákony zachování</p> <p>Počáteční podmínky (vlnová rovnice)</p> <p>Okrajové podmínky (vlnová rovnice)</p> <p>Odvození slabé formulace (stacionární vedení tepla)</p> <p>Odvození diskrétní formulace (stacionární vedení tepla)</p> <p>Sestavení matice tuhosti (stacionární vedení tepla)</p> <p>Volba báze prostoru testovacích funkcí, řád prvků</p> <p>Tvary prvků výpočetní sítě v COMSOL Multiphysics</p> <p>Existence a jednoznačnost slabého řešení</p> <p>Existence a jednoznačnost diskrétního řešení</p> <p>Aproximační vlastnosti MKP - Caeovo lemma</p> <p>Aproximační vlastnosti MKP - vliv velikosti a řádu prvků</p> <p>Aproximační vlastnosti MKP - vliv kvality sítě</p> <p>Zdroje chyb MKP</p> <p>Jak snížit aproximační chybu MKP</p> <p>Inženýrské katastrofy</p> <p>Shrnutí MKP na závěr</p>	<p>Příklad 1 - Stacionární 1D Vedení tepla</p> <p>Příklad 2 - Vlnová rovnice v 1D</p>	<p>ano</p> <p>ano</p>	Jádro
2	BLOK 2: Základy ovládání a tvorba geometrie	<p>Opakování - počáteční a okrajové podmínky, MKP</p> <p>GUI COMSOL Multiphysics® - File, Application Libraries, Model Builder</p> <p>GUI COMSOL Multiphysics® - Přidání příkazu, ovládání grafiky, selections</p> <p>Cvičení na obarvení modelu (selections, práce v GUI)</p> <p>Logika tvorby modelu, Model Wizard</p> <p>Tvorba geometrie: COMSOL kernel vs. CAD Import Module kernel</p> <p>Tvorba geometrie: organizace geometrie a způsoby jak ji tvořit</p> <p>Cvičení na tvorbu geometrie (šálek + Cap Faces)</p> <p>Booleovské operace a cvičení na jejich ovládání</p> <p>Import geometrie</p> <p>Nástroje pro zjednodušení a opravu importu: Defeaturing + Remove Details</p> <p>Zásady pro úpravu geometrie</p> <p>Rozdělení geometrie příkazem "Partition"</p> <p>Cvičení na opravu CAD Defeaturing pokažené geometrie ojnice</p> <p>Finalizace geometrie - Form Union / Form Assembly</p> <p>Absolutní tolerance při importu geometrie</p>	<p>Příklad 3 - Tvorba geometrie</p> <p>Příklad 4 - Kam umístit reproduktor v bytě?</p> <p>Příklad 5 - CAD Import elektrosoučástky</p> <p>Příklad 6 - Vyfukové potrubí CAD Import, Cap Faces, Delete Faces</p> <p>Příklad 7 - Kolo CAD Defeaturing a virtuální operace</p> <p>Příklad 8 - Ninja fruits Meloun s výpočtem hmotnosti</p>	<p>ano</p> <p>ano</p> <p>ano</p> <p>ano</p> <p>ano</p> <p>ano</p>	CAD Import Module

Obsah kurzu

3	BLOK 3: Tvorba sítě a postprocessing	Opakování - výběr entit, jak tvořit geometrii, nástroje pro opravu geometrie	Příklad 9 - Zjemnění a adaptace sítě z Příkladu 2	ano	CAD Import Module
		Opakování - finalizace geometrie	Příklad 10 - Virtuální operace a síť automobilu	ano	
		Opakování - cvičení na tvorbu geometrie (dům)	Příklad 11 - Mechanické napětí způsobené výrobní vadou	ano	
		Opakování - cvičení na zjednodušení importované geometrie (šváb)			
		Základní poučky pro tvorbu sítě			
		Jak se pozná kvalitní síť			
		Druhy sítí			
		Jak vytvořit síť v COMSOL Multiphysics			
		Příkazy pro tvorbu sítě			
		Kvíz: Příkazy pro tvorbu sítě			
		Příkazy "Size", "Distribution", "Swept"			
		Cvičení na "Size", "Distribution", "Swept"			
		Příkazy pro manipulaci se sítí			
		Virtuální operace			
		Cvičení na virtuální operace			
		Analýza nvezávislosti řešení na síti			
		Postprocessing v COMSOL Multiphysics			
		Datasets			
		Derived Values a tabulky			
		Možnosti plot group			

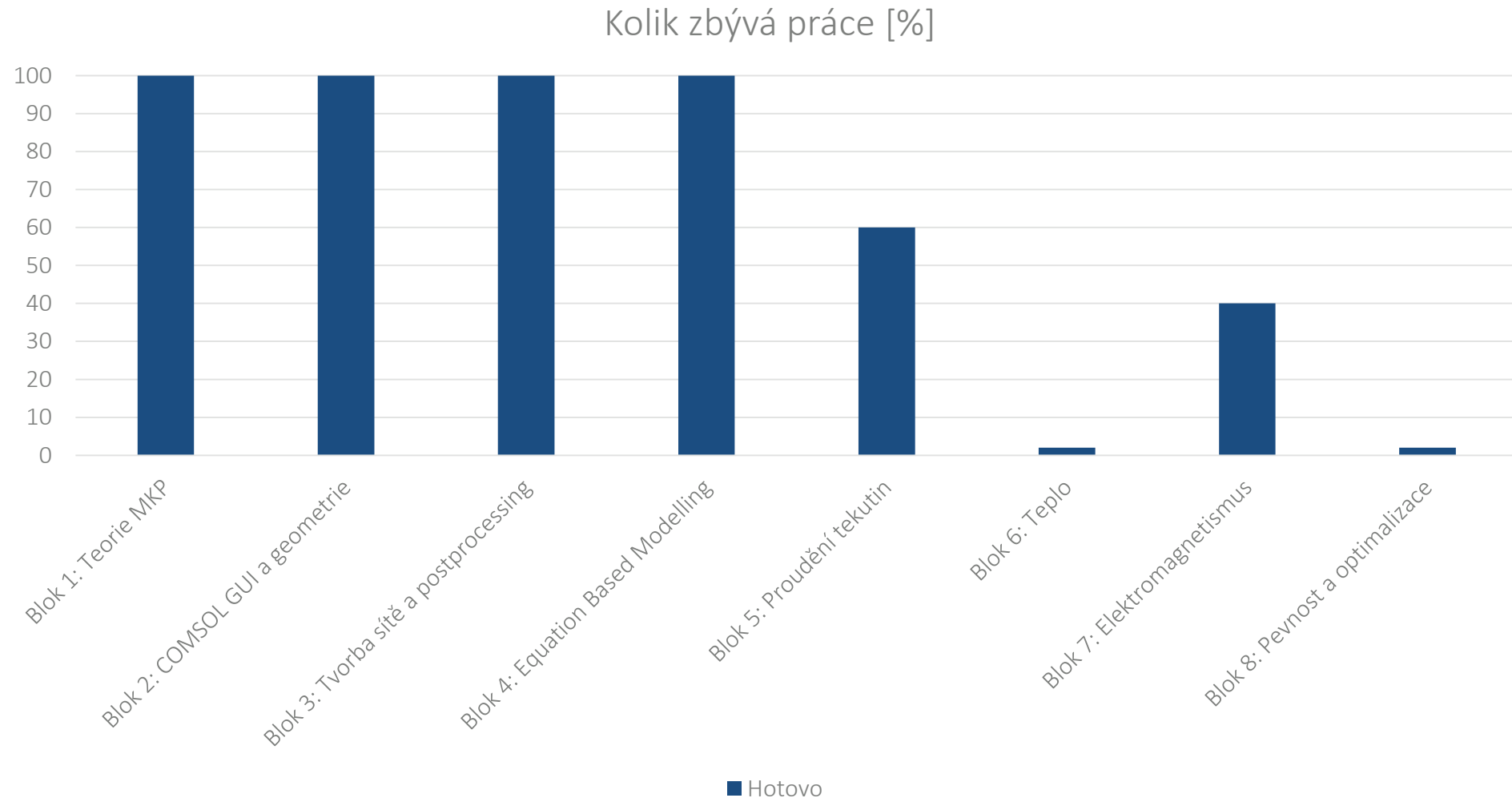
Obsah kurzu

<p>4 BLOK 4: Matematika a Equation Based Modelling</p>	<p>Opakování - Základní poučky pro tvorbu sítě Opakování - Jak se pozná kvalitní síť Opakování - Příkazy "Size", "Distribution", "Sweep" Opakování - Virtuální operace Základní matematické operátory v COMSOL Multiphysics Gradient, divergence, rotace a parciální derivace Syntaxe a přehled vybraných operátorů Cvičení na operátory a programování Přehled předdefinovaných fyzikálních a matematických konstant Parameters, Variables "Parametric Sweep", "Function Sweep" a "Material Sweep" Sondy ("Probes") Příklady použití funkcí Funkce v COMSOL Multiphysics, volání funkce Modelování vlastních rovnic Dělení modelů z pohledu solveru Porozumění solverům: Řešení stacionárních lineárních modelů Porozumění solverům: Řešení stacionárních nelineárních modelů Proč nemusí nelineární úlohy konvergovat + Metoda damping faktoru Nastavení nestacionárních (Time Dependent) úloh Rozdělení multifyzikálních úloh Kvíz: jaký zvolit coupling Multifyzikální úlohy: jak nastavit jednosměrný coupling Multifyzikální úlohy: obousměrný coupling Obousměrný coupling "fully coupled" Obousměrný coupling "segregated" Porovnání přístupů "Fully coupled" vs "Segregated" Multifyzikální úlohy: jak nastavit obousměrný coupling Způsoby propojení fyzikálních dějů Cvičení na propojení fyzikálních dějů</p>	<p>Příklad 12 - Model šíření epidemie Příklad 13 - Elektrická aktivita srdce Příklad 14 - Sušení dřevěných dveří</p>	<p>ano ano ano (2 varianty)</p> <p>Jádro</p>
--	--	--	--

Obsah kurzu

5	BLOK 5: Proudění tekutin	<p>Motivace k simulacím proudění: Mercedes S, FSI a 88m lopatka, mez. vrstva Motivace k simulacím proudění: víry, turbulence, neneutonské tekutiny Simulace tekutin v COMSOL Multiphysics Matematický základ CFD simulací - veličiny, rovnice 5 kroků, které dělejte před každou CFD simulací: Re, Ma, stlačitelnost Specifika při tvorbě geometrie pro CFD Počáteční podmínky pro CFD Okrajové podmínky pro CFD Tvorba sítě ?? Specifika výpočtu CFD simulace ?? Konvergence CFD simulací</p>	<p>Příklad 15 - Klapka Příklad 16 - Proudění nad ostrovem Guadalupe Příklad 17 - Obtékání podmořského dronu Příklad 18 (volitelný) - Proudění piva typu Stoudt</p>	<p>ne ano ne ano</p> <p>Jádro, CFD (volitelně)</p>
6	BLOK 6: Přestup tepla		<p>Příklad ?? - Heat Transfer chladič Příklad 19 -</p>	<p>Jádro</p>
7	BLOK 7: Elektromagnetismus	<p>Motivace k simulacím elektromagnetismu Spektrum elektromagnetických simulací (dle frekvence a rovnic) Elektrostatika a nízké frekv.: Postupy modelování, Infinite Element Domain, BEM Elektrostatika: stacionární, transienční, frekvenční studie Elektrostatika: Elektrické obvody, materiálové modely Magnetická pole: permanentní pole, supravodiče, cívky, Indukční ohřev, motory Vysokofrekvenční pole: Moduly, okrajové podmínky, zjednodušení modelu, PML Vysokofrekvenční pole: Specifika postprocessingu</p>	<p>Příklad ?? - Pojistky Příklad ?? - Kardiosimulátor? Příklad ?? - Anténa za automobilem?</p>	<p>ano ne ne</p> <p>JÁDRO, RF Module</p>
8	BLOK 8: Pružnost a pevnost, optimalizace		<p>Příklad ?? - Pružnost a pevnost Příklad ?? - Pružnost a pevnost - teplotní deformace? Příklad ?? - Identifikace Příklad ?? - Optimalizace</p>	<p>Optimization Module</p>

Obsah kurzu



Zaškolení vyučujících

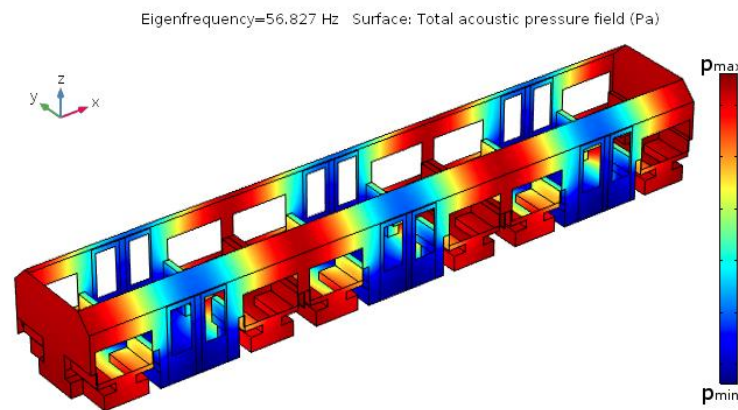
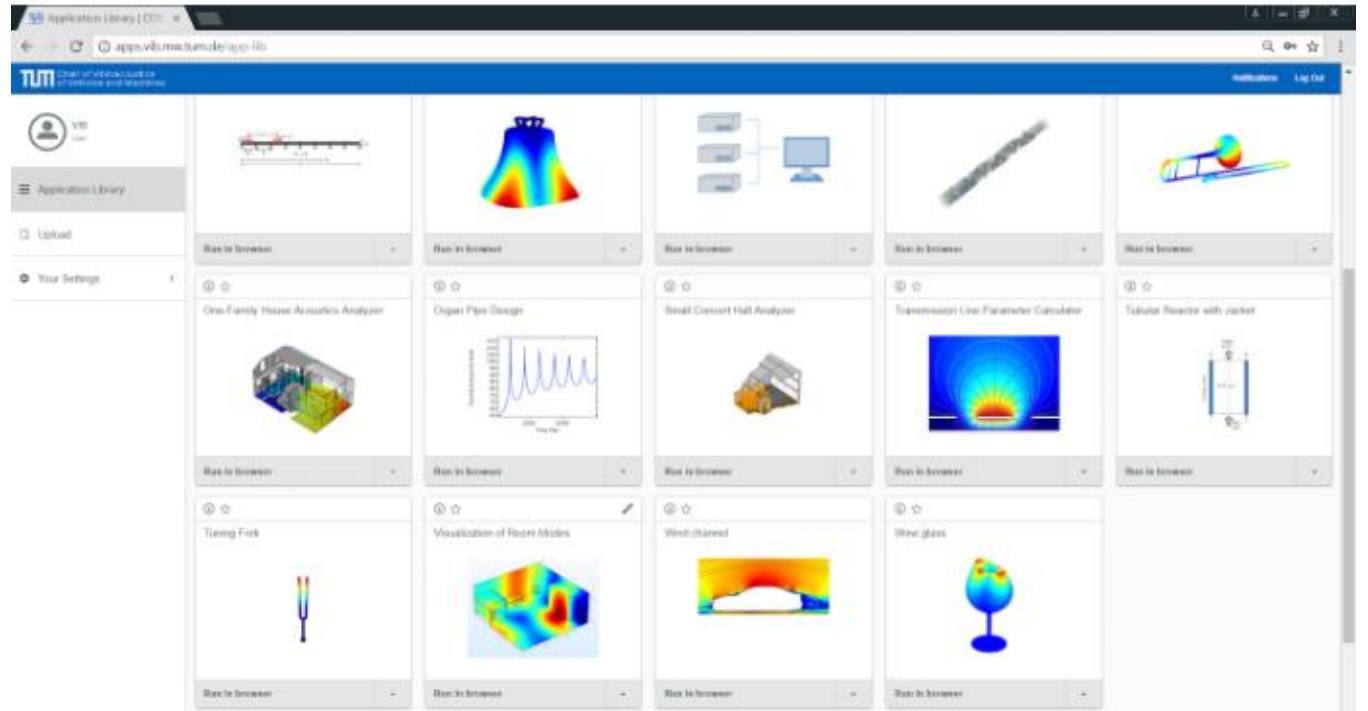
- Vybrat nadšence
 - Zavedení předmětu
 - Možná napsání skript (připomínka z FEKT VUT)
 - Body pro akademickou kariéru + prvotřídní simulační schopnosti zdarma
- Jakou zvolit formu?
 - On-line, prezenčně, nebo obojí dohromady (?)
 - Videonahrávka bude pořízena (připomínka z JČU)
 - Předpokládaný termín: letní semestr 2021 / 2022, start výuky nejdřív ZS 2022 / 2023
- Kurz plánujeme vyučovat jednou ročně také v Humusoftu (možnost se zdarma přidat)

Jak se zavádí předmět?

- Vhodné pro bakaláře, magistry i doktorandy
- Jaký rozsah?
 - projde rozsah 3 hodiny cvičení týdně
- Jak se zavádí předmět a co je potřeba od nás?

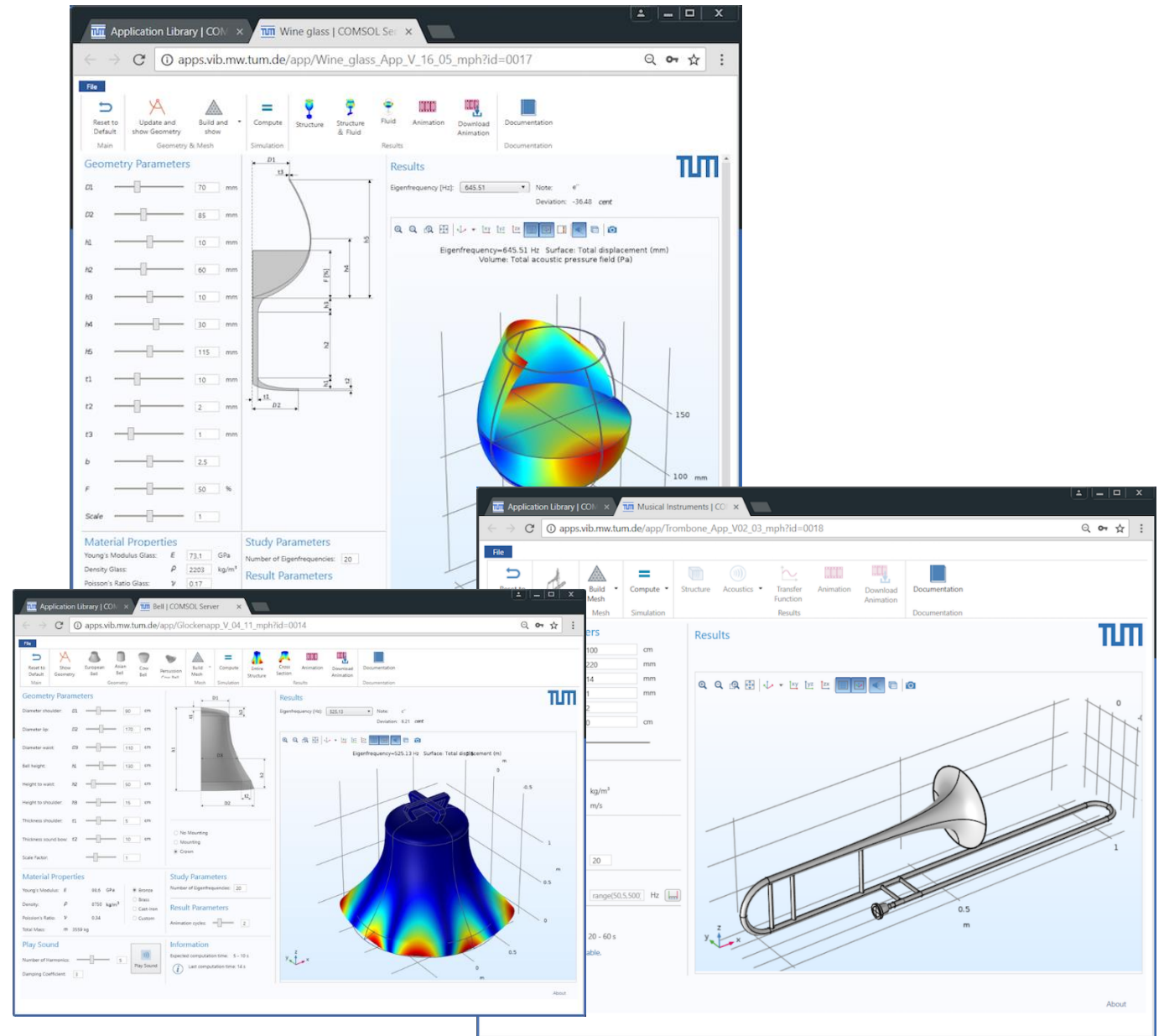
Inspirace pro další využití simulací při výuce

- <https://www.comsol.com/blogs/using-the-application-builder-as-a-tool-for-teaching-students/>
- <https://www.comsol.com/blogs/apps-teaching-mathematical-modeling-tubular-reactors/>
- <https://www.comsol.com/blogs/teaching-transport-phenomena-to-engineering-students-with-apps/>
- <https://www.comsol.com/blogs/teaching-students-about-acoustics-phenomena-with-apps/>



Inspirace pro další využití simulací při výuce

- <https://www.comsol.com/blogs/using-the-application-builder-as-a-tool-for-teaching-students/>
- <https://www.comsol.com/blogs/apps-teaching-mathematical-modeling-tubular-reactors/>
- <https://www.comsol.com/blogs/teaching-transport-phenomena-to-engineering-students-with-apps/>
- <https://www.comsol.com/blogs/teaching-students-about-acoustics-phenomena-with-apps/>



Shrnutí, 5 domácích úkolů

- Přepokládaný termín:
 - školení vyučujících letní semestr 2021 / 2022,
 - start výuky nejdřív ZS 2022 / 2023

- 1. Úkol pro Humusoft: dokončit kurz a stanovit rozsah
- 2. Úkol pro fakultu: najít vyučujícího a poslat mi kontakt
- 3. Úkol pro fakultu: připravit předmět do výuky
- 4. Úkol pro Humusoft: zorganizovat zaškolení
- 5. Úkol pro fakultu: připravit CKL licenci