FYS1100 Mekanikk og modellering, vår 2025
Seminar uke 6: Potensiell energi, bevaring av mekanisk energi. Eksperiment 1.

(AMS 10.3, 10.4, 11.1, 11.2, noe kap. 4) + noe 11.5

Læringsmål: ***Potensiell energi*** når det er ***flere konservative krefter*** som virker, og bevaring av mekanisk energi. ***Numerisk integrasjon*** med Euler- eller Euler-Cromer-metoden (eksperiment 1) på akselerasjonsdata fra heisen.

Tirsdag 25.02.2025

Dagens program 

Arbeid-energi-teoremet, potensiell energi, og noen Mentimeter-oppgaver

Vi ser på arbeid-energi-teoremet når vi har flere konservative krefter, og så tar vi et par Mentimeter-oppgaver.

Eksperiment 1: Akselerasjonen i en heis

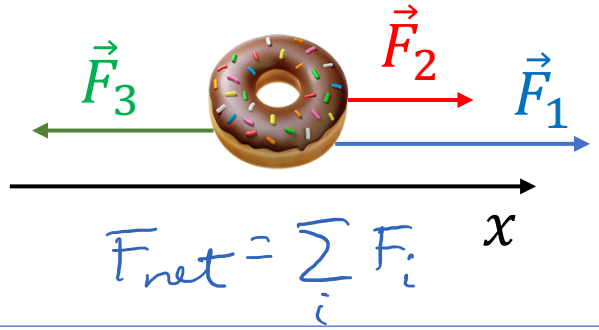
- Teksten finner dere på Canvas og på semestersiden (undervisningsplanen, uke 06).
- Spør om hjelp underveis om dere står fast på en oppgave.
- Jobb gjerne sammen om oppgavene (≈2-4 studenter).
- Når dere er ferdig tar dere kontakt med en av oss faglærere, som går igjennom det dere har gjort sammen med dere. Vi vil så godkjenne eksperimentet, eller fortelle hva dere må rette opp for å få godkjent.

Hva skjer om det er *flere* konservative krefter? 🤔

[✏️ lysbilde med skriblerier på iPad ✏️]

Flere konservative krefter virker på et legeme langs *x*-aksen:

$$W_{0,1} = \int_{x_0}^{x_1} F_{net}\,dx = \int_{x_0}^{x_1} \sum_i F_i\,dx = \sum_i \int_{x_0}^{x_1} F_i\,dx$$



Siden ***alle*** kreftene $F_i(x)$ er konservative: $-\frac{dU_i}{dx} = F_i(x)$

$$\Rightarrow W_{0,1} = \sum_i \int_{x_0}^{x_1} \left(-\frac{dU_i}{dx}\right) dx = \sum_i \int_{x_1}^{x_0} \frac{dU_i}{dx}\,dx = \sum_i \left[U_i(x_0) - U_i(x_1)\right] = \sum_i U_i(x_0) - \sum_i U_i(x_1)$$

Arbeid-energi-teoremet: $W_{0,1} = K_1 - K_0 = \sum_i U_i(x_0) - \sum_i U_i(x_1)$

$$\Rightarrow K_0 + \sum_i U_i(x_0) = K_1 + \sum_i U_i(x_1)$$

Total, potensiell energi: $U(x) = \sum_i U_i(x)$

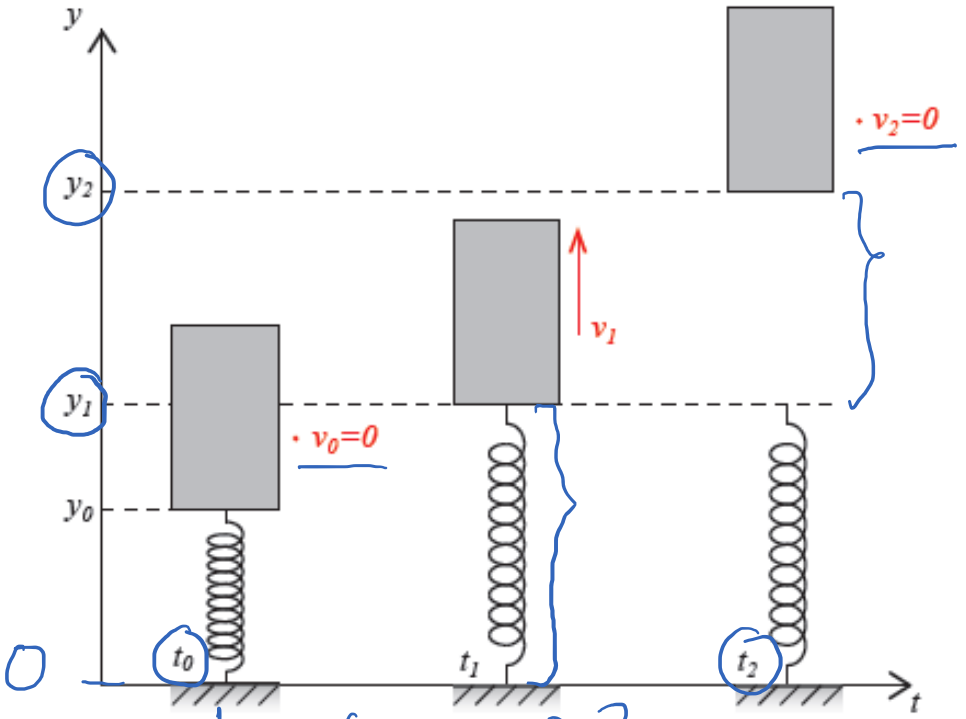
Bevaring av mekanisk energi: $K + U = E = \text{konst.}$

Eksempel: en fjærkanon

[✏️ lysbilde med skriblerier på iPad ✏️]

Vi har en fjær med likevektslengde y_1 og fjærkonstant k. Vi trykker en kloss ned på fjæren som vist i figuren.

Hvor høyt opp kommer klossen? $v_0 = v_2 = 0\ m/s$



Krefter: gravitasjon, fjærkraft

- begge er konservative! 🥳

(vi ser bort fra luftmotstand 😄)

Total, potensiell energi:

$$U(y) = U_G(y) + U_{fjær}(y) = mgy + \begin{cases} \frac{1}{2}k(y-y_1)^2, & y < y_1 \\ 0, & y \geq y_1 \end{cases}$$

Vi kan sammenligne direkte energien ved tid t_0 og t_2:

$$K_0 + U_0 = K_2 + U_2 \quad (K_0 = 0)$$

$$\Rightarrow 0 + mgy_0 + \frac{1}{2}k(y_0 - y_1)^2 = 0 + mgy_2 + 0 \quad | \text{ deler på } mg$$

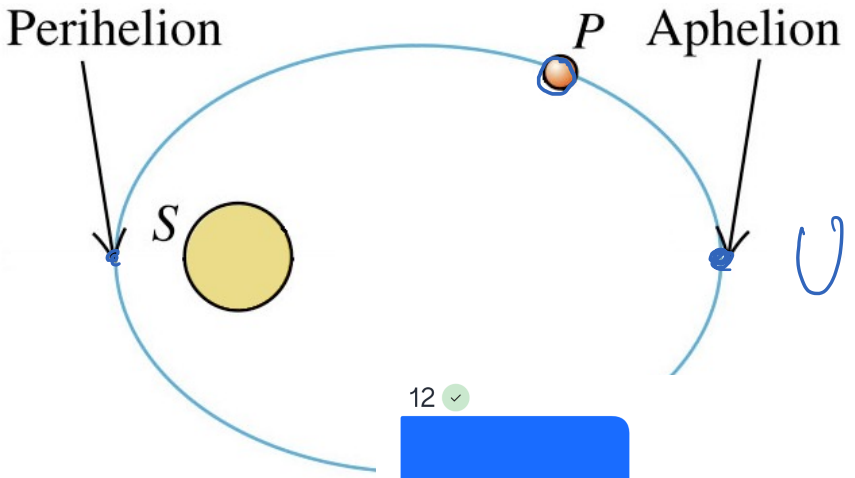
$$\Rightarrow y_2 = y_0 + \frac{1}{2}\frac{k}{mg}(y_0 - y_1)^2$$

Mentimeter Arbeid, solas gravitasjonskraft ☀️

www.menti.com kode 8936 5771

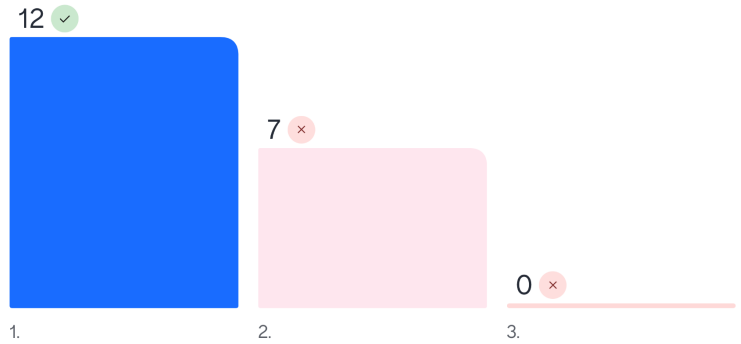
En planet (P) beveger seg i en ellipsebane om solen (S). Mens planeten beveger seg fra aphelion til perihelion gjør solens gravitasjonskraft:

1. Et positivt arbeid på planeten.
2. Et negativt arbeid på planeten.
3. Null arbeid på planeten.



Husk: ☺

$U(r) = -\frac{GmM}{r}$



Bevaring, mekanisk energi:

$K_{Ap} + U_{Ap} = K_{Pe} + U_{Pe}$

$U_{Ap} > U_{Pe} \Rightarrow K_{Ap} < K_{Pe}$

$\Rightarrow W_{Ap \to Pe} = K_{Pe} - K_{Ap} > 0$

Gravitasjon gjør *positivt* arbeid, farten øker fra aphelion til perihelion

Svar 1 😎

Mentimeter En sjokoladekjeks

www.menti.com kode 8936 5771

En sjokoladekjeks befinner seg i posisjon $x = a$ med total energi E og beveger seg mot høyre. Den potensielle energien er gitt ved $U(x)$. Hva kommer til å skje med kjeksen?

1. Kjeksen svinger om posisjon $x = a$.
2. Kjeksen stanser og forblir ved $x = c$.
3. Kjeksen slipper unna ~~mot uendelig~~ i negativ x-retning.
4. Ikke nok informasjon til å avgjøre.

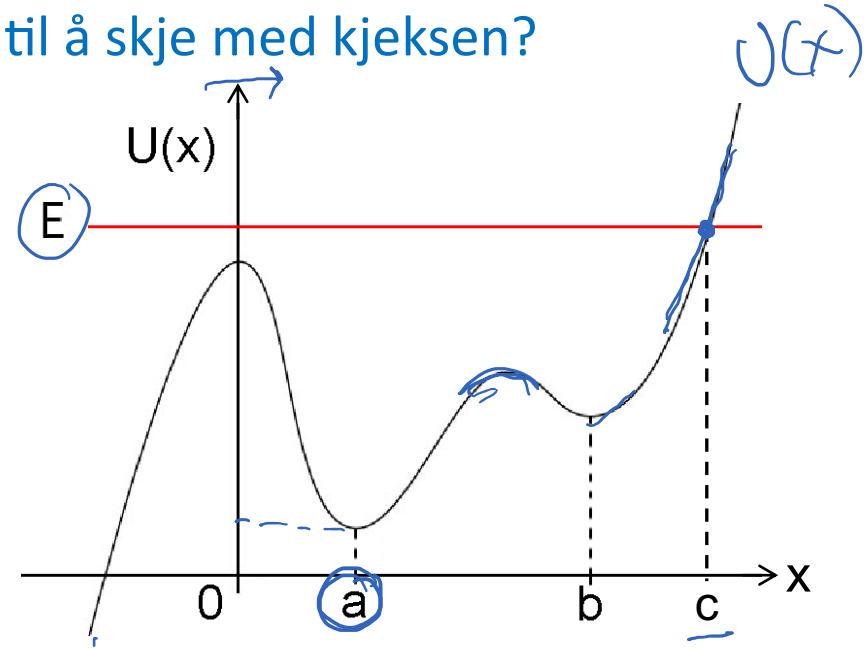
Konservativ kraft: $\frac{dU}{dx} = -F(x)$

$E = U + K = \text{konst}$

$x = a$: $v > 0$, lite U, mye K

$x = c$: $E = U(x=c)$, $v = 0$

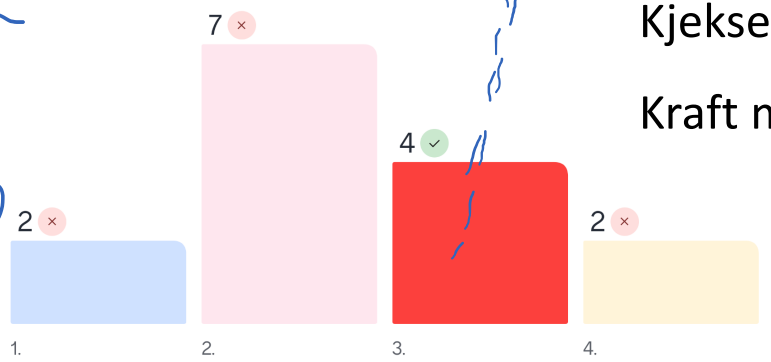
Kraften: $F(x) = -\frac{dU}{dx} < 0$



Kjeksen beveger seg mot høyre

Kraft mot *venstre*

Kjeksen snur og får negativ hastighet.



Eksperiment 1: Akselerasjonen i en heis 🤩

Eksperiment 1: Akselerasjonen i en heis

Hensikt:
I dette eksperimentet skal dere innhente egne måledata på akselerasjonen til heisen på Fysisk institutt med mobiltelefonen. Videre skal dere programmere en numerisk metode for integrasjon og bruke denne for å finne hastighet og posisjon til heisen basert på måledataene deres, og diskutere usikkerhetene dere får i resultatene.

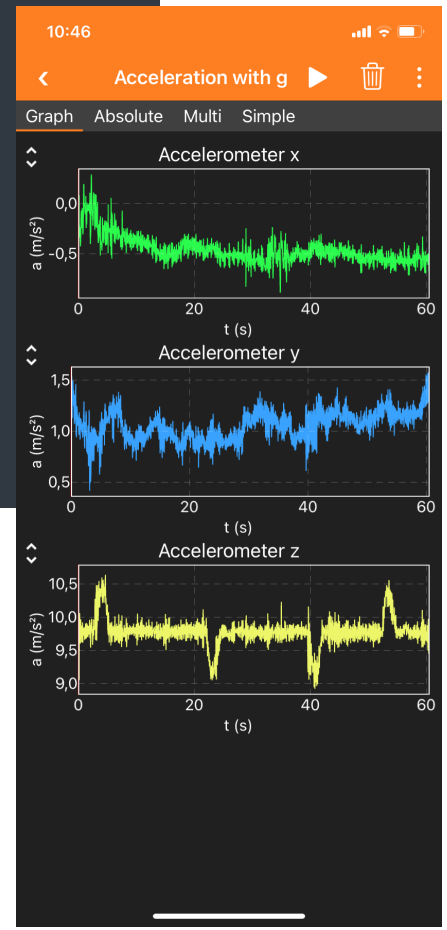
Utstyr:
I dette eksperimentet skal vi hente ut data fra akselerometeret i en mobiltelefon, og det er flere måter dette kan gjøres på. For enkelhetens skyld anbefaler vi at dere benytter dere av en app kalt phyphox som er tilgjengelig i App Store og Google Play. Denne appen lar oss eksportere data fra sensorene i mobiltelefonen til CSV-filer, som vi så kan laste inn i Python eller lignende. Se tillegg A for en kort veiledning i å eksportere dataene til ønsket format.

Dere må gjerne jobbe sammen i grupper på 2-4 studenter og levere en felles muntlig besvarelse til en av faglærerne på seminartimen. Lykke til!

Struktur på .csv-fila fra Phyphox

Raw Data.csv

```
"Time (s)","Acceleration x (m/s^2)","Acceleration y (m/s^2)","Acceleration z (m/s^2)","Absolute acceleration (m/s^2)"
2.384695833E-2,-2.646496582E-1,1.190324707E0,9.676777039E0,9.753303348E0
3.391595834E-2,-2.183958435E-1,1.176403656E0,9.492959290E0,9.568066596E0
4.398595833E-2,-1.920506287E-1,1.201102295E0,9.381291504E0,9.459818204E0
5.405595832E-2,-2.347119141E-1,1.231489105E0,9.291627960E0,9.375820244E0
6.412595834E-2,-2.179467773E-1,1.254391479E0,9.255852356E0,9.343008167E0
7.419495832E-2,-1.824705505E-1,1.271306305E0,9.330846405E0,9.418822106E0
8.426495834E-2,-1.597178650E-1,1.315614166E0,9.541308746E0,9.632908337E0
9.433495832E-2,-2.312690735E-1,1.428030396E0,9.724677429E0,9.831688934E0
1.044049583E-1,-2.683918762E-1,1.533710632E0,9.740544434E0,9.864203382E0
1.144739583E-1,-2.707868958E-1,1.539698181E0,9.760602722E0,9.885006906E0
1.245439583E-1,-2.335144043E-1,1.521286469E0,9.769883423E0,9.890372268E0
```



Kolonne	0	1	2	3	4
	tid	a_x	a_y	a_z	$\lvert\vec{a}\rvert$

Takk for i dag! 😀