

Tyngdpunkten

Svårare

November 2024

Varje uppgift kan ge högst 10 poäng. Lycka till!

1. (Agent 007)

I James Bond-filmen *Moonraker* från 1979 blir agenten Bond placerad i en centrifug av skurkarna. James Bond sitter i en liten hytt längst ut på en arm, som roterar i horisontalplanet kring en fix axel. UVS Fysiker har med hög precision studerat scenen. Vi kom fram till att periodtiden för centrifugen var 1.5 s och armens längd var 10 m. Bestäm centripetalaccelerationen som den stackars agenten känner när han snurrar. Hur många gånger större än tyngdaccelerationen g är denna centripetalacceleration?

2. (Två kulor)

Exakt lika mycket värmeenergi tillförs till två identiska metallbollar. Den ena bollen ligger på ett bord och den andra hänger i ett snöre från taket. Anta att ingen värme överförs mellan bollarna och omgivningen (inte heller mellan bollarna och bordet eller snöret). Vilken boll får högst temperatur? Motivera ditt svar.

3. (Din tvilling på månen)

Du har en tvilling som bor på månen. Ni sparkar iväg var sin fotboll, med samma utgångshastighet och samma vinkel mot marken. Hur många gånger längre kommer din tvillings boll att flyga (i horisontalled) innan den slår i marken, jämfört med din egen? Försumma luftmotståndet samt anta att månen är ett perfekt klot!

Radie	1.74×10^6 m
Massa	7.35×10^{22} kg

Tabell 1: Lite fakta om månen.

4. (Friktionskoefficient)

Bestäm experimentellt friktionskoefficienten μ mellan två papper. Beskriv utförligt hur du går tillväga.

Tillåtna hjälpmedel: Linjal, papper (t.ex. provpapper), miniräknare. Du får speciellt *inte* använda dynamometer.

Anmärkning: På denna uppgift bedöms i första hand er lösningsmetod, och inte ert numeriska svar. Dock krävs en genomförd mätning och ett numeriskt svar för full poäng!

5. (Ljusbrytning)

Du ska mäta vattnets brytningsindex. Du fyller en stor hink (med platt botten) med vatten till djupet $d = 20.0$ cm. Du väljer sedan en punkt P på vattenytan. Du lyser på punkten P med en laser, så att laserstrålen har infallsvinkeln α (se Figur 1). Du kollar sedan var laserstrålen träffar botten av bägaren. Slutligen mäter du avståndet x mellan den punkt där lasern träffar bägarens botten och den punkt på botten som befinner sig rakt under P (med andra ord: den punkt som laserstrålen hade träffat om infallsvinkeln var $\alpha = 0$). Dina uppmätta data finns i Tabell 2 nedan.

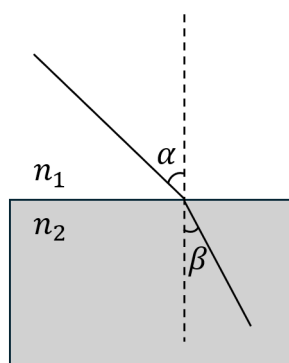
Uppgift: Bestäm med hjälp av de givna mätpunkterna ett värde för vattnets brytningsindex n . Du kan anta att luft har brytningsindex $n_{luft} = 1$.

Tabell 2: Uppmätta värden på avståndet x vid olika infallsvinklar α

α [grader]	x [cm]
0	0
10	2.4
20	5.0
30	8.7
40	10.6
50	15.0
60	17.5

Anmärkning: För full poäng krävs att *all* information i Tabell 2 används, gärna i form av en graf. Endast en del av poängen kan erhållas om bara en datapunkt används.

Ledning: Hur ljus bryts när det går från ett medium med brytningsindex n_1 till ett medium med brytningsindex n_2 beskrivs av Snells lag. Lagen säger att $n_1 \sin(\alpha) = n_2 \sin(\beta)$, där α är infallsvinkeln och β är brytningsvinkeln (se Figur 1).



Figur 1: Bilden visar en stråle som bryts när den går från ett medium med brytningsindex n_1 till ett medium med brytningsindex n_2 . Infallsvinkeln α förhåller sig till brytningsvinkeln β enligt Snells lag: $n_1 \sin(\alpha) = n_2 \sin(\beta)$.

6. (Fyra resistorer)

Du har fyra resistorer med resistanserna 10Ω , 20Ω , 30Ω och 40Ω . Du har även en spänningskälla med EMS (Elektromotorisk Spänning) $\mathcal{E} = 20 \text{ V}$ och inre resistans $r = 25 \Omega$. Hur ska du koppla in resistorerna till spänningskällan så att effekten som utvecklas i resistorerna blir maximal? Du måste använda varje resistor precis en gång. Motivera ditt svar!

7. (Magnetfält och slinga)

Du har en sluten cirkulär slinga med radie r , gjord av en metalltråd. Slingan har resistansen R . Vinkelrätt mot slingans plan går ett magnetfält, vars magnetiska flödestäthet B varierar med tiden t enligt $B(t) = B_0 + B_1 t + B_2 t^2$, där B_0 , B_1 och B_2 är konstanter (med olika enheter, förstås). Bestäm ett uttryck för hur strömmen I i slingan beror på tiden, dvs. hitta $I(t)$.

Anmärkning: Du behöver inte bry dig om riktningen på strömmen. Försumma slingans självinduktans.

8. (Pil och båge)

En pil skjuts rakt uppåt med en pilbåge. Pilen väger $m = 20 \text{ g}$ och pilbågens sträng har längden $l = 1.0 \text{ m}$. Strängen spänns med $h_0 = 5.0 \text{ cm}$ (i mitten av strängen). Antag att spännkraften i strängen är konstant $F = 250 \text{ N}$. Hur högt kommer pilen?

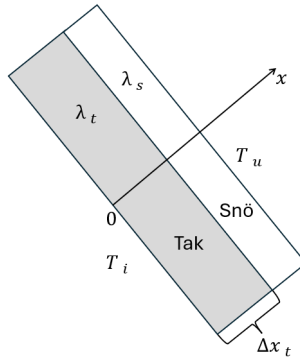
Ledning: använd approximationen $\sin(\alpha) \approx \tan(\alpha) \approx \alpha$, som är giltig för små vinklar α (då α mäts i radianer).

9. (Det som göms i snö...)

I denna uppgift ska vi undersöka värmeledning. Vi kommer under hela uppgiften anta att temperaturen i alla punkter *inte* ändras med tiden.

Beskrivning av uppställningen: Betrakta ett tak av betong (se Figur 2). På taket ligger ett platt, homogent snölager. Taket har tjockleken $\Delta x_t = 20$ cm och består av betong med värmekonduktiviteten (se förklaring nedan) $\lambda_t = 1.1$ W/(m · K). Snö har värmekonduktivitet $\lambda_s = 0.15$ W/(m · K). Temperaturen inomhus invid taket är konstant $T_i = 15$ °C och utomhus är det konstant $T_u = -20$ °C.

Uppgift: Bestäm den maximala tjockleken på snölagret så att snön invid taket inte börjar smälta.



Figur 2: Figuren visar uppställningen.

Teori: Du kommer att behöva Fouriers lag, som beskrivs (för denna uppgift) i detta stycke. Betrakta en del av taket med arean A . Inför en x -axel vinkelrätt ut genom taket och snön, med $x = 0$ i takets innerdel (se Figur 2). Låt $\Phi(x)$ beteckna mängden värmeenergi som flödar per tidsenhet genom det tvärsnitt av taket/snön (med area A) som befinner sig på avståndet x från takets innerdel. Enheten för Φ är alltså J/s. Fouriers lag säger att:

$$\Phi(x) = -A\lambda \frac{dT}{dx}$$

där λ är värmekonduktiviteten (vid den betraktade x -koordinaten). Minustecknet kommer från att $\Phi > 0$ (dvs. värme flödar längs x -axeln) när $\frac{dT}{dx} < 0$ (dvs temperaturen avtar längs x -axeln).

Ledning 1: Vad innebär det för $\Phi(x)$ att temperaturen inte ändras med tiden?

Ledning 2: Försök att rita en graf för temperaturen T som funktion av x . Vad kan du få reda på med hjälp av grafen?

10. (Barometriska höjdformeln)

Du har säkerligen hört att atmosfärstrycket beror på höjden över havsnivån. Härled ett uttryck $p(h)$ för hur atmosfärstrycket p varierar med höjden h över havsnivån. Trycket vid havsnivån är p_0 . Om du lyckas har du härlett den s.k. *barometriska höjdformeln*.

Du kan anta att lufttemperaturens höjdberoende är försumbart och betrakta luften som en *ideal gas*. Luftens molmassa är M .

Ledning: Betrakta en mycket liten luftkub på en viss höjd h över havsnivån. Teckna villkoret för kraftjämvikt för denna luftkub.

Lycka till!