Projectile motion

Forløbsplan til et (engelsksproget) forløb om det skrå kast og simulering evt. i samarbejde med matematik

# Introduktion

Hvert år kører vi et forløb på et engelsksproget 1g fysik B-hold på Rungsted Gymnasium om det skrå kast. Formålet er at give eleverne en introduktion til simuleringer i fysik, vise sammenhængen mellem teori, simulering og forsøg og gennemgå relevant kernestof om mekanik.

Som en del af afslutningen af forløbet giver 2g holdet, der havde forløbet året før, feedback til 1g holdet. Simuleringerne udføres i FPro3 og eksperimenterne med Verniers Projectile Launcher.

# Moduloversigt

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nr. | Overskrift | Indhold |
| 1 | Frit fald | Der udføres forsøg med frit fald og relevant teori gennemgås |
| 2 | Eulers metode 1 | Introduktion til Eulers metode |
| 3 | Eulers metode 2 | Simulering i FPro3 |
| 4 | Eksperiment med det skrå kast | Elever eksperimenterer med kanoner. Statistisk undersøgelse af vinkelafhængighed |
| 5 | Det skrå kast | Teoretisk arbejde med det skrå kast og opsamling på forsøg |
| 6 | Simulering af det skrå kast | Tidligere simulering udbygges til skråt kast og der sammenlignes med eksperimentelt data. |
| 7 | Rapportskrivning | Der skrives en rapport på baggrund af forsøg og simulering |
| 8 | Feedback på rapport | En ældre klasse giver feedback på rapporterne. De har selv lavet samme rapport året før |
| 9 | Opsamling på forløb | Der samles op og evalueres på forløbet |

# Lektionsplaner

## 1 Frit fald

**Formål**:

I slutningen af dette modul forventes eleverne at kunne beskrive en kugles bevægelse under frit fald.

**Indhold**:

Fra læreplanens kernestof: kinematisk beskrivelse af bevægelse i en dimension.

**Metode**:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Aktivitet | Fase | Tid |
| **Opstartsbillede**  Eleverne starter med at diskutere fysikken i et billede med en makker og der samles op i plenum. *Her skal man nå frem til at position og tid er interessante størrelser.* | Fang/forudsætning | 10 |
| **Introduktion til udstyr og opgave**  Eleverne introduceres til tilgængeligt udstyr til at måle på bevægelsen af et objekt i frit fald. |  | 5 |
| **Udførelse af forsøg**  Eleverne udfører forsøg. Her er en række muligheder. Forsøgsvejledningen Frit Fald viser tre typer udstyr i en stramt styret udgave. Andre muligheder kunne være videoanalyse eller timerstrimmel. | Forsk  (feedbacken undervejs kan give anledning til en serie forsk-forklar cykler) | 30 |
| **Databehandling**  Eleverne ledes videre til en egentlig databehandling, hvor der laves grafer og evt. indsamles yderligere data, hvis datagrundlaget ikke er til stede.  *Hver gruppe skal have en s,t-graf.* | Forsk | 20 |
| **Opsamling**  Eleverne præsenterer deres resultater og det diskuteres hvordan bevægelsen bedst beskrives og årsagerne til dette.  *Begreberne hastighed og acceleration skal indgå i forklaringen.* | Forklar | 15 |
| **Udvidelse**  Det diskuteres, hvordan grafen ville se ud, hvis hastigheden startede med at pege opad og hvilke faktorer, der kunne ændre på resultatet (fejlkilder/begrænsninger af modellen) | Forlæng | 5 |
| **Afrunding**  Eleverne får de sidste 5 minutter til at opsummere i tekst hvad de har lært (f.eks. i en OneNote). | Forklar | 5 |

**Materialer**:

Dokumenter:

Jump\_from\_nevis\_bungee\_platform.jpg – *forslag til opstartsbillede (ophav: By Che010 - Own work, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4832923)*

FritFaldSamlet.pdf - *forsøgsvejledning*

Udstyr:

Se forsøgsvejledning.

Evt. suppleret med objekter til videoanalyse eller udstyr til timerstrimmelforsøg

**Evaluering**:

Eleverne forventes at skrive en opsummerende tekst i slutningen af modulet for at reflektere over tilegnet viden.

## 2 Eulers metode 1

**Formål:**

I slutningen af dette modul forventes eleverne at have et grundlæggende kendskab til Eulers metode.

**Indhold:**

Fra kernestoffet i matematik A: Numerisk løsning vha. Eulers metode

**Metode:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Aktivitet | Fase | Tid |
| **Opstartsbillede**  Eleverne starter med at diskutere fysikken i et billede med en makker og der samles op i plenum. *Her skal man genkende elementer fra formlen til bestemmelse af hældningskoefficienten for en ret linje* | Fang/forudsætning | 10 |
| **Repetition af lineær funktion**  Eleverne fylder et lille whiteboard med en forklaring af hvordan man bestemmer hældningskoefficienter for rette linjer | Forudsætning | 10 |
| **Hvordan finder man det næste punkt?**  Eleverne skal nu finde en metode til at komme fra et punkt til det næste, når a og dx er kendte. | Forsk | 15 |
| **Præsentation af metode**  Eleverne præsenterer deres metode for en anden gruppe og diskuterer deres løsning. | Forklar | 10 |
| **Variabel a**  Eleverne udfører beregninger til egen eulersimulering. | Forsk | 20 |
| **Diskussion af resultater**  Eleverne diskuterer deres resultater i plenum og der forlænges til fysik. | Forklar/forlæng | 15 |
| **Afrunding**  Eleverne får de sidste 10 minutter til at opsummere i tekst hvad de har lært (f.eks. i en OneNote). | Forklar | 10 |

**Materialer:**

Opstartsbillede – *dx og dy trekant*

Whiteboards

Beregninger med varierende a - *Opgaveark*

**Evaluering:**

Eleverne forventes at skrive en opsummerende tekst i slutningen af modulet for at reflektere over tilegnet viden.

## 3 Eulers metode 2

**Formål:**

I slutningen af dette modul forventes eleverne at kunne lave en simpel eulersimulering af lineær bevægelse med konstant acceleration.

**Indhold:**

Fra kernestoffet i matematik A: Numerisk løsning vha. Eulers metode

**Metode:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Aktivitet | Fase | Tid |
| **Opstartsbillede**  Eleverne starter med at diskutere fysikken i et billede med en makker og der samles op i plenum. *Her skal eleverne diskutere sammenhængen mellem fysik og simuleringer.* | Fang/forudsætning | 10 |
| **Installering af FPro3**  Programmet installeres på elevernes computere |  | 15 |
| **Eksempelgennemgang**  Det gennemgås, hvordan et simpelt program laves, som viser en lineær bevægelse med konstant fart. |  | 20 |
| **Individuelt arbejde med simulering**  Eleverne prøver på egen computer at genskabe lærerens eksempel | Forsk | 15 |
| **Udvidelse til konstant acceleration**  Eleverne diskuterer i grupper, hvordan der kan udvides til konstant acceleration og implementerer | Forsk/forklar | 20 |
| **Fælles opsamling og diskussion af udvidelser** | Forlæng | 10 |

**Materialer:**

Opstartsbillede – *Eulersimulering af frit fald med forskellige værdier for dt*

FPro3: <https://fys.dk/fpro3/>

FritFald.fpr – *Eksempel på færdig simulering*

**Evaluering:**

I den fælles opsamling er det vigtigt at undersøge, hvor langt eleverne er nået, og vise et fungerende eksempel.

## 4 Eksperiment med det skrå kast

**Formål:**

I slutningen af dette modul forventes eleverne at have opbygget en eksperimentel erfaring med hvilke parametre, der har indflydelse på et skråt kast og nøjagtigheden af forsøget.

**Indhold:**

Fra læreplanens faglige mål: kunne behandle eksperimentelle data ved hjælp af blandt andet it-værktøjer med henblik på at afdække og diskutere matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser

**Metode:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Aktivitet | Fase | Tid |
| **Opstartsbillede**  Eleverne starter med at diskutere fysikken i et billede med en makker og der samles op i plenum. *Her får man en diskussion om en kanonkugles bane.* | Fang/forudsætning | 10 |
| **Introduktion til opgaven**  Eleverne introduceres til opgaven. De skal med kanonerne finde den optimale vinkel i forhold til at skyde langt. | Forudsætning | 10 |
| **Udførelse af eksperimentet**  Eleverne udfører forsøget. Undervejs vil der være nogle pauser, hvor læreren giver et par instrukser eller vejledninger. | Forsk | 35 |
| **Midtvejs opsamling**  Der samles kort op på resultater. Herefter skal eleverne give sig selv en udfordring til udvidelse af forsøget. | Forklar, forlæng | 5 |
| **Udvidet eksperiment**  Eleverne fortsætter med en udvidelse af forsøget. Her kan det f.eks. undersøges hvad starthastigheden eller starthøjden har af påvirkning på længden. | Forsk | 15 |
| **Oprydning og opsamling**  Der ryddes op efter forsøget. Herefter samler grupperne deres erfaringer og får dem skrevet ned. | Forklar | 15 |

**Materialer:**

Opstartsbillede – *Impetus teoriens kanonbane (ophav: By Unknown author - Walther Hermann Ryff: Bawkunst Oder Architectur aller fürnemsten/ Nothwendigsten/ angehœrigen Mathematischen vnd Mechanischen Kuensten. Basel 1582, p. ccxv, Public Domain,* [*https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17900666*](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17900666)*)*

Projectile Motion Experiment - *Forsøgsbeskrivelse*

Vernier Projectile Launcher og tilhørende udstyr

Målebånd, karbonpapir, papir, tape

Åbent indendørs område til ”skydebane”

Evt. niveaubord til at ændre starthøjden.

**Evaluering:**

I opsamlingerne undervejs og til sidst diskuteres resultaterne kort med hver gruppe.

## 5 Det skrå kast

**Formål:**

I slutningen af dette modul forventes eleverne at have kendskab til formlerne for bestemmelse af kastelængden ved et skråt kast og have udviklet en forståelse for de forskellige parametres påvirkning på længden.

**Indhold:**

Fra læreplanens kernestof: kinematisk beskrivelse af bevægelse i en dimension.  
Supplerende stof: udvidelse til to dimensioner.

**Metode:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Aktivitet | Fase | Tid |
| **Opstartsbillede**  Eleverne starter med at diskutere fysikken i et billede med en makker og der samles op i plenum. *Her skal man have en diskussion, der opsummerer resultaterne fra forsøget fra sidst.* | Fang/forudsætning | 10 |
| **Hvad kan dimsen?**  I fællesskab undersøges det hvad en dims – karisekanonen – kan.  *Her skal man nå frem til at bevægelse i vinkelrette bevægelser ikke påvirker hinanden. Det kræver nok en del hints.* | Fang/Forsk/Forklar | 15 |
| **Beskrivelse af bevægelsen**  Eleverne forsøger at opskrive udtryk for bevægelsen i hver retning på små whiteboards ved at besvare et opgaveark. Der hentes viden fra første moduls erfaringer. Eleverne opfordres til at hente inspiration fra deres noter.  *Hvis eleverne har haft om vektorer kan dette med fordel anvendes.* | Forsk/Forklar | 20 |
| **Opsamling på besvarelser**  Der samles op i plenum på forklaringer. | Forklar | 15 |
| **Beregning af forventet kastelængde**  Eleverne fortsætter arbejdet med formlerne og forsøger at udlede et udtryk eller en beregningsmetode for den forventede kastelængde. | Forsk | 15 |
| **Sammenligning med forsøg**  Hvis der er tid til det, forsøger eleverne at sætte deres værdier fra forsøget ind i formlerne og sammenligne med de målte værdier. | Forsk | 10 |
| **Opsamling**  Har vi en god beskrivelse?  Eleverne skriver en individuel tekst (f.eks. i OneNote), hvor de forsøger at vurdere om deres model giver en god beskrivelse af den virkelige situation. | Forlæng | 5 |

**Materialer:**

Billede af Vernier Projectile Launcher – *Kan findes her:* [*https://www.vernier.com/product/vernier-projectile-launcher/*](https://www.vernier.com/product/vernier-projectile-launcher/)

Karisekanon - [*https://www.frederiksen-scientific.dk/produkt/karisekanon/199015*](https://www.frederiksen-scientific.dk/produkt/karisekanon/199015)

Whiteboards

Formulas for motion in 2D - *Opgaveark*

**Evaluering:**

Individuel refleksion over validiteten af modellen.

## 6 Simulering af det skrå kast

**Formål:**

I slutningen af dette modul forventes eleverne at have lavet en simulering, der kan forudsige banen for det skrå kast, hvor starthøjde, -fart og -vinkel kan varieres.

**Indhold:**

Fra læreplanens faglige mål: ̶kende til simple eksempler på simulering eller styring af fysiske systemers opførsel ved hjælp af it-værktøjer

**Metode:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Aktivitet | Fase | Tid |
| **Arbejde med PhET-simulering**  Eleverne arbejder kort med en PhET-simulering af det skrå kast. Dette er for at give dem en idé om hvad de skal ende med.  *Det er to ret forskellige simuleringer, der linkes til, men princippet er det samme.* | Fang/Forudsætning | 10 |
| **Opsummering af frit fald simulering**  Eleverne genopfrisker, hvordan de lavede simuleringen af det frie fald. Simuleringen gennemgås i par. | Forudsætning | 5 |
| **Simulering af skråt kast**  Eleverne får nu til opgave at lave en simulering af det skrå kast. Det foreslås at man laver det i små skridt så man gradvist tilføjer forskellige elementer, som kunne være:  Starthastighed lodret, bevægelse vandret, flere grafer, kombineret starthastighed | Forsk | 40 |
| **Arbejde med færdige simuleringer**  Eleverne går videre til at sammenligne simuleringens resultater med forsøgets og den teoretiske beregning fra sidste modul.  *Eleverne bliver ikke færdige med deres simuleringer samtidig, derfor kommer dette trin forskudt for hver gruppe.* | Forsk | 20 |
| **Opsamling**  I matrixgrupper præsenterer eleverne deres resultater for hinanden og diskuterer mulige forbedringer eller videre arbejde. | Forklar/Forlæng | 15 |

**Materialer:**

Simpel og avanceret PhET-simulering af det skrå kast

Frit fald simulering

Forslag til færdig simulering

**Evaluering:**

Under opsamlingen observeres det hvilke forslag eleverne har til videre arbejde og forbedringer og de opfordres til at skrive deres erfaringer ned.

## 7 Rapportskrivning

**Formål:**

I slutningen af dette modul forventes eleverne at være nået langt med deres rapporter.

**Indhold:**

Fra læreplanens faglige mål: kunne formidle et emne med et fysikfagligt indhold til en valgt målgruppe, kunne demonstrere viden om fagets identitet og metoder, kunne undersøge problemstillinger og udvikle og vurdere løsninger, hvor fagets viden og metoder anvendes

**Metode:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Aktivitet | Fase | Tid |
| **Opstartsvideo**  Eleverne starter med at diskutere fysikken i en video med en makker og der samles op i plenum. *Her skal man nå frem til en diskussion af modellers gyldighed.* | Fang/forudsætning | 10 |
| **Præsentation af forventet produkt**  De to skabeloner præsenteres og eventuelle spørgsmål til indholdet besvares. |  | 10 |
| **Rapport- og journalskrivning**  Eleverne skriver på deres opgaver |  | 65 |
| **Opsamling på arbejdet**  Eleverne giver en status på hvor langt de er og får planlagt færdiggørelsen af opgaverne. |  | 5 |

**Materialer:**

<https://da.wikipedia.org/wiki/Fil:Apollo_15_feather_and_hammer_drop.ogv> – *Opstartsvideo*

Journal – Skabelon til journal for forsøget

Report – Skabelon til rapport for det samlede arbejde

**Evaluering:**

I opsamlingen gives en tilbagemelding på hvor meget arbejde, der forventes at ligge i færdiggørelsen af produktet.

## 8 Feedback på rapport

**Formål:**

I dette modul giver en ældre klasse feedback på elevernes besvarelser

**Indhold:**

Fra læreplanens faglige mål: ud fra en given problemstilling kunne tilrettelægge, beskrive og udføre fysiske eksperimenter med givet udstyr og præsentere resultaterne hensigtsmæssigt

**Metode:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Aktivitet | Fase | Tid |
| **Introduktion til feedback**  2g-elever introduceres til hvad 1g-eleverne har lavet og særligt hvad der måtte være anderledes i forhold til da de lavede øvelsen året før. |  | 10 |
| **Forberedelse**  2g-elever læser opgaver og 1g-elever forbereder en kort præsentation af deres opgave. |  | 30 |
| **Pause**  Eleverne får en pause og tid til at finde hinanden på tværs af årgangene. |  | 10 |
| **Feedbackgrupper**  Eleverne går sammen i feedbackgrupper. Hver 1g-gruppe har en gruppe 2g-elever, der har læst deres opgave og giver feedback. |  | 30 |
| **Fælles opsamling**  Der samles op på generelle ting i feedbacken og evalueres på formatet |  | 10 |

**Materialer:**

Feedback sheet for Projectile motion – *Retteark til 2g-elever*

**Evaluering:**

Evalueringen til sidst tages mundtligt med input fra hver gruppe. 1g-eleverne får mulighed for at evaluere yderligere i det sidste modul.

## 9 Opsamling på forløb

**Formål:**

Dette modul har til formål at samle op på elevernes erfaringer fra forløbet og konsolidere deres viden.

**Indhold:**

Praktisk talt alle punkter fra læreplanens faglige mål.

**Metode:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Aktivitet | Fase | Tid |
| **Opstartsbillede**  Eleverne starter med at diskutere fysikken i et billede med en makker og der samles op i plenum. | Fang/forudsætning | 10 |
| **Introduktion til opgaven**  Eleverne skal i løbet af modulet repetere deres erfaringer fra forløbet i forskellige konstellationer. |  | 5 |
| **Forsøgene**  Her diskuterer eleverne deres erfaringer fra forsøgene og bruger de sidste 5 minutter på at skrive en refleksion over de vigtigste pointer fra forsøgene. | Forklar | 20 |
| **Teorien**  Her diskuterer eleverne deres erfaringer fra teorimodulerne og bruger de sidste 5 minutter på at skrive en refleksion over de vigtigste pointer fra teoridelen af forløbet. | Forklar | 20 |
| **Simuleringerne**  Her diskuterer eleverne deres erfaringer fra simuleringerne og bruger de sidste 5 minutter på at skrive en refleksion over de vigtigste pointer fra simuleringerne. | Forklar | 20 |
| **Evaluering af forløbet**  Eleverne laver en tre-punktsevaluering, mens læreren forlader lokalet. |  | 15 |

**Materialer:**

Kollage af opstartsbilleder – f.eks. billede af Vernier Projectile Launcher, billede fra simulering og ligninger fra teoriafsnit.

**Evaluering:**

Tre-punktsevaluering: Ting der har været gode, tre ting der kan blive bedre og forslag til andre måder at lave forløbet på.