Projekt 1: Såpbubblor

Såpbubblor har de flesta av oss fascinerats av i unga år och för vissa kvarstår fascinationen även som vuxen. Vad fascinationen beror på är nog högst individuellt, men att döma av de sökträffar man får på Google är det lätt att fastslå att en av favoritsysslorna är att förstöra såpbubblorna. Universeum har en såpbubbleavdelning där man kan leva ut sina behov och göra bubblor av alla de slag. För en fysiker är såpbubblan ett mycket intressant system, eftersom det trots att bubblan till större delen består av luft innehåller en hel del fysik. På grund av att det är så mycket luft blir det även relativt lätt att studera.

En såpbubbla som uppvisar de typiska färgskiftningarna för interferens i tunna skikt. Bild från Wikipedia: ”soap bubble”.

Uppgift 1

Vad är en såpbubbla uppbyggd av och hur ser den ut på ”mikroskopis” nivå”? En såpbubbla uppvisar allt som oftast en regnbågseffekt på ytan (se figur). Vad är det som ger upphov till denna effekt?

Uppgift 2

Såpbubblor görs vanligtvis av en blandning av diskmedel och vatten. Hur fungerar diskmedel? Vad är det som begränsar en såpbubblas storlek? Kan ni hitta exempel på hur man kan göra extra stora bubblor med vissa enkla ingredienser?

Uppgift 3

Varför är det så lätt att spräcka en såpbubbla samtidigt som de ser ut att vara förhållandevis stabila när de svävar omkring? Varför kan de mer eller mindre intakta sätta sig på vissa ytor?

Uppgift 4

Uppskatta hur många ”diskmedelsmolekyler” en såpbubbla innehåller. Hur mycket väger de jämfört med vattnet i bubblan? Vad skulle en såpbubbla stor nog att inkapsla Jorden väga?

Uppgift 5

Beskriv matematiskt de krafter som styr en bubblas rörelse i höjdled (utan att ta hänsyn till vind). Försök uppskatta hur snabbt en bubbla borde falla till marken. Verkar det rimligt?

Uppgift 6 (experiment)

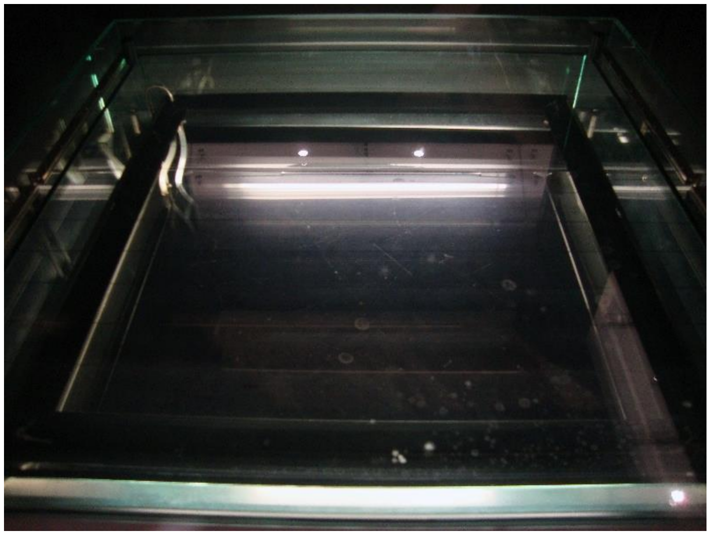
Ibland råkar man ut för ”dubbelbubblor” (eller trippelbubblor o.s.v.) som sitter ihop med en gemensam vägg. Om bubblorna är av olika storlek, åt vilket håll buktar väggen, in i den större eller mindre bubblan?

Uppgift 7 (MATLAB)

De ytaktiva molekylerna i såpbubblan är hela tiden i rörelse. Denna rörelse är slumpmässig över såpbubblans yta enligt s.k. Brownsk rörelse efter den skotske botanisten Robert Brown, som iakttog en till synes slumpmässig rörelse hos pollenkorn i vattenlösning. Brownsk rörelse kan approximeras med en ”random walk ” där ett objekt under en viss tid rör sig en viss sträcka i en slumpvis riktning. Såpbubblans dimensioner är mycket större än de molekyler som stabiliserar den och vi kan därför approximera ytan som tvådimensionell. Använd MATLAB för att modellera en random walk för molekyler i 2D. Efter att ett antal simuleringar gjorts, plotta medelavståndet från utgångspunkten som funktion av tiden. Tips: Kommandot ”rand” genererar ett slumptal mellan noll och ett.

Projekt 2: Dimkammaren

Dimkammaren är en enkel form av partikeldetektor som kan användas till exempel för att studera sönderfallet av vissa radioaktiva isotoper. Dimkammaren, som även kallas Wilsonkammare efter dess uppfinnare, den skotske fysikern C.T.R. Wilson, användes under början till mitten av 1900-talet bland annat till upptäckterna av positronen, myonen och kaonen. Sedan dess har dess vetenskapliga värde minskat i takt med att mer avancerade detektorer uppfunnits, men på grund av sin enkla konstruktion och handhavande är den fortfarande ett värdefullt verktyg för att påvisa subatomära partiklar.



Universeums dimkammare.

Uppgift 1

Hur fungerar dimkammaren, varför blir det spår av partiklar i den? Ge exempel på elementarpartiklar som ger upphov till dessa spår.

Uppgift 2

Varför ser spåren ut som de gör i termer av bredd, längd och kurvatur? Vad skulle hända med spåren om en kraftig magnet placeras ovanpå dimkammaren?

Uppgift 3 (experiment)

Försök mäta längden på de olika typerna av karakteristiska spår. Vilken partikel är vanligast förekommande?

Uppgift 4

Uppskatta hur stor rörelseenergi hos en β partikel som ett spår motsvarar om partikeln antas jonisera 100 molekyler per cm spårlängd.

Uppgift 5

Vad skulle hända med dimkammaren om ni placerar en klase bananer i närheten? Vad ger bananerna ifrån sig? Hur många bananer måste man äta för att få samma stråldos som den som räddningsarbetarna utsattes för efter härdsmältan i Tjernobyl 1986, d.v.s. ungefär 50 Sv? Hur lång tid tar det för mänskligheten att producera så många bananer?

Uppgift 6

Norrsken är ett fenomen som även det har att göra med laddade partiklar och joniserande strålning. Vad är norrsken? Norrsken har stora likheter med lysrör. Hur fungerar dessa?

Uppgift 7 (MATLAB)

Radioaktivt sönderfall kan ofta beskrivas som en slumpvis process som följer en s.k. Poissonfördelning. Denna statistiska modell innehåller bara en parameter, nämligen medelvärdet på antalet händelser per tidsenhet. Sannolikhetsfördelningen kan skrivas (för heltal x, antal händelser):

$$p(x) = \frac{\lambda^x \exp(-\lambda)}{x!}$$

Här är λ det förväntade antalet händelser utifrån det givna medelvärdet. Testa MATLABs funktion ”poisspdf” för att plotta sannolikheten för att ett visst antal atomära sönderfall registreras under en viss tid. Använd gärna ”riktiga” värden på halveringstiden för någon isotop. När fungerar denna statistiska modell *inte* för att beskriva radioaktivt sönderfall?

Projekt 3: Ut i rymden

Rymden har i alla tider fascinerat människan, vilket utnyttjas på Universeum. Vad finns där uppe och hur skall vi ta oss dit? På senare år (efter kalla krigets slut) har mindre och mindre av världens resurser lagts på rymduppdrag och rymdforskning, något som upprör inte minst Neil deGrasse Tyson, en mycket se- och hörvärd man (dessutom utsedd till ”Sexiest Astrophysicist Alive” av People Magazine år 2000 samt ”The Man Who Killed Pluto”). Rymdkolonialisering upplever dock något av en renässans idag då många funderar på hur vi, i tider av överexploatering av Jorden, skulle kunna ta oss till Mars och överleva där. (Faktum är att det verkar som man nu planerar att skicka folk dit och skapa en dokusåpa av hela historien!)

Jorden sedd från månen. (Bild från NASA.)

Uppgift 1 (experiment)

På Universeum finner ni en uppställning med ett gyro och en runt z-axeln relativt fritt roterande pall. Håll gyrot i händerna och låt en kompis sätta snurr på det. Försök luta gyrot. Hur känns det? Gör om samma procedur sittandes på pallen. Beskriv vad som händer!

Uppgift 2

Ponera följande scenario: *Trots människans uppfinningsrikedom gällande utnyttjandet av Jordens resurser är nästan varje resurs Jorden har att erbjuda förbrukad. Vår planet är bortom all tänkbar räddning och för att överleva är människans enda hopp att kolonisera en ny planet. Men det går åt mycket energi för att åstadkomma denna flykt…* Ungefär hur mycket energi går åt för att flytta en massa motsvarande Jordens befolkning och någon form av farkost ut i rymden? Hur mycket prylar skulle man kunna ha med sig? Hur många år tar det med dagens elproduktion innan el motsvarande denna energi har tillverkats i Sverige? I världen? Finns det något sätt att reducera denna energi? Om man istället tänker sig det bibliska konceptet med en Ark där endast ett fåtal människor får plats, tillsammans med ett par av varje levande art, hur mycket energi krävs för att nå ”escape velocity” med denna massa? Givet att människan flyr inom det egna solsystemet och att resurserna på de planeter som då koloniseras förr eller senare också tar slut, vad är energikostnaden att fly från dessa?

Uppgift 3

För att göra långa rymdresor mer lika livet på Jorden kan exempelvis artificiell gravitation användas. (Gravitation är trots allt ganska praktiskt, även om det är fräckt att vara tyngdlös.) Detta kan implementeras genom att låta bygga skeppet som en roterande cylinder med passagerarutrymmena i cylinders periferi, som är gjort t.ex. i Stanley Kubricks 2001: A Space Odyssey (1968). Ge något exempel på lämpliga dimensioner och rotationshastighet (vinkelfrekvens) för ett rymdskepp. Kommer detta upplevas som gravitation i den mening vi känner den på Jorden?

Uppgift 4 (MATLAB)

Använd MATLAB för att visualisera (lite upp till er själva hur) ett objekt som släpps från en viss höjd i ett artificiellt gravitationsfält faller (bortse från luftmotståndets inverkan). Testa det lite mer intressanta scenariot när höjden som objektet faller från är jämförbar med radien på rotationsbanan för golvet i rymdskeppet. (MATLAB kan förstås inte hjälpa er förstå fysiken i problemet... Det är enbart ett verktyg för att visualisera effekten av artificiell gravitation i detta ”fall”.)

Uppgift 5

En halvtokig Österrikare vid namn Felix Baumgartner gjorde sig ganska nyligen världskänd genom att genomföra världens högsta fallskärmshopp från nästan 40 km:
http://www.youtube.com/watch?v=FHtvDA0W34I
Man kan nästan säga att han hoppade från rymden. Han bröt även ljudbarriären, vilket var ett av målen med hoppet. Varför måste man hoppa från så hög höjd för att uppnå ljudets hastighet? Vilka krafter inverkar och hur beror de av hur högt man befinner sig? (Uppgiften eftersöker endast fysikaliska resonemang, inga kvantifieringar.)

Uppgift 6

Idag är det möjligt att med hjälp av teleskop, på Jorden så väl som i rymden, upptäcka större asteroider på väg mot Jorden. Givet att en asteroid, stor nog att hota människans (och andra arters) överlevnad, upptäcks vara på kollisionskurs med Jorden, skulle vi kunna göra något åt det? Är det möjligt att göra det som föreslås i Michael Bays Armageddon från 1999? Finns det något annat sätt? Se gärna *Vetenskapens Värld 1304221* (kontakta era handledare om ni inte får tag på det avsnittet).

Uppgift 7

Hur stor måste en asteroid vara för att man skall våga hoppa på den utan att riskera att inte komma tillbaka till dess yta? Skulle Sergey Bubka kunna stav-hoppa av månen?

Projekt 4: Elektriska ålen

Djurriket är fullt av olika jakttekniker, den ena mer sofistikerad än den andra. I detta projekt studeras jaktstrategier hos den elektriska ålen (arten darrål) som använder elektricitet för att förlama eller döda sina byten, alternativt för att försvara sig själv. Angående innovativa jakttekniker, kolla även projektet om sprutfisken och se klippet *Fastest animals on Earth in slow motion - Animal Camera - BBC*: http://www.youtube.com/watch?v=zcWxAfl0okE

Den elektriska ålen på Universeum.

Uppgift 1

Darrålen har dåligt utvecklad syn och vattnen den lever i är ofta mycket grumliga. Hur bär den sig åt för att navigera och finna potentiella byten?

Uppgift 2 (experiment)

Försök bestämma ålens längd och diameter (lämpligtvis utan att fiska upp den).

Uppgift 3

Elektriciteten från darrålen genereras i diskformade celler som kallas elektrocyter. Vad är det som är så speciellt med cellernas uppladdning och urladdning? Utgå från att 0.005% av ålens ytarea består av elektrocyter som kan betraktas som cylindrar med radie 50 μm. Om varje cell genererar en potential på 0.15 V, vilken effekt frigörs om chocken ger 1 A?

Uppgift 4

Varför är det relativt svårt att bygga en elektrisk krets som kan laddas upp och sedan laddas ur ungefär som ålens elektrocyter? (Hur skulle kretsen se ut?)

Uppgift 5

Anta att ålen kan avge en elektriska urladdning, som varar 2 ms, varje sekund. Hur många elektriska ålar skulle behövas för att försörja Sverige med elektricitet, förutsatt att vi kan ta tillvara på energin i elchockerna? Skulle dessa ålar få plats i Vänern? Hur mycket plats skulle varje ål i så fall få?

Uppgift 6 (MATLAB)

Utgå från svaren och uppskattningskonceptet ifrån föregående uppgift. Rita kurvor i MATLAB över hur många reproduktionscykler det skulle krävas, utgående från två ålar, innan antalet ålar från föregående uppgift nås. Anta att varje födsel utgörs av ett konstant antal ungar. Gör detta för flera olika storlekar på ål-kullarna och plotta resultaten i samma figur. Prova att plotta med logaritmisk skala.

Uppgift 7

Kan en elchock från en darrål döda en människa? Under vilka omständigheter? Kan man tänka sig någon evolutionsbiologisk förklaring till varför ålarna har ungefär den storlek de har? (Hur skalar elchockens effekt med ålens längd?)

Projekt 5: Geckoödlan

Ett av Universeums mest populära djur är geckoödlan, som är välkänd för sin förmåga att klättra på nästan vilka ytor som helst samt även hänga upp och ned. I detta projekt tittar ni närmare på de fysikaliska mekanismer som möjliggör geckoödlans vidhäftning och snabba rörelse.

Geckoödla på Universeum.

Uppgift 1

Vilken är de molekylära interaktioner som möjliggör geckoödlans vidhäftning? Beskriv denna sorts interaktion kortfattat.

Uppgift 2

Geckoödlan är också väldigt snabb. Hur kan den vara duktig på att både hänga fast vid en yta och springa snabbt? Se youtube-klippet *Curling toes & technological advances - Space Age Reptiles - BBC animals*: http://www.youtube.com/watch?v=NWH624jPW0w

Uppgift 3

Hitta och läs artikeln *Adhesive force of a single gecko foot-hair* i *Nature*. Beskriv vad forskarna kom fram till och hur de bar sig åt.

Uppgift 4 (experiment)

Testa ”geckodräkterna” på Universeum! Klarar de av att hålla er uppe? Gör en kraftbalans och uppskatta en effektiv friktionskoefficient för vidhäftningen. Tänk på effekten från väggens lutning. Jämför med geckoödlans fötter!

Uppgift 5

Hade en elefant (som är lika smidig och rörlig som en geckoödla) kunnat klättra på väggen om den hade haft fötter med samma vidhäftningsmekanism som en geckoödlas? Hade den kunnat hänga upp-och-ner i taket? Om den hade klarat även det, hur mycket extra vikt kan den klara av innan den faller ner?

Uppgift 6 (MATLAB)

En geckoödla springer uppför en vägg. Till varje steg den tar finns kopplat en sannolikhet att den tappar greppet och istället faller ner ett steg. För varje försök att ta sig uppåt kan den alltså med en viss sannolikhet ramla ned ett steg. Plotta några kurvor som visar geckoödlans höjd från golvet som funktion av antalet steg den tagit. Gör detta för några olika sannolikheter att geckoödlan tappar greppet. Tips: Sannolikheter kan modelleras genom att använda MATLABs kommando ”rand” som genererar ett slumptal mellan noll och ett.

Projekt 6: Matematik i naturen

Naturen är full av mönster och strukturer som kan beskrivas med enkla matematiska regler. Det är ingen slump att antalet blad på en solros återfinns i Fibonacci-serien eller att en snäckas spiralform kan relateras till det gyllene snittet. Se gärna youtube-klippet *Nature by Numbers* (med ljud): http://www.youtube.com/watch?v=kkGeOWYOFoA

Romanesco (Broccolo), en hybrid mellan blomkål och broccoli (kanske världens minst välsmakande grönsak), är ett exempel på en naturlig fraktal. Bild från Wikipedia (”Romanesco broccoli”).

Uppgift 1

Vad är det gyllene snittet och hur härleds det? Ge exempel på var och förklara varför man hittar gyllene snittet i naturen?

Uppgift 2

Ett annat intressant matematiskt koncept som dyker upp i naturen är Fibonacci-serien. Hur definieras denna talserie? Testa att beräkna kvoten för två tal i Fibonacci serien för allt högre index på talen. Vad konvergerar resultatet mot?

Uppgift 3

Honungsbin förökar sig enligt följande: Ett ägg som läggs av en oparad hona ger en hane. Ett ägg som fertiliserats av en hane ger en hona. Anta att alla ”förfäderna” (genetiska föregångare) till en viss hane inte är släkt med varandra. Hur många förfäder har då en hane räknat som funktion av antal bakåtgående generationer?

Uppgift 4

Fraktaler och självliknelse är ytterligare matematiska koncept som dyker upp i naturen. Vad är den bakomliggande mekanismen? Ge några exempel på var man kan finna naturliga fraktaler. I skriften *How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension* (1967) presenterade den fransk-amerikanske matematikern B. Mandelbrot problemet med att mäta en kuststräckas längd. Varför beror en kuststräckas uppmätta längd på hur lång mätsticka man använder sig av? Finns det egentligen något korrekt svar på frågan hur lång Norges kust är?

Uppgift 5 (experiment)

Kan ni hitta exempel på fraktaler, gyllene snittet eller Fibonacci serier inne på Universeum? Ni kan kanske hitta exempel på de saker ni nämnt i tidigare uppgifter eller något annat.

Uppgift 6

Gör en storleksuppskattning för att svara på följande fråga (ett typiskt så kallat ”Fermi-problem”): Vad är den sammanlagda arean av alla löv som sitter på träden i Göteborgs innerstad (på sommaren)?

Uppgift 7 (MATLAB)

Generera den ”gyllene spiralen”.

Projekt 7: Växter och regnskogen

Universeum har en hel regnskogsavdelning där man kan uppleva flera exotiska växter. Utan växter och deras fotosyntes skulle allt liv på jorden upphöra. Som bekant tar växter vatten från marken och koldioxid från luften för att med hjälp av energin i solljuset skapa organiska föreningar med högt energiinnehåll. Växterna äts av djur och energin vandrar uppåt i näringskedjorna. Växterna och särskilt regnskogen är också en viktig spelpjäs i de globala klimatförändringarna eftersom de starkt påverkar koldioxidhalten i luften.

Arealen regnskog på Jorden fortsätter minska, även om miljöengagemang bromsat upp skövlandet något. Bilden visar skövlad och bränd regnskog i Mexiko.

Uppgift 1

Vi börjar med att titta på hur vattnet tas upp av växterna. Transporten uppåt i t.ex. ett träd sker i s.k. kapillärer. Vatten flödar spontant uppåt i en kapillär. Man brukar använda samma princip för att ta blodprov i mindre volymer. Effekten är densamma när man doppar t.ex. hushållspapper i vatten – det sugs upp! Varför sker detta och vilka krafter är det som verkar på vattnet?

Uppgift 2

Den maximala höjden av en vätskepelare i en kapillär ges av:

$$h = \frac{2\gamma\cos(\theta)}{\rho g r}$$

Här står ρ för densiteten hos vätskan, g för gravitationskonstanten, θ för den s.k. kontaktvinkeln och r för kapillärens radie. Parametern γ är den så kallade ytspänningen mellan vätskan och luften. Vad blir enheten på γ och vad innebär begreppet ytspänning fysikaliskt? Anta att $\theta = 20°$ i en kapillär med $r = 10$ µm. Hur högt kan ett träd bli om man antar att vattentransporten är det som begränsar tillväxten? Är resultatet rimligt?

Uppgift 3 (MATLAB)

Approximera ett träds stam som en kon geometriskt sett. Höjden på konen ökar med 1 m och bottens diameter med 1 cm per år. Använd MATLAB för att rita alla årsringar i 3D för ett hundra år gammalt träd. Tips: Någon form av for-loop är att rekommendera. Rita ringarna i separata höjdplan med ett år däremellan. Varför har träd förresten årsringar?

Uppgift 4 (experiment)

Uppskatta volymen trä i ett typiskt träd i regnskogsavdelningen!

Uppgift 5

Levande trä har nästan lika hög densitet som vatten och nästan hälften av ett träds massa består av kol. Uppskatta hur mycket CO_2 som har tagits upp av trädet ni studerade i föregående uppgift! Nuförtiden kan man ”klimatkompensera”, exempelvis genom att skänka pengar till trädplantering när man köper en vara eller tjänst som medför exempelvis CO_2 utsläpp. Hur många träd av den sort ni tittade på behöver nyplanteras för att kompensera för en typisk flygresa?

Uppgift 6

Resultatet av fotosyntesen är syre samt energirika kolföreningar, framför allt glukos, som bland annat används till att bygga upp cellulosa. Hur ser den kemiska strukturen för cellulosa ut? Hur mycket energi kan frigöras och hur mycket CO_2 avges när ett träd förbränns fullständigt i kemisk mening? Sker detta när man tänder en vanlig brasa vid en grillplats? Hur många hus kan ett träd som mest räcka till att värma upp under en viss tid?

Projekt 8: Sprutfisken

I akvariedelen av Universeum strax innan regnskogen bor sprutfiskarna, *toxotes jaculatrix*. Fisken är känd för sitt exeptionella sätt att jaga insekter som befinner sig på grenar som sticker ut ovanför vattnet. Den skjuter iväg en vattenstråle från munnen som oftast träffar insekten och knuffar av den från grenen. Skalbaggar, larver och dylikt går sedan sitt öde till mötes i vattnet. Sprutfisken kan träffa mål som befinner sig flera meter ovanför vattenytan och skjuter mot allt som rör sig eller lyser. Kolla gärna in denna video: http://www.youtube.com/watch?v=fhBZ40jIo4Q

En vanlig sprutfisk.The copyright on this image is owned by Louisville Zoo. It is reproduced as found on Wikipedia (entry: "archerfish") and shared under the Creative Commons license.

Uppgift 1 (experiment)

Försök få fiskarna att spruta, alternativt se på vid matningen på Universeum om ni är i närheten då. Försök uppskatta vinkeln α som sprutfisken sprutar vatten med gentemot ytans normal.

Uppgift 2

Sprutfiskens ögon befinner sig alltid under vattnet när den tar sikte och munnen kan antas vara precis vid ytan. Detta gör det svårare att träffa och yngre fiskar måste träna upp sig innan de blir duktiga på att träffa. Anta att en otränad fisk sprutar en helt rak stråle mot en insekt som befinner sig någonstans ovanför vattnet på ett faktiskt avstånd x längs med ytan. Med hur stort avstånd Δx missar strålen i så fall i sidled, som funktion av x och α? Vilken är den högsta möjliga vinkeln som fisken kan se upp genom ytan med och vad händer vid högre α?

Uppgift 3

En annan utmaning som sprutfisken måste klara av är att kompensera för gravitation vid höga sprut. Uppskatta vattenstrålen som en serie "vattenbollar" med utgångshastigheten v_0. Fisken siktar korrekt på en insekt men tror felaktigt att den kan spruta rakt. Hur mycket missar vattenstrålen i höjdled Δh som funktion av x, α och v_0?

Uppgift 4 (MATLAB)

Använd MATLAB till att plotta en ”film” som visar hur sprutfisken sprutar och träffar en insekt som sedan faller ned i vattnet (med utgångshastighet noll och utan luftmotstånd). Filmen får gärna spelas upp i slow motion.

Uppgift 5

Uppskatta (den minsta) energin som går åt för att genomföra ett typiskt sprut! Hur mycket energi (kalorier) innehåller insekten om det rör sig om en gräshoppa? Utifrån detta, hur många gånger kan fisken missa och ändå tjäna på att försöka fånga insekten, energimässigt sett?

Projekt 9: Sonar och radar

Det finns en nyligen öppnad avdelning på Universeum med det tragikomiska namnet ”Undergången”. I denna grotta bor det djur som föredrar mörker, bland annat fladdermöss. Fladdermusen är känd för sig förmåga att ”se” i mörker genom ultraljud. Även delfiner använder ekot från utsända ljud för att orientera sig. Principen är på vissa sätt densamma som när man använder radar för att detektera föremål. Faktum är att Universeum även har en radarutrustning som kan mäta en persons längd med hyfsad precision.

Fladdermöss har väldigt olika utseende. Många har mycket stora och avancerade öron.

Uppgift 1

En fladdermus kan känna av fördröjningen som motsvarar den extra tid det tar för ekot att nå det öra som är längre bort från objektet. Detta gör att fladdermusen vet om ett objekt befinner sig till höger eller vänster. Hur lång är denna tidsfördröjning uttryckt som en funktion av vinkeln α i sidled ($\alpha = 0$ innebär rakt framåt) och ett avstånd r till objektet? (Tips: Kontrollera att rimliga resultat fås för $\alpha = 0$ och $\alpha = 90°$.)

Uppgift 2 (experiment)

Försök höra fladdermössen i Undergången! Går det? Om inte, varför? Har personalen hört dem?

Uppgift 3

Fladdermössen skriker med frekvenser upp till ca 100 kHz. Ungefär hur små insekter kan fladdermusen ”se” med sin sonar? Syrsor, myggor eller kvalster? Är upplösningen bättre eller sämre med radar? Varför?

Uppgift 4

Fladdermusen kan förutom avstånd och riktning även bestämma ett objekts hastighet. Detsamma gäller för radarutrustning. Hur går det till? Polisen brukar mäta bilars hastighet med fartkameror eller med portabel radarpistol. Vilken är den största begränsningen när man i praktiken gör mätningar med en radarpistol som bärs omkring? Man brukar uppskatta felmarginalen till högst 5 km/h i fartkameror. Vilken upplösning i relativt frekvensskift motsvarar detta hos mätutrustningen?

Uppgift 5

När fladdermusen ger ifrån sig ultraljud kan den inte samtidigt lyssna eftersom den dövar sig själv. Det blir därför viktigt hur ofta ultraljudspulser avges och detta kan fladermusen kontrollera. Hur påverkar pulsintervallen fladdermusens förmåga att navigera på olika platser?

Uppgift 6

Vad händer om fladdermusen hamnar i vatten och försöker orientera sig med sonar (medan den håller andan)?

Uppgift 7 (MATLAB)

En fladdermus skickar iväg en sonarpuls som beskrivs av:

$$a(t) = [2\cos(\omega t) + \sin(3\omega t)]\exp\left(-\left[\frac{t}{\tau}\right]^2\right)$$

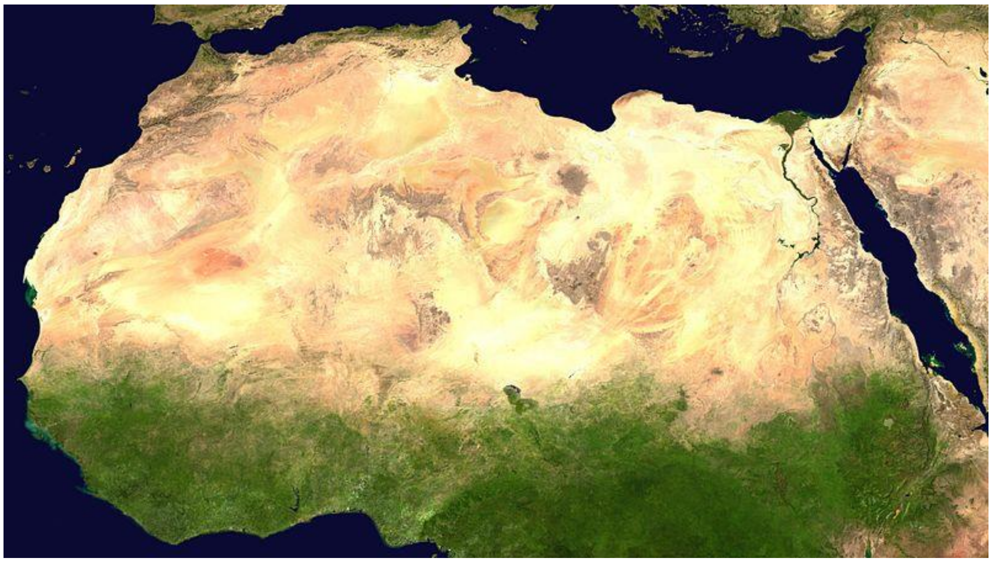
Här är *a* amplituden för ljudvågen (i godtycklig enhet) och *t* är tiden. Plotta pulsen i MATLAB för ω = 100 kHz och τ = 2 ms i ett tidsintervall på 10 ms cetrerat vid noll. Använd en upplösning (diskretisering) $1/f_s$ med f_s = 1 MHz. Vad är den fysikaliska betydelsen av parametrarna ω och τ? Den s.k. Fouriertransformen av en funktion kan beräknas i MATLAB (med diskreta datapunkter). Skriv ”help fft” i MATLAB och läs! Förutsatt att ni nu har parametrarna ”t”, ”a” och ”fs” som variabler i MATLAB, beräkna och plotta Fouriertransformen av *a*(*t*) enligt:

```
A=fft(a,fs); %gör transformen
f=0:10^5; %generera frekvensintervall
plot(f,abs(A(1:length(f)))); %plotta Fouriertransformen
```

Vad betyder resultatet?

Projekt 10: Vatten – en bristvara?

Universeums akvariedel visar ”vattnets väg genom Sverige”, från fjällbäckar till Östersjön och Västkusten. I Sverige har vi mycket god tillgång till färskvatten av hög kvalitet. Man kan ofta dricka vatten från sjöar och bäckar rakt av och fjällvandrade behöver aldrig ha med sig vatten. Så är det inte i många delar av världen. I takt med klimatförändringar och miljöförstöring kan tillgången på vatten bli alltmer akut för många. Landskapet kommer också att förändras och man tror att öknarnas areal kommer att öka.



Klimatförändringar, brist på nederbörd och skogsavverkning genererar större öknar. Sahara är världens största öken.

Uppgift 1

I Göteborg hämtas vatten från Göta Älv till hushållsanvändning. Ta reda på vattenflödet i älven samt en normal persons förbrukning av vatten. Hur många städer av Göteborgs storlek skulle kunna få hushållens vattenbehov fyllt av älven?

Uppgift 2

I väderprognoser brukar man ange s.k. relativ luftfuktighet och inte bara temperatur. Varför? Vad är ångtryck (p_v) och hur definieras relativ luftfuktighet utifrån vattnets partialtryck (p_p)? Vad är daggpunkt?

Uppgift 3 (MATLAB)

För vatten vid jordens yta kan man approximera ångtrycket med Magnus empiriska formel:

$$p_{\mathrm{v}}(T) = 6.11\exp\left(\frac{17.6T}{T+243}\right)$$

Här fås ångtrycket i hPa och T stoppas in i °C. Hämta data från SMHI över medeltemperaturer i olika orter i Sverige 2012. Räkna ut motsvarande ångtryck med hjälp av ekvationen och rita datapunkterna i MATLAB.

Uppgift 4

Sverige har många sjöar. Vattennivån i insjöar bestäms av balansen mellan nederbörd och avdunstning. Langmuirs avdunstningsekvation kan användas för att beräkna ett flux vid en vätskeyta i kontakt med en gas:

$$J = [p_{\mathrm{v}}(T) - p_{\mathrm{p}}]\left(\frac{m}{2\pi k_{\mathrm{B}} T}\right)^{1/2}$$

Här är k_{B} Boltzmann's konstant, T temperatur och m massan av en molekyl (av den sort som avdunstar). Vad blir enheten på J och vad händer om partialtrycket blir större än ångtrycket? Uppskatta hur lång tid det tar för någon av Sveriges sjöar (valfri) att avdunsta om det helt skulle sluta regna med hjälp av luftfuktighetsdata (insamlad från lämplig källa).

Uppgift 5 (experiment)

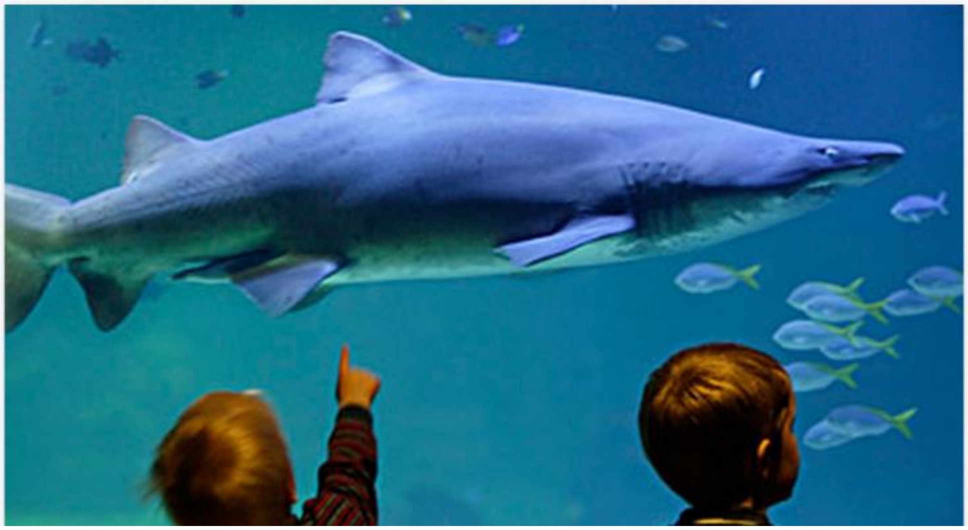
Testa att avdunsta vatten från ett glas i rumstemperatur jämför med i ett kylskåp! Är det någon skillnad och bör det vara det? (Behöver inte genomföras på Universeum.) Är resultatet från föregående uppgift rimligt? Hur kan man enkelt påskynda avdunstningen?

Uppgift 6

Man brukar nämna att polarisarna kommer att smälta och höja vattennivån i världshaven som en konsekvens av den globala uppvärmningen. I samband med att isen smälter tror man också att en *accelererad* uppvärming av jorden kommer att ske. Varför kommer uppvärmningen troligen att ske snabbare allt eftersom mängden is blir mindre och vilka molekylära mekanismer är inblandade?

Projekt 11: Hajar som hajar

Universeum är känt för sina hajar. Hajen är en en uråldrig typ av fisk i den mening att arter liknande de hajar vi har idag har existerat väldigt länge. Många arter är idag utrotningshotade. Hajar är kanske inte direkt vackra men fascinerande på andra sätt, inte minst för fysiker.



En av Universeums hajar. (Bild från: www.universeum.se)

Uppgift 1

Det ryktas att hajar har ett exceptionellt luktsinne. Det stämmer också, men man brukar spä på lite, t.ex. genom uttryck som att ”hajarna känner en droppe blod på en mils avstånd”. Diskutera huruvida detta är rimligt utifrån ett fysikaliskt perspektiv. Går det förresten att på ett konsekvent sätt reda ut vad som menas med ett sådant påstående?

Uppgift 2

Ett annat rykte som hajarna får stå ut med är att de inte kan sova. Stämmer det? Hur uppstod ryktet?

Uppgift 3

Hajen är mycket snabb i vattnet! En anledning är att dess skinn ger låg friktion gentemot vattnet. Anta att hajens friktion kan beskrivas av:

$$F_{\mathrm{f}} = \frac{C\rho A v^2}{2}$$

Här är v hastigheten, A tvärsnittsarean och ρ vätskans densitet. Själva hajen kommer in i den dimensionslösa konstanten C som beror på objektets form. (Exempelvis är C = 0.5 för en sfär.) Teckna en differentialekvation som beskriver hajens rörelse i sidled om kraften som stjärtfenan ger när den viftar är $F_0(1+\sin(t))$.

Uppgift 4 (MATLAB)

Studera MATLABs differentialekvationslösare ”ode45”. Försök använda den till att lösa differentialekvationen ovan. Ni får hjälp med att skriva om ekvationen på rätt format om det behövs.

Uppgift 5

Anta att det finns pyttesmå hajar. (Det finns ju i alla fall väldigt små djur som simmar runt i haven…) Hur blir uttrycket för friktionen gentemot vattnet för en fisk som är i storleksordningen 1 mm? Vad är den fysikaliska anledningen? Tips: Kolla upp ”Reynolds tal” och ”Stokes drag”.

Uppgift 6 (experiment)

Studera när hajarna matas på Universeum. Försök uppskatta hur snabbt de kan simma och accelerera. Kanske kan ni även uppskatta vilken effekt hajens muskler utvecklar (som går till att accelerera hajen).

Projekt 12: Biomimetik

Universeum ger lite olika exempel på djur vars otroliga egenskaper inspirerat teknologins frammarsch. Evolutionen är en långsam men utomordentlig optimerare. Att härma naturen för att lösa komplexa problem, vilka underlättar människans levnadsvillkor, kallas för biomimetik. Det här projektet handlar om diverse exempel på biomimetik. Det kanske mest kända fenomenet är lotusblommans blad som spontant får vattendroppar att rulla av och dra med sig smuts.

Vatten som rinner på ett lotusblad. Bild från Wikipedia (”lotus effect”).

Uppgift 1 (experiment)

Häll lite vatten på ett blad från en växt. (Det behöver inte vara en lotusblomma men beskriv vilken växt det rör sig om.) Hur pass väl väts ytan? Bildas individuella droppar? Försök gärna fotografera hur det ser ut där vattnet och ytan möts (även om det kan vara svårt att fokusera).

Uppgift 2

Lotusblommans blad stöter bort vatten och har en självrengöringsmekanism. Vilket fysikaliskt koncept kan beskriva dessa egenskaper? Kännedom om den så kallade ”Lotus-effekten” kan utnyttjas i t.ex. husfärg för att hålla fasaden ren. Skulle den fungera lika bra för att förhindra klotter?

Uppgift 3

”Hajdräkterna”, vilka fått inspiration från hajens skinn, är numera förbjudna att använda i tävlingssammanhang inom simning. Beskriv hajens skinns mikrostruktur! Vad vet man om hur denna gör att vattenmotståndet reduceras? Här kan inspiration till ert projekt även hämtas från projektet om hajar.

Uppgift 4

Hur definieras ytspänning γ? Kontaktvinkeln θ för en droppe på en yta kan bestämmas med Young’s ekvation som generellt skrivs:

$$\gamma_{\mathrm{SG}} - \gamma_{\mathrm{SL}} - \gamma_{\mathrm{LG}}\cos(\theta) = 0$$

Här står S för ”solid”, L för ”liquid” och G för ”gas”. Hur härleds ekvationen? Vilka värden är möjliga för θ och vilket värde brukar man ha för ett lotusblad?

Uppgift 5 (MATLAB)

Programmera en funktion som ritar upp en droppe på en plan yta med korrekt kontaktvinkel. De tre värdena på ytspänningen ska ges som parametrar när funktionen anropas. Droppen kan betraktas som en kapad sfär. Yong’s ekvation används som fysikalisk modell.

Uppgift 6

Hur tillverkas artificiell spindelväv? Diskutera praktiska fördelar och nackdelar jämfört med andra material.

Uppgift 7

Kan ni hitta fler exempel på biomimetik, alltså där teknologi baseras på principer eller åtminstone inspireras av biologi?