



VITENSENTERET

## 76 Såpefigurer (Rev 1.0, 06.05.99)

### 76.1 Beskrivelse

Bildet under viser en stålramme som skal dyppes i oppløsningen for å skape en såpefigur.



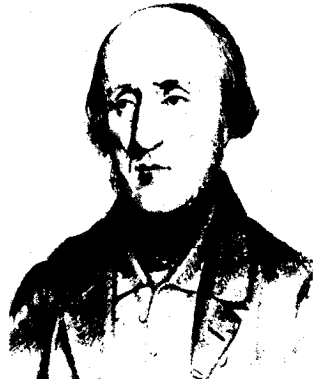
**Figur 76.1 Såpefigurer**

### 76.2 Oppgaver

### 76.3 Eksperimentarius forklarer

### 76.4 Utdypet forklaring

Den belgiske fysikeren *Joseph Antoine Ferdinand Plateau* (1801 - 1883) var en av de første som studerte hvordan såpehinner danner seg i oppspente rammer. Selv om han 28 år gammel delvis ødela synet sitt ved at han i noen sekunder stirret på solen, fortsatte han arbeidet med å utforske såpehinnenes forunderlige verden. I 1843 ble han totalt blind, og han var helt avhengig av sin familie og sine venner for å være i stand til å gjennomføre eksperimenter.



**Figur 76.2 Joseph Antoine Ferdinand Plateau (1801-1883)**

### Såpeoppskrift:

Til sine eksperimenter benyttet han en såpeblanding og ulike rammer av metalltråd. Joseph hadde ikke tilgang til våre mange varianter av såpeprodukter. Han benyttet derfor en annen oppløsning enn den vi foreslår:

- 8 dl destillert vann
- 2 dl zalo
- 0.5dl glyserol
- 1 klype sukker

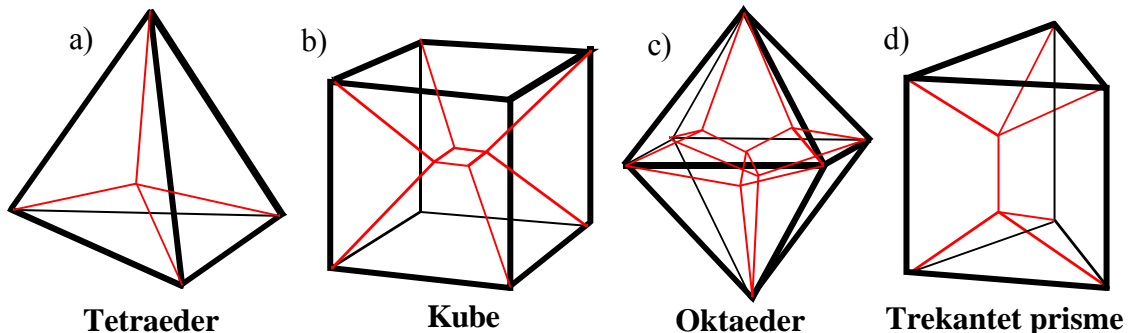
La gjerne blandingen stå å modnes noen dager før den tas i bruk.

Når en tar i bruk blandingen, er det viktig at alt skum på overflaten fjernes.

### Rammer formet som regulære polyedre

Joseph benyttet rammer formet som tetraedere, kubuser, oktaedere og prisme (se Figur 76.3), til sine eksperimenter. Et skaft var festet til en av sidene i rammen, slik at han lett kunne dyppe den ned i såpeblanding. For å oppnå fullkomne figurer, lot han først ett av rammens hjørner komme opp av vesken. På samme måte lot han ett av de andre hjørnene være det siste som forlot såpeblanding.

*Grunnfigurene eller de fundamentale figurene* er vist på figuren under.



**Figur 76.3 Fundamentale såpefigurer med tetraeder, kubus, oktaeder og prisme**

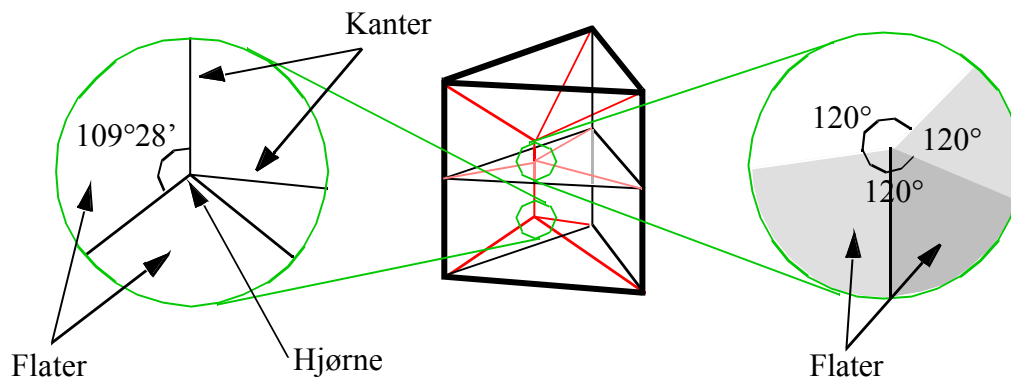


## VITENSENTERET

Såpehinner som møtes langs en kan vil alltid ordne seg slik at overflatene til hinnene blir så små som mulig. Vi vet også at dette er årsaken til at såpebobler som svever fritt er kulerunde. En kule er den formen som har minst overflate for et gitt volum.

*Grunnfiguren* eller *den fundamentale figuren* er den figuren som gir minst overflat. De tynne strekene inne i rammene antyder hvordan såpehinnene i grunnfigurene er spent opp.

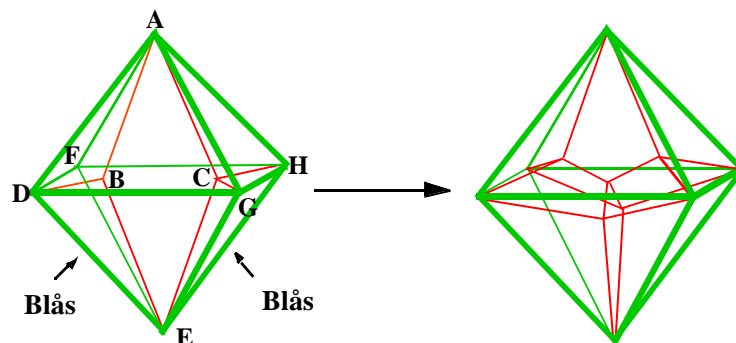
Joseph oppdaget under sine forsøk at det alltid var *tre flater* som møttes langs kantene, aldri 4 eller 5. Han fant også at vinkelen mellom disse flatene alltid var  $120^\circ$ . Han oppdaget videre at der hvor såpehinnene dannet et hjørnene var det alltid fire kanter som møttes, og vinklene mellom to og to kanter var alltid  $109^\circ 28'$ .



**Figur 76.4 Kanter og flater som møtes**

For å oppnå grunnfiguren for oktaederet, kan det være nødvendig å gå nennsomt fram.

Oktaederet senkes først helt ned i såpeblandingen. Deretter heves det opp slik at ett av topp-punktene (f.eks. E) kommer først opp. Flaten FHGD (se figuren under) skal komme opp parallelt med veskeflaten. Tilslutt løftes det nederste topp-punktet ut av såpeblandingen.



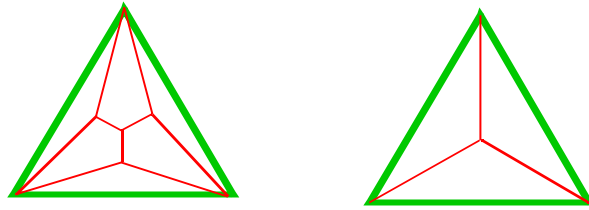
**Figur 76.5 Framstilling av grunnfiguren i et oktaeder**

Dersom vi i dette tilfellet får en figur som vist til venstre i figuren over, kan grunnfiguren fremkalles ved å blåse forsiktig inn mot flatene EGH og EDF. Om vi er heldige, vil vi da oppnå en form som vist til høyre på figuren. Dette er grunnfiguren.



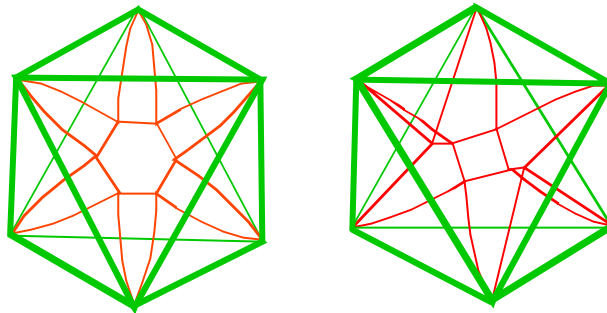
## VITENSENTERET

For å forstå hvordan figuren i oktaederet ser ut, kan figuren studeres gjennom de triangulære flatene. Figuren under viser to varianter for hvordan såpehinnen kan se ut.



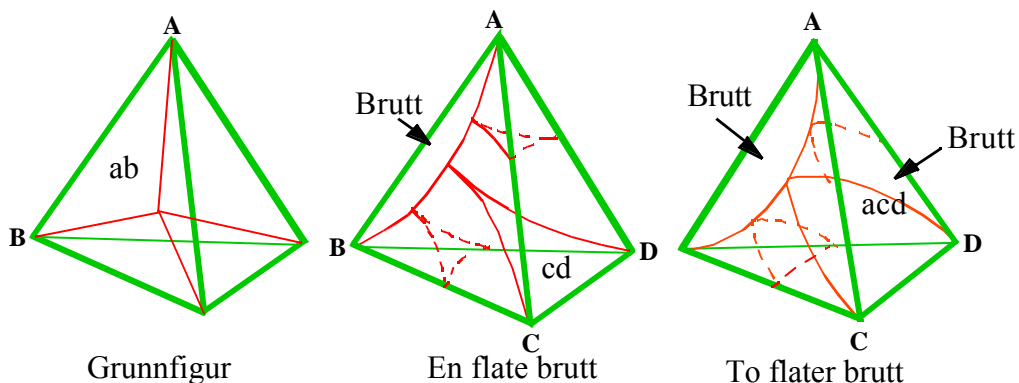
**Figur 76.6 Oktaederets grunnfigur sett fra to ulike sideflater**

Det kan også oppstå andre former som kan betraktes som lokale minima. Dvs at de er delvis stabile, men ikke den mest stabile varianten (grunnfiguren). To slike former er vist på figuren under.



**Figur 76.7 To ikke-stabile varianter av oktaederets såpehinner**

La oss igjen gå tilbake til tetraederet. Grunnfiguren har 6 trekantete flater som møtes i sentrum som vist på figuren under. Dersom vi stikker hull i den ene av de seks flatene (f.eks. flaten  $ab$ ), vil de øvrige flatene strekke seg slik at flatene får minimum total overflate. Vi ser at det oppstår en buet kant mellom hjørnene  $A$  og  $B$ . De stiplede linjene er hjelpelinjer som antyder hvordan flaten krummer.



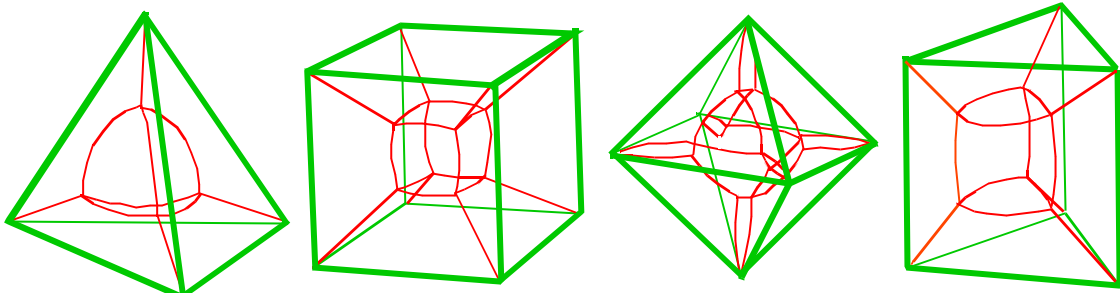
**Figur 76.8 Flatene endrer form dersom vi bryter en eller flere av dem**



## VITENSENTERET

Avhengig av om tetraederets ytterflater er intakte, vil flatene bue innover eller utover. På figuren lengst til høyre, har vi også brutt flaten  $acd$ , hvilket medfører at de indre flatene krummer anderledes.

Ved å dyppe modellen to ganger etter hverandre, vil en - om en er heldig - få sammensatte bobler som vist på figuren under.



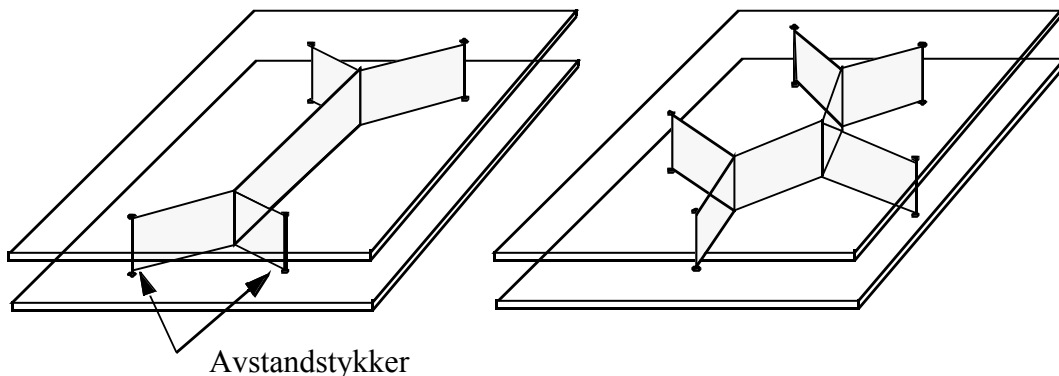
**Figur 76.9 Ikke-sfæriske bobler**

For å oppnå slike “ikke-sfæriske” bobler sørger vi for å fjerne alt skum på overflaten. Så stikkes rammen helt ned i oppløsningen og løftes forsiktig ut. Deretter stikkes den på nytt ned i oppløsningen. Nå stikkes den bare delvis nedi før den dras opp. Dersom det oppstår flater over rammens ytterkanter, fjernes disse lett ved forsiktig å stikke hull på dem.

Figurene over er hentet fra en liten brosjyre laget av firmaet *Cochranes of Oxford Ltd.*

### Ståltråd mellom pleksiglassplater

For lettere å studere vinklene mellom ulike flater, kan en benytte to pleksiglassplater som holdes sammen ved hjelp av tynne avstandstykker (skruer) som vist på figuren under. Når platene med avstandstykker dyppes i såpeblanding, oppstår såpehinner mellom avstandstykkene.



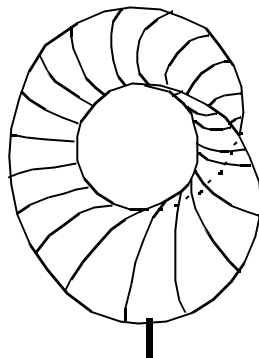
**Figur 76.10 Såpeflater mellom henholdsvis fire og fem punkter.**

Disse modellene viser hvordan såpehinnene danner flater som minimaliserer overflaten som spennes opp av såpehinnen. Sett rett ovenfra, vil disse hinnene gi den korteste linjen som forbinder samtlige punkter. Legg også merke til at bare tre hinner møtes langs hver kant med en innbyrdes vinkel lik  $120^\circ$ .



## VITENSENTERET

Det er også mulig å lage såpehinner med bare en side eller sidekant. En slik flate kalles et Möbius bånd oppkalt etter August Ferdinand Möbius (1790 - 1868), som var den første til å påpeke egenskapene til denne spesielle flaten.

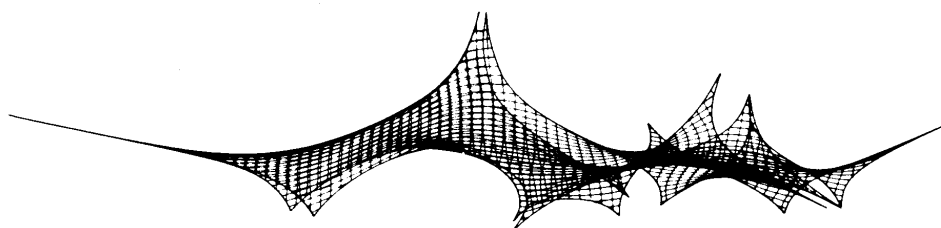


**Figur 76.11 Et Möbiusbånd av såpe**

Disse figurene er hentet fra Kristin Dahls glimrende bok: *“Den fantastiske matematikken”*.

### 76.5 Bruksområde

Såpehinner har vært brukt som inspirasjonskilde for arkitekter, f. eks. i forbindelse med utforming av store tak. I 1972 ble det arrangert OL i München. I forbindelse med dette arrangementet fikk arkitekten Frei Otto i oppdrag å tegne et tak over en av de store idrettsarenaene. Resultatet ble et lett teltlignende tak. For å komme fram til disse konstruksjonene, benyttet han såpeflater som han lot danne ved å dyppe ulike trådkonstruksjoner ned i såpevæske.



**Figur 76.12 Frei Otto's tak over OL-stadionen i München**

Slike figure kan også spennes opp ved hjelp av tau, fint nett eller stoff. Dersom en dusjer figuren med vann når det er under frysepunktet, vil en kunne skape flotte is-skulpturer.

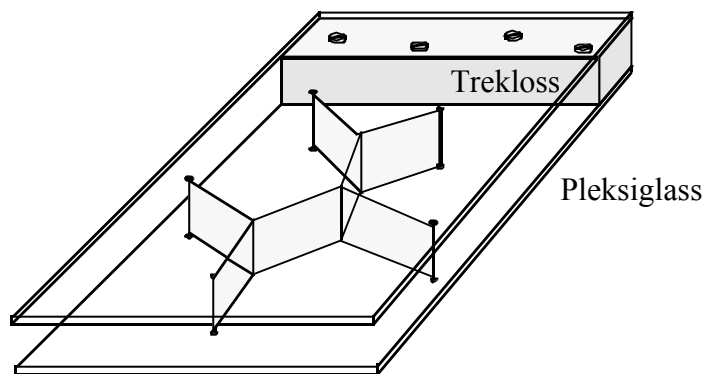


### 76.6.1 Såpefigurer i polyedre

Lag ulike polyedre ved hjelp av sveisetråd eller tykk kobbertråd. Lodd sammen endene. Lag såpeblandingen som beskrevet i avsnittet foran, og gjennomfør forsøkene som beskrevet.

### 76.6.2 Såpeflater mellom pleksiglass

Skjær til to pleksiglassplater som vist på figuren under, og beskrevet i avsnittet 76.4. Fest de to pleksiglassplatene i bakkant til en trekloss. Bor hull gjennom de to platene slik at en tynn spiker kan presses gjennom. Fest spikerne med litt lim på yttersiden av pleksiglassplatene.



**Figur 76.13 To pleksiglassplater festet sammen med en trekloss**

Bland såpevesken og hell det hele over på en beholder som er dyp nok til at hele modellen kan dyppes ned på høykant. Løft platene forsiktig ut av vesken og studer såpehinnene.

Mål vinklene mellom hinnene der disse møtes.

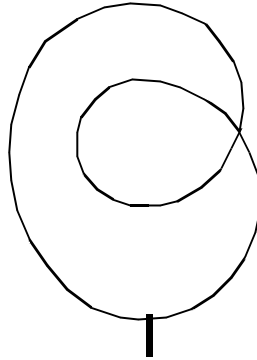
### 76.6.3 Möbius bånd av såpeskum

Bøy en tråd som vist på tegningen under, og dypp den i såpeoppløsningen. Tråden må gjerne være litt tykk slik at den samler opp nok såpeskum når den dyppes i såpeblandingen. Piperensere egner seg godt til å lage holdere for såpebobleblåsing.



## VITENSENTERET

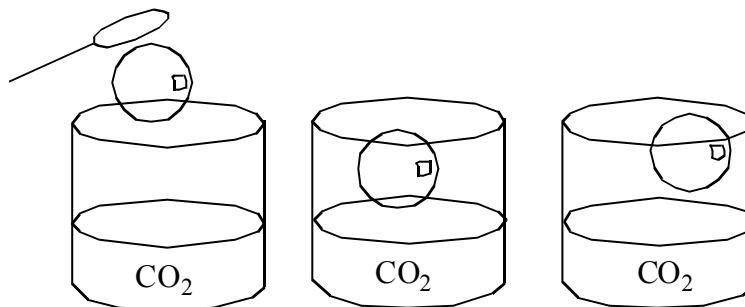
Studer hinnen du nå får. Hva er spesielt med denne hinnen?



**Figur 76.14** En spiralisert tråd må til for å framstille Möbius bånd av såpeskum

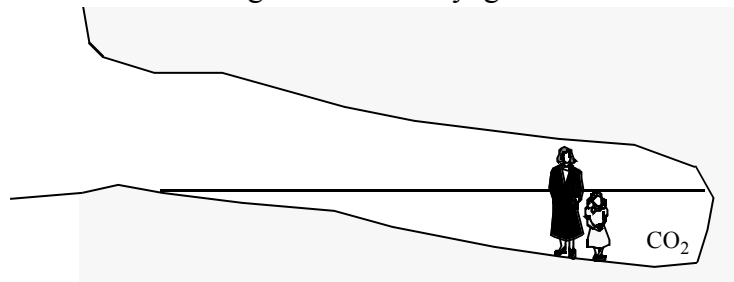
### 76.6.4 Hoppende såpebobler

Kjøp litt kulsyre is og slipp et lite stykke ned i en beholder eller litt stor flaske. Kullsyre- eller karbondioksydgassen har en egenvekt som er ca 1.5 ganger luftens egenvekt og vil dermed legge seg på bunnen av beholderen.



Dersom elevene blåser såpebobler ned i beholderen vil de se noe rart. Boblene vil begynne å sprette opp og ned når de kommer et stykke ned i beholderen, men før de når bunnen. Dette skyldes at boblen treffer den usynlige kullsyren som, for boblene, oppfører seg som et usynlig gulv. Dersom beholderen blir full av kullsyregass vil ikke boblene komme inn i beholderen i det heletatt.

La elevene undre seg før de får forklaringen på fenomenet. Dette eksperimentet kan være en anledning til å forklare at ulike gasser har ulik tyngde.



**Figur 76.15** I grottene i Napoli kan en drukene i Karbondioksyd gass.

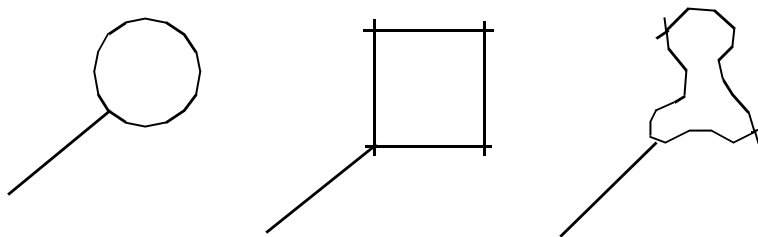


## VITENSENTERET

I Napoli finnes en grotte som skrår langsomt nedover. Inne i hulen skilles det ut gasser, deriblant  $\text{CO}_2$ . Det anbefales turister, som går inn i hulen, å la hunder og mindre barn bli igjen utenfor. Etter hvert som en kommer innover, vil det langs gulvet i hulen samle seg  $\text{CO}_2$  gass. Hunder og små barn, som ikke så høye, vil kunne drukne i gassen, mens en voksen som holder hodet over gassen ikke merker noe særlig.

### 76.6.5 Flere tips til såpebobleeksperimenter

Lag en stor såpeblanding som beskrevet foran. Del ut piperensere til elevene og la dem bøye til former som de ønsker å prøve ut. Det er også mulig å koble sammen flere piperensere slik en får store åpninger.

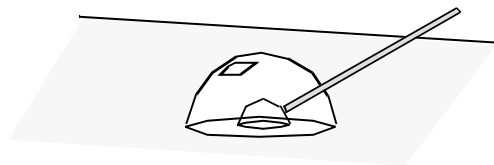


**Figur 76.16 Prøv ulike former for holdere, lag dem med piperensere.**

Blir formen på boblene forskjellig med forskjellig form på holderen?

Lag en sirkel av tommel og pekefinger. Dypp hånden i såpeblandingen og blås såpebobler rett fra hånden. Er det mulig å holde en boble i hånden?

Fukt et bord og blås en boble på bordet. Legg merke til at boblen danner en halvkule. Bruk et sugerør og forsøk å blås en ny boble inne i den større ved å stikke sugerøret gjennom den ytterste hinnen. Hvor mange klarer du å lage inni hverandre? Hva hender dersom boblene kommer i kontakt med hverandre?



**Figur 76.17 Flere bobler inne i hverandre**

### 76.6.6 En dråpes fall

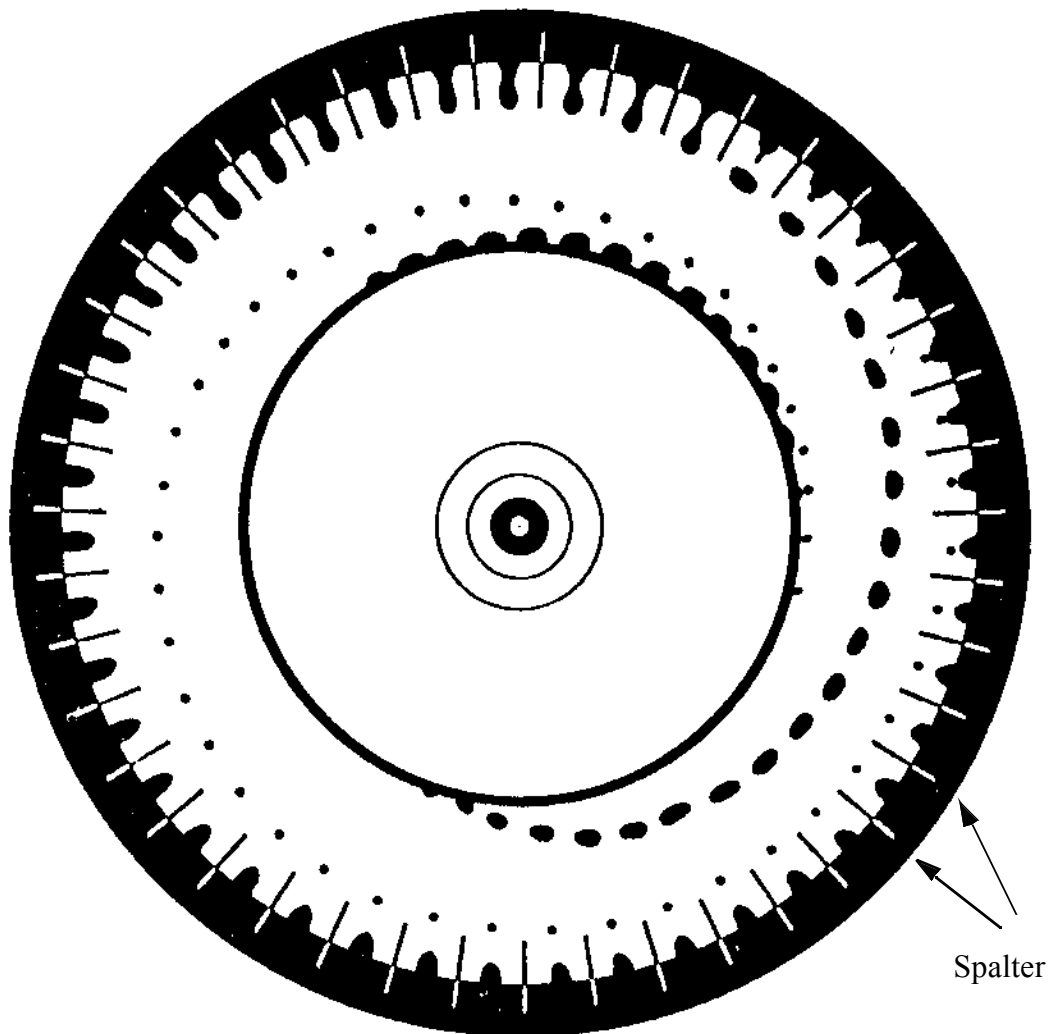
Den som har lyst til å utforske såpehinner og vann i bevegelse, bør lese boka: “*Fysikk med såpebobler*” av C.V. Boys, som er en populærvitenskapelig klassiker. Boka ble gitt ut på nytt i serien Cappelenes Realbøker i 1963, og viser et vell av forsøk knyttet til dette temaet. Dette er forsøk som i stor grad kan gjøres i klasserommet eller hjemme av den enkelte elev.



## VITENSENTERET

Her skal vi bare vise hvordan vi ved hjelp av en pappskive kan lage en “*taumatrop*” for å vise hvordan en dråpe dannes og faller. En taumatrop er en rund skive med spalter. På skiven er det vist en rekke bildesekvenser av en dråpe som faller. Skiven festes til en rund pinne eller blyant slik at den kan dreies raskt rundt, samtidig som den holdes opp mot et speil. Ved å se på bildesekvensen gjennom spaltene, får vi inntrykk av at vi ser en film av en dråpe som faller.

Kopier og klipp ut skiven på figuren under. Lim den opp på et stykke papp og legg den i press. Bruk en lineoliumskniv og skjær ut spaltene (tappjern kan også benyttes). Spaltene er den svart/hvite streken mellom tegningen av dråpene.



**Figur 76.18 Fallende dråpe**

Det er viktig at skiven er helt plan. Når skiva er tørket, lim en trådsnelle inntil platen på den siden som vender fra figuren. Lag et hull i papplaten så blyanten eller pinnen kan dreie fritt. Stikk til slutt en blyant eller en pinnen gjennom snellen og papplaten, og sett fart på plata.

Dersom du nå ser gjennom spaltene mot et speil, vil det se ut som om en dråpe faller.



## VITENSENTERET

I andre sammenhenger går Taumatropen under navnet *Phenakistskop*.

### 76.7 Litteratur

- [1] C. V. Boys, "Fysikk med såpebobler", J. W. Cappelens Forlag, Cappelens Realbøker 1963
- [2] Dr. Cyril Isenberg, "Kubic Bubbles", Cochranes of Oxford Ltd. Leafield Oxford OX8 5NY (Salgsbrosjyre)
- [3] Kristin Dahl, "Den Fantastiska Matematiken", Fischer & Co. 1991, ISBN 91-7054-745-9
- [4] Tom Tit, "Katalog Tom Tits Experiment"
- [5] Teknikens Hus, "Vind och Vatten"
- [6] Experimentarium, "Guide 1994 - 95",