



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Learn You a Physics for Great Good

Using domain specific languages to learn physics

DAVID FRISK

MASTER'S THESIS 2018:NN

An Informative Headline describing the Content of the Report

A Subtitle that can be Very Much Longer if Necessary

Erik Sjöström
Oscar



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Department of Some Subject or Technology

Division of Division name

Name of research group (if applicable)

CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Gothenburg, Sweden 2018

An Informative Headline describing the Content of the Report
A Subtitle that can be Very Much Longer if Necessary
NAME FAMILYNAME

© NAME FAMILYNAME, 2018.

Supervisor: Name, Company or Department
Examiner: Name, Department

Master's Thesis 2018:NN
Department of Some Subject or Technology
Division of Division name
Name of research group (if applicable)
Chalmers University of Technology
SE-412 96 Gothenburg
Telephone +46 31 772 1000

Cover: Wind visualization constructed in Matlab showing a surface of constant wind speed along with streamlines of the flow.

Typeset in L^AT_EX
Printed by [Name of printing company]
Gothenburg, Sweden 2018

An Informative Headline describing the Content of the Report

A Subtitle that can be Very Much Longer if Necessary

NAME FAMILYNAME

Department of Some Subject or Technology

Chalmers University of Technology

Abstract

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Keywords: lorem, ipsum, dolor, sit, amet, consectetur, adipisicing, elit, sed, do.

Acknowledgements

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Name Familyname, Gothenburg, Month Year

Innehåll

Figurer	xi
Tabeller	xiii
1 Bakgrund	1
2 Syfte	3
3 Metod	5
Bibliography	7
A Bilaga λ	I

Figurer

Tabeller

1

Bakgrund

På civilingenjörsprogrammet Datateknik på Chalmers ingår fysikkursen *Fysik för ingenjörer*. Tentastatistiken för denna kurs är inte jättebra⁴. Vi tror att många studenter på datateknik (“datateknologer”) finner denna kurs svår eller ointressant, och att detta leder till att ungefär en tredjedel av kursdeltagarna får underkänt på tentamen.

Examinatorn för kursen “Fysik för ingenjörer, TIF085 (2016)” Åke Fäldt, tycker att studenter i allmänhet verkar ha svårt för att sätta upp egna modeller. De baserar sina mentala modeller helt eller delvis på intuition och felaktiga antaganden, istället för definitioner och bevisade satser som man är säker på gäller. Detta leder till att de tar genvägar som ofta är fel.

Sedan våren 2016 har kursen “Domain Specific Languages of Mathematics” (“DSLsofMath”) eller “Matematikens domänspecifika språk” givits som en valbar kurs på kandidatnivå för studenter på Chalmers och Göteborgs Universitet. År 2016 var Cezar Ionescu huvudföreläsare, och från 2017 är Patrik Jansson huvudföreläsare. Det direkta målet är att förbättra den matematiska utbildningen för datavetare och den datavetenskapliga utbildningen för matematiker, där den grundläggande idén bakom kursen är:

“[...] att uppmuntra studenterna att närma sig matematiska domäner från ett funktionellt programmeringsperspektiv: att ge beräkningsbevis (calculational proofs); att vara uppmärksamma på syntaxen för matematiska uttryck; och, slutligen, att organisera de resulterande funktionerna och typerna i domänspecifika språk.”^{6 3}

Konkret så presenterar kursen matematik så som derivator, komplexa tal och matriser ur ett funktionellt programmeringsperspektiv i Haskell. Dessa för studenterna bekanta verktyg används för att lösa matematiska problem så som modellering av syntax, evaluering till semantiska värden och datorassisterad bevisföring.

Även på MIT har en kurs inte helt olik DSLsofMath tidigare givits som berör både fysik och domänspecifika språk (“DSL”). “Classical Mechanics: A Computational Approach” gavs av Prof. Geral Sussman och Prof. Jack Wisdom bl.a. år 2008.⁸ Denna kurs på avancerad nivå studerar de fundamentala principerna av klassisk mekanik med hjälp av beräkningsidéer för att precist formulera principerna av mekanik, med början i Lagranges ekvationer och avslut i perturbationsteori. I kursen används boken “Structure and Interpretation of Classical Mechanics” av Sussman, Wisdom och Mayer, vilken förklarar fysikaliska fenomen genom att visa datorprogram för att simulera dem, skrivna i språket Scheme.²

Utöver DSLsofMath-kursen har det även tidigare gjorts ett kandidatarbete om DSL här på Chalmers. Vårterminen 2016 utfördes kandidatarbetet “Programmering som

undervisningsverktyg för Transformer, signaler och system. Utvecklingen av läromaterialet TSS med DSL” av fem studenter från Datateknik och Teknisk Matematik på Chalmers. Arbetet bestod av utveckling av läromaterial med tillhörande programmeringskod, uppgifter och lösningar, som komplement till existerande kurser i signallära.⁵

Vår tanke med detta kandidatarbete är att, likt premissen bakom DSLsofMath och kandidatarbetet från 2016, med hjälp av ett bekant verktyg som Haskell angripa fysik på ett sådant sätt att ämnet blir både intressant och roligt för datateknologer, och därmed förhoppningsvis också enklare. Med hjälp av domänspecifika språk skrivna i Haskell för att modellera fysik, i.e. samma pedagogiska verktyg som används inom datakurser, tror vi att kopplingen mellan fysikkursen och datateknikprogrammet kan göras tydligare och lärandet kan underlättas. Förhoppningen är att bl.a. det kraftfulla typsystemet i Haskell ska hjälpa studenter att bygga mentala modeller som är korrekta och inte bygger på felaktiga intuitioner.

Projektet är relevant för datateknologer som läser en fysikkurs. Men det kan också bli relevant för en fysikstudent som är ute efter en inkörsport till funktionell programmering. Förhoppningsvis blir det också relevant för de som är intresserade av domänspecifika språk i stort, pedagoger och föreläsare inom de berörda områdena och kanske till och med programledningen som ser vår rapport som ett skäl att introducera innehåll av detta slag i till exempel fysikkursen.

För läsaren som inte är insatt i domänspecifika språk, kan det förklaras som ett språk konstruerat för ett specifikt område, en domän. Språket kan användas för att enklare uttrycka saker inom domänen, till exempel Newtons andra lag $F = m \cdot a$ än vad som är möjligt inom generella (programmerings) språk. För vidare läsning rekommenderas *DSL for the Uninitiated*.¹

2

Syfte

Syftet med projektet är att skapa domänspecifika språk för fysik samt ett tillhörande läromaterial. Läromaterialet ska både förklara fysik och parallellerna med de domänspecifika språken. Förhoppningen är att väcka intresse för fysik hos datateknologer genom att presentera fysik från ett annat perspektiv.

Häftigt med todos

3

Metod

Som ett genomgående tema vill vi arbeta in återkoppling med Åke Fäldt och Patrik Jansson så att vi vet att vi håller oss på banan och inte gör det för svårt för oss själva eller potentiella studenter.

Den övergripande planen är att börja med att läsa in oss på fysik, domänspecika språk och liknande projekt. Detta för att få en grundläggande uppfattning av hur projektet kan tänkas se ut. Därefter kommer läromaterialet att skrivas. Eftersom domänspecifika språk kommer presenteras invävt i läromaterialet kommer därför också de domänspecika språken skapas parallellt med skrivandet. Vi vet ännu inte hur vi bra kan fördela arbetet mellan gruppmedlemmarna. En möjlighet, beroende på tidsbehovet, är att en/två skriver om mekanik och en/två om termodynamik eller våglära. Under skrivandets gång kommer en del inläsning behöva göras parallellt. Det kan handla både om fysik och domänspecika språk, till exempel att jämföra vår implementation med likaratade implementationer.

För att hitta de områden datateknologer har problem med i *Fysik för ingenjörer* kommer vi prata med kursens föreläsare, med DNS (Datateknologsektionen på Chalmers) samt reflektera över de delar vi själva tyckte var svåra.

De primära källorna till inläsning av fysik kommer att vara kursboken *University Physics*⁷ samt föreläsarens egna material i form av anteckningar och övningsuppgifter. Till vår hjälp för att förstå hur man på ett bra sätt kan skapa domänspecika språk inom fysik har vi boken *Structure and Interpretation of Classical Mechanics*². Se bilaga λ för en mer detaljerad lista över hur vi tänkt lägga upp arbetet.

Litteraturförteckning

- [1] Debasish Ghosh. DSL for the uninitiated. *Communications of the ACM*, 54, 2011.
- [2] Gerald Jay Sussman and Jack Wisdom. *Structure and Interpretation of Classical Mechanics*. The MIT Press, 2001.
- [3] Cezar Ionescu and Patrik Jansson. Domain-specific languages of mathematics: Presenting mathematical analysis using functional programming. In Johan Jeuring and Jay McCarthy, editors, *Proceedings of the 4th and 5th International Workshop on Trends in Functional Programming in Education, Sophia-Antipolis, France and University of Maryland College Park, USA, 2nd June 2015 and 7th June 2016*, volume 230 of *Electronic Proceedings in Theoretical Computer Science*, pages 1–15. Open Publishing Association, 2016.
- [4] Johan Bowald (sida) and Gösta Johansson (exceldokument). Exam statistics at chalmers, [tif085] fysik för ingenjörer. <http://tenta.bowald.se/#/search/statistics/TIF085/chart>. Accessed 2018-01-30.
- [5] Jacob Jonsson, Peter Ngo, Cecilia Rosvall, Filip Lindahl, and Joakim Olsson. Programmering som undervisningsverktyg för transformer, signaler och system. utvecklingen av läromaterialet tss med dsl. <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/243894/243894.pdf>, 2016. Accessed 2018-01-30.
- [6] Patrik Jansson and Cezar Ionescu. Domain specific languages of mathematics: Lecture notes. <https://github.com/DSLsofMath/DSLsofMath/tree/master/L/snapshots>. Accessed 2018-01-30.
- [7] Roger A. Freedman. *University physics with modern physics*. Pearson Education Limited, 2015.
- [8] Gerald Jay Sussman and Jack Wisdom. Classical mechanics: A computational approach. <https://ocw.mit.edu/courses/earth-atmospheric-and-planetary-sciences/12-620j-classical-mechanics-a-computational-approach-fall-2008/>. Massachusetts Institute of Technology. Accessed 2018-01-30.

A

Bilaga λ

Inläsning

- Identifikation av problemområden.
 - Kontakt med Åke Fäldt och DNS. Studera kursutvärderingar.
 - Reflektera över vad vi själva tyckt varit svåra områden då vi läst kursen.
- Studerande av existerande läromaterial, både inom ren fysik och liknande vårt material.
 - Fysikboken.
 - Åke Fäldts egna material.
 - Boken *Structure Interpretaton of Classical Mechanics*².
 - Kursboken till kursen *Matematikens domänspecifika språk*.
- Existerande implementationer.
 - OpenTA.
 - Hamilton.
 - MasteringPhysics.
- Tidigare forskning.
 - Cezar och Patriks 2015 forskningsartikel.
 - 2016 års kandidatarbete.
 - Artikeln *DSL for the Uninitiated*.
 - *Communicating Mathematics: Useful Ideas from Computer Science*

Implementation av domänspecifika språk

Vid implementationen av ett/flera domänspecifika språk behöver nedanstående punkter genomföras.

- Hitta relevanta grundtyper inom fysik, exempelvis sträcka och massa.
- Hitta relevanta komposittyper, exempelvis hastighet och tryck.
- Utförligt typsystem.
- Dimensionskontroll.
- Modellera fysikens syntax i språket.
- Pedagogiska syntaxträd.
- Kombinatorer och konstruktörer.
- Hålla våra typer polymorfa.

Skrivande av läromaterial

Vid skrivandet av läromaterialet kommer följande punkter ligga till grund.

- En gemensam vokabulär som fungerar när man skriver om både fysik och programmering (generics kontra polymorfism), och som gör det möjligt att prata om dem i samma mening utan att byta språk och på så sätt brygga det semantiska gapet mellan områdena.
- Övningar
 - Modellera ett fysikaliskt problem med vårt domänspecifika språk.
 - Lös ett "vanligt" fysikaliskt problem med hjälp av vårt domänspecifika språk.
 - Simuleringar i stil med *Bouncing Balls*.
 - Delar av fysiken vi inte behandlat lämnas som övning att själv implementera.
- Gå igenom allmän teori (t.ex. Newtons lagar, krafter som verkar, etc) tillsammans med en parallell utveckling av ett domänspecifikt språk.
- Materialet ska vara enkelt att ta till sig.
- Verkligen exponera det DSL som vi gemensamt bygger för att påvisa kopplingen mellan fysik och programmering.