

Nordic



AKTIVITET

15 år og oppover

BEREGNING OG BYGGING AV MODELLRAKETTER



Utviklet av



NAROM

Elevaktivitet

Oversikt

Tid	Læremål	Nødvendige materialer
4 timer	Gi deltagerne mulighet til å bruke teori fra et foredrag i raketteknikk og sette det i praksis.	<ul style="list-style-type: none">• Kalkulator• Skrivesaker• Trelim• Teip• Linjal• Saks/skalpell• Wadding• Modellrakett byggesett• Rakettmotor

Sammendrag

Elevene/studentene skal i denne øvelsen gjøre forskjellige regneøvelser på raketten. De skal også bygge en modellrakett som skal skytes opp.



Innhold

Introduksjon.....	2
Regneoppgaver [2t].....	2
Bygge modellraketten [2t].....	5
Notater.....	9

Introduksjon

Før oppskyting av større raketter bruker man å gjøre sikkerhetsmessige beregninger både på rakett og motoren som skal brukes. Det samme gjøres ved modellraketter.

I denne øvelsen skal dere bruke matematikken dere har lært til å gjøre beregninger på deres modellrakett. Dette inkluderer alt fra høyde, hastighet, stabilitet osv.

Før raketten er ferdig skal dere bruke en teoretisk masse som er satt til 0,1kg. Etter ferdigstilling av rakett skal reell vekt settes inn i beregningene deres og beregnes på nytt.

Sikkerhetskrav	18 års aldersgrense på modellrakettmotorer
Rakettog motor	https://www.apogeerockets.com/ , http://elefun.no

Regneoppgaver [2t]

Tips til oppgavene

- Regn akselerasjon og motorkraft som konstant. Dvs. at skyvekraften $F = \bar{F}$, for $t = t_b$
- Sett opp bokstavuttrykk der det lar seg gjøre!
- Faktiske verdier for raketten regnes ut i oppgave 6, *etter* at den er ferdig bygget og veiet. Frem til oppgave 6 settes derfor den initiale startmassen til $M = 0,1 \text{ kg}$
- Husk å benytte SI-enheter i alle utregningene.
- Spør gjerne om hjelp om du står fast! :-)

1) Motor- og rakettkarakteristikk:

- a) Finn rakettsens motortype (motordesignasjon fra tabell)
- b) Finn motorens totale impuls, også kalt I_t
- c) Finn motorens brenntid, kalt t_b
- d) Kalkuler motorens midlere skyvekraft, \bar{F}
- e) Finn motorens drivstoffmasse, m_d
- f) Kalkuler motorens midlere drivstofforbruk, kalt \bar{q}_p (masse per sekund)
- g) Kalkuler motorens spesifikke impuls, kalt I_{sp} (eksoshastighet)

2) Baneberegninger for raketten:

- Anta at raketten befinner seg i verdensrommet, uten påvirkning av luftmotstand eller gravitasjon. Bruk bevegelseslikningene og Newtons lover til å beregne ideell slutt hastighet v_i etter at rakettmotoren har brent ut. (**NB!** Bestem brennsluttmassen, m_b og finn så et uttrykk for \bar{m})
- Anta så at raketten skytes rett opp fra jordas overflate. Beregn nå slutt hastighet v_{Max} med gravitasjon. (Vi ser fremdeles bort fra luftmotstanden).
- Beregn så brennslutthøyden h_b , basert på svaret fra forrige oppgave.
- Kalkuler friflukttiden t_f . Hvordan passer dette med forsinkelsesladningen til motoren?
- Etter at motoren er brent ut vil raketten fortsette oppover i fri flukt. Bruk Newtons lover og bevegelseslikningene til å beregne friflukthøyden h_f (dvs. høyden fra brennslutt til maksimal banehøyde, på fagspråket kalt apogeum).
- Beregn så den største flyhøyden, H_{Max} . Kommenter resultatet.

3) Aerodynamiske betraktninger:

- Beregn raketts største frontareal, A_{max} , og kalkuler så raketts luftmotstandsfaktor:

$$\beta = \frac{1}{2} C_d \rho A_{max}$$

Anta at lufttettheten $\rho = 1,14 \frac{kg}{m^3}$, og luftmotstandskoeffisienten $C_d = 0,5$

- Kalkuler den maksimale luftmotstanden basert på v_{Max} :

$$F_{drag} = \beta v^2$$

Er resultatet sannsynlig? Kommenter.

4) Stabilitetsberegninger:

Dersom raketten nå er ferdigbygget kan vi bestemme massesenteret. Merk at rakettmotor, "recovery wadding", fallskjerm og eventuelt også høydemåler først må monteres i raketten, slik at den er i "flyklar" tilstand i det vi tar fatt på disse oppgavene:

- c) Bestem raketts massemidtpunkt ("Center of Gravity" - CG), ved å balansere raketten på en linjal eller lignende. Noter plasseringen som en avstand målt fra raketts nese (ok å benytte cm her)
- d) Ved hjelp av "cardboard cut-out" metoden (tegner omrisset av raketten på en papplate), beregn Center of Pressure CP for raketten. Klipp ut papirmodell av raketten sett "ovenfra". Papirmodellens massemidtpunkt vil da være det punktet der de aerodynamiske kreftene ("vindkreftene") vil være i balanse. Noter målt avstand til CP fra rakettnesen.
- e) Med CG og CP bestemt, kan vi bestemme om raketten er stabil eller ikke. Dersom stabilitetsmarginen er mindre enn en (dvs. avstanden mellom CG og CP er mindre enn en gang raketts diameter), må dere benytte metodene fra forelesningen for å stabilisere raketten!
- f) Beregn så stabilitetsmarginen (avstand mellom CG og CP dividert med rakettdiameter).

5) Rakettlikningen:

Raketteknikkens far, -russeren Konstantin Tsiolkovsky, er blant annet kjent for å ha vært først ute med å utlede den såkalte rakettlikningen. Denne likningen kan vi nå benytte for å beregne den ideelle slutthastigheten v_i til raketten i vakuum, uten påvirkning av tyngdekraft. I likningen angir M raketts initiale masse, mens m_b angir massen ved brennslutt.

- a) Regn ut raketts ideelle hastighet v_i ved hjelp av rakettlikningen:

$$v_i = -I_{sp} \ln \left| \frac{m_b}{M} \right|$$

6) Oppdater beregningene:

Benytt den elektroniske vekten til å veie den ferdige raketten. Oppdater så høydeberegningen for H_{Max} . Høydeberegningen kan senere presenteres for de andre gruppene på oppskytingsdagen.

Bygge modellraketten [2t]

Modellraketten er ferdige byggesett som inneholder egne instruksjoner. Bruk verktøy som sandpapir, skalpell eller saks, trelim og teip for å sette sammen raketten.

Et tips er å vente med å lime på finnene til slutt, så sparer du tid.

Preflight Presentation:

Før oppskyting kan gruppen deres presentere raketten dere har bygget for de andre:

- Presenter raketten med navn, type og oppdrag.
- Presenter de viktigste baneberegningene dere gjort, herunder v_{Max} og H_{Max} . Dere skal også angi stabilitetsmarginen til raketten. **NB!** De nye verdiene skal være basert på målinger av rakettenes startmasse etter byggeslutt!

Launch Schedule:

Det hender at det blir litt kaldt å sende opp raketten ute, så det er derfor i alles interesse at forberedelsene går mest mulig knirkefritt!

- Vi må derfor sørge for kontinuitet ved at neste gruppe står klar med sin raketten i det gruppen foran har sendt opp sin.
- Hver gruppe bør på forhånd velge ut en "Pad Supervisor" til å trykke den røde knappen under nedtelling.
- Gruppene er ansvarlige for å berge raketten og bringe dem tilbake etter oppskyting.

Oppskytingsrekkefølge:

1. Gruppe A – Avion (Presisjon)
2. Gruppe B – Avion (Presisjon)
3. Gruppe A – Avion/payload (Høyde)
4. Gruppe B – Avion/payload (Høyde)
5. Gruppe A – Egg Courier
6. Gruppe B – Egg Courier

Oppskytingstips til alle gruppene:

Når det er kaldt ute er det ekstra stor risiko for at fallskjermen ikke folder seg ordentlig ut (fryser/klumper seg lett sammen). Dersom dere unngår å pakke fallskjermen i forveien, og i stedet holder den varm frem til launch, så vil sjansen for en vellykket deployment være adskillig høyere!

Oppskytingstips til høyde-gruppene:

Dere må aktivere høydemåler og montere denne i raketten straks gruppen foran dere har sendt opp raketten sin!

ESTES ENGINE CHART

- Delays have a tolerance of plus or minus 10% or 1 second, whichever is greater.
- All Estes engines come complete with igniters and patented igniter plugs (Pat. No. 5,410,966 and 5,509,354). The Estes Igniter Plug makes engine ignition extremely reliable.
- Do not fly a rocket/engine combination whose lift-off weight exceeds the recommended maximum lift-off weight.

Prod. No.	Engine Type	Total Impulse	Time Delay	Max. Lift Wt.		Max. Thrust		Thrust Duration	Initial Weight		Propellant Weight	
		N-sec	Sec.	Oz.	g	Newtons	Lbs.	Sec.	Oz.	g	Oz.	g
SINGLE STAGE ENGINES (GREEN LABEL)												
1502	1/4A3-3T	0.625	3	1.0	28	4.9	1.1	0.25	0.20	5.6	0.03	0.85
1503	1/2A3-2T	1.25	2	2.0	57	8.3	1.9	0.3	0.20	5.6	0.06	1.75
1507	A3-4T	2.50	4	2.0	57	6.8	1.5	0.6	0.27	7.6	0.12	3.50
1511	A10-3T	2.50	3	3.0	85	13.0	2.9	0.8	0.28	7.9	0.13	3.78
1593	1/2A6-2	1.25	2	2.0	57	8.9	2.0	0.3	0.53	15.0	0.06	1.56
1598	A8-3	2.50	3	3.0	85	10.7	2.4	0.5	0.57	16.2	0.11	3.12
1601	B4-2	5.00	2	4.0	113	13.2	3.0	1.1	0.70	19.8	0.29	8.33
1602	B4-4	5.00	4	3.5	99	13.2	3.0	1.1	0.74	21.0	0.29	8.33
1605	B6-2	5.00	2	4.5	127	12.1	2.7	0.8	0.68	19.3	0.22	6.24
1606	B6-4	5.00	4	4.0	113	12.1	2.7	0.8	0.71	20.1	0.22	6.24
1613	C6-3	10.00	3	4.0	113	15.3	3.4	1.6	0.88	24.9	0.44	12.48
1614	C6-5	10.00	5	4.0	113	15.3	3.4	1.6	0.91	25.8	0.44	12.48
1622	C11-3	10.00	3	6.0	170	22.1	4.9	0.8	1.14	32.2	0.39	11.00
1623	C11-5	10.00	5	5.0	142	22.1	4.9	0.8	1.18	33.3	0.39	11.00
1666	D12-3	20.00	3	14.0	396	32.9	7.4	1.6	1.49	42.2	0.88	24.93
1667	D12-5	20.00	5	10.0	283	32.9	7.4	1.6	1.52	43.1	0.88	24.93
1673	E9-4	30.00	4	15.0	425	25.0	5.6	2.8	2.00	56.7	1.27	35.80
1674	E9-6	30.00	6	12.0	340	25.0	5.6	2.8	2.00	56.7	1.27	35.80
UPPER STAGE ENGINES (PURPLE LABEL)												
1504	1/2A3-4T	1.25	4	1.0	28	8.3	1.9	0.3	0.21	6.0	0.06	1.75
1599	A8-5	2.50	5	2.0	57	13.3	3.0	0.5	0.62	17.6	0.11	3.12
1607	B6-6	5.00	6	2.5	71	12.1	2.7	0.8	0.78	22.1	0.22	6.24
1615	C6-7	10.00	7	2.5	71	15.3	3.4	1.6	0.95	26.9	0.44	12.48
1624	C11-7	10.00	7	4.0	113	22.1	4.9	0.8	1.22	34.5	0.39	11.00
1668	D12-7	20.00	7	8.0	226	32.9	7.4	1.6	1.55	44.0	0.88	24.93
1675	E9-8	30.00	8	10.0	283	25.0	5.6	2.8	2.00	56.7	1.2	35.80
BOOSTER STAGE ENGINES (RED LABEL)												
1608	B6-0	5.00	None	4.0	113	12.1	2.7	0.8	0.58	16.4	0.22	6.24
1616	C6-0	10.00	None	4.0	113	15.3	3.4	1.6	0.80	22.7	0.44	12.48
1621	C11-0	10.00	None	6.0	170	22.1	4.9	0.8	0.98	27.8	0.39	11.00
1665	D12-0	20.00	None	14.0	396	32.9	7.4	1.6	1.44	40.9	0.88	24.93
PLUGGED ENGINES - FOR USE WITH ROCKET POWERED RACERS & R/C ROCKET GLIDERS (BLUE LABEL)												
1505	A10-PT	2.50	None	3.0	85	13.0	2.9	0.8	0.26	7.4	0.13	3.78
1669	D11-P	20.00	None	16.0	453	27.6	6.2	1.8	1.55	44.0	0.88	24.93
1676	E9-P	30.00	None	15.0	425	25.0	5.6	2.8	2.0	56.0	1.27	35.80

The data listed above is from randomly chosen production samples.

NOTE: The "T" designates a mini-engine.

Rakettnavn og modell:			
Motor og rakettkarakteristikk:	1a)	Rakettmotortype:	
	1b)	Total impuls, I_t	
	1c)	Motorens brenntid, t_b	
	1d)	Motorens midlere skyvekraft, \bar{F}	
	1e)	Motorens drivstoffmasse, m_d	
	1f)	Motorens midlere drivstofforbruk, \bar{q}_p	
	1g)	Kalkuler motorens spesifikke impuls, I_{sp}	
Baneberegninger:	2a)	Ideell brennslutthastighet, v_i	
	2b)	Brennslutthastighet (med gravitasjon), v_{max}	
	2c)	Brennslutthøyde, h_b	
	2d)	Frifluktiden, t_f	
	2e)	Friflukthøyden, h_f	
	2f)	Flyhøyden, H_{max}	
Aero-dynamikk	3a)	Luftmotstandsfaktor, $\underline{\beta}$	
	3b)	Maksimal luftmotstand, F_{drag}	
Stabilitet	4a)	Center of Gravity – Avstand fra nesen, CG	
	4b)	Center of Pressure – Avstand fra nesen, CP	
	4c)	Stabilitetsmargin (målt i rakettdiameter)	
Rakett-likningen	5	Rakettlikningen - Ideel hastighet v_i	

Notater

