Björkö fria gymnasium Ansökan nr 12 bilaga1

Undersökning av konceptet negativ massa

Och dess möjliga tillämpningar

Gustaf L, B

Gymnasiearbete 100 poäng

Klass: N 14

Natur (-estetiska) programmet

Läsåret 2016/2017

Handledare: Knut Eriksson

#

# Abstract

Negative mass, not to be confused with things like anti-matter, dark-matter, is an concept in physics where you let masses fall below 0 and get for example -2kg.

Negative mass is said to not exist in our universe (or at least as currently known) and likely never will do. But that doesn't rule out the possibility or perhaps necessarity to use negative mass in calculations. For example the Elementary particle theory already includes negative solutions and some scientists such as Stephen Hawking has already included negative mass as a possible solutions to several problems such as space and time travel.

This essay was conducted as to find and validate current knowledge as well as adding some new thoughts in the subject that is negative mass.

This essay has concluded that negative mass can be achieved in multiple ways with different side effects and applicational possibilities. Most of these are achieved through analysing E=mc2 where you by making E or c2 negative can achieve negative mass.

# Innehållsförteckning

[**Abstract**](#_6wfmo9qj4qpg) **1**

[**Innehållsförteckning**](#_lcsivgdrb2r1) **2**

[**1. Inledning**](#_lvgrmt49pddl) **3**

[1.1 Bakgrund:](#_tw7k46x7so08) 3

[1.2 Avsikt:](#_y3vvx5k9fc1m) 3

[1.3 Frågeställningar och begränsningar:](#_mpy1y0swv0ii) 4

[Undersökningens struktur och genomförande:](#_4fhjrtmfl5z9) 4

[**3. Resultat**](#_88ko8vkm0aj4) **5**

[3.1 Generell relativitetsteori](#_4y8t4annwzny) 5

[3.1.1](#_pddk8vim2jmx) 5

[3.1.2](#_o3j4g3i4qmx4) 6

[3.2 Speciell relativitetsteori](#_1vkul3k6ym5v) 6

[**4. Analys och diskussion**](#_f65lwu9xj310) **7**

[4.1 Analys av resultat (3.1.1)](#_8qrzgf3nefd) 7

[4.2 Analys av resultat (3.1.2)](#_lyynbt3f7naq) 8

[4.3 Analys av resultat (3.2)](#_c2rupj9dubhx)

[4.4 Kvantmekanik](#_va89mm3gg28w) 8

[4.5 Konsekvenser för etablerade fysiken:](#_xnv9trya8pym) 9

[4.5.1 Konsekvenser om modell 3.1.1 gäller:](#_hrs3i0l720ec)  9

[4.5.2 Konsekvenser om 3.1.2 skulle gälla:](#_d9mfs83tql1x) 10

[4.5.3 Kvantmekanik och speciell relativitetsteori](#_lxcabrnlhu2q) 10

[4.6 Möjliga användningsområden](#_f2kh5lg4sgdh) 10

[4.7 Behöver vidare forskas på:](#_ok9kchakhup6) 10

[4.8 Metoddiskussion](#_w0yzcam3gojb) 10

[**5. Källförteckning**](#_xjbnnmwnx7mf) **11**

[**6. Bilagor**](#_pmb11qjnxooy) **11**

[6.1 Länkar till relevant material:](#_62jqucvgehbz) 11

[6.2 Ordförklaring:](#_ypu3o3gsbjl5) 11

# **1. Inledning**

Negativ massa, inte att förväxla med antimateria eller mörk materia, är ett koncept inom fysiken där man låter massan på ett objekt gå under 0 och får massor liksom -2 kg.

## 1.1 Bakgrund:

Konceptet negativ massa tillhör samlingsbegreppet, exotiska material, (material som inte består av de vanliga **Subatomär partiklarna**, utan behöver bestå av andra partiklar, och ofta har extraordinära egenskaper).

Negativ massa brukas tas upp i samband med relativitetsteorierna och kvantmekanik men kan även tas upp i vanlig fysik. Konceptet anses i nuläget tillhöra den abstrakta grenen av fysik

Konceptet negativ massa har uppstått genom att fysiken tagits till ett abstrakt och hypotetiskt plan, för att se vad som skulle kunna ske om man tillät andra regler än de redan nu kända och genom detta skapat nya koncept som kan ge nya effekter på den redan etablerade fysiken.

Negativ massa har inte observerats i detta universum, det närmaste man har kommit i detta universum är regioner i rymden där **pseudo-negativt trycks täthet**, skapat av **Casimireffekten,** blivit negativ.

Den första undersökningen om konceptet negativ massa skedde redan på 1800-talet. Detta koncept har haft en relativ liten utveckling då den största som har hänt var i och med **Einsteins relativitetsteorier.**

Även om detta kan tyckas som ett högst abstrakt koncept finns det forskare idag som tar möjligheten på allvar, Ett exempel är Stephen Hawking i sin bok “The Future of Spacetime” från 2002 som tar upp negativ massa som en möjlighet för att driva rymdfarkoster.

För att förstå detta arbete fullt ut kan man behöva att läsa in sig på begreppen markerade i fetstilt, dessa begrepp kommer ha en kort förklaring eller en länk till en webbsida med förklaring, i detta arbetets bilaga (6.1).

## 1.2 Avsikt:

Varför jag valde undersöka detta ämne var på grund av mitt intresse för experimentell eller abstrakt fysik, vilket inte ofta kommer upp i gymnasiets fysik. Därav tog jag detta tillfälle för att göra just detta.

## 1.3 Frågeställningar och begränsningar:

Detta arbete kommer behandla tre huvudsakliga frågor:

* Hur skulle negativ massa kunna uppnås, det vill säga skapas?
* Vad skulle detta skulle ge för konsekvenser på den etablerade fysiken?
* Vilka användningsområden skulle det kunna ha?

Angående konsekvenser på den etablerade fysiken begränsade jag mig till färre områden än vad som skulle vara möjligt, på grund av tidsbrist, samt att vissa områden inte har någon direkt relation till massa vilket då gör det ointressant för denna undersökning

**2. Material och metod**

## Undersökningens struktur och genomförande:

Eftersom negativ massa är ett fysikaliskt koncept så har metoden i detta arbete inte varit prövbart genom praktiska experiment utan varit beroende av beräkningar och antaganden inom existerande fysikaliska lagar.

I resultatet kommer frågan om hur negativ massa huvudsakligen behandlas. Medan diskussionsdelen kommer behandla frågorna om effekter på etablerad fysik samt

Jag har förutom att kalkylerat själv tagit fram formler via internet och korsjämfört dem med mina egna. För att kunna bygga en så komplett helhetsbild som möjligt.

Eftersom jag har prövat nästintill all fakta som tas upp i detta arbete kommer det hänvisas till ytterst få källor

Dock är konceptet negativ massa långt ifrån färdigutrett, bevisat eller motbevisat.

Vilket betyder att stora kunskapsluckor existerar som förhindrar en komplett helhetsbild.

#

#

# **3. Resultat**

Hur skulle negativ massa kunna uppnås dvs skapas?

## 3.1 Generell relativitetsteori

### 3.1.1

I **Generell relativitetsteori** sägs det finnas tre sorters massor:

**Tröghetsmassa**, som mäter ett objekts motstånd mot att accelereras av en kraft (som representeras av förhållandet F = ma).
**Aktiv gravitationsmassa**, som mäter gravitationskraften som utövas av ett föremål.
**Passiva gravitationsmassa**, gravitationskraften som utövas på ett föremål på ett känt gravitationsfält .

Dessa 3 massor kan skiljas åt i teorin, men experiment för att skilja dessa åt i verkligheten har inte varit framgångsrika. Därför så antas dessa vara en och samma massa.

**Einstein ekvivalens princip** förutsätter att **tröghetsmassan** är densamma som **passiv gravitationsmassa**. **Lagen om momen**t-**bevarandet** kräver att **aktiv** och **passiv gravitationsmassa** är samma. Alla experimentella bevis hittills har visat att dessa lagar visat sig vara korrekta.

Bortsett från **energi villkoren** som dikterar att all energi måste vara positiv, så lämnas fortfarande matematisk möjlighet att granska negativ massa.

Och om man fortsätter anse att **ekvivalensprincipen** och **bevarandet av moment** gäller för negativ massa så måste detta betyda att alla tre sorters massa är negativa.

Enligt **Einsteins fältekvationer** skulle den negativa partikeln interagera med andra på följande sätt (förutsatt att alla tre former av masser är samma).

Positiv massa skulle attrahera både de andra positiva massorna och negativa massorna.

Negativ massa skulle repellera både de andra negativa massorna och positiva massorna.

### 3.1.2

En alternativ möjlighet skulle vara att **vända på energin hos en partikel** (därav även vända dess massa, om partikeln har massa) vilket skulle vara lika med att **vända dess väg i tiden.** Och genom dessa två **fältekvationer:**

$$R\_{μv}^{(+)}-\frac{1}{2}R^{(+)}g\_{μv}^{(+)}=X\left(T\_{μv}^{(+)}+\sqrt{\frac{g^{(-)}}{g^{(+)}}T\_{μv}^{(-)}}\right)$$

$$R\_{μv}^{(-)}-\frac{1}{2}R^{(-)}g\_{μv}^{(-)}= -X\left(T\_{μv}^{(-)}+\sqrt{\frac{g^{(+)}}{g^{(-)}}T\_{μv}^{(+)}}\right)$$

Och den **newtonska approximation** skulle ge följande **interaktionslagar**:

Positiv massa lockar positiv massa.

Negativ massa attraherar negativ massa.

Positiv massa och negativ massa repellerar varandra.

## 3.2 Speciell relativitetsteori

I speciell **relativitetsteori** går det att uppnå negativ massa oberoende av negativ energi. Enligt E = Mc², är massa m i proportion till energin E och proportionalitets-koefficienten C2. Egentligen är m fortfarande ekvivalent mot E även om koefficienten är en annan konstant såsom C2. I detta fall är det inte nödvändigt att införa en negativ energibalans, eftersom massan kan vara negativ, även om energin är positiv. Det vill säga,

$$E= -mc^{2}>0$$

$$m= -\frac{E}{c^{2}}< 0$$

$$⇒$$

$$dE=F ds=\frac{dp}{dt} ds=\frac{ds}{dt} ds=v dp=v d(mv)⇒$$

$$-c^{2} dm=v d(mv)$$

$$-c^{2}(2m) dm=2mv d(mv)$$

$$-c^{2} d(m^{2})=d(m^{2}v^{2})$$

$$-m^{2}c^{2}=m^{2}c^{2}+C$$

När v =0

$$C-m\_{0}^{2}\*c^{2}$$

Därmed

$$-m^{2}c^{2}=m^{2}c^{2}-m\_{0}^{2}\*c^{2}$$

$$m=\frac{m}{\sqrt{1+\frac{v^{2}}{c^{2}}}}$$

Där m0 < 0 är vilomassa och viloenergi samma.

E0 = -m0c2 > 0. Den kvadrerade massan är fortfarande positiv och partikeln är stabil.

# **4. Analys och diskussion**

## 4.1 Analys av resultat (3.1.1)

Enligt slutsatsen i 3.1 skulle interaktionen mellan olika massor ge följande effekt:

För två de positiva massorna skulle ingenting förändras och en dragningskraft mot varandra skulle orsakar en attraktion. De två negativa massorna skulle stöta bort varandra på grund av sina negativa tröghets massor. Men i sista fallet skulle den positiva massan attrahera den negativa medan den negativa skulle repellera den positiva. Vilket skulle skapa ett paradoxalt förhållande,

Detta förhållande skulle ge att två föremål av samma storlek samt motsatt massa en konstant acceleration av sitt systemet mot den positiva föremål med positiv massa.

Ett sådant par skulle accelerera oändligt (Bortsett från om man räknar relativistiskt).

Dock skulle ett sådant par inte bryta **lagarna om momentum** eller **rörelse energins** **bevarande**, Om massorna är lika i storlek men med omvänd massa, skulle momentumet i systemet förblir noll om de båda reser tillsammans och accelererar tillsammans, oavsett deras hastighet.

Då enligt **moment lagen**

$$P=mv+(-m)v=(m?(-m))v=0\*v=0$$

Och enligt **Kinetisk energi bevarande**

$$E=1/2\*mv^{2}+1/2(-m)v^{2}=1/2(m+(-m))v^{2}$$

förblir energin i systemet 0 och lagarna uppehålls.

## 4.2 Analys av resultat (3.1.2)

Notera att modellen från 3.1.2 skulle förhindra paradoxen i 3.1.1 men skulle medföra att den negativa massan bara “upplevas” som negativ.

Vissa system för att förklara gravitation har lämnat det öppet för att räkna med ytterligare faktorer som kan påverka gravitation utöver vårt universum, till exempel ett parallellt universum. Detta skulle medföra att från våran sida skulle deras massa samt tid vara negativ. Dessa universum skulle då endast vara sammankopplade av Big Bang samt interagera genom gravitation. I andra ord två universum som glider mot varandra fast med olika tidsriktig. Ett sådant system skulle kunna förklara rymd expansionen.

Detta kan läsas vidare om via länk/källförteckning till källa i bilagorna
(Petit, J. P. (1995). "Twin universes cosmology")

## 4.3 Analys av resultat (3.2)

Från förhållandet i 3.2 får vi även:

$$p=mv=\frac{m\_{0}^{}v}{\sqrt{1+\frac{v^{2}}{c^{2}}}}<0$$

Detta negativa momentum kan tillämpas för att förklara **negativ refraktion**, **den omvända dopplereffekt** och backa **Cherenkoveffekten** som observerades i en **negativ index metamaterial**. **Strålningstrycket** i metamaterial är också negativ, eftersom kraften definieras

som $F=\frac{dp}{dt}$. Intressant nog finns undertryck i mörk energi. Med hjälp av dessa ovanstående ekvationer, bör **energi momentum relationen** vara

$$E^{2}= -p^{2}c^{2}+m\_{0}^{2}\*c^{4}$$

Genom att ersätta **Planck-Einstein förhållandet** E = ħω och **de Broglie** p = hk, kan vi erhålla följande relation

$$ω^{2}= -k^{2}c^{2}+ω\_{p}^{2} (E\_{0}^{}=hω\_{p}= -m\_{0}c^{2}>0)$$

Så när en våge består av en ström av partiklar vars energi-momentum förhållande är $E^{2}=.p^{2}c^{2}+m\_{0}^{2}\*c^{4}$(**våg-partikeldualitet**) och kan existera i ett negativt index metamaterial . Hastigheten hos en sådan partikel är lika med

$$v=c\sqrt{\frac{E\_{0}^{2}}{E^{2}}-1}=c\sqrt{\frac{ω\_{p}^{2}}{ω^{2}}-1}$$

Med ett spann från 0 till oändligheten

$\frac{ω\_{p}^{2}}{ω^{2}}<2$, när v < c

$\frac{ω\_{p}^{2}}{ω^{2}}>2$, när v > c

Utöver det så är den kinetiska energin negativ

$$E\_{k}=E-E\_{0}$$

$$= -m\_{0}c^{2}-(-m\_{0}c^{2})$$

$$= -\frac{m\_{0}c^{2}}{\sqrt{1+\frac{v^{2}}{c^{2}}}}+m\_{0}c^{2}$$

$=m\_{0}c^{2}(1-\frac{1}{\sqrt{1+\frac{v2}{c^{2}}}})<0$när m0<0

I vissa verkliga modeller finns negativ rörelseenergi för att beskriva mörk energi (fantom energi) vars tryck är negativ. Och på grund av detta är negativa massan nu ofta förknippad med negativa momentum, undertryck, negativ kinetisk energi och snabbare än ljuset fenomen.

## 4.4 Kvantmekanik

Intressant att tillägga är att i **kvantmekaniken** så finns redan modeller som lämnat möjlighet för beräkning av negativ massa.

År1928, skrev Paul Dirac **teorin om elementarpartiklar**, nu en del av **standardmodellen**, denna modell har redan negativ massa inbyggd i teorin.

Forskarna Morris, Thorne och Yurtsever påpekade i sin artikel “Wormholes, Time Machines, and the Weak Energy Condition” (1988) även att **kvantmekanik** av **Casimireffekten** kan användas för att producera en **lokal negativt mass region i rumtiden**. Och i artikeln "Natural Wormholes as Gravitational Lenses" (1995), samt andras efterföljande arbeten, visas det att negativ materia skulle kunna användas för att stabilisera ett maskhål. Cramer et al. hävdar att sådana maskhål kan ha skapats i det tidiga universum, stabiliseras genom negativ mass-slingor av kosmisk sträng. Stephen Hawking har i “The Future of Spacetime” (2002) visat att negativ energi är en nödvändig förutsättning för att skapa en sluten tidskurva genom manipulation av gravitationsfält inom ett ändlig område i rymden.

## 4.5 Konsekvenser för den etablerade fysiken:

### 4.5.1 Jag börjar visa med Konsekvenser om modell 3.1.1 gäller (Jag menar modellen under rubriken 3.1.1)

Modell 3.1.1 är den som ger “lättast” märkbara konsekvenser då till exempel:

1. En gasblandning av negativ massa och positiv massa, så skulle den positiva massan stiga i temperatur oändligt. Medan den negativa massan kommer att få negativ temperatur i samma takt,(notera att även här balanseras energierna ut).

2. En negativ massa skulle putta, och röra sig, i den motsatta riktningen den blev puttad från, detta kommer från newtons tredje lag.

### 4.5.2 Konsekvenser om 3.1.2 skulle gälla:

I modell 3.1.2 skulle, som tidigare sagt, ingen extrem förändring ske. Förutom möjligheten att ett alternativt universum skulle existera, samt en möjlighet att kanske kunna färdas mellan dessa.

### 4.5.3 Kvantmekanik och speciell relativitetsteori

Men när det kommer till kvantmekanik och speciell relativitetsteori blir svaren mer invecklade, dock mer intressanta och kanske till och med möjliga att utföra.

En annan möjlighet skulle vara att negativ massa bara behövs vid fysikaliska beräkningar, dvs det kanske inte finns någon fysisk negativ massa.

## 4.6 Möjliga användningsområden

De mest relevanta applikationerna är tidigare nämnda, liksom rymdfarkosdrift, tidsresande samt transportation mellan parallella universum. Detta kan läsas vidare på eget bevåg via givna källor.

## 4.7 Behöver vidare forskas på:

Jag har under min studie märkt en avsaknad av studier som adresserar vilken typ av energi samt momentum som skulle krävas för att beskriva icke singulärt negativ massa och hur detta skulle kunna möjliggöras

Utöver det har jag inte sett någon forskning som adresserar möjligheten till anti-negativ materia, då antimateria finns för “vanlig” positiv materia varför skulle inte detta kunna gälla för negativ massa likaså?

## 4.8 Metoddiskussion

Min valda metod har varit väldigt trög att arbeta sig igenom. Då min metod varit beroende av min egen förmåga att förstå och härledda alla nya och ofta svåra koncept/modeller/teorier, vilket blev det moment majoriteten av min givna tid blev spenderad på. Även om detta har varit fallet, så har det varit belönande och intressant att lära sig alla nya fysikaliska delar .

En förenkling som skulle kunna göras är att öka mängden av material jag inte härleder, utan anta dessa vara sanna så att jag ska kunna täcka ett större område. Så som jag gjorde nu blev huvudmomentet i min uppsats att härleda hur negativ massa kan uppnås, skulle det varit intressant att täcka de andra två frågorna mer på djupet. Som det var nu kunde jag i slutändan bara referera till källor som utvecklade det jag undersökt, till skillnad från om jag haft tid att förklara allt på lika nivå. Att arbeta på detta sätt skulle dock medföra en risk att sänka förståelsen och helhetsbilden.

#

# **5. Källförteckning**

Cramer, John; Forward, Robert; Morris, Michael; Visser, Matt; Benford, Gregory; Landis, Geoffrey"Natural Wormholes as Gravitational Lenses". (1995).
<https://arxiv.org/abs/astro-ph/9409051> (För att hämta PDF)

Dirac, P. A. M, "The Quantum Theory of the Electron" . Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. (1928)

<http://www.math.ucsd.edu/~nwallach/Dirac1928.pdf> (PDF)

Hawking, Stephen, The Future of Spacetime, W. W. Norton.
ISBN 0-393-02022-3. (2002)

Morris, Michael; Thorne, Kip; Yurtsever, Ulvi . "Wormholes, Time Machines, and the Weak Energy Condition". Physical Review. (1988)
<http://prola.aps.org/abstract/PRL/v61/i13/p1446_1> (För att hämta PDF)

# **6. Bilagor**

## 6.1 Länkar till relevant material:

Petit, J. P. (1995). "Twin universes cosmology" . Astrophysics and Space Science.
<http://www.bigravitytheory.com/pdf/astrophysics_and_space_science_1995.pdf> (PDF)

## 6.2 Ordförklaring:

**Subatomär partiklarna -** <https://en.wikipedia.org/wiki/Subatomic_particle>

**Casimireffekten -** <https://en.wikipedia.org/wiki/Casimir_effect>

**Pseudo-negativt trycks täthe**t - <https://en.wikipedia.org/wiki/Pressure#Negative_pressures> under rubriken “Negative pressures”

**Einsteins relativitetsteorier -** <https://en.wikipedia.org/wiki/Theory_of_relativity>

**Generell relativitetsteori** se Einsteins relativitetsteorier

**Tröghetsmassa**: mäter ett objekts motstånd mot att accelereras av en kraft (som representeras av förhållandet F = ma).
**Aktiv gravitationsmassa:** mäter gravitationskraften som utövas av ett föremål.

**Passiva gravitationsmassa**: gravitationskraften som utövas på ett föremål på ett känt gravitationsfält .

**Einstein ekvivalensprincip -** <https://en.wikipedia.org/wiki/Equivalence_principle>

**Lagen om momen**t-**bevarandet -** <https://en.wikipedia.org/wiki/Momentum#Conservation_in_a_continuum>under rubriken “Conservation”

**Energi villkoren -** <https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_condition#Dominant_energy_condition>

**Einsteins fältekvationer -** <https://en.wikipedia.org/wiki/Einstein_field_equations>

**Vända på energin hos en partikel -** vända energin tex. från positiv till negativ(, 2 -> -2)

**Vända dess väg i tiden -** om man anser tid som en vektor, där exempelvis vår världs tid går framåt

**Fältekvationer** se Einsteins fältekvationer

**Newtonska approximation -** <https://en.wikipedia.org/wiki/Post-Newtonian_expansion>

**Interaktionslagar -** Hur 2 massor (objekt) interagerar med varandra, exempel 2 positiva massor attraherar varandra

**Relativitetsteori -** seEinsteins relativitetsteorier

**Lagarna om momentum/ moment lagen -** se Lagen om moment-bevarandet

**Kinetisk energi bevarande -** se Lagen om moment-bevarandet

**Kvantmekaniken -** <https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_mechanics>

**Negativ refraktion -** <https://en.wikipedia.org/wiki/Negative_refraction>

**Den omvända dopplereffekt -** <https://en.wikipedia.org/wiki/Doppler_effect#Inverse_Doppler_effect>

**Cherenkoveffekten -** <https://en.wikipedia.org/wiki/Cherenkov_radiation#Reverse_Cherenkov_effect>

**Negativ index metamaterial -** <https://en.wikipedia.org/wiki/Negative-index_metamaterial>

**Strålningstrycket -** <https://en.wikipedia.org/wiki/Radiation_pressure>

**Energi momentum relationen -** <https://en.wikipedia.org/wiki/Energy%E2%80%93momentum_relation>

**Planck-Einstein förhållande -** <https://en.wikipedia.org/wiki/Planck%E2%80%93Einstein_relation>

**De Broglie(s förhållanden) -** se Planck-Einstein förhållande

**Våg-partikeldualitet -** <https://en.wikipedia.org/wiki/Wave%E2%80%93particle_duality>

**Lokal mass negativa regionen rumtiden -** se Casimireffekten