

MEKANIK 1

NEWTONS FÖRSTA OCH ANDRA LAG

PROJEKT NORDLAB-SE
Inst för pedagogik och didaktik
Göteborgs Universitet
Box 300, SE-405 30 GÖTEBORG

Hemsida: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/>
Tel: +46-(0)31-7731000 (växel)
Fax: +46-(0)31-7732060
E-post: anita.wallin@ped.gu.se

Projektgrupp: Björn Andersson (projektledare), Frank Bach, Birgitta Frändberg, Ingrid Jansson, Christina Kärrqvist, Eva Nyberg, Anita Wallin, Ann Zetterqvist

Nordisk kontaktgrupp: Albert Chr. Paulsen (DK), Irmeli Palmberg (FI), Stefán Bergmann (IS), Anders Isnes (NO)

OM PROJEKTET NORDLAB

NORDLAB är ett projekt som går ut på att genom nordiskt samarbete ge framför allt lärare i naturvetenskapliga ämnen redskap att förbättra och förnya sin undervisning. Matematik och teknik kommer också in i bilden. Ämnesdidaktiska forskningsresultat och annat nytänkande är centralt för projektet, liksom ambitionen att verksamhet och produkter skall framstå som intressanta och användbara för den arbetande läraren i skolan.

Initiativtagare till projektet är Nordiska Ministerrådet genom 'Styringsgruppen for Nordisk Skolesamarbejde.' Ministerrådet är också finansiär av projektets samnordiska delar.

NORDLAB leds av en projektgrupp med följande medlemmar

Ole Goldbech och Albert Chr. Paulsen, (DK)
Veijo Meisalo (FI)
Baldur Gardarsson (IS)
Thorvald Astrup (NO)
Björn Andersson (SE)

Denna nordiska projektgrupp anser att en lämplig metod att nå fram till lärarutbildare och lärare med nya idéer, med den ämnesdidaktiska forskningens senaste rön och med reflekterande praktikers erfarenheter, är att skapa och utpröva ett material av workshop-karaktär, som kan användas på ett flexibelt sätt i lärarutbildning, lärarfortbildning, studiecirklar och för självstudier.

Inom ramen för NORDLAB svarar varje nordiskt land för ett delprojekt med följande innehåll:

- experimentellt arbete (DK)
- IT som redskap för kommunikation, mätning och modellering (FI)
- samhällets energiförsörjning (IS)
- elevers självvärdering som ett sätt att förbättra lärandet (NO)
- senare års forskning om elevers tänkande och möjligheter att förstå naturvetenskap, och vad denna forskning betyder för undervisningen (SE)

Det svenska delprojektet (NORDLAB-SE) finansieras av Utbildningsdepartementet och Skolverket

© Projektet NORDLAB-SE, Enheten för ämnesdidaktik, IPD, Göteborgs universitet.

Detta arbete är belagt med copyright. Det får dock kopieras av enskilda personer för användning i hans eller hennes undervisning, t. ex. lärarutbildning eller fortbildning. Källan skall anges.

OM PROJEKTET NORDLAB-SE

Syfte

NORDLAB-SE behandlar, i form av ett antal enheter eller 'workshops', några aspekter av det spännande företag som kallas naturvetenskap. Ett genomgående drag i dessa workshops är att de tar upp senare års forskningsresultat angående elevers vardagsföreställningar om naturvetenskapliga företeelser. Syftet är att göra dessa resultat kända och presentera dem så att läsaren/workshopdeltagaren stimuleras att vidareutveckla skolans naturvetenskapliga undervisning.

Tonvikt på förståelse

Naturvetenskap går primärt ut på att förstå. Vi vill lyfta fram detta karaktärsdrag därför att vi tror att förståelse ger en inre tillfredsställelse och stimulerar till fortsatt lärande, oavsett om man är barn eller vuxen, novis eller expert.

Teman

Naturvetenskapens arbetssätt. Inom detta tema behandlas växelspelet mellan teori och observationer, liksom hur man väljer lämpliga system och att genomför kontrollerade experiment.

Naturvetenskapens innehåll. Elevernas möjligheter att förstå skolkursernas innehåll står i fokus för detta tema. Såväl biologi, som fysik och kemi behandlas.

Naturvetenskapen i samhället. I detta tema ingår frågor om natur och moral och hur elever uppfattar vissa miljöproblem ur både natur- och samhällsperspektiv. Vi tar också upp hur förståelse kan fördjupas genom att man sätter in sitt kunnande i olika sammanhang.

Användning

Framtagen materiel kan användas i många olika sammanhang:

- i grundutbildningen av lärare
- som del av, eller hel, fristående universitetskurs
- som underlag för en studiecirkel på en skola
- vid fortbildningsdagar
- för självstudier

Våra workshops skall ej uppfattas som lektionsförslag, men de innehåller åtskilligt som är användbart för den undervisande läraren i skolan, inte minst ett stort antal problem som stimulerar och utmanar eleverna, och som sätter fingret på väsentligheter i den naturvetenskapliga begreppsbyggnaden.

Framtagen materiel

Projektet har producerat 23 workshops. Samtliga kan laddas ner, var och en för sig, som pdf-filer från internet. Vidare har en hel del materiel som berikar och fördjupar olika workshops utvecklats:

- internetbaserade kunskapsdiagnoser
- animationer av astronomiska förlopp (Quicktime-filmer)
- internetbaserade interaktiva prov för lärande och självdiagnos

För vidare information, se: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/se.html>

INNEHÅLL

NEWTONS LAGAR	5
Tre guldklimpar för den som vill förstå fysik	6
Vad tas för givet och vad förklaras i Newtons mekanik?	6
KRAFTER PÅ FÖREMÅL I RÖRELSE – TRE EXEMPEL PÅ ELEVTÄNKANDE	7
ÄLDRE TIDERS TÄNKANDE OCH NUTIDA ELEVSVAR	10
DISKUSSION OM KRAFTER PÅ ETT FÖREMÅL I VILA	13
PROV FÖR LÄRANDE – ETT EXEMPEL PÅ ANVÄNDNING AV INTERNET	14
UPPGIFTER FÖR DIAGNOS, PROV ELLER UTVÄRDERING	15
NOTER OCH REFERENSER	16
BILAGA 1. FEM ÖVNINGSUPPGIFTER OM VILA OCH RÖRELSE	17
BILAGA 2. TIO TESTUPPGIFTER OM KRAFTER OCH RÖRELSE	23

MEKANIK 1

NEWTONS FÖRSTA OCH ANDRA LAG

Newtons lagar är centrala inte bara i mekaniken utan i klassisk fysik överhuvud taget. Men en stor mängd forskningsresultat visar att eleverna har svårt att frigöra sig från sina vardagliga erfarenheter då de försöker se krafter och rörelse med newtonska ögon. Workshopen belyser skillnaden mellan dessa båda sätt att se och tänka och ger förslag till problem som diagnostiserar, prövar och utmanar vardagstänkandet. Ett internetbaserat 'prov för lärande' hör till workshopen.

NEWTONS LAGAR

Du som har någon form av naturvetenskaplig utbildning torde ha stiftat bekant-
skap med Newtons lagar. Så här lyder de med nutida terminologi:

NEWTONS FÖRSTA LAG

Varje kropp förblir i vila eller rörelse med konstant fart längs en rät linje om den inte genom inverkan av krafter tvingas ändra sitt rörelsetillstånd.

NEWTONS ANDRA LAG

$$\mathbf{K} = m\mathbf{a}$$

K betecknar kraft, **m** massa och **a** acceleration. (Kraft och acceleration är vektorstorheter, dvs. storheter som har både storlek och riktning. De kan betecknas med fet stil.)

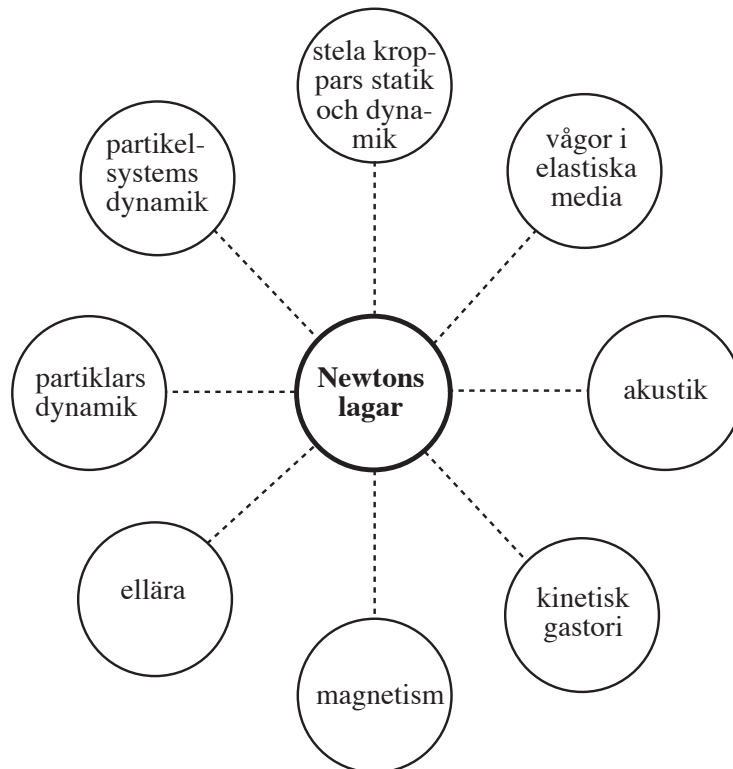
NEWTONS TREDJE LAG

Om en kropp påverkar en annan med en given kraft, återverkar den senare kroppen på den förra med en lika stor men motsatt riktad kraft.

I denna workshop ligger tonvikten på Newtons första och andra lag. Den tredje behandlas i en följande workshop.

Tre guldklimpar för den som vill förstå fysik

Newtons tre lagar är det mest väsentliga i hela mekaniken. De är grunden för alla härledningar och annan problemlösning inom området, men också nödvändiga verktyg inom andra delar av fysiken, t. ex. ellära. Se figur 1!



Figur 1. Newtons lagar används inom många delar av fysiken.

Om eleverna till äventyrs skulle glömma det mesta av mekaniken, så hoppas man att de åtminstone har kvar kunskapen om dessa tre lagar. De rymmer en mycket stor mängd information om vår värld.

Vad tas för givet och vad förklaras i Newtons mekanik?

Newtons första lag utsäger att vila eller rörelse med konstant fart längs en rät linje är något som tas för givet, dvs. det förklaras inte. Ett annat sätt att uttrycka detta är att vila eller rörelse med konstant fart längs en rät linje inte har någon orsak. De båda tillstånden betraktas som något naturligt – en grundläggande egenskap hos naturen som man kan utgå ifrån.

Men alla avvikelser från vila eller rörelse med konstant fart längs en rät linje tas inte för givna utan förklaras med att en kraft eller krafter verkar enligt Newtons andra lag. Avvikelser kan vara att en rörelses riktning ändras eller att farten ändras.

UPPGIFT 1

Kanske var det ett tag sedan du var i kontakt med Newtons lagar. I så fall kan det vara på sin plats att 'friska upp minnet' genom att lösa fem problem och därefter ta del av våra kommentarer till dessa. Gå vidare till bilaga 1!

För dig som tycker att du behärskar Newtons lagar kan det likväl vara intressant att också studera bilaga 1. Kanske hittar du något som är användbart i din undervisning...

KRAFTER PÅ FÖREMÅL I RÖRELSE – TRE EXEMPEL PÅ ELEV TÄNKANDE

Exempel 1. Metallskivan i handen

En grupp om fyra fysikstuderande arbetar med ett problem i en introduktionskurs i mekanik¹. De har hållit en metallskiva horisontellt i sin flata hand och promenerat med den i rak linje och med konstant fart. Deras uppgift är att rita ut de krafter som verkar på skivan under promenaden. Två studerande har ritat figur 1. (**T** är tyngdkraften, **N** och **K** krafter på skivan utövade av handen; **v** är skivans hastighet.) De två andra har en korrekt figur, dvs. kraften **K** saknas. Gruppmedlemmarna är alltså inte överens och ber om hjälp av läraren:

S1: Vårt bord kan inte komma överens, men jag tror att jag har rätt.

L: *Varför har du ritat ut en horisontell kraftvektor?*

S1: Därför att skivan rör sig. Om den rör sig måste den ha en kraft på sig.

L: *Hur rör sig skivan?*

S2: Därför att vi sköt på den.

L: *Kan du beskriva rörelsen?*

S2: Som man säger: "I en rät linje med konstant fart."

L: *Kändes det som att du utövade en horisontell kraft?*

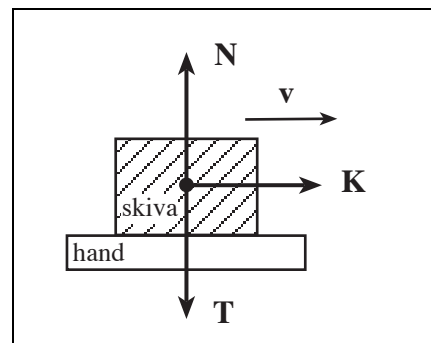
S2: Inte mycket. Jag gick ganska sakta.

S1: Det gjorde jag också.

L: *Varför ritade ni då båda två horisontella kraftvektorer som är lika stora som de vertikala kraftvektorerna?*

S1: Jag antar att det är fel. Kanske skulle den vara en tiondel så stor.

S2: Snarare en femtedel.



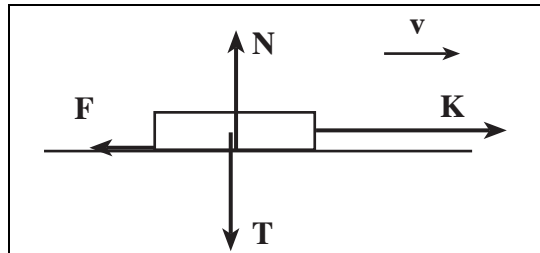
Figur 1. Krafter på en skiva.

- S1: Hur som helst ganska liten... men den måste vara där för annars skulle den inte röra sig.
 S2: Ja, det stämmer.
 L: *Hur fort gick ni?*
 S2: Ganska sakta, kanske 8 kilometer i timman.
 L: *Och om ni rörde er med 800 kilometer i timman?*
 S2: Oh ja! Då skulle vi känna den!
 L: *Känna vad?*
 S2: Den horisontella kraften på skivan.
 L: *Du menar kraften på skivan från handen?*
 S2: Hum...um...um... Oh ja...
 S1: Nåja... Det vi skulle känna är reaktionen... kraften på handen från skivan.
 S2: Ja... Så är det.
 L: *BRA! Har ni åkt i ett flygplan?*
 S1: Ja... Ganska fort... um... kanske 800 kilometer i timmen.
 L: *Vad säger Newtons första lag om det?*

Läraren bedömer att denna dialog är tillräcklig för att eleverna skall komma vidare och lämnar dem.

Exempel 2. Pucken på isen

Studierande på maskinteknisk linje vid en svensk teknisk högskola fick i uppgift att rita ut de krafter som verkar på en hockeypuck som glider över isen². Ett mycket vanligt svar framgår av figur 2.



Figur 2. Krafter på en hockeypuck.

UPPGIFT 2

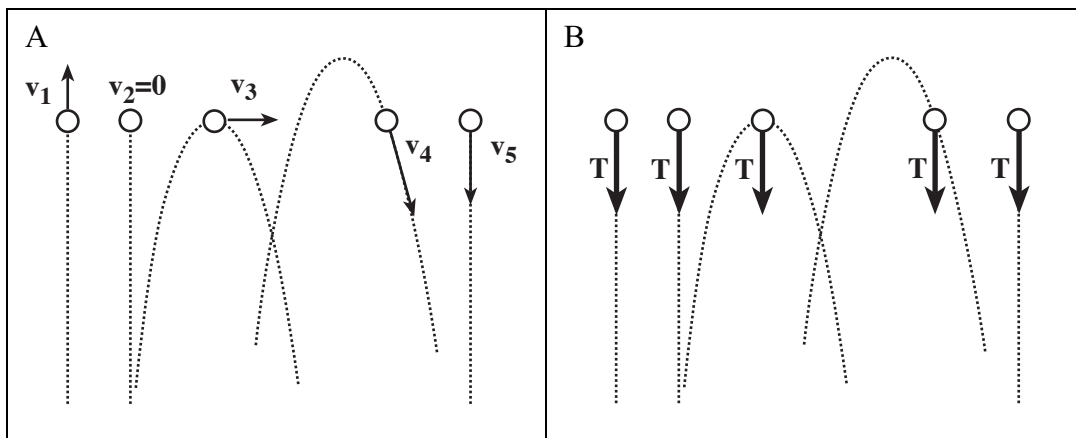
- Vilka likheter ser du mellan de studerandes tänkande i de båda exemplen?
- Mekanikens s. k. kraftekvation (Newtons andra lag) utsäger att för en given massa är accelerationen proportionell mot kraften ($a \sim F$). Hur skulle du vilja formulera den 'kraftekvation' som eleverna använder i de två exemplen?
- Hur bedömer du lärarens insatser i den första dialogen?

Exempel 3. Jonglören's bollar

Följande problem har getts till franska och belgiska universitetsstuderande i fysik under deras första år³.

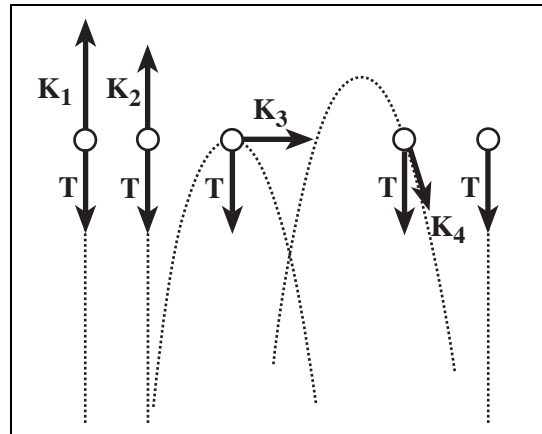
En jonglör har fem likadana bollar i luften samtidigt. Bollarna är alla på samma höjd, men följer olika banor och har olika hastigheter (se figur 3). Rita ut den eller de eventuella krafter som verkar på varje boll. Bortse från luftmotstånd.

Cirka 50% av de studerande svarade enligt figur 3B.



Figur 3. Jonglören's bollar och den kraft som verkar på varje boll (T).

Bland alternativa svar varierade kraftsituationen med bollens hastighet. Ett exempel på detta ges i figur 4.



Figur 4. Exempel på hur en elev löser problemet med jonglörrens bollar.

UPPGIFT 3

Vilka likheter ser du mellan svaret enligt figur fyra och de svar som redovisats i exempel 1 och 2?

ÄLDRE TIDERS TÄNKANDE OCH NUTIDA ELEVSVAR

Aristoteles

I Newtons mekanik betraktas alla punkter i rummet som likvärdiga. I Aristoteles världsbild däremot fanns en punkt som var annorlunda än alla andra, nämligen jordens centrum, som också var världsalltets centrum. Det naturliga för materiella kroppar ansågs vara att söka sig mot denna speciella punkt. Rörelse mot jordens centrum togs med andra ord för given, under det att annan rörelse krävde en förklaring. Om t. ex. en kropp rör sig med farten v så påverkas den enligt Aristoteles mekanik med en kraft K . Ju högre fart, desto större kraft. Denna kraftlag kan formuleras $v \sim K$.

Av de elevsvar som redovisats ovan framgår att $v \sim K$ också är elevernas kraftlag. Antagligen är det erfarenheter av hur det känns att springa, gå, skjuta och dra som ligger bakom detta svar. För att komma framåt behöver man ju ta i, dvs. utöva en kraft framåt. Denna erfarenhet är så framträdande att man inte tänker på att det också finns en friktion som motverkar rörelsen. Framåtkraften och friktionskraften tar ut varandra om man rör sig med konstant hastighet.

Den medeltida impetusteorin

Aristoteles hade problem med att förklara kaströrelse. Att en kastad sten föll till jorden var naturligt, men hur kunde den röra sig horisontellt? Detta krävde en horisontell kraft enligt $v \sim K$. Hur uppstod denna? Aristoteles tänkte sig att när stenen rusade fram genom luften så uppstod ett vakuum bakom den som hastigt fylldes med inrusande luft. Det var denna som sköt stenen framåt.

Mot detta restes invändningar. Om man kastade ett spjut som var spetsigt i båda ändar så fanns det ju ingen yta längst bak på spjutet som luften kunde skjuta på. Och om man gjorde bakändan på spjutet trubbig, så blev det ingen skillnad i kastlängd.

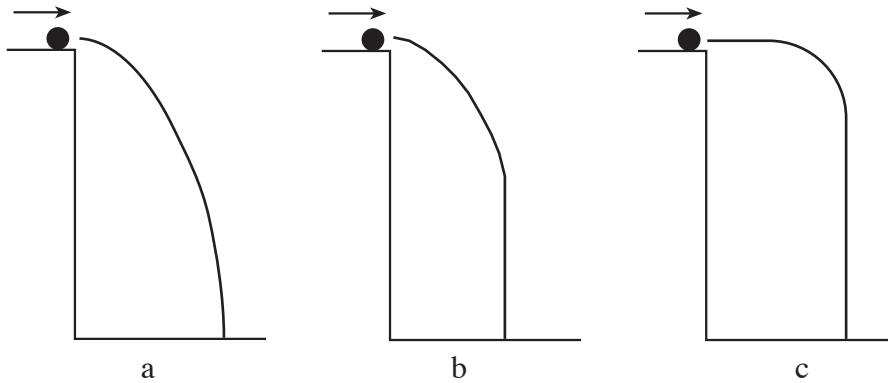
Detta och andra resonemang ledde till att Jean Buridan på 1300-talet lade fram den s. k. impetusteorin⁴:

A mover, while moving a body, impresses on it a certain impetus, a certain power capable of moving this body in the direction in which the mover set it going, whether upwards, downwards, sideways or in a circle. By the same amount that the mover moves the same body swiftly, by that amount is the impetus that is impressed on it powerful. It is by this impetus that the stone is moved after the thrower ceases to move it; but because of the resistance of the air and the gravity of the stone, which inclines it to move in a direction opposite to that towards which the impetus tends to move it, this impetus is continually weakened. Therefore, the movement of the stone will become continually slower, and at length, the impetus is so diminished or destroyed that the gravity of the stone prevails over it and moves the stone down towards its natural place.

Albert av Sachsen tillämpade denna teori på bl. a. ett kanonskott, avfyrat horisontellt⁵. Han ansåg att kulan först går horisontellt, därför att dess impetus då helt övervinner luftmotstånd och kulans tyngd. I nästa skede är impetus så pass försvagad av luftmotståndet att tyngden böjer ner projektilens bana. I tredje fasen är impetus helt slut och kulan faller rakt ned.

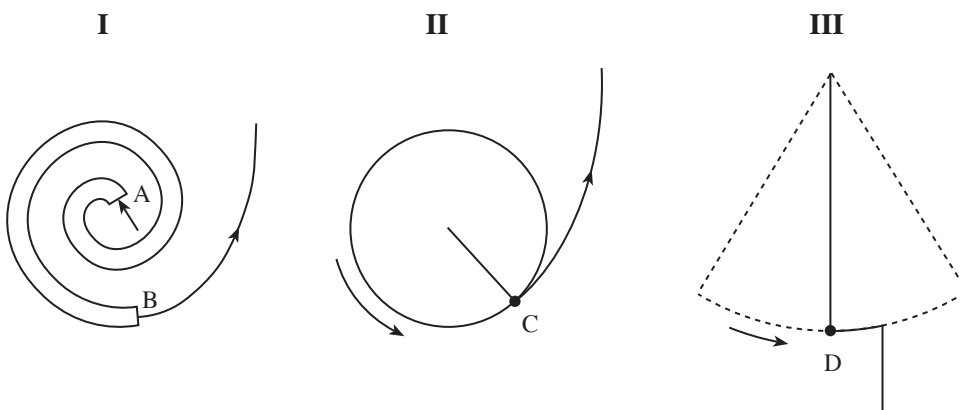
Det finns en likhet mellan detta sätt att tänka och hur elever besvarar ett testproblem angående en metallkula som med fart glider över en klippkant⁷ (se figur 5!) De tillfrågade, cirka 50 amerikanska collegestuderande, ombads rita kulans fortsatta bana. Tre typer av svar gavs – a, b och c i figur 5. Cirka tre fjärdedelar gav typ-a svar, övriga typ b- eller c-svar.

C-svaren tycks helt stämma överens med Alberts av Sachsen beskrivning av den bana som en kanonkula följer. B-svaren tycks också peka på ett impetus-tänkande, men med skillnaden att tyngden gör att kulan viker av nedåt från början. Banan enligt a tycks tyda på en korrekt uppfattning, men kan också rymma en idé om en 'impetus' som gradvis försvagas. Undersökningen ger dock inga upplysningar om hur de svarande tänker.



Figur 5. Hur fortsätter kulan över kanten? Tre typer av svar.

I citatet ovan talas om en cirkulär impetus. Föreställningar om en sådan tycks också finnas hos nutida studerande. De femtio amerikanska collegestuderande som nämnts ovan fick i uppgift att rita ut vilken bana en kula skulle följa i olika situationer. En gällde ett rör böjt som en spiral. Se figur 6:I, som är sedd uppifrån. Kulan skjuts in i A, snurrar runt och åker ut vid B. Hur fortsätter den? Halva gruppen ritade en krökt bana av den typ som visas. En annan situation återges i figur 6:II, som också är sedd uppifrån. Det är en kula som snurras runt med hjälp av ett snöre. Kulan lossnar från detta när den är i C. Hur fortsätter den? Cirka en tredjedel ritade den krökta bana som visas. I den tredje situationen pendlar kulan fram och tillbaka. Se figur 6:III, som är sedd från sidan. Kulan lossnar från snöret då den är i D. Hur fortsätter den? Några elever ritade den bana som visas i figuren.



Figur 6. Hur fortsätter kulan? Tre situationer och tre svar.

De nu beskrivna svaren tolkas som att eleven tänker sig att kulan genom sin förhistoria har en benägenhet att gå i en cirkelbana. Med medeltida terminologi skulle man säga att den har en cirkulär impetus. Denna förbrukas gradvis, vilket yttrar sig i att banorna i I och II rätas ut mer och mer. I den tredje situationen förbrukas impetus helt, och då faller kulan rakt ned. Den föreställning som betecknas 'cirkulär impetus' är påtagligt situationsberoende. Ibland är den vanligt förekommande, ibland sällsynt.

DISKUSSION OM KRAFTER PÅ ETT FÖREMÅL I VILA

I en amerikansk gymnasieklass placerades en bok på ett bord⁶. Eleverna ombads att på egen hand rita ut de krafter som verkar på boken, för att sedan jämföra sin lösning med andra elevers. Slutligen diskuterade eleverna och deras lärare olika lösningar:

L: Vilka är krafterna på boken?

E1: Bordet skjuter på uppåt (skratt från flera håll)

E2: Tyngden skjuter den nedåt, och den pilen måste vara större.

E3: Nej, nej, de är lika stora.

E4: Vinddrag... mycket litet.

E5: Tyngden, ingen kraft från bordet, och lufttrycket som skjuter på lika mycket från alla håll, men jag tror inte det skjuter på lika mycket underifrån.

E6: Är inte lufttrycket tyngden?

E7: Jag har... lufttrycket, tyngden och diverse andra krafter tillsammans lika med kraften från bordet

E6: Är inte lufttrycket tyngden?

E1: Jag har en fråga... Om vi tittar på Georges diagram (bara tyngdkraften på boken utritad) så undrar jag varför boken inte sugts ner genom bordet av tyngdkraften.

E5: Därför att bordet finns där och hindrar att den sugts ner. Därför att bordet är ett fast föremål.

E8: (Pekar på ett diagram med tyngdkraft och kraft från bordet lika stora). Så om man plötsligt kunde ta bort tyngdkraften så skulle boken skjuta iväg uppåt?

E9: Just det!

En omröstning i klassen visar att 14 elever anser att det bara är tyngdkraften som verkar på boken, 12 som tänker sig att bordet dessutom utövar en uppåtriktad kraft och en elev som inte tar ställning.

UPPGIFT 4

Beskriv de olika uppfattningar om kraftverkan på boken som kommer till uttryck i elevernas repliker. Vilken eller vilka huvudsvarigheter verkar de ha?

Studera kommentarerna till '2. Lådan och luften' och '3. Lådan på bordet' i bilaga 1, och diskutera olika möjligheter att hjälpa eleverna att klargöra vilka krafter som verkar på ett föremål i vila.

PROV FÖR LÄRANDE – ETT EXEMPEL PÅ ANVÄNDNING AV INTERNET

Vi har, med hjälp av den teknik som databasdrivna internetapplikationer erbjuder, skapat ett 'Prov för lärande'. Så här lyder den introduktion till provet som eleverna möter:

Det här är ett prov i mekanik som troligen är annorlunda än många andra prov som används i skolan. Provet går inte bara ut på att pröva dina kunskaper. Det vill framför allt ge dig möjligheter att lära, särskilt att förstå sådant som du kanske inte tidigare varit helt på det klara med.

Först påminner vi om ett par nyckelidéer som du skall använda då du löser uppgifterna i provet. Därefter kommer sex övningsuppgifter. Du skickar i tur och ordning in svar på dessa till vår databas, och beroende på hur du svarat får du förklaringar innan du tar itu med nästa uppgift.

Sedan följer själva provet. Du skickar nu in alla dina svar på en gång till vår databas, och får på några sekunder reda på hur du lyckats. Vi förklarar sedan de olika provuppgifterna.

UPPGIFT 5

Gå till <http://na-serv.did.gu.se/mek1/mek1.html>

Försätt dig i rollen som elev och gör provet för lärande från början till slut. Diskutera sedan dess för- och nackdelar.

UPPGIFT 6

I en översikt av olika former av prov och utvärdering, baserad på 250 olika arbeten, konstateras bl. a. följande⁷:

The giving of marks and the grading function are overemphasized, while the giving of useful advice and the learning function are underemphasized.

I en mindre svensk undersökning instämde lärarna starkt (medelvärde 4,6 på en femgradig skala) i följande påstående: 'När ett prov lämnas tillbaka är eleven mer intresserad av sitt betyg och sin rangordning än av att förbättra sina kunskaper där det finns brister.

Diskutera med utgångspunkt från dessa undersökningsresultat olika möjligheter att utveckla prov för lärande!

UPPGIFTER FÖR DIAGNOS, PROV ELLER UTVÄRDERING

I vårt internetbaserade prov för lärande består själva provet av tio uppgifter, som alla är tillämpningar av Newtons första och andra lag. Vi tillhandahåller dessa uppgifter separat i form av bilaga 2: 'Tio testuppgifter om krafter och rörelse'. Uppgifterna kan användas som

1. Diagnos av vad elever kan och förstår innan undervisning.
2. Som ett prov eller läxförhör.
3. Som oförberedd utvärdering för att ta reda på långsiktig behållning.

UPPGIFT 7

Genomför det prov vi kallar 'Tio testuppgifter om krafter och rörelse' med elever på åtminstone ett av följande sätt:

1. Diagnos av vad elever kan och förstår innan undervisning.
2. Som ett prov eller läxförhör.
3. Som oförberedd utvärdering för att ta reda på långsiktig behållning.
4. Som ett prov för lärande enligt den internetversion som finns på <http://na-serv.did.gu.se/mek1/mek1.html>

Diskutera vunna resultat med kollegor/kurskamrater

NOTER

1. Hake, 1992.
2. Johansson, 1981.
3. Viennot, 1979.
4. Halloun & Hestenes, 1985.
5. Ibid.
6. Minstrell, 1982.
7. Black & Wiliam, 1998.

REFERENSER

- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Inside the Black Box: Raising Standards Through Classroom Assessment. *Phi Delta Kappan*, October 1998, pp. 139-148.
- Hake, R. R. (1992). Socratic Pedagogy in the Introductory Physics Laboratory. *The Physics Teacher*, 30 (9), 546 - 552.
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53 (11), 1056-1065.
- Johansson, B. (1981). *Krafter vid rörelse. Teknologers uppfattning om några grundläggande fenomen inom mekaniken*. Mölndal: Pedagogiska institutionen, Göteborgs universitet.
- Minstrell, J. (1982). Explaining the "at rest" condition of an object. *The Physics Teacher* 20, 10-14.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2), 205-221.

BILAGA 1
FEM ÖVNINGSUPPGIFTER OM VILA OCH RÖRELSE

1. Bilen

En bil kör längs en rak horisontell väg med konstant hastighet. Tänk på de krafter som gör motstånd mot bilens rörelse, dvs. friktion mot vägbanan och luftmotstånd. Summan av dessa krafter kallar vi **F**. Tänk också på den kraft **D** som driver bilen framåt. Vad gäller om dessa krafter?

- (1) **D** är större än **F**
- (2) **D** och **F** är lika stora.
- (3) **D** är mindre än **F**

2. Lådan och luften

En låda ligger på ett bord. Hjälper luften till att tynga ned lådan mot bordet?

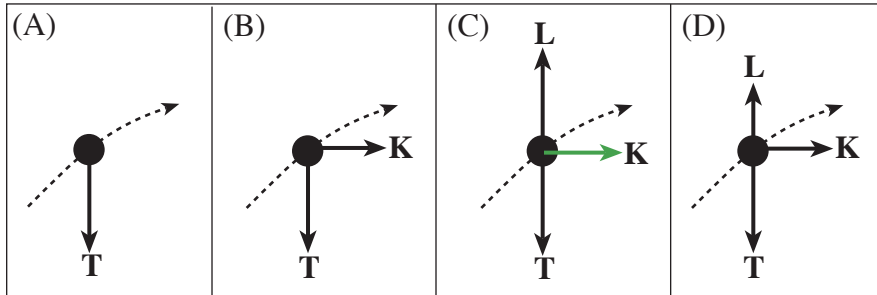
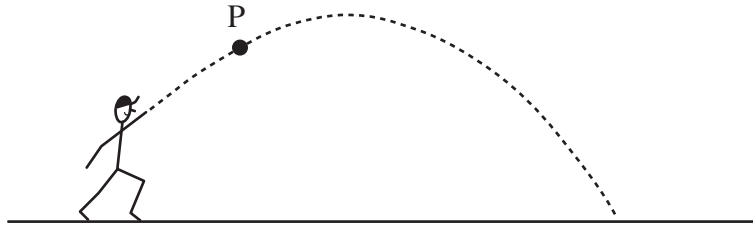
- (1) Ja. Det är mycket luft ovanför lådan som tynger ned den mot bordet
- (2) Nej. Luften tynger inte alls ned lådan.
- (3) Nej. Luften har motsatt verkan. Den utövar en lyftkraft på lådan, men denna lyftkraft är mycket liten.

3. Lådan på bordet

En låda ligger på ett bord. Vilka krafter verkar på lådan?

- (1) Tyngdkraften är den enda kraft som verkar på lådan. Bordet hindrar tyngdkraften att dra ned lådan till golvet, men bordet utövar ingen kraft på lådan.
- (2) Lådan påverkas av tyngdkraften **T** och en kraft **N** som bordet utövar på lådan. Men **T** är större än **N**, eftersom lådan tynger mot bordet.
- (3) Lådan påverkas av tyngdkraften **T** och en kraft **N** som bordet utövar på lådan. **T** och **N** är lika stora.

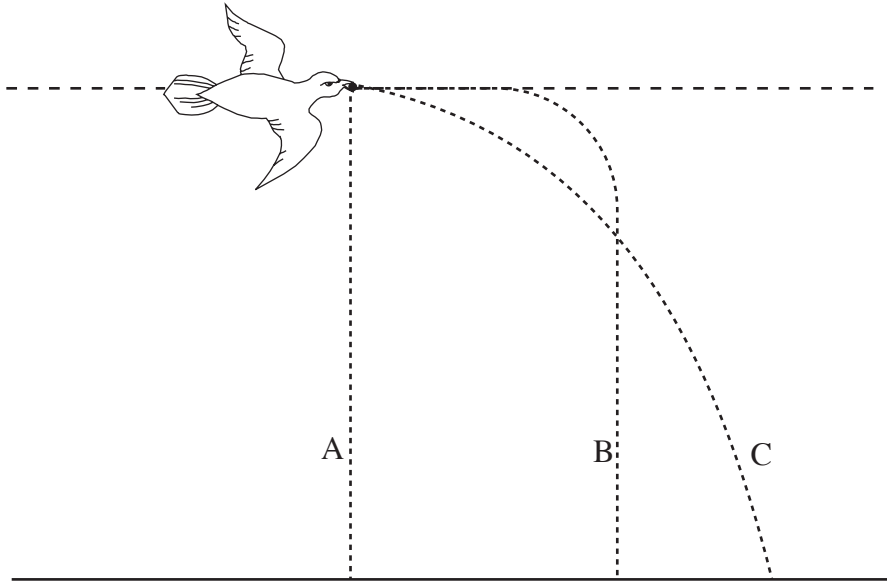
4. Kast med liten boll



En boll kastas så som figuren visar. Vilken eller vilka krafter verkar på bollen då den befinner sig i punkten P? Vi bortser från luftmotståndet!

- (1) (A) Det är bara tyngdkraften **T** som verkar på bollen
- (2) (B) Förutom tyngdkraften **T** verkar en kraft **K** som förflyttar bollen horisontellt åt höger.
- (3) (C) Förutom tyngdkraften **T** verkar en kraft **K** som förflyttar bollen horisontellt åt höger och en kraft **L** som förflyttar bollen uppåt. **L** och **T** är lika stora.
- (4) (D) Förutom tyngdkraften **T** verkar en kraft **K** som förflyttar bollen horisontellt åt höger och en kraft **L** som förflyttar bollen uppåt. **L** och **T** är lika stora.

5. Fallande kulan



En fågel flyger med jämn fart rakt fram som bilden visar. I näbben har den en kula, som den plötsligt tappar. Vilken bana följer kulan sedan den ramlat ur näbben?

- (1) Kulan följer bana A
- (2) Kulan följer bana B
- (3) Kulan följer bana C

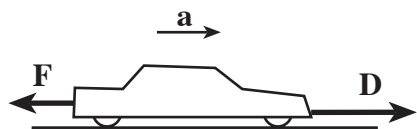
Kommentarer till fem övningsuppgifter om vila och rörelse

I det följande utgår vi från att du känner till vad vektorer är och hur dessa adderas. Vidare förutsätts att du vet att hastighet, acceleration och kraft är vektorstorheter. Ibland används ordet fart. Det betecknar hastighetens absoluta belopp, dvs. hastighetens storlek, men inte dess riktning.

I olika sammanhang förekommer uttrycket 'nettokraften' på ett objekt. Den är helt enkelt vektorsumman av alla krafter som verkar på objektet.

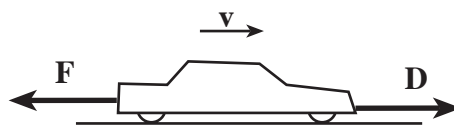
1. Bilen

Konstant hastighet betyder att nettokraften är noll, dvs. **D** och **F** är lika stora.

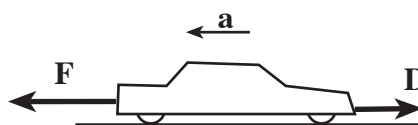


D större än **F**, bilen accelererar

Om det finns en nettokraft i färdriktningen så accelererar bilen enligt $\mathbf{K} = m\mathbf{a}$.



D och **F** lika stora, bilens hastighet konstant



D mindre än **F**, bilen retarderar

2. Lådan och luften

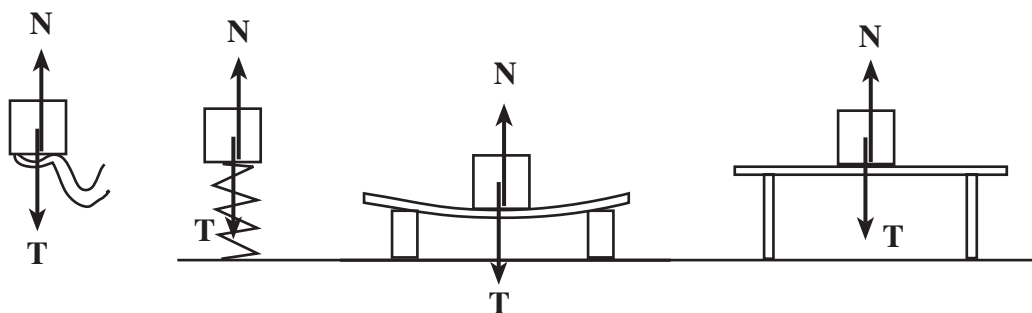
Ett inte ovanligt svar är att det är mycket luft ovanför lådan som tynger ner den. Detta är en vanlig vardagsföreställning. Folk tänker sig att det finns jättemycket luft ovanför ett föremål som tynger eller trycker ned detta mot underlaget, t. ex. marken. Men så är det inte.

Luften trycker på ett föremål från alla håll. Du kan övertyga dig om detta genom att ta en barometer och vrida och vända den åt alla håll. Utslaget ändrar sig inte. Lufttrycket påverkar alltså lådan ovanifrån, från sidorna och underifrån. Det är inte mycket utrymme under lådan, men tillräckligt för att luften skall komma in och utöva ett tryck. Om det var precis tätt mellan låda och bord skulle lådan sitta fast i bordet som en jättelik sugkopp.

Nu är det så att luftens tryck minskar ju högre upp man kommer. Det betyder att lufttrycket underifrån på lådan är lite större än trycket ovanifrån.

Nettoeffekten av detta är att lufttrycket utövar ett litet 'lyft' på lådan, men det är försumbart i förhållande till lådans tyngd. (På volymen 1 liter är lyftkraften cirka 10 Newton). Det tredje svarsalternativet är alltså det rätta i strikt mening. Men oftast bortser man från att luften har någon inverkan, och i så fall kan även alternativ (2) betraktas som rätt.

3. Lådan på bordet



Eftersom lådan är i vila är nettokraften på lådan noll enligt Newtons första lag. Det betyder att tyngdkraften T , som verkar nedåt, motverkas av en lika stor och motriktad kraft N som verkar uppåt. Denna kraft utövas av bordet på lådan. Om bara T verkade på lådan skulle den röra sig nedåt enligt Newtons andra lag.

Man kan tycka att det är konstigt att bordet, som verkar vara helt passivt, kan utöva en kraft på något. Kraft förknippas ju i vardagen med att man är aktiv och anstränger sig. Går det att förstå på något annat sätt än med det abstrakta resonemanget nyss att bordet utövar en kraft på lådan?

Tänk dig att du håller just en låda, som är ganska tung, i din utsträckt hand. Här känner du nog att du måste ta i med en kraft uppåt för att motverka lådans tyngd. Tänkt dig sedan att lådan vilar på en hoptryckt fjäder. Här kan du kanske tänka dig att fjädern försöker räta ut sig, dvs. påverkar lådan med en kraft uppåt.

Så lägger vi lådan på en plankan som sviktar märkbart. Plankan böjs nedåt av lådans tyngd, men strävar samtidigt att sprätta uppåt, dvs. påverkar lådan med en kraft uppåt.

Härifrån är steget inte så långt till bordsskivan. Det finns en svikt i den också, men den märker man inte med blotta ögat! Bordsskivan böjs nedåt av lådans tyngd, men strävar samtidigt att sprätta uppåt, dvs. påverkar lådan med en kraft uppåt.

4. Kast med liten boll

Ett föremål F kan påverkas av krafter på två sätt. Det ena är påverkan av föremål som är i kontakt med F (växelverkan utan avstånd). När det gäller bollen så är den bara i kontakt med den omgivande luften. Men luftmotståndet är relativt svagt, och skall enligt uppgiftens formulering försummas.

Den andra typen av påverkan är växelverkan på avstånd. Sådan växelverkan kan vara gravitationell, elektrisk eller magnetisk. Beträffande bollen påverkas den av jordens dragningskraft. (Bollen påverkar själv jorden med en lika stor och motriktad kraft.) Denna dragningskraft avtar med kvadraten på avståndet mellan de två kroppar som växelverkar. Men avståndet mellan boll och jord ändras sig så

lite under kastet att dragningskraften på bollen kan betraktas som konstant över allt i kastbanan.

Krafter på ett föremål utövas alltså av andra föremål. Ett föremål kan inte påverka sig själv med en kraft. Den enda kraft som verkar på bollen är alltså tyngdkraften.

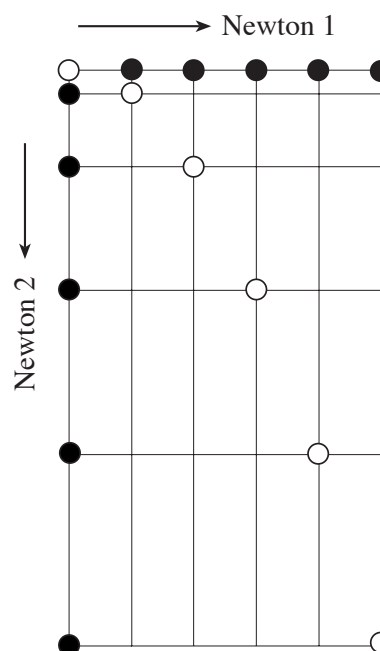
5. Fallande kulan

Först gäller det att reda ut vilka krafter som påverkar kulan. Om vi bortser från luftmotståndet så är det bara tyngdkraften som verkar. Några andra krafter kommer inte i fråga, eftersom inga föremål är i kontakt med kulan.

En annan viktig sak är att rörelse i två eller tre dimensioner kan analyseras en dimension i taget. I vårt fall väljer vi 'horisontell' som den ena dimensionen och 'vertikal' som den andra (dimensioner är vinkelräta mot varandra).

Vi börjar med rörelse längs den horisontella dimensionen. När kulan lämnat näbben verkar ingen horisontell kraft på den. Enligt Newtons första lag fortsätter då kulan i samma riktning och med samma fart som den hade just då den gled ur näbben. Kulan rör sig alltså i horisontell led med konstant hastighet tills den slår i marken.

I vertikal led verkar hela tiden den konstanta tyngdkraften på kulan. Enligt Newtons andra lag ($\mathbf{K} = m\mathbf{a}$) betyder det att kulan har en konstant acceleration, dvs. den ökar hela tiden sin hastighet.



Om man sätter samman den horisontella rörelsen (konstant hastighet) och den vertikala (ökande hastighet) så får man bana C.

BILAGA 2
TIO TESTUPPGIFTER OM KRAFTER OCH RÖRELSE

1. Fallskärmshopparen, del I

En fallskärmshoppare faller med konstant hastighet rakt ner. Vilka krafter verkar på hopparen?

- (A) Tyngdkraften **T** och kraften **K** från fallskärmen.
T är större än **K**
- (B) Tyngdkraften **T** och kraften **K** från fallskärmen.
T är lika stor som **K**
- (C) Tyngdkraften **T** och kraften **K** från fallskärmen.
T är mindre än **K**
- (D) Bara kraften **K** från fallskärmen verkar på hopparen.

**2. Fallskärmshopparen, del II**

Vilka av följande alternativ förklarar bäst ditt svar på uppgift 1?

- (A) Eftersom hopparen är tyngdlös under själva fallet verkar inte tyngdkraften **T**.
- (B) För att hopparen skall komma nedåt måste **T** vara större än **K**. Om **T** blir lika stor som **K** så skulle hopparen stanna i luften.
- (C) Om hopparen rör sig med konstant hastighet så måste **T** och **K** vara lika stora.
- (D) På grund av att fallskärmen är så pass stor blir kraften **K** större än **T**.

3. Hockeypucken, del I



En hockeypuck glider på isen. Puckens hastighet minskar hela tiden, och till slut stannar pucken. Vad gäller om de horisontella krafter som verkar på pucken under tiden som den rör sig?

- (A) Bara friktionskraften \mathbf{F} som utövas av isen verkar på pucken.
- (B) Friktionskraften \mathbf{F} och en kraft \mathbf{K} i rörelseriktningen verkar på pucken. \mathbf{K} är lika stor som \mathbf{F} .
- (C) Friktionskraften \mathbf{F} och en kraft \mathbf{K} i rörelseriktningen verkar på pucken. \mathbf{K} är större än \mathbf{F} .
- (D) Bara en kraft \mathbf{K} i rörelseriktningen verkar på pucken. Denna kraft minskar hela tiden för att till slut bli noll. Då stannar pucken
- (E) Friktionskraften \mathbf{F} och en kraft \mathbf{K} i rörelseriktningen verkar på pucken. \mathbf{K} är mindre än \mathbf{F} .

4. Hockeypucken, del II

Vilka av följande alternativ förklarar bäst ditt svar på uppgift 3?

- (A) Eftersom pucken rör sig måste den påverkas med en kraft i rörelseriktningen. Men denna kraft blir mindre och mindre, eftersom pucken saktar in. Friktion på is är försumbar.
- (B) Om ett föremål rör sig längs en rät linje, så är nettokraften på föremålet noll.
- (C) Eftersom pucken saktar in måste den påverkas av en nettokraft som är motsatt rörelsens riktning
- (D) Eftersom pucken rör sig måste kraften i rörelsens riktning vara större än friktionskraften

5. Klossen och de fyra krafterna

Klossen på bilden påverkas av

Kraften **F1**, utövad av en hand

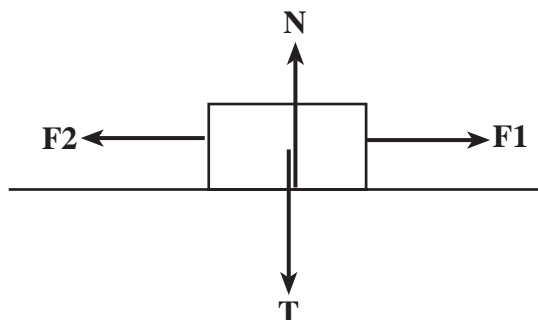
Kraften **F2**, utövad av ett snöre

Kraften **T**, utövad av jorden

Kraften **N**, utövad av underlaget.

F1 och **F2** är lika stora

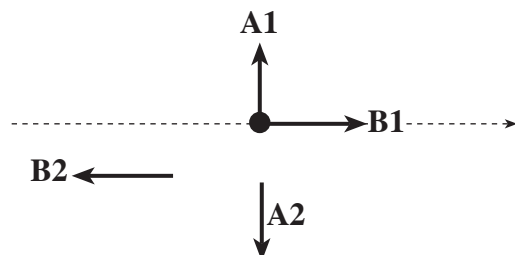
T och **N** är lika stora



Vilket av följande påståenden är korrekt?

- (A) Med den kraftpåverkan som är given är enda möjligheten att klossen är i vila
- (B) Med den kraftpåverkan som är given är enda möjligheten att klossen är i rörelse med konstant hastighet
- (C) Med den kraftpåverkan som är given är klossen antingen i vila eller i rörelse med konstant hastighet

6. Vilka andra krafter verkar på föremålet?



Ett föremål rör sig längs den streckade linjen från vänster till höger med konstant hastighet. Föremålet påverkas av krafterna **A1** och **B1**. Överväg följande andra krafter (se figur)

A2 som är lika stor som **A1**

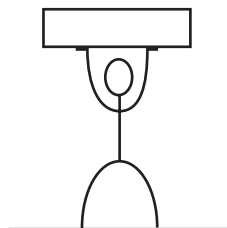
B2 som är lika stor som **B1**

Vilken eller vilka av dessa krafter verkar också på föremålet?

- (A) Bara **A2** (B) Bara **B2**
- (C) Både **A2** och **B2**

7. Lådlyftaren

En person håller en stor låda stadigt så som figuren visar. Överväg följande krafter som eventuellt verkar på lådan:



Tyngdkraften **T** utövad av jorden

En kraft **K** utövad av personen

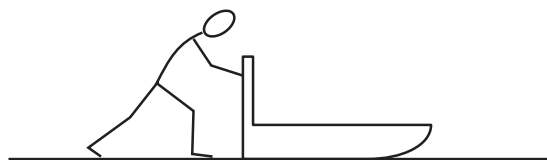
En kraft **L** utövad av luften ovanför lådan

Vad gäller om dessa krafter?

- (A) **T** är den enda kraft som verkar på lådan. Personen håller bara uppe lådan.
- (B) **K** och **L** är de enda krafterna på lådan. **K** och **L** är lika stora.
- (C) Alla tre krafterna verkar på lådan. **T** och **L** är tillsammans lika stora som **K**.
- (D) **T** och **K** är de enda krafterna som verkar på lådan. **T** är lika stor som **K**.
- (E) **T** och **K** är de enda krafterna på lådan. **T** är större än **K**.

8. Kälken

En person med broddar på sina skor skjuter en kälke med massan m över isen. Han tar i med kraften **K**, vilket ger accelerationen **a**. Vad gäller om kälkens massa ökar till $4m$?

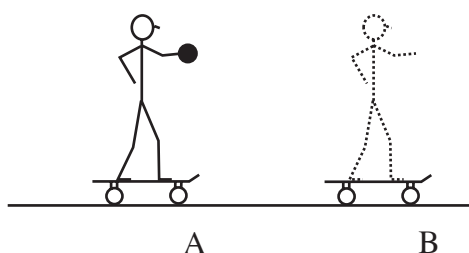


Kälkens friktion mot isen samt luftmotstånd försummas.

- (A) För att få samma acceleration (dvs. **a**) måste han ta i med en kraft som är större än $4\mathbf{K}$
- (B) Eftersom friktion och luftmotstånd försummas ger kraften **K** även nu accelerationen **a**.
- (C) Om han tar i med kraften **K** blir accelerationen en fjärdedel av **a**.
- (D) Om han tar i med kraften **K** kommer kälken i rörelse, men nu med konstant hastighet

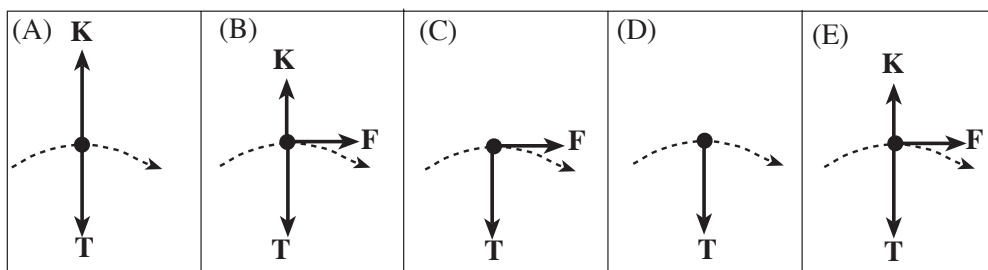
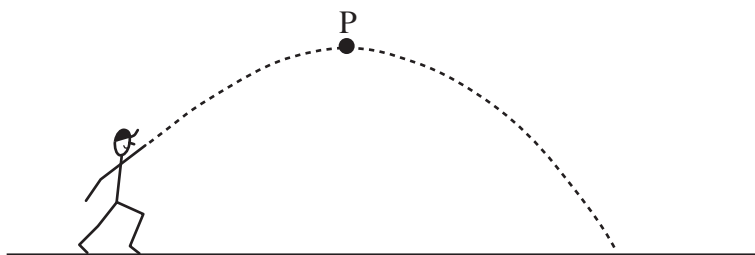
9. Bollfärden

En person åker på ett skateboard rakt fram med god konstant fart. Hon håller en boll i sin utsträckta hand. Då bollen befinner sig över punkten A på marken släpper hon den. (Handen utför ingen kaströrelse åt något håll, hon bara släpper bollen.) Då bollen träffar marken har personen hunnit fram till punkten B. Var slår bollen i marken? Luftmotståndet är försumbart.



- (A) En bit till vänster om A
 (B) Vid A
 (C) Mellan A och B
 (D) Vid B
 (E) En bit till höger om B

10. Stenkastet



En person kastar en sten. Vilken eller vilka krafter verkar på stenen när den är i sin högsta punkt P?

T är tyngdkraften, **K** en kraft riktad uppåt och **F** en kraft riktad åt samma håll som stenens rörelse i punkten P.

- (A) (B) (C) (D) (E)

Översikt av enheter i projektet NORDLAB-SE
(15 okt 2003)

Naturvetenskapens karaktär

- Elevers och naturvetares tänkande – likheter och skillnader
- System, variabel och kontrollexperiment – tre redskap för vetgirighet
- Grönskande är naturvetenskapliga teorier!

Naturvetenskapens innehåll

- Socker och syre till alla celler – en fråga om logistik
- Livets evolution
- Formativ utvärdering med fotosyntes som exempel
- Genetik

- Jorden som planet i rymden
- Varför har vi årstider?
- Månen, planetsystemet och universum
- Mekanik 1 – Newtons första och andra lag
- Mekanik 2 – Newtons tredje lag
- Temperatur och värme

- Materiens bevarande
- Materiens byggnad
- Materiens faser
- Blandning, lösning och vattnets kretslopp
- Ämnen
- Kemiska reaktioner

Naturvetenskapen i samhället

- Energiflödet genom naturen och samhället
- Växthuseffekten, tekniken och samhället
- Natur och moral – integration eller separation?
- Vad kan man göra med skolkunskaper? Om att sätta in i sammanhang

För korta sammanfattningar av olika enheter se

<http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/se.html>

Alla enheter kan laddas ner från internet:

<http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/trialse/trialunits.html>