Matematik 5 svar

Kapitel 3

3212. a) $\frac{dN}{dt} = kN$ dvs $N(t) = N_0 e^{kt}$ b) $N(t) = N_0 e^{0.54t}$

c) $e^{0.54t} = 2 \Rightarrow t = \frac{\ln 2}{0.54} \approx 1.3$ h

3213. a) $\frac{dN}{dt} = N(t) \Rightarrow N(t) = 180 \cdot e^{2.07t}$ b) $t = \frac{1}{2.07} \ln \frac{1000}{180} \approx 50$ min

c) då antalet organismer är många i förhållande till kärlets storlek

3216. a) $\frac{dK}{dt} = -6.93 \cdot 10^{-3} K \Rightarrow K(t) = 0.2e^{-6.93 \cdot 10^{-3} t}$ M

b) $K(400) = 0.2e^{-6.93 \cdot 10^{-3} \cdot 400}$ M ≈ 0.0125 M

3217. $\frac{dy}{dt} = -0.012 \cdot y \Rightarrow y(t) = 4.8e^{-0.012t}$

Den logistiska tillväxtekvationen och dess lösning.

$$y' = ky(M-y) \Leftrightarrow \frac{dy}{dx} = ky(M-y) \Leftrightarrow dy = dxky(M-y) \Leftrightarrow$$

$$\frac{dy}{ky(M-y)} = dx \Leftrightarrow dy \frac{1}{Mk}\left(\frac{1}{y} + \frac{1}{M-y}\right) = dx \Rightarrow \{\text{integrera båda sidor}\}$$

$$\frac{1}{Mk}\left(\ln(y) - \ln(M-y)\right) = x + C_0 \Leftrightarrow \ln \frac{y}{M-y} = Mkx + C_1$$

$$\frac{y}{M-y} = C_2 e^{Mkx} \Leftrightarrow y = (M-y)C_2 e^{Mkx} \Leftrightarrow y(x) = \frac{Me^{Mkx}}{C + e^{Mkx}}$$

3505.
a) $y' = 8.5 \cdot 10^{-6} y(t)\left(10000 - y(t)\right), y(0) = 500$ st
b) WolframAlfa ger $y(x) = \frac{10000e^{0.085x}}{19+e^{0.085x}} \Rightarrow y(50) \approx 7870$ st
c) $y(x) = \frac{10000e^{0.085x}}{19+e^{0.085x}} = 0.9 \cdot 10000 \Rightarrow x \approx 60$ år
d) $y'(10) = 8.5 \cdot 10^{-6} y(10)\left(10000 - y(10)\right) \approx 83$ st/år

3509.
a) $y' = 0.007y(t)\left(200 - y(t)\right), y(0) = 30$ st
b) WolframAlfa ger $y(x) = \frac{200e^{1.4x}}{5.67+e^{1.4x}}$

d)

$$\lim_{x\to\infty} \frac{200e^{1.4x}}{5.67 + e^{1.4x}} = 200$$

3510. $y(0) = 65, y(1) = 98$ och $y(2) = 142$

$$y' = ky(M - y)$$

Lösningen är av formen: $y(x) = \frac{Me^{ax}}{b+e^{ax}}$

Med WolframAlpha:
solve m/(b+1)=65 and mexp(a)/(b+exp(a))=98 and mexp(2a)/(b+exp(2a))=142
får man direkt $a = \ln\left(\frac{213}{130}\right), b = \frac{7029}{1105}$ och $M = \frac{8134}{17}$ dvs:

$$y(x) \approx \frac{478e^{x\ln\frac{213}{130}}}{6.4 + e^{x\ln\frac{213}{130}}}$$

För att hitta k, $\frac{d}{dy}\frac{Me^{ax}}{b+e^{ax}} = k\frac{Me^{ax}}{b+e^{ax}}\left(M - \frac{Me^{ax}}{b+e^{ax}}\right)$

$$\frac{d}{dy}(Me^{ax}(b + e^{ax})^{-1}) = k\frac{Me^{ax}}{b + e^{ax}}\left(M - \frac{Me^{ax}}{b + e^{ax}}\right)$$

$$M(ae^{ax}(b + e^{ax})^{-1} - e^{ax}ae^{ax}(b + e^{ax})^{-2}) = k\frac{Me^{ax}}{b + e^{ax}}\left(M - \frac{Me^{ax}}{b + e^{ax}}\right)$$

$$\frac{ae^{ax}}{b + e^{ax}}\left(1 - \frac{e^{ax}}{b + e^{ax}}\right) = k\frac{Me^{ax}}{b + e^{ax}}\left(1 - \frac{e^{ax}}{b + e^{ax}}\right) \Rightarrow$$

$$k = \frac{a}{M} = \frac{17}{8134}\ln\left(\frac{213}{130}\right) \approx 0.001 \text{ år}^{-1}$$

b) $(x) \approx \frac{478e^{x\ln\frac{213}{130}}}{6.4+e^{x\ln\frac{213}{130}}} = 300 \Rightarrow 178e^{x\ln\frac{213}{130}} = 300 \cdot 6.4 \Rightarrow x \approx 4.8 \text{ år} = 4 \text{ år och } 10 \text{ mån}$

c) $y(x_{\text{maxtillv}}) = \frac{478e^{x\ln\frac{213}{130}}}{6.4+e^{x\ln\frac{213}{130}}} = \frac{478}{2} \Rightarrow \frac{e^{x\ln\frac{213}{130}}}{6.4+e^{x\ln\frac{213}{130}}} = \frac{1}{2} \Rightarrow e^{x\ln\frac{213}{130}} = 6.4 \Rightarrow$
$x \approx$3 år och 9 månader

3603. $y'' + 4y' + 4y = 0$
a) $y = Ce^{-2x}, y' = -2Ce^{-2x},\ y'' = 4Ce^{-2x} \Rightarrow$
$4Ce^{-2x} - 8Ce^{-2x} + 4Ce^{-2x} = 0$

b) $y = Cxe^{-2x}, y' = Ce^{-2x} - 2Cxe^{-2x},\ y'' = -2Ce^{-2x} - 2C(e^{-2x} - 2xe^{-2x}) =$
$= -4Ce^{-2x} + 4Cxe^{-2x} \Rightarrow (-4Ce^{-2x} + 4Cxe^{-2x}) + 4(Ce^{-2x} - 2Cxe^{-2x}) + 4Cxe^{-2x} =$
$= -4Ce^{-2x} + 4Cxe^{-2x} + 4Ce^{-2x} - 8Cxe^{-2x} + 4Cxe^{-2x} = 0$

3604.
a) $r^2 + r - 2 = 0 \Rightarrow r = -1 \pm \sqrt{2.25} = -0.5 \pm 1.5 = \begin{cases} 1 \\ -2 \end{cases} \Rightarrow y(x) = C_1e^{x} + C_2e^{-2x}$
b) $r^2 + 0.2r - 0.8 = 0 \Rightarrow r = -0.1 \pm 0.9 = \begin{cases} 0.8 \\ -1 \end{cases} \Rightarrow y(x) = C_1e^{0.8x} + C_2e^{-x}$

c) $3r^2 - 6r = 0 \Rightarrow r = \begin{cases} 0 \\ 2 \end{cases} \Rightarrow y(x) = C_1 e^{2x} + C_2 e^{0x} = C_1 e^{2x} + C_2$

3607. Matas WolframAlpha med: $y' + 2y = -5\sin x, y(0) = 4$
får man direkt: $(x) = 3e^{-2x} - 2\sin(x) + \cos(x)$

3608. $y'' + 2y' - 8y = 0 \Rightarrow r^2 + 2r - 8 = 0 \Rightarrow r = -1 \pm \sqrt{1+8} = -1 \pm 3$

$$y(x) = C_1 e^{2x} + C_2 e^{-4x}, \qquad y'(x) = 2C_1 e^{2x} - 4C_2 e^{-4x}$$

$$\begin{cases} C_1 + C_2 = 0 \\ 2C_1 - 4C_2 = 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} C_1 + C_2 = 0 \\ -6C_2 = 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} C_1 = \dfrac{1}{3} \\ C_2 = -\dfrac{1}{3} \end{cases}$$

$$y(x) = \frac{1}{3}(e^{2x} - e^{-4x})$$

3609.
$y'' + 0.4y' + 5y = 0 \Rightarrow r^2 + 0.4r + 5 = 0 \Rightarrow r = -0.2 \pm \sqrt{0.2^2 - 5} =$
$= -0.2 \pm 2.2i \Rightarrow y(t) = Ce^{-0.2x} \cdot \sin 2.2t$
$y' = -0.2Ce^{-0.2x} \cdot \sin 2.2t - 2.2Ce^{-0.2x} \cdot \cos 2.2t$
$y'(0) = 2 \Rightarrow C = -0.91 \Rightarrow y(t) = -0.91e^{-0.2x} \cdot \sin 2.2t$

3610.
$\dfrac{d^2x}{dt^2} = -2x \Rightarrow x'' + 2x = 0 \Rightarrow r^2 + 2 = 0 \Rightarrow r = \pm\sqrt{2}i$
Då sin och cos har samma frekvens räcker det med den ena funktionen. $x(0) \neq 0$ ger att vi väljer cosinus.
$x(t) = C\cos\sqrt{2}t, x(0) = 5.2 \Rightarrow C = 5.2 \Rightarrow x(t) = 5.2\cos\sqrt{2}t$
$x(t) = 0$ då $\sqrt{2}t = \dfrac{\pi}{2} \Rightarrow t \approx 1.1\ s$

3611.
a) $y'' = -0.16y \Rightarrow y'' + 0.16y = 0 \Rightarrow r^2 + 0.16 = 0 \Rightarrow r = \pm 0.4i$
$y(t) = C\sin 0.4t + 0.075\cos 0.4t \Rightarrow y'(t) = 0.4C\cos 0.4t - 0.075 \cdot 0.4\sin 0.4t$
$y'(0) = 0.03 \Rightarrow 0.4C = 0.03 \Rightarrow C = 0.075$
$y(t) = 0.075\sin 0.4t + 0.075\cos 0.4t$
b) $d_{max} = \sqrt{0.075^2 + 0.075^2} \approx 0.11$ m

3612. Frågan är något felställd.
Här är först lösningen om strömmen i spolen är noll från början dvs $i_l(0) = 0$.

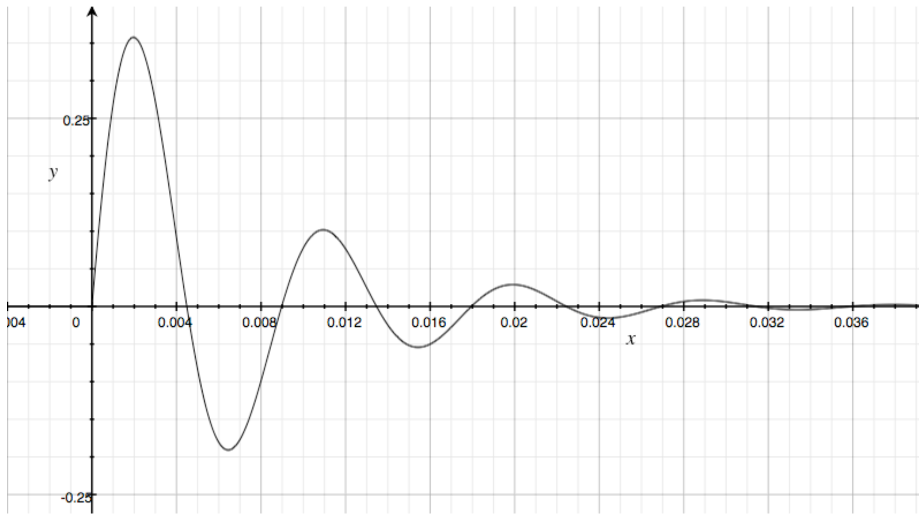
$$i'' + \frac{R}{L}i' + \frac{1}{LC}i = 0, i(0) = 0 \; och \; i'(0) = \frac{U}{L} \approx 337$$

$$r^2 + \frac{R}{L}r + \frac{1}{LC} = 0 \Rightarrow r = -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}} \approx -140 \pm 700j \Rightarrow$$

$$i(t) = Ce^{-140t}\sin 700t \Rightarrow i'(t) = C700e^{-140t}\cos 700t - 140Ce^{-140t}\sin 700t$$

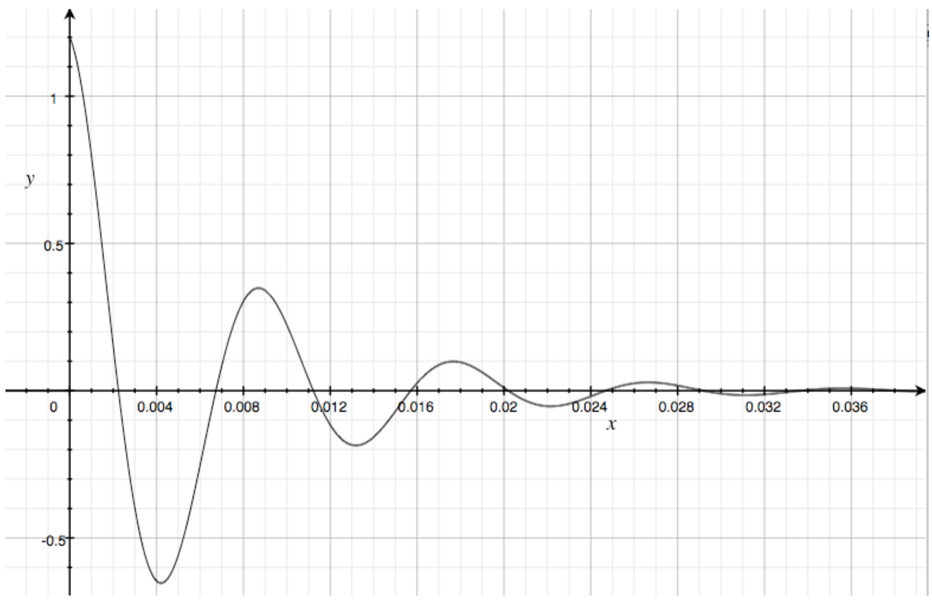
$$i'(0) = 337 = 700C \Rightarrow C \approx 0.48$$

$$i(t) = 0.48e^{-140t}\sin 700t \text{ A}$$



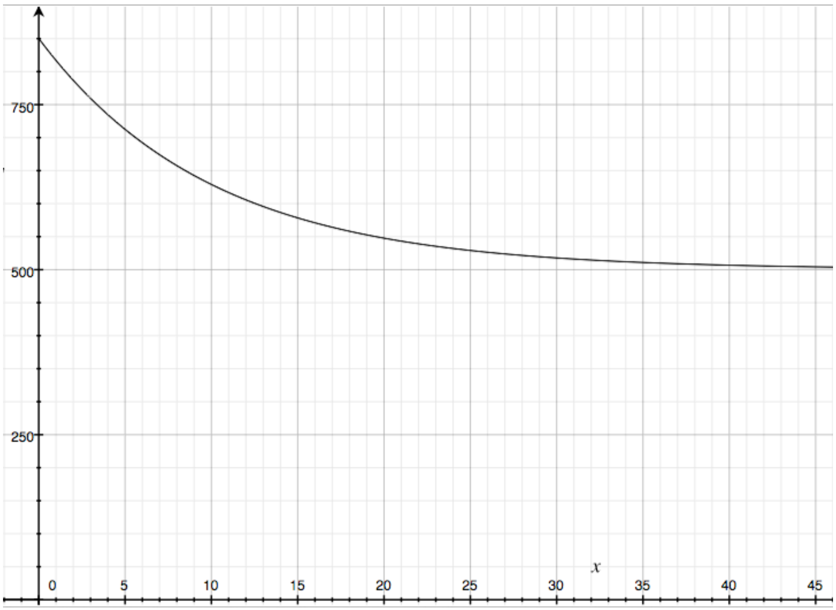
Nu till lösningen om spolen är kopplad parallellt med kondensatorn från början och sålunda har en begynnelseström $i_l(0) = \frac{U}{R}$.

$$i(t) = Ce^{-140t}\cos 700t \Rightarrow i(t) = 1.2e^{-140t}\cos 700t$$



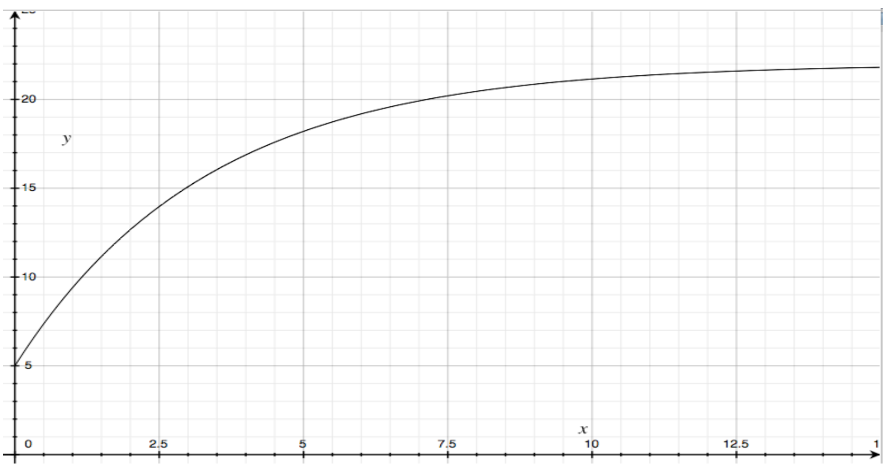
3701.
a) $y' = 0.031(27 - y)$ °/min
b) $y'(20) = 0.031(27 - 20) \approx 0.22$ °/min
c) $y(t) = 27 - 19e^{-0.031t}$
d) $y(t) = 27 - 19e^{-0.031t} = 22 \Rightarrow \; e^{-0.031t} = \frac{5}{19} \Rightarrow t \approx 43$ min

3702.
a) 50 kg är tillskottet/år och $0.1m$ är de 10 % av föroreningarna som försvinner/år.
b) $m' = 50 - 0.1m = 0.1(500 - m)$, och $m(0) = 850$
$m(t) = 500 + 350e^{-0.1t}$
c) $m(5) = 500 + 350e^{-0.5} \approx 710$ kg
d) $m(\infty) = 500$ kg



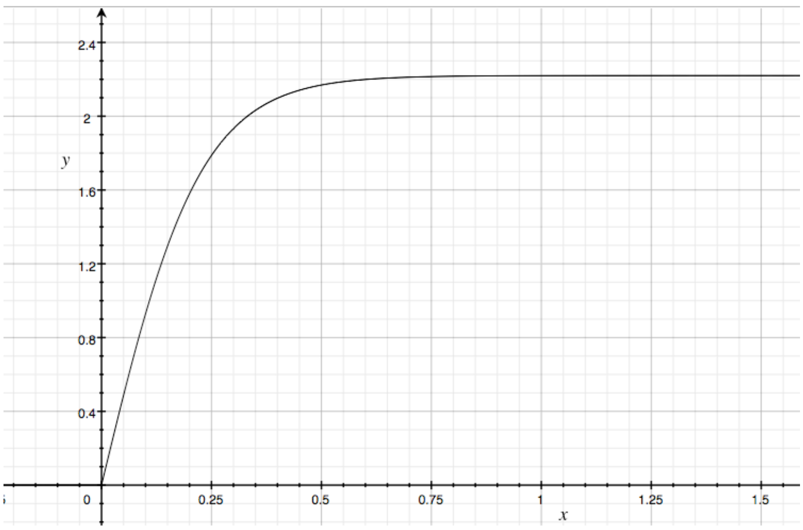
3703. $y(x) = 100e^{-x/200}$
$y(x) = 100e^{-x/200} = 75 \Rightarrow e^{-x/200} = 0.75 \Rightarrow t = 58$ l

3704. $y' = -0.3(y - 22)$ °/min
$y(t) = 22 - 17e^{-0.3t}$ °C $\Rightarrow y(5) \approx 18$°C



3705. se exempel 2 sid 143
a) $\quad = am = v'm = mg - kv^2 \Rightarrow v' = g - \frac{k}{m}v^2 = 9.82 - 2v^2$

b) Med hjälp av WolframAlpha får vi: $v(t) = \frac{2.22e^{8.9t}-2.22}{e^{8.9t}+1} = 2.22 - \frac{4.44}{e^{8.9t}+1}$
2.2 m/s
c) $v'(v=0) = g - \frac{k}{m}v^2(0) = 9.82 - 2(0)^2 = 9.82\ \text{m/s}^2$
$v'(v=2) = 9.82 - 2(2)^2 \approx 1.82\ \text{m/s}^2$



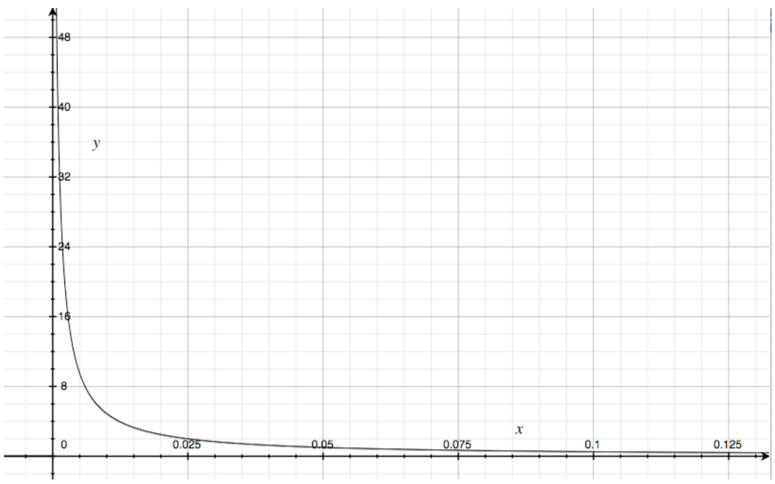
3706. a) $\quad = am = v'm = -kv^2 \Rightarrow v' = -\frac{k}{m}v^2 = -20v^2$

$$\frac{dv}{dt} = -20v^2 \Leftrightarrow \frac{dv}{v^2} = -20dt \Leftrightarrow -\frac{1}{v} = -20t + C$$

$$v(t) = \frac{1}{20t + C}\ , v(0) = 180 \Rightarrow v(t) = \frac{180}{3600t + 1}$$

b) $(0.001) = \frac{180}{3.6+1} \approx 39\ \text{m/s}$

c)

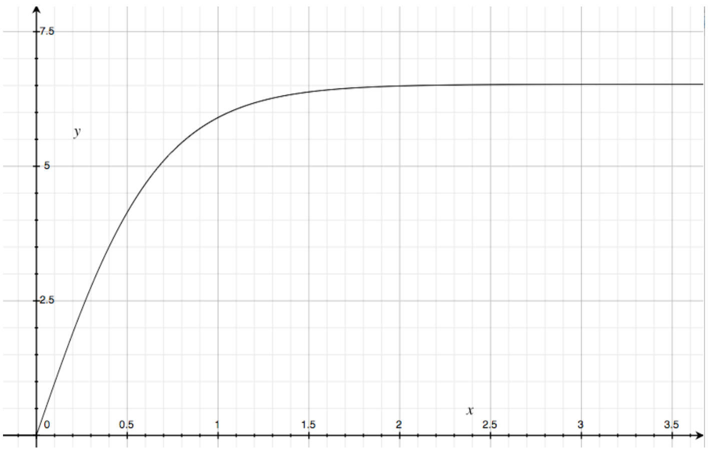


3707. a) $y' = -0.027\big(y - (-20)\big)$ det är -20° C.
b) Då kaffets temperatur närmar sig -20° C går förändringen mot 0.

3708.
a) $T'(t) = -k(T(t) - T_o) \Rightarrow T'(t) = -k(T(t) - 21), T(t) = 61e^{-kt} + 21$
$T(1) = 61e^{-k} + 21 = 71 \Rightarrow k \approx 0.2$

b) $(t) = 61e^{-0.2t} + 21 = 45 \Rightarrow t \approx 4.7$ min

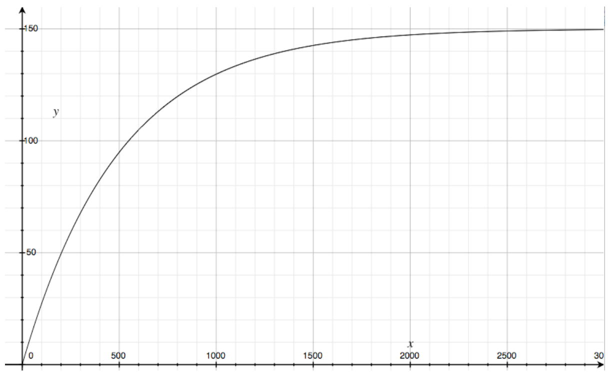
3709. a) $= am = y'm = mg - ky^2 \Rightarrow y' = g - \frac{k}{m}y^2 = 9.82 - \frac{18}{78}y^2$
$y' = \frac{dy}{dt} = 9.82 - \frac{18}{78}y^2$ WolframAlpha ger $y(t) = \frac{6.52(e^{3x}-1)}{e^{3x}+1} \Rightarrow y(\infty) = 6.52$ m/s



3710.

$$y'(t) = 50 \cdot 0.006 - \frac{50}{25000}y(t) = 0.3 - \frac{1}{500}y(t) = \frac{1}{500}\big(150 - y(t)\big)$$

$$y(t) = 150(1 - e^{-0.002t})$$



3711.

a)

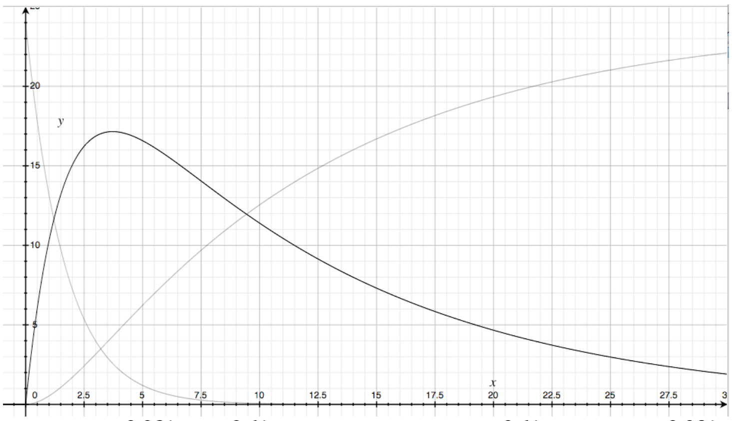
$$\frac{da}{dt} = -0.6a \Rightarrow a(t) = 24e^{-0.6t}$$

b) $b'(t) = 0.6a - 0.09b = 14.4e^{-0.6t} - 0.09b \Rightarrow$

$b(t) = 28.2(e^{-0.09t} - e^{-0.6t})$

c) $c'^{(t)} = 0.09b(t) = 0.09 \cdot 28.2(e^{-0.09t} - e^{-0.6t}) \Rightarrow c(t) = 2.54\left(\frac{1}{-0.09}e^{-0.09t} - \frac{1}{-0.6}e^{-0.6t}\right)$
$\Rightarrow c(t) = 4.2e^{-0.6t} - 28.2e^{-0.09t} + 24$

d)



e) $a(t) = 24e^{-0.6t} = 28.2(e^{-0.09t} - e^{-0.6t}) = b(t) \Rightarrow 52.2e^{-0.6t} = 28.2e^{-0.09t} \Rightarrow$
$e^{-0.6t + \ln 52.2} = e^{-0.09t + \ln 28.2} \Rightarrow -0.6t + \ln 52.2 = -0.09t + \ln 28.2 \Rightarrow t = 1.21$ s

f) $b(t) = 28.2(e^{-0.09t} - e^{-0.6t}) \Rightarrow b'(t) = 28.2(-0.09e^{-0.09t} + 0.6e^{-0.6t}) = 0$
$\Rightarrow 0.09e^{-0.09t} = 0.6e^{-0.6t} \Rightarrow \ln 0.09 - 0.09t = \ln 0.6 - 0.6t \Rightarrow t \approx 3.72$
$b(3.72) \approx 17.2\ \mu g$

g) $a(5) \approx 1.19\ \mu g, b(5) \approx 16.6\ \mu g,\ +c(5) \approx 6.23\ \mu g$

Kapitel 3 Blandade uppgifter

Blandade uppgifter sid 150-155

11.

$$2y' + \frac{4}{x}y = \frac{8}{x^2} - \frac{4}{x} \Leftrightarrow xy' + 2y = \frac{4}{x} - 2$$

Högerledets utseende gör att man kan prova med att ansätta:

$$y = \frac{A}{x^2} + \frac{B}{x} + C \Rightarrow y' = -2\frac{A}{x^3} - \frac{B}{x^2}$$

$$x\left(-2\frac{A}{x^3} - \frac{B}{x^2}\right) + 2\left(\frac{A}{x^2} + \frac{B}{x} + C\right) = \frac{4}{x} - 2$$

$$-2\frac{A}{x^2} - \frac{B}{x} + \frac{2A}{x^2} + \frac{B2}{x} + 2C = \frac{4}{x} - 2$$

$$\begin{cases} A = \text{godtyckligt} \\ B = 4 \\ C = -1 \end{cases} \Rightarrow y = \frac{A}{x^2} + \frac{4}{x} - 1$$

12. $y' - \sin(x) \cdot y = 0$ ansätt $y = Ce^{-\cos x} \Rightarrow y' = C \sin x \; e^{-\cos x}$ och $y(x) = 8e^{-\cos x}$

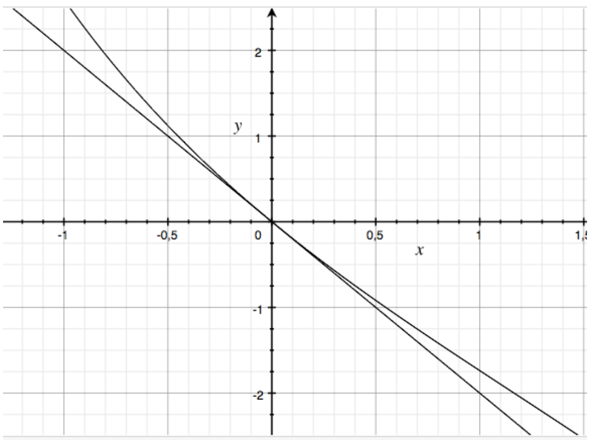
20. Ekvationen saknar funktionen *y* efter faktorn 0.32. Såhär borde den sett ut:

$$y'' + 0.4y' - 0.32y = 0 \Rightarrow r = -0.2 \pm \sqrt{0.2^2 + 0.32} = -0.2 \pm 0.6 = \begin{cases} 0.4 \\ -0.8 \end{cases}$$

$$y(x) = C_1e^{0.4x} + C_2e^{-0.8x}, y'(x) = 0.4C_1e^{0.4x} - 0.8C_2e^{-0.8x} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} y(0) = 0 \\ y'(0) = -2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} C_1 + C_2 = 0 \\ 0.4C_1 - 0.8C_2 = -2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} C_1 + C_2 = 0 \\ 1.2C_1 = -2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} C_2 = -C_1 = \frac{3}{5} \\ C_1 = -\frac{2}{1.2} = -\frac{5}{3} \end{cases}$$

$$y(x) = \frac{5}{3}e^{-0.8x} - \frac{5}{3}e^{0.4x}$$



21. a) Faktorn $(6000 - N)$ betyder att ju närmare populationen kommer 6000 st, desto mindre blir ökningen, dvs tillväxten stannar av.

b) Tillväxten är störst vid halva den maximala populationen dvs då $N = 3000$.

$$3000 = \frac{6000}{6.5e^{-0.04848t} + 1} \Rightarrow 6.5e^{-0.04848t} + 1 = 2 \Rightarrow t = 38.6 \text{ min}$$

22.
a) $N' = -1.79 \cdot 10^{-9} N(t) \Rightarrow N(t) = 2 \cdot 10^{23} e^{-1.79 \cdot 10^{-9} t}$

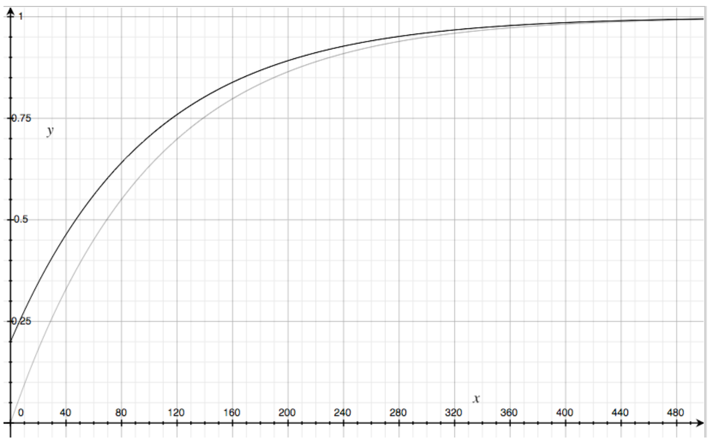
b) $N'(0) = -1.79 \cdot 10^{-9} \cdot 2 \cdot 10^{23} \approx -3.6 \cdot 10^{14}$ st/s

c) $N(0) - N(1 \text{ år}) = 2 \cdot 10^{23}\left(1 - e^{-1.79 \cdot 10^{-9} 1\text{år}}\right) \approx 1.1 \cdot 10^{22}$st dvs ca 5.5 %

23. a) $p' = k(p_a - p) \Rightarrow p(t) = 1 - e^{-0.01t}$

b) $p(t) = 1 - 0.8e^{-0.01t}$

c)



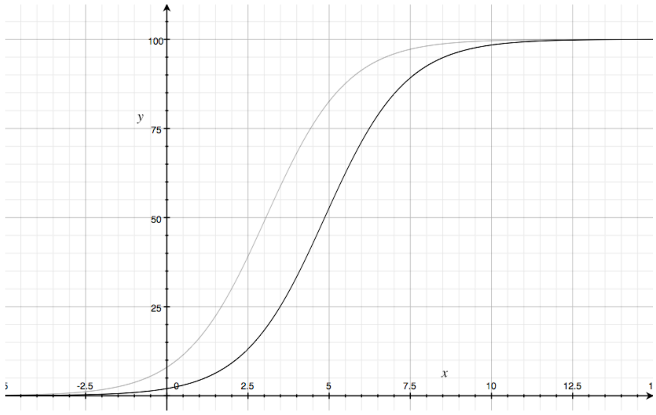
d) $(t) = 1 - e^{-0.01t} = 0.9 \Rightarrow t \approx 230$ s

24. $y' = 0.008y(100 - y),\ y(0) = 8 \Rightarrow y(t) = \frac{100e^{0.8t}}{11.5 + e^{0.8t}}$

$y(3) \approx 49$ st, ca 20 st/dag

$y' = 0.008y(100 - y), y(0) = 2 \Rightarrow y(t) = \frac{100e^{0.8t}}{49 + e^{0.8t}}$

$y(3) \approx 18$ st, ca 12 st/dag



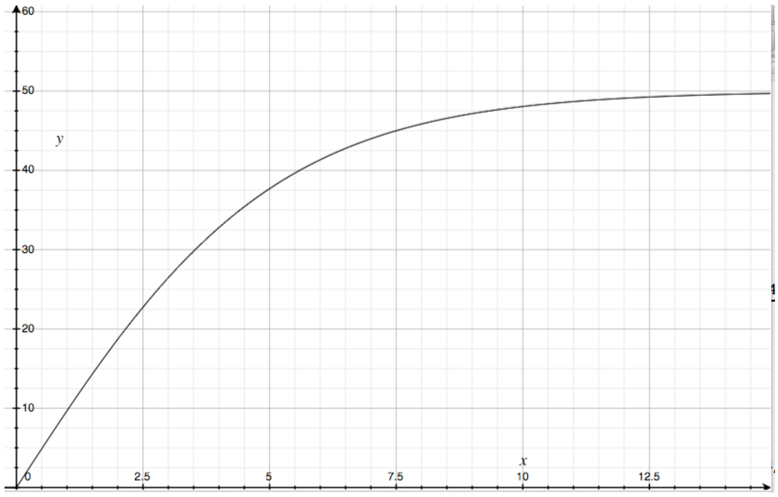
25. (Det är tyvärr flera fel i facit i den här uppgiften.)

$$F = am = v'm = mg - kv^2 \Rightarrow v' = g - \frac{k}{m}v^2 = 9.82 - \frac{k}{80}v^2$$

a) Vid den maximala hastigheten 50 m/s är $v' = 0$ dvs

$$\Rightarrow 0 = 9.82 - \frac{k}{80}v^2 \Rightarrow 9.82 = \frac{k}{80}50^2 \Rightarrow k = 0.314 \text{ /m}$$

b) $v' = g - \frac{k}{m}v^2 = 9.82 - \frac{0.314}{80}v^2 \Rightarrow v(t) = 50\frac{e^{0.393t}-1}{e^{0.393t}+1}$ m/s



c) $v(3) \approx 26$ m/s, $v(8) \approx 46$ m/s

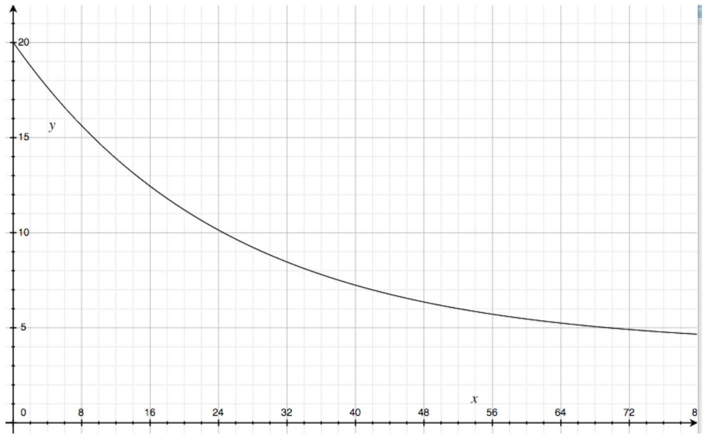
26.

$$y' = -Cy \Rightarrow y(t) = Ce^{-at} = \begin{Bmatrix} y(0) = 1 \\ y(3) = 0.2 \end{Bmatrix} = e^{t\frac{\ln 0.2}{3}} \approx e^{-0.536t}$$

$$y(12) = e^{-0.536 \cdot 12} \approx 0.0016\ \%$$

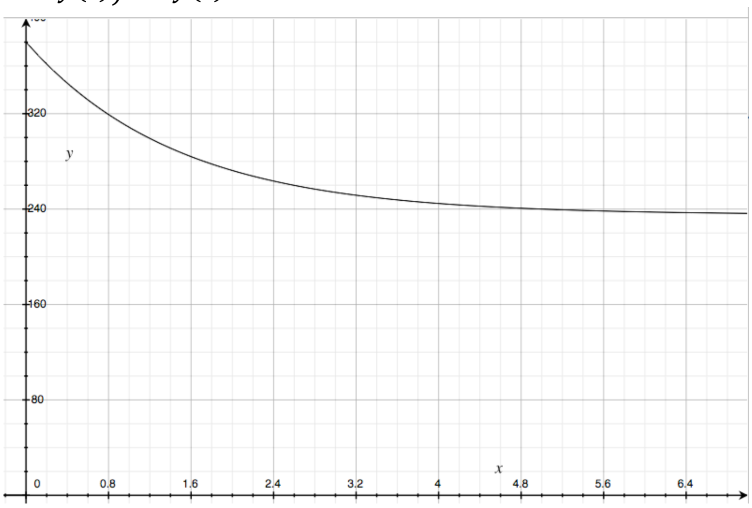
27. a) $T' = k(T - T_{\text{rum}}) = -0.04(T - 4) \Rightarrow T(t) = 4 + 16e^{-0.04t}$ °C

b) $10 = 4 + 16e^{-0.04t_{10}} \Rightarrow t_{10} \approx 24$ min och $t_5 \approx 69$ min

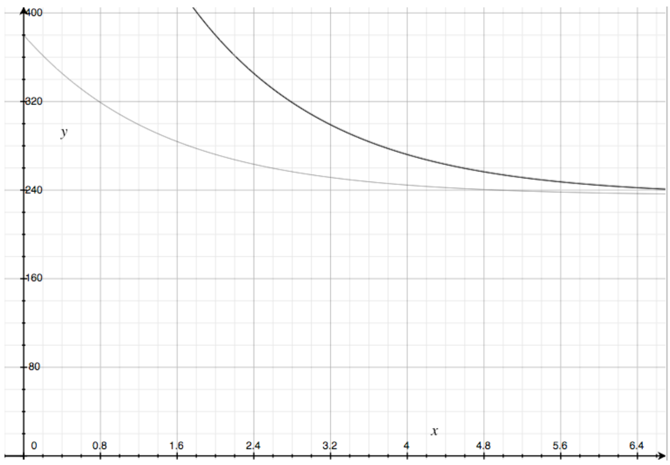


28. a) $y'(t) = 160 - 0.68y(t), y(0) = 380$ mg

b) $y'(t) = 0.68\big(235 - y(t)\big) \Rightarrow y(t) = 145e^{-0.68t} + 235$



c) Om den initiala dosen görs större kommer tiden det tar att nå slutvärdet 235 mg bli längre. Exempel 800 mg i grafen nedan.



d) Om den dagliga dosen ökas kommer slutvärdet att stanna på ett högre värde.

e) Hur stor den dagliga dosen är.

29. $T' = k(T_{\text{Rum}} - T)$, ju närmare T kommer T_{Rum}, desto mindre blir derivatan. Om $T_{\text{Rum}} > T$ initialt är derivatan positiv och T stiger. Är $T_{\text{Rum}} < T$ initialt är derivatan negativ och T minskar (svalnar).

30.

$$\frac{f'(x)}{f(x)} = k \Rightarrow f'(x) = kf(x) \Rightarrow f''(x) = kf'(x) = kkf(x) = k^2 f(x)$$

$$f^{(n)}(x) = k^n f(x) \Rightarrow \frac{f^{(n)}(x)}{f(x)} = k^n$$

31.
a) $v'(t) = 10 - 20v(t)$
b) $v'(t) = 10 - 20v(t) = 20\big(0.5 - v(t)\big) \Rightarrow v(t) = 0.5(1 - e^{-20t})$
c) 0.5 m/s

32.

$$F = am = v'm = mg - kv \Rightarrow v' = g - \frac{k}{m}v, v' = 0 \text{ då } v = \frac{gm}{k}$$

33. a) $y'(t) = 20 \cdot 2 - \frac{20}{10000}y(t) = 40 - \frac{1}{500}y(t) = \frac{1}{500}\big(20\,000 - y(t)\big)$

$y(t) = 20\,000\left(1 - e^{-\frac{t}{500}}\right)$

b) $y(t) = 20\,000\left(1 - e^{-\frac{t}{500}}\right) = 6000 \Rightarrow t \approx 178 \text{ s}$

c) $\frac{20\,000 \text{ mg}}{10\,000 \text{ l}} = 2 \text{ mg/l}$