



Norges teknisk-naturvitenskapelige  
universitet  
Institutt for datateknikk og  
informasjonsvitenskap

TDT4102 Prosedyre-  
og objektorientert  
programmering  
Vår 2017

**Øving 3**

**Frist: 2017-02-03**

### **Mål for denne øvingen:**

- Lære å skrive koden din i flere filer
- Lære forskjellene mellom vanlige variabler og pekere
- Lære å bruke nyttige funksjoner fra standardbiblioteket som `sin` og `cos`
- Lære om å generere tilfeldige tall

### **Generelle krav:**

- Bruk de eksakte navn og spesifikasjoner som er gitt i oppgaven
- Det er valgfritt om du vil bruke en IDE (Visual Studio, Xcode), men koden må være enkel å lese, kompilere og kjøre
- Dersom noe er uklart eller trenger en bedre forklaring ta kontakt med en studass på sal.

### **Anbefalt lesestoff:**

- Kapittel 3 & 4, Absolute C++ (Walter Savitch)

## Å skrive kode i flere filer

Når man programmerer er det viktig å være ryddig. Vanligvis vil koden til et C++-program være strukturert som dette:

- En «hovedfil», gjerne kalt `main.cpp`, som inneholder `main`-funksjonen
- En eller flere `.cpp`-filer (implementasjonsfiler)
- En eller flere `.h`- eller `.hpp`-filer (headerfiler)

### Implementasjonsfiler

I disse filene implementerer man funksjonene som brukes i programmet. Det er vanlig å plassere relaterte funksjoner i samme fil, gruppert etter formål. I dette faget kan det for eksempel være nyttig å ha én fil per oppgave i en øving, der man implementerer alle funksjonene som trengs for å gjøre den oppgaven.

### Hovedfilen

Dette er implementasjonsfilen som inneholder `main`-funksjonen, som kjøres når programmet startes. Ofte inneholder denne filen *kun* `main`-funksjonen, og ingen andre funksjoner.

### Headerfiler

En headerfil inneholder funksjonsprototyper for alle funksjoner som skal gjøres tilgjengelige når headerfilen inkluderes fra en implementasjonsfil. Man kan også bruke headerfilene som en slags enkel «brukermanual» for programmet, da man enkelt kan bruke dem til å se hvilke funksjoner som er tilgjengelige uten å måtte grave seg ned i implementasjonsfilene.

### Filenes relasjon til hverandre:

Headerfiler skal inkluderes av alle implementasjonsfiler, også «hovedfilen», som bruker funksjoner beskrevet i den aktuelle headerfilen. Når man inkluderer en headerfil i en implementasjonsfil blir funksjonene som er beskrevet i headerfilen tilgjengelig for bruk i implementasjonsfilen.

Konvensjonen er at hver `.cpp`-fil – kanskje med unntak av «hovedfilen» – har en headerfil med samme navn, som beskriver hva som er implementert i den tilsvarende `.cpp`-filen. Har man en fil som heter `minefunksjoner.cpp` har man også `minefunksjoner.h`. For å finne ut hva som er implementert i `minefunksjoner.cpp` kan man se på `minefunksjoner.h`.

## Oppgaveforklaring:

I denne øvingen kommer vi til å se på gjenstander i bevegelse. Spesifikt ønsker vi å se på banen til en kanonkule som blir skutt ut med en gitt vinkel og fart.

### Del 1: Enkel bevegelse

#### 1 Funksjonsprototyper (5%)

I denne oppgaven skal vi lage et sett med funksjonsprototyper. Funksjonsprototypene vil bli beskrevet med tekst og det er opp til deg å tolke denne og skrive passende funksjonsprototyper. Alle funksjonsprototypene skal være i en egen header-fil, som vi i denne øvingen skal kalle `cannonball.h` (evt. `cannonball.hpp`).

Funksjonsprototypene du skal lage i denne oppgaven danner grunnlaget for et *bibliotek* som kan regne ut banen til en kanonkule. Oppgaven er strengt spesifisert og det skal ikke være nødvendig å gjøre antagelser. Om du likevel føler at det er noe som er tvetydig eller dårlig spesifisert legg gjerne til en kommentar om dette i koden din (kommentarer i C++ kan skrives som `/* */` eller med `//` foran hver linje) og ta det opp med din studentassistent på sal.

#### Eksempel-deloppgave:

For den første deloppgaven, 1 a), er løsningen allerede gitt. Kopier likevel denne over til header-filen, da du får bruk for den i senere oppgaver.

- a) **Lag en funksjonsprototype for en funksjon som returnerer akselerasjonen i Y-retning (oppover).**

Akselerasjonen i Y-retning skal være et flyttall (`double`). Denne funksjonen skal hete `acclY`.

*Løsning:*

```
double acclY();
```

*Husk at ingen av de påfølgende deloppgavene forventer noe mer en bare funksjonsprototypen, som i eksempelet over.*

- b) **Skriv en funksjonsprototype for en funksjon som regner ut farten i y-retning (oppover).**

Denne funksjonen tar inn to flyttall (`double`): startfart (`initVelocityY`) og tid i sekunder (`time`). Til slutt returnerer funksjonen farten som et flyttall. Funksjonen skal hete `velY`.

- c) **I denne deloppgaven skal vi lage et sett med funksjonsprototyper for funksjoner som regner ut posisjon i henholdsvis X- og Y-retning.**

Vi trenger en funksjon for hver retning, så dette gir 2 funksjonsprototyper:

Posisjon i X-retning

Posisjon i Y-retning

Begge disse tar inn tre flyttall (`double`) hver: startposisjon (`initPosition`), startfart (`initVelocity`) og tid (`time`). Kall funksjonene `posX` og `posY`.

- d) **Skriv en funksjonsprototype for en funksjon som tar inn tid i sekunder og ikke returnerer noe.**

Denne skal hete `printTime`.

- e) **Skriv en funksjonsprototype for en funksjon som tar inn startfarten i Y-retning og returnerer flytiden i sekunder.**

Denne skal hete `flightTime`.

## 2 Implementer funksjoner (15%)

I denne oppgaven skal vi implementere funksjonene fra forrige oppgave. Alle funksjonsimplementasjoner skal ligge i en implementasjonsfil tilhørende header-filen. I dette tilfellet heter den `cannonball.cpp` siden vi skal implementere funksjonene fra `cannonball.h`.

De nødvendige formlene vil bli presentert. Din oppgave er å skrive funksjoner som passer til beskrivelsen/formelen under hver oppgave og som samsvarer med funksjonsprototypene vi lagde tidligere. Det kan lønne seg å kopiere funksjonsprototypene fra header-filen som en start da funksjonene må passe funksjonsprototypene eksakt for at koden skal fungere. Husk også å inkludere header-filen i implementasjonsfilen. Dette gjøres ved å skrive følgende:

```
#include "cannonball.h"
```

Det er viktig at `cannonball.h` og `cannonball.cpp` ligger i samme mappe for at dette skal fungere.

- a) I denne oppgaven skal du implementere funksjonen fra oppgave 1a. Denne funksjonen returnerer akselerasjonen i Y-retning (oppover).

Til vanlig er den vertikale akselerasjonen med positiv retning oppover  $-9.81m/s$  (gjenstander trekkes mot bakken).

- b) Denne oppgaven skal implementere funksjonen beskrevet i Oppgave 1 b) (fart i Y-retning).

Funksjonen skal gjøre følgende utregning basert på de verdiene den får inn:

$$\text{FartY} = \text{StartFartY} + \text{AkselerasjonY} * \text{Tid} \quad (1)$$

- c) I denne oppgaven skal vi lage og implementere funksjonene fra Oppgave 1 c), som regner ut posisjonen i X- og Y-retning.

Formelen for dette er:

$$\text{Posisjon} = \text{StartPosisjon} + \text{StartFart} \cdot \text{Tid} + \frac{\text{Akselerasjon} \cdot \text{Tid}^2}{2} \quad (2)$$

- d) Implementer funksjonen fra Oppgave 1 d), `printTime`.

Vi ønsker å dele opp sekundene i timer, minutter og sekunder (sekunder kan evt. være et desimaltall) for så å skrive dette til skjerm på en pen måte.

*Hint: Finn først ut antall timer, deretter antall minutter og sekunder.*

- e) Implementer funksjonen fra Oppgave 1 f), `flightTime`.

`flightTime` skal finne ut hvor lenge det aktuelle objektet, i dette tilfellet en kanonkule, kommer til å fly gitt en startfart. I denne oppgaven antar vi en perfekt flat bakke og at det kun er tyngdekraften som påvirker kulens fart, slik at det kun vil være startfarten i Y-retning som vil påvirke flytiden. Vi antar også at kulen skytes ut fra bakkenivå ( $\text{posY} = 0$ ) og får dermed at kulens flytid er gitt ved:

$$\text{Tid} = \frac{-2 \cdot \text{StartFartY}}{\text{AkselerasjonY}} \quad (3)$$

### 3 Verifiser at funksjonene fungerer (10%)

Det er veldig lurt å teste koden litt etter litt. Ofte kan det være utfordrende å finne feil dersom man skriver mye kode før man tester den, da det vil bli veldig mange muligheter for hvor feilen kan ha oppstått. Når vi tester C++-kode ønsker vi å finne ut følgende:

- Kompilerer programmet? Dette luker ut de fleste syntaksfeil og enkelte grove logiske feil.
- Gjør programmet det du forventer at det skal gjøre? For å teste dette må vi vite hva det er meningen at programmet skal gjøre hvis det fungerer.

#### a) Forsikre deg om at programmet kompilerer.

Dersom programmet ikke kompilerer sjekk følgende:

- Programmet har følgende filer: `main.cpp`, `cannonball.h` og `cannonball.cpp`.
- Filene er satt opp som følger: `main.cpp` skal inkludere `cannonball.h`.  
`cannonball.cpp` skal inkludere `cannonball.h`.
- I filen `main.cpp` finnes det én main-funksjon (`int main()`).
- `.cpp`-filer skal ALDRI inkluderes, kun `.h`-filer.

Dersom det fortsatt ikke fungerer når du prøver å compilere må du se nærmere på feilmeldingene. Forstår du ikke feilmeldingen kan du prøve å søke etter den med Google, spørre studentassistenten din eller spørre på emnets diskusjonsforum.

#### b) Test hver funksjon fra main-funksjonen.

Hver funksjon bør testes. Dette kan enkelt gjøres ved å bruke et sett av eksempeldata der man vet svaret på forhånd, og så sjekke om svaret man får fra funksjonen stemmer med eksempeldataene. Noen eksempelverdier finnes i følgende tabell:

	T = 0	T = 2.5	T = 5.0
<code>acclX</code>	0	0	0
<code>acclY</code>	-9.81	-9.81	-9.81
<code>velX</code>	50.0	50.0	50.0
<code>velY</code>	25.0	0.475	-24.05
<code>posX</code>	0.0	125.0	250.0
<code>posY</code>	0.0	31.84	2.375

*Merk: Verken `acclX` eller `velX` tilsvarer funksjoner i oppgaven. Disse verdiene er med fordi du kanskje trenger dem som argumenter når du skal teste andre funksjoner. Vi antar at `initPosition = 0` i både *x*- og *y*-retning.*

**Eksempel:**

```
double result = posX(0, 50.0, 5.0); /* initPosition, initVelocity, time */
double expected = 250.0;
/* sjekk om resultatet er nøyaktig nok */
```

#### Nyttig å vite: Nøyaktigheten til flyttall

Vi representerer desimaltall ved hjelp av flyttall, men disse oppfører seg imidlertid ikke alltid på samme måte som vi forventer at desimaltall skal. I dette faget er det nok å si at det å sammenlikne flyttall direkte (`flyttall1 == flyttall2`) ikke alltid gir det svaret man forventer. Det skjer ofte at to tall som «skal» være like i henhold til vanlig aritmetikk med desimaltall representeres på ulik måte som flyttall, og da vil en sammenligning gi feil svar. Dette kan du blant annet lese mer om i [Wikipedia-artikkelen om flyttall](#).

Den beste måten å sjekke om to flyttall er like på er å teste om avviket mellom dem er veldig lite. Et eksempel:

```
double forventetResultat = /* det forventede resultatet settes her */
double resultat = /* resultatet fra din funksjon settes her */
double avvik = std::pow(forventetResultat - resultat, 2.0);

if (avvik < feilmargin) {
    /* Fantastisk, det var rett! */
} else {
    /* Resultatet var galt, det falt utenfor feilmarginen */
    std::cout << "Resultatets avvik var " << avvik << std::endl;
}
```

## Del 2: Gjenbruk av funksjoner

### 4 Implementer funksjoner (20%)

a) I denne oppgaven skal vi implementere følgende funksjoner:

*Disse skal implementeres i `cannonball.cpp`, som i foregående oppgaver.*

*// Ber brukeren om to tall, en vinkel (i grader), og en fart.*

*// Disse verdiene skal lagres i minnet som pekerne*

*// theta og absVelocity peker paa.*

```
void getUserInput(double *theta, double *absVelocity);
```

*// Konverterter fra grader til radianer*

```
double degToRad(double deg);
```

*// Returnerer henholdsvis farten i X-, og Y-retning, gitt en vinkel*

*// theta og en absoluttfart absVelocity.*

```
double getVelocityX(double theta, double absVelocity);
```

```
double getVelocityY(double theta, double absVelocity);
```

*// Dekomponerer farten gitt av absVelocity, i X- og Y-komponentene*

*// gitt vinkelen theta. Disse komponentene lagres i minnet.*

```
void getVelocityVector(double theta, double absVelocity,
```

```
double *velocityX, double *velocityY);
```

Disse funksjonene brukes til å lese inn en vinkel og en fart fra brukeren og omgjøre de innleste verdiene til hastighet i X- og Y-retning. Den siste funksjonen, `getVelocityVector`, kombinerer så de to forrige `getVelocity`-funksjonene i én funksjon.

#### Nyttig å vite: Pekere kan brukes for å få flere svar ut av en funksjon

I C++ kan vi i utgangspunktet kun returnere én verdi fra en gitt funksjon. For å omgå denne begrensningen kan vi benytte oss av pekere. En peker er, som navnet tilsier, en henvisning til en plassering eller *adresse* i datamaskinens minne. Hvis vi sender inn en peker som argument til en funksjon, kan funksjonen som mottar pekeren gå inn i minnet og *endre* på verdien som ligger lagret der. Den nye verdien pekeren henviser til vil da også være gjeldende utenfor funksjonen, etter at funksjonen er ferdig.

Et eksempel på en funksjonsprototype til en funksjon som tar inn pekere som argumenter kan sees i prototypen til `getUserInput` over. `double *` betyr her at funksjonen tar inn en peker som henviser til en plassering i minnet der det finnes en `double`-variabel. For å hente ut en verdi fra en gitt peker, benytter vi asterisk-operatoren (\*) foran navnet på pekeren. I følgende eksempel henter vi ut verdien av en peker og skriver denne ut til skjerm:

```
void foo(double *b){
    std::cout << *b << std::endl;
}
```

Når vi bruker pekere må vi skille mellom å endre *minneadressen* som pekeren henviser til, og *innholdet* som blir pekt på. For å endre innholdet som pekes på gjør man følgende:

```
void foo(double *b){
    *b = 2.0;
}
```

For å endre minneadressen som blir pekt på gjør man følgende:

```
void foo(double *a, double *b){
    b = a;
}
```

I dette eksempelet endrer vi pekeren `b` slik at den peker på samme adresse i minnet som `a`. Dette vil imidlertid ikke ha noen effekt *utenfor* funksjonen `foo`, siden vi ikke har endret på hva som finnes på adressen som `b` pekte til – kun pekeren selv, og denne påvirker ikke eventuelle pekere til samme minnelokasjon som finnes utenfor funksjonen. Ønsker vi å sende en variabel inn i en funksjon som tar inn en peker, kan vi gjøre følgende:

```
double a = 0.0;
foo(&a);
```

Vi sender her inn en *referanse* til adressen der `a` er lagret. Denne referansen vil fungere som en peker.

I funksjonen `getVelocityX` skal vi beregne farten i X-retning. Dette kan gjøres som følger:

$$\text{FartX} = \text{AbsoluttFart} \cdot \cos(\text{Vinkel}) \quad (4)$$

Tilsvarende gjøres for `getVelocityY`:

$$\text{FartY} = \text{AbsoluttFart} \cdot \sin(\text{Vinkel}) \quad (5)$$

Funksjonen `getVelocityVector` kjører begge funksjonene (`getVelocityX` og `getVelocityY`) og gir tilbake returverdiene fra disse funksjonene gjennom pekerene `velocityX` og `velocityY`. *Hint: Funksjoner for sinus og cosinus finnes i biblioteket `cmath`, merk at disse tar inn vinkelen i **radianer**. Bruk `degToRad` for å konvertere fra grader til radianer.*

#### b) Implementer funksjonen `getDistanceTraveled`:

```
double getDistanceTraveled(double velocityX, double velocityY);
```

Funksjonen `getDistanceTraveled` skal returnere den horisontale avstanden kanonkulen reiste før den traff bakken — med andre ord verdien til posisjonen i X-retning når posisjonen i Y-retning (høyde over bakken) er 0. Den enkleste måten å løse dette på er ved å bruke funksjonen `flightTime` som du lagde tidligere.

*Du kan fremdeles anta at  $\text{posY} = 0$ .*

#### c) Implementer funksjonen `targetPractice`.

Funksjonen skal ta inn en avstand `distanceToTarget` og returnere avviket i meter mellom verdien `distanceToTarget` og der kulen lander (avstand fra start i X-retning) dersom `velocityX` og `velocityY` er henholdsvis startfart i X- og Y-retning.

```
double targetPractice(double distanceToTarget,
double velocityX,
double velocityY);
```

- d) Lag en kodesnutt i `main()` som tester funksjonene du har implementert. Verifiser at programmet ditt kompilerer, og at det fungerer slik du forventer.

*Tips: Har du lagt til funksjonsprototypene i header-filen?*

## 5 Tilfeldige tall (15%)

Ofte har vi lyst til at programmet vårt skal ha en form for tilfeldig oppførsel. Vanligvis får man til dette ved å generere *tilfeldige tall*. Når vi her snakker om tilfeldige tall mener vi *pseudotilfeldige* heltall fra en *uniform sannsynlighetsfordeling* på et bestemt *intervall*, som vil si at alle de mulige tallene i intervallet skal være like sannsynlige. At vi genererer *pseudotilfeldige* tall betyr at tallene regnes ut med en deterministisk algoritme basert på en «startverdi» som kalles et *frø* (Eng. *seed*).

- a) Opprett en ny fil `utilities.cpp`, og tilhørende headerfil.

Dette biblioteket skal inneholde funksjonene for å generere pseudotilfeldige tall.

### Nyttig å vite: `std::rand` og `std::srand`

Det finnes i moderne C++ hovedsakelig to måter å generere tilfeldige tall på. Den «gamle» metoden, som kommer fra programmeringsspråket C, er å bruke funksjonen `std::rand` fra biblioteket `cstdlib`. `std::rand` genererer pseudotilfeldige tall i intervallet 0 til `RAND_MAX`, der `RAND_MAX` er en konstant som er definert i biblioteket `cstdlib`.

Dersom man genererer to rekker med tall basert på samme frø, vil disse tallrekkenes være identiske. Siden `std::rand` ikke automatisk får et nytt frø hver gang programmet kjøres, er vi nødt til å gjøre dette manuelt for å unngå at `std::rand` alltid gir oss samme tallrekke. Å velge hvilket frø som brukes kalles å *initiere* (Eng. *seeding*) `std::rand`. Dette gjøres ved å bruke funksjonen `std::srand`, som også finnes i biblioteket `cstdlib`.

Det er rimelig vanlig å bruke returverdien fra `std::time(nullptr)` til å initiere, dvs. som input til `std::srand`. `std::time` finnes i biblioteket `ctime`. Denne verdien er av historiske årsaker antallet sekunder siden nyttår 1970 (og endrer seg derfor hvert sekund). Dersom man kjører `std::srand` med `std::time(nullptr)`, vil `std::rand` altså gi en unik tallrekke hver gang programmet kjøres forutsatt at man ikke starter programmet to ganger i løpet av samme sekund. Merk at man kun skal initiere én gang hver gang programmet kjøres. Her er et eksempel på bruk av `std::rand` og `std::srand`:

```
std::srand(std::time(nullptr));
int tilfeldig_tall = std::rand();
// tilfeldig_tall inneholder nå et tilfeldig
// heltall mellom 0 og RAND_MAX
```

- b) Skriv en funksjon `randomWithLimits` som tar inn en øvre og nedre grense, og som bruker `std::rand` til å returnere et heltall i intervallet gitt av disse grensene (grensene skal være med i intervallet). Forsikre deg om at denne funksjonen fungerer slik den skal ved å teste den i `main`-funksjonen. Bruk gjerne en løkke for å kjøre funksjonen flere ganger. Kjør programmet flere ganger og se hva som skjer.
- c) I forrige oppgave fikk vi samme resultat ved hver kjøring. Endre programmet ditt slik at du får forskjellig resultat ved hver kjøring, ved å bruke `std::srand` med `std::time`. Test deretter programmet ditt igjen, som beskrevet i forrige deloppgave. *Hint: Bruk `srand` som beskrevet over. Husk at `srand` kun skal kjøres én gang, som betyr at den må kjøres fra `main`-funksjonen.*



## 6 Større program (35%)

Vi ønsker i denne oppgaven å sette sammen alle funksjonene til en større funksjon som lar oss spille et «spill» der vi prøver å treffe en blink.

- a) Implementer en funksjon `playTargetPractice` i `cannonball.cpp` og legg til kode i `main()` for å kjøre denne funksjonen. Husk å oppdatere `cannonball.h` med funksjonsprototypen.

```
void playTargetPractice();
```

`playTargetPractice` skal lese inn en vinkel og en startfart fra brukeren. Deretter skal funksjonen skyte med kanonene mot en tilfeldig plassert blink (mellom 100 og 1000 meters avstand) og si hvor langt unna spilleren var fra å treffe målet. Spilleren skal få 10 forsøk på å treffe blinken og for hvert forsøk skal avstanden til målet, samt om skuddet var for langt eller for kort, skrives til skjerm.

Dersom kanonkulen lander mindre enn fem meter unna målet regnes det som om man treffer, og at spilleren har vunnet. Man taper dersom man bruker opp alle de ti forsøkene. Hvis spilleren vinner skal det skrives ut en gratulasjonsmelding til skjerm, og tilsvarende skal spilleren informeres om at han har tapt dersom han bruker opp alle forsøkene.

For å gjøre denne oppgaven må du generere et tilfeldig tall som representerer avstanden til målet.