

Kortsvarsoppgaver del 2D og 2E

- 1A** For et legeme i fritt fall i et tyngdefelt, hvordan kan du på en enkel måte å finne en relasjon mellom et tidsintervall målt på langt-vekk-observatørens klokke og det tilsvarende egentidsintervallet i romskipet? Forklar med en setning uten likninger.
- 1B** For et legeme i fritt fall i et tyngdefelt, hvordan kan du på en enkel måte å finne en relasjon som sier noe om endring $\Delta\phi$ i ϕ -posisjonen til romskipet som funksjon av et tidsintervall på egentidsklokka til romskipet.
- 1C** En lysstråle faller radielt innover mot sentrum av et sort hull. Først passerer det skall A i en avstand r_A fra sentrum av det sorte hullet. Deretter passerer det skallet B i avstand r_B fra sentrum av det sorte hullet. Vi kaller de to skallpasseringene for event A og event B. Hvor stort er tidromsintervallet mellom disse to eventene og hvordan kan fant du det ut? Forklar med maks 3 setninger (pluss evt. likninger hvis du ønsker).
- 1D** En lysstråle faller radielt innover mot sentrum av et sort hull. Hvilket av disse utsagnene er korrekt: (kun et er korrekt)
- (a) For langt-vekk-observatøren så øker farta til lysstrålen ettersom den nærmer seg det sorte hullet. Skallobservatørene som lysstrålen passerer på veien måler alltid at strålen har lysfarta c .
 - (b) For langt-vekk-observatøren så sakker farta til lysstrålen ned ettersom den nærmer seg det sorte hullet. Skallobservatørene som lysstrålen passerer på veien måler alltid at strålen har lysfarta c .
 - (c) For langt-vekk-observatøren så har lysstrålen alltid lysfarta c . Skallobservatørene som lysstrålen passerer på veien måler at lysstrålen har levere fart enn c .
 - (d) For langt-vekk-observatøren så har lysstrålen alltid lysfarta c . Skallobservatørene som lysstrålen passerer på veien måler at lysstrålen har høyere fart enn c .
 - (e) Siden lysfarta er den samme for alle observatører så vil både langt-vekk-observatøren og alle skallobservatørene som strålen passerer alltid måle at lysstrålen har farta c .

- (f) Både langt-vekk-observatøren og fritt fallene observatører som lysstrålen passerer rett ved siden av på vei innover vil måle at lysets fart øker. Skallobservatørene som lysstrålen passerer på veien måler alltid at strålen har lysfarta c .
- (g) Både langt-vekk-observatøren og fritt fallene observatører som lysstrålen passerer rett ved siden av på vei innover vil måle at lysets fart sakker ned. Skallobservatørene som lysstrålen passerer på veien måler alltid at strålen har lysfarta c .
- (h) Alle observatører vil måle at lysstrålen sakker ned men lysfarta målt som avstand per egntidsintervall for lysstrålen vil alltid være c .
- (i) Alle observatører vil måle at lysstrålen går fortere men lysfarta målt som avstand per egntidsintervall for lysstrålen vil alltid være c .

1E Hvilket av disse utsagnene er korrekt: (kun et er korrekt)

- (a) Lysfarta er den samme (lik c) i alle referansesystemer
- (b) Lysfarta er den samme (lik c) for alle stasjonære observatører (som ikke er i bevegelse)
- (c) Lysfarta er den samme (lik c) i alle inertialsystemer.
- (d) Lysfarta er den samme (lik c) for alle lokale observatører (som er i nærheten av lysstrålen)
- (e) Lysfarta er den samme (lik c) i alle referansesystemer så lenge det ikke finnes tyngdefelt. I tyngdefeltet vil alle observatører måle en annen lysfart enn c .
- (f) Lokale observatører (som er i nærheten av lysstrålen) vil måle lysfart forskjellig fra c , men alle andre observatører vil måle en lysfart på c .

Figure 1: **Potensial A**

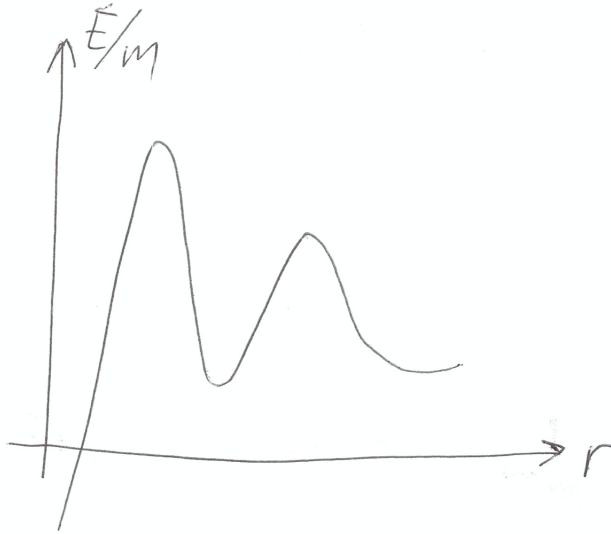


Figure 2: **Potensial B**

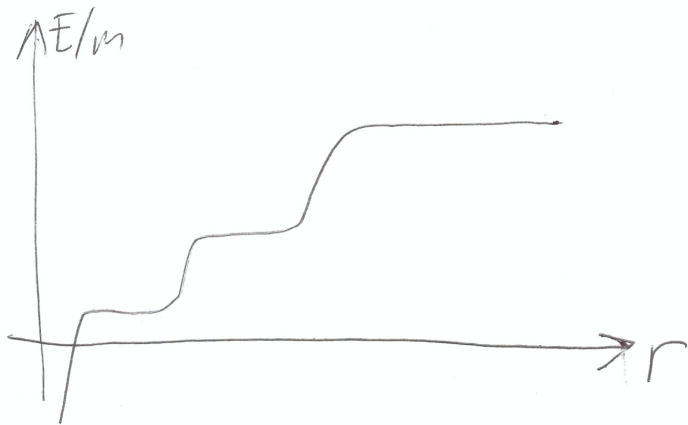


Figure 3: **Potensial C**

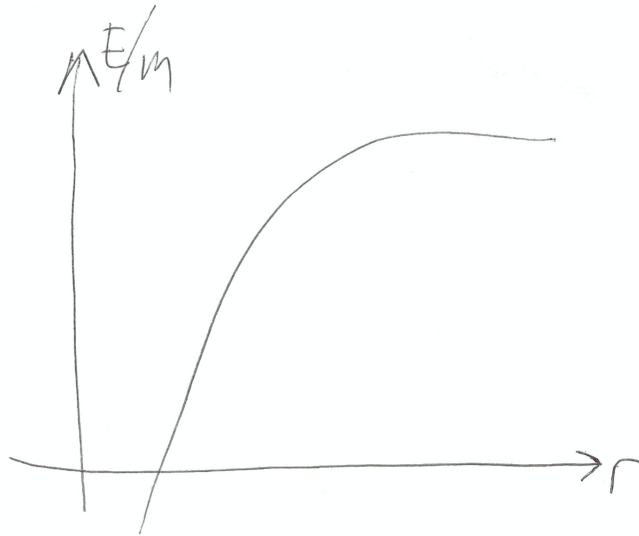


Figure 4: **Potensial D**

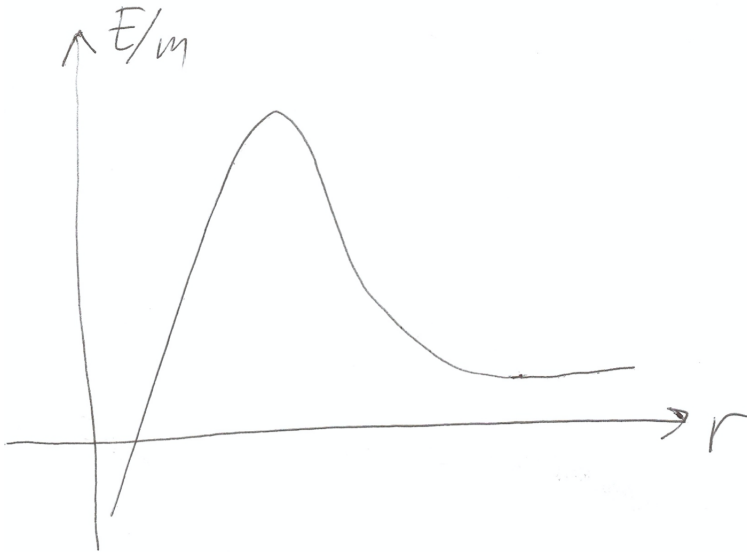


Figure 5: **Potensial E**

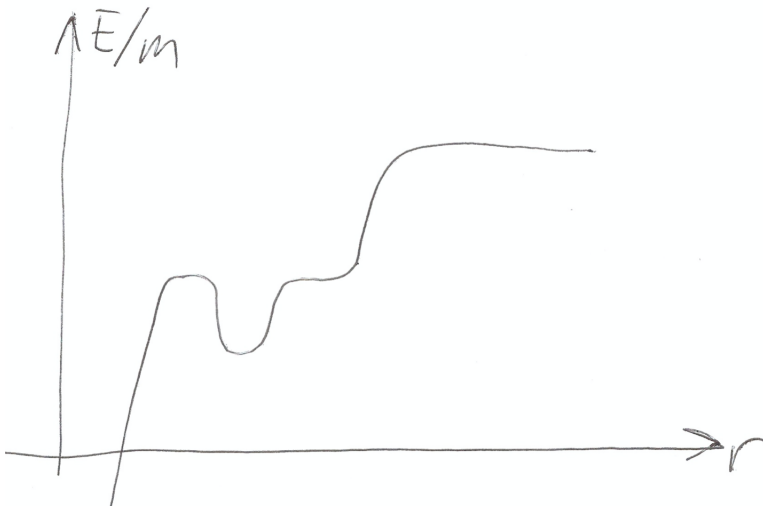
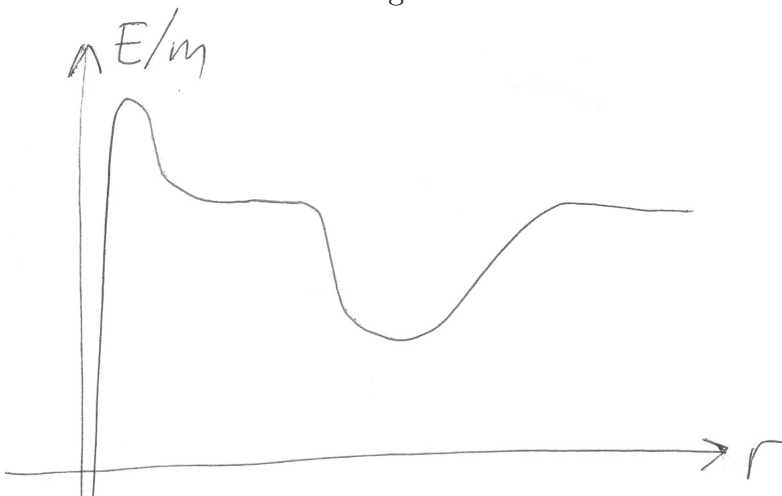
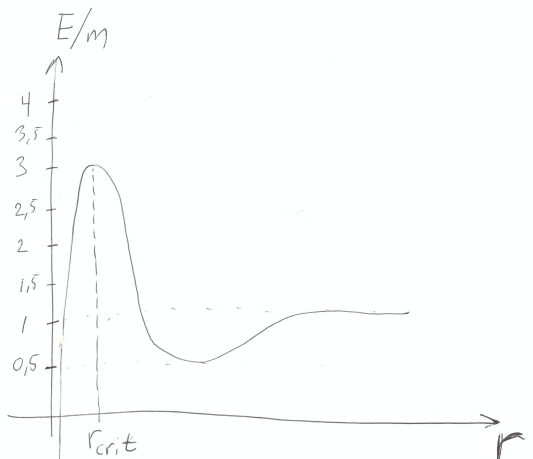


Figure 6: **Potensial F**



1F I figur 1 til figur 6 ser du noen effektive potensialer i et tyngdefelt. I hvilke av disse figurene kan vi få stabile baner? (det er flere) Er det for potensial A, B, C, D, E og/eller F? Begrunn svaret med maks 2 setninger.

Figure 7:



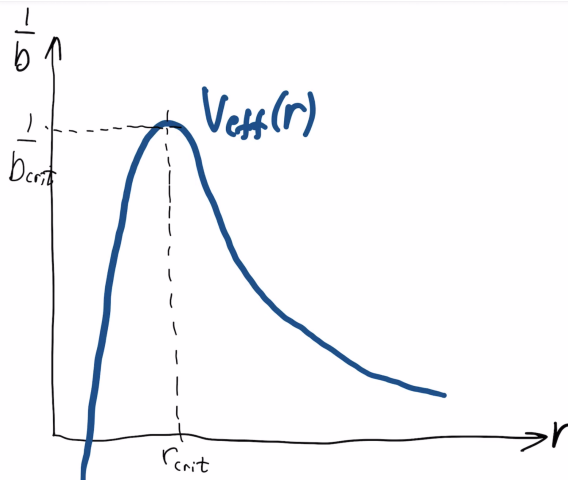
1G I figur 7 ser vi det effektive potensialet for et objekt i fritt fall omkring et sort hull. Hvilke av disse utsagnene er sanne (det er flere):

- (a) Et objekt med energi per masse mindre enn 0.5 får stabil bane.
- (b) Et objekt med energi per masse større enn 0.5 får stabil bane.
- (c) Et objekt med energi per masse mindre enn 0.8 og større enn 0.5 vil ha stabil bane
- (d) Et objekt med energi per masse mindre enn 3 blir slukt av det sorte hullet
- (e) Et objekt med energi per masse større enn 3 blir slukt av det sorte hullet
- (f) Et objekt med energi per masse større enn 0.5 og mindre enn 1 har parabel eller hyperbelbane
- (g) Et objekt med energi per masse mindre enn 1 og større enn 0.5 har stabil bane.
- (h) Et objekt med energi per masse lik 3 har banebevegelse
- (i) Et objekt med energi per masse lik 3 blir slukt av det sorte hullet

1H I figur 7 ser vi det effektive potensialet for et objekt i fritt fall omkring et sort hull. For hvilke verdier av energi per masse vil vi få stabile banebevegelser?

- 1I** I figur 7 ser vi det effektive potensialet for et objekt i fritt fall omkring et sort hull. For hvilke verdier av energi per masse vil vi objektet blir slukt av det sorte hullet.
- 1J** I figur 7 ser vi det effektive potensialet for et objekt i fritt fall omkring et sort hull. For hvilke verdier av energi per masse vil vi objektet få en ustabil bane?
- 1K** I figur 7 ser vi det effektive potensialet for et objekt i fritt fall omkring et sort hull med masse M . Er den kritiske radien r_{crit} lik Schwarzschildradien $r_{\text{crit}} = 2M$? Hvorfor/hvorfor ikke, forklar med maks 3 setninger. Hvis du svarer 'nei', si også om $r_{\text{crit}} < 2M$ eller $r_{\text{crit}} > 2M$ og forklar hvorfor.

Figure 8:



- 1L** I figur 8 ser vi det effektive potensialet for lys omkring et sort hull med masse M . Bruk figuren til å forklare at lys ikke kan gå i stabil bane med maks 3 setninger.
- 1M** I figur 8 ser vi det effektive potensialet for lys omkring et sort hull med masse M . Er den kritiske radien r_{crit} lik Schwarzschildradien $r_{\text{crit}} = 2M$? Hvorfor/hvorfor ikke, forklar med maks 3 setninger. Hvis du svarer 'nei', si også om $r_{\text{crit}} < 2M$ eller $r_{\text{crit}} > 2M$ og forklar hvorfor.

- 1N** I figur 8 ser vi det effektive potensialet for lys omkring et sort hull med masse M . Hva skjer med lys som har impaktparameter som tilsvarer den kritiske impaktparameteren? Forklar med en setninger.
- 1O** Hvilken forskjell i formen på det effektive potensialet i Newtons fysikk og relativistisk fysikk er det som gir opphav til Merkurs perihelppresisjon? Svar med maks en setning (du trenger ikke forklare hvordan perihelppresisjon oppstår, kun forskjellen i formen på potensialet), ta gjerne med en tegning.
- 1P** Det relativistiske effektive potensialet omkring et tyngdefelt er litt brattere enn det tilsvarende Newtonske i området rett til høyre for toppen i det relativistiske potensialet. Forklar hvorfor et brattere potensial i dette området gir opphav til Merkurs perihelppresisjon. Forklar med maks 5 setninger og gjerne en tegning hvis du trenger det.