

Final i Wallenbergs fysikpris

24-25 april 2009. Teoriprov.



1. Du har precis blivit anställd vid Volvo, avdelningen för motorutveckling. Din chef hälsar dig välkommen och säger att du får ta itu med ett brådskande ärende genast. Din företrädare har utvecklat en metod att undersöka hur mycket kolvarna i en fyrcylindrig motor slits under körning. Vid tillverkning av kolvarna tillsätter man radioaktivt järn, ^{59}Fe , till den legering som används. Man mäter sedan aktiviteten från det radioaktiva järnet som finns i oljan efter testkörningen. Halveringstiden för ^{59}Fe är 45,1 dagar.

Projektledningen vill veta hur mycket massa som nöts från en kolv per timmes körning. Här är protokollet från testkörningen:

Testprotokoll

Måndag, vecka 1, kl. 07.30: Aktiviteten från en kolv uppmäts till $7,5 \cdot 10^5$ Bq. Kolvarna väger 0,200 kg vardera. Kolvarna monteras in i motorn.

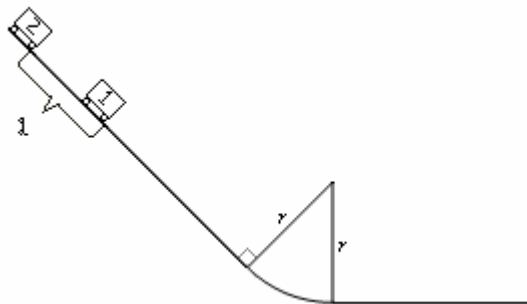
Måndag, vecka 1, kl. 09.00: Testkörningen påbörjas.

Testkörning pågår i 25 veckor, 5 dagar i veckan (måndag-fredag). Motorn körs mellan 9.00-17.00 varje dag.

Direkt efter sista testkörningen tappas oljan ur motorn. Det fanns 6,5 liter olja i motorn. Fredag, vecka 25, kl. 17.30: Aktiviteten hos 1 liter olja uppmäts till 425 sönderfall per minut.

Vilket testresultat rapporterar du till projektledningen?

2. Två vagnar kan röra sig på en bana som lutar $45,0^\circ$ mot horisontalplanet. Banan slutar i en horisontell del i marknivå. De två delarna sammanbinds med ett cirkelformat segment. Radien i cirkeln, r , är $0,50$ m. Vagn 1 väger $0,600$ kg och vagn 2 väger $0,300$ kg. Längden på vagnarna är $15,0$ cm. Båda vagnarna är från början i vila. Den främre kanten på vagn 2 befinner sig då $0,700$ m ovanför marknivån. Den främre kanten på vagn 1 befinner sig på avståndet $l = 0,400$ m från den främre kanten på vagn 2 (se figur). Den övre vagnen frigörs och $0,200$ s senare frigörs även vagn 1. När vagnarna kolliderar fastnar de omedelbart ihop. Vilken hastighet har vagnarna när de kommer ut på den horisontella delen av banan? Bortse från friktion i denna uppgift.



3. Färgen på strömming beror på uppbyggnaden av fiskens fjäll. Ett fjäll består av flera tunna lager av omväxlande guanin och cytoplasma. Varje guaninlager är 74 nm tjockt och har brytningsindex, $n=1,80$ medan cytoplasmalagren är 100 nm tjocka och har brytningsindex, $n=1,333$. Ytterst, mot vattnet, finns ett guaninlager. Om vitt ljus faller in vinkelrätt mot fiskens fjäll kommer en del av ljuset att reflekteras vid varje gränssyta mellan två lager. Vi begränsar denna modell till två lager cytoplasma och tre lager guanin där det sista lagret är betydligt tjockare än övriga lager och vi anser att allt ljus som transmitteras in i detta sista lager absorberas.

Vilken färg har fisken om du ser vinkelrätt mot fjällen?

Färger: $400-424$ nm = violett, $424-491$ nm = blå, $491-575$ nm = grön, $575-585$ nm gul, $585-647$ nm = orange, $647-700$ nm = röd

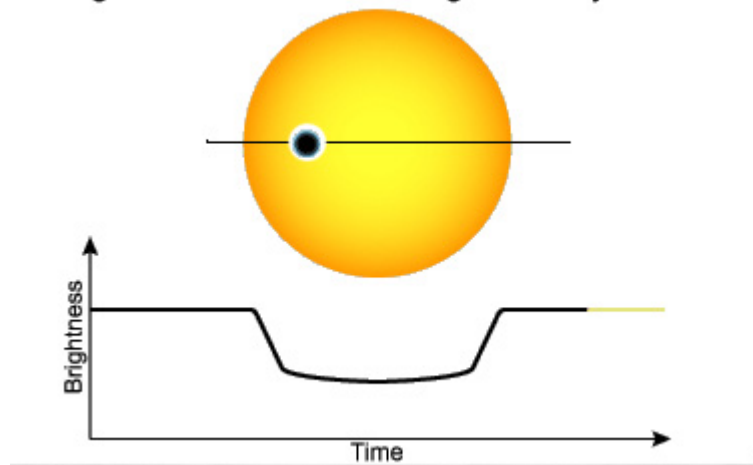


4. "The Kepler Mission" är ett NASA-program för att upptäcka "jordlika" planeter kring stjärnor. Med hjälp av ett nyligen uppskjutet teleskop ska planeter med betydligt mindre massa än Jupiter kunna upptäckas. När vi ser en planet passera framför sin stjärna blockerar den en mindre del av strålningen från stjärnan. Om denna förmörkelse repeteras med regelbundna intervall har vi upptäckt en planet.

Tre parametrar är karakteristiska för planetpassagen.

- Tidsintervallet mellan passagerna
- Den tid som passagen varar
- Den relativa förändringen i stjärnans strålningsintensitet

Light Curve of a Star During Planetary Transit

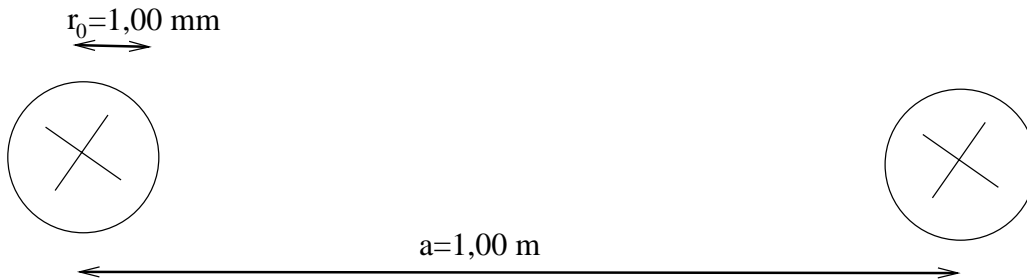


Om vi antar att en fjärran civilisation observerar vårt solsystem och då finner att

- Tiden mellan två planetpassager är 1,88 år
- Passagen varar 16 timmar
- Den relativa förändringen i solens strålningsintensitet är 0,0024 %

Vilka uppgifter om planeten kan man med hjälp av dessa observationer få fram. Vi antar också att de med hjälp av vår sols ljusstyrka känner dess massa som $1,99 \cdot 10^{30}$ kg .

5. Två långa parallella kopparledningar med radien 1,00 mm befinner sig i tyngdlöshet i vakuum. Ledningarna ligger stilla på avståndet $a=1,00$ m från varandra enligt figur.



Vid en viss tid slås strömmen 100,0 A på åt samma håll i de båda ledningarna.

- Hur stor fart har ledningarna då de kolliderar?
- Hur lång tid tar det innan ledningarna kolliderar?

$$\int_0^{\infty} e^{-x^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \quad \text{Ledning: Det kan vara bra att veta att}$$

och även att

$$\int_0^{x_0} e^{-x^2} dx \approx \frac{\sqrt{\pi}}{2} \quad \text{om } x_0 > 2.$$