

## 14. Füüsika mudelid

### 14.1 Raske keha langemine raskusjõu mõjul

Vaatame liikumist ühe telje sihis (vertikaalsihis), esialgu jätame õhutakistuse arvestamata. Kiirendus muudab otseselt kiirust. Olgu ajasamm  $dt$  küllalt väike. Hetkkiirendus-ajasamm = kiiruse muut antud aja jooksul.

Analoogiliselt kiirus muudab asukoha koordinaati. Hetkkiirus · ajasamm = koordinaadi muut.

Jagades neid võrrandeid ajasammu ehk aja muuduga, saame

$$v(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}; \quad a(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Siit saame võrrandid  $\dot{x} = v$ ;  $\dot{v} = a$ .

Ehk kiirus on koordinaadi tuletis aja järgi ja kiirendus võrdub kiiruse tuletisega aja järgi.

$$v(t) = v_0 + \int_0^t a dt$$

See kuju on küll uus, aga sisu koolifüüsikas ammu kasutamist leidnud. Lihtsamal juhul, kui kiirendus on konstantne

$$v(t) = v_0 + at.$$

Siit veel kord integreerides

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Koostame mudeli, kust saaksime teada keha asukoha ja kiiruse.

### Keha allaviskamise mudel mingilt kõrguselt

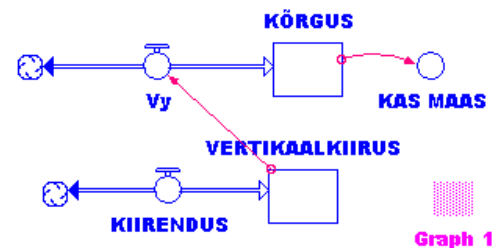
KÕRGUS =  $h = 20$  {meetrit}

$V_y =$  VERTIKAALKIIRUS

VERTIKAALKIIRUS =  $15$  {meetrit sekundis}

KIIRENDUS =  $-9.8$  {raskuskiirendus  $m/s^2$ }

KAS MAAS = IF KÕRGUS <= 0 THEN PAUSE ELSE 0



### Ülesanne.

Keha visatakse alla kõrguselt 20 meetrit kiirusega 15 meetrit sekundis. Me vaatame keha asukohta  $y$  teljel aja möödudes. Juhtimised on vastavad tuletised ehk kiirus ja kiirendus. Esialgu jätame õhutakistuse arvestamata.

Mudeli tööaeg muutub kuni ajani 12 sammuga 0.01.

Kasutada **Runge-Kutta 2. järku** meetodit.

Teha **graafik** kõrguse muutumisest ajast. Mudeli juures arvestada, et kiirus võib muutuda ka negatiivseks.

Kõrguse negatiivseks muutumisel peatatakse mudeli töö (mudeli töö lõpetamiseks valida **Run Stop**).

**Teise graafiku** jaoks lisada õhutakistus. Siis kiirenduse avaldisse tuleb teine liige juurde

$$a_y = -g - A \cdot \frac{v}{m}, \quad A = 0,2; \quad m = 50; \quad g = 9.8$$

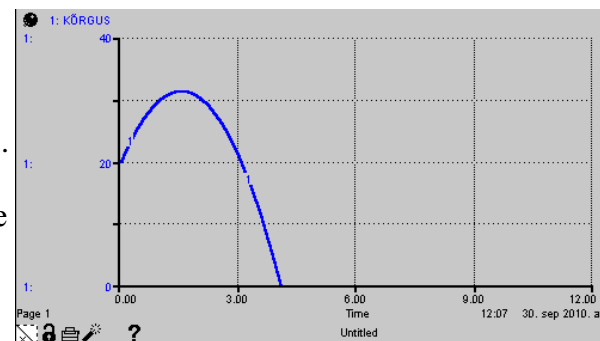
kus  $A$  on takistustegur. **Võrrelda** keha õhusolemise aega õhutakistuse ja kirjutada mõlemad ajad

**tekstipiirkonnana** mudelisse. Lisada mudelisse **arvulised väärtused** mudeli ajale, kõrgusele.

Kasutades mudeli **tundlikkuse analüüsi**, muuta keha **massi** vähemalt 5 erineval väärtusel ning teha neile vastavad kõrguse muutumist ajast kajastavad **graafikud**, mille pealkirja lisada kasutatavad väärtused.

Tundlikkuse analüüsi teeb raskemaks mudeli töö peatamine, et seda vältida, tuleks selleks **ajaks määrata mudeli tööaja lõpu aeg** selline, mis kindlasti oleks kõigil juhtudel väiksem allakukkumise ajast.

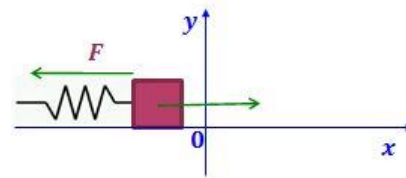
Lisada **tekstipiirkond** mudeli nimega ja põhimuutujate algväärtustega ja tundlikkuse analüüsist tehtud järeldus: **kuidas mõjutab massi muutmine tulemust?**



## 14.2 Keha liikumine elastse vedru mõjul

Vaatleme keha liikumist horisontaalsihis, hõõrdejõu jätame arvestamata.

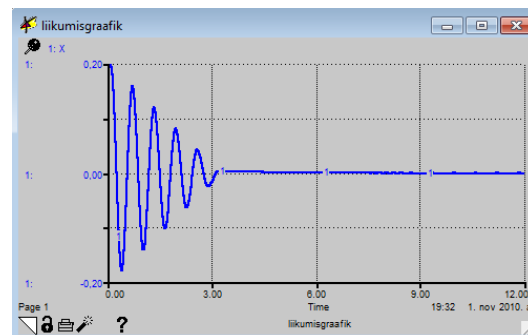
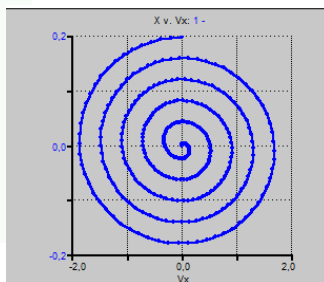
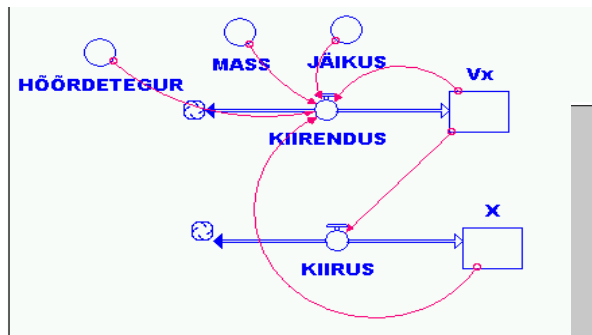
Liikumistele võtame  $x$  teljeks ja keha tasakaaluasendi koordinaatide alguspunktiks. Telje positiivne suund näiteks vedru väljavenitamise suund. Nüüd avaldub kehale vedru poolt mõjuv jõud  $F = -K \cdot X$ , kus  $K$  on vedru jäikus ja  $X$  keha asukoha koordinaat. Miinusmärk tähendab, et kui keha koordinaat on positiivne (ehk vedru venitatud) siis jõud on suunatud  $X$  telje negatiivses suunas ja vastupidi. Edasine on analoogiline eelmise mudeliga.



$$V_x = 0.0001; \text{JÄIKUS} = 200; X = 0.2; \text{MASS} = 2; g = 9.8$$

$$\text{KIIRUS} = V_x; \text{HÕÕRDETEGUR} = 0.1$$

$$\text{KIIRENDUS} = -\frac{\text{JÄIKUS} \cdot X}{\text{MASS}} - g \cdot \text{HÕÕRDETEGUR} \cdot \frac{V_x}{|V_x|}$$



### Ülesanne.

Koostada keha liikumise mudel vedru mõjul vastavalt mudeli kirjeldusele.

Mudeli tööaeg muutub kuni ajani **8** sammuga **0.01**.

Kasutada **Runge-Kutta 2. järku** meetodit.

Teha **graafik** keha asukoha muutumisest ajas ja kahedimensionaalne (XY Scatter) kiiruse ja asukoha graafik.

Teha **tabel** põhimuutujate väärtustest.

Mudeli juures arvestada, et keha asukoht ja kiirus võivad muutuda ka **negatiivseks**.

### Kodune ülesanne 2. Koostada mudel järgmisele ülesandele (esitada Moodle keskkonnas).

Kaks tüdrukut (või poissi) hakkavad üheaegselt erinevate kiirustega teineteise poole liikuma ja kohtuvad teatud aja pärast.

Põhimuutujateks on **kahe tüdruku** (poisi) läbitud **teepikkused** (algväärtustega 0) ja **vahemaa** nende vahel, mis esialgu on **600** kilomeetrit. Põhimuutujaks olev **vahemaa** väheneb (juhtimiste kiiruste abil) kahele poole, mõlema liikuja **teepikkusteni**.

Mudel peab leidma, **palju kulub aega** nende kohtumiseks ja **kui pika tee läbisid** mõlemad liikujad.

Lisada muutuja nimega **kohtumine**, mis saab väärtuse 1, kui liikujad on kohtunud (vahemaa nende vahel on 0) ja mis väljastab kohtumise korral **sõnumi**, mille sisu teatab liikujate kohtumisest ja ühtlasi **peatab** mudeli töö. Lisada muutuja, mis näitab mudeli **aega**.

Kõigi põhimuutujate ja mudeli aja **arvulised väärtused** lisada mudelisse.

Teha **graafik** põhimuutujate muutumisest ajas, kui mudeli tööaja lõppväärtus on **48** sammuga **0.125**.

Kasutada **Euleri** meetodit. Teha **tabel kõigi** põhimuutujate väärtuste muutumisest igal ajasammul.

Kasutades mudeli **tundlikkuse analüüsi**, ühe liikuja **kiirust** vähemalt 5 erineval väärtusel ning teha neile vastavad graafikud, mille pealkirja lisada kasutatavad väärtused.

Lisada mudelile **leht**, mis sisaldab liikumiste graafikut ja lubab liikujate kiiruseid muuta vastavate nuppude abil (*Knob Input Device*).

Lisada järgmised nupud 1) mis **käivitab** mudeli, 2) mis **peatab** mudeli töö ning 3) mis avab tekstiakna **mudeli kirjeldusega**. **Animeerida** põhimuutujad ja mudeli tööajaks võtta **0.1 sekundit** tegelikust ajast.