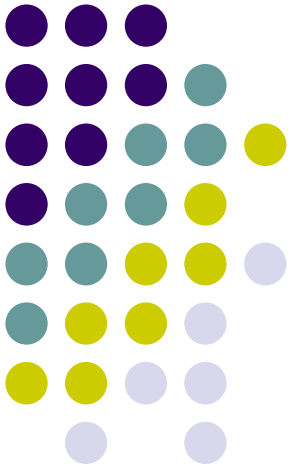
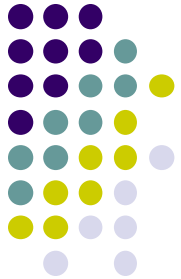
Loeng 2: Loogilise programmeerimise keel Prolog

J.Vain

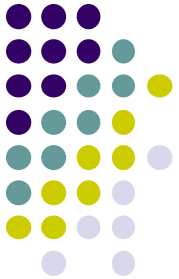


Loengu kava



- Prolog keele põhimõisted (+ nende süntaks ja semantika)
- Tutvumine praktiliste programmeerimisvõtetega
- Näided
- *Takeaway*
  - Vajalik teadmine lihtsamate Prolog programmide kirjutamiseks

Praktilisi võtteid alustamiseks



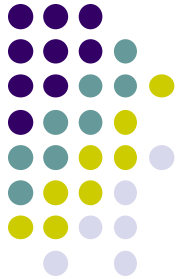
- Programmi faili loomine ja laadimine mällu käsurealt:

? – consult(’c:\\...*faili_nimi* ’).

või

? - [*faili_nimi*].

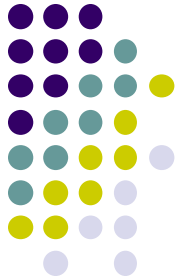
Praktilisi võtteid alustamiseks



- Predikaatide sisestamine käsurealt:

```
consult(user).          % user - viit standardsisendile
   lause1.              % vaikimisi on see klaviatuur
   ..........
   lausen.
end_of_file.
```

Praktilisi võtteid alustamiseks

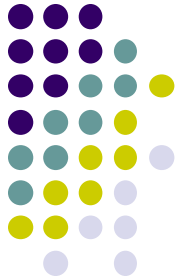


- Kommentaar

```
/*
        Kommentaar mitmel real
        Kommentaar mitmel real
        Kommentaar mitmel real
*/

%   Kommentaar ühel real
```

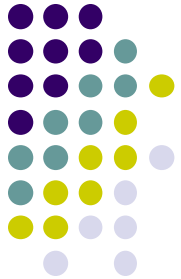
Prolog keele elemendid: sümbol, aatom



- ***Sümbol*** (16-bit Unicode sümbol)
  - `#, $ &. ...`
- ***Aatom***

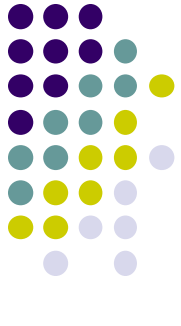
  Aatomid on andmete, programmide, failide **nimed**:
  - alfanumbriline aatom
    - `seeOn_aatom9` % väikese algustähega aatom
  - kvoteeritud aatom (ülakomade vahel)
    - `'Aatom'` % suure algustähega aatom
- Reserveeritud sümbolid, mida ei ole soovitav kasutada aatomites
  - `! ; [] ,...`

Prolog keele elemendid: term



- *Termideks* on:
  - muutujad % NB! muutujad on tüüpimata
  - konstandid:
    - täisarvud
    - reaalarvud
    - aatomid
    - listid

Prolog keele elemendid: list



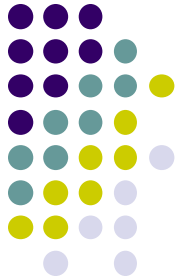
- *List* esitab elementide loendit:
  - `['Ago', 'Peeter', 'Mai']` % elemendid on aatomid
  - `[]` % tühilist
  - `[12, [34,2],[peep,[]],89]` % hierarhiline list
- Listi osadele saab viidata
  - otseselt ja kaudselt
  - elemendi ja alamlistide kaupa
  - Näide (otsene viitamine elementidele):

```
[El1, El2|_]     % Muutujad El1 ja El2 väärtustatakse listi
                   esimese ja teise elemendi väärtusega
```

  - Näide (kaudne viitamine elemendile):

```
[_|Tail]         % Muutuja Tail väärtustatakse listiga v.a.
                   esimene element
```

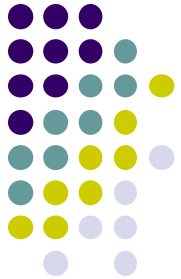
Prolog keele elemendid: predikaat



- Predikaadid jagunevad
  - kasutaja poolt defineeritavad predikaadid
  - Prologi sisemised e. sisseehitatud predikaadid
- Predikaadi üldkuju

  predikaadi_nimi(argument$_1$, ..., argument$_n$).
- Predikaadi näited:
  - `onupoeg(X, martin).` % 2-kohaline predikaat
  - `algarv(3).` % 1-kohaline predikaat
  - `teekond([tallinn, risti, haapsalu, kärdla]).`
- Dünaamilise predikaadi deklareerimine: `teekond/1.`
  - `teekond` – *predikaadi funktor*
  - `1` – *predikaadi aarsus*.

Prolog keele elemendid: Horni lause



- Horni lause (*clause*) esineb *fakti*, *reegli* või *päringu* kujul.
- Iga lause algab predikaadi nimega ja lõpeb punktiga.
  - Näide (fakt):

```
isa(peeter, mai).
```

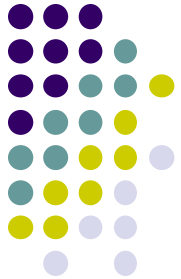
  - Näide (reegel):

```
vanavanem(X, Z) :- vanem(X, Y), vanem(Y, Z).
```

- Ühesuguse funktori ja aarsusega laused on sama Horni lause alternatiivid.
  - Näide (ühe reegli alternatiivsed laused):

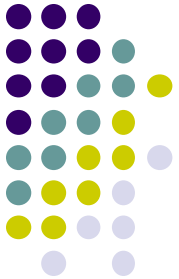
```
vanem(X, Y) :- isa(X, Y).
vanem(X, Y) :- ema(X, Y).
```

Prolog keele elemendid: muutuja



- Muutujatel puudub deklareeritav tüüp
- 2 alternatiivset tähistust:
  - Muutuja nimi algab suure algustähega:
    `A, Inimesed, ...`
  - Muutuja nimi algab allkriipsuga:
    `_loomastik, _c`

Prolog keele elemendid: loogikatehe



- Loogikatehted

  , - konjunktsioon (loogiline „ja“)

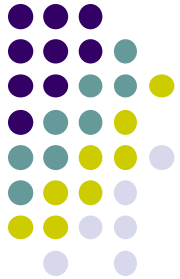
  ; - disjunktsioon (loogiline „või“)

  not - eitus, eitus kehtib ainult Prologi teadmusbaasi kontekstis, seda nimetatakse ”suletud maailma” eelduseks.

```
b:- a.
s:- a -> b.
s:- not (a) ; b.
```

(reegli kehas) } - implikatsioon

Prolog keele elemendid: fakt ja päring



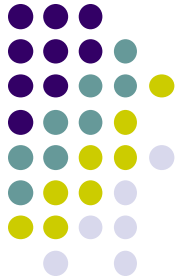
Faktid

```
tootja(kalev).
tootja(liviko).
tootja(saku).
vahendaja(abestock).
vahendaja(hulgi).
myyja(stockman).
myyja(spar).
myyja(selver).
myyja(liviko).
```

Kompositisioon päringud

```
? – tootja(Kes), myyja(Kes).
? – tootja(a_le_coq);myyja(saku).
? – not (vahendaja(a_le_coq)).
```

Prolog keele elemendid: reegel (1)



Reegel on *tingimuslik Horni lause*.

Reegli üldkuju:

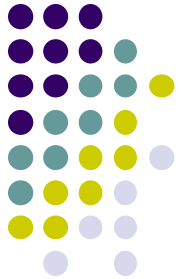
järeldus :- *eeldus_1, …, eeldus_n.*

tingimusosa

Näide: Kui sajab esmaspäeval,…,sajab pühapäeval, siis sajab vihma iga päev.

```
sajab(iga_päev):-
  sajab('Esmaspäev'),
  sajab('Teisipäev),
  sajab('Kolmapäev'),
  sajab('Neljapäev'),
  sajab('Reede'),
  sajab('Laupäev'),
  sajab('Pühapäev').
```

Prolog keele elemendid: reegel (2)



Päring (*query*)

- Päring defineerib programmi jaoks otsingu sihi (*goal*).

- Päring „`?- call(Goal)`“ on semantiliselt samaväärne päringuga „`?- Goal`“

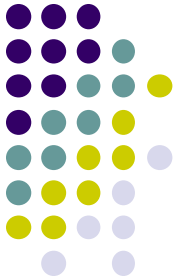
- Päringu muutujad väärtustatakse päringu täitmisel, juhul kui leidub sobiv unifitseering

- ”;” kasutamine päringus sunnib *tagasivõtul* otsima uut lahendit.

Näited:

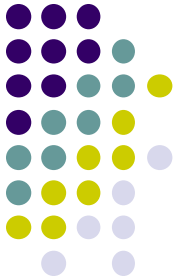
```
?- call(isa(karl, martin)).
?- isa(karl, martin).
?- isa(karl, martin); isa(karl, peeter).
```

Prologi (sisemised) predikaadid



- Mitte-loogika predikaadid:
  - otsingu juhtimise predikaadid (`repeat, !, fail`,…)
  - sisend-/väljundpredikaadid (`consult, reconsult, get, put, write`, …)
  - aritmeetika predikaadid (`div, max, min, >, =,` …)
  - operaatorid
  - predikaadid tööks termidega:

Predikaadid tööks termidega: termiteisendused



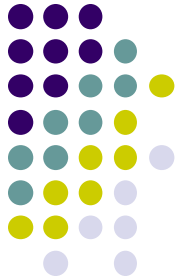
Näide 1: Muutujate leidmine termis

```
term_variables(+Term, -List).
```

Metasümbolid ‘+’ ja ’–’ näitavad kas tegemist on predikaadi sisend- või väljundparameetriga.

```
?- term_variables(a(X, b(Y, X), Z), L).
    L = [G367, G366, G371]
    X = G367
    Y = G366
    Z = G371
```

Predikaadid tööks stringidega

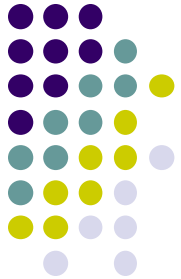


Stringide teisendamine:

```
string_to_atom(?String, ?Atom)
string_to_list(?String, ?List)
string_length(+String, -Length)
string_concat(?String1, ?String2, ?String3)
sub_string(+String, ?Start, ?Length, ?After, ?Sub)
```

Märkus: metasümbol „?“ näitab, et parameeter võib olla nii predikaadi sisend- kui väljundmuutuja

Predikaadid tööks stringidega



- Näide (alamstringi leidmine palindroomis):

```
?- sub_string(seebikivikaupmees, 6, 4, After, Sub).
```

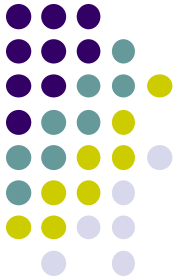
Mitu sümbolit eelneb alamstringile

Mitu sümbolit on alamstringis

Mitu sümbolit on pärast alamstringi

```
After = 7
Sub = ivik
```

Predikaadid kõikide lahendite leidmiseks



```
findall(+Template, +Goal, -Bag)
bagof(+Template, +Goal, -Bag)
```

Näide: olgu teadmusbaasis faktid:

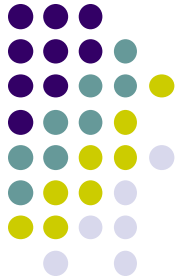
```
foo(a, b, c).
foo(a, b, d).
foo(b, c, e).
foo(b, c, f).
foo(c, c, g).
```

Päring `?- bagof(C, foo(A, B, C), Cs).`

annab järgmised alternatiivsed lahendid:

```
A = a, B = b, C = G308, Cs = [c, d] ;
A = b, B = c, C = G308, Cs = [e, f] ;
A = c, B = c, C = G308, Cs = [g]
```

Operaator



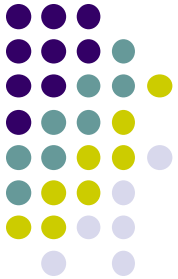
- Prologi operaatorid
  - võimaldavad defineerida Prologi notatatsioonile lisaks oma notatsiooni
  - aitavad parandada lähtekoodi loetavust
- Näide (aritmeetikatehted kui operaatorid):

  + ja * prefiks kujul: `+(*(2,3),*(4,5)).`

  + ja * infiks kujul: `2*3+4*5.`

- Kõik süsteemioperaatorid v.a. koma, on defineeritavad operaatoritena.
- Operaatorid kehtivad mooduli piires, kuid neid saab ka moodulist välja eksportida.

Operaatori deklareerimine

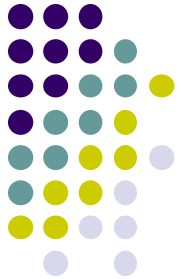


Operaatori deklaratsiooni parameetrid:

- ***prioriteet*** (1, ..., 1500) – väiksem number annab kõrgema prioriteedi.
- ***operaatori tüüp*** – määratakse 2 attribuudiga:
  - ***assotsiatiivsus*** (tehete järjekord avaldise arvutamisel)
  - ***kuju*** (prefiks, infiks, postfiks)
- operaatorite tüübid:

`fx`	mitte-assotsiatiivne	prefiks kuju
`fy`	parem-assotsiatiivne	prefiks kuju
`xf`	mitte-assotsiatiivne	postfiks kuju
`yf`	vasak-assotsiatiivne	postfiks kuju
`xfx`	mitte-assotsiatiivne	infiks kuju
`xfy`	parem-assotsiatiivne	infiks kuju
`yfx`	vasak-assotsiatiivne	infiks kuju

Operaatori deklaratsiooni näide



Defineerime operaatori, mille tähistame sümboliga „#“.

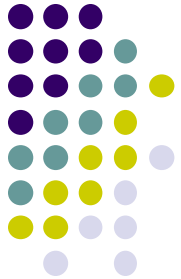
- Kui operaatori # tüüp on `yfx`, siis täidetakse operaatori esinemisi avaldises *vasakult paremale* st kehtib semantiline võrdus:

```
P#Q#R#S = #(#(#(P,Q),R),S)
```

- Kui operaatori # tüüp on `xfy`, siis täidetakse # esinemisi avaldises *paremalt vasakule*:

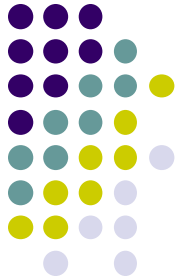
```
P#Q#R#S = #(P,#(Q,#(R,S)))
```

Prologi standardoperaatorid



1200	xfx	-->, :-
1200	fx	:-, ?-
1150	fx	dynamic, discontiguous, initialization, module_ transparent, multifile, thread_local, volatile
1100	xfy	;
1050	xfy	->, op*->
1000	xfy	,
900	fy	\+
900	fx	~
700	xfx	<, =, =.., =@=, =:=, =<, ==, =\=, >, >=, @<, @=<, @>, @>=, \=, \==, is
600	xfy	:
500	yfx	+, -, /\, \/, xor
500	fx	?
400	yfx	*, /, //, rdiv, <<, >>, mod, rem
200	xfx	**
200	xfy	^
200	fy	+, -, \

Operaatorite deklareerimine



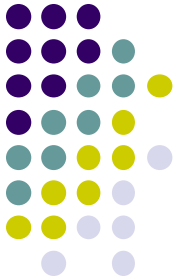
Deklaratsiooni üldkuju

```
:- op(Priority, Type, Name).
```

Näide:

```
:- op(700, xfy, likes).
    juhan  likes  mari.
    mari   likes  peeter.
    jane   likes  juhan.
    kati   likes  X:-    not(Y likes X).
    inimene likes Y:-    Y=loom;Y=auto.
?- inimene likes auto.
    true
?- inimene likes ratas.
    false
```

Prolog keele elemendid: termide võrdus

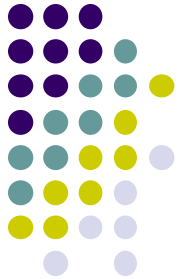


- *Konstante* sisaldavate termide võrdus (infiks ja prefiks kujul):
  - `arg1 = arg2` või `=(arg1, arg2)`

Näited:

```
?- a = a.
       true
?- a = b.
       false
?- location(apple, kitchen) = location(apple, kitchen).
       true
?- location(apple, kitchen) = location(pear, kitchen).
       false
?- a(b,c(d,e(f,g))) = a(b,c(d,e(f,g))).
       true
?- a(b,c(d,e(f,g))) = a(b,c(d,e(g,f))).
       false
```

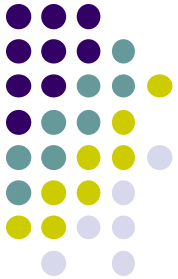
Prolog keele elemendid: termide võrdus



- *Muutujaid* sisaldavate termide võrdus

```
?- X = a.
    X = a
?- 4 = Y.
    Y = 4
?- ruum(esik, köök) = ruum(esik, X).
    X = köök
?- ruum(X, Y) = ruum(esik, köök).
    X = esik
    Y = köök
```

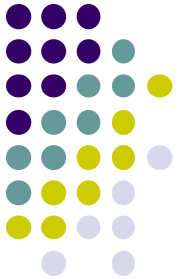
Prolog keele elemendid: termide võrdus



- *Väärtustamata muutujaid* sisaldavate termide võrdus:

```
?- X = Y.
      X = _01
      Y = _01
?- ruum(X, köök) = ruum(Y, köök).
      X = _01
      Y = _01
?- X = Y, Y = hello.
      X = hello
      Y = hello
?- X = Y, a(Z) = a(Y), X = hello.
      X = hello
      Y = hello
      Z = hello
```

Prolog keele elemendid: termide võrdus

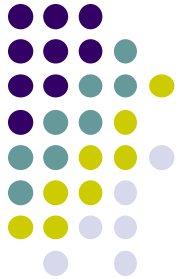


- Keerulisemaid näiteid termide võrdusest:

```
?- a(b,X) = a(b,c(Y,e)), Y = hello.
    X = c(hello, e)
    Y = hello
?- food(X,Y)= Z, write(Z),nl,
X = broccoli,Y = apple, write(Z).
    food(_01,_02)
    food(broccoli, apple)
    X = broccoli
    Y = apple
    Z = food(broccoli, apple)
```

- Interpretaator väljastab konstantide väärtused, mille omistamisel muutujatele termide võrdus kehtib.

Prolog keele elemendid: rekursiivne reegel



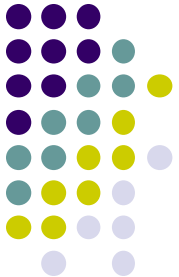
- Rekursiivses reeglis toimub sama reegli poole pöördumine reegli enda kehast.

Näide:

```
esivanem(Vanem,Noorem):-
                vanem(Vanem,Noorem).
esivanem(Vanem, Noorem):-
        vanem(Vanem, Vahepealne),
        esivanem(Vahepealne,Noorem).
```

rekursiivne pöördumine

Prolog keele elemendid: dünaamiline predikaat



- Dünaamilist predikaati saab luua ja muuta programmi täitmise käigus.
- Dünaamilise predikaadi deklaratsioon (koodis enne predikaadi kasutust):

`:- dynamic` *funktor*`1/`*aarsus*$_1$`, ..., `*funktor*`N/`*aarsus*$_n$`.`

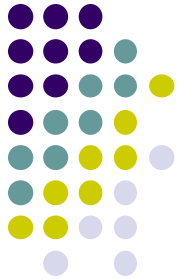
- Predikaatide loomine `assert`-käsuga:

```
assert(Clause).
asserta(Clause).      % lisatakse mälus samanimeliste faktide ette
assertz(Clause).      % lisatakse mälus samanimeliste faktide järele
```

- Dünaamiliste predikaatide kustutamine:

```
retract(Clause).      % kustutab argumendiga  unifitseeruva predikaadi
retractall(Clause).   % kustutab kõik argumendiga unifitseeruvad predikaadid
abolish(nimi/aarsus).  % kustutab kõik antud nime ja aarsusega predikaadid
```

Prolog keele elemendid: päringute genereerimine



- Päringu term `Term` konstrueeritakse operaatoriga „=..“

Süntaks: `?Term =.. ?List`,

kus argumendi `List` esimene element on loodava termi funktor ja ülejäänud elemendid on loodava termi argumendid. Argumendiks võib olla ka mutuja.

Näited:

```
?- foo(hello, X) =.. List.      % argumendiks on term
    List = [foo, hello, X]

?- Term =.. [baz, foo(1)]       % argumendiks on list
    Term = baz(foo(1))
```

Ettevaatust!

- Dünaamiliste predikaatide kasutamine on *riskantne tagurdamisega otsingul*
- vältida dünaamiliste faktide loomist/kustutamist otsingu ajal.