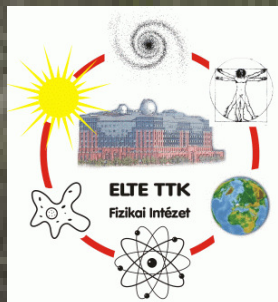


# A tömeg eredete és a Higgs- mező



Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2012. 09. 13.

# 2012. július 4.



2012. július 4.

Világszenzáció!



2012. július 4.

Világszenzáció!



2012. július 4.

Világszenzáció!

The screenshot shows the Le Monde.fr website. At the top, there is a navigation bar with categories like 'INTERNATIONAL', 'POLITIQUE', 'CULTURE', etc. Below that, a red banner reads 'EN CIUDADES EUROPEAS desde 15€ (por noche por persona)' and 'EN CIUDADES ESPAÑOLAS desde 17€'. The main headline is 'Le boson de Higgs découvert avec 99,9999 % de certitude'. Below the headline is a large image of a particle detector's inner structure. To the right, there is a 'Les plus partagés' section with a list of popular articles.

The screenshot shows the The New York Times website. The main headline is 'New Particle Could Be Physics' Holy Grail'. Below the headline is a photograph of a man in a suit, likely a physicist. To the right of the main article, there is a 'TRY A TIMES DIGITAL SUBSCRIPTION: 4 WEEKS FOR \$9.99' offer. The page layout includes a navigation bar, a search bar, and various sections for news and subscription information.



2012. július 4.

Világszenzáció!

The screenshot shows the EL PAÍS website with the main headline: "Hallada 'la más sólida evidencia' de la existencia del bosón de Higgs". Below the headline is a sub-headline: "El estudio de partículas en la colisión de protones en el acelerador de partículas del CERN confirma la existencia del bosón de Higgs". There is a large image of a particle detector showing a central point with many lines radiating outwards, representing particle tracks.

The screenshot shows the Le Monde.fr website with the main headline: "Le boson de Higgs découvert avec 99,9999 % de certitude". Above the headline is a promotional banner: "EN CIUDADES EUROPEAS desde 15€ (por noche por persona)" and "EN CIUDADES ESPAÑOLAS desde 17€". Below the headline is a large image of a particle detector showing a central point with many lines radiating outwards, representing particle tracks.

The screenshot shows the The New York Times website with the main headline: "Rapid H.I.V. Home Test Wins Federal Approval". Below the headline is a sub-headline: "A new test that can be used at home to detect HIV infection has received approval from the U.S. Food and Drug Administration". There is a large image of a man in a suit, likely a scientist or official, speaking at a podium.



2012. július 4.

Világszenzáció!

EL PAÍS

INTERNACIONAL POLÍTICA ECONOMÍA CULTURA SOCIEDAD DEPORTES

EN CIUDADES EUROPEAS desde 15€ (por noche por persona)  
EN CIUDADES ESPAÑOLAS desde 17€

**Hallada "la más sólida evidencia" de la existencia del bosón de Higgs**

El estudio de partículas en la colisión de protones en el acelerador de partículas del CERN confirma que se ha descubierto una partícula que es probable que sea el bosón de Higgs.

El estudio de partículas en la colisión de protones en el acelerador de partículas del CERN confirma que se ha descubierto una partícula que es probable que sea el bosón de Higgs.

Le Monde.fr

INTERNACIONAL POLITIQUE CULTURE ECONOMIE SPORTS SCIENCES TECHNIQUE OPINIONS

**Le boson de Higgs découvert avec 99,9999 % de certitude**

Le boson de Higgs découvert avec 99,9999 % de certitude

Le boson de Higgs découvert avec 99,9999 % de certitude

The New York Times

TRY A TIMES DIGITAL SUBSCRIPTION: 4 WEEKS FOR \$9.99

**Rapid H.I.V. Tests Win Federal Approval**

Rapid H.I.V. Tests Win Federal Approval

Rapid H.I.V. Tests Win Federal Approval

theguardian

News Sport Comment Culture Business Money Law Life & Style Travel Environment Video Apps Office Jobs

**Diamond set to come out fighting as he faces MPs**

Diamond set to come out fighting as he faces MPs

Diamond set to come out fighting as he faces MPs



2012. július 4.

# Felfedezték a Higgs-bozont!

Világszenzáció!





2012. július 4.

# Felfedezték a Higgs-bozont!

Világszenzáció!



2012. július 4.

# Felfedezték a Higgs-bozont!

Világszenzáció!

**Tribune de Genève**

**Une nouvelle particule a été découverte**

Le CERN a annoncé la découverte d'une nouvelle particule, le boson de Higgs, ce qui confirme une théorie fondamentale de la physique.

**Les plus lus :**

1. Le CERN a annoncé la découverte d'une nouvelle particule, le boson de Higgs, ce qui confirme une théorie fondamentale de la physique.
2. Les implications de la découverte du boson de Higgs.
3. Comment le boson de Higgs a été découvert.
4. La quête du boson de Higgs.
5. L'impact de la découverte du boson de Higgs.

**vk.nl**

**Higgs of niet, het is een spectaculaire ontdekking**

De Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) heeft bekendgemaakt dat de Nederlandse fysici bij de Large Hadron Collider (LHC) de ontdekking van de Higgs-boson hebben gemaakt.

**AMERICAN NETWORK**

1. De ontdekking van de Higgs-boson is een belangrijke stap in de fysica.

2. De ontdekking van de Higgs-boson is een belangrijke stap in de fysica.

3. De ontdekking van de Higgs-boson is een belangrijke stap in de fysica.

**ZBMC**

**Naukowcy z CERN niemal pewni, że złapali "boską cząstkę". Jest zgodna z bozonem Higgsa**

Wieloletnie poszukiwania naukowców z CERN zakończyły się sukcesem. Złapali "boską cząstkę", czyli bozon Higgsa, który jest zgodny z przewidywaniami teorii fizyki cząstek elementarnych.

**Ważne wiadomości:**

1. Naukowcy z CERN niemal pewni, że złapali "boską cząstkę".
2. Jest zgodna z bozonem Higgsa.
3. Wieloletnie poszukiwania naukowców z CERN zakończyły się sukcesem.
4. Złapali "boską cząstkę", czyli bozon Higgsa.
5. Jest zgodny z przewidywaniami teorii fizyki cząstek elementarnych.
6. Wieloletnie poszukiwania naukowców z CERN zakończyły się sukcesem.
7. Złapali "boską cząstkę", czyli bozon Higgsa.



2012. július 4.

# Felfedezték a Higgs-bozont!

Világszenzáció!

**Tribune de Genève**

Une nouvelle particule a été découverte

Le nouveau boson de Higgs est la dernière particule manquante du Modèle Standard de la physique des particules.

**NÉPSZABADSÁG ONLINE**

Úgy tűnik, megvan az 'isten' részecske

Az európai részecskefizikusok megfigyelték a Higgs-bozont, a részecskefizika egyik legfontosabb részecskéjét.

**vk.nl**

Higgs of niet, het is een spectaculaire ontdekking

De ontdekking van de Higgs-boson is een spectaculaire ontdekking in de deeltjesfysica.

**Gazetapl Wiedomości**

Naukowcy z CERN niemal pewni, że złapali "boską cząstkę". Jest zgodna z bozonem Higgsa

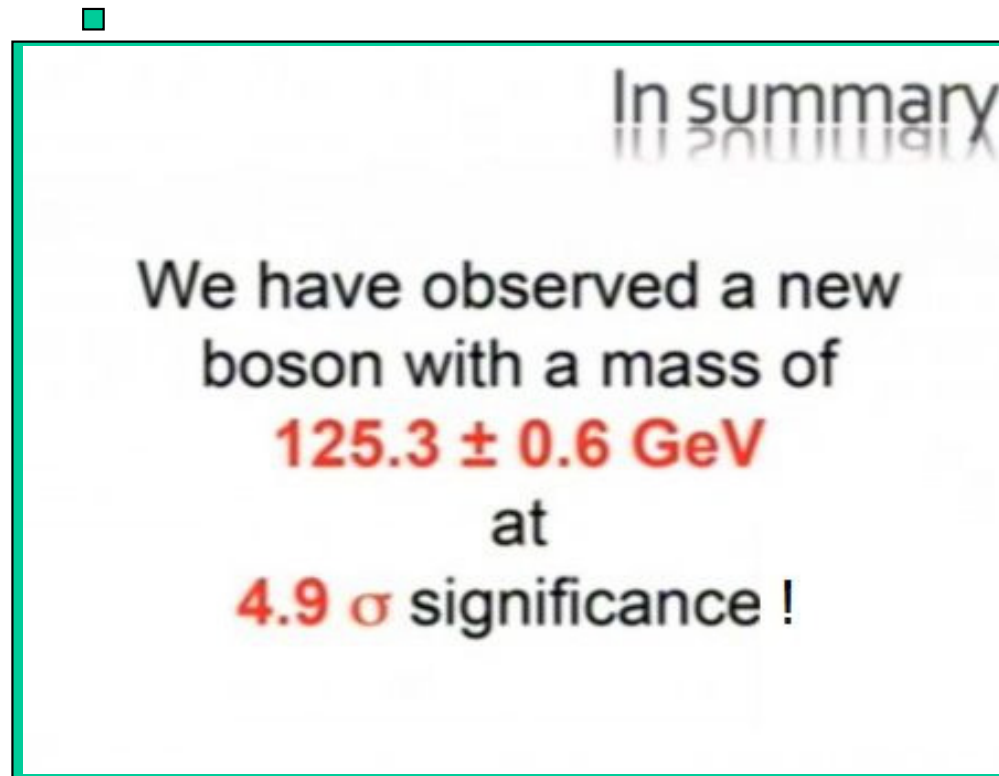
Wielki Zderzacz Hadronów (LHC) w CERNie wykrył cząstkę, która może być bosonem Higgsa.



2012. július 4.

# Felfedezték a Higgs-bozont!

Világszenzáció!

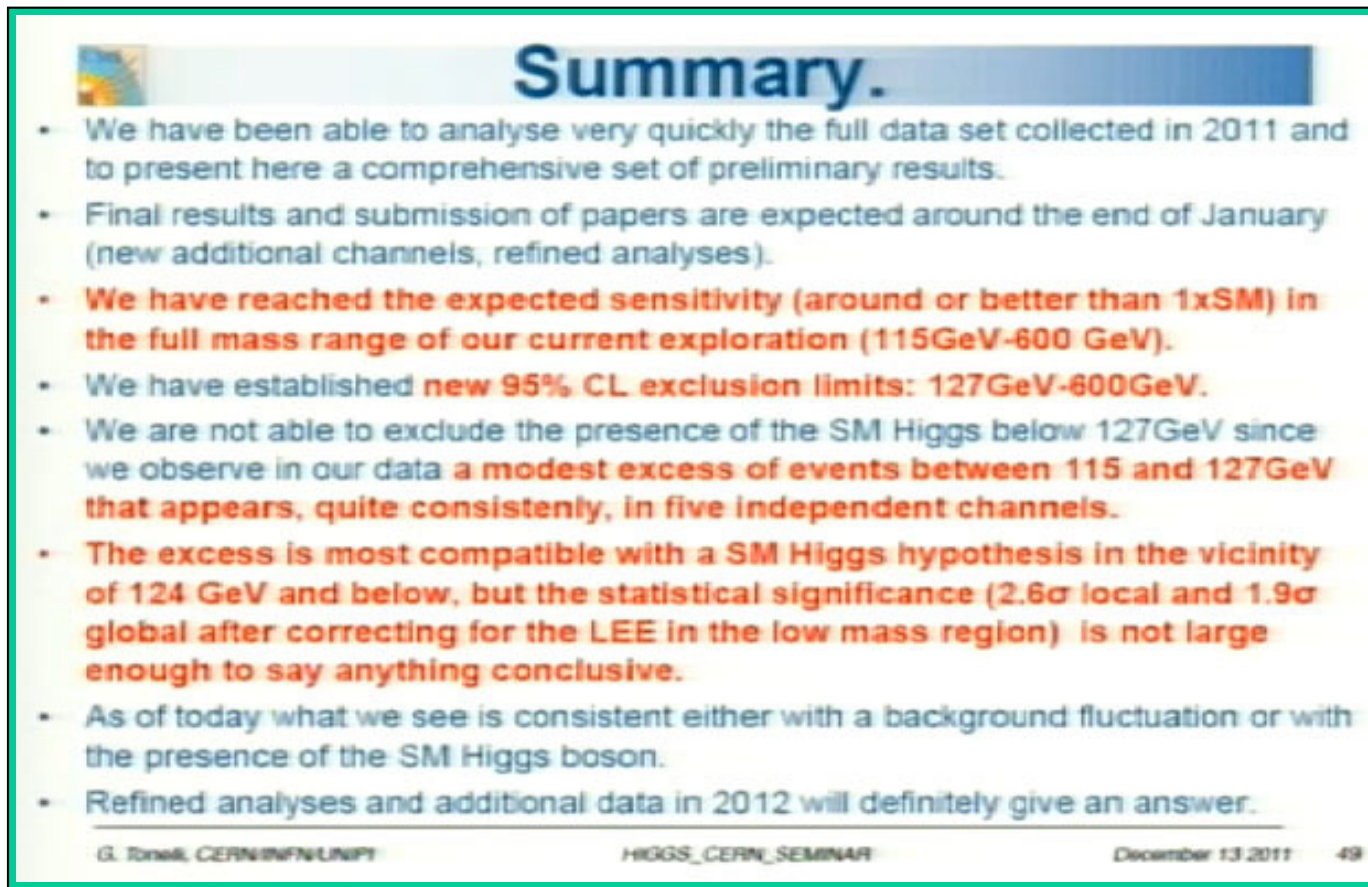


Az eredeti bejelentés legrövidebb formája

2012. július 4.

# Felfedezték a Higgs-bozont!

Világszenzáció!



**Summary.**

- We have been able to analyse very quickly the full data set collected in 2011 and to present here a comprehensive set of preliminary results.
- Final results and submission of papers are expected around the end of January (new additional channels, refined analyses).
- **We have reached the expected sensitivity (around or better than 1xSM) in the full mass range of our current exploration (115GeV-600 GeV).**
- We have established **new 95% CL exclusion limits: 127GeV-600GeV.**
- We are not able to exclude the presence of the SM Higgs below 127GeV since we observe in our data **a modest excess of events between 115 and 127GeV that appears, quite consistently, in five independent channels.**
- **The excess is most compatible with a SM Higgs hypothesis in the vicinity of 124 GeV and below, but the statistical significance (2.6 $\sigma$  local and 1.9 $\sigma$  global after correcting for the LEE in the low mass region) is not large enough to say anything conclusive.**
- As of today what we see is consistent either with a background fluctuation or with the presence of the SM Higgs boson.
- Refined analyses and additional data in 2012 will definitely give an answer.

G. Tonelli, CERN/INFN/UNIFI HIGGS\_CERN\_SEMINAR December 13 2011 49

Az eredeti bejelentés kissé hosszabb formája

# 2012. szeptember 12. (tegnap)




# 2012. szeptember 12. (tegnap)

megjelent a tudományos cikk a felfedezésről




# 2012. szeptember 12. (tegnap)

## megjelent a tudományos cikk a felfedezésről



Physics Letters B

Volume 716, Issue 1, 17 September 2012, Pages 30–61



---

### Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC ☆

Universally Available

This paper is dedicated to the memory of our colleagues who worked on CMS but have since passed away. In recognition of their many contributions to the achievement of this observation.

CMS Collaboration\*


CERN, Switzerland

**fejléc**



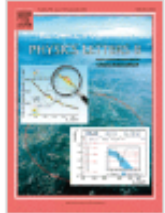
# 2012. szeptember 12. (tegnap)

megjelent a tudományos cikk a felfedezésről



Physics Letters B

Volume 716, Issue 1, 17 September 2012, Pages 30–61



**Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC** ☆

Universally Available

This paper is dedicated to the memory of our colleagues who worked on CMS but have since passed away. In recognition of their many contributions to the achievement of this observation.

CMS Collaboration\*

CERN, Switzerland

**fejléc**

(utána jön a több mint 2000 szerző felsorolása)

# 2012. szeptember 12. (tegnap)

## megjelent a tudományos cikk a felfedezésről

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2012.08.021>, How to Cite or Link Using DOI

 [Permissions & Reprints](#)

### Abstract

Results are presented from searches for the standard model Higgs boson in proton–proton collisions at  $\sqrt{s} = 7$  and 8 TeV in the Compact Muon Solenoid experiment at the LHC, using data samples corresponding to integrated luminosities of up to  $5.1 \text{ fb}^{-1}$  at 7 TeV and  $5.3 \text{ fb}^{-1}$  at 8 TeV. The search is performed in five decay modes:  $\gamma\gamma$ ,  $ZZ$ ,  $W^+W^-$ ,  $\tau^+\tau^-$ , and  $b\bar{b}$ . An excess of events is observed above the expected background, with a local significance of 5.0 standard deviations, at a mass near 125 GeV, signalling the production of a new particle. The expected significance for a standard model Higgs boson of that mass is 5.8 standard deviations. The excess is most significant in the two decay modes with the best mass resolution,  $\gamma\gamma$  and  $ZZ$ ; a fit to these signals gives a mass of  $125.3 \pm 0.4(\text{stat.}) \pm 0.5(\text{syst.})$  GeV. The decay to two photons indicates that the new particle is a boson with spin different from one.

### Keywords

CMS; Physics; Higgs

**rövid kivonat**



# 2012. szeptember 12. (tegnap)

## megjelent a tudományos cikk a felfedezésről

### 8. Conclusions

Results are presented from searches for the standard model Higgs boson in proton–proton collisions at  $\sqrt{s} = 7$  and 8 TeV in the CMS experiment at the LHC, using data samples corresponding to integrated luminosities of up to  $5.1 \text{ fb}^{-1}$  at 7 TeV and  $5.3 \text{ fb}^{-1}$  at 8 TeV. The search is performed in five decay modes:  $\gamma\gamma$ ,  $ZZ$ ,  $W^+W^-$ ,  $\tau^+\tau^-$ , and  $b\bar{b}$ . An excess of events is observed above the expected background, with a local significance of  $5.0\sigma$ , at a mass near 125 GeV, signalling the production of a new particle. The expected local significance for a standard model Higgs boson of that mass is  $5.8\sigma$ . The global  $p$ -value in the search range of 115–130 (110–145) GeV corresponds to  $4.6\sigma$  ( $4.5\sigma$ ). The excess is most significant in the two decay modes with the best mass resolution,  $\gamma\gamma$  and  $ZZ$ , and a fit to these signals gives a mass of  $125.3 \pm 0.4(\text{stat.}) \pm 0.5(\text{syst.})$  GeV. The decay to two photons indicates that the new particle is a boson with spin different from one. The results presented here are consistent, within uncertainties, with expectations for the standard model Higgs boson. The collection of further data will enable a more rigorous test of this conclusion and an investigation of whether the properties of the new particle imply physics beyond the standard model.

**következtetések**



# 2012. szeptember 12. (tegnap)

## megjelent a tudományos cikk a felfedezésről

### 8. Conclusions

Results are presented from searches for the standard model Higgs boson in proton–proton collisions at  $\sqrt{s} = 7$  and 8 TeV in the CMS experiment at the LHC, using data samples corresponding to integrated luminosities of up to  $5.1 \text{ fb}^{-1}$  at 7 TeV and  $5.3 \text{ fb}^{-1}$  at 8 TeV. The search is performed in five decay modes:  $\gamma\gamma$ ,  $ZZ$ ,  $W^+W^-$ ,  $\tau^+\tau^-$ , and  $b\bar{b}$ . An excess of events is observed above the expected background, with a local significance of  $5.0\sigma$ , at a mass near 125 GeV, signalling the production of a new particle. The expected local significance for a standard model Higgs boson of that mass is  $5.8\sigma$ . The global  $p$ -value in the search range of 115–130 (110–145) GeV corresponds to  $4.6\sigma$  ( $4.5\sigma$ ). The excess is most significant in the two decay modes with the best mass resolution,  $\gamma\gamma$  and  $ZZ$ , and a fit to these signals gives a mass of  $125.3 \pm 0.4(\text{stat.}) \pm 0.5(\text{syst.})$  GeV. The decay to two photons indicates that the new particle is a boson with spin different from one. The results presented here are consistent, within uncertainties, with expectations for the standard model Higgs boson. The collection of further data will enable a more rigorous test of this conclusion and an investigation of whether the properties of the new particle imply physics beyond the standard model.

**következtetések**



# 2012. szeptember 12. (tegnap)

## megjelent a tudományos cikk a felfedezésről

### 8. Conclusions

Results are presented from searches for the standard model Higgs boson in proton–proton collisions at  $\sqrt{s} = 7$  and 8 TeV in the CMS experiment at the LHC, using data samples corresponding to integrated luminosities of up to  $5.1 \text{ fb}^{-1}$  at 7 TeV and  $5.3 \text{ fb}^{-1}$  at 8 TeV. The search is performed in five decay modes:  $\gamma\gamma$ ,  $ZZ$ ,  $W^+W^-$ ,  $\tau^+\tau^-$ , and  $b\bar{b}$ . An excess of events is observed above the expected background, with a local significance of  $5.0\sigma$ , at a mass near 125 GeV, signalling the production of a new particle. The expected local significance for a standard model Higgs boson of that mass is  $5.8\sigma$ . The global  $p$ -value in the search range of 115–130 (110–145) GeV corresponds to  $4.6\sigma$  ( $4.5\sigma$ ). The excess is most significant in the two decay modes with the best mass resolution,  $\gamma\gamma$  and  $ZZ$ , and a fit to these signals gives a mass of  $125.3 \pm 0.4$  (stat.)  $\pm 0.5$  (syst.) GeV. The decay to two photons indicates that the new particle is a boson with spin different from one. The results presented here are consistent, within uncertainties, with expectations for the standard model Higgs boson. The collection of further data will enable a more rigorous test of this conclusion and an investigation of whether the properties of the new particle imply physics beyond the standard model.

következtetések



# valaki már 15 éve szabadalmat kért rá...

<b>United States Patent</b> [19]		[11] <b>Patent Number</b>
<b>Higgs et al.</b>		[45] <b>Date of Publication</b>
[54] <b>PARTICULATE MATERIALS</b>		<b>FOREIGN PATENT DATA</b>
[75] Inventors: <b>Robert Philip Higgs</b> , St. Austell; <b>Deeba Marjan Ansari</b> , Truro, both of United Kingdom		0681155A 11/1995 1527995 10/1978 1574969 9/1980 2132992 7/1984 WO95/17441 6/1995
[73] Assignee: <b>ECC International Ltd.</b> , United Kingdom		<i>Primary Examiner—Paul Attorney, Agent, or Firm</i>
[21] Appl. No.: <b>867,106</b>		[57] <b>A</b>
[22] Filed: <b>Jun. 2, 1997</b>		
[30] <b>Foreign Application Priority Data</b>		A method of preparing suitable for incorporation hydrophobic polymeric processing an aqueous sus- pended particulate material in the presence of a surfactant; (b) adding a surface active agent; (c) drying the particulate
Jun. 5, 1996 [GB] United Kingdom .....	9611701	
[51] <b>Int. Cl.<sup>6</sup></b> .....	<b>C08K 9/00</b>	
[52] <b>U.S. Cl.</b> .....	<b>523/217; 523/216</b>	
[58] <b>Field of Search</b> .....	<b>523/217, 335</b>	



# Valaki már 15 éve szabadalmat kért rá...

<b>United States Patent</b> [19]		[11] <b>Patent No.</b>
<b>Higgs et al.</b>		[45] <b>Date of P.</b>
[54] <b>PARTICULATE MATERIALS</b>		<b>FOREIGN PA</b>
[75] <b>Inventors:</b> Robert Philip Higgs, St. Austell; Deeba Marjan Ansari, Truro, both of United Kingdom		0681155A 11/1995 1527995 10/1978 1574969 9/1980 2132992 7/1984 WO95/17441 6/1995
[73] <b>Assignee:</b> ECC International Ltd., United Kingdom		<i>Primary Examiner—Pau</i> <i>Attorney, Agent, or Firm</i>
[21] <b>Appl. No.:</b> 867,156		[57] <b>A</b>
[22] <b>Filed:</b> Jun 2, 1997		
[30] <b>Foreign Application Priority Data</b>		A method of preparing suitable for incorporati hydrophobic polymeric processing an aqueous s late material in the pres agent; (b) adding a surfac (c) drying the particulate
Jun. 5, 1996 [GB] United Kingdom .....	9611701	
[51] <b>Int. Cl.<sup>6</sup></b> .....	<b>C08K 9/00</b>	
[52] <b>U.S. Cl.</b> .....	<b>523/217; 523/216</b>	
[58] <b>Field of Search</b> .....	<b>523/217, 335</b>	



# 2012. július 4. szenzációja:





**2012. július 4. szenzációja:**

**felfedezték a Higgs-bozont!**



**2012. július 4. szenzációja:**

**felfedezték a Higgs-**bozont**!**

**felfedezték a Higgs-**részecskét**!**



**2012. július 4. szenzációja:**

**felfedezték a Higgs-**bozont**!**

**felfedezték a Higgs-**részecskét**!**

**felfedezték a Higgs-**mezőt**!**



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Leggyakoribb szövegek:**



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Leggyakoribb szövegek:**

**- ez a részecskefizika Standard modelljének utolsó hiányzó építőköve**



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Leggyakoribb szövegek:**

- ez a részecskefizika Standard modelljének utolsó hiányzó építőköve
- a Higgs-részecske speciális szerepet játszik a részecskék világában



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Leggyakoribb szövegek:**

- ez a részecskefizika Standard modelljének utolsó hiányzó építőköve
- a Higgs-részecske speciális szerepet játszik a részecskék világában, mert **ő adja a tömeget a többi részecskének**





**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Leggyakoribb szövegek:**

- ez a részecskefizika Standard modelljének utolsó hiányzó építőköve
- a Higgs-részecske speciális szerepet játszik a részecskék világában, mert **ő adja a tömeget a többi részecskének**

**Egyéb gyakori szövegek:**



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Leggyakoribb szövegek:**

- ez a részecskefizika Standard modelljének utolsó hiányzó építőköve
- a Higgs-részecske speciális szerepet játszik a részecskék világában, mert **ő adja a tömeget a többi részecskének**

**Egyéb gyakori szövegek:**

- a Higgs-részecske tömege 125 GeV



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Leggyakoribb szövegek:**

- ez a részecskefizika Standard modelljének utolsó hiányzó építőköve
- a Higgs-részecske speciális szerepet játszik a részecskék világában, mert **ő adja a tömeget a többi részecskének**

**Egyéb gyakori szövegek:**

- a Higgs-részecske tömege 125 GeV (a proton tömegének 125-szerese)



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Leggyakoribb szövegek:**

- ez a részecskefizika Standard modelljének utolsó hiányzó építőköve
- a Higgs-részecske speciális szerepet játszik a részecskék világában, mert **ő adja a tömeget a többi részecskének**

**Egyéb gyakori szövegek:**

- a Higgs-részecske tömege 125 GeV (a proton tömegének 125-szerese)
- a Higgs-részecske nagyon rövid ideig létezik



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Leggyakoribb szövegek:**

- ez a részecskefizika Standard modelljének utolsó hiányzó építőköve
- a Higgs-részecske speciális szerepet játszik a részecskék világában, mert **ő adja a tömeget a többi részecskének**

**Egyéb gyakori szövegek:**

- a Higgs-részecske tömege 125 GeV (a proton tömegének 125-szerese)
- a Higgs-részecske nagyon rövid ideig létezik, nem is látták,



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Leggyakoribb szövegek:**

- ez a részecskefizika Standard modelljének utolsó hiányzó építőköve
- a Higgs-részecske speciális szerepet játszik a részecskék világában, mert **ő adja a tömeget a többi részecskének**

**Egyéb gyakori szövegek:**

- a Higgs-részecske tömege 125 GeV (a proton tömegének 125-szerese)
- a Higgs-részecske nagyon rövid ideig létezik, nem is látták, csak a közvetett nyomokból következtettek a létezésére



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Leggyakoribb szövegek:**

- ez a részecskefizika Standard modelljének utolsó hiányzó építőköve
- a Higgs-részecske speciális szerepet játszik a részecskék világában, mert **ő adja a tömeget a többi részecskének**

**Egyéb gyakori szövegek:**

- a Higgs-részecske tömege 125 GeV (a proton tömegének 125-szerese)
- a Higgs-részecske nagyon rövid ideig létezik, nem is látták, csak a közvetett nyomokból következtettek a létezésére
- még nem biztos a dolog, további mérésekre van szükség



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Leggyakoribb szövegek:**

- ez a részecskefizika Standard modelljének utolsó hiányzó építőköve
- a Higgs-részecske speciális szerepet játszik a részecskék világában, mert **ő adja a tömeget a többi részecskének**

**Egyéb gyakori szövegek:**

- a Higgs-részecske tömege 125 GeV (a proton tömegének 125-szerese)
- a Higgs-részecske nagyon rövid ideig létezik, nem is látták, csak a közvetett nyomokból következtettek a létezésére
- még nem biztos a dolog, további mérésekre van szükség
- lehet, hogy nem is egy, hanem több részecskét találtak





**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Leggyakoribb szövegek:**

- ez a részecskefizika Standard modelljének utolsó hiányzó építőköve
- a Higgs-részecske speciális szerepet játszik a részecskék világában, mert **ő adja a tömeget a többi részecskének**

**Egyéb gyakori szövegek:**

- a Higgs-részecske tömege 125 GeV (a proton tömegének 125-szerese)
- a Higgs-részecske nagyon rövid ideig létezik, nem is látták, csak a közvetett nyomokból következtettek a létezésére
- még nem biztos a dolog, további mérésekre van szükség
- lehet, hogy nem is egy, hanem több részecskét találtak, vajon csak az egyik a Higgs, vagy mindegyik az?



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Leggyakoribb szövegek:**

- ez a részecskefizika Standard modelljének utolsó hiányzó építőköve
- a Higgs-részecske speciális szerepet játszik a részecskék világában, mert **ő adja a tömeget a többi részecskének**

**Egyéb gyakori szövegek:**

- a Higgs-részecske tömege 125 GeV (a proton tömegének 125-szerese)
- a Higgs-részecske nagyon rövid ideig létezik, nem is látták, csak a közvetett nyomokból következtettek a létezésére
- még nem biztos a dolog, további mérésekre van szükség
- lehet, hogy nem is egy, hanem több részecskét találtak, vajon csak az egyik a Higgs, vagy mindegyik az?
- Peter Higgs már több mint 50 éve megjósolta a részecske létezését



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell?



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**Felmerülő kérdések: felfedezték a Higgs-mezőt!**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező





**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske és a Higgs-bozon között?



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske és a Higgs-bozon között?
- ha ez a részecske mindenütt ott van



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske és a Higgs-bozon között?
- ha ez a részecske mindenütt ott van (hiszen ő adja a tömeget minden más részecskének)



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske és a Higgs-bozon között?
- ha ez a részecske mindenütt ott van (hiszen ő adja a tömeget minden más részecskének), miért kellett 50 évig várni a felfedezésére?



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske és a Higgs-bozon között?
- ha ez a részecske mindenütt ott van (hiszen ő adja a tömeget minden más részecskének), miért kellett 50 évig várni a felfedezésére?
- ha csak nagyon rövid ideig létezik



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske és a Higgs-bozon között?
- ha ez a részecske mindenütt ott van (hiszen ő adja a tömeget minden más részecskének), miért kellett 50 évig várni a felfedezésére?
- ha csak nagyon rövid ideig létezik, hogy lehet ott mindig és mindenütt?



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske és a Higgs-bozon között?
- ha ez a részecske mindenütt ott van (hiszen ő adja a tömeget minden más részecskének), miért kellett 50 évig várni a felfedezésére?
- ha csak nagyon rövid ideig létezik, hogy lehet ott mindig és mindenütt (hogy ő adhassa a tömeget minden más részecskének)?





**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske és a Higgs-bozon között?
- ha ez a részecske mindenütt ott van (hiszen ő adja a tömeget minden más részecskének), miért kellett 50 évig várni a felfedezésére?
- ha csak nagyon rövid ideig létezik, hogy lehet ott mindig és mindenütt (hogy ő adhassa a tömeget minden más részecskének)?
- ha ő adja a tömeget minden más részecskének



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske és a Higgs-bozon között?
- ha ez a részecske mindenütt ott van (hiszen ő adja a tömeget minden más részecskének), miért kellett 50 évig várni a felfedezésére?
- ha csak nagyon rövid ideig létezik, hogy lehet ott mindig és mindenütt (hogy ő adhassa a tömeget minden más részecskének)?
- ha ő adja a tömeget minden más részecskének, akkor neki honnan van a 125 GeV-nyi tömege?



**2012. július 4. szenzációja:**

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske és a Higgs-bozon között?
- ha ez a részecske mindenütt ott van (hiszen ő adja a tömeget minden más részecskének), miért kellett 50 évig várni a felfedezésére?
- ha csak nagyon rövid ideig létezik, hogy lehet ott mindig és mindenütt (hogy ő adhassa a tömeget minden más részecskének)?
- ha ő adja a tömeget minden más részecskének, akkor neki honnan van a 125 GeV-nyi tömege? Adott magának is?



2012. július 4. szenzációja:

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske és a Higgs-bozon között?
- ha ez a részecske mindenütt ott van (hiszen ő adja a tömeget minden más részecskének), miért kellett 50 évig várni a felfedezésére?
- ha csak nagyon rövid ideig létezik, hogy lehet ott mindig és mindenütt (hogy ő adhassa a tömeget minden más részecskének)?
- ha ő adja a tömeget minden más részecskének, akkor neki honnan van a 125 GeV-nyi tömege? Adott magának is?
- **miért kell** tömeget ADNI a részecskének?



2012. július 4. szenzációja:

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske és a Higgs-bozon között?
- ha ez a részecske mindenütt ott van (hiszen ő adja a tömeget minden más részecskének), miért kellett 50 évig várni a felfedezésére?
- ha csak nagyon rövid ideig létezik, hogy lehet ott mindig és mindenütt (hogy ő adhassa a tömeget minden más részecskének)?
- ha ő adja a tömeget minden más részecskének, akkor neki honnan van a 125 GeV-nyi tömege? Adott magának is?
- **miért kell** tömeget ADNI a részecskének? Nincs nekik?



# 2012. július 4. szenzációja:

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske és a Higgs-bozon között?
- ha ez a részecske mindenütt ott van (hiszen ő adja a tömeget minden más részecskének), miért kellett 50 évig várni a felfedezésére?
- ha csak nagyon rövid ideig létezik, hogy lehet ott mindig és mindenütt (hogy ő adhassa a tömeget minden más részecskének)?
- ha ő adja a tömeget minden más részecskének, akkor neki honnan van a 125 GeV-nyi tömege? Adott magának is?
- **miért kell** tömeget ADNI a részecskének? Nincs nekik?
- egyáltalán:



# 2012. július 4. szenzációja:

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske és a Higgs-bozon között?
- ha ez a részecske mindenütt ott van (hiszen ő adja a tömeget minden más részecskének), miért kellett 50 évig várni a felfedezésére?
- ha csak nagyon rövid ideig létezik, hogy lehet ott mindig és mindenütt (hogy ő adhassa a tömeget minden más részecskének)?
- ha ő adja a tömeget minden más részecskének, akkor neki honnan van a 125 GeV-nyi tömege? Adott magának is?
- **miért kell** tömeget ADNI a részecskének? Nincs nekik?
- egyáltalán: **hogyan lehet** tömeget ADNI a részecskének?



# 2012. július 4. szenzációja:

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske és a Higgs-bozon között?
- ha ez a részecske mindenütt ott van (hiszen ő adja a tömeget minden más részecskének), miért kellett 50 évig várni a felfedezésére?
- ha csak nagyon rövid ideig létezik, hogy lehet ott mindig és mindenütt (hogy ő adhassa a tömeget minden más részecskének)?
- ha ő adja a tömeget minden más részecskének, akkor neki honnan van a 125 GeV-nyi tömege? Adott magának is?
- **miért kell** tömeget ADNI a részecskének? Nincs nekik?
- egyáltalán: **hogyan lehet** tömeget ADNI a részecskének?
- **tulajdonképpen mi a csuda az a TÖMEG?**





2012. július 4. szenzációja:

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske között?
- ha ez a részecske mindenütt ott van (mint minden más részecskének), miért nem fedezték fel?
- ha csak nagyon rövid távra van ott mindig és mindenütt (hogyan lehet ez a részecske mindenütt és mindenütt)?
- ha ő nem van mindenütt, akkor neki honnan jönne? Adott magának is?
- **miért nem lehet ADNI a részecskének? Nincs nekik?**
- egyáltalán: **hogyan lehet tömeget ADNI a részecskének?**
- **tulajdonképpen mi a csuda az a TÖMEG?**

**Ezekről az alapkérdésekről  
szól ez az előadás**



2012. július 4. szenzációja:

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske között?
- ha ez a részecske mindenütt ott van (mint minden más részecskének), miért nem észlelték először?
- ha csak nagyon rövid ideig van ott mindig és mindenütt (hogyan lehet ez a részecske mindenütt és mindenütt)?
- ha ez a részecske mindenütt van, akkor neki honnan származik tömege? Adott magának is?
- **miért nem lehet ADNI a részecskének? Nincs nekik?**
- egyáltalán: **hogyan lehet tömeget ADNI a részecskének?**
- **tulajdonképpen mi a csuda az a TÖMEG?**



2012. július 4. szenzációja:

**(majdnem biztos, hogy) felfedezték a Higgs-bozont!**  
**felfedezték a Higgs-részecskét!**  
**felfedezték a Higgs-mezőt!**

**Felmerülő kérdések:**

- mi az a Standard modell, és miért játszik benne olyan fontos szerepet a Higgs-bozon?
- mi a viszony a Higgs-mező, a Higgs-részecske között?
- ha ez a részecske mindenütt ott van (mint minden más részecskének), miért nem látjuk?
- ha csak nagyon rövid távra van jelen és mindenütt (hogyan lehet ez részecskének)?
- ha ő maga nem rendelkezik tömeggel, akkor neki honnan származhat a tömege?
- miért nem rendelkezik a részecskének? Nincs nekik?
- egyáltalán van-e tömeget ADNI a részecskének?
- tulajdonképpen mi a csuda az a TÖMEG?

**Ezeknek az alapkérdéseknek  
egy parányi részéről  
szól ez az előadás**



# Mi az a tömeg?



# Mi az a tömeg?

Iskolás definíciók:



# Mi az a tömeg?

Iskolás definíciók: az anyagmennyiség mértéke



# Mi az a tömeg?

Iskolás definíciók: az anyagmennyiség mértéke  
a tehetetlenség mértéke



# Mi az a tömeg?

Iskolás definíciók: az anyagmennyiség mértéke  
a tehetetlenség mértéke





# Mi az a tömeg?

Iskolás definíciók: az anyagmennyiség mértéke  
a tehetetlenség mértéke



# Mi az a tömeg?

Iskolás definíciók: az anyagmennyiség mértéke  
a tehetetlenség mértéke

**Relativitáselmélet: a tömeg a nyugvó test energiája**



# Mi az a tömeg?

Iskolás definíciók: az anyagmennyiség mértéke  
a tehetetlenség mértéke

**Relativitáselmélet: a tömeg a nyugvó test energiája**

Kérdés: **mihez képest** nyugszik?



# Mi az a tömeg?

Iskolás definíciók: az anyagmennyiség mértéke  
a tehetetlenség mértéke

**Relativitáselmélet: a tömeg a nyugvó test energiája**

Kérdés: **mihez képest** nyugszik?

Éppen erről szól a relativitáselmélet!



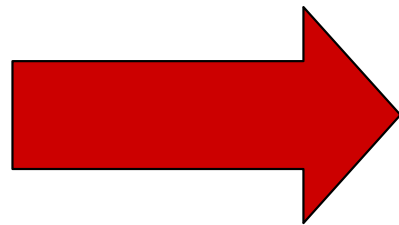
# Mi az a tömeg?

Iskolás definíciók: az anyagmennyiség mértéke  
a tehetetlenség mértéke

**Relativitáselmélet: a tömeg a nyugvó test energiája**

Kérdés: **mihez képest** nyugszik?

Éppen erről szól a relativitáselmélet!



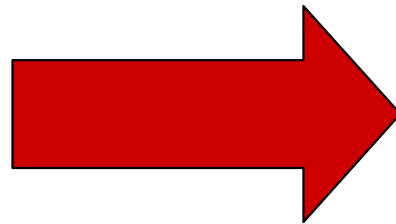
# Mi az a tömeg?

Iskolás definíciók: az anyagmennyiség mértéke  
a tehetetlenség mértéke

**Relativitáselmélet: a tömeg a nyugvó test energiája**

Kérdés: **mihez képest** nyugszik?

Éppen erről szól a relativitáselmélet!



Részletek:  
dgy: Relativisztikus paradoxonok,  
Atomcsill, 2009. január 15.  
[www.atomcsill.elte.hu](http://www.atomcsill.elte.hu)

# a tömeg a nyugvó test energiája



# a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?





# a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Minél gyorsabban mozog egy test,



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Minél gyorsabban mozog egy test,  
annál nagyobb a lendülete és az energiája is.



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Minél gyorsabban mozog egy test,  
annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete  
és energiája egy álló testnek?



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs.

Minél gyorsabban mozog egy test,  
annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete  
és energiája egy álló testnek?



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test,  
annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete  
és energiája egy álló testnek?



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test,  
annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete  
és energiája egy álló testnek?

a klasszikus fizika szerint nincs



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test,  
annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete  
és energiája egy álló testnek?

a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Ábrázoljuk a kapcsolatot

Minél gyorsabban mozog egy test,  
annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete  
és energiája egy álló testnek?

a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van





## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája

Minél gyorsabban mozog egy test,  
annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete  
és energiája egy álló testnek?

a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test,  
annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete  
és energiája egy álló testnek?

a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van

Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test,  
annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete  
és energiája egy álló testnek?

a klasszikus fizika szerint nincs

a relativitáselmélet szerint van

Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test,  
annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete  
és energiája egy álló testnek?

a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van

Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:  $E = mv^2/2$



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test, annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete és energiája egy álló testnek?

a klasszikus fizika szerint nincs

a relativitáselmélet szerint van

Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:  $E = mv^2/2$        $p = mv$



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test, annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete és energiája egy álló testnek?

a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van

Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:  $E = mv^2/2$        $p = mv$    $v = p/m$

## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test, annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

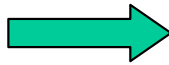
De vajon van-e lendülete és energiája egy álló testnek?

a klasszikus fizika szerint nincs

a relativitáselmélet szerint van

Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:  $E = mv^2/2$

$p = mv$    $v = p/m$

$$E = p^2/2m$$



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test, annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete és energiája egy álló testnek?

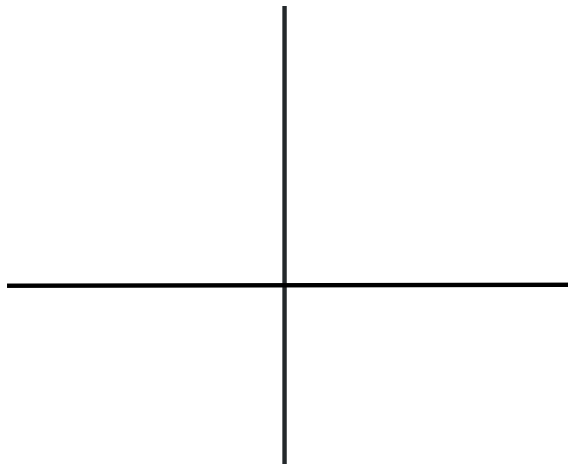
a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van

Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:  $E = mv^2/2$

$p = mv$   $\longrightarrow$   $v = p/m$

$$E = p^2/2m$$





## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test, annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete és energiája egy álló testnek?

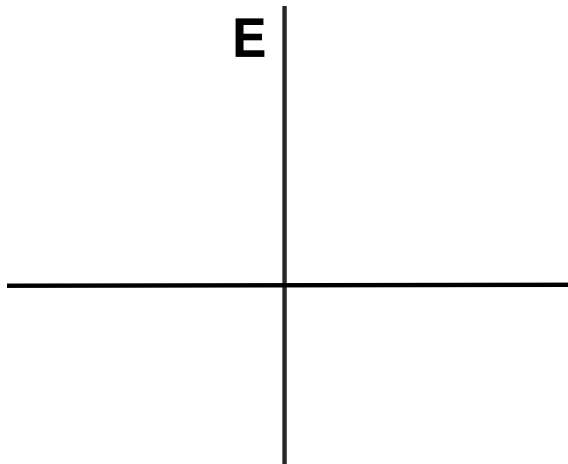
a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van

Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:  $E = mv^2/2$

$p = mv \longrightarrow v = p/m$

$$E = p^2/2m$$



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test, annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete és energiája egy álló testnek?

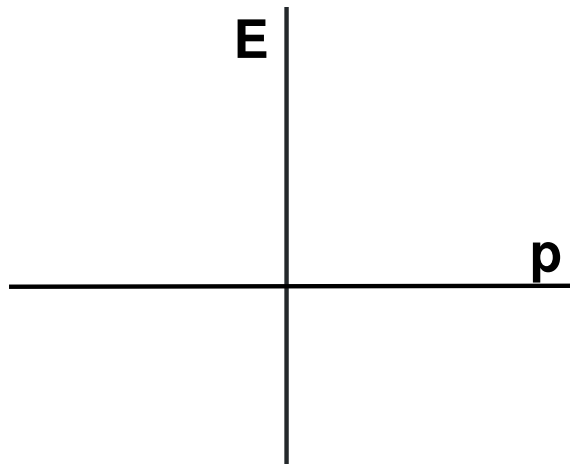
a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van

Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:  $E = mv^2/2$

$p = mv \longrightarrow v = p/m$

$$E = p^2/2m$$



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test, annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete és energiája egy álló testnek?

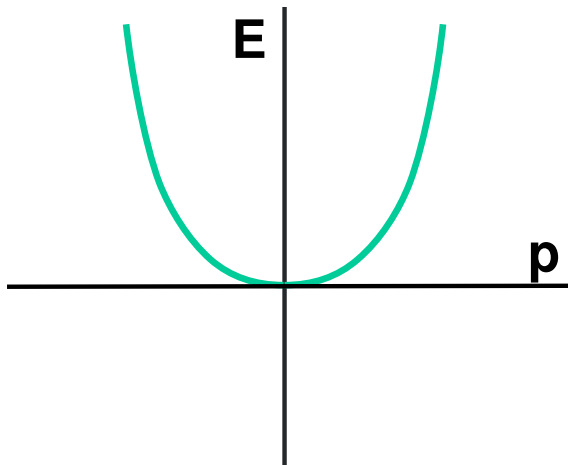
a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van

Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:  $E = mv^2/2$

$p = mv \longrightarrow v = p/m$

$$E = p^2/2m$$



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test, annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete és energiája egy álló testnek?

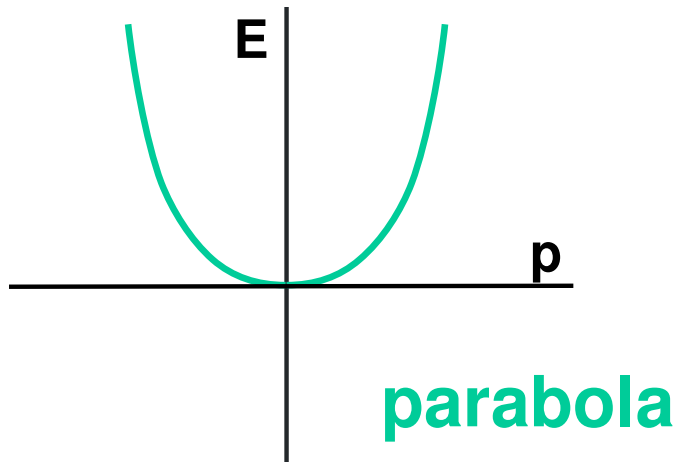
a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van

Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:  $E = mv^2/2$

$p = mv \longrightarrow v = p/m$

$$E = p^2/2m$$



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test, annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete és energiája egy álló testnek?

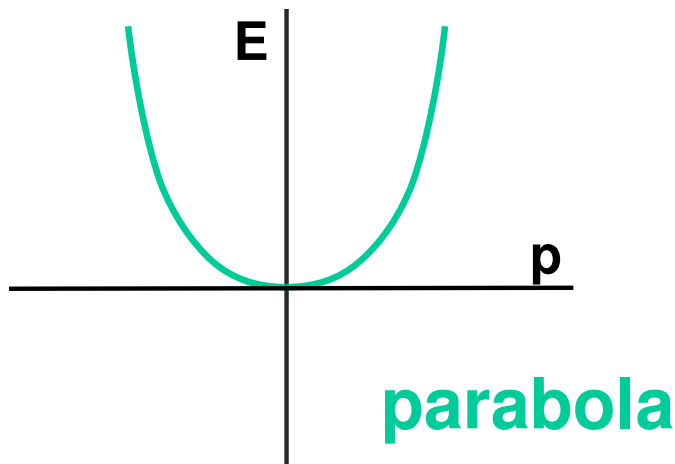
a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van

Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:  $E = mv^2/2$        $p = mv$   $\longrightarrow$   $v = p/m$

$$E = p^2/2m$$

Relativitáselmélet:



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test, annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete és energiája egy álló testnek?

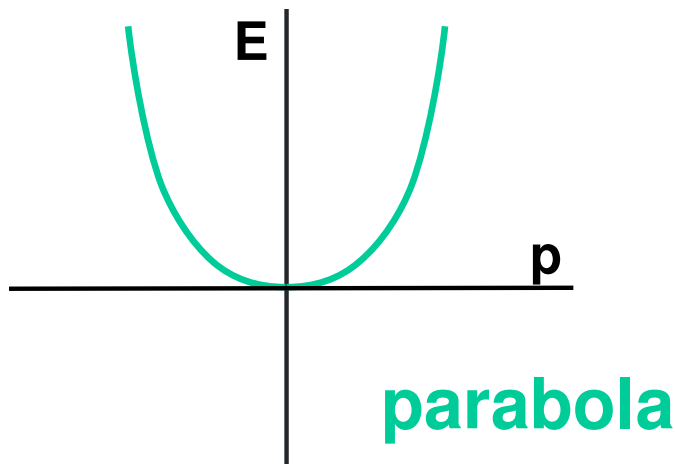
a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van

Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:  $E = mv^2/2$        $p = mv$   $\longrightarrow$   $v = p/m$

$$E = p^2/2m$$

$$\text{Relativitáselmélet: } E^2 = p^2 + E_0^2$$



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test, annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

De vajon van-e lendülete és energiája egy álló testnek?

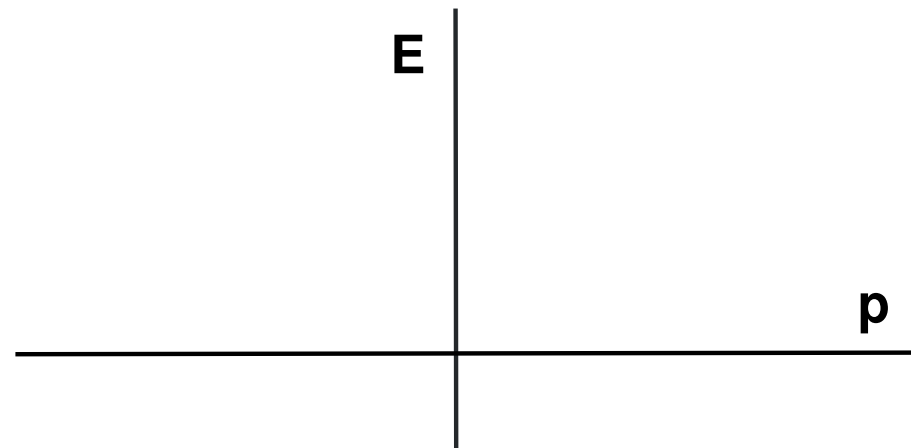
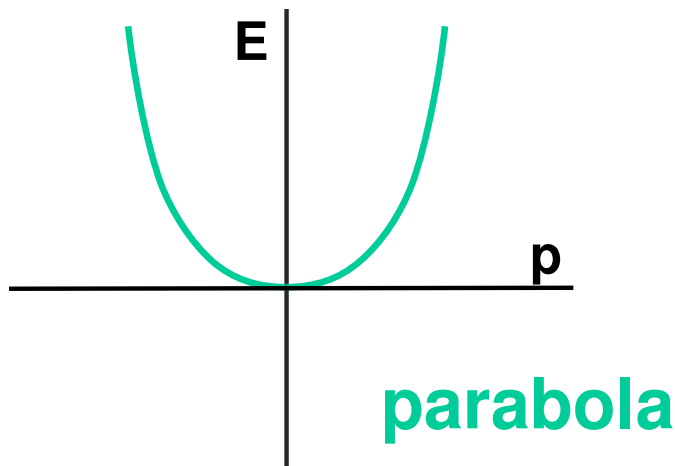
a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van

Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:  $E = mv^2/2$        $p = mv$   $\longrightarrow$   $v = p/m$

$$E = p^2/2m$$

$$\text{Relativitáselmélet: } E^2 = p^2 + E_0^2$$



## a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test, annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

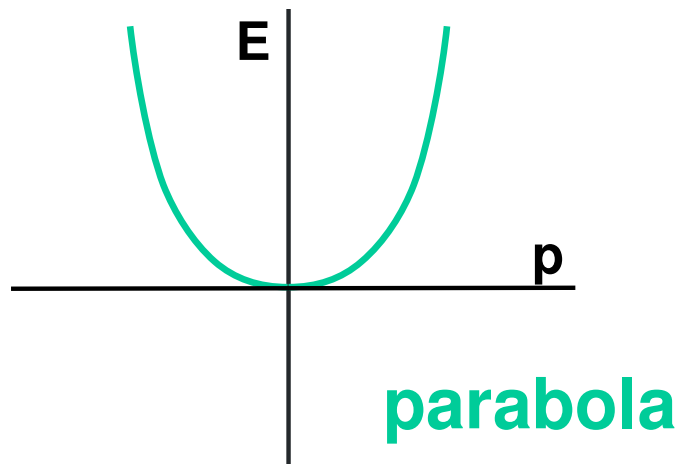
De vajon van-e lendülete és energiája egy álló testnek?

a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van

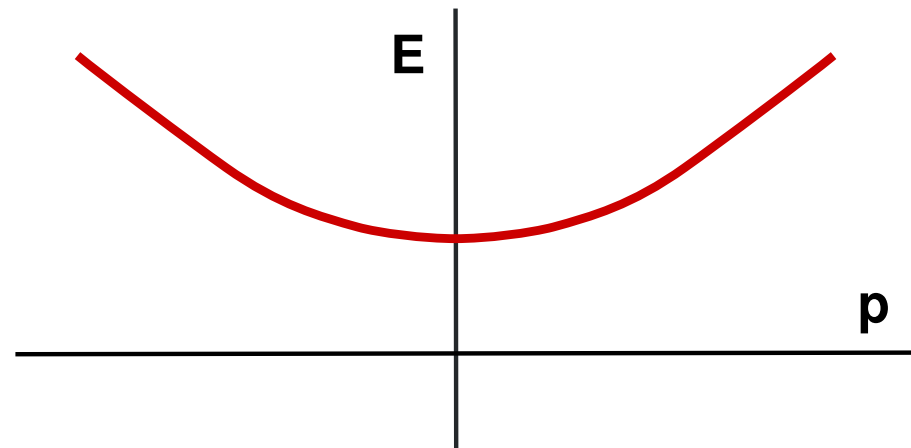
Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:  $E = mv^2/2$        $p = mv$   $\longrightarrow$   $v = p/m$

$$E = p^2/2m$$



$$\text{Relativitáselmélet: } E^2 = p^2 + E_0^2$$





# a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test, annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

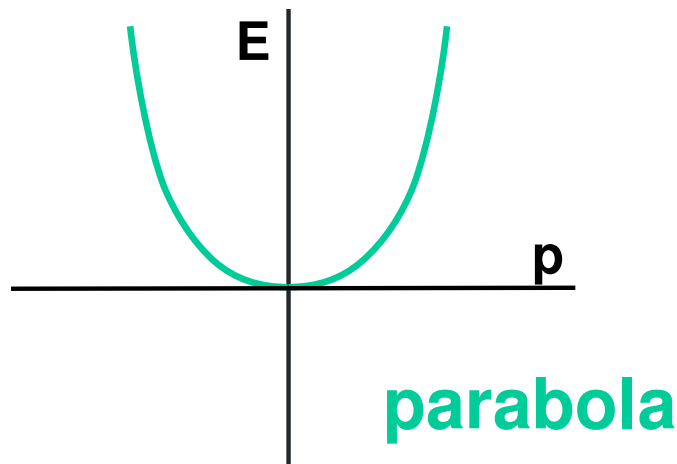
De vajon van-e lendülete és energiája egy álló testnek?

a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van

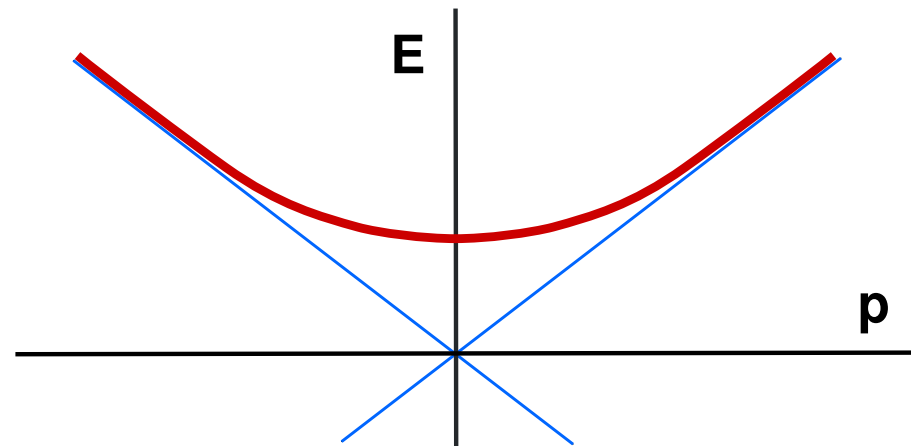
Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:  $E = mv^2/2$        $p = mv \rightarrow v = p/m$

$$E = p^2/2m$$



$$\text{Relativitáselmélet: } E^2 = p^2 + E_0^2$$



# a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test, annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

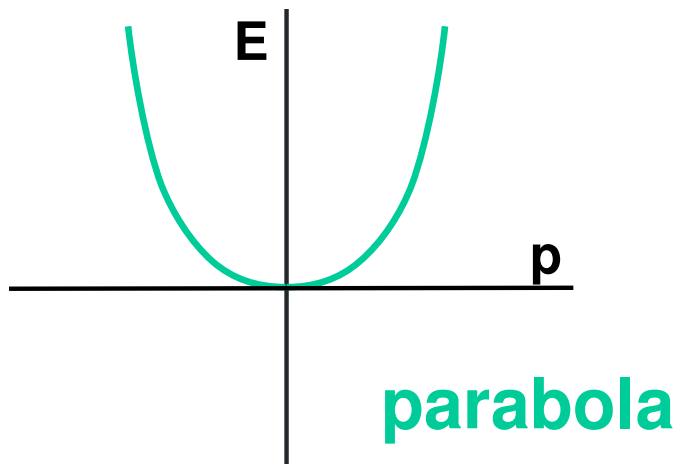
De vajon van-e lendülete és energiája egy álló testnek?

a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van

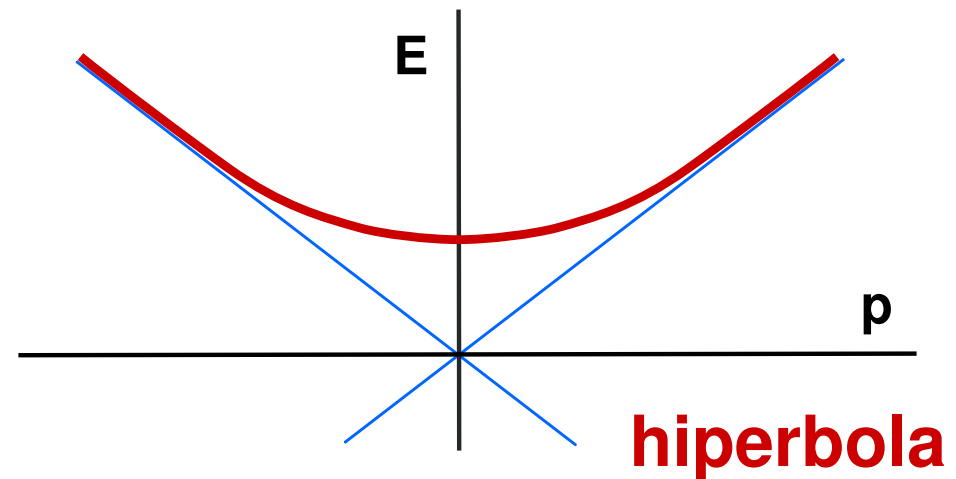
Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:  $E = mv^2/2$        $p = mv \rightarrow v = p/m$

$$E = p^2/2m$$



$$\text{Relativitáselmélet: } E^2 = p^2 + E_0^2$$



# a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test, annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

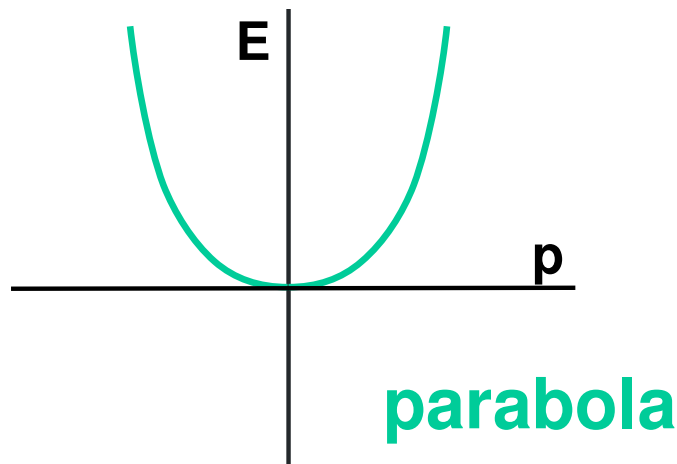
De vajon van-e lendülete és energiája egy álló testnek?

a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van

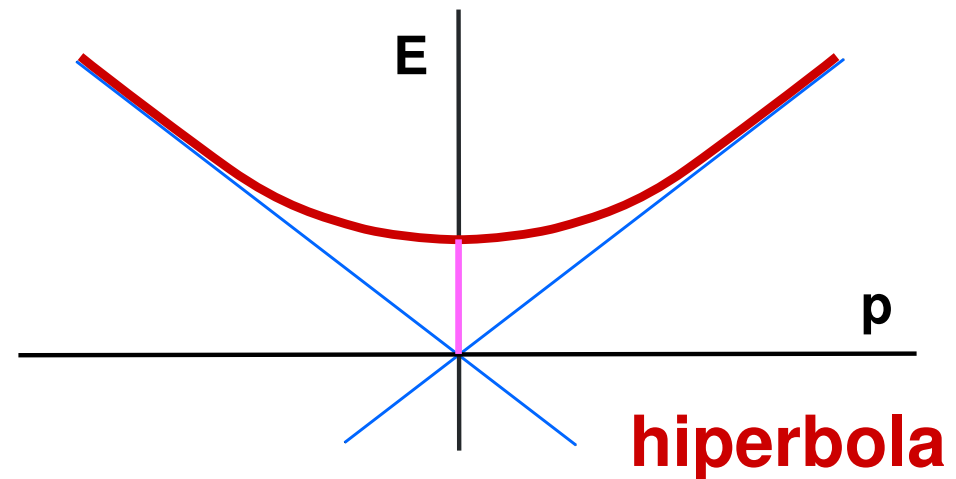
Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:  $E = mv^2/2$        $p = mv \rightarrow v = p/m$

$$E = p^2/2m$$



$$\text{Relativitáselmélet: } E^2 = p^2 + E_0^2$$



# a tömeg a nyugvó test energiája

Mit is jelent ez?

Lendülete nincs. Energiája viszont

Minél gyorsabban mozog egy test, annál nagyobb a lendülete és az energiája is.

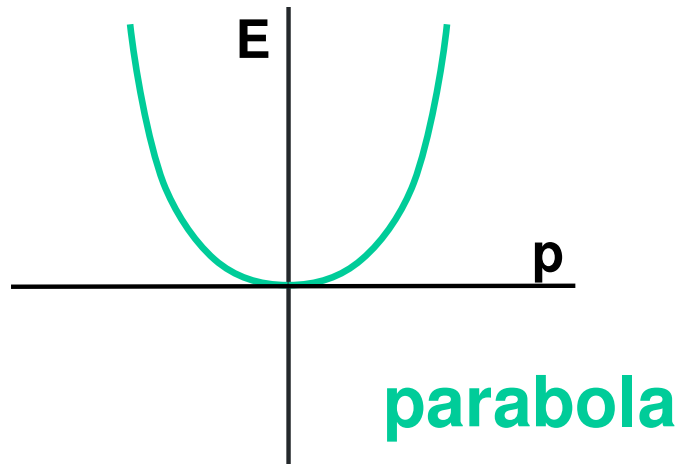
De vajon van-e lendülete és energiája egy álló testnek?

a klasszikus fizika szerint nincs  
a relativitáselmélet szerint van

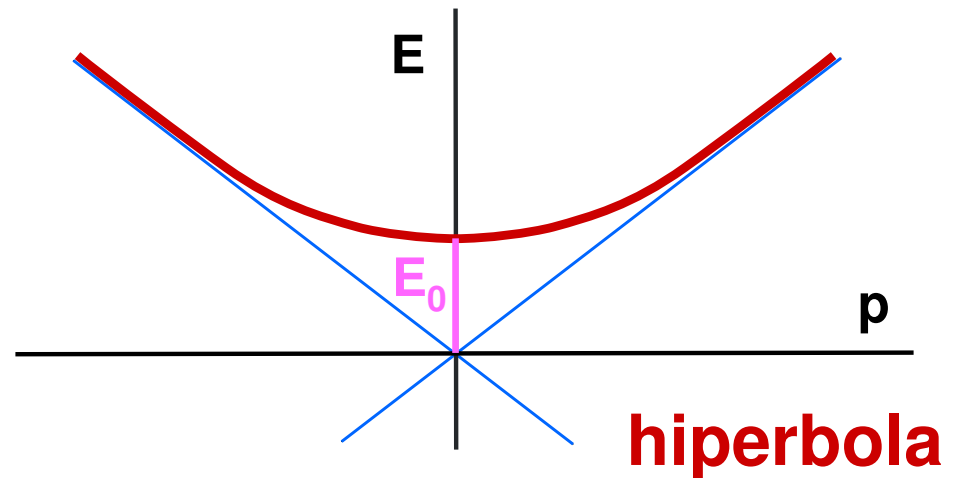
Ábrázoljuk a kapcsolatot a mozgó testek energiája és lendülete (impulzusa) között:

Klasszikus mechanika:  $E = mv^2/2$        $p = mv$   $\longrightarrow$   $v = p/m$

$$E = p^2/2m$$



$$\text{Relativitáselmélet: } E^2 = p^2 + E_0^2$$



# Hát ez eléggé különbözik...



# Hát ez eléggé különbözik... Newton ekkorát tévedett?



Hát ez eléggé különbözik... Newton ekkorát tévedett? **NEM!!!**



Hát ez eléggé különbözik... Newton ekkorát tévedett? **NEM!!!**

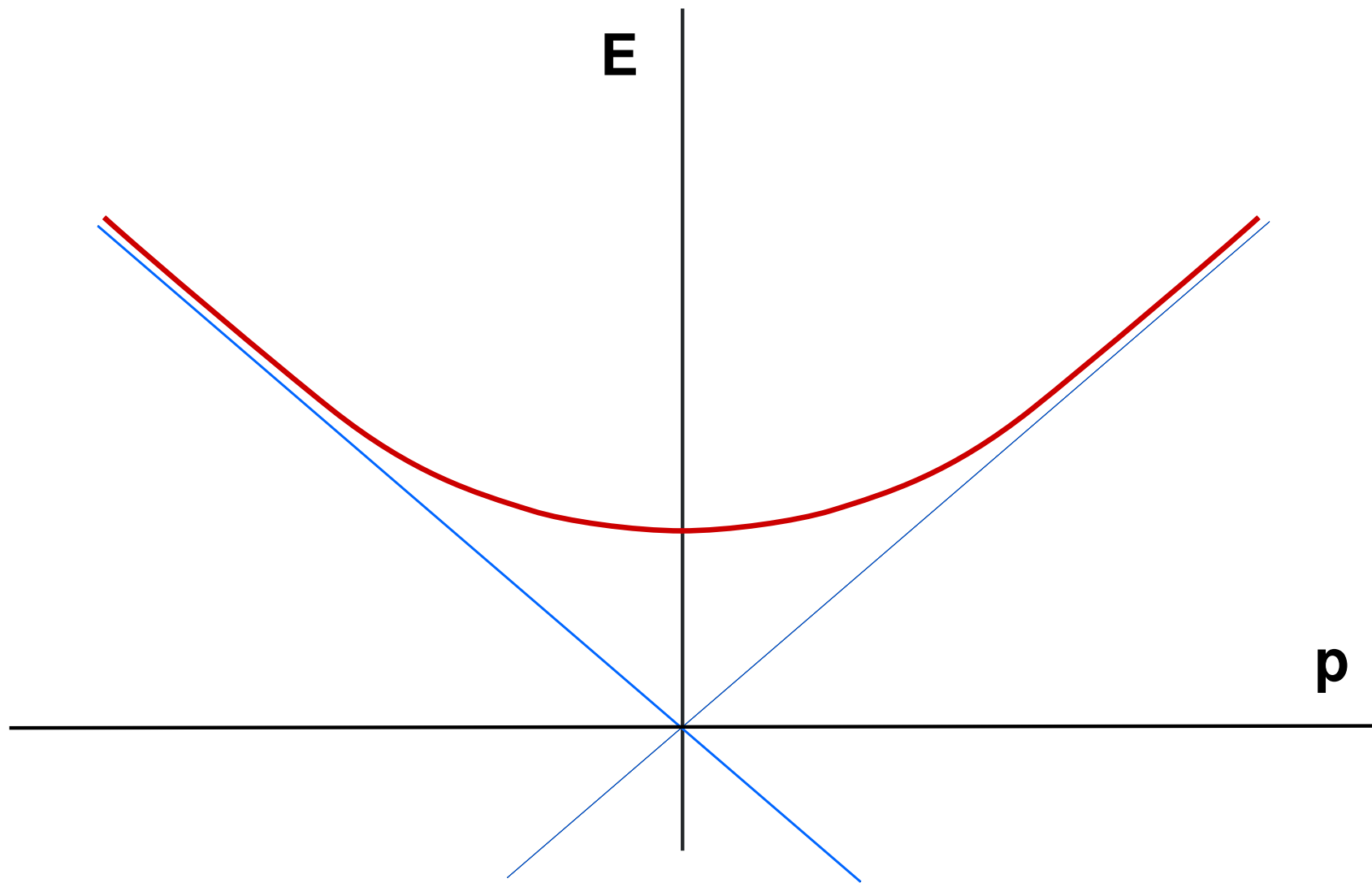
Vizsgáljuk meg:





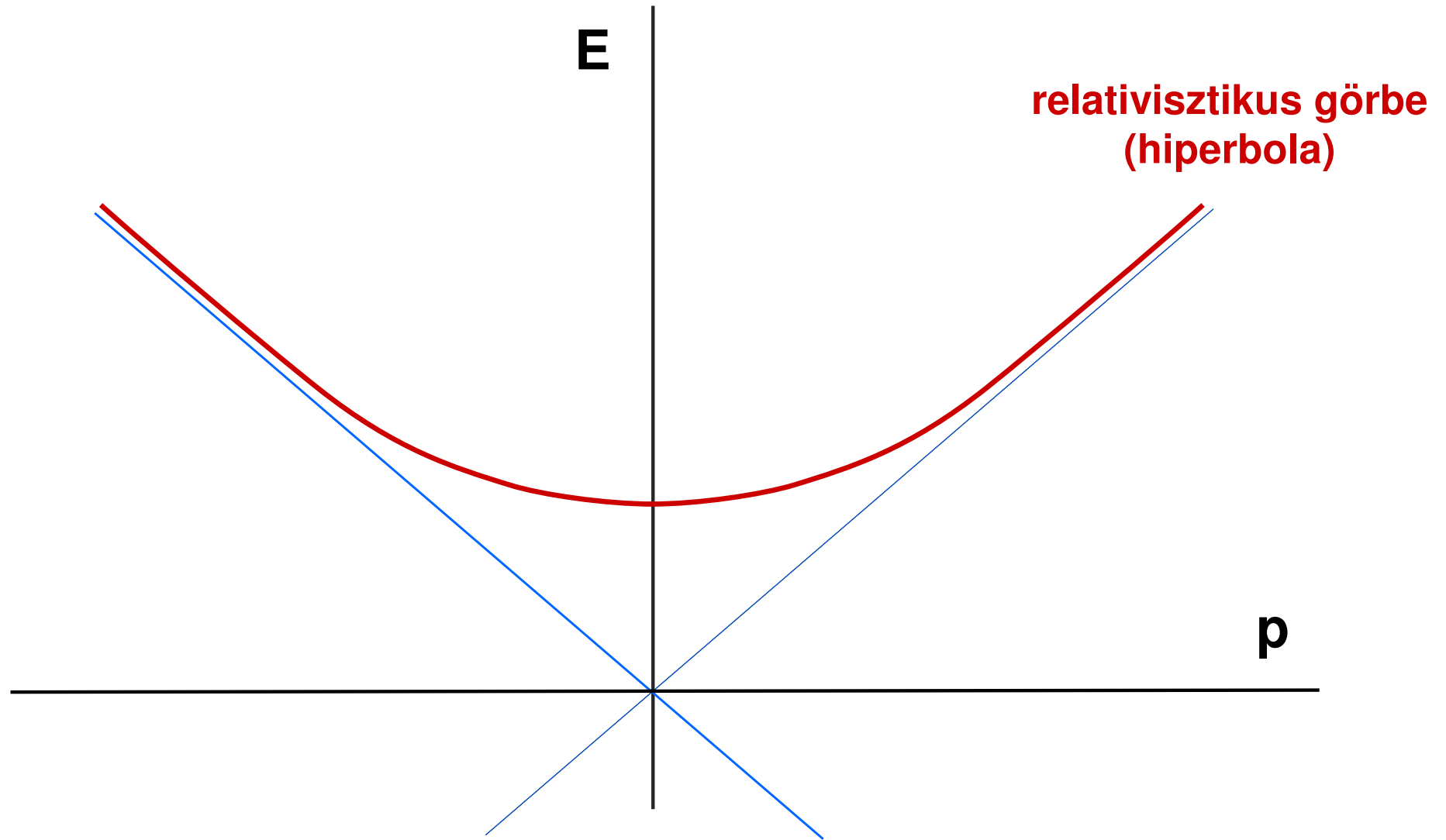
Hát ez eléggé különbözik... Newton ekkorát tévedett? **NEM!!!**

Vizsgáljuk meg:



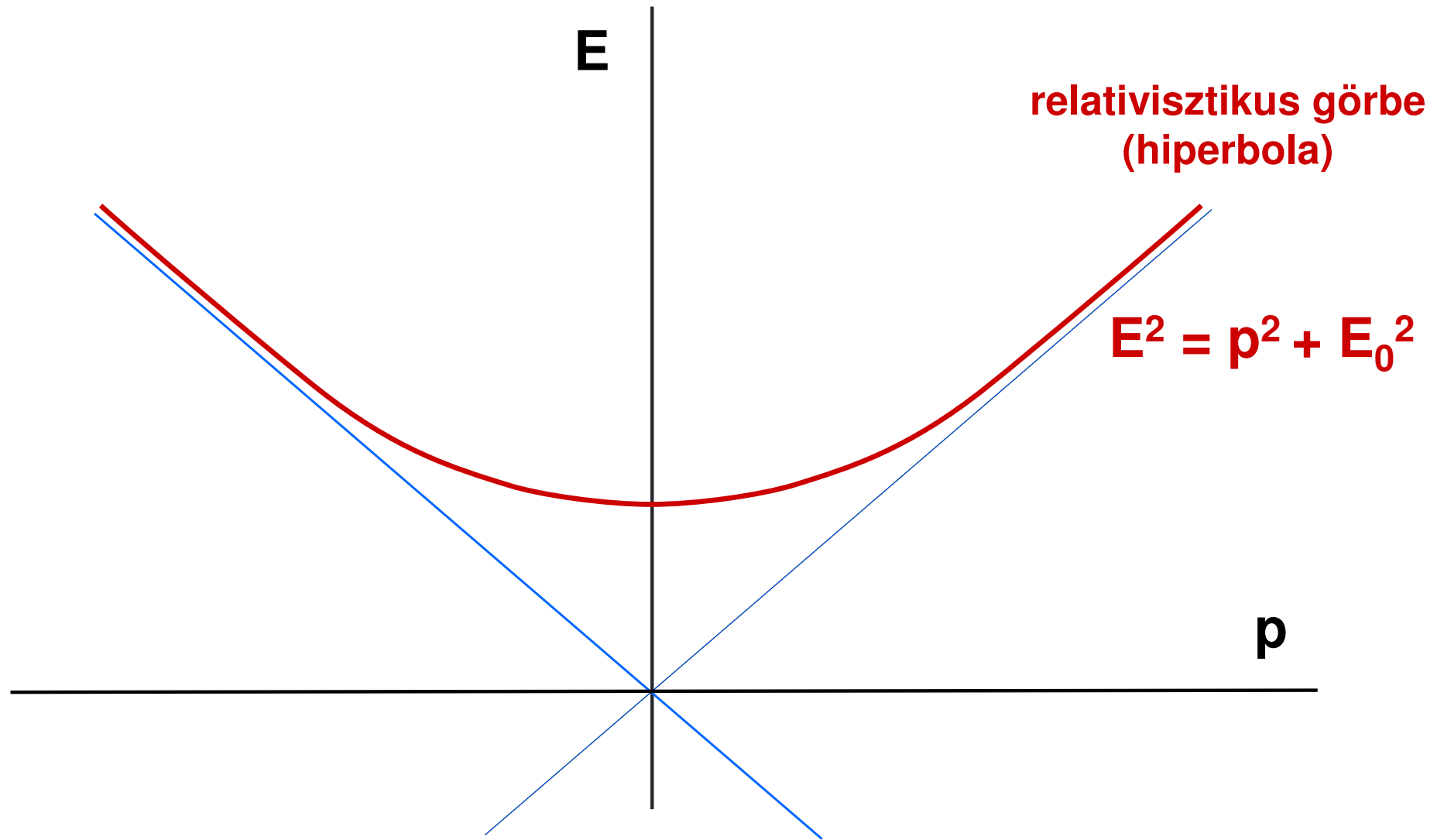
Hát ez eléggé különbözik... Newton ekkorát tévedett? **NEM!!!**

Vizsgáljuk meg:



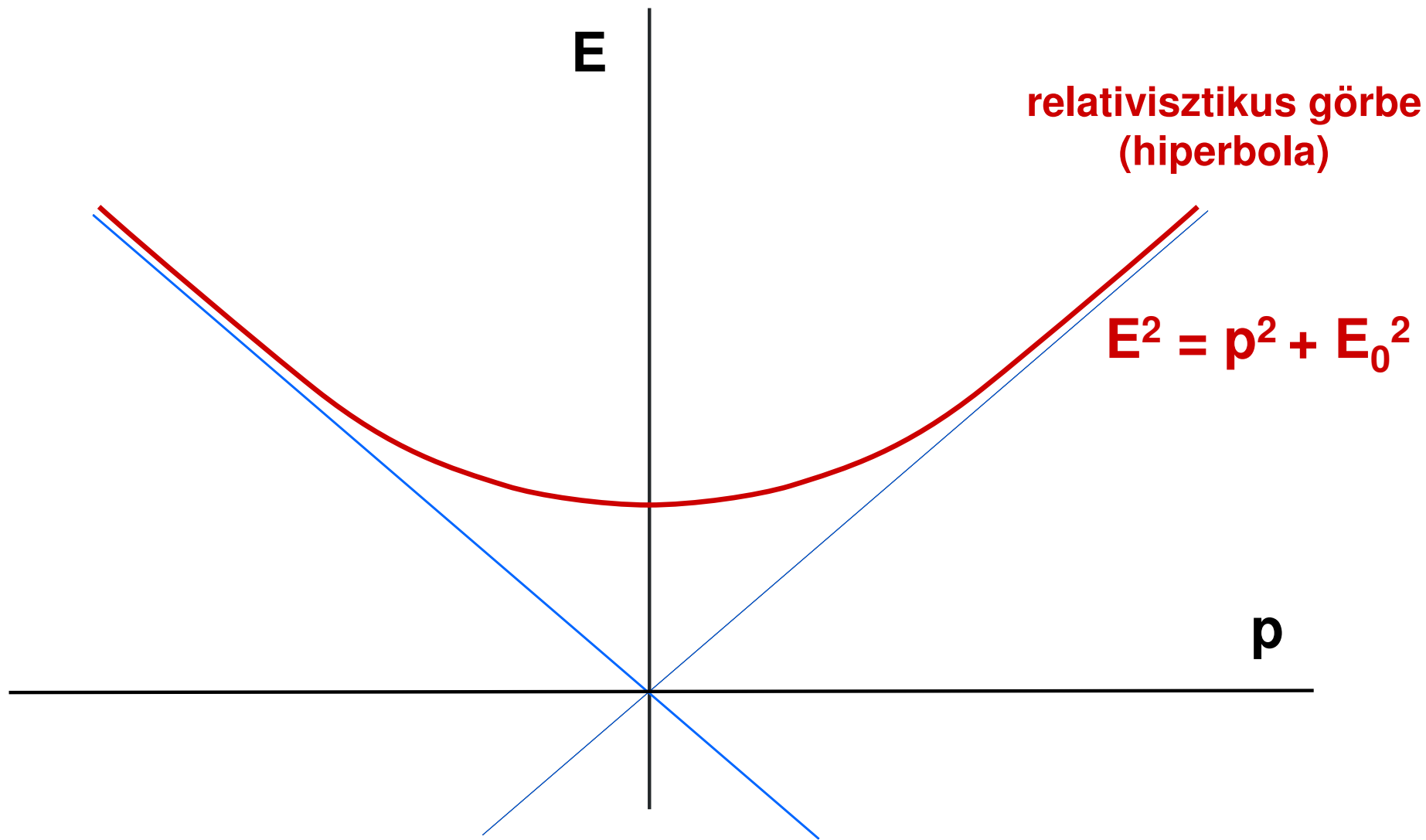
Hát ez eléggé különbözik... Newton ekkorát tévedett? **NEM!!!**

Vizsgáljuk meg:



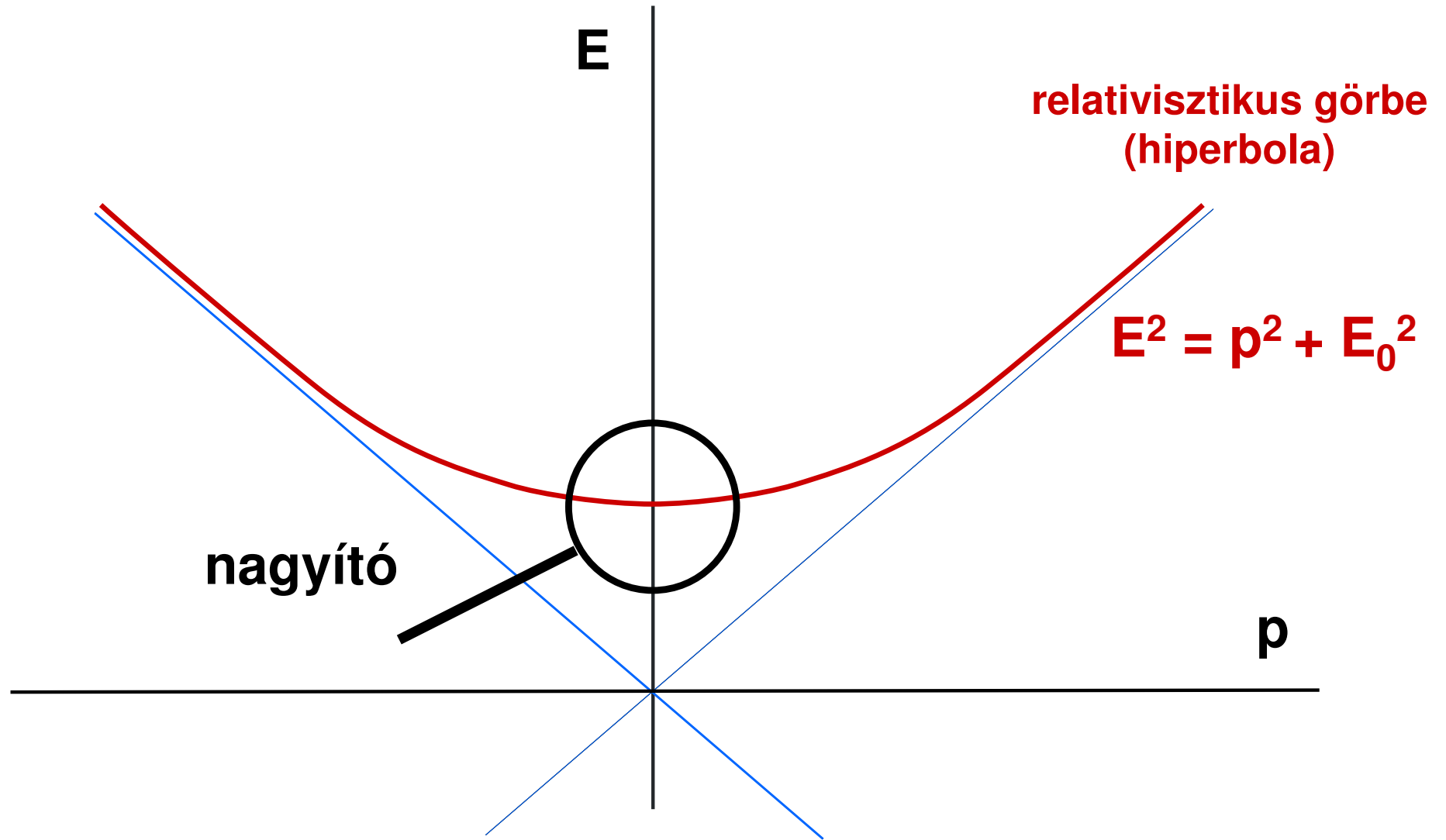
Hát ez eléggé különbözik... Newton ekkorát tévedett? **NEM!!!**

Vizsgáljuk meg a két görbét kis impulzusok,  
azaz kis sebességek esetén:



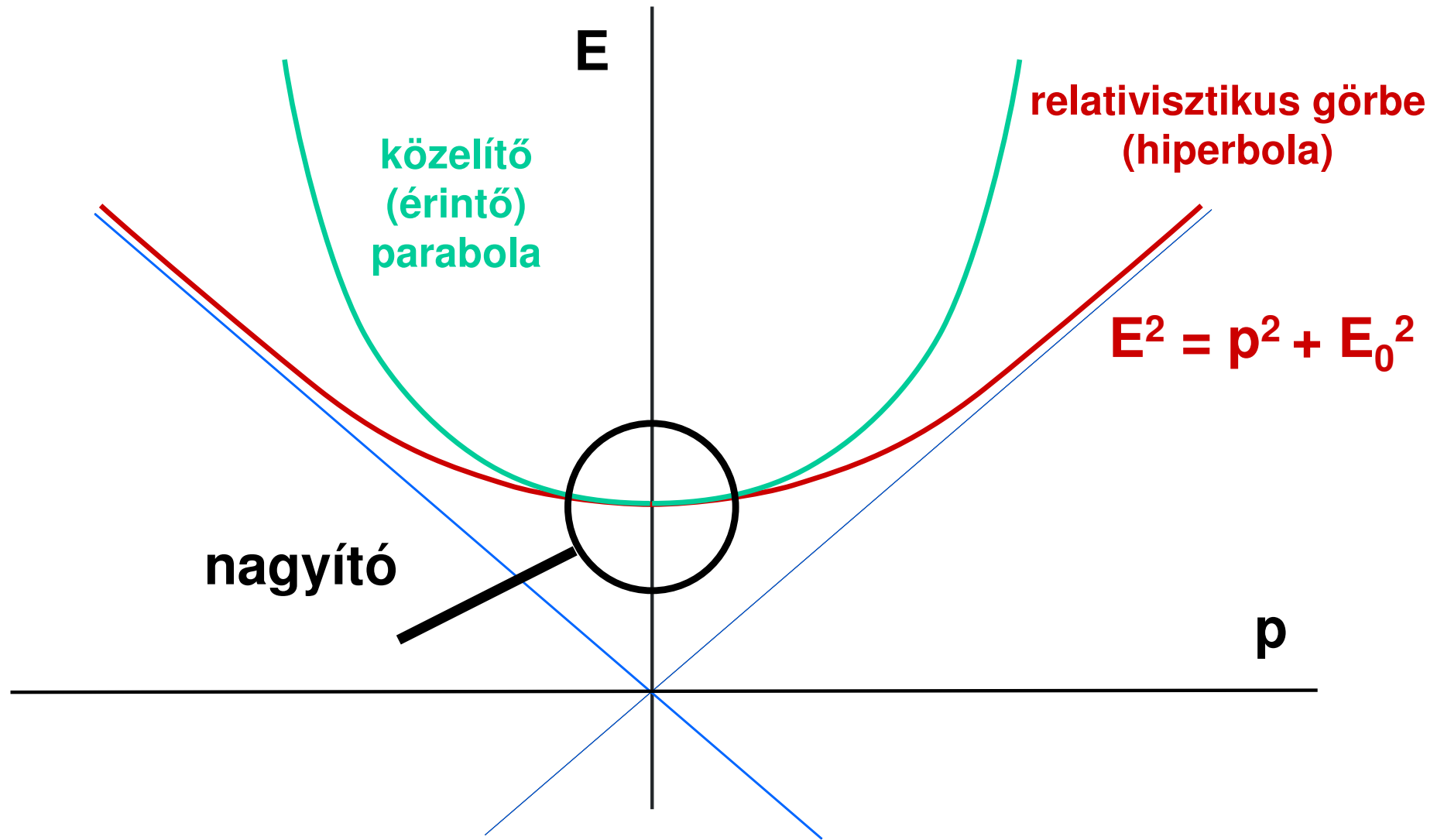
Hát ez eléggé különbözik... Newton ekkorát tévedett? **NEM!!!**

Vizsgáljuk meg a két görbét kis impulzusok,  
azaz kis sebességek esetén:



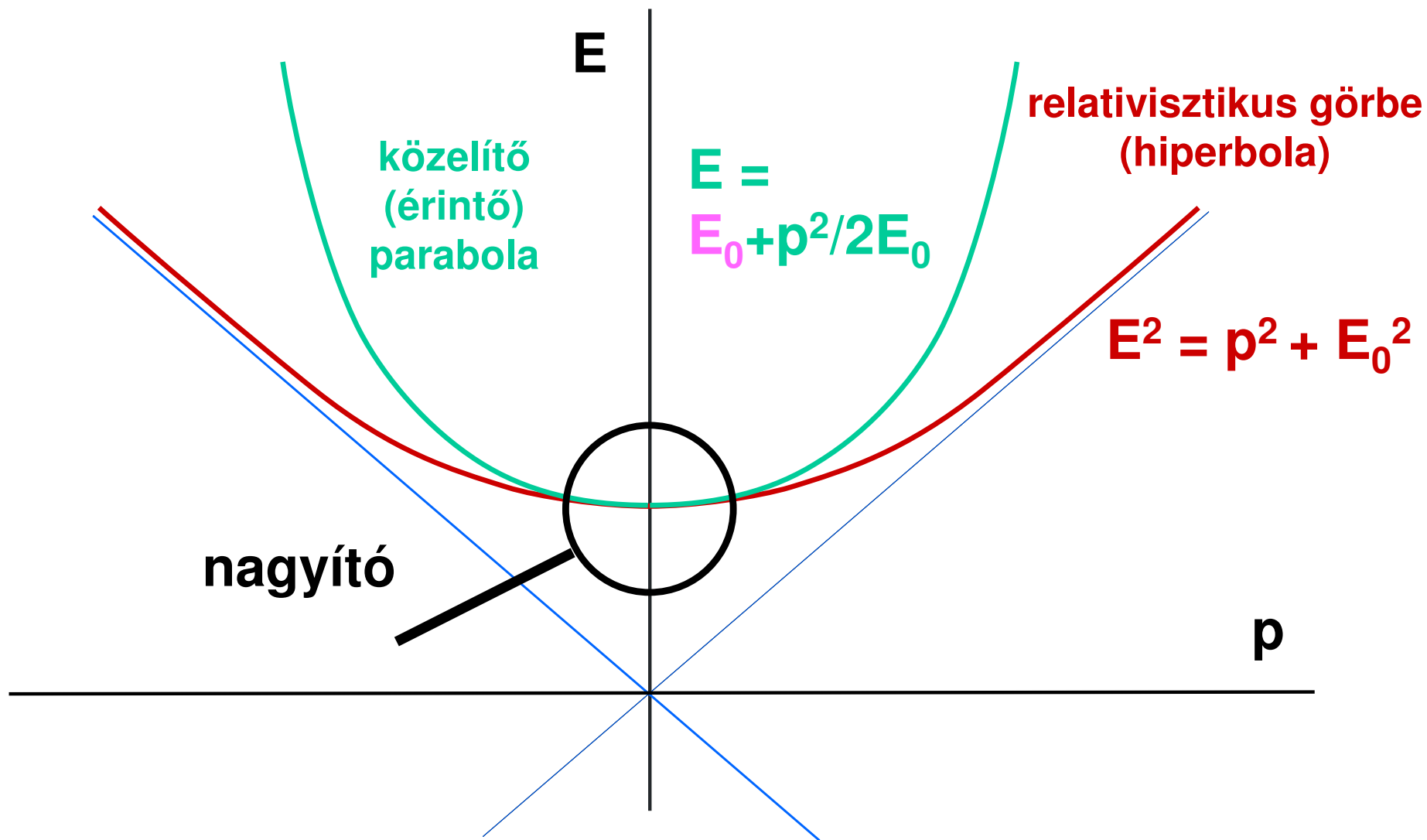
Hát ez eléggé különbözik... Newton ekkorát tévedett? **NEM!!!**

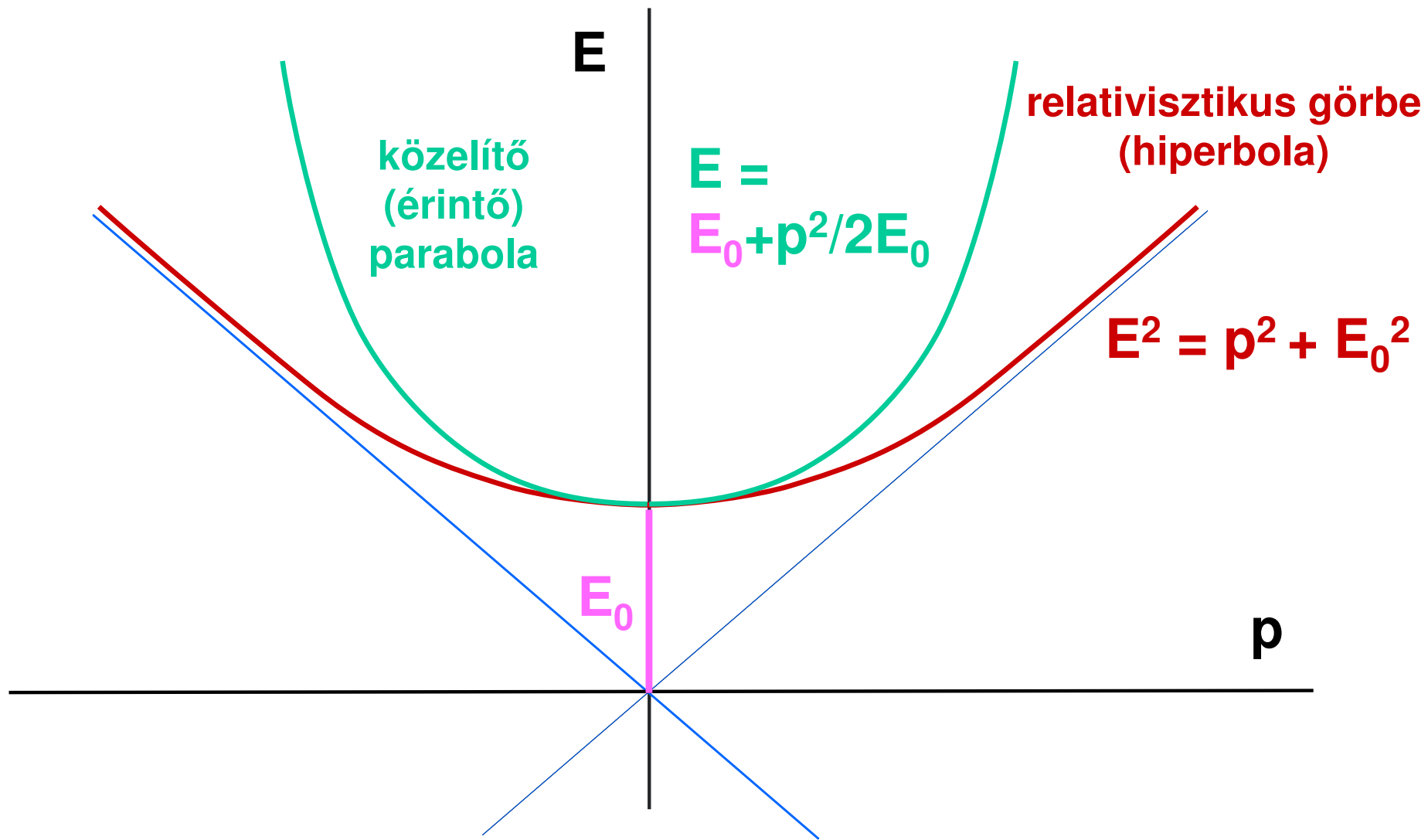
Vizsgáljuk meg a két görbét kis impulzusok,  
azaz kis sebességek esetén:



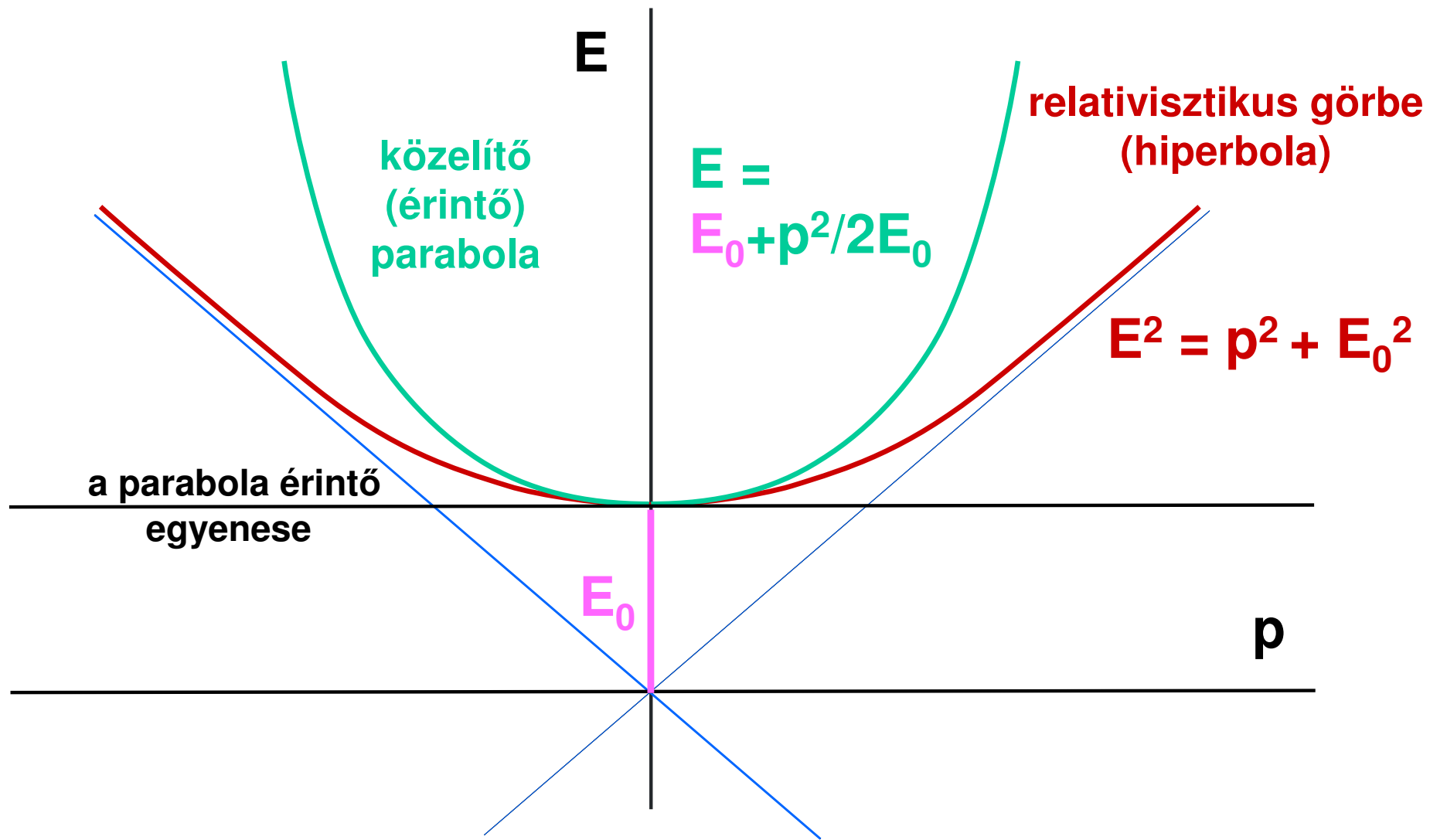
Hát ez eléggé különbözik... Newton ekkorát tévedett? **NEM!!!**

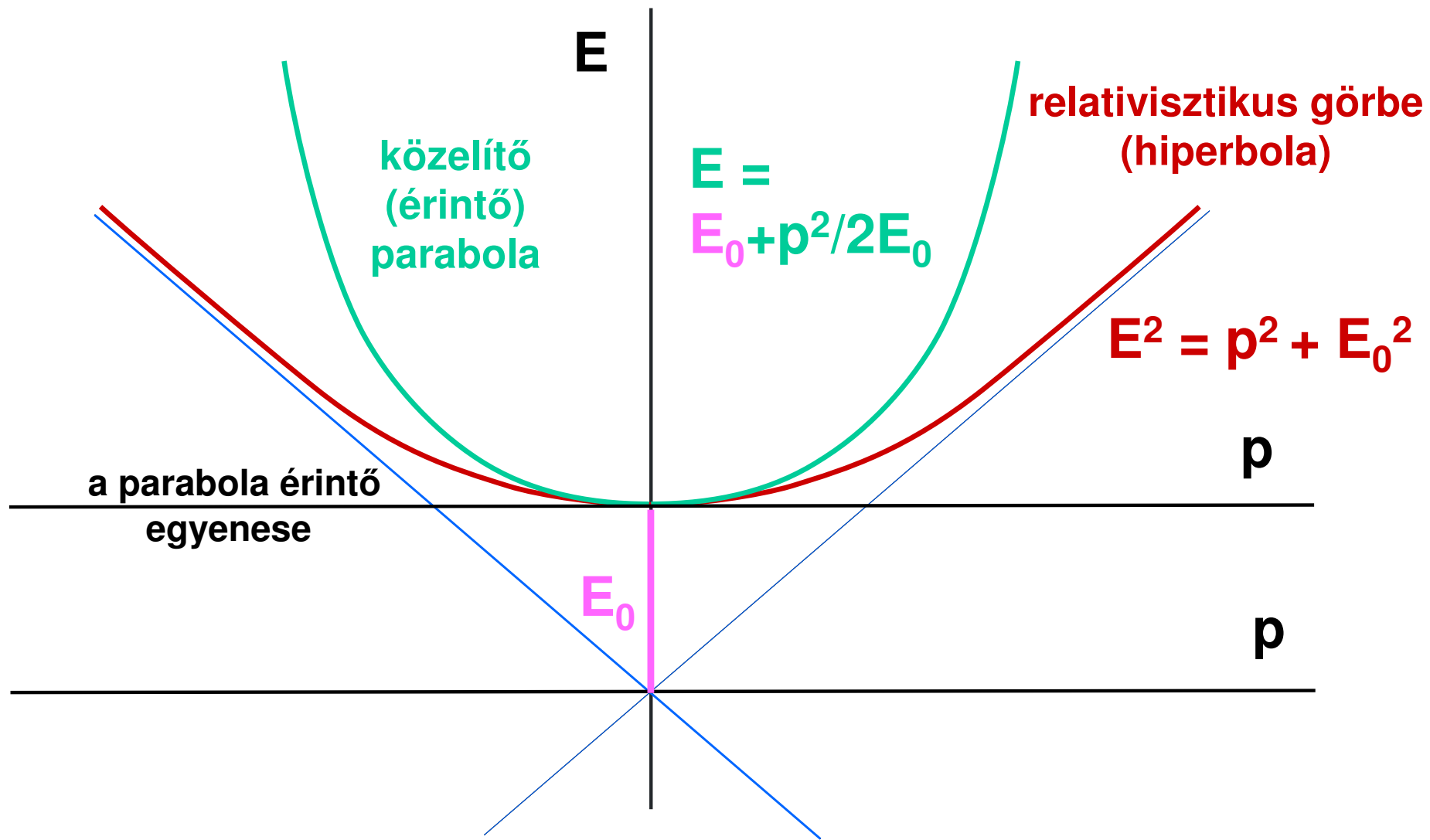
Vizsgáljuk meg a két görbét kis impulzusok,  
azaz kis sebességek esetén:

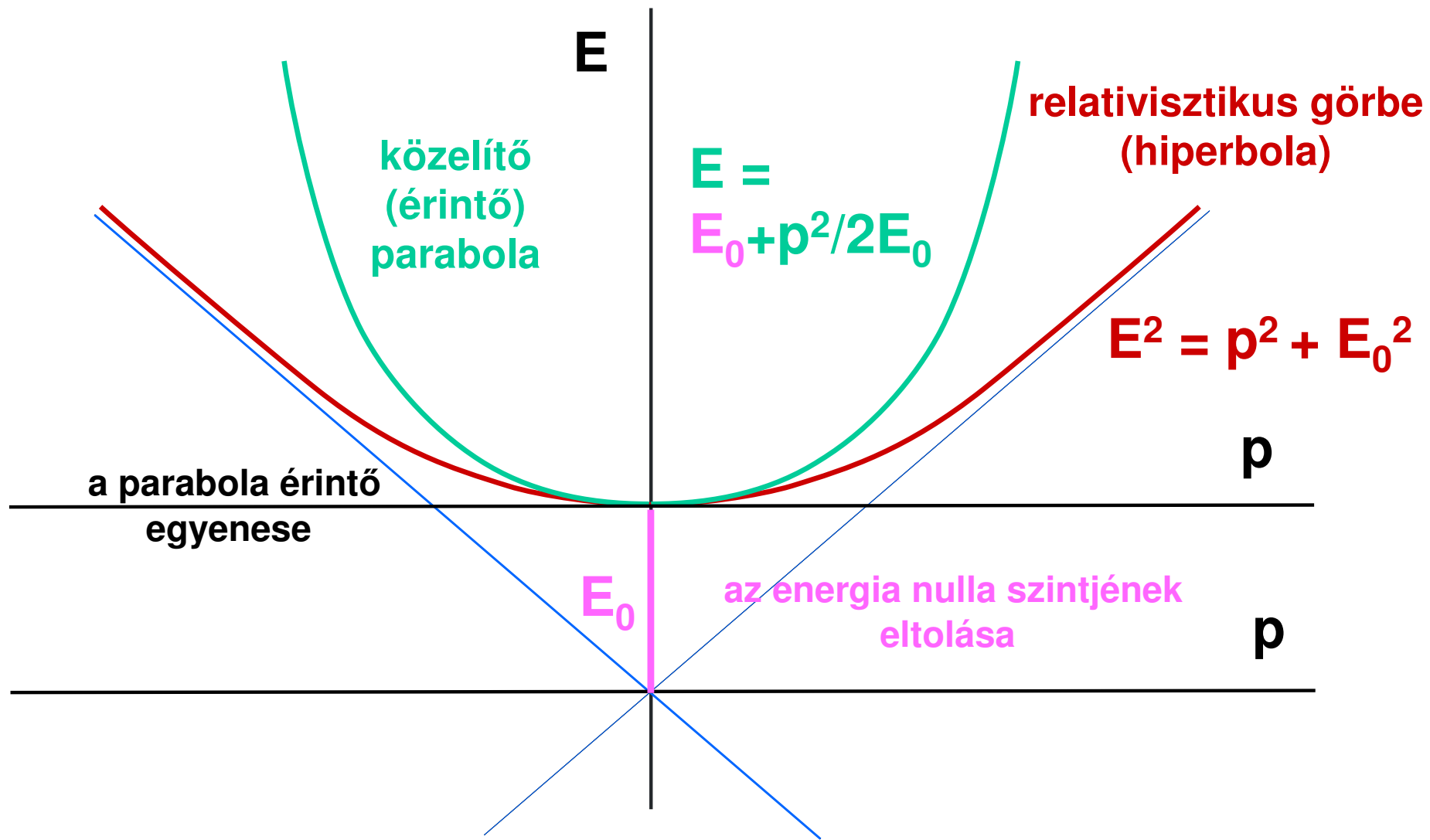


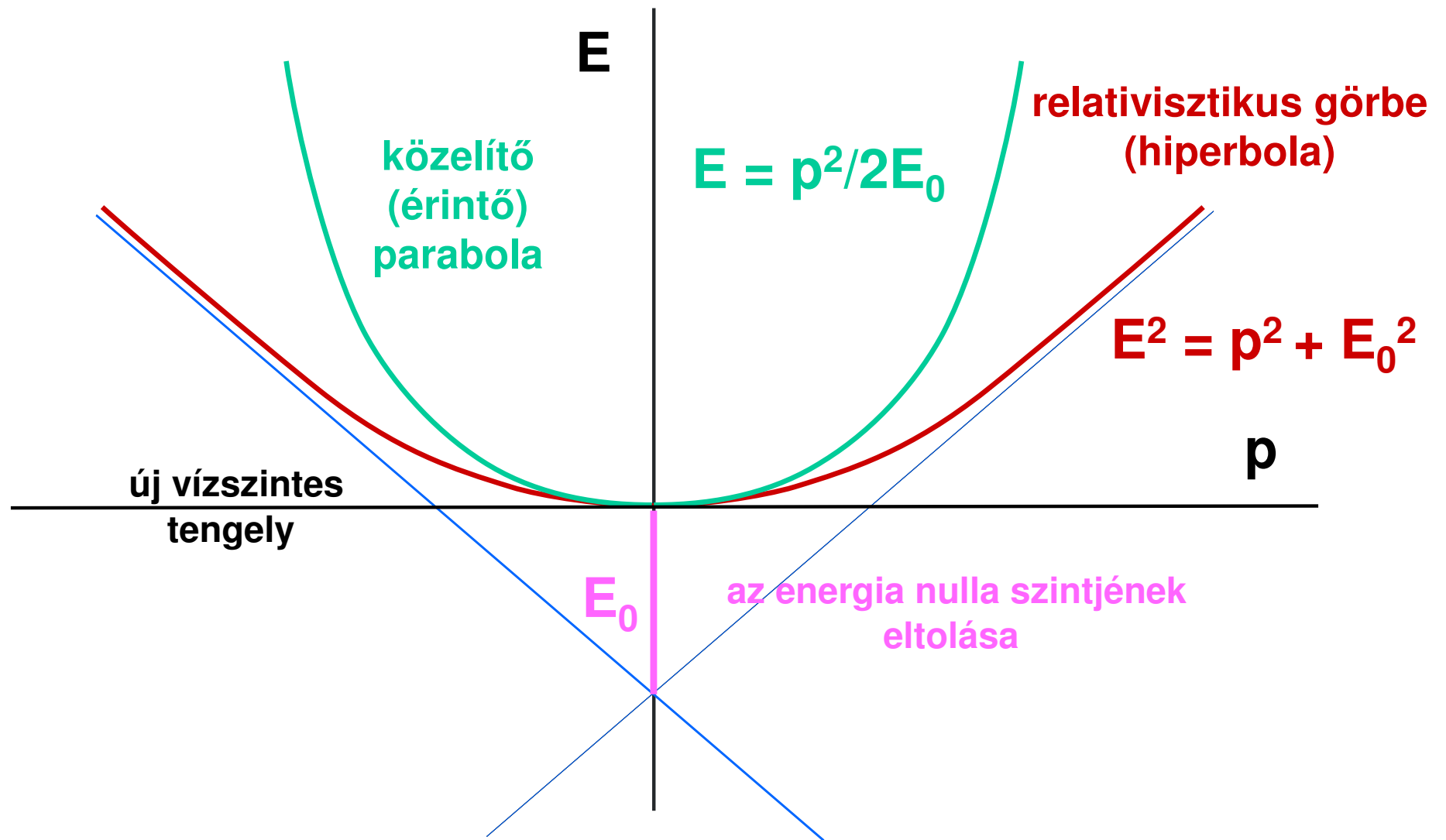


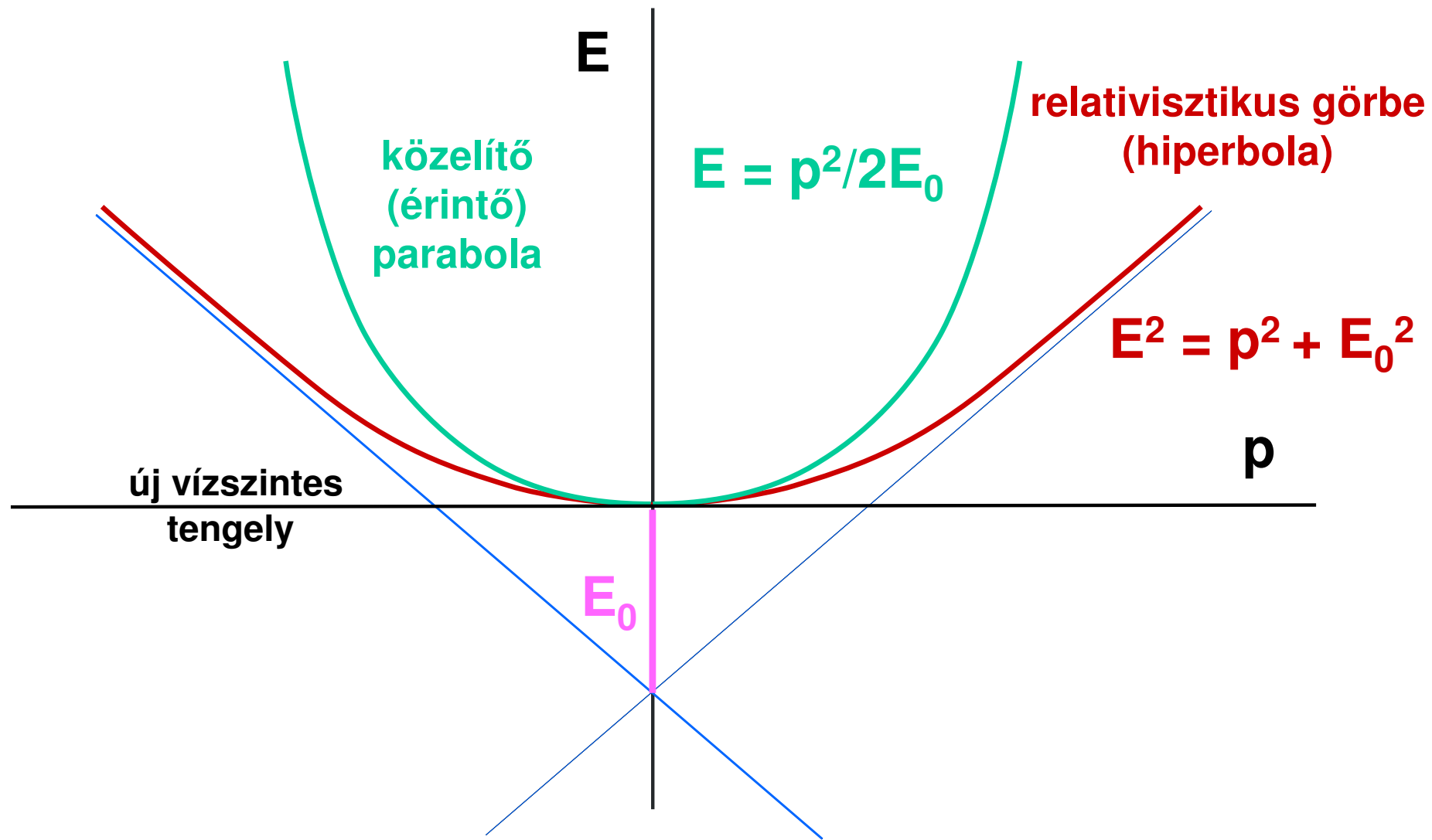


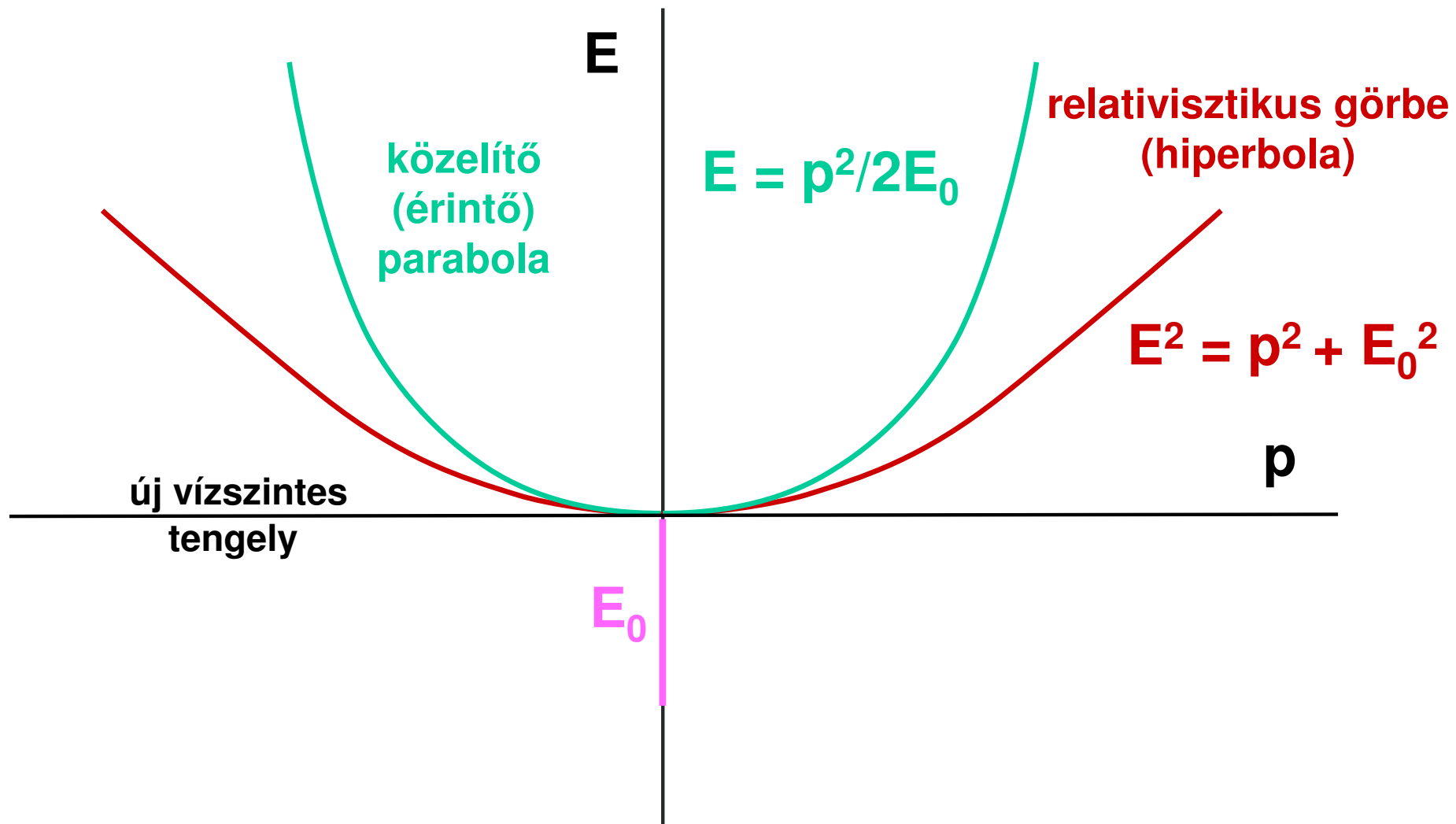


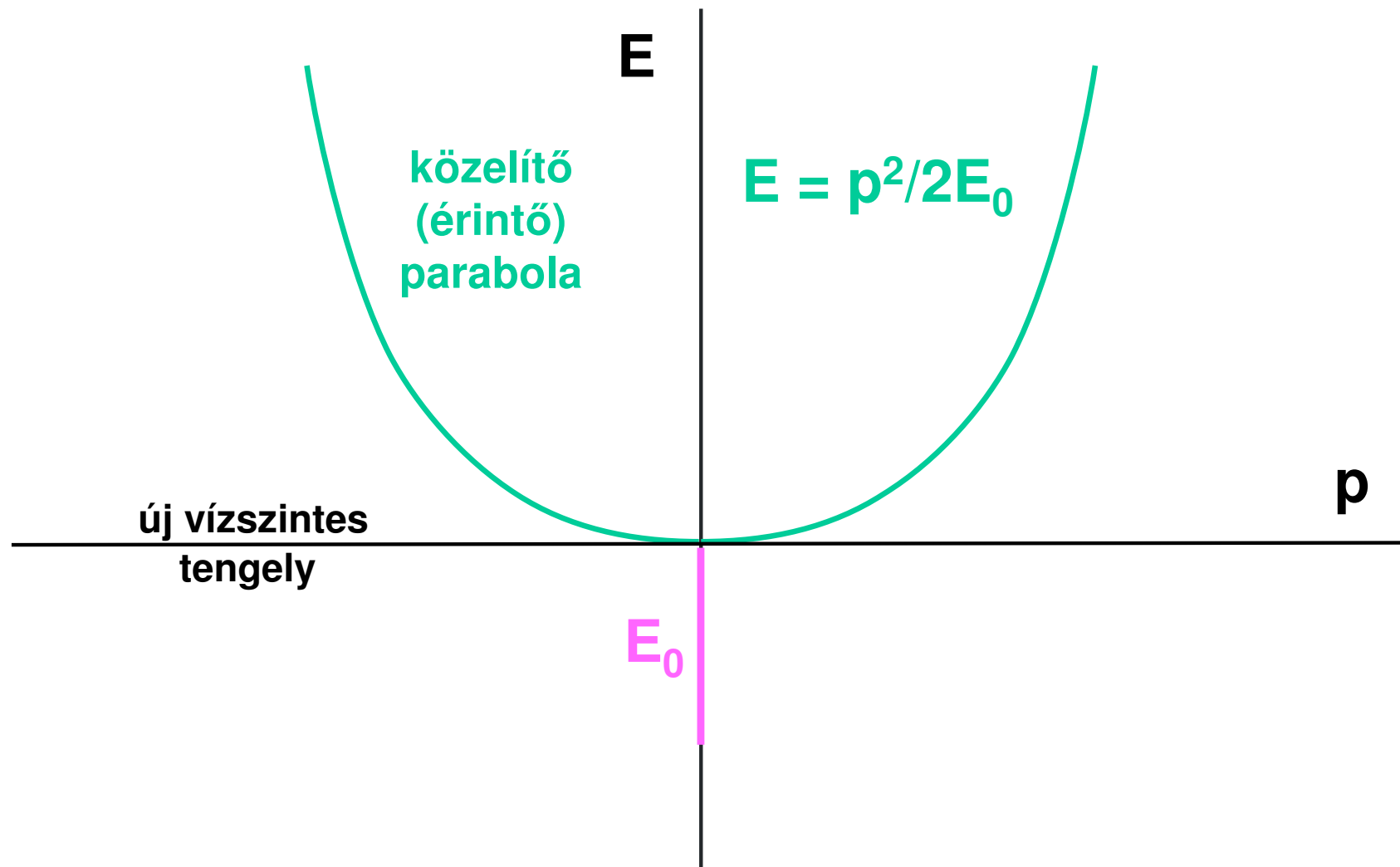


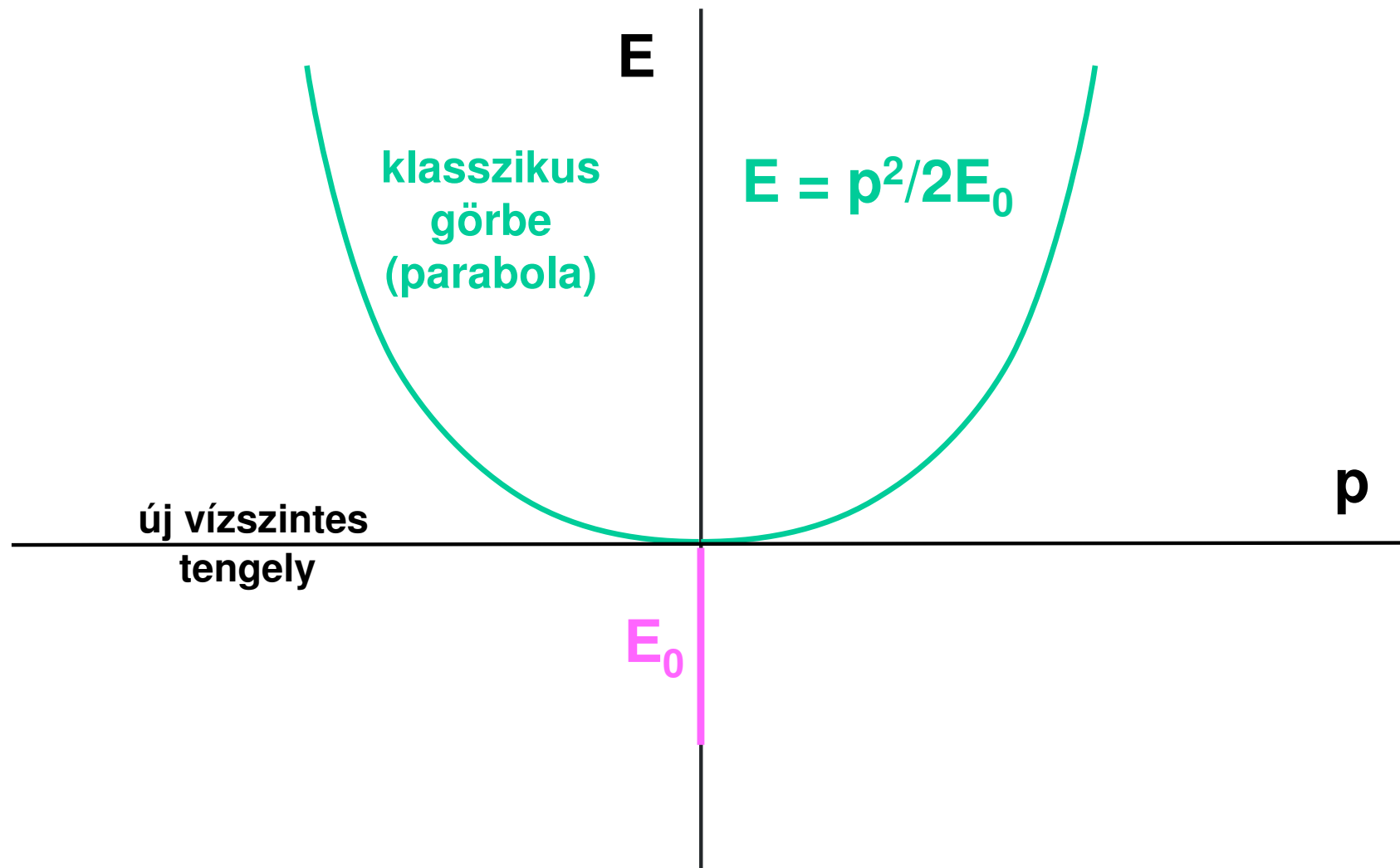






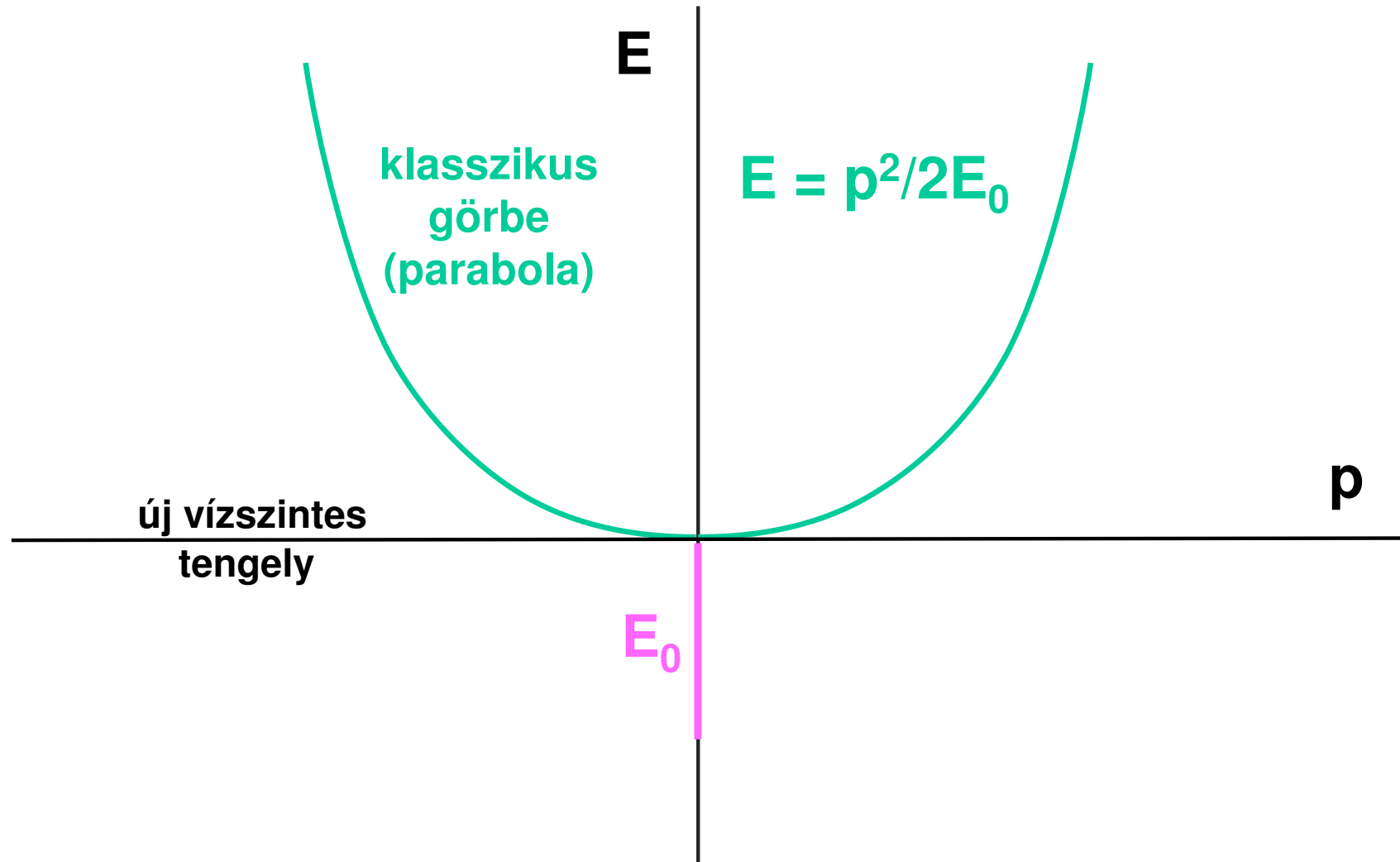




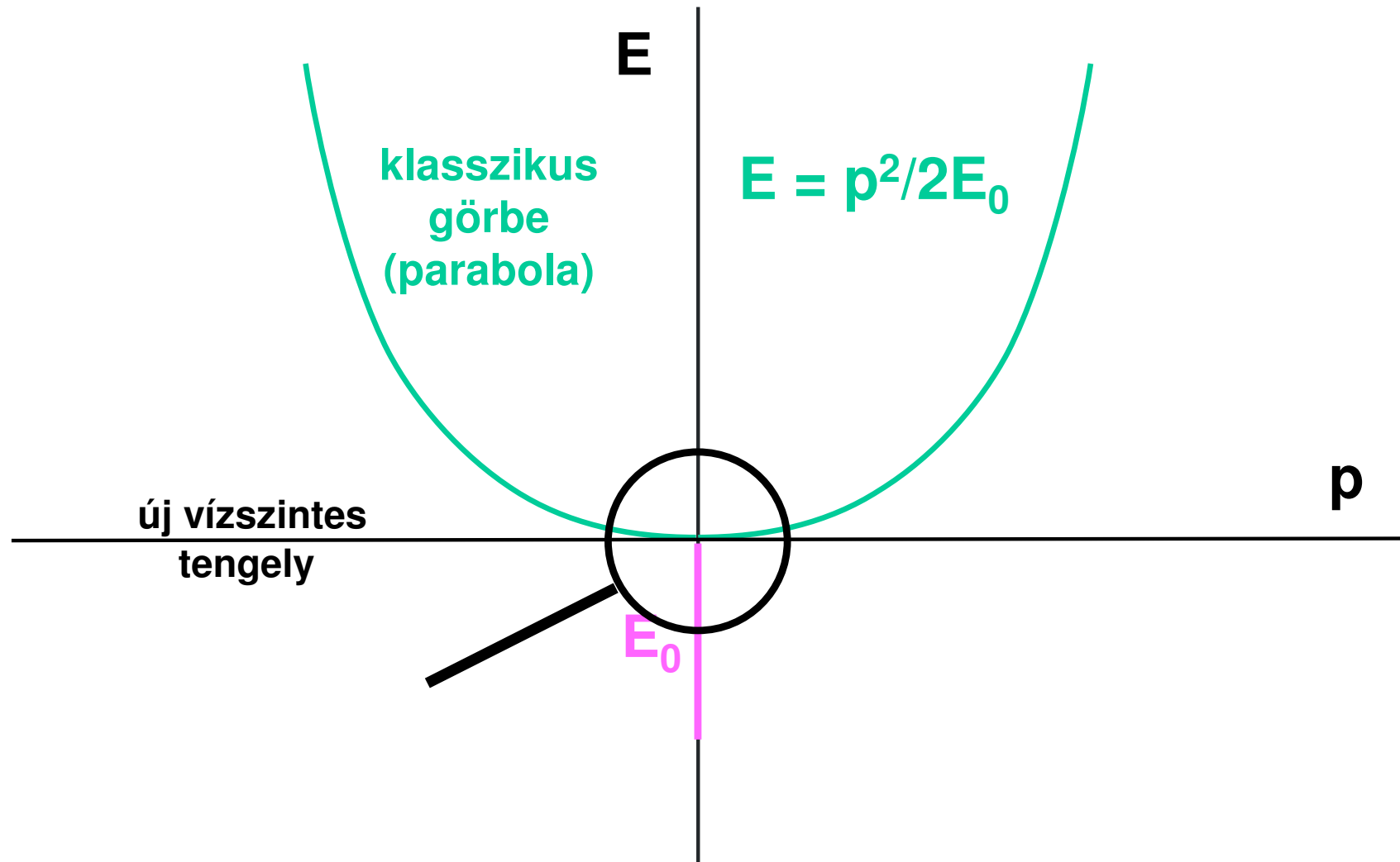




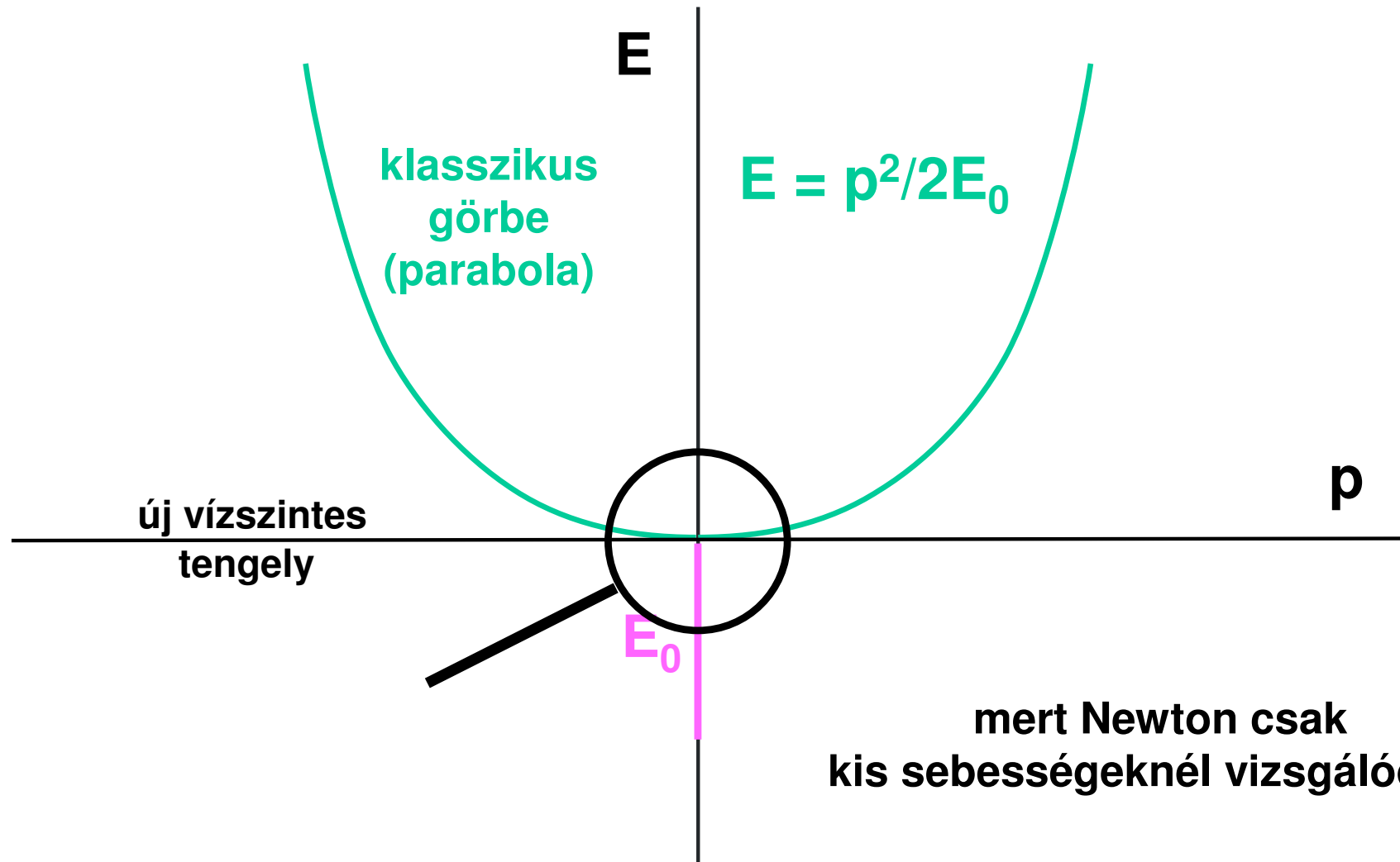
A klasszikus  $E(p)$  görbe tehát a pontos relativisztikus görbe  
kis sebességekre érvényes közelítése!



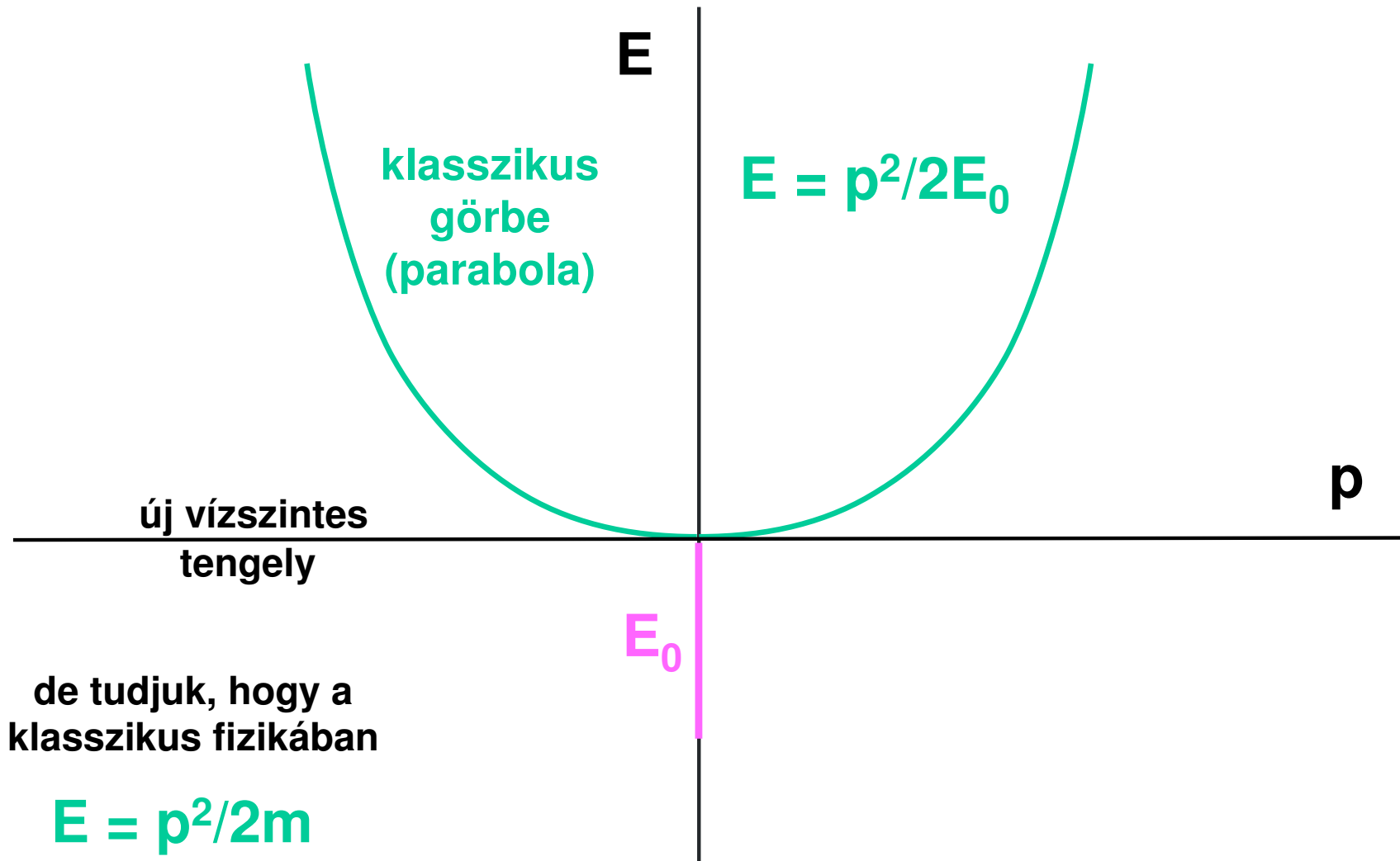
A klasszikus  $E(p)$  görbe tehát a pontos relativisztikus görbe  
kis sebességekre érvényes közelítése!



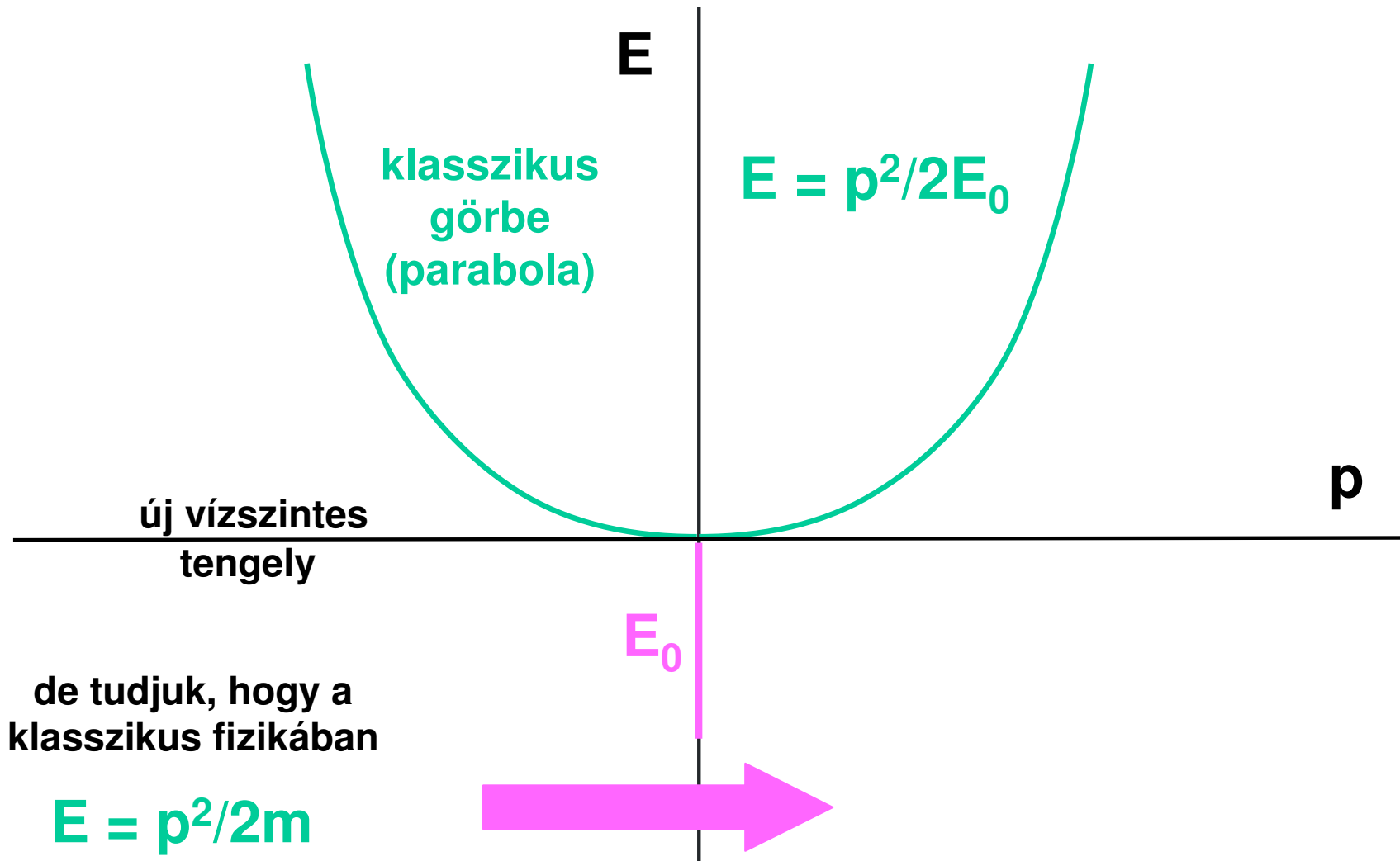
A klasszikus  $E(p)$  görbe tehát a pontos relativisztikus görbe  
kis sebességekre érvényes közelítése!



A klasszikus  $E(p)$  görbe tehát a pontos relativisztikus görbe  
kis sebességekre érvényes közelítése!



A klasszikus  $E(p)$  görbe tehát a pontos relativisztikus görbe kis sebességekre érvényes közelítése!

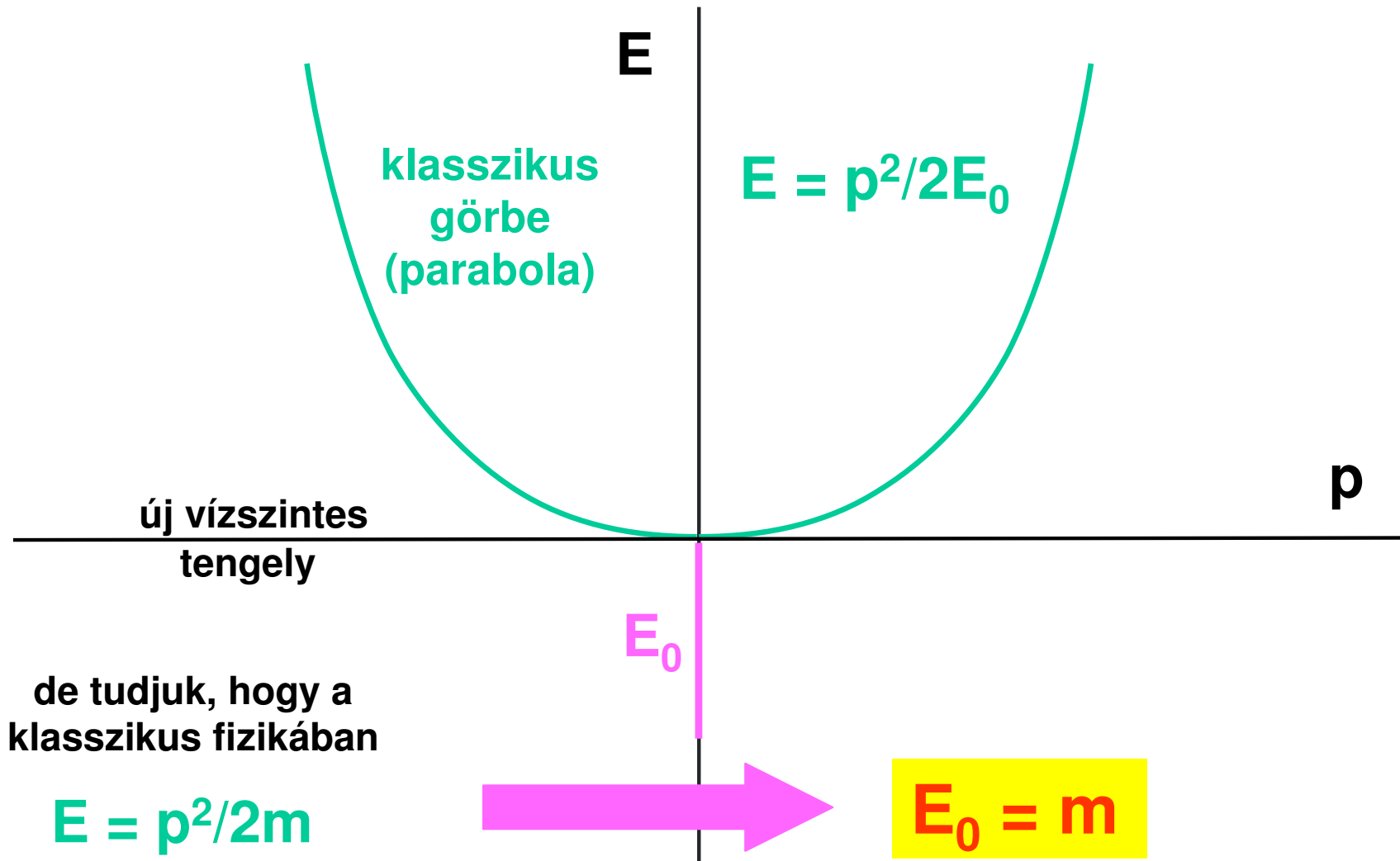


de tudjuk, hogy a klasszikus fizikában

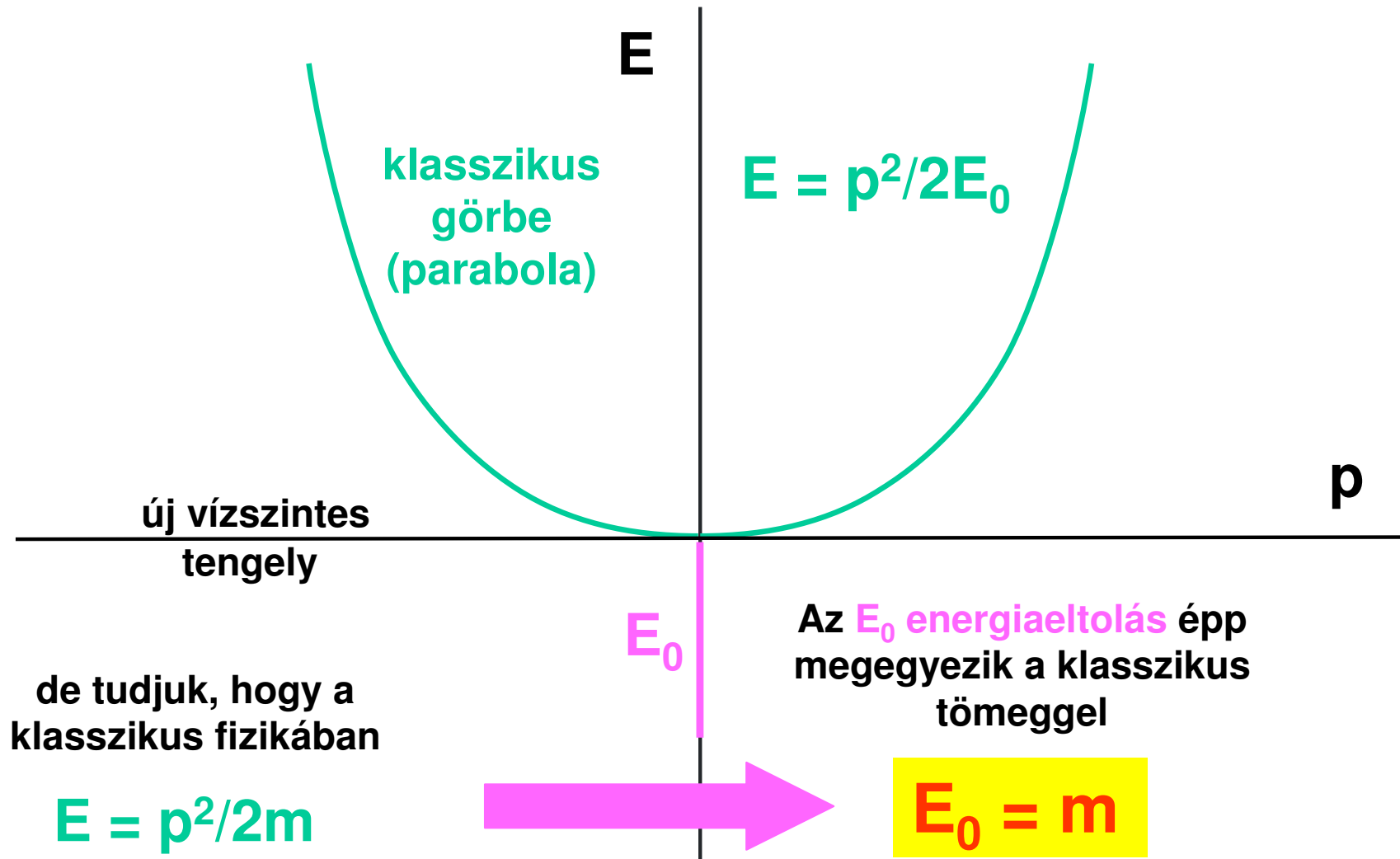
$$E = p^2/2m$$



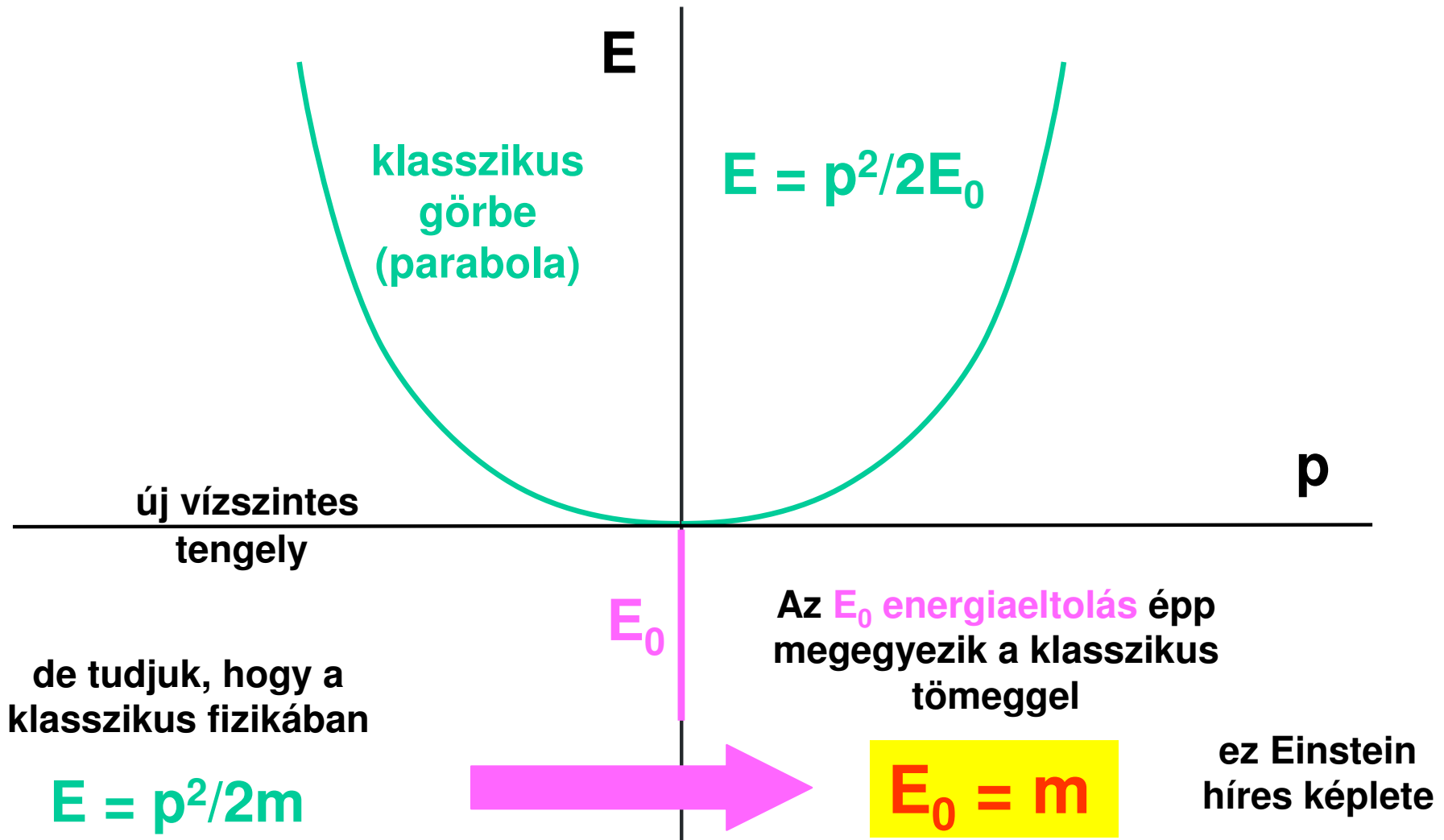
A klasszikus  $E(p)$  görbe tehát a pontos relativisztikus görbe kis sebességekre érvényes közelítése!



A klasszikus  $E(p)$  görbe tehát a pontos relativisztikus görbe kis sebességekre érvényes közelítése!

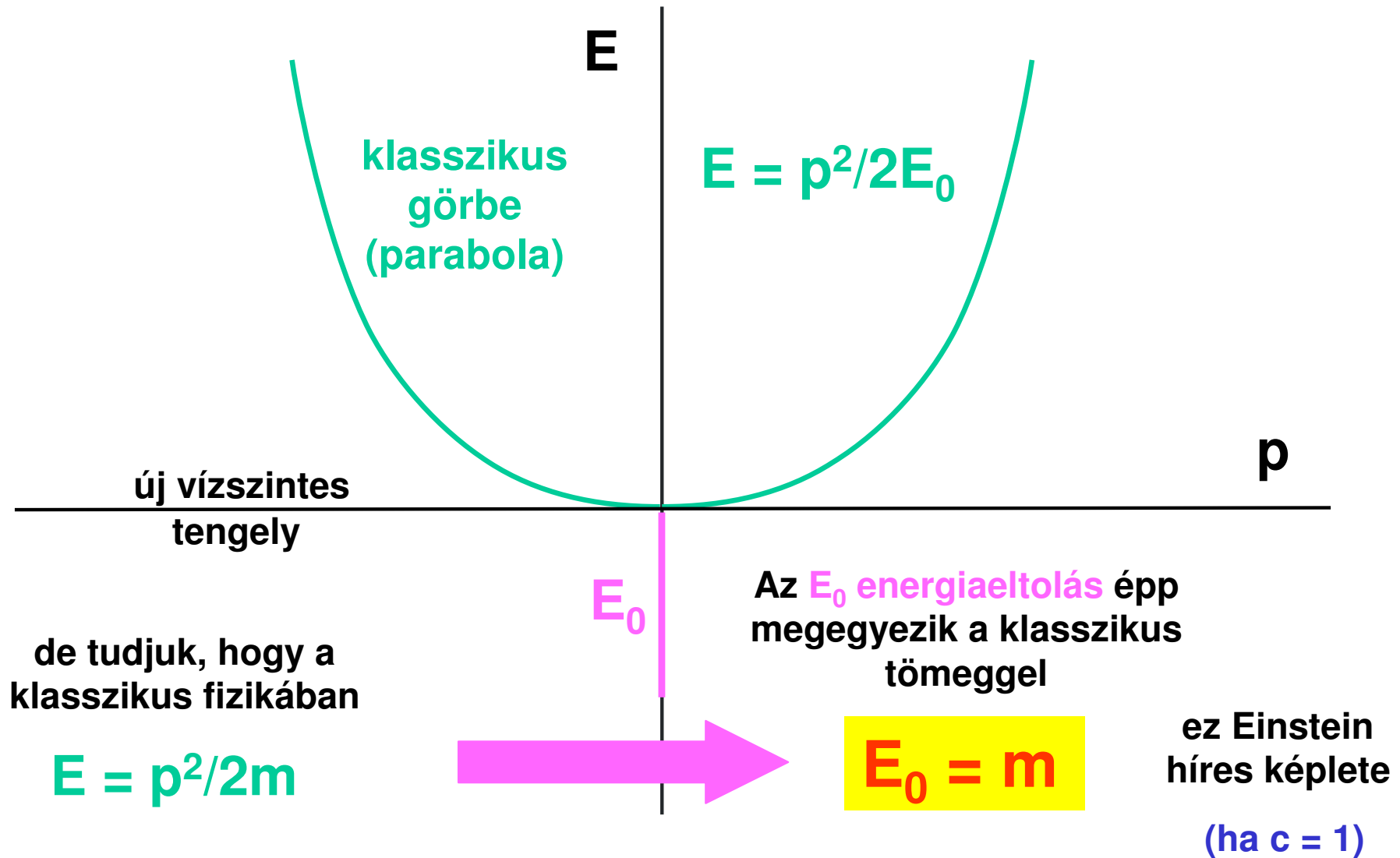


A klasszikus  $E(p)$  görbe tehát a pontos relativisztikus görbe kis sebességekre érvényes közelítése!

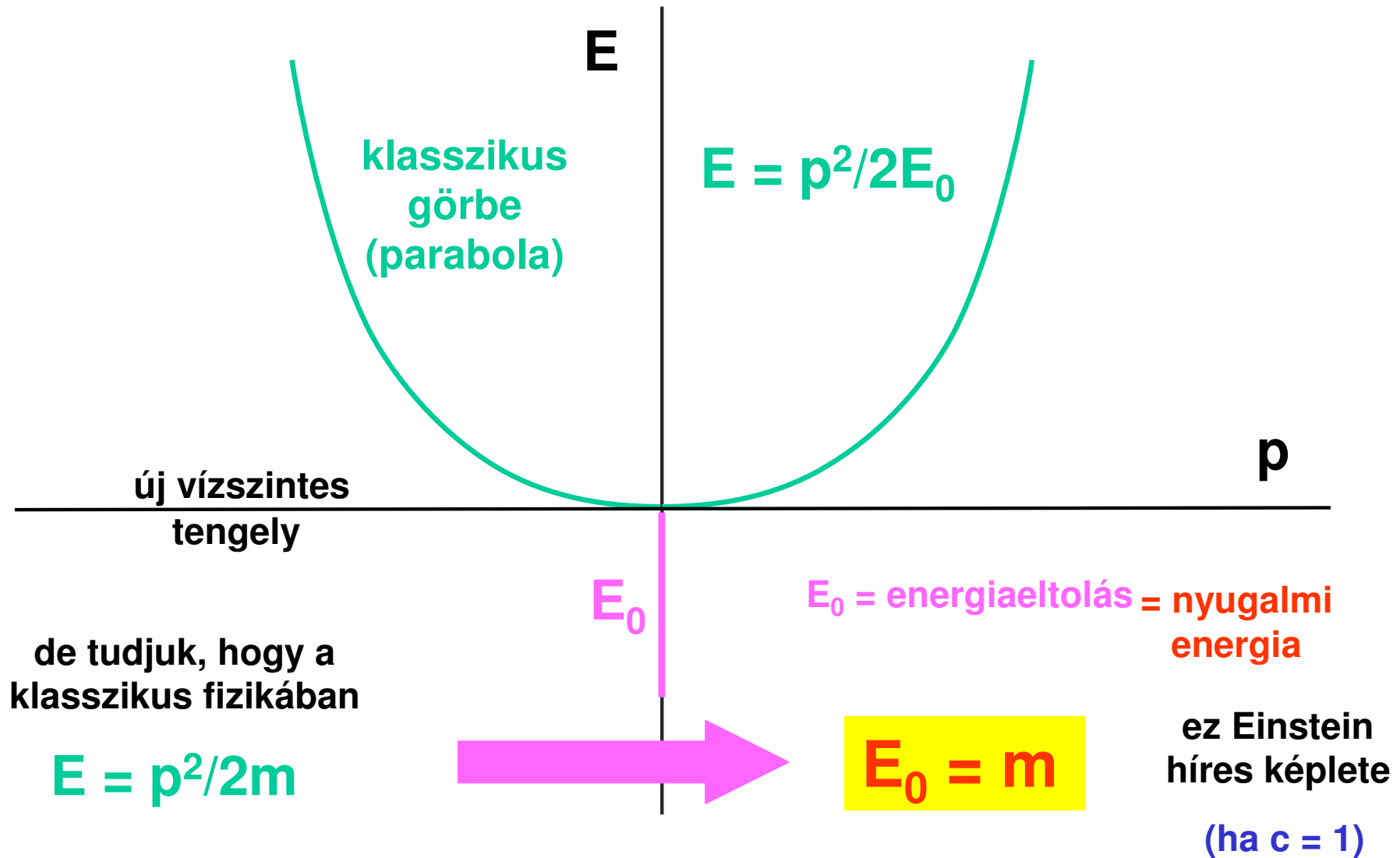




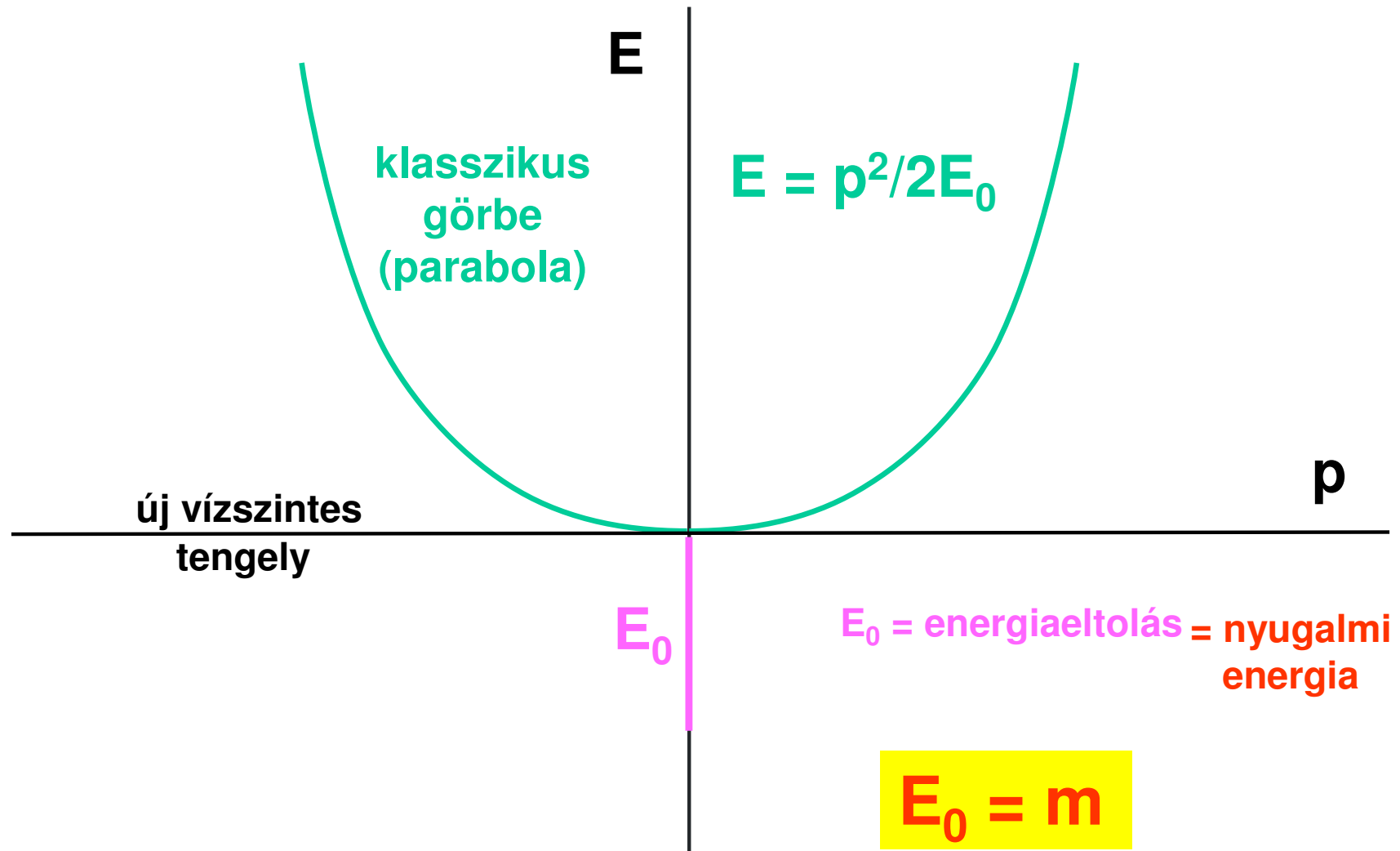
A klasszikus  $E(p)$  görbe tehát a pontos relativisztikus görbe kis sebességekre érvényes közelítése!



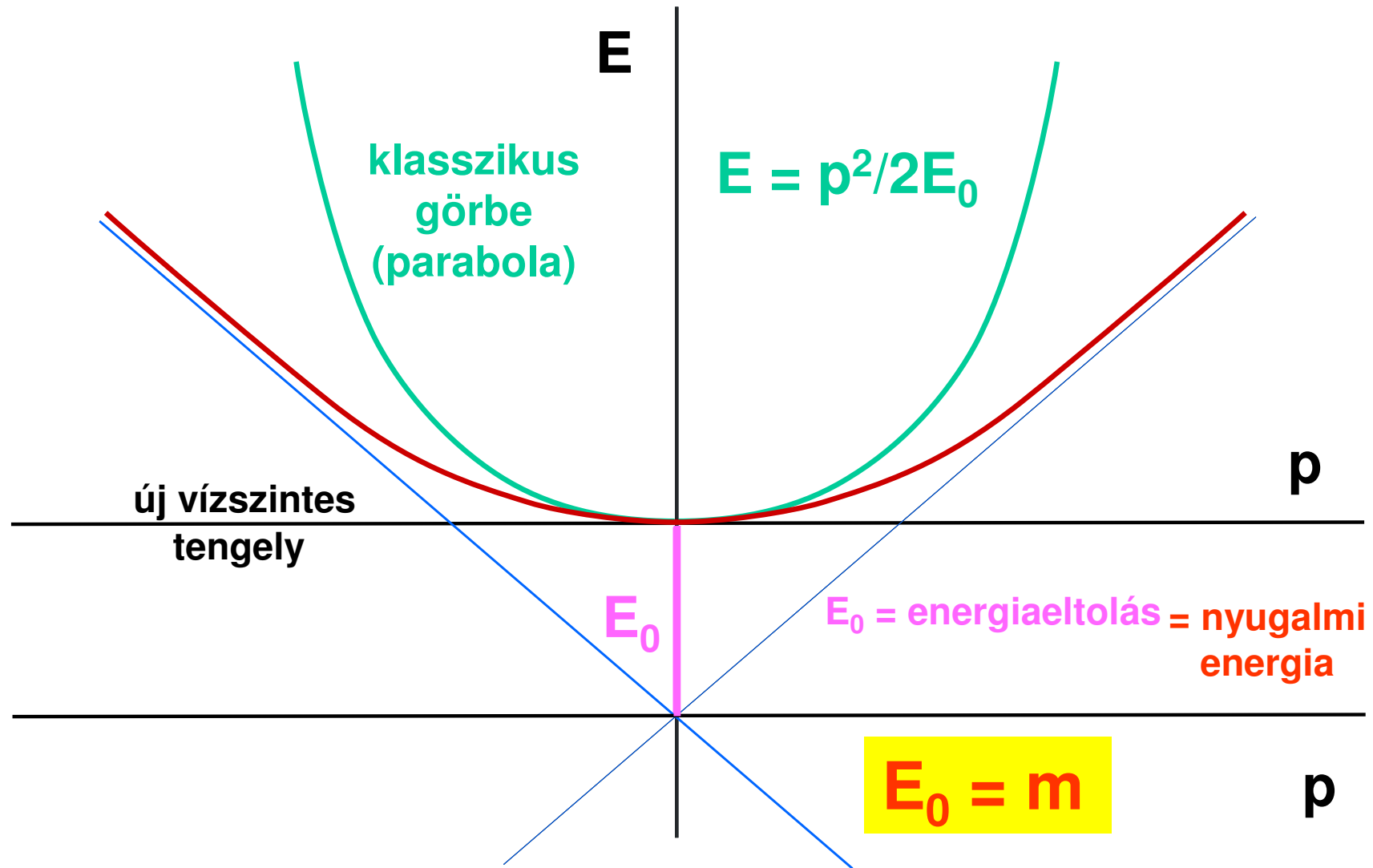
A klasszikus  $E(p)$  görbe tehát a pontos relativisztikus görbe kis sebességekre érvényes közelítése!



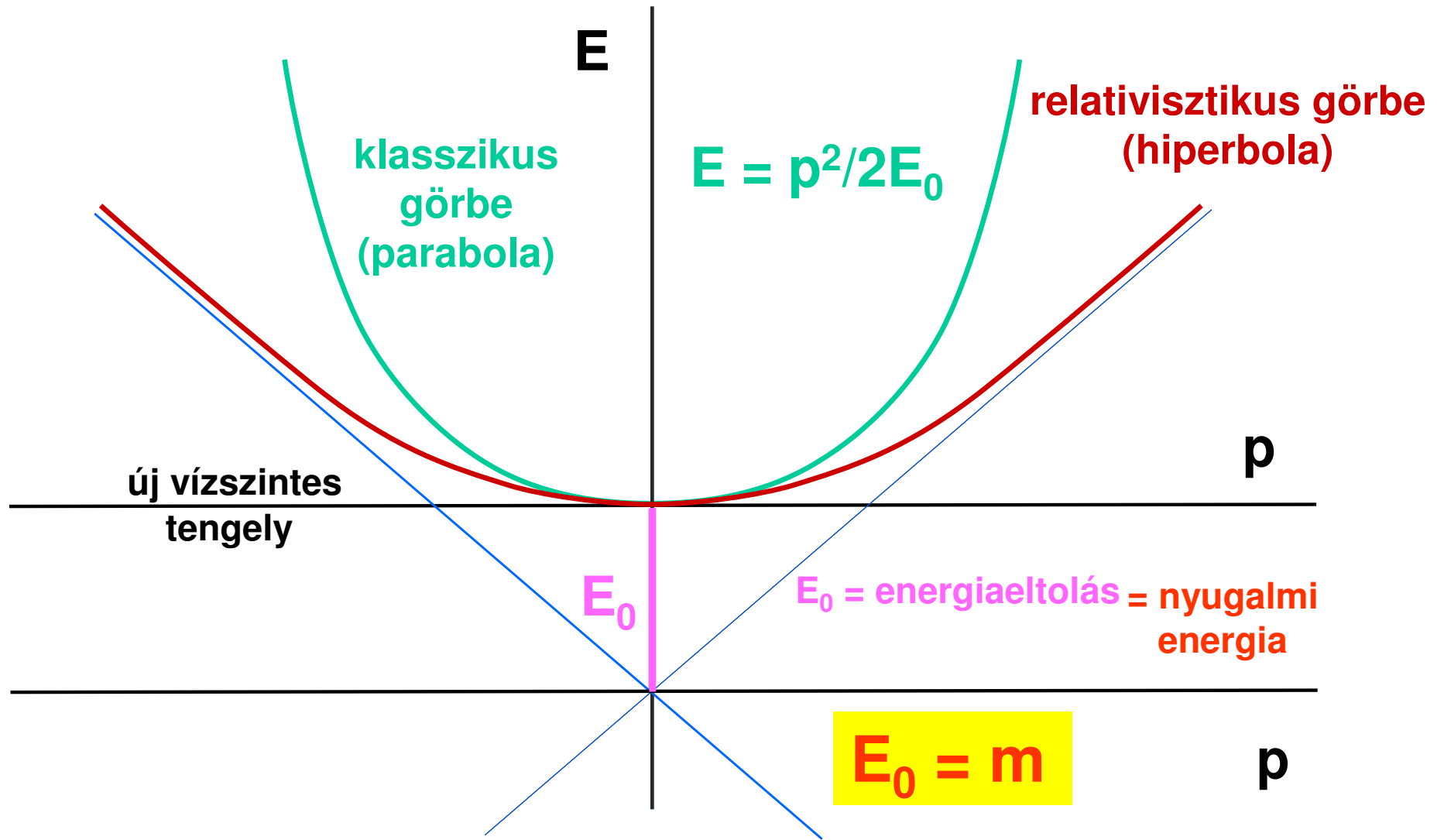
A klasszikus  $E(p)$  görbe tehát a pontos relativisztikus görbe kis sebességekre érvényes közelítése!



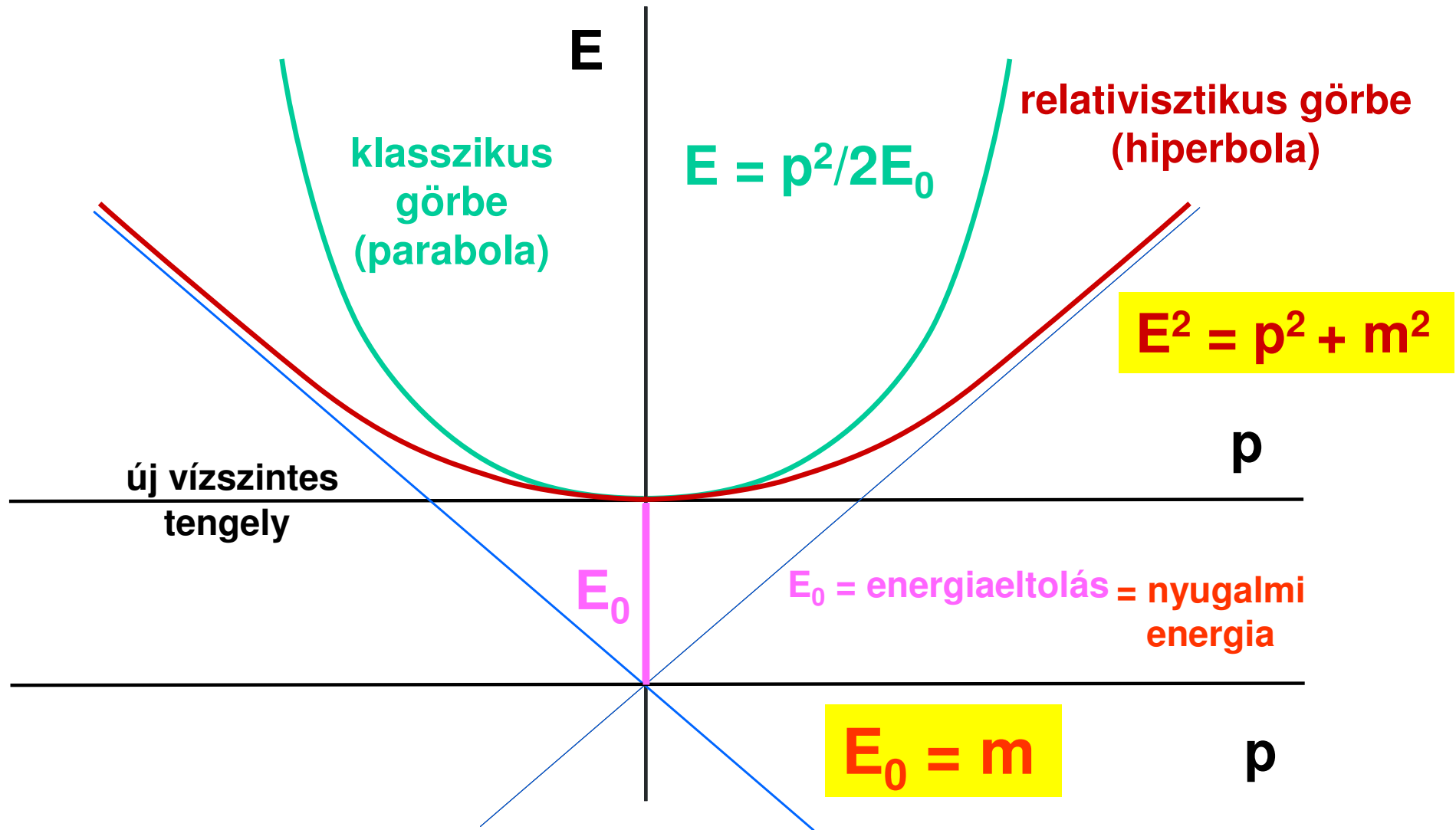
A klasszikus  $E(p)$  görbe tehát a pontos relativisztikus görbe kis sebességekre érvényes közelítése!



# Tehát: a tömeg a nyugvó test energiája



# Tehát: a tömeg a nyugvó test energiája



## Technikai kitérő:



# Technikai kitérő: balga eleink





**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,



**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogyan a teret és az időt,



**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogy **a teret és az időt,**  
és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**



**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogy **a teret és az időt,**  
és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
egyforma mértékegységekkel kell mérni.



**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogy **a teret és az időt,**  
és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás:



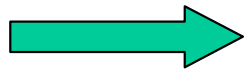
**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogy **a teret és az időt,**  
és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**



**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogy **a teret és az időt,**  
és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
egyforma mértékegységekkel kell mérni.

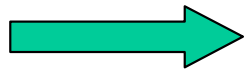
Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**



szükséges egy átváltási tényező:

**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogyan **a teret és az időt,**  
és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**



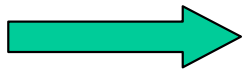
szükséges egy átváltási tényező:

**C**



**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogyan **a teret és az időt,**  
és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**

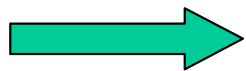


szükséges egy átváltási tényező:  
értékét mérésekből kell meghatározni:

**C**

**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogy **a teret és az időt,**  
és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**



szükséges egy átváltási tényező:

**C**

értékét mérésekből kell meghatározni:

**~ 300000000 m/s**

**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogyan **a teret és az időt,**  
és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**



szükséges egy átváltási tényező:

**c**

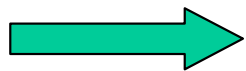
értékét mérésekből kell meghatározni:

**~ 300000000 m/s**

A fenti képletek szokásos alakja, benne **c**-vel:

**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogyan **a teret és az időt,**  
és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**



szükséges egy átváltási tényező:

**c**

értékét mérésekből kell meghatározni:

**~ 300000000 m/s**

A fenti képletek szokásos alakja, benne **c**-vel:

$$E^2 = p^2 + E_0^2$$

**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogyan **a teret és az időt,**  
és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**



szükséges egy átváltási tényező:

**c**

értékét mérésekből kell meghatározni:

**~ 300000000 m/s**

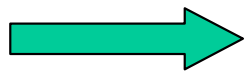
A fenti képletek szokásos alakja, benne **c**-vel:

$$E^2 = p^2 + E_0^2$$

(ha  $c = 1$ )

**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogyan **a teret és az időt,**  
és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**



szükséges egy átváltási tényező:

**c**

értékét mérésekből kell meghatározni:

**~ 300000000 m/s**

A fenti képletek szokásos alakja, benne **c**-vel:

~~$$E^2 = p^2 + E_0^2$$~~

(ha  $c = 1$ )

$$E^2 = p^2 c^2 + E_0^2$$

**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogyan **a teret és az időt,**  
és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**



szükséges egy átváltási tényező:

**c**

értékét mérésekből kell meghatározni:

**~ 300000000 m/s**

A fenti képletek szokásos alakja, benne **c**-vel:

$$\del{E^2 = p^2 + E_0^2}$$

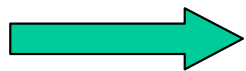
(ha  $c = 1$ )

$$E^2 = p^2 c^2 + E_0^2$$

(ha  $c \neq 1$ )

**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogya **a teret és az időt,**  
és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**



szükséges egy átváltási tényező:

**c**

értékét mérésekből kell meghatározni:

**~ 300000000 m/s**

A fenti képletek szokásos alakja, benne **c**-vel:

~~$$E^2 = p^2 + E_0^2$$~~

$$E_0 = m$$

(ha  $c = 1$ )

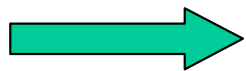
$$E^2 = p^2 c^2 + E_0^2$$

(ha  $c \neq 1$ )



**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogya **a teret és az időt,**  
és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**



szükséges egy átváltási tényező:

**c**

értékét mérésekből kell meghatározni:

**~ 300000000 m/s**

A fenti képletek szokásos alakja, benne **c**-vel:

~~$$E^2 = p^2 + E_0^2$$~~

$$E_0 = m$$

$$E^2 = p^2 c^2 + E_0^2$$

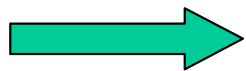
ez Einstein  
híres képlete

(ha  $c = 1$ )

(ha  $c \neq 1$ )

**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogyan a teret és az időt,  
és ezért az energiát, az impulzust és a tömeget,  
egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: méter és másodperc



szükséges egy átváltási tényező:

**c**

értékét mérésekből kell meghatározni:

~ 300000000 m/s

A fenti képletek szokásos alakja, benne **c**-vel:

$$\cancel{E^2 = p^2 + E_0^2}$$

$$E^2 = p^2 c^2 + E_0^2$$

$$\cancel{E_0 = m}$$

$$E_0 = m c^2$$

ez Einstein  
híres képlete

(ha  $c = 1$ )

(ha  $c \neq 1$ )

**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogya **a teret és az időt,**  
és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**



szükséges egy átváltási tényező:

**c**

értékét mérésekből kell meghatározni:

**~ 300000000 m/s**

A fenti képletek szokásos alakja, benne **c**-vel:

$$\cancel{E^2 = p^2 + E_0^2}$$

$$E^2 = p^2 c^2 + E_0^2$$



$$\cancel{E_0 = m}$$

$$E_0 = m c^2$$



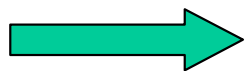
ez Einstein  
híres képlete

(ha  $c = 1$ )

(ha  $c \neq 1$ )

**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
hogya **a teret és az időt,**  
és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**



szükséges egy átváltási tényező:

**c**

értékét mérésekből kell meghatározni:

**~ 300000000 m/s**

A fenti képletek szokásos alakja, benne **c**-vel:

$$\cancel{E^2 = p^2 + E_0^2}$$

$$E^2 = p^2 c^2 + E_0^2$$

$$\cancel{E_0 = m}$$

$$E_0 = m c^2$$

ez Einstein  
híres képlete

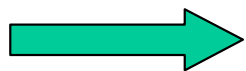
(ha  $c = 1$ )

(ha  $c \neq 1$ )

$$E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4$$

**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
 hogy **a teret és az időt,**  
 és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
 egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**



szükséges egy átváltási tényező:

**c**

értékét mérésekből kell meghatározni:

~ **300000000 m/s**

A fenti képletek szokásos alakja, benne **c**-vel:

~~$$E^2 = p^2 + E_0^2$$~~

$$E^2 = p^2 c^2 + E_0^2$$

~~$$E_0 = m$$~~

$$E_0 = m c^2$$

ez Einstein  
 híres képlete

(ha  $c = 1$ )

(ha  $c \neq 1$ )

$$E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4$$

Ez a relativisztikus  $E(p)$  hiperbola  
 szokásos képlete



**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
 hogy **a teret és az időt,**  
 és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
 egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**



szükséges egy átváltási tényező:

**c**

értékét mérésekből kell meghatározni:

~ **300000000 m/s**

A fenti képletek szokásos alakja, benne **c**-vel:

~~$$E^2 = p^2 + E_0^2$$~~

~~$$E_0 = m$$~~

ez Einstein híres képlete  
 (ha  $c = 1$ )  
 (ha  $c \neq 1$ )

$$E^2 = p^2 c^2 + E_0^2$$

$$E_0 = m c^2$$

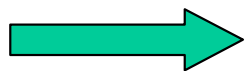


~~$$E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4$$~~

Ez a relativisztikus  $E(p)$  hiperbola szokásos képlete

**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
 hogy **a teret és az időt,**  
 és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
 egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**



szükséges egy átváltási tényező:

**c**

értékét mérésekből kell meghatározni:

~ **300000000 m/s**

A fenti képletek szokásos alakja, benne **c**-vel:

~~$$E^2 = p^2 + E_0^2$$~~

~~$$E_0 = m$$~~

ez Einstein híres képlete  
 (ha  $c = 1$ )  
 (ha  $c \neq 1$ )

$$E^2 = p^2 c^2 + E_0^2$$

$$E_0 = m c^2$$



~~$$E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4$$~~

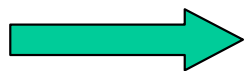
Ez a relativisztikus  $E(p)$  hiperbola szokásos képlete

$$E^2 = p^2 + m^2$$



**Technikai kitérő:** balga eleink nem tudták,  
 hogy **a teret és az időt,**  
 és ezért **az energiát, az impulzust és a tömeget,**  
 egyforma mértékegységekkel kell mérni.

Önkényes, független egységválasztás: **méter és másodperc**



szükséges egy átváltási tényező:

**c**

értékét mérésekből kell meghatározni:

**~ 300000000 m/s**

A fenti képletek szokásos alakja, benne **c**-vel:

~~$$E^2 = p^2 + E_0^2$$~~

~~$$E_0 = m$$~~

ez Einstein híres képlete (ha  $c = 1$ )  
 (ha  $c \neq 1$ )

$$E^2 = p^2 c^2 + E_0^2$$

$$E_0 = m c^2$$



~~$$E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4$$~~

Ez a relativisztikus  $E(p)$  hiperbola szokásos képlete

$$E^2 = p^2 + m^2$$

(ugye mennyivel egyszerűbb...?)





# Mit jelent a relativisztikus $E(p)$ függvény?



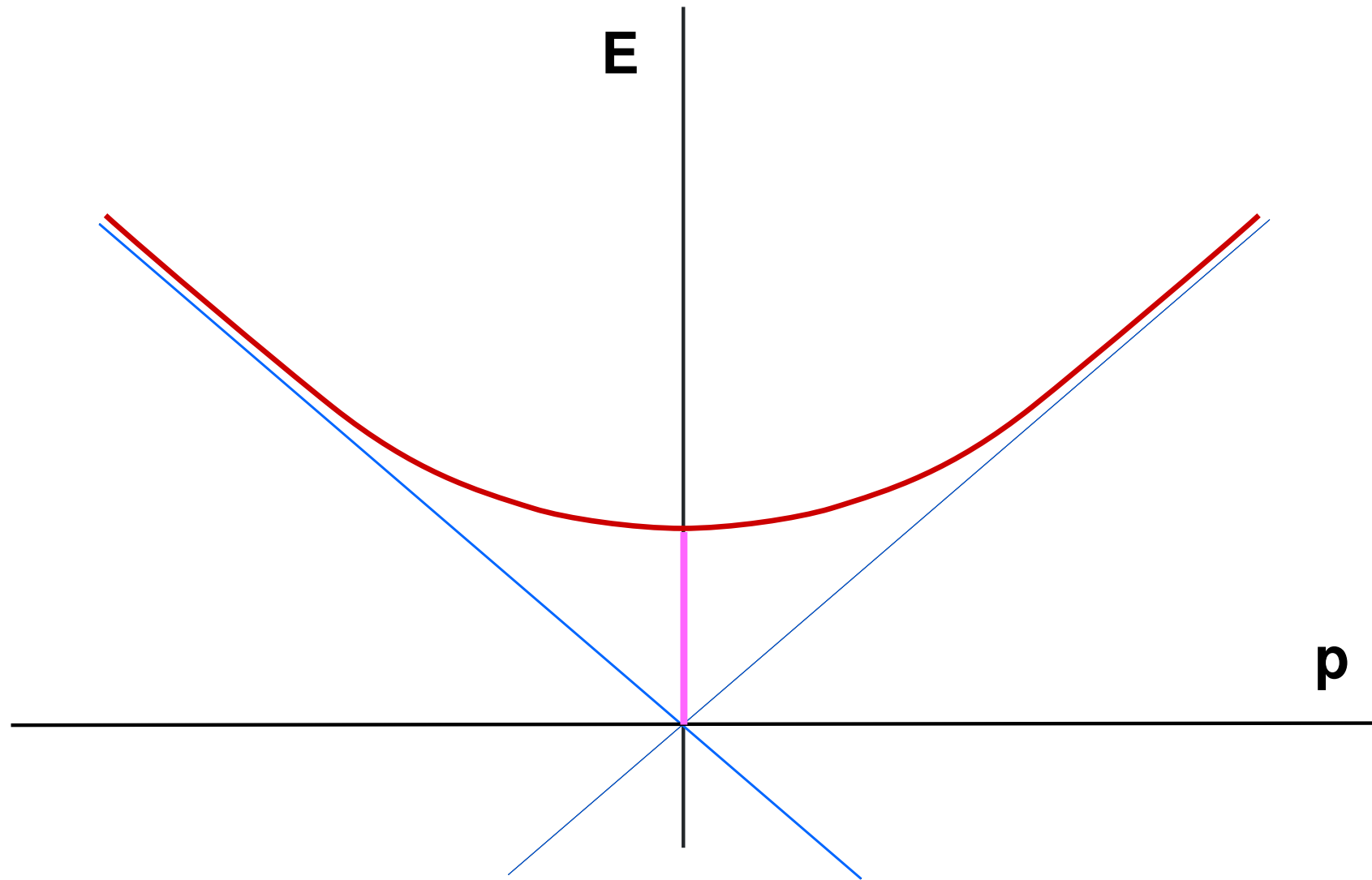
# Mit jelent a relativisztikus $E(p)$ függvény?

$$E^2 = p^2 + m^2$$



# Mit jelent a relativisztikus $E(p)$ függvény?

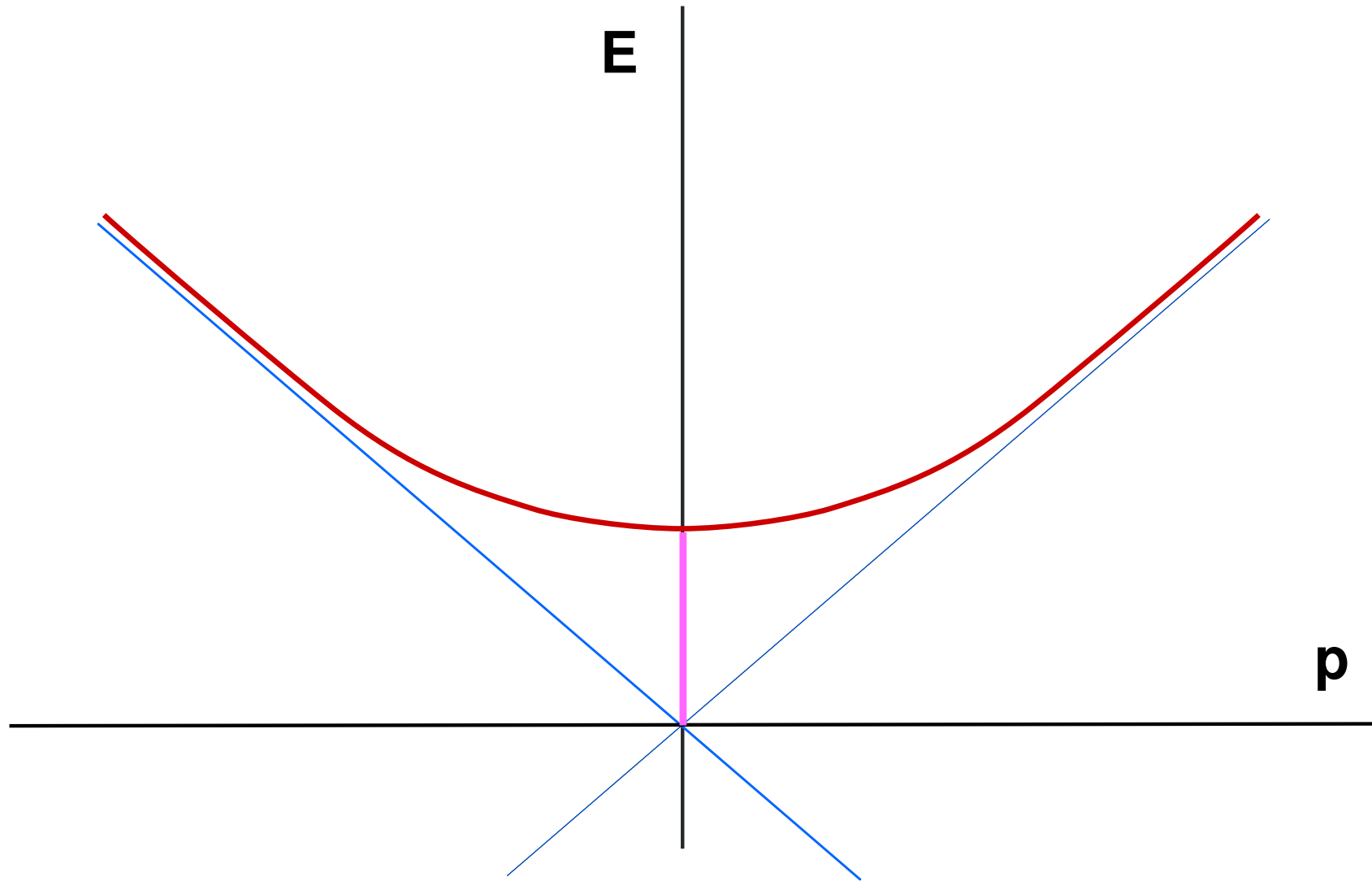
$$E^2 = p^2 + m^2$$



# Mit jelent a relativisztikus $E(p)$ függvény?

$$E^2 = p^2 + m^2$$

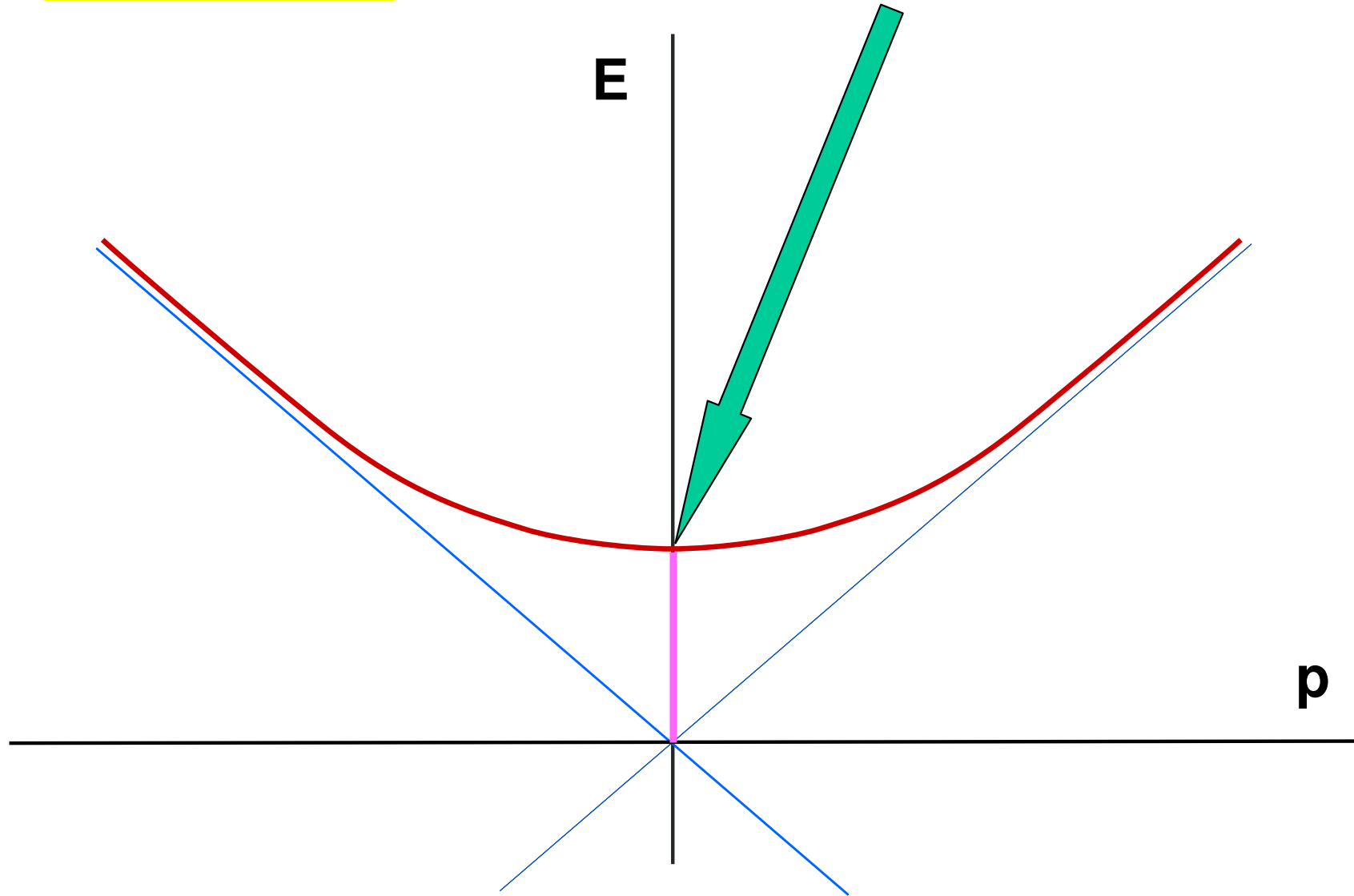
határesetek



# Mit jelent a relativisztikus $E(p)$ függvény?

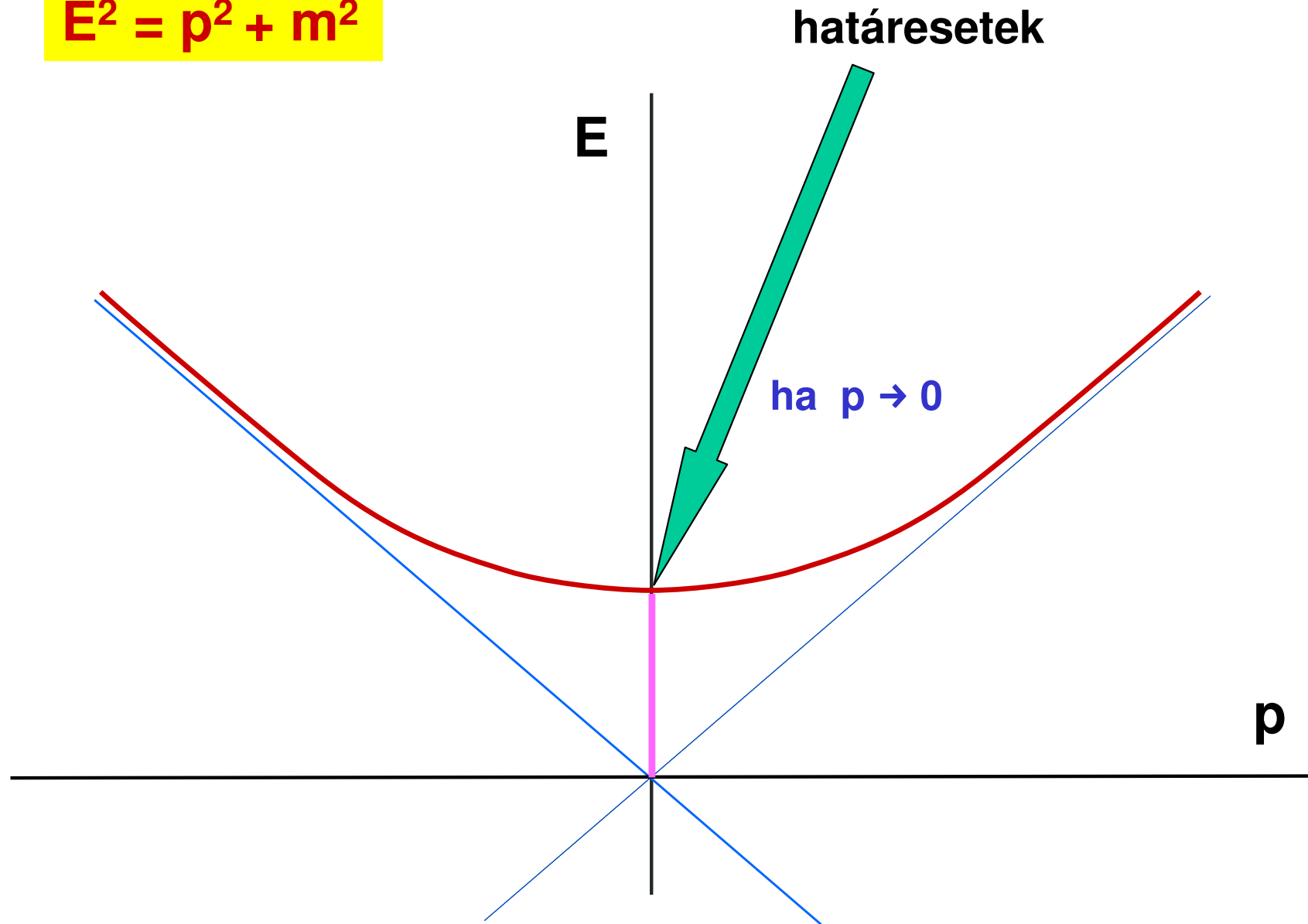
$$E^2 = p^2 + m^2$$

határesetek



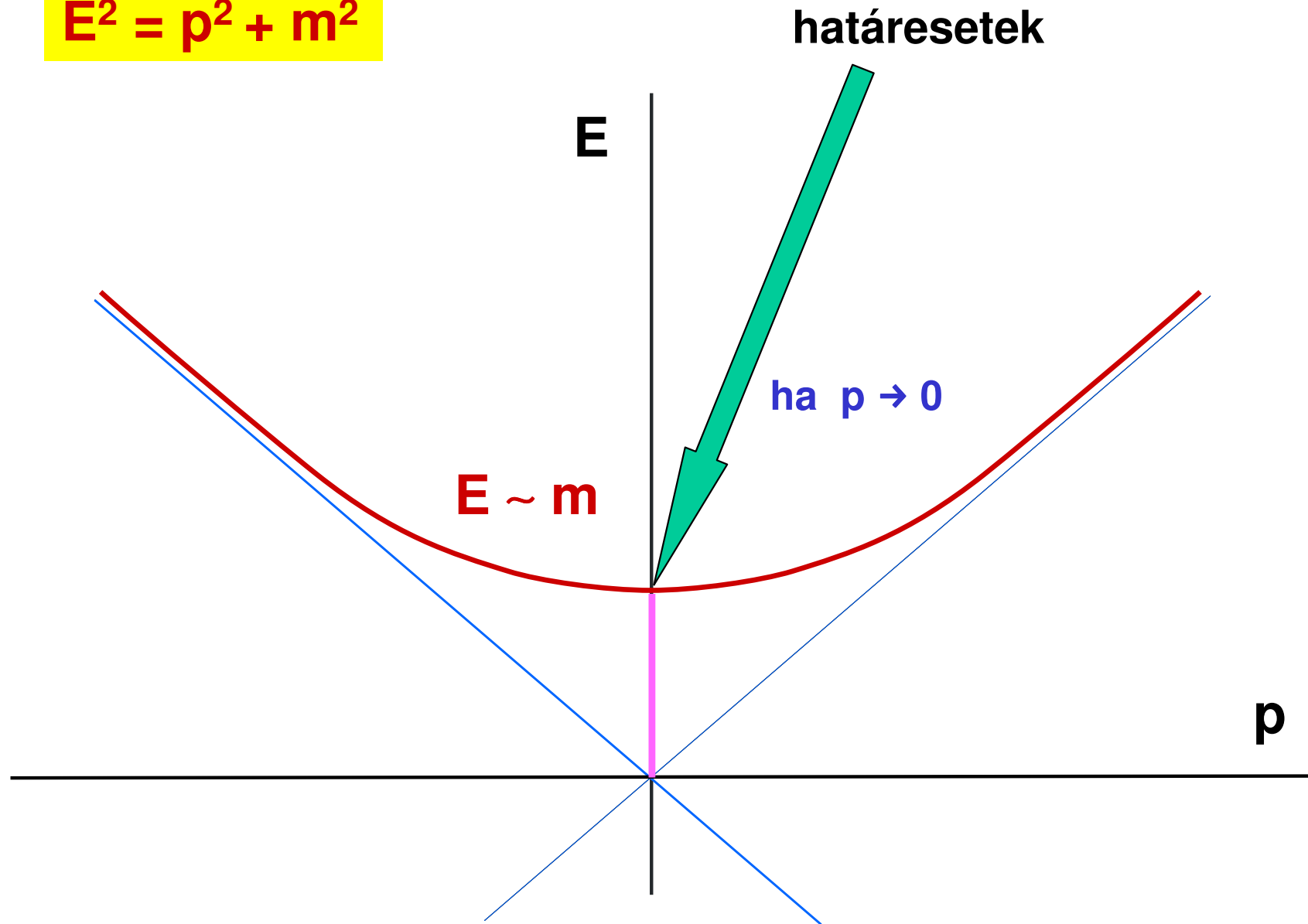
# Mit jelent a relativisztikus $E(p)$ függvény?

$$E^2 = p^2 + m^2$$



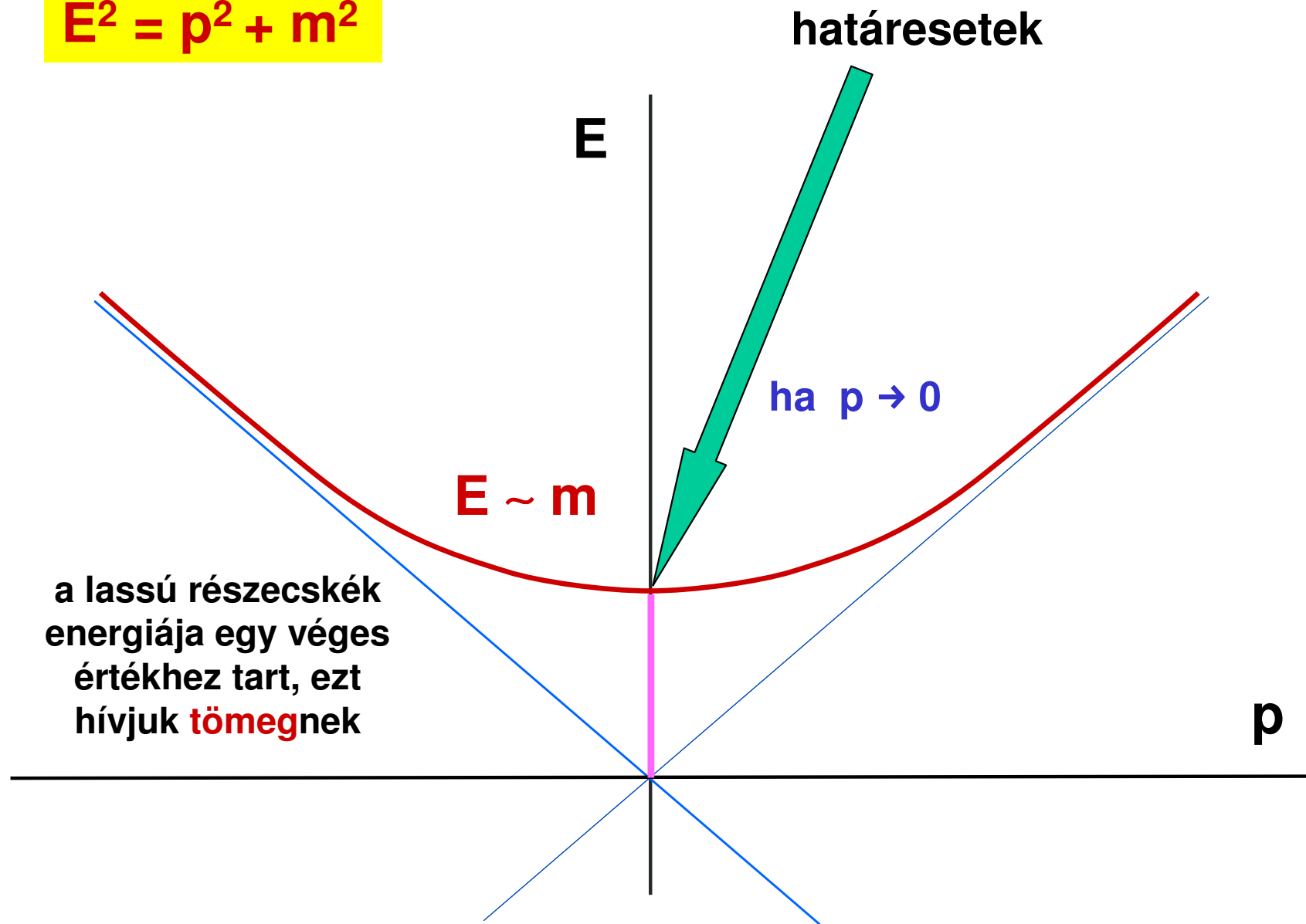
# Mit jelent a relativisztikus $E(p)$ függvény?

$$E^2 = p^2 + m^2$$



# Mit jelent a relativisztikus $E(p)$ függvény?

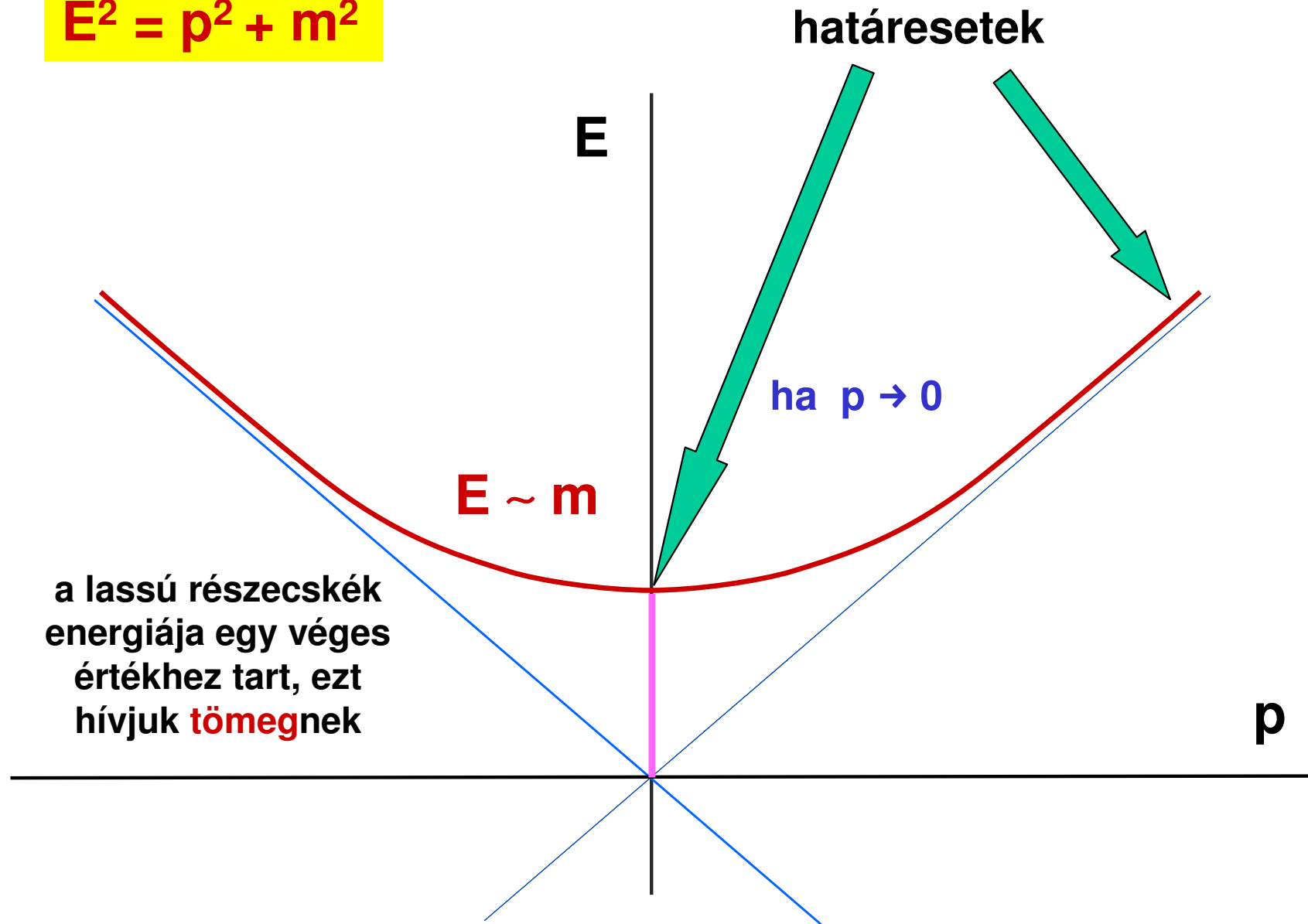
$$E^2 = p^2 + m^2$$





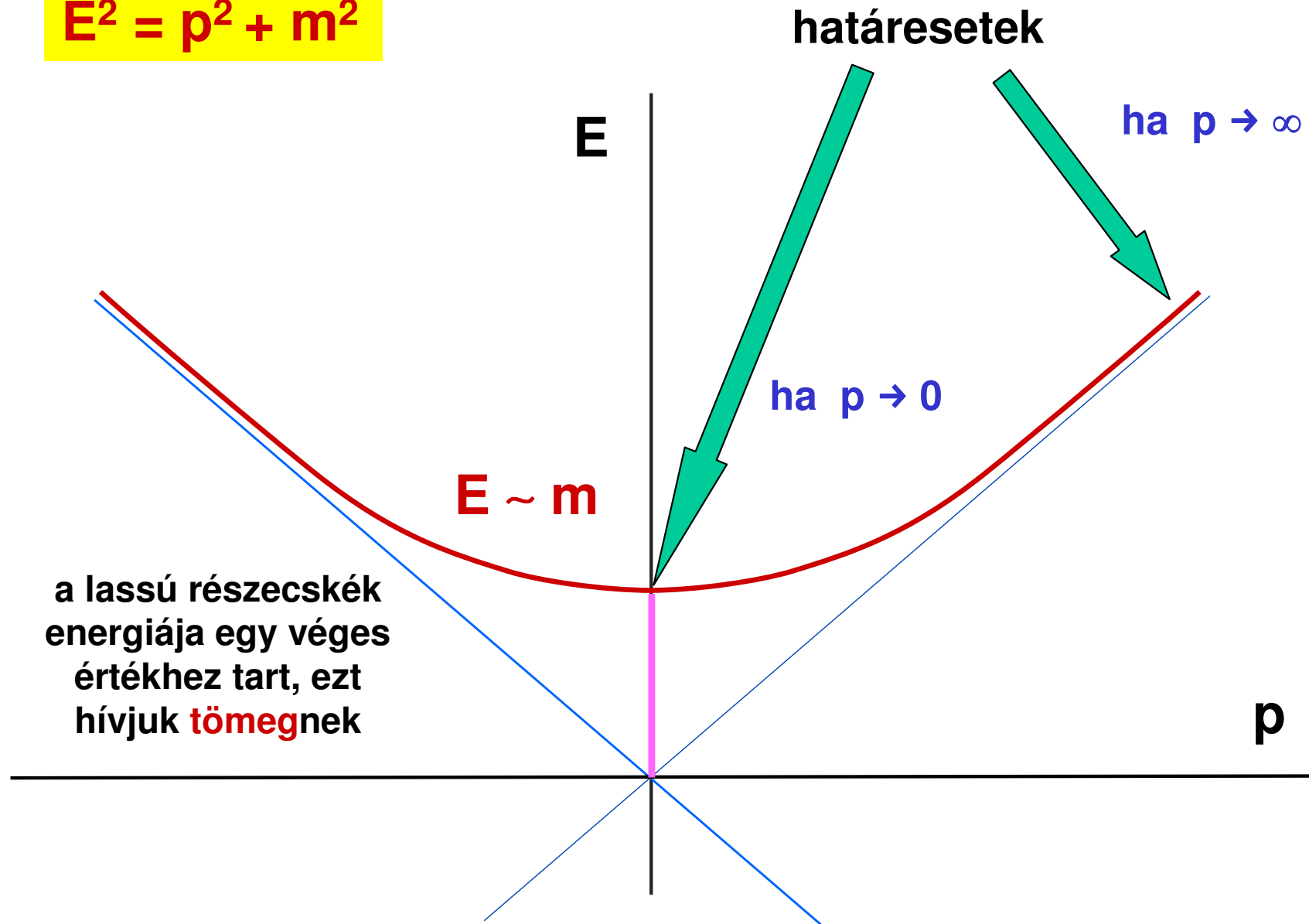
# Mit jelent a relativisztikus $E(p)$ függvény?

$$E^2 = p^2 + m^2$$



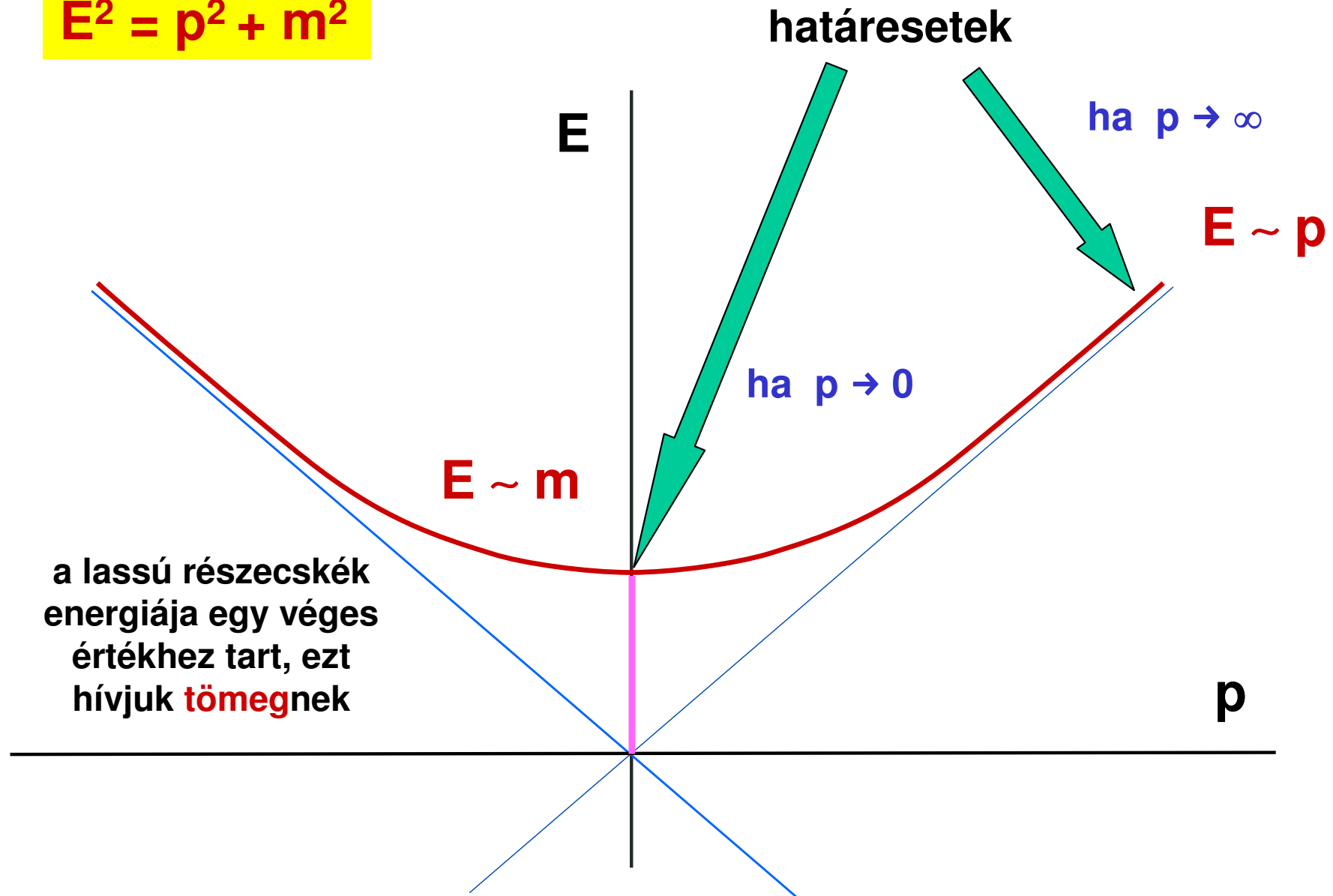
# Mit jelent a relativisztikus $E(p)$ függvény?

$$E^2 = p^2 + m^2$$



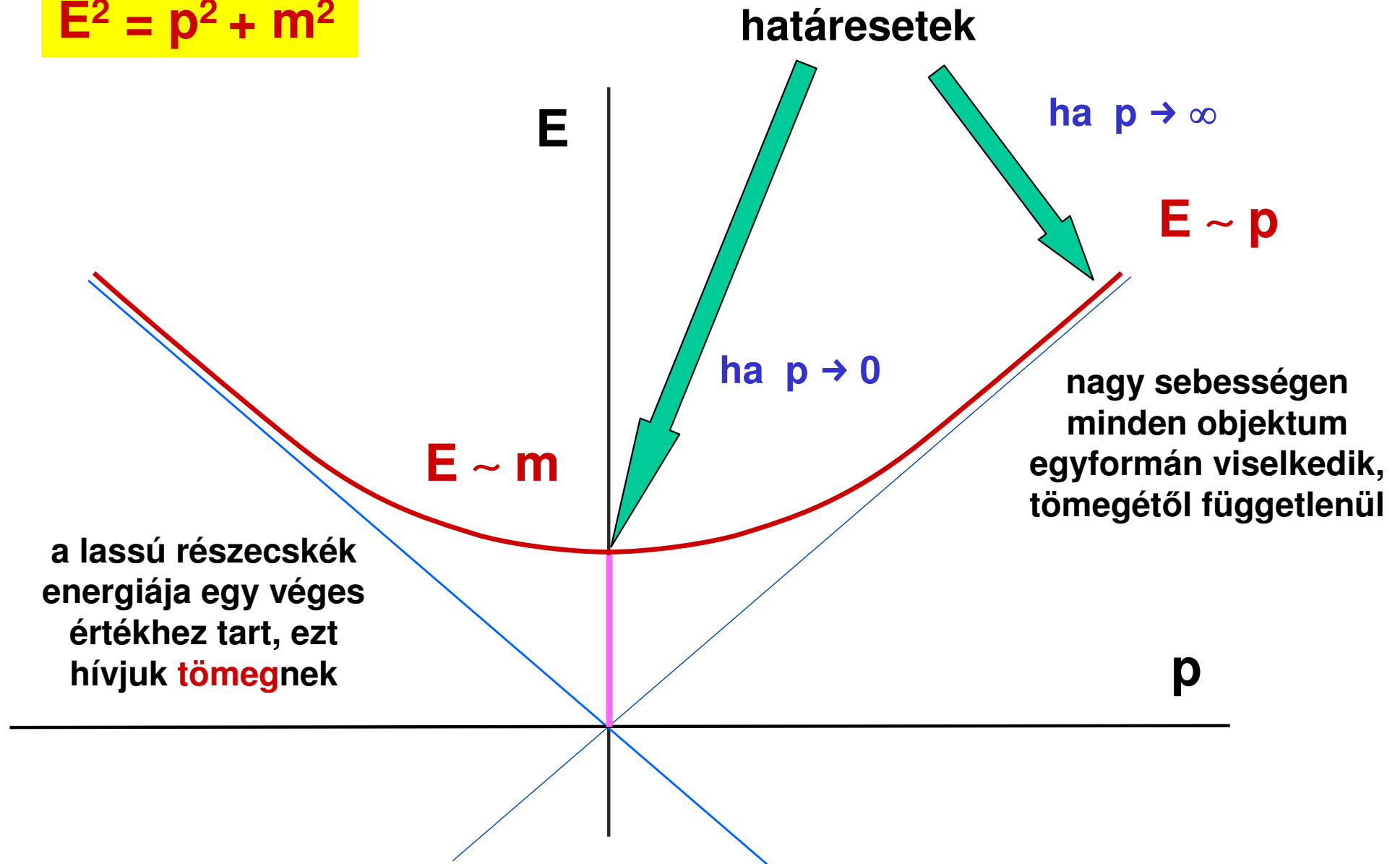
# Mit jelent a relativisztikus $E(p)$ függvény?

$$E^2 = p^2 + m^2$$



# Mit jelent a relativisztikus $E(p)$ függvény?

$$E^2 = p^2 + m^2$$



# különböző tömegű részecskék



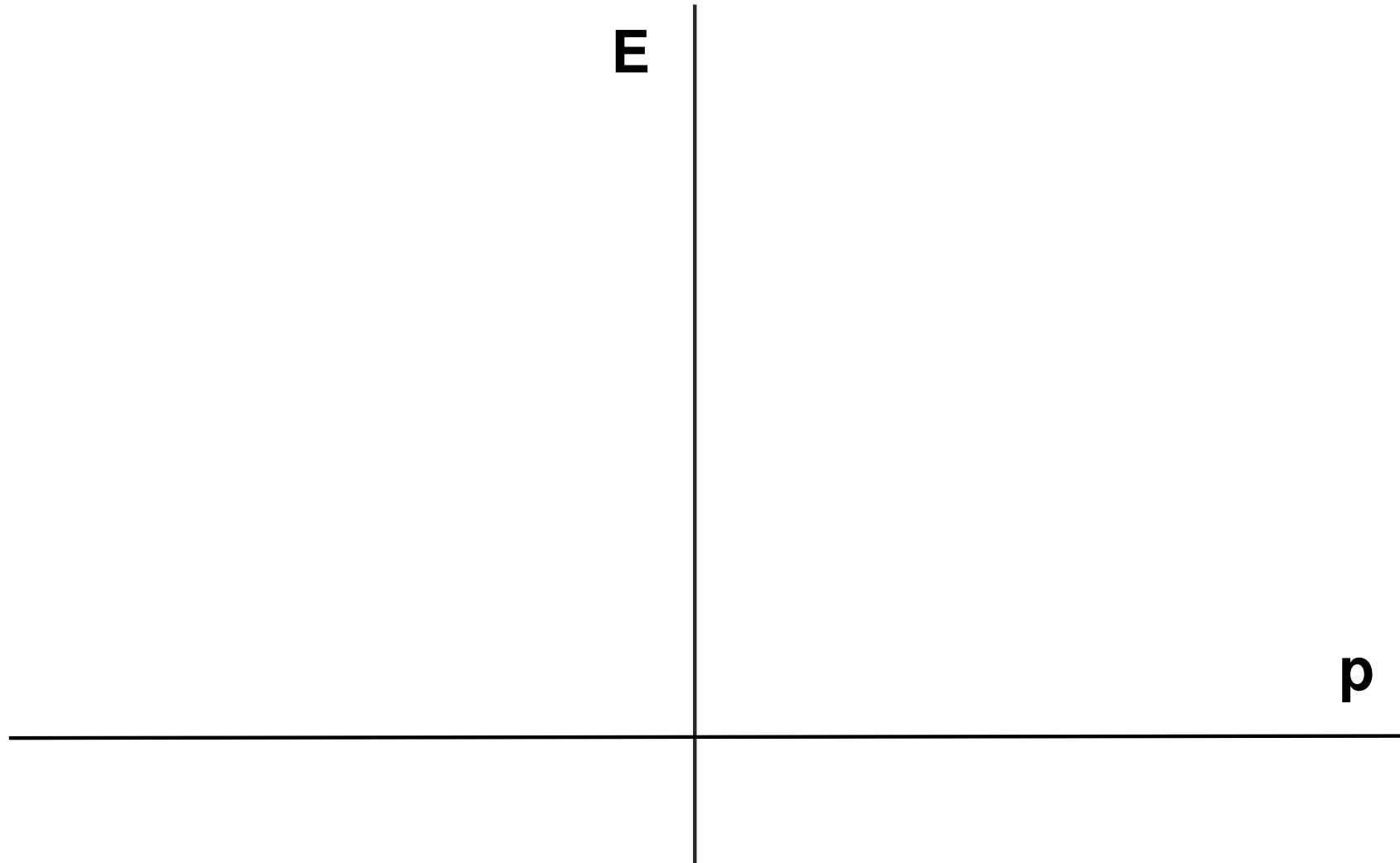
# különböző tömegű részecskék

$$E^2 = p^2 + m^2$$



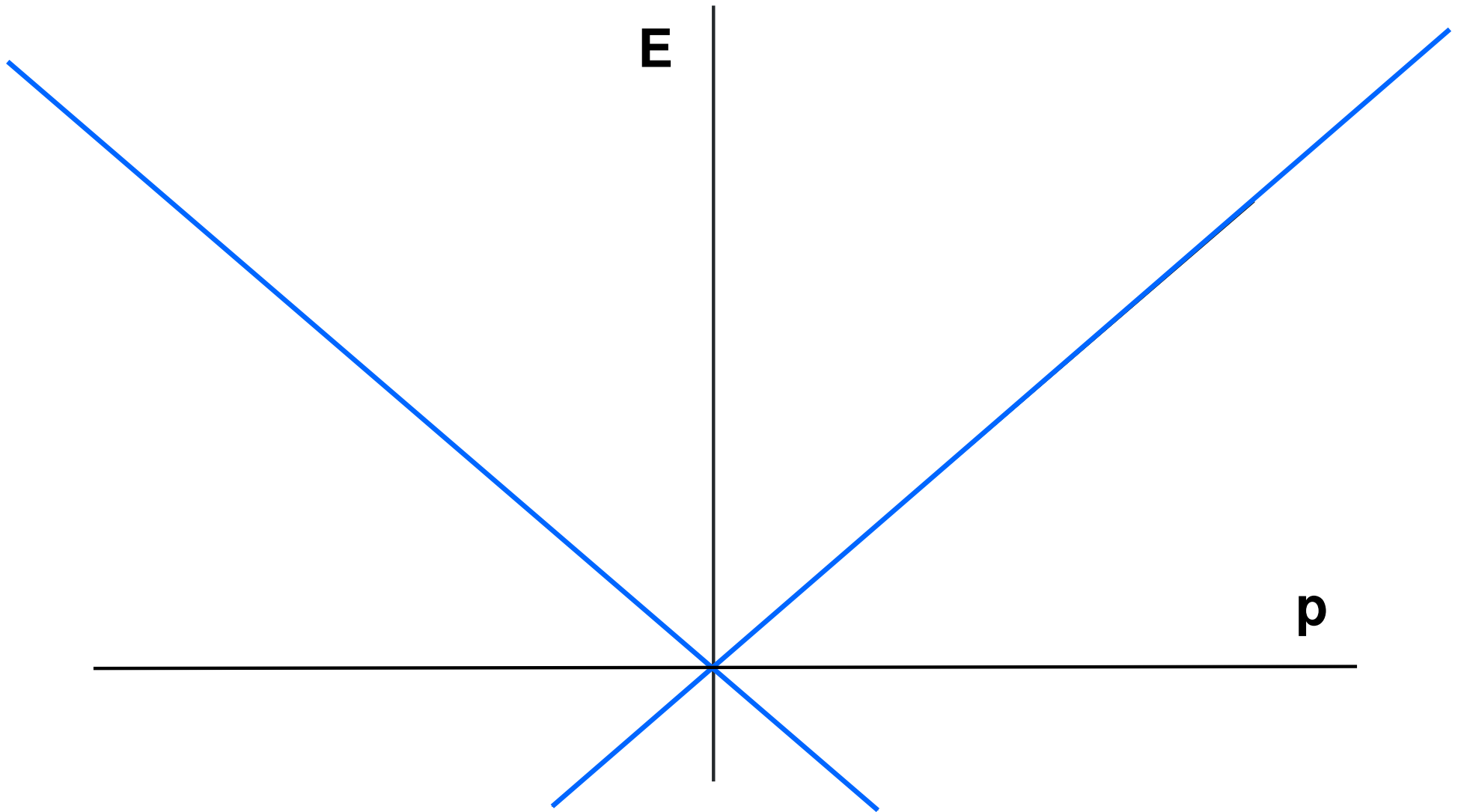
# különböző tömegű részecskék

$$E^2 = p^2 + m^2$$



# különböző tömegű részecskék

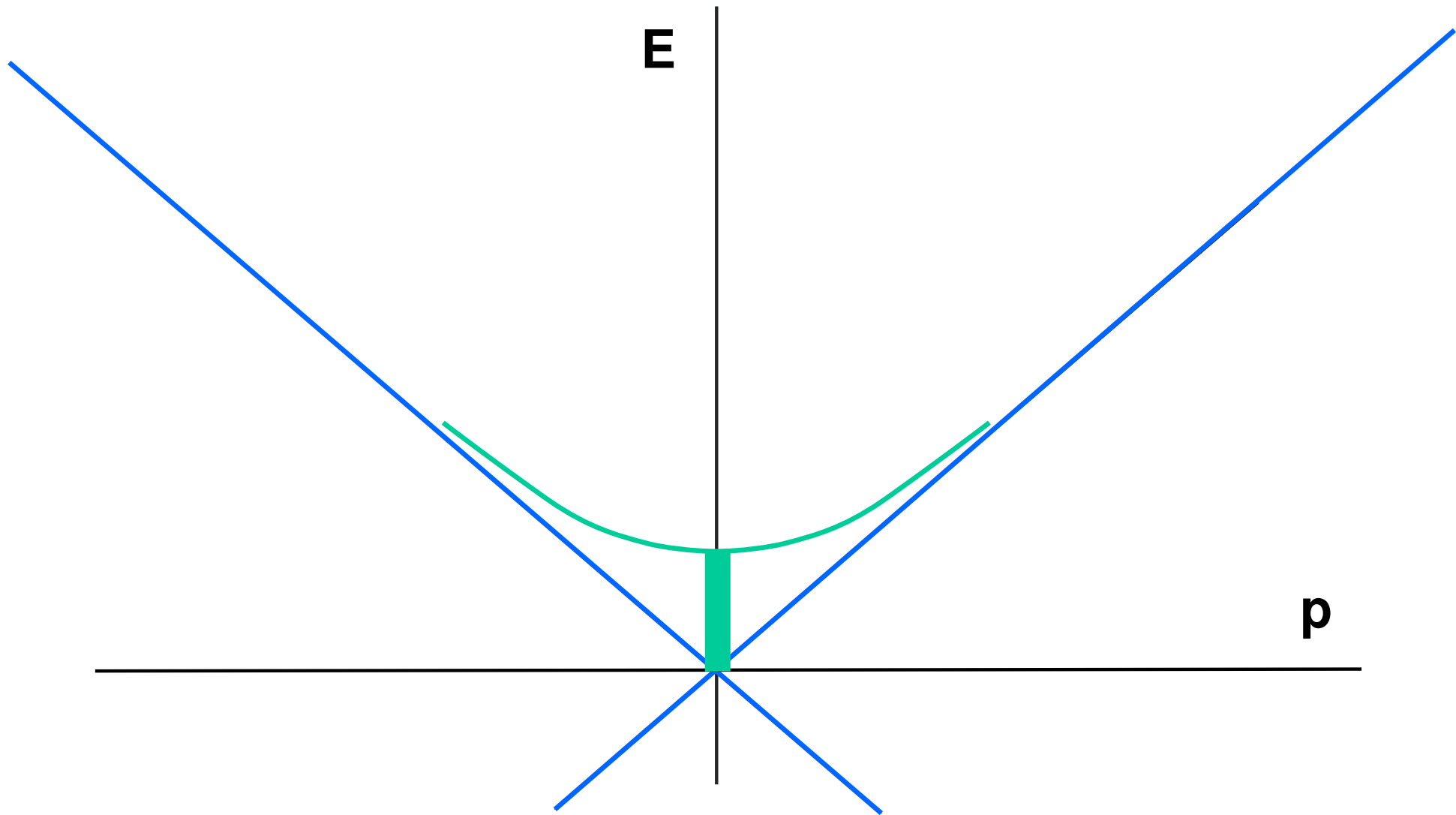
$$E^2 = p^2 + m^2$$





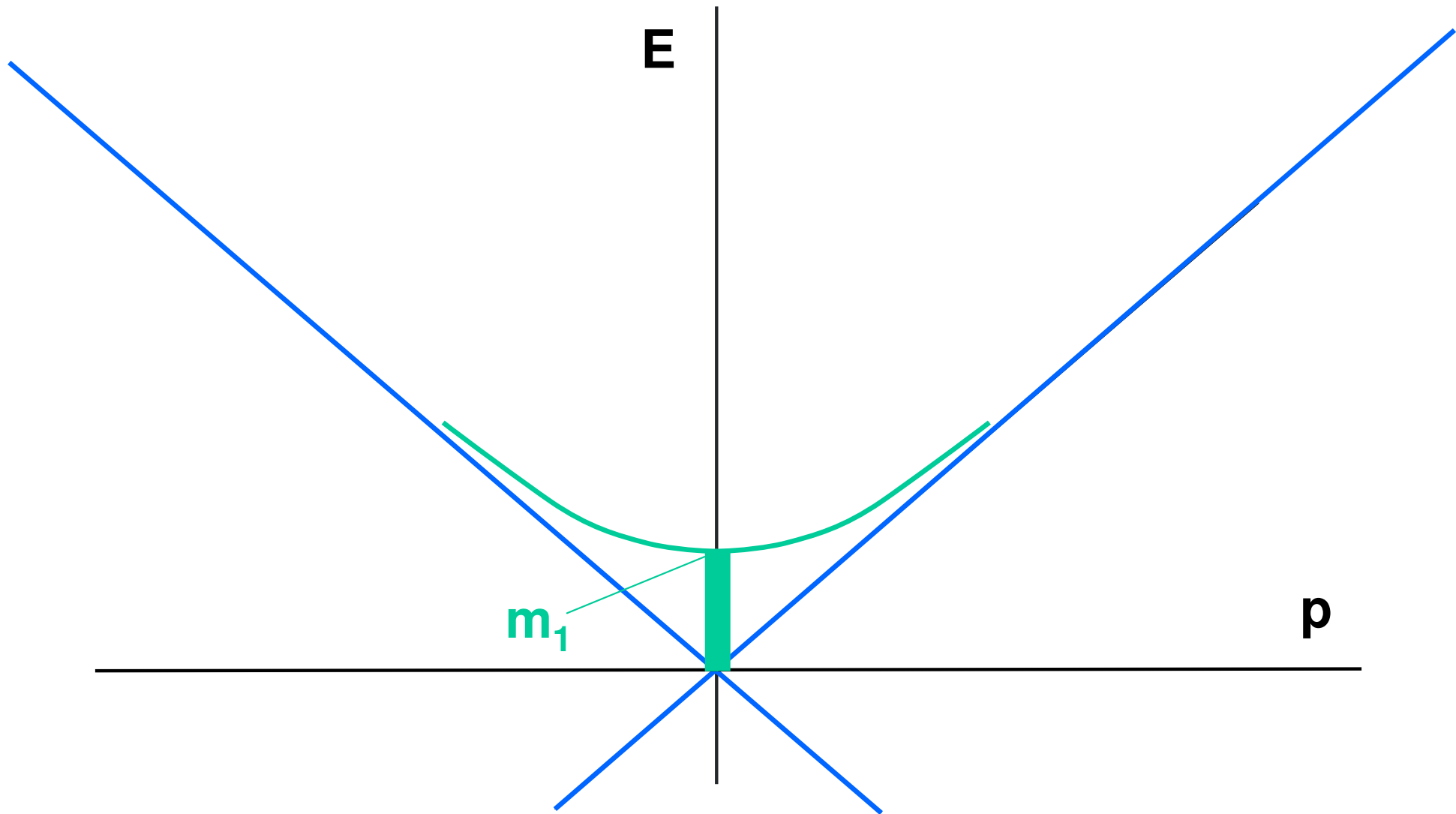
# különböző tömegű részecskék

$$E^2 = p^2 + m^2$$



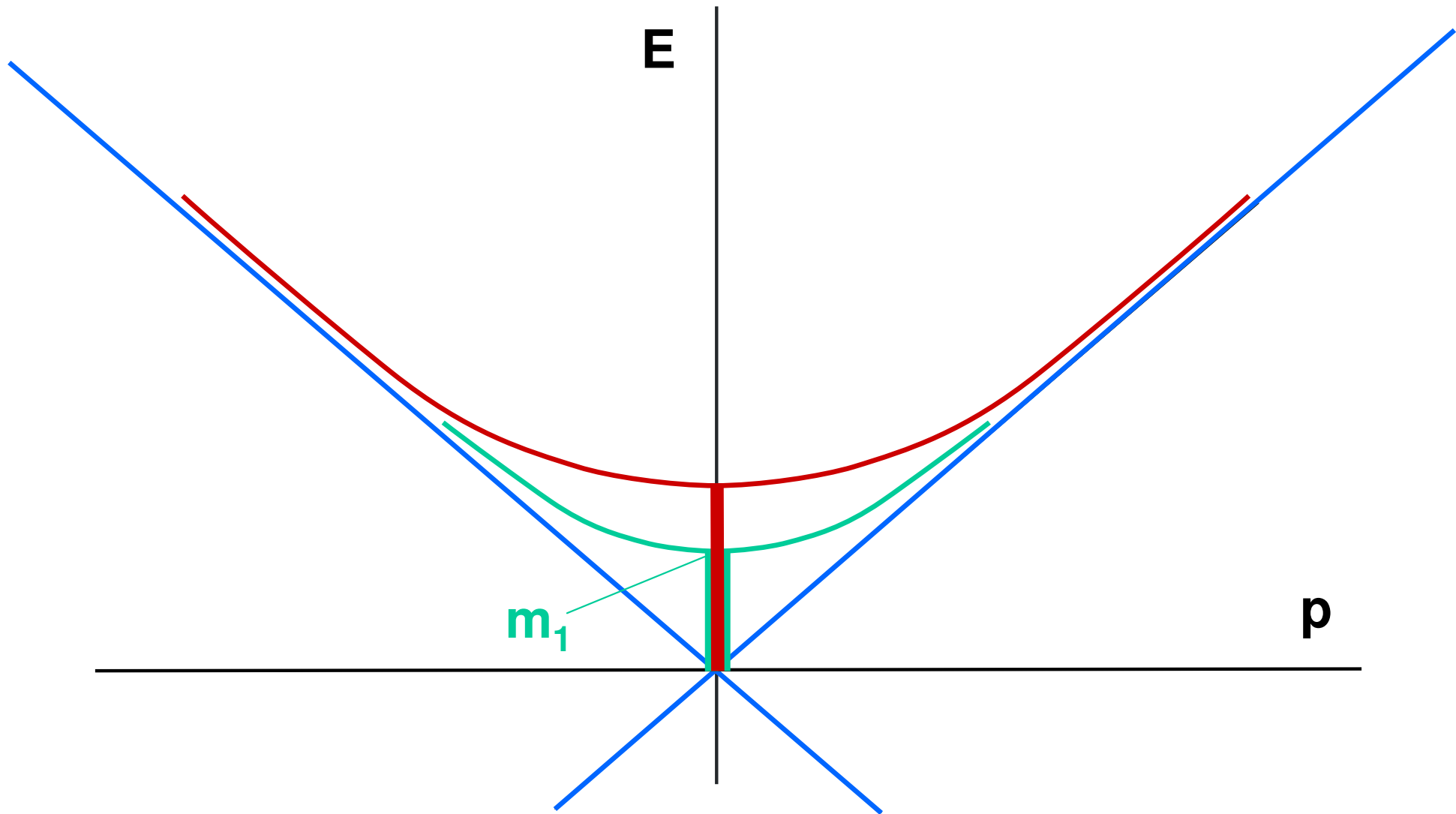
# különböző tömegű részecskék

$$E^2 = p^2 + m^2$$



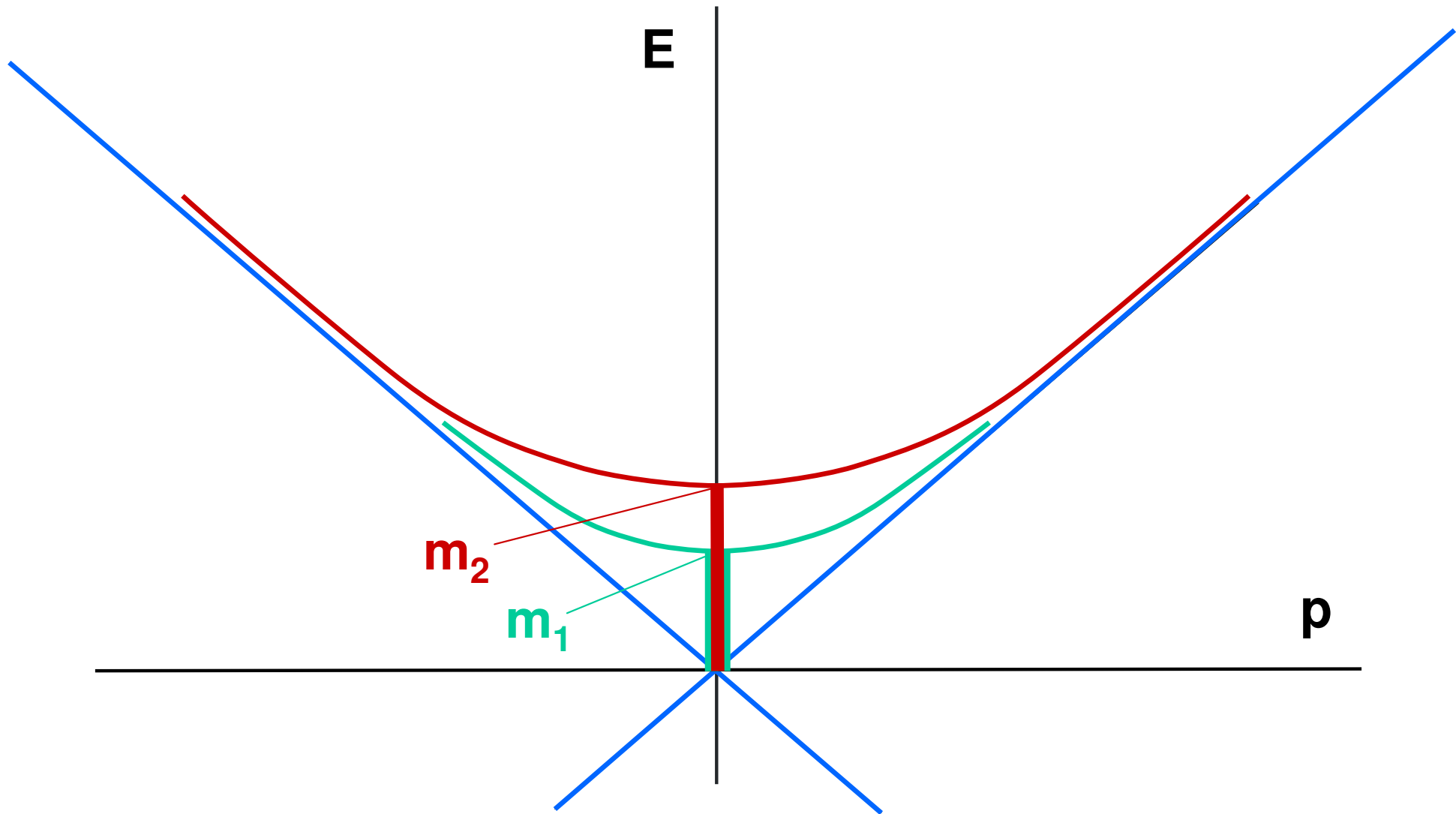
# különböző tömegű részecskék

$$E^2 = p^2 + m^2$$



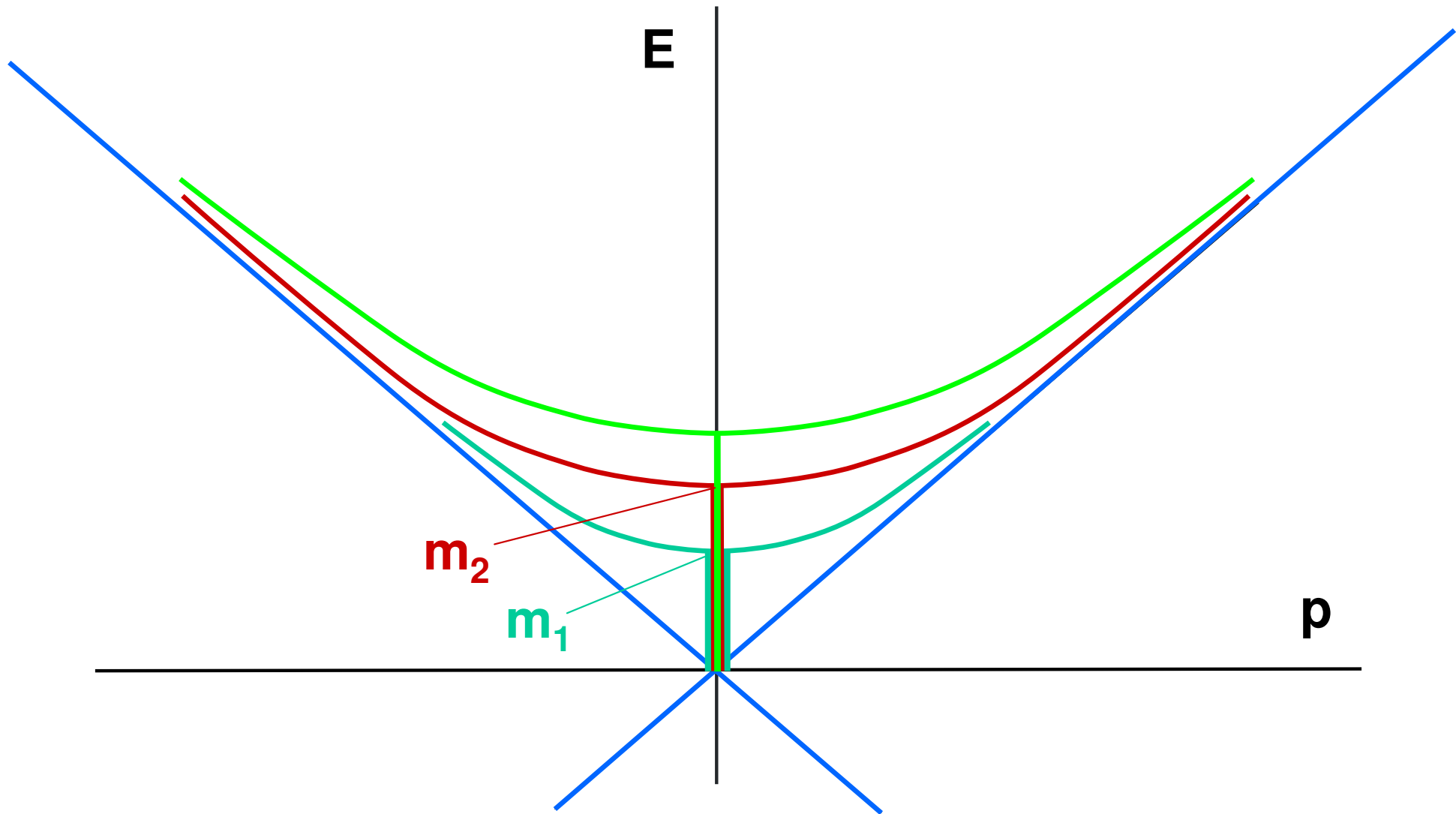
# különböző tömegű részecskék

$$E^2 = p^2 + m^2$$



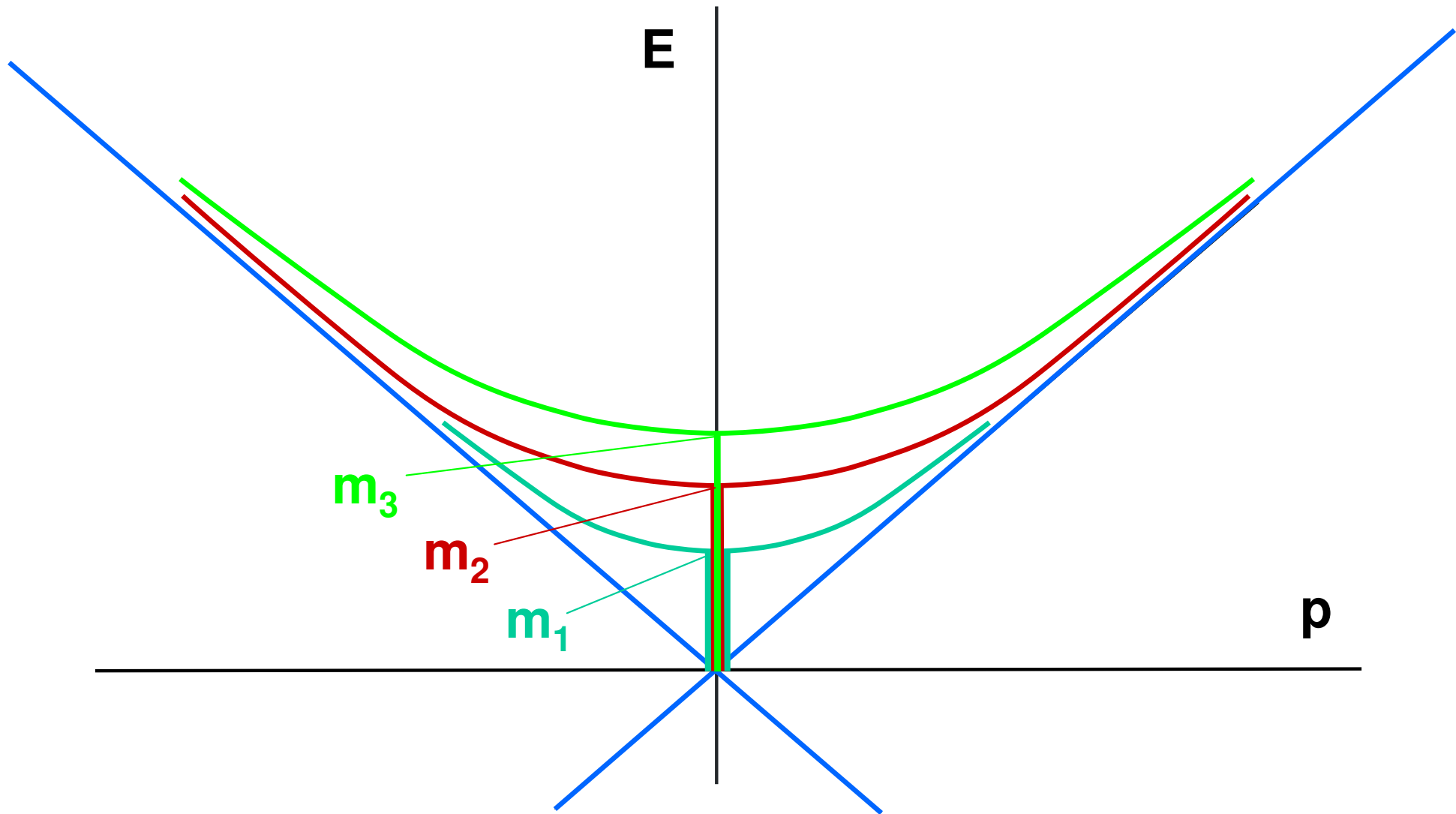
# különböző tömegű részecskék

$$E^2 = p^2 + m^2$$



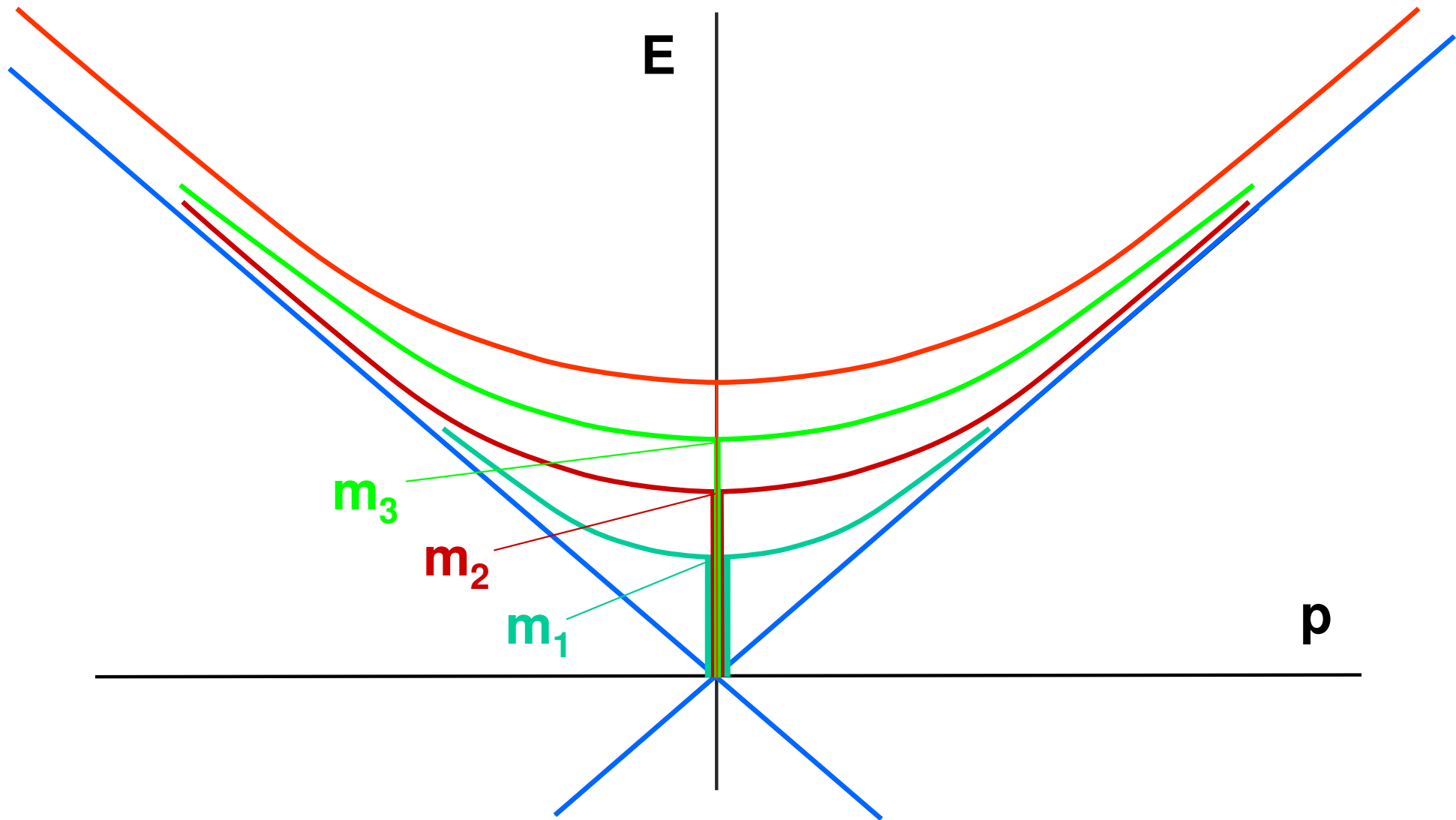
# különböző tömegű részecskék

$$E^2 = p^2 + m^2$$



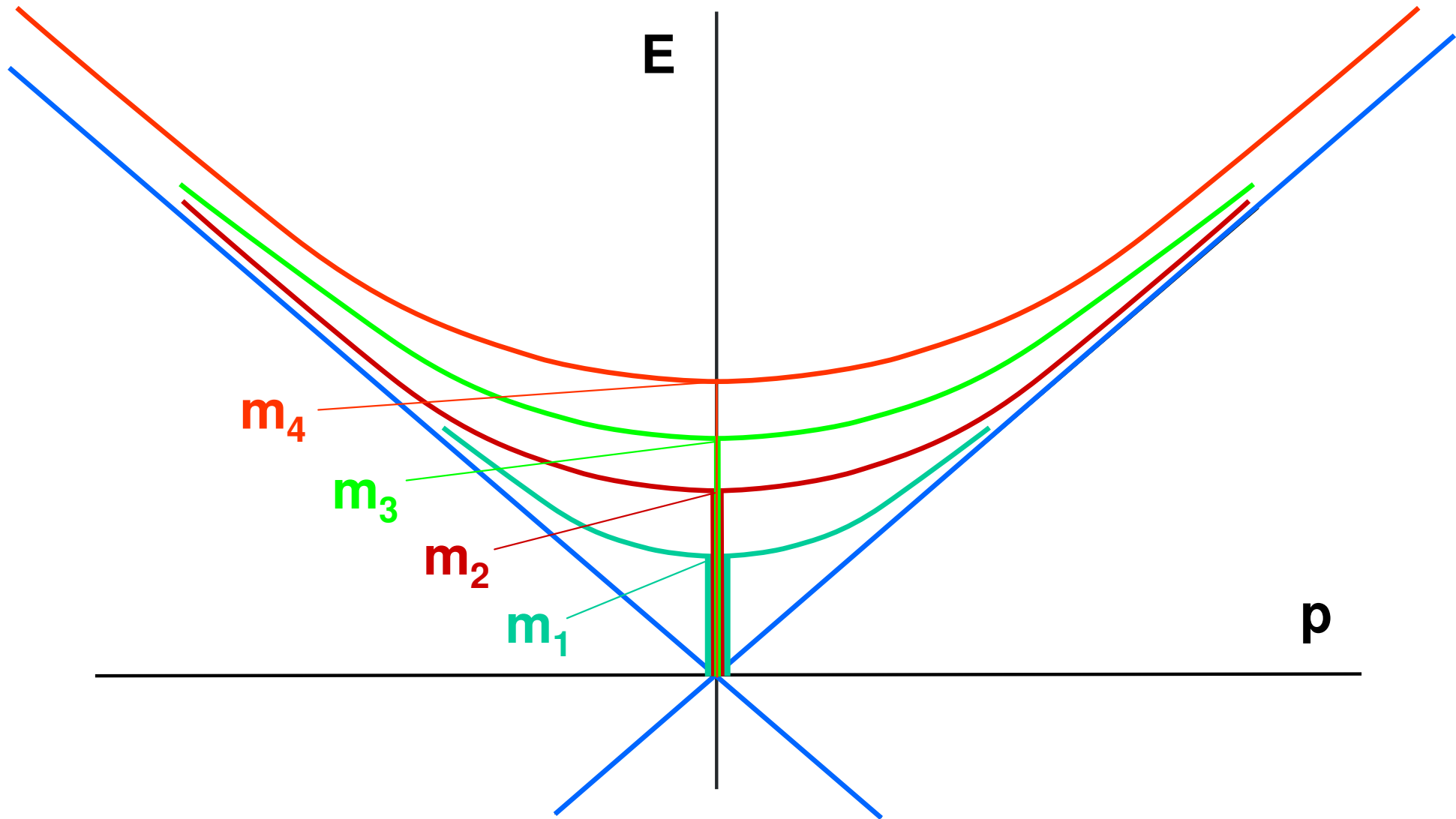
# különböző tömegű részecskék

$$E^2 = p^2 + m^2$$



# különböző tömegű részecskék

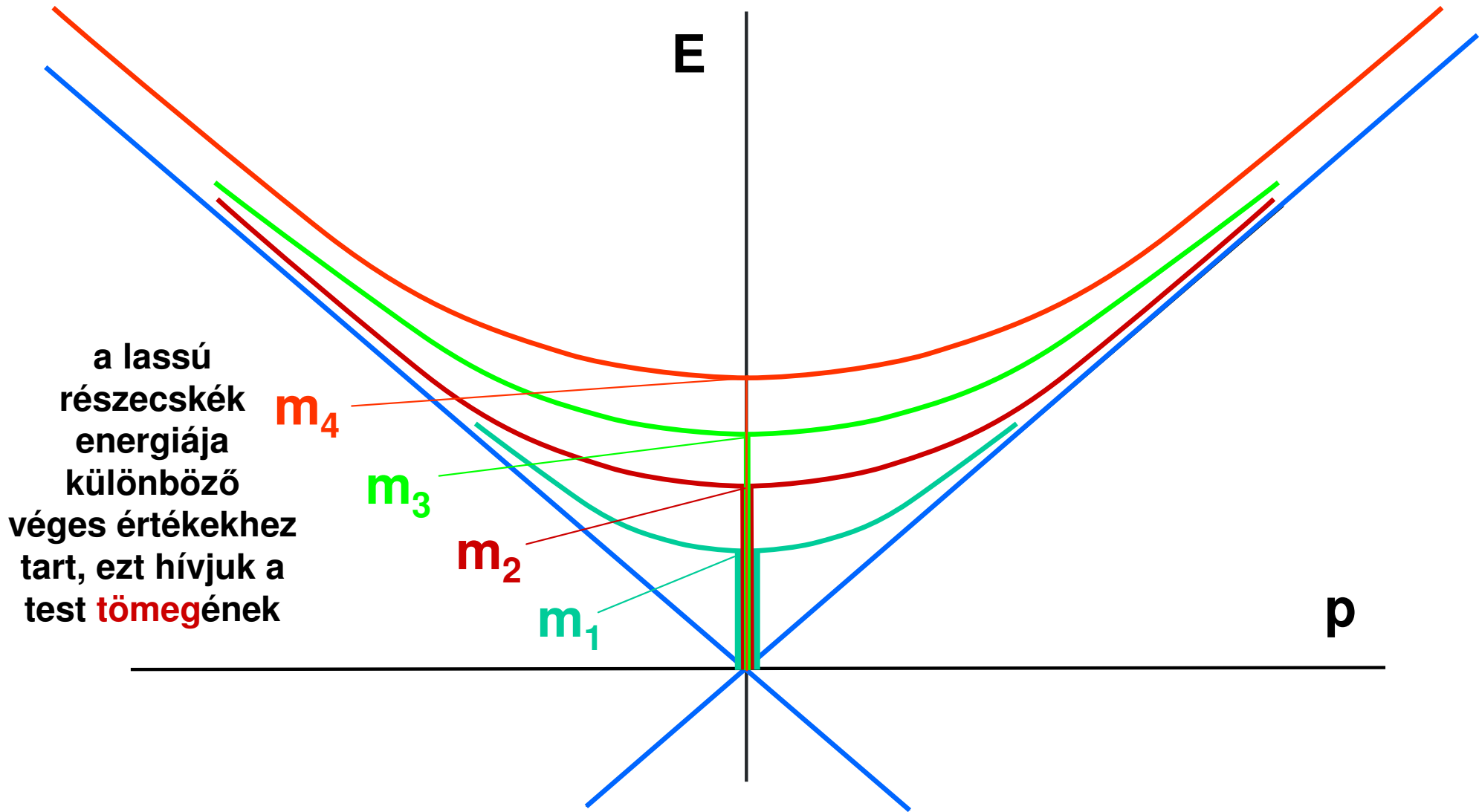
$$E^2 = p^2 + m^2$$





# különböző tömegű részecskék

$$E^2 = p^2 + m^2$$

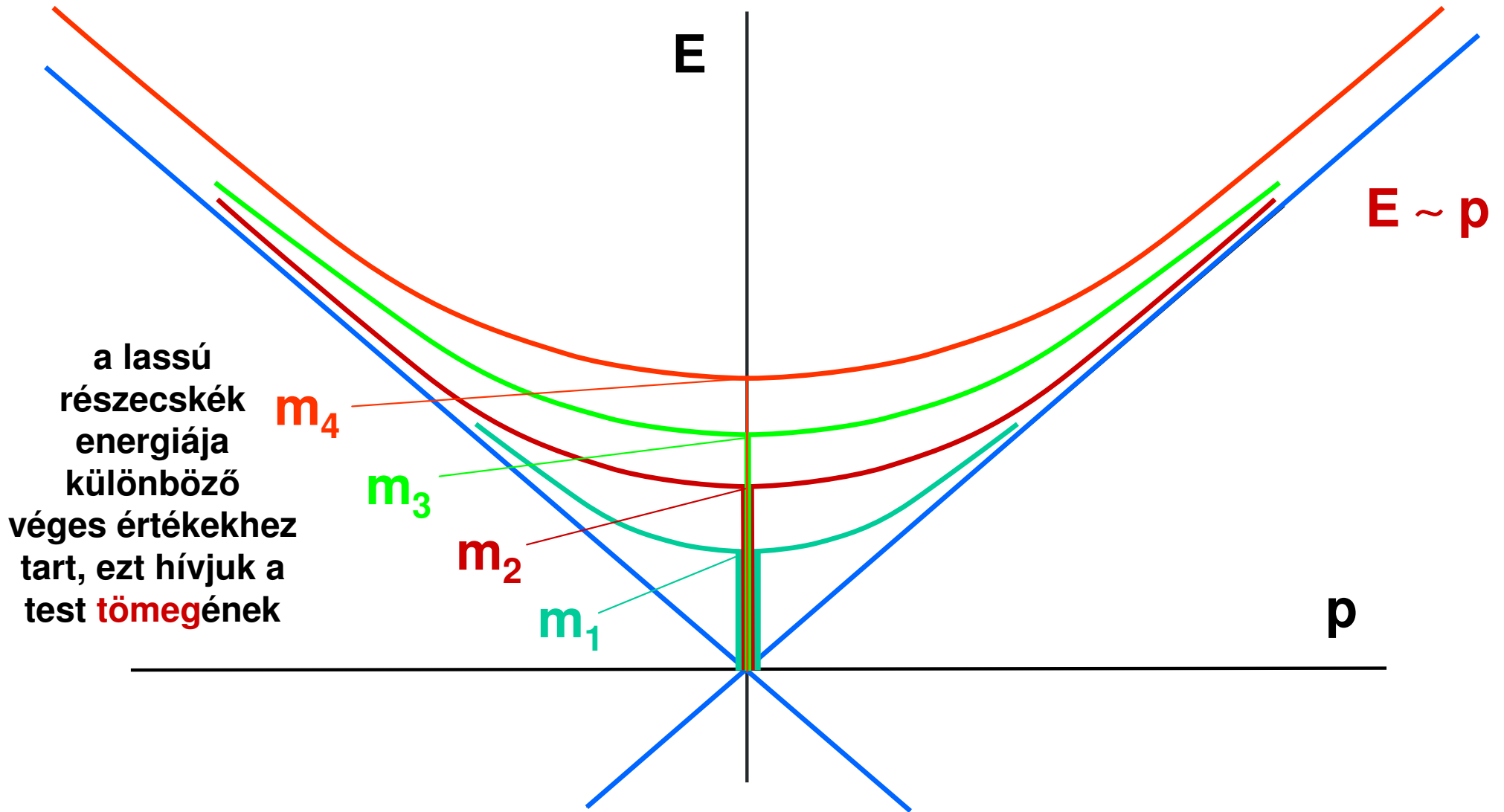


a lassú részecskék energiája különböző véges értékekhez tart, ezt hívjuk a test **tömegének**



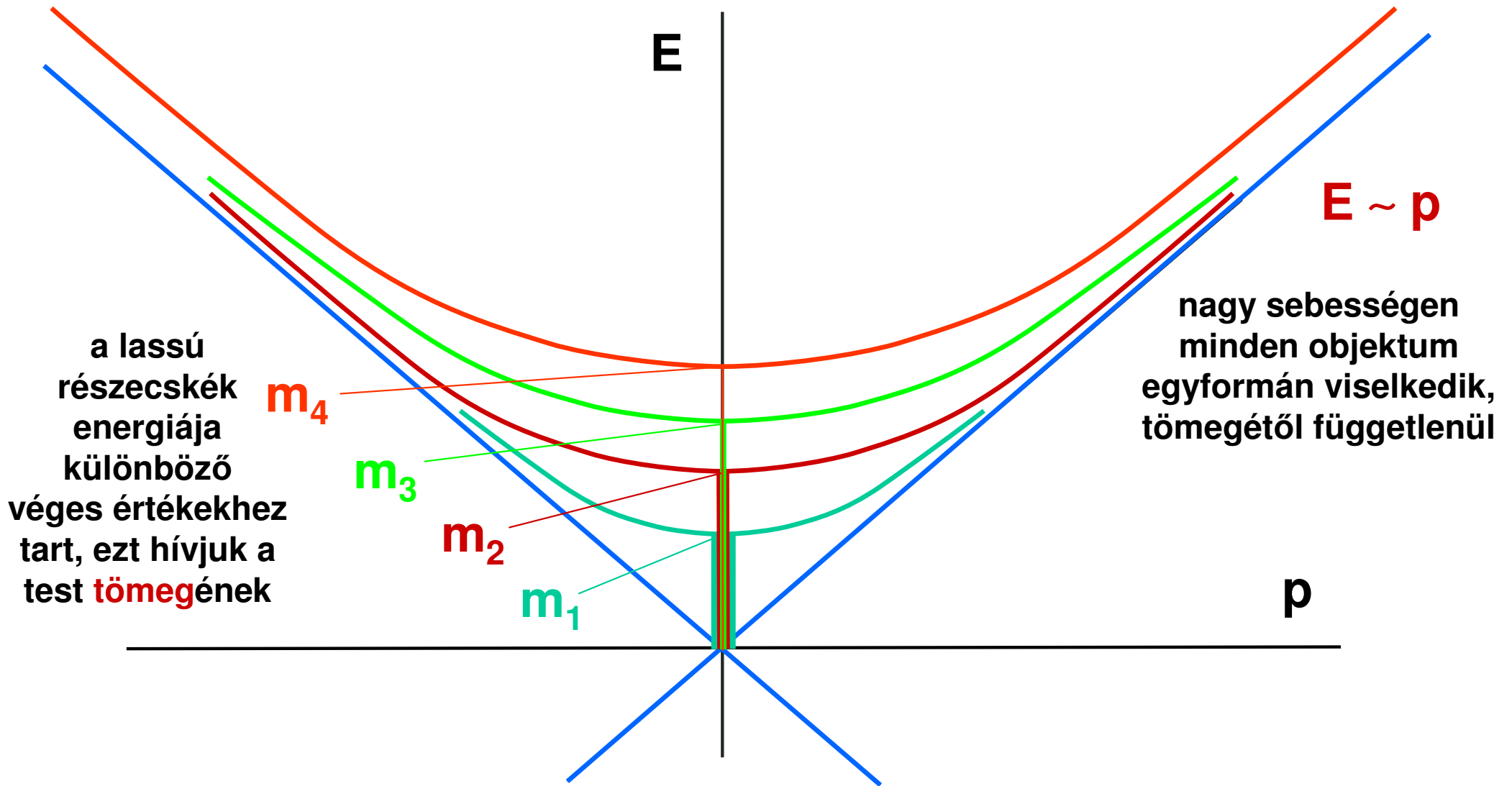
# különböző tömegű részecskék

$$E^2 = p^2 + m^2$$



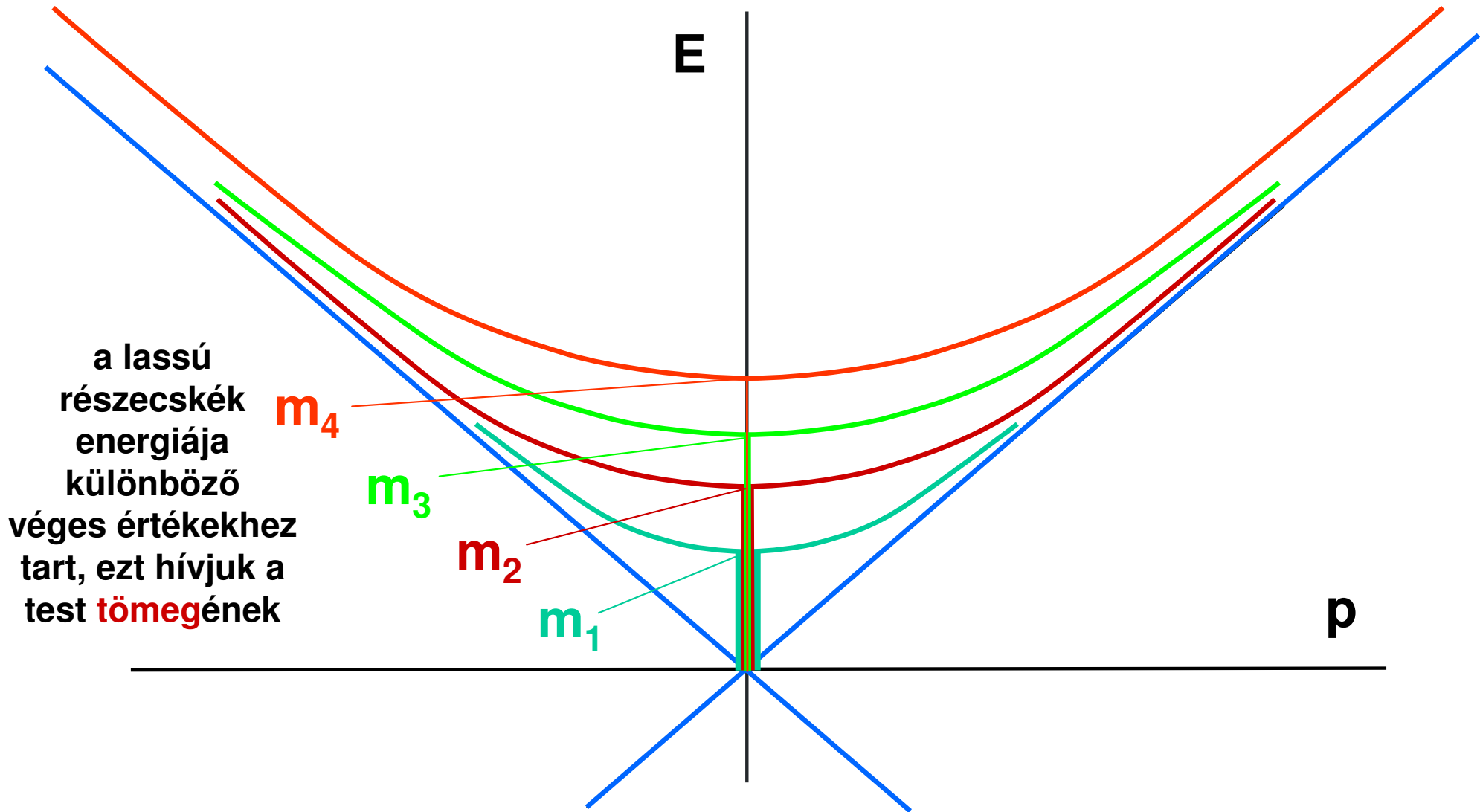
# különböző tömegű részecskék

$$E^2 = p^2 + m^2$$



# nulla tömegű részecskék ???

$$E^2 = p^2 + m^2$$



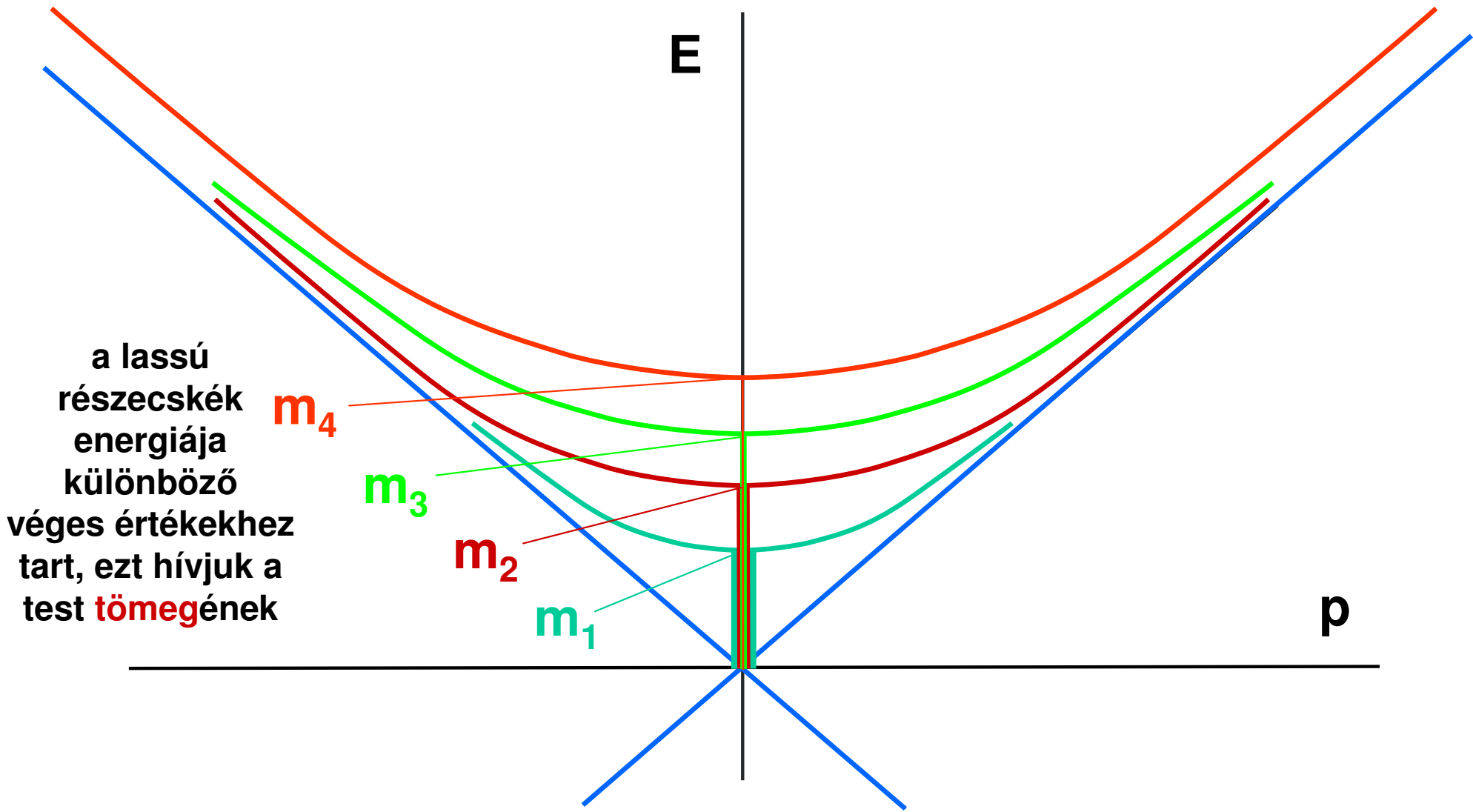
a lassú részecskék energiája különböző véges értékekhez tart, ezt hívjuk a test **tömegének**



# nulla tömegű részecskék ???

$$m = E_0 = 0$$

$$E^2 = p^2 + m^2$$



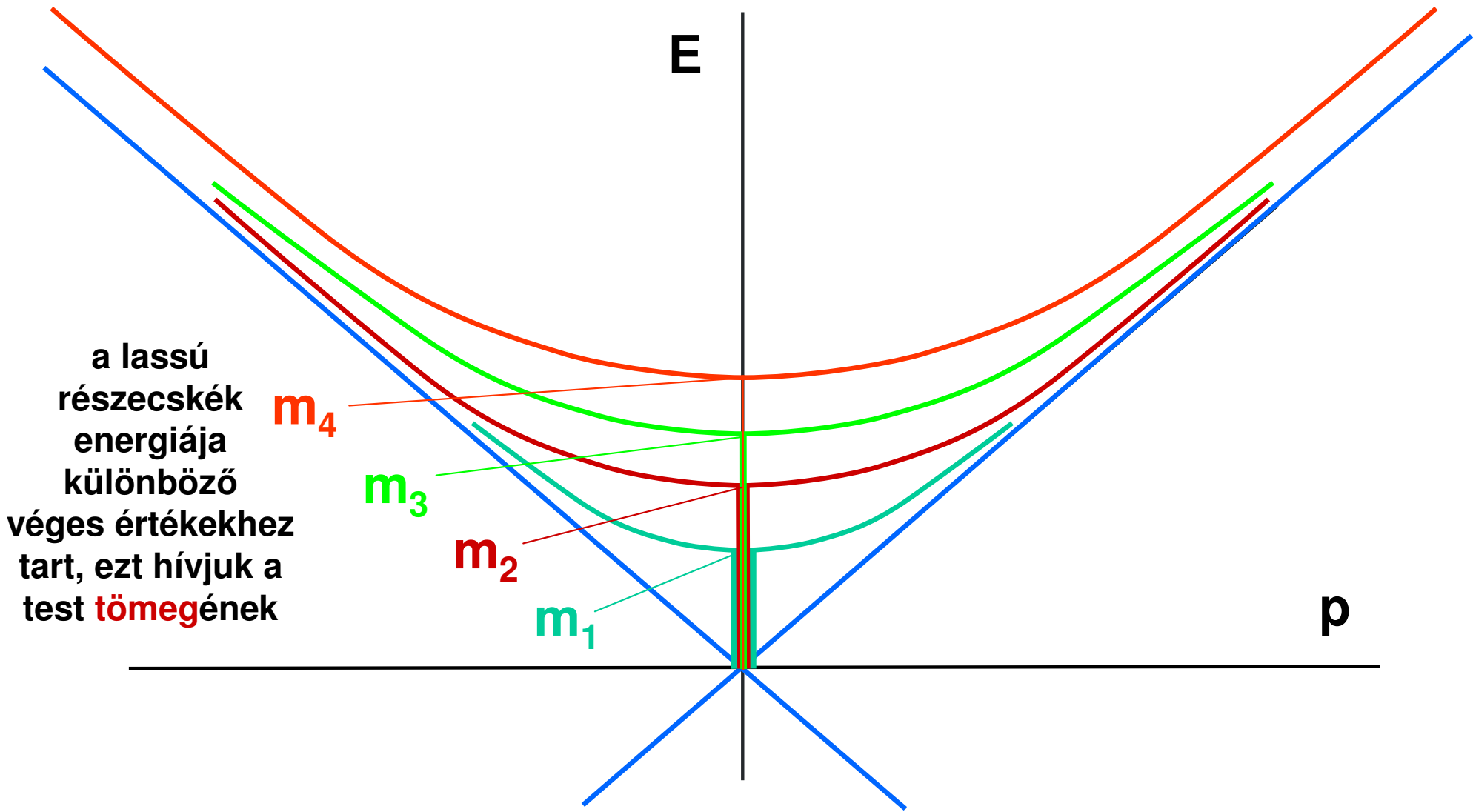
a lassú részecskék energiája különböző véges értékekhez tart, ezt hívjuk a test **tömegének**



# nulla tömegű részecskék ???

$$m = E_0 = 0$$

$$E^2 = p^2 + m^2$$



a lassú részecskék energiája különböző véges értékekhez tart, ezt hívjuk a test **tömegének**



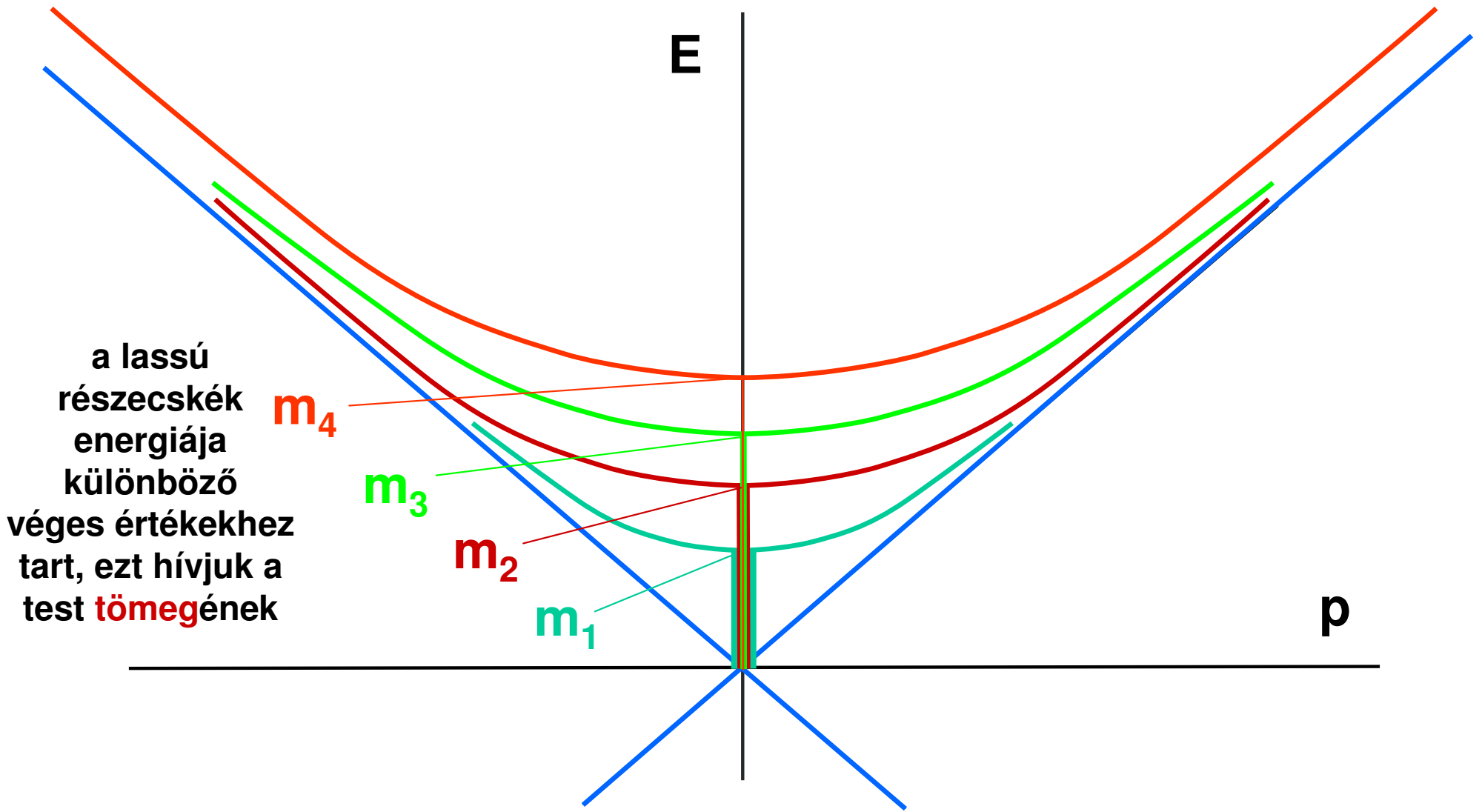
# nulla tömegű részecskék ???

$$m = E_0 = 0$$

$$E^2 = p^2 + m^2$$



$$E = p$$



a lassú részecskék energiája különböző véges értékekhez tart, ezt hívjuk a test **tömegének**



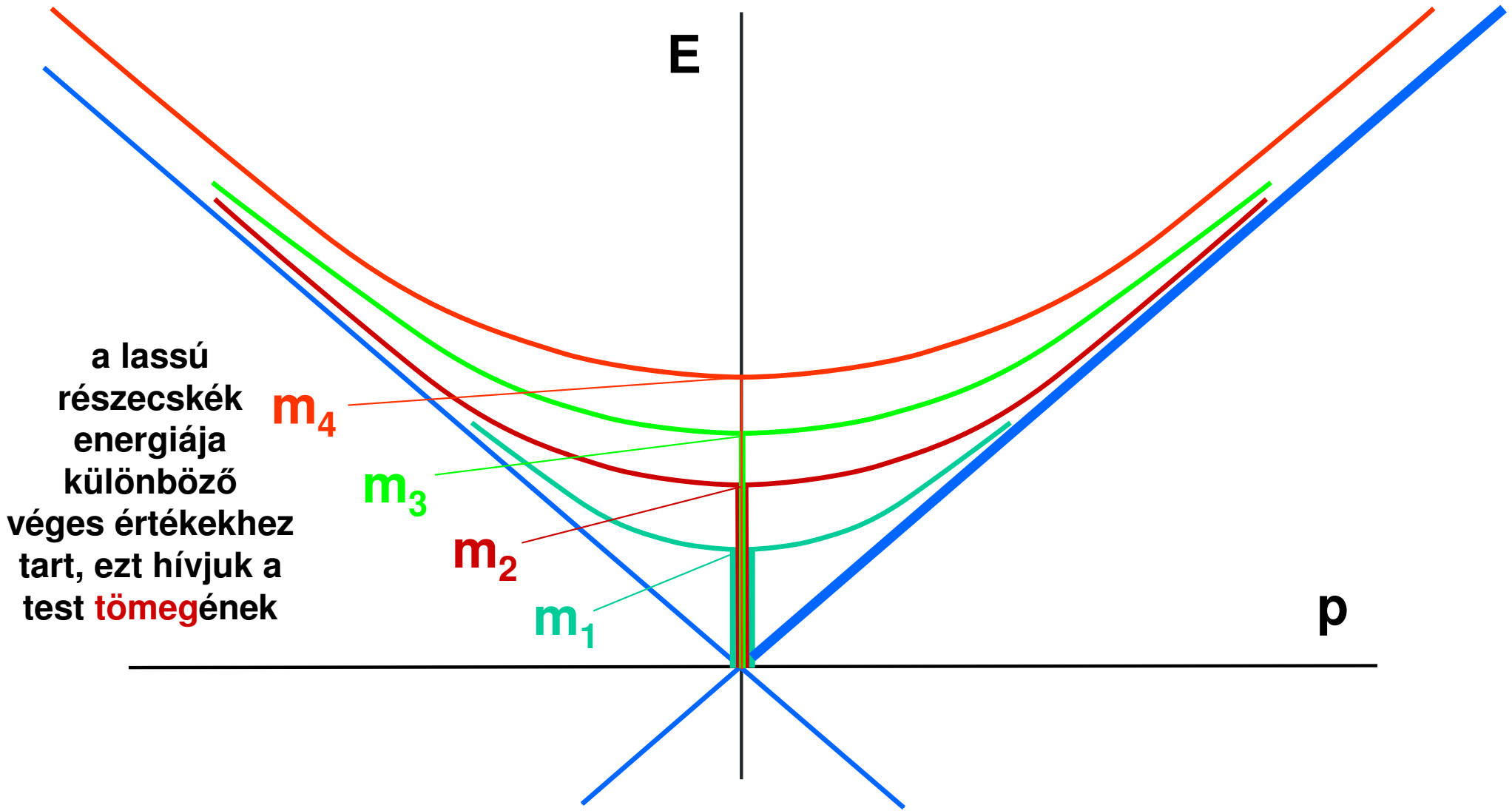
nulla tömegű részecskék ???

$$m = E_0 = 0$$

$$E^2 = p^2 + m^2$$



$$E = p$$



a lassú részecskék energiája különböző véges értékekhez tart, ezt hívjuk a test **tömegének**

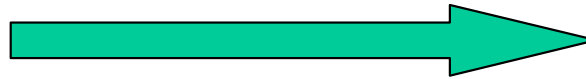




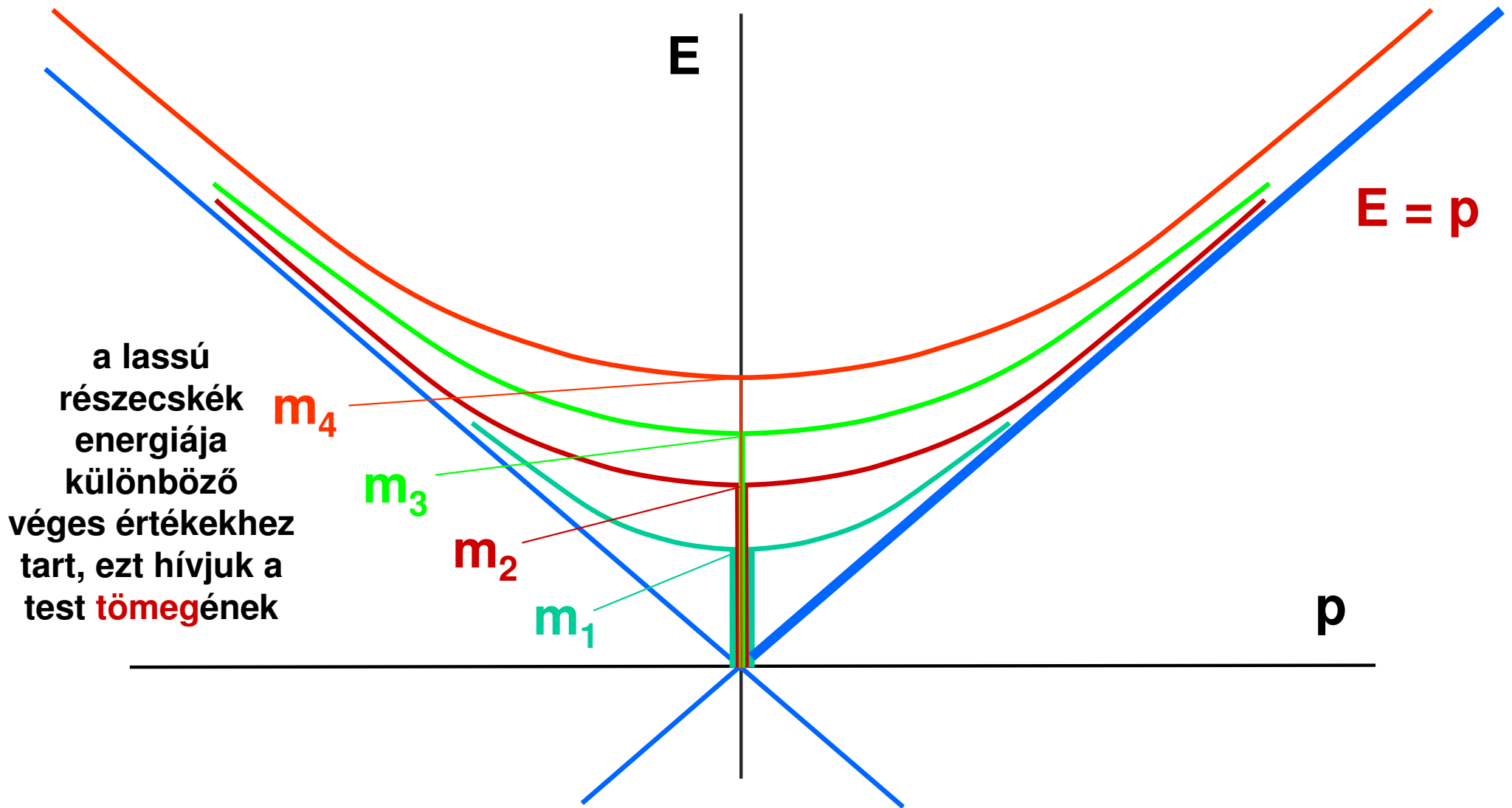
nulla tömegű részecskék ???

$$m = E_0 = 0$$

$$E^2 = p^2 + m^2$$



$$E = p$$



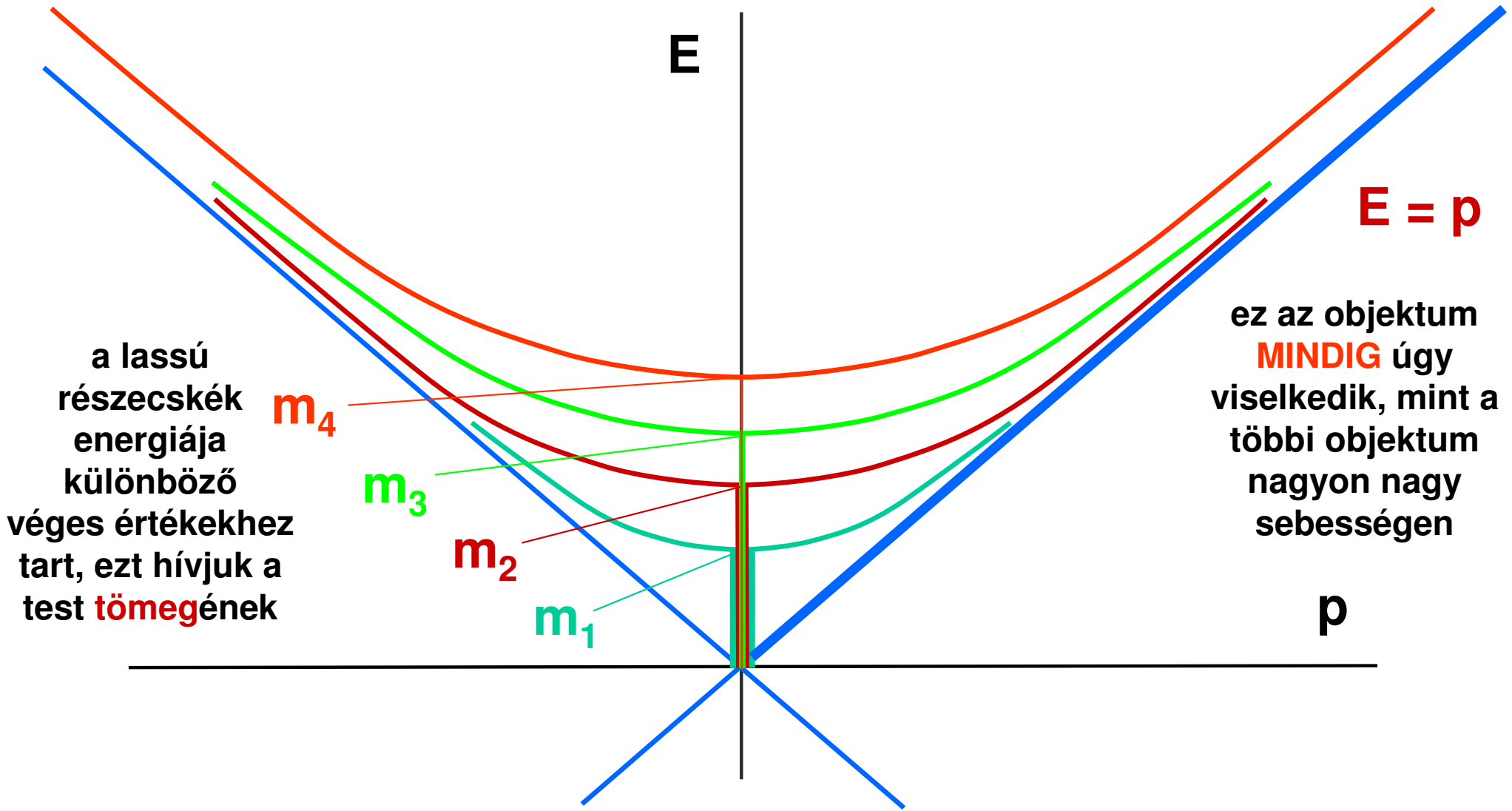
nulla tömegű részecskék ???

$$m = E_0 = 0$$

$$E^2 = p^2 + m^2$$



$$E = p$$



a lassú részecskék energiája különböző véges értékekhez tart, ezt hívjuk a test **tömegének**

ez az objektum **MINDIG** úgy viselkedik, mint a többi objektum nagyon nagy sebességen



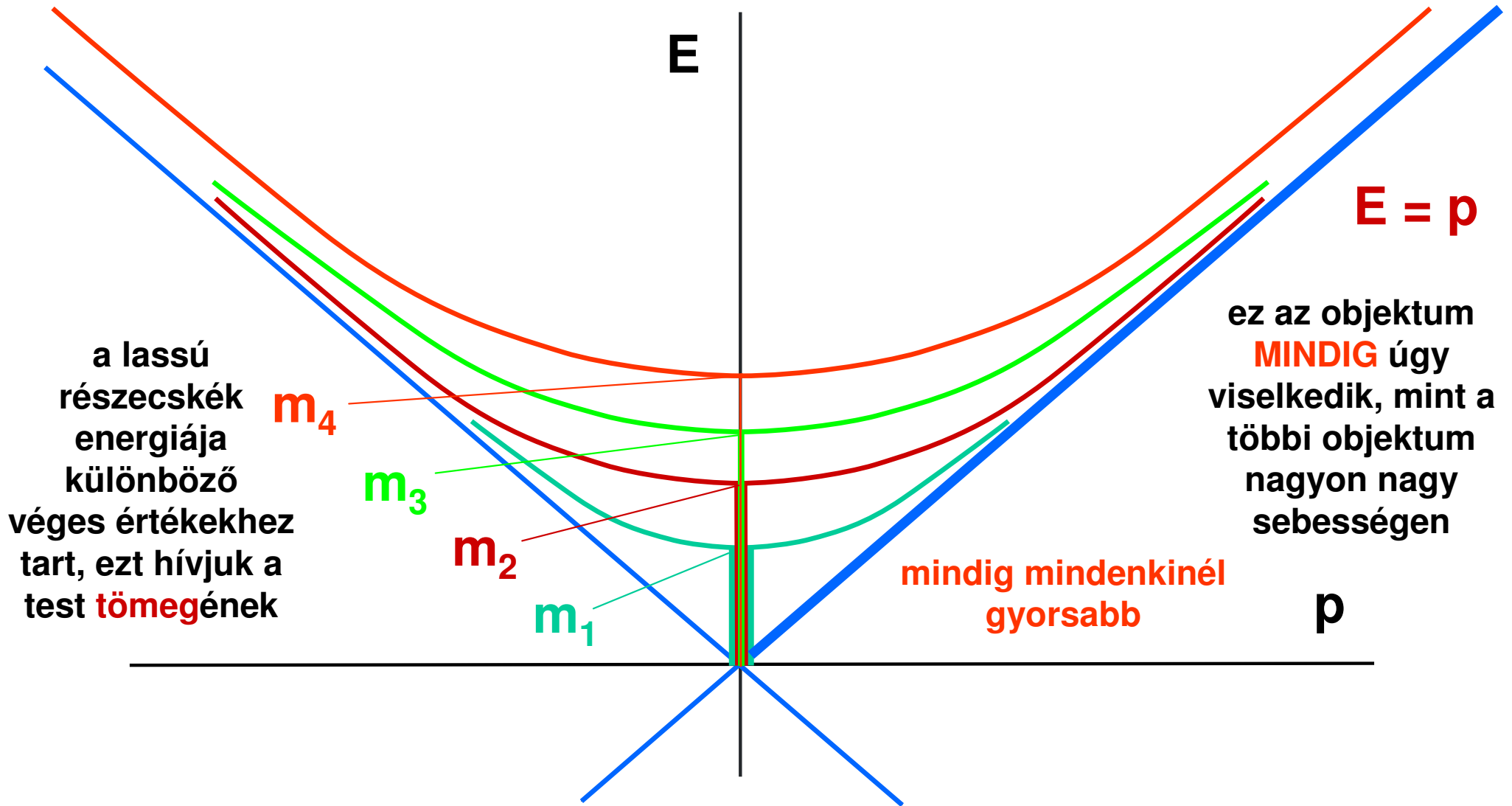
# nulla tömegű részecskék ???

$$m = E_0 = 0$$

$$E^2 = p^2 + m^2$$



$$E = p$$



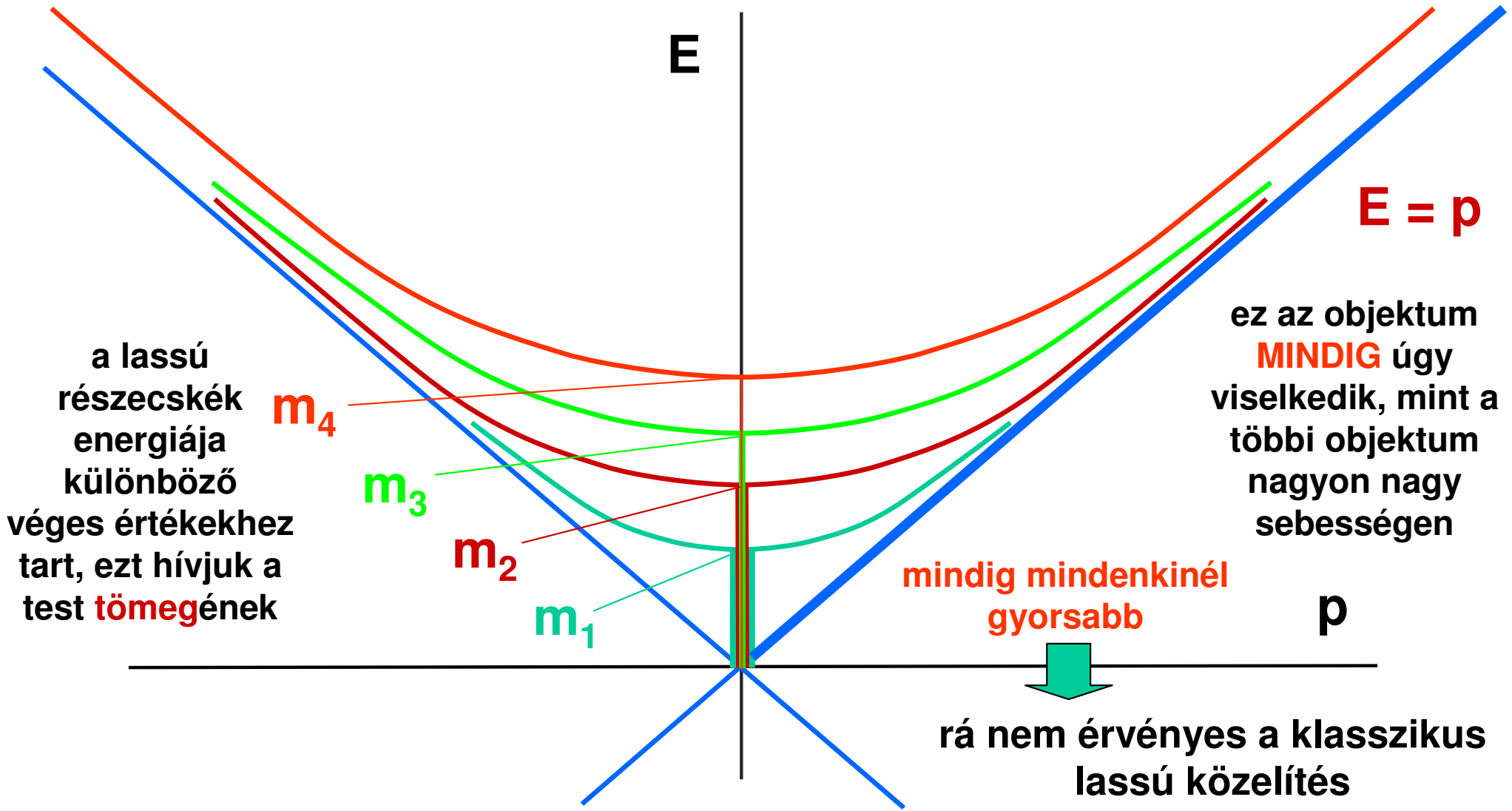
# nulla tömegű részecskék ???

$$m = E_0 = 0$$

$$E^2 = p^2 + m^2$$



$$E = p$$



a lassú részecskék energiája különböző véges értékekhez tart, ezt hívjuk a test **tömegének**

ez az objektum **MINDIG** úgy viselkedik, mint a többi objektum nagyon nagy sebességen

mindig mindenkinél gyorsabb

rá nem érvényes a klasszikus lassú közelítés



nulla tömegű részecskék ???

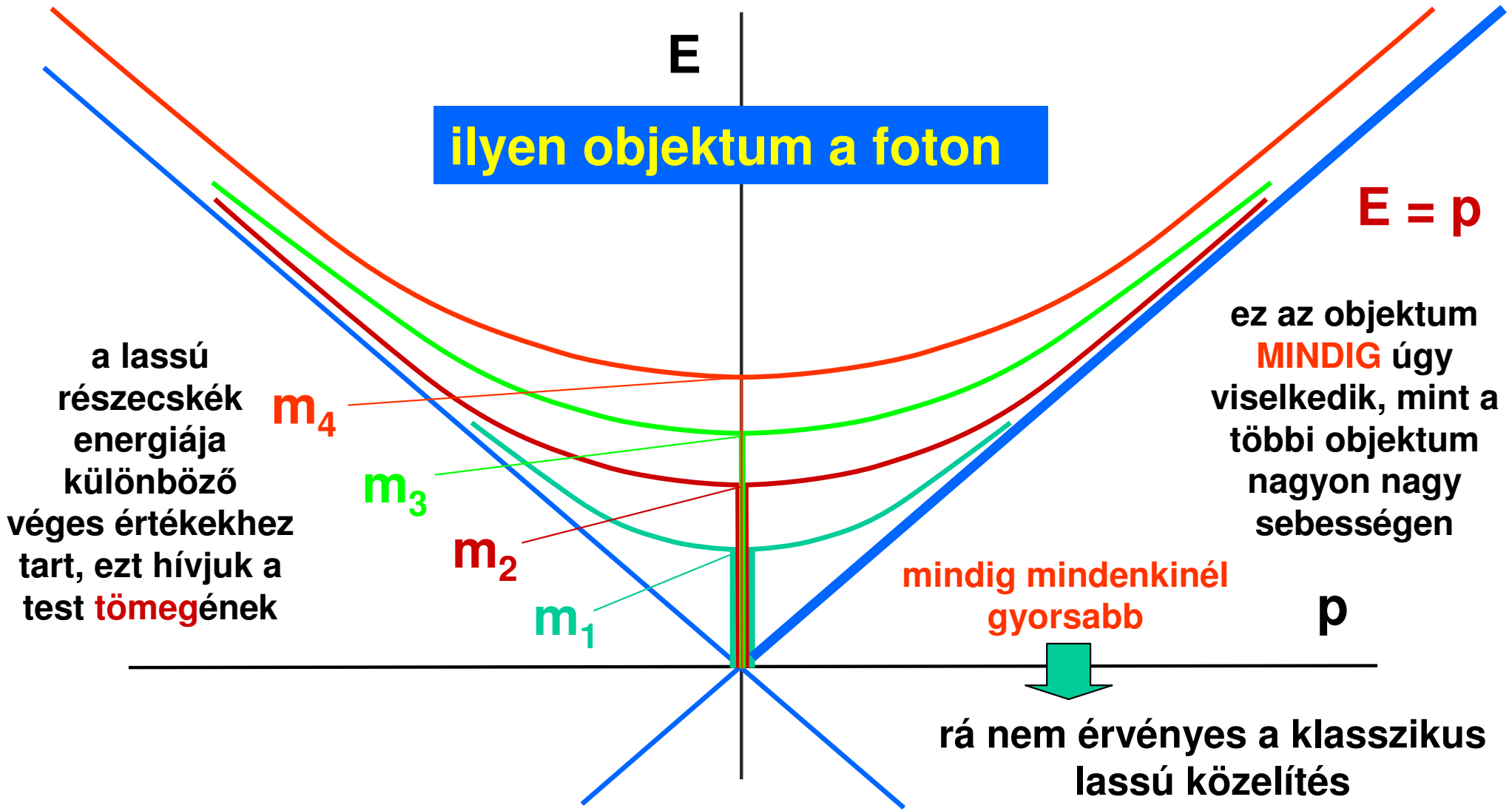
$$m = E_0 = 0$$

$$E^2 = p^2 + m^2$$



$$E = p$$

ilyen objektum a foton



a lassú részecskék energiája különböző véges értékekhez tart, ezt hívjuk a test **tömegének**

ez az objektum **MINDIG** úgy viselkedik, mint a többi objektum nagyon nagy sebességen

mindig mindenkinél gyorsabb

rá nem érvényes a klasszikus lassú közelítés



nulla tömegű részecskék ???

$$m = E_0 = 0$$

$$E^2 = p^2 + m^2$$



$$E = p$$

ilyen objektum a foton

tisztán relativisztikus objektum, nincs klasszikus mechanikai megfelelője

$$E = p$$

ez az objektum **MINDIG** úgy viselkedik, mint a többi objektum nagyon nagy sebességen

a lassú részecskék energiája különböző véges értékekhez tart, ezt hívjuk a test **tömegének**

$m_4$

$m_3$

$m_2$

$m_1$

mindig mindenkinél gyorsabb

$p$

rá nem érvényes a klasszikus lassú közelítés



# nulla tömegű részecskék

$$m = E_0 = 0$$

$$E^2 = p^2 + \cancel{m^2}$$



$$E = p$$

ilyen objektum a foton

tisztán relativisztikus objektum, nincs klasszikus mechanikai megfelelője

A kvantum-mezőelmélet (QFT) matematikája a nulla nyugalmi tömegű részecskéket (és csak azokat) tudja jól leírni.

ez az objektum **MINDIG** úgy viselkedik, mint a többi objektum nagyon nagy sebességen

mindig mindenkinél gyorsabb

rá nem érvényes a klasszikus lassú közelítés



# nulla tömegű részecskék

$$m = E_0 = 0$$

$$E^2 = p^2 + \cancel{m^2}$$



$$E = p$$

ilyen objektum a foton

tisztán relativisztikus objektum, nincs klasszikus mechanikai megfelelője

A kvantum-mezőelmélet (QFT) matematikája a nulla nyugalmi tömegű részecskéket (és csak azokat) tudja jól leírni.



ez az objektum **MINDIG** úgy viselkedik, mint a többi objektum nagyon nagy sebességen

mindig mindenkinél gyorsabb

rá nem érvényes a klasszikus lassú közelítés





# nulla tömegű részecskék

$$m = E_0 = 0$$

$$E^2 = p^2 + \cancel{m^2}$$



$$E = p$$

ilyen objektum a foton

tisztán relativisztikus objektum, nincs klasszikus mechanikai megfelelője

A kvantum-mezőelmélet (QFT) matematikája a nulla nyugalmi tömegű részecskéket (és csak azokat) tudja jól leírni.



Sajnos a legtöbb részecskének nem nulla a tömege...

$$E = p$$

ez az objektum **MINDIG** úgy viselkedik, mint a többi objektum nagyon nagy sebességen

mindig mindenkinél gyorsabb

p

rá nem érvényes a klasszikus lassú közelítés



# nulla tömegű részecskék

$$m = E_0 = 0$$

$$E^2 = p^2 + \cancel{m^2}$$



$$E = p$$

**ilyen objektum a foton**

tisztán relativisztikus objektum, nincs klasszikus mechanikai megfelelője

$$E = p$$

ez az objektum **MINDIG** úgy viselkedik, mint a többi objektum nagyon nagy sebességen

mindig mindenkinél gyorsabb

rá nem érvényes a klasszikus lassú közelítés

A kvantum-mezőelmélet (QFT) matematikája a nulla nyugalmi tömegű részecskéket (és csak azokat) tudja jól leírni.



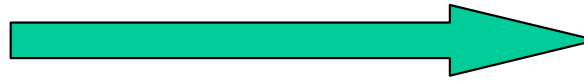
Sajnos a legtöbb részecskének nem nulla a tömege...



# nulla tömegű részecskék

$$m = E_0 = 0$$

$$E^2 = p^2 + \cancel{m^2}$$



$$E = p$$

ilyen objektum a foton

tisztán relativisztikus objektum, nincs klasszikus mechanikai megfelelője

$$E = p$$

ez az objektum **MINDIG** úgy viselkedik, mint a többi objektum nagyon nagy sebességen

A kvantum-mezőelmélet (QFT) matematikája a nulla nyugalmi tömegű részecskéket (és csak azokat) tudja jól leírni.



Sajnos a legtöbb részecskének nem nulla a tömege...



????????

mindig mindenkinél gyorsabb



rá nem érvényes a klasszikus lassú közelítés



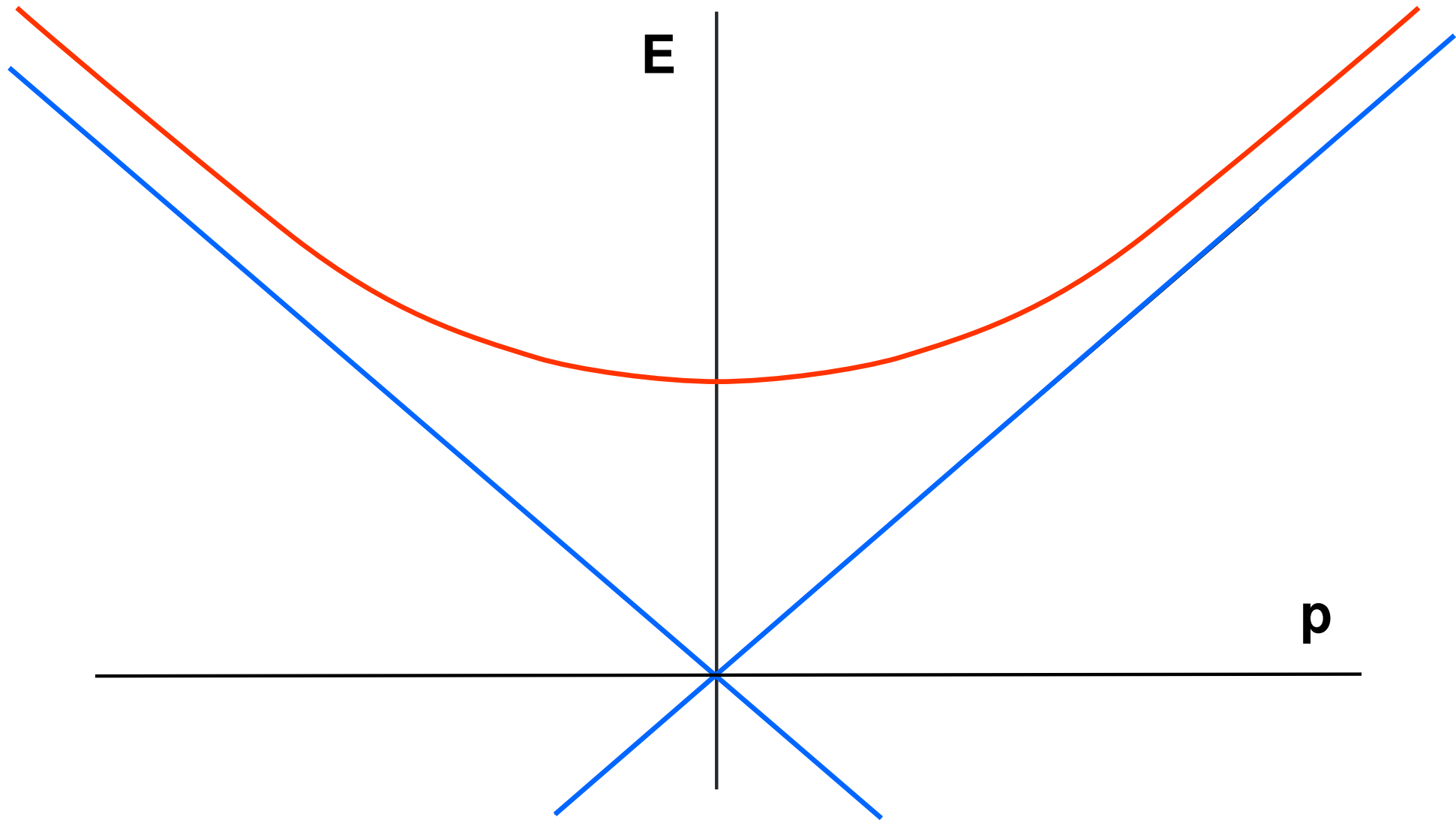
Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

$$E^2 = p^2 + m^2$$



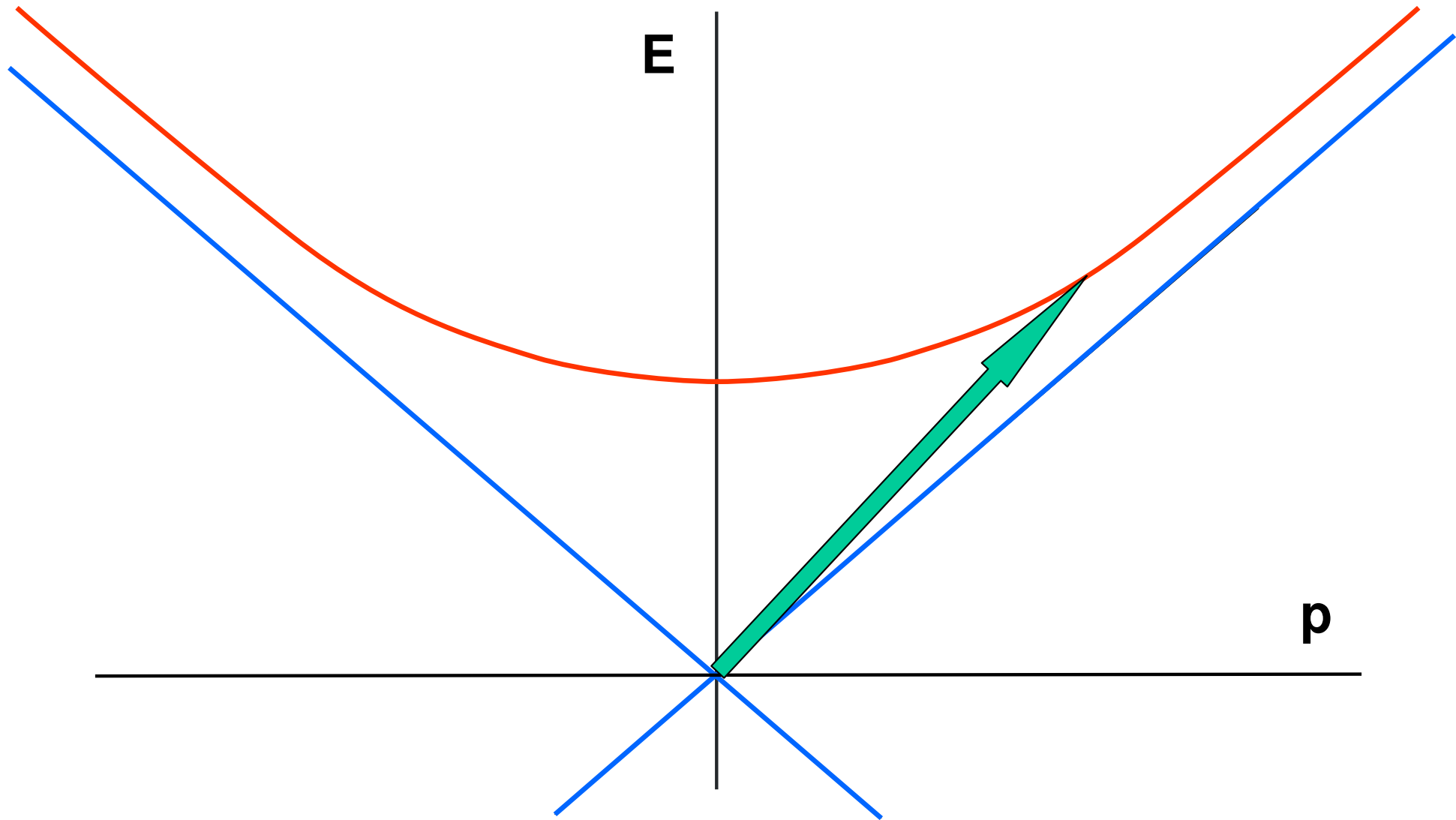
# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

$$E^2 = p^2 + m^2$$



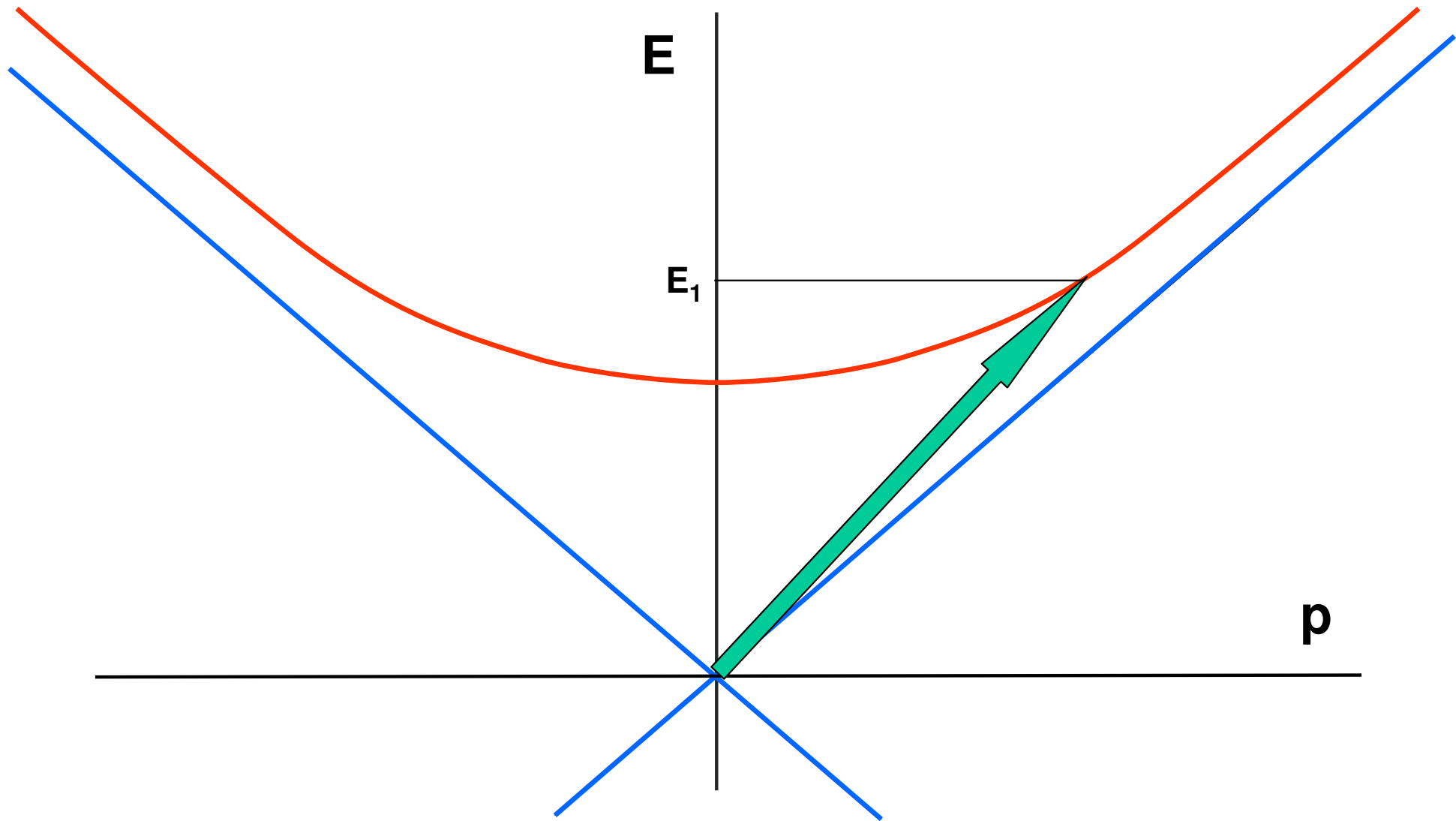
# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

$$E^2 = p^2 + m^2$$



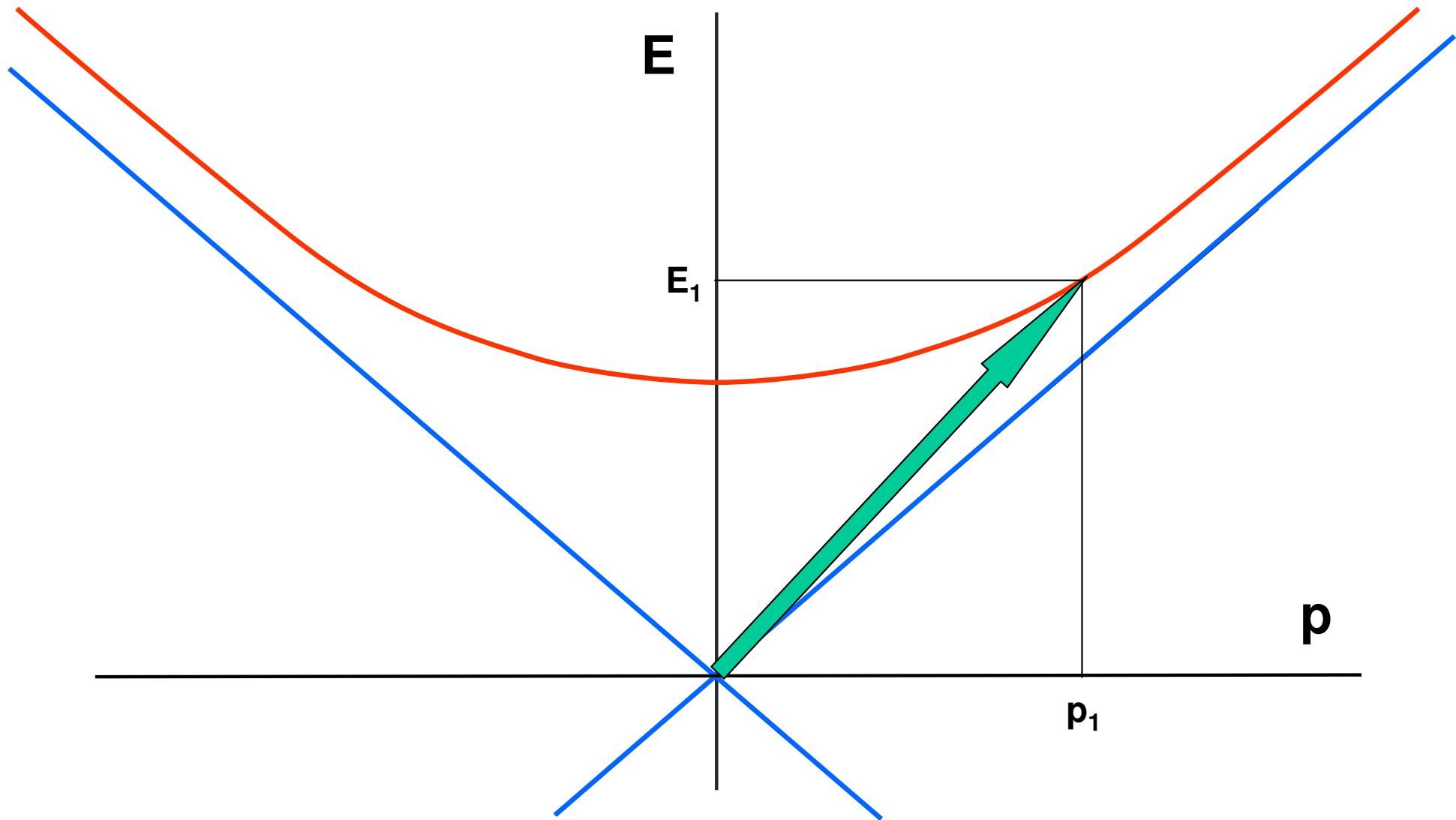
# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

$$E^2 = p^2 + m^2$$



# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

$$E^2 = p^2 + m^2$$

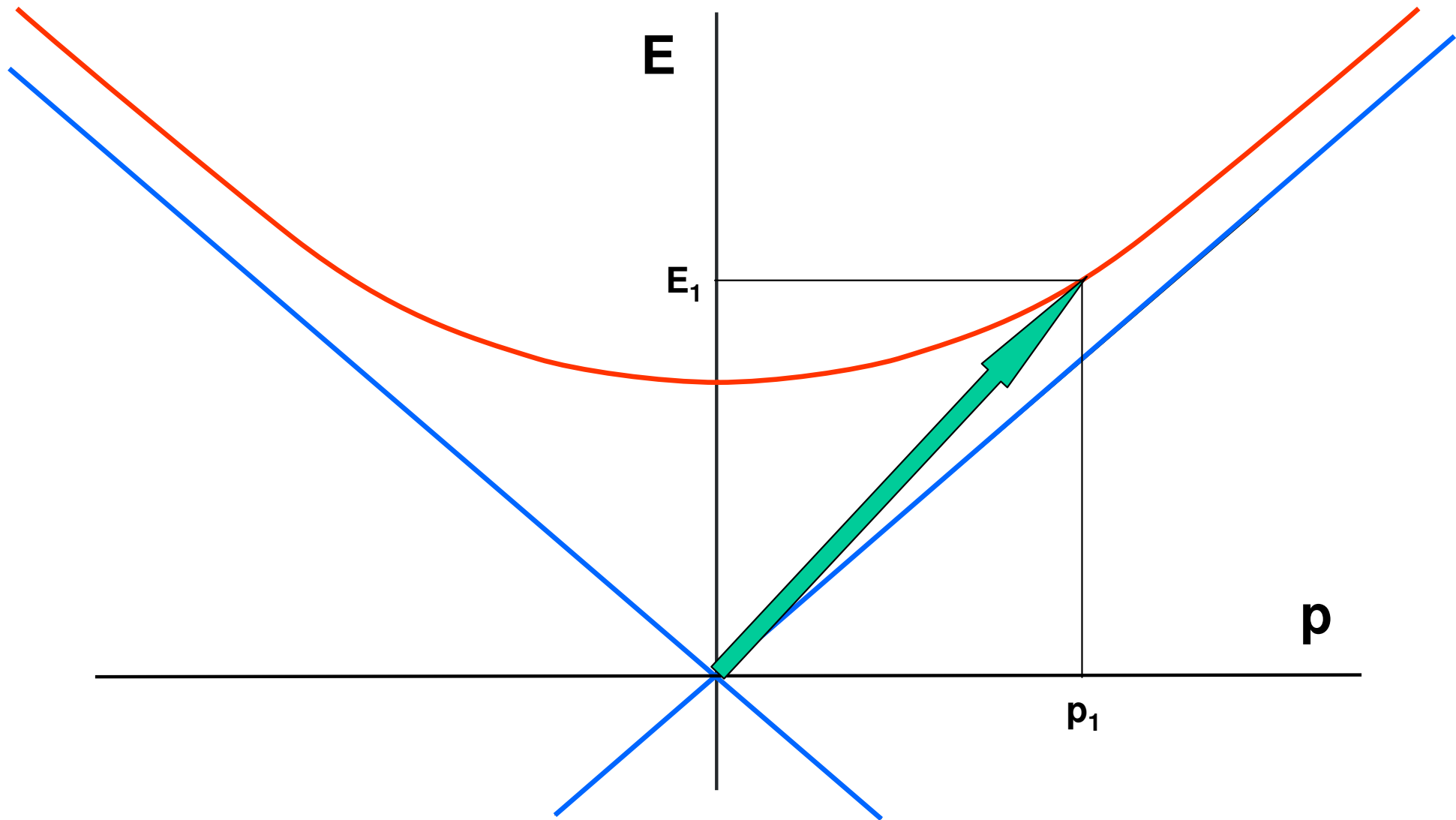




# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

$$E^2 = p^2 + m^2$$

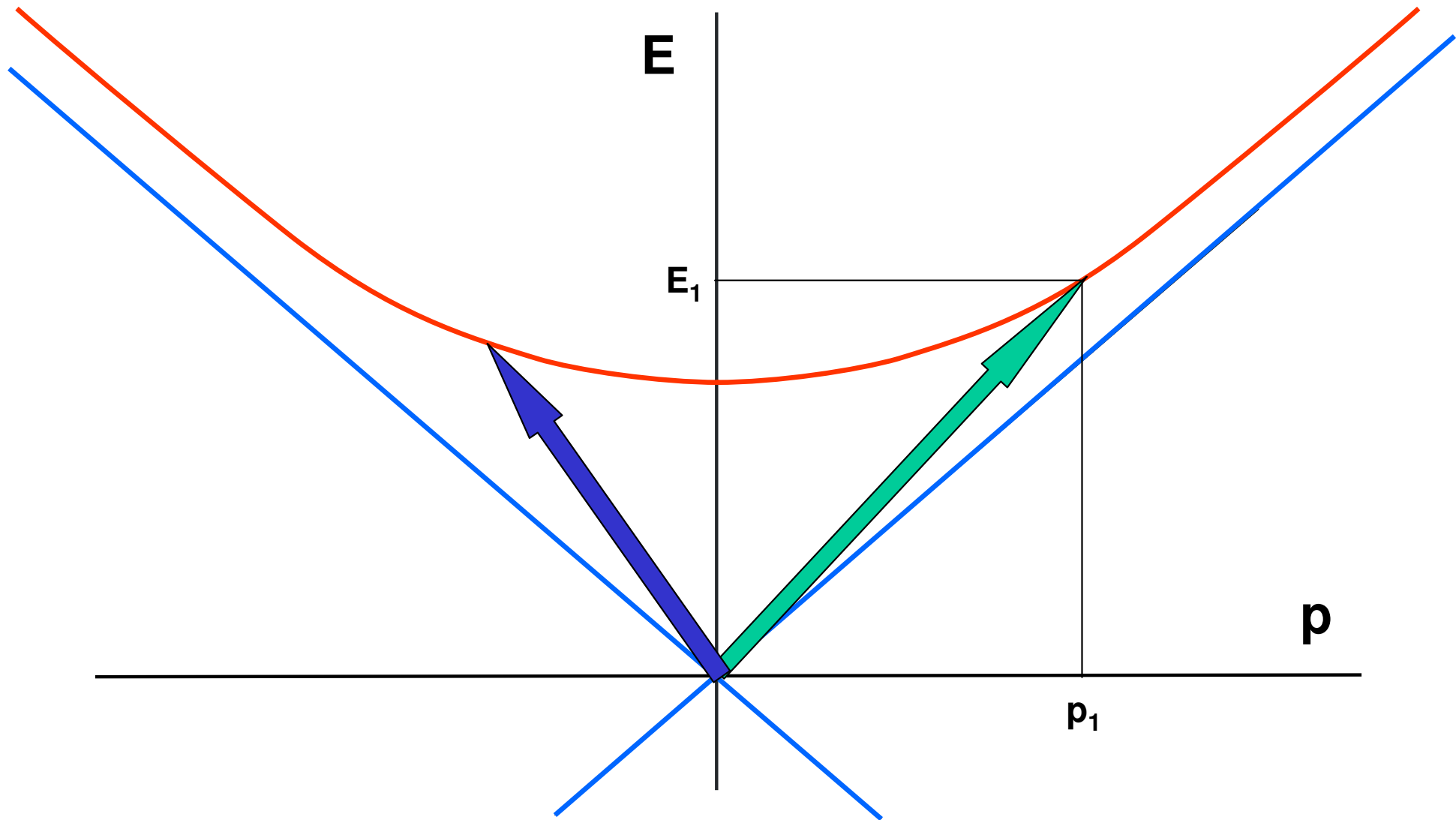
$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$



# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

$$E^2 = p^2 + m^2$$

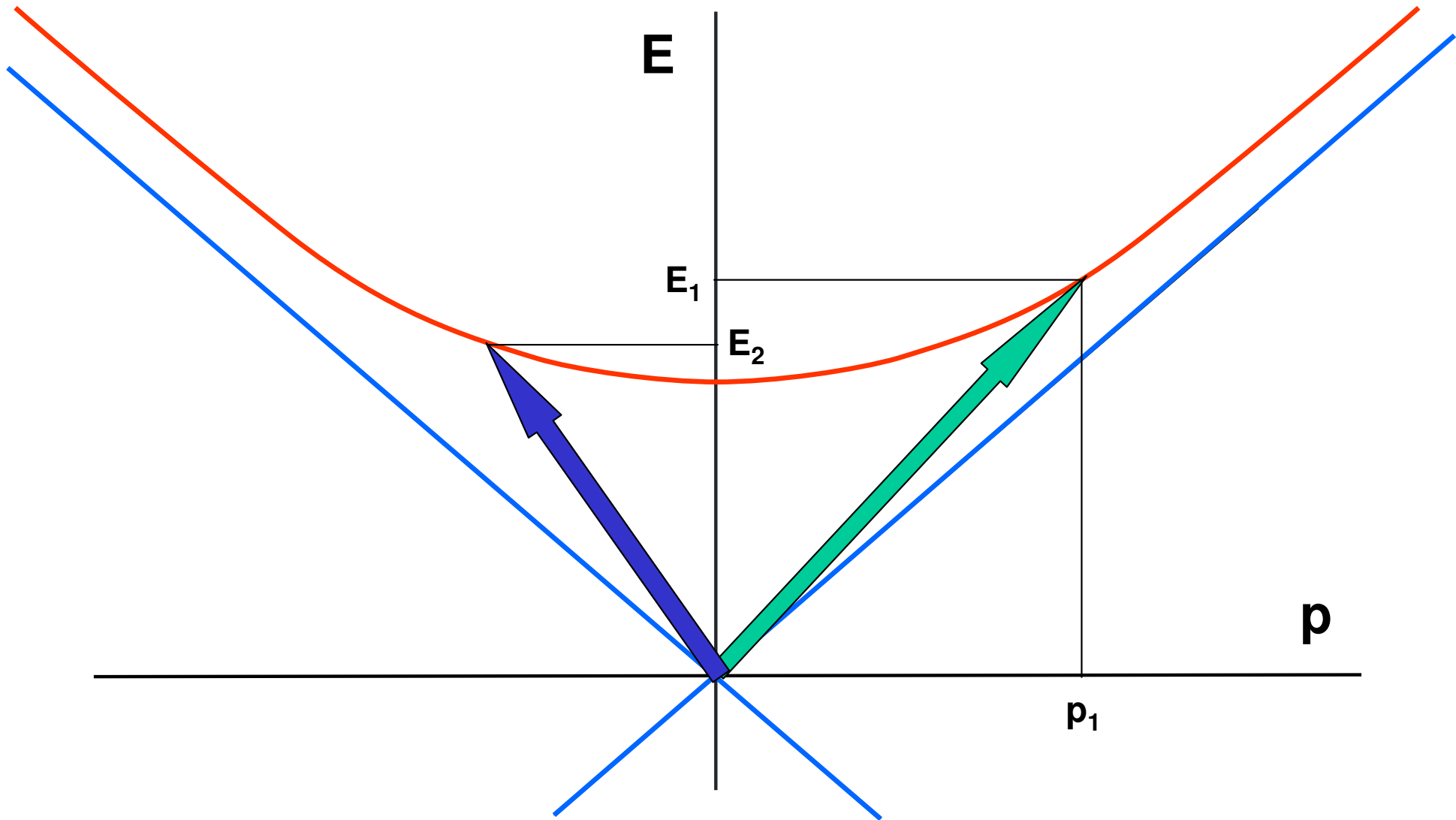
$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$



# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

$$E^2 = p^2 + m^2$$

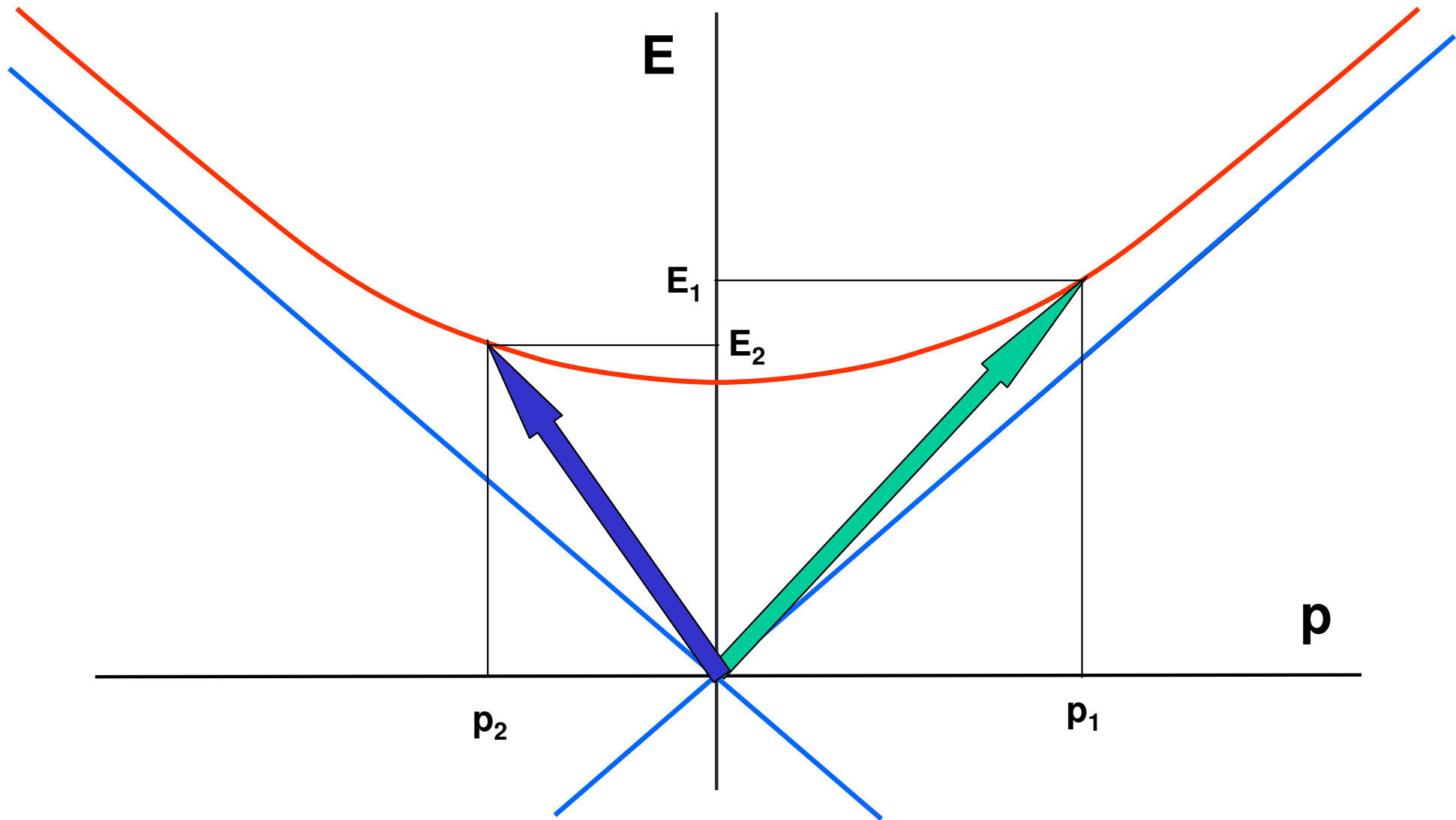
$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$



# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

$$E^2 = p^2 + m^2$$

$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$

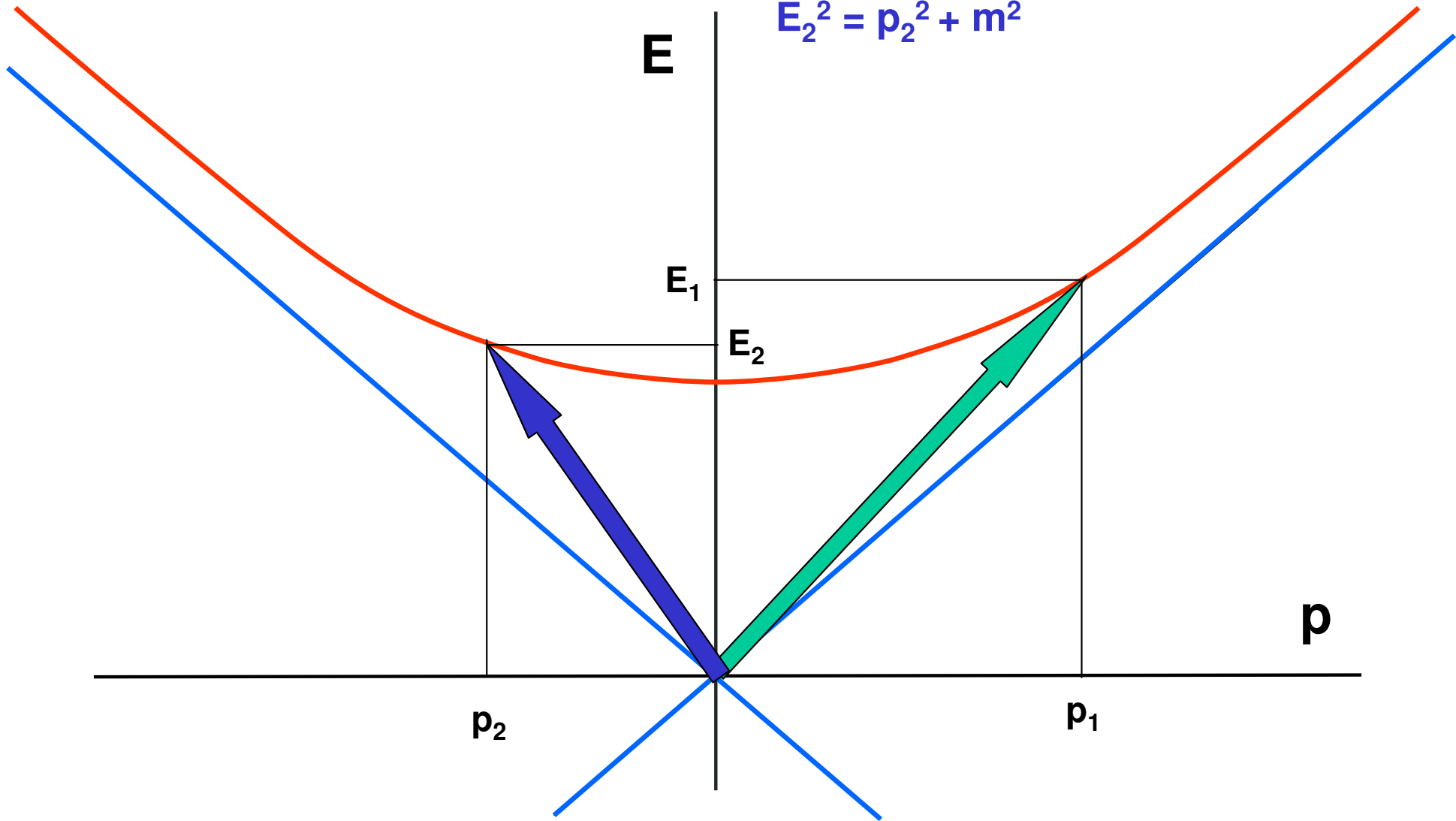


# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

$$E^2 = p^2 + m^2$$

$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$

$$E_2^2 = p_2^2 + m^2$$

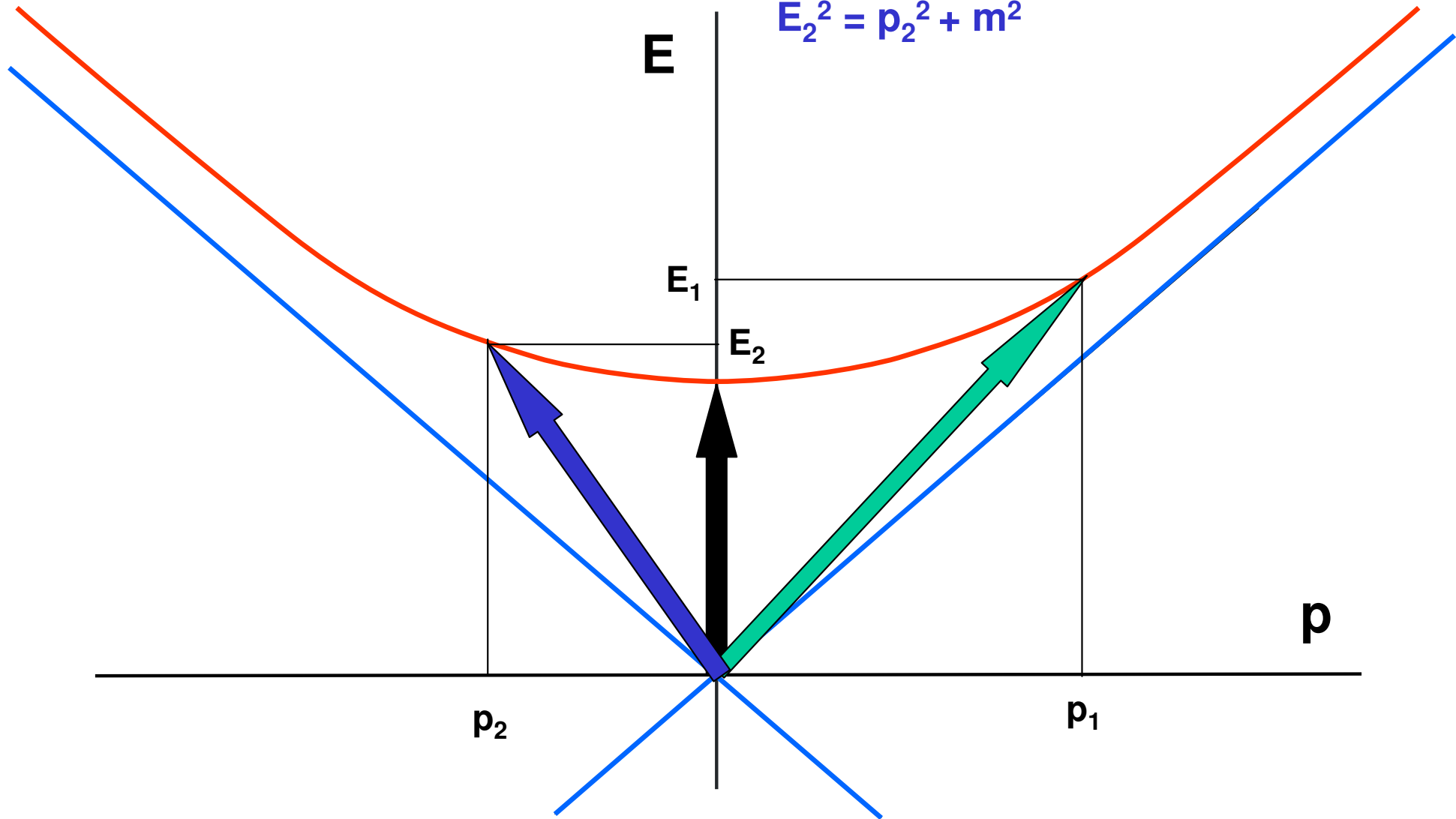


# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

$$E^2 = p^2 + m^2$$

$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$

$$E_2^2 = p_2^2 + m^2$$

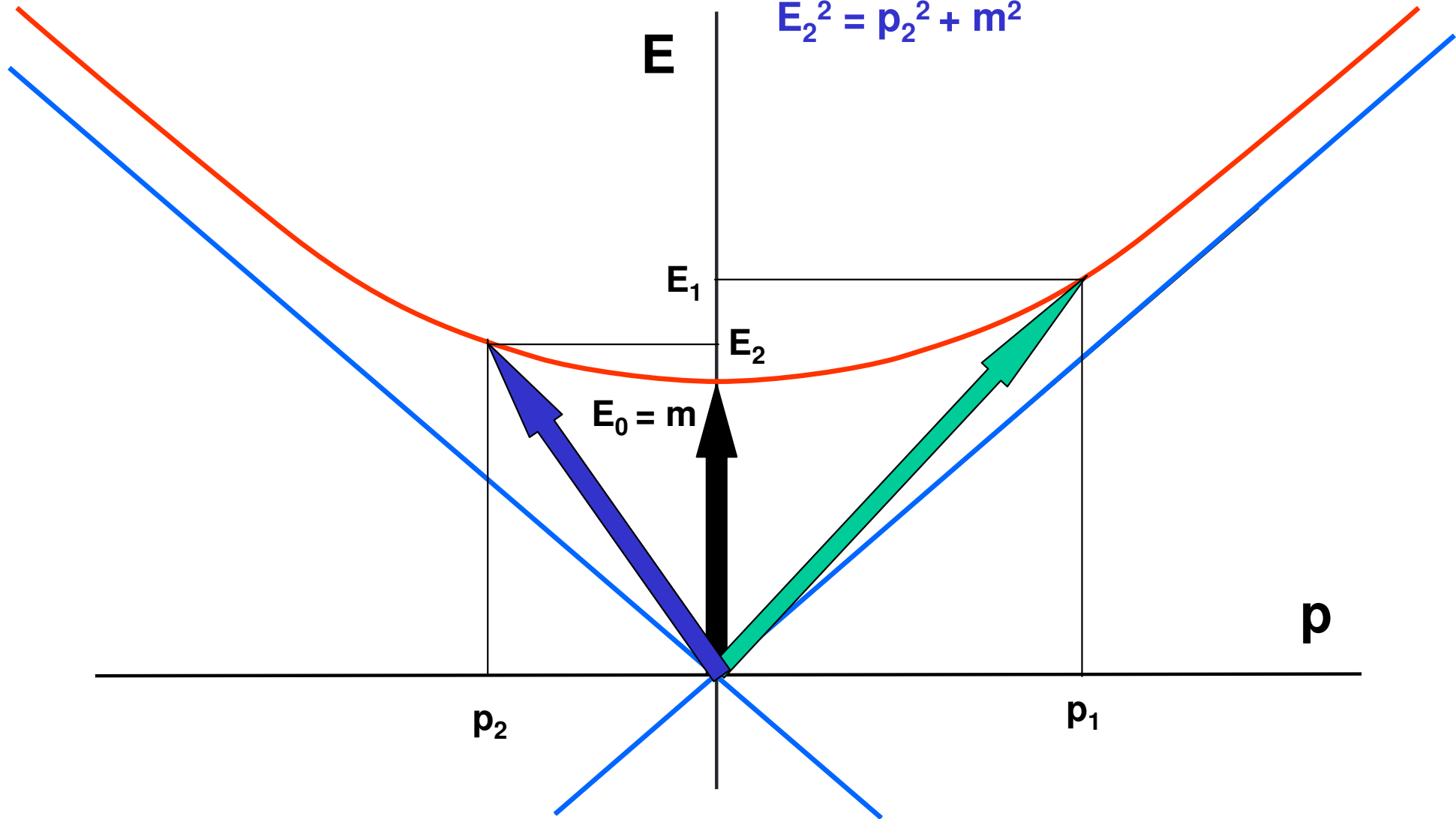


# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

$$E^2 = p^2 + m^2$$

$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$

$$E_2^2 = p_2^2 + m^2$$



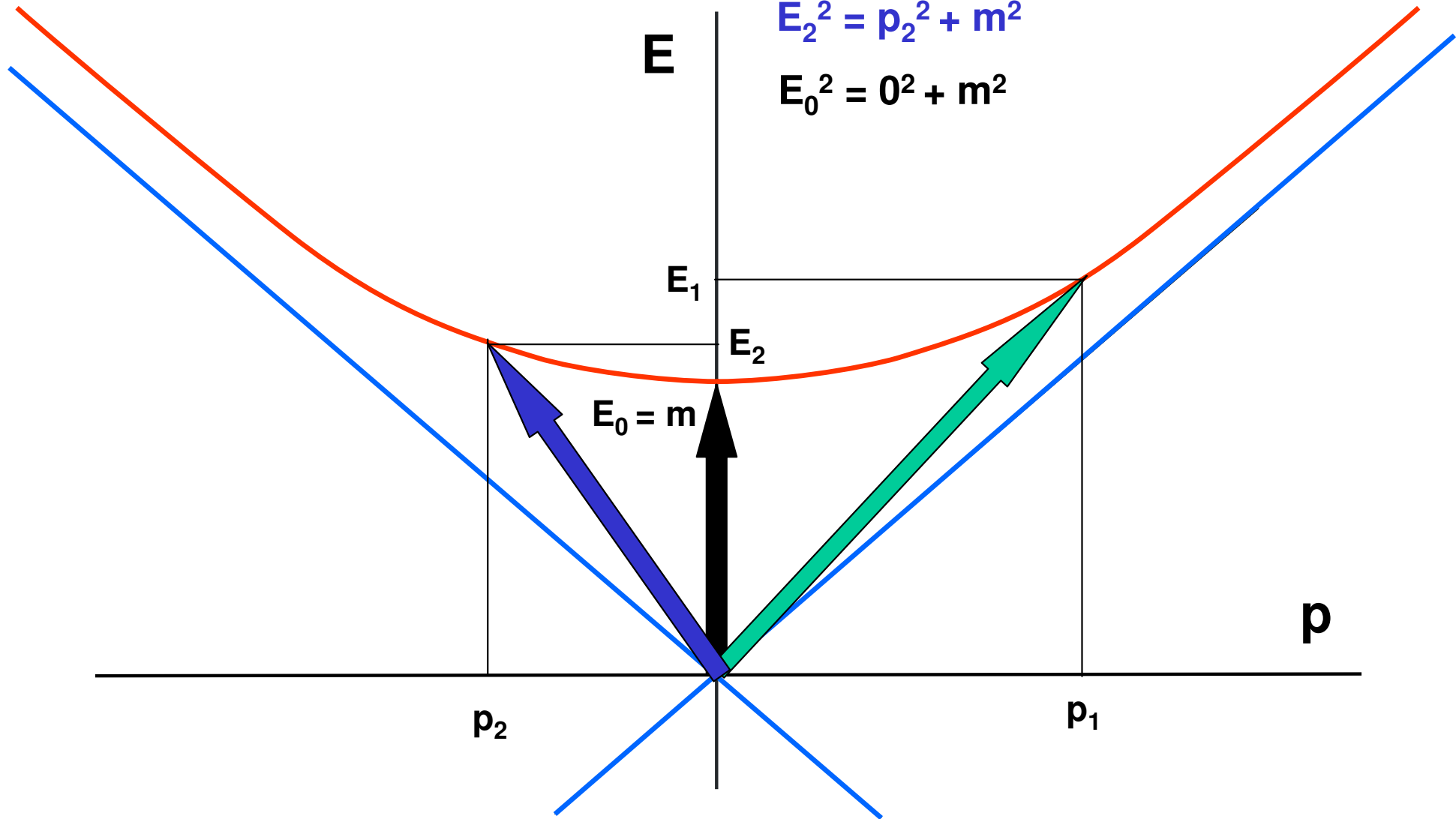
# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

$$E^2 = p^2 + m^2$$

$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$

$$E_2^2 = p_2^2 + m^2$$

$$E_0^2 = 0^2 + m^2$$





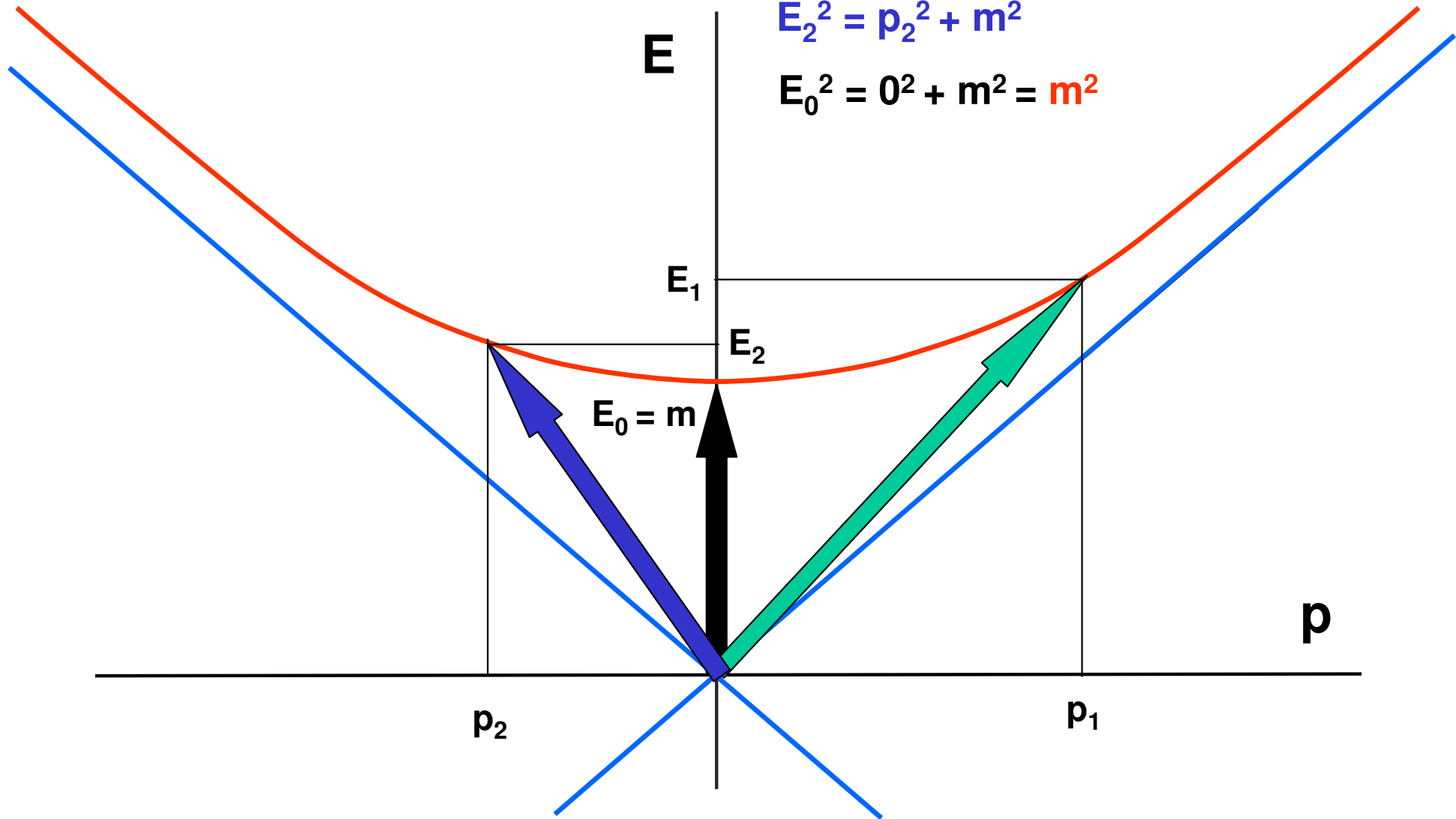
# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

$$E^2 = p^2 + m^2$$

$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$

$$E_2^2 = p_2^2 + m^2$$

$$E_0^2 = 0^2 + m^2 = m^2$$





# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

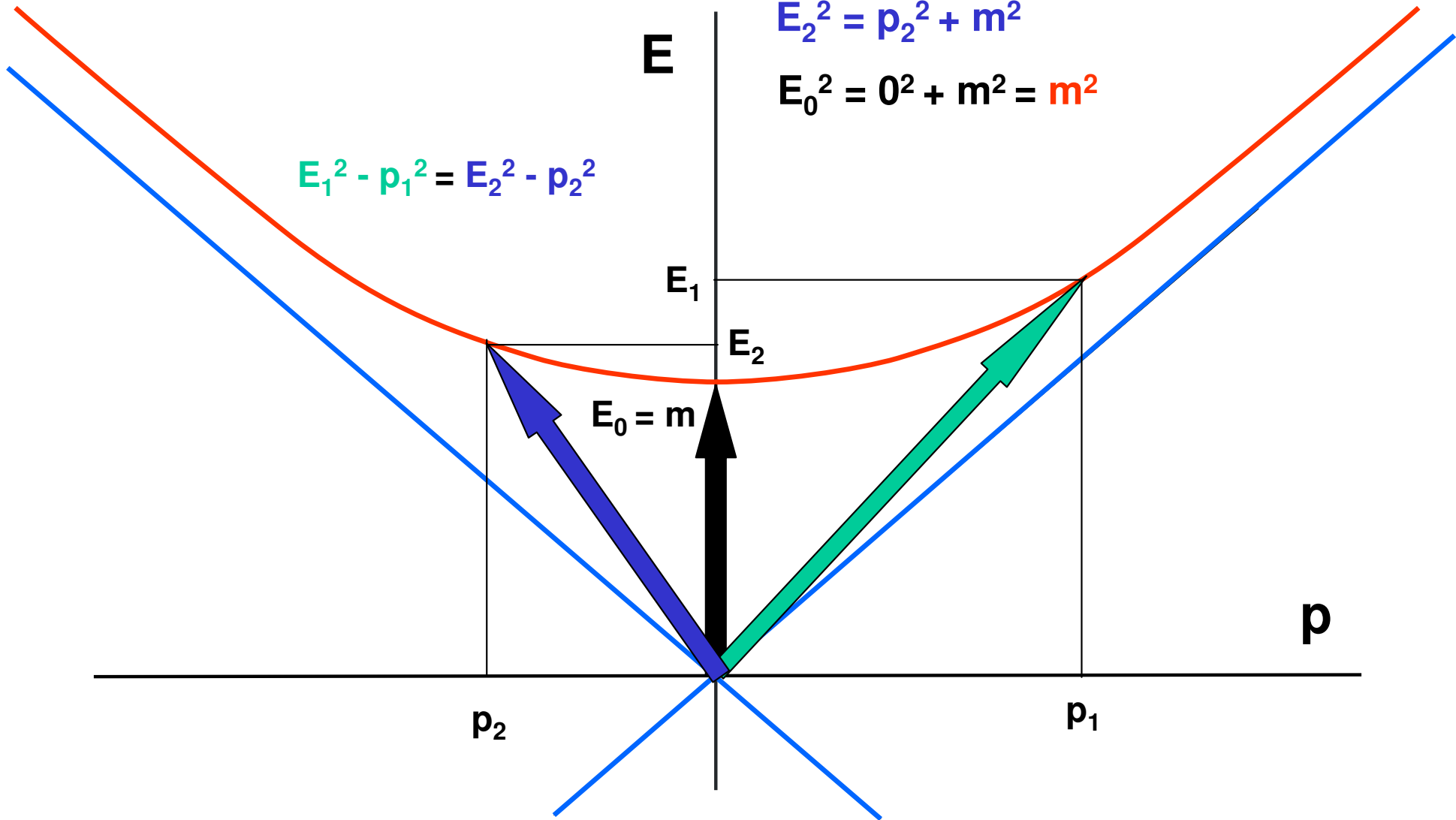
$$E^2 = p^2 + m^2$$

$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$

$$E_2^2 = p_2^2 + m^2$$

$$E_0^2 = 0^2 + m^2 = m^2$$

$$E_1^2 - p_1^2 = E_2^2 - p_2^2$$



# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

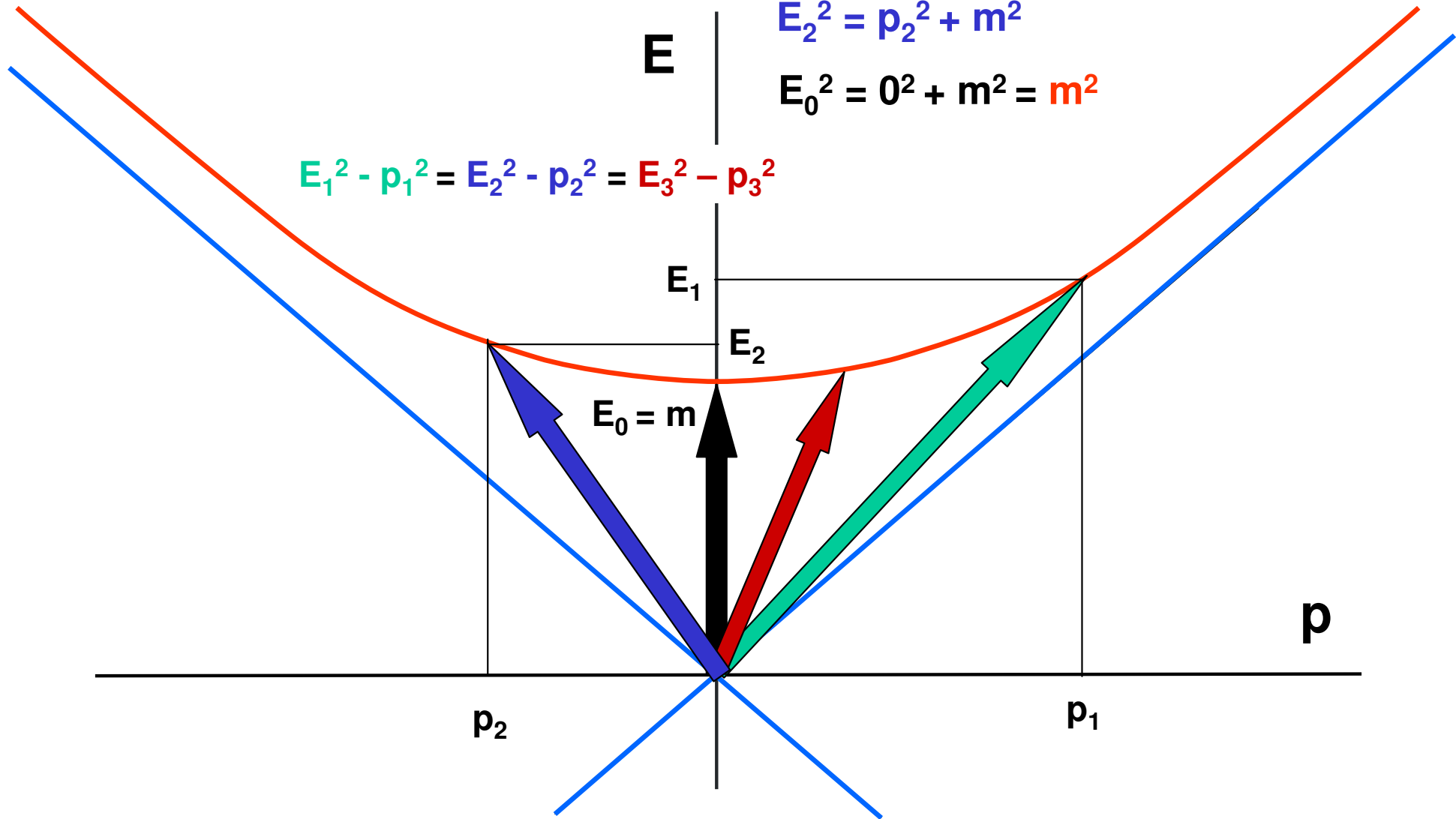
$$E^2 = p^2 + m^2$$

$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$

$$E_2^2 = p_2^2 + m^2$$

$$E_0^2 = 0^2 + m^2 = m^2$$

$$E_1^2 - p_1^2 = E_2^2 - p_2^2 = E_3^2 - p_3^2$$



# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

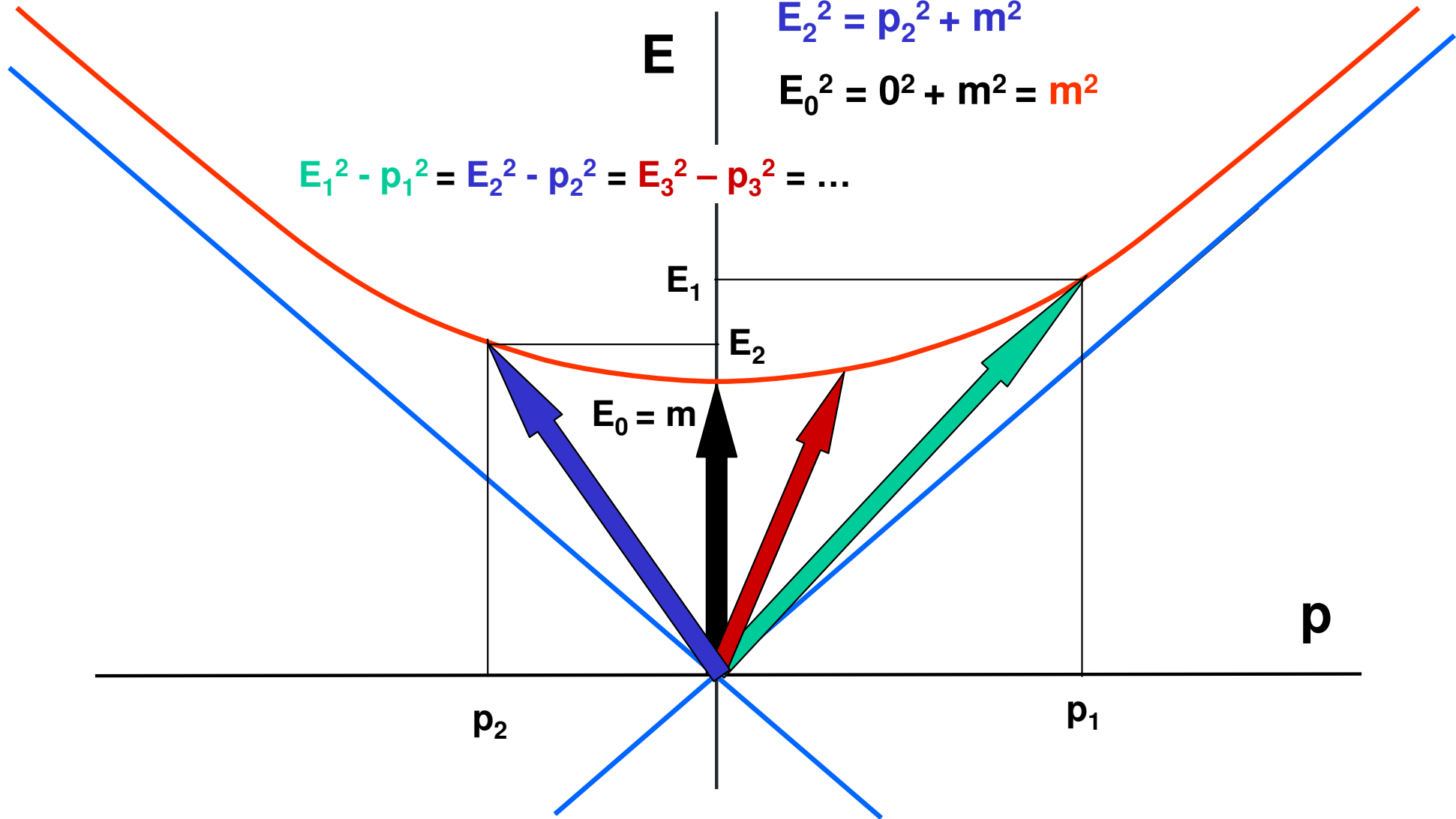
$$E^2 = p^2 + m^2$$

$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$

$$E_2^2 = p_2^2 + m^2$$

$$E_0^2 = 0^2 + m^2 = m^2$$

$$E_1^2 - p_1^2 = E_2^2 - p_2^2 = E_3^2 - p_3^2 = \dots$$



# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

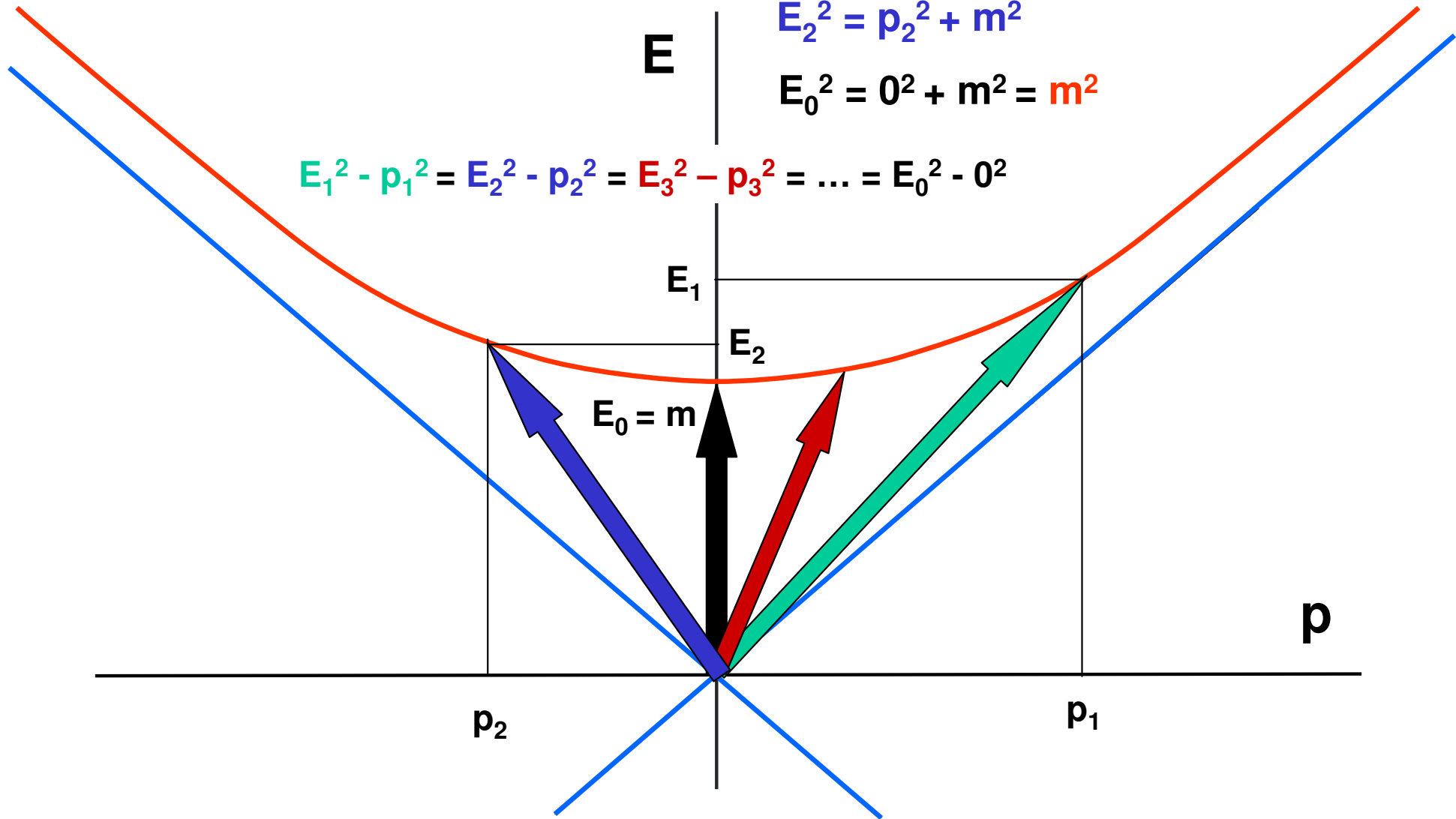
$$E^2 = p^2 + m^2$$

$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$

$$E_2^2 = p_2^2 + m^2$$

$$E_0^2 = 0^2 + m^2 = m^2$$

$$E_1^2 - p_1^2 = E_2^2 - p_2^2 = E_3^2 - p_3^2 = \dots = E_0^2 - 0^2$$



# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

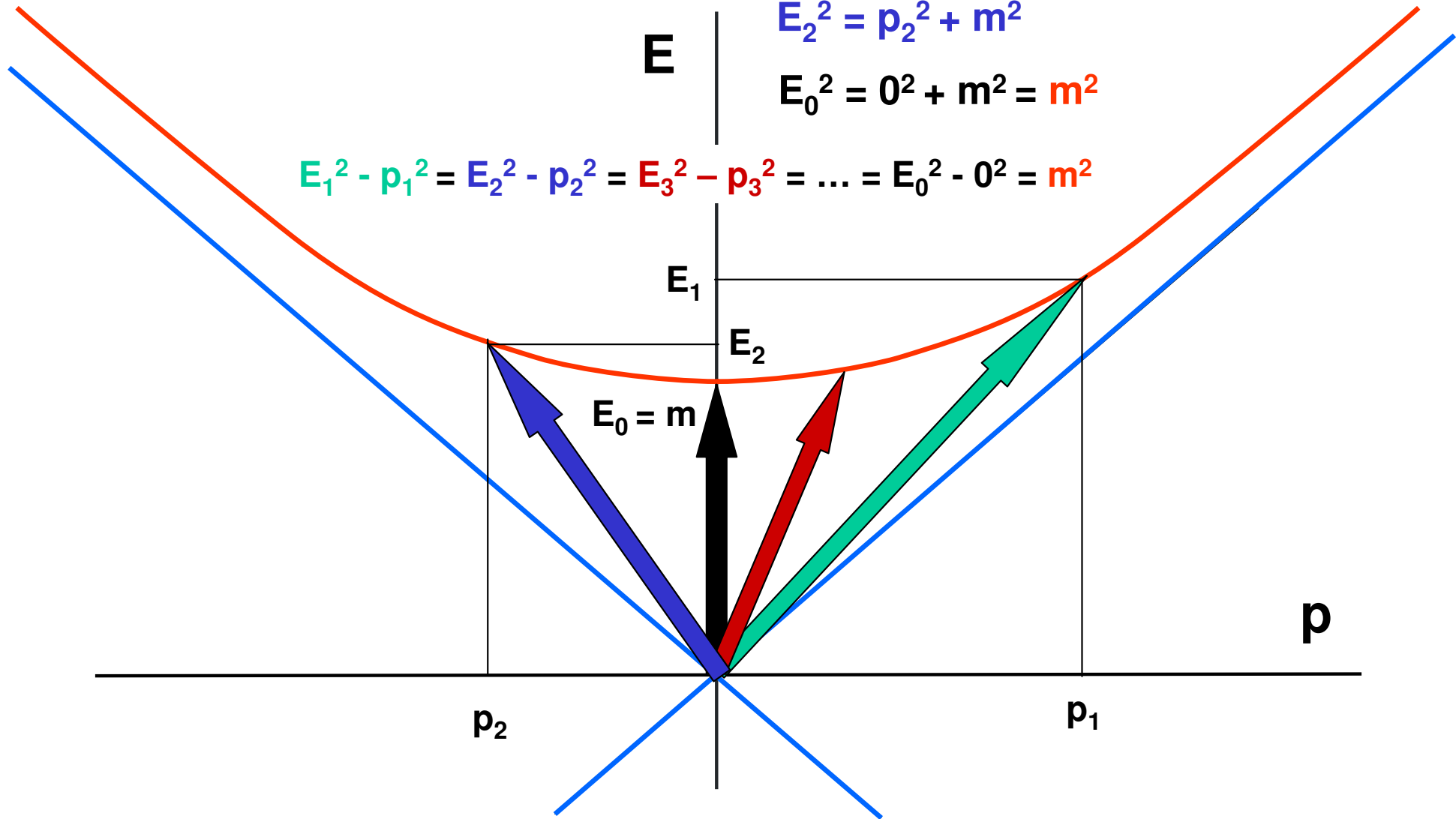
$$E^2 = p^2 + m^2$$

$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$

$$E_2^2 = p_2^2 + m^2$$

$$E_0^2 = 0^2 + m^2 = m^2$$

$$E_1^2 - p_1^2 = E_2^2 - p_2^2 = E_3^2 - p_3^2 = \dots = E_0^2 - 0^2 = m^2$$



# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

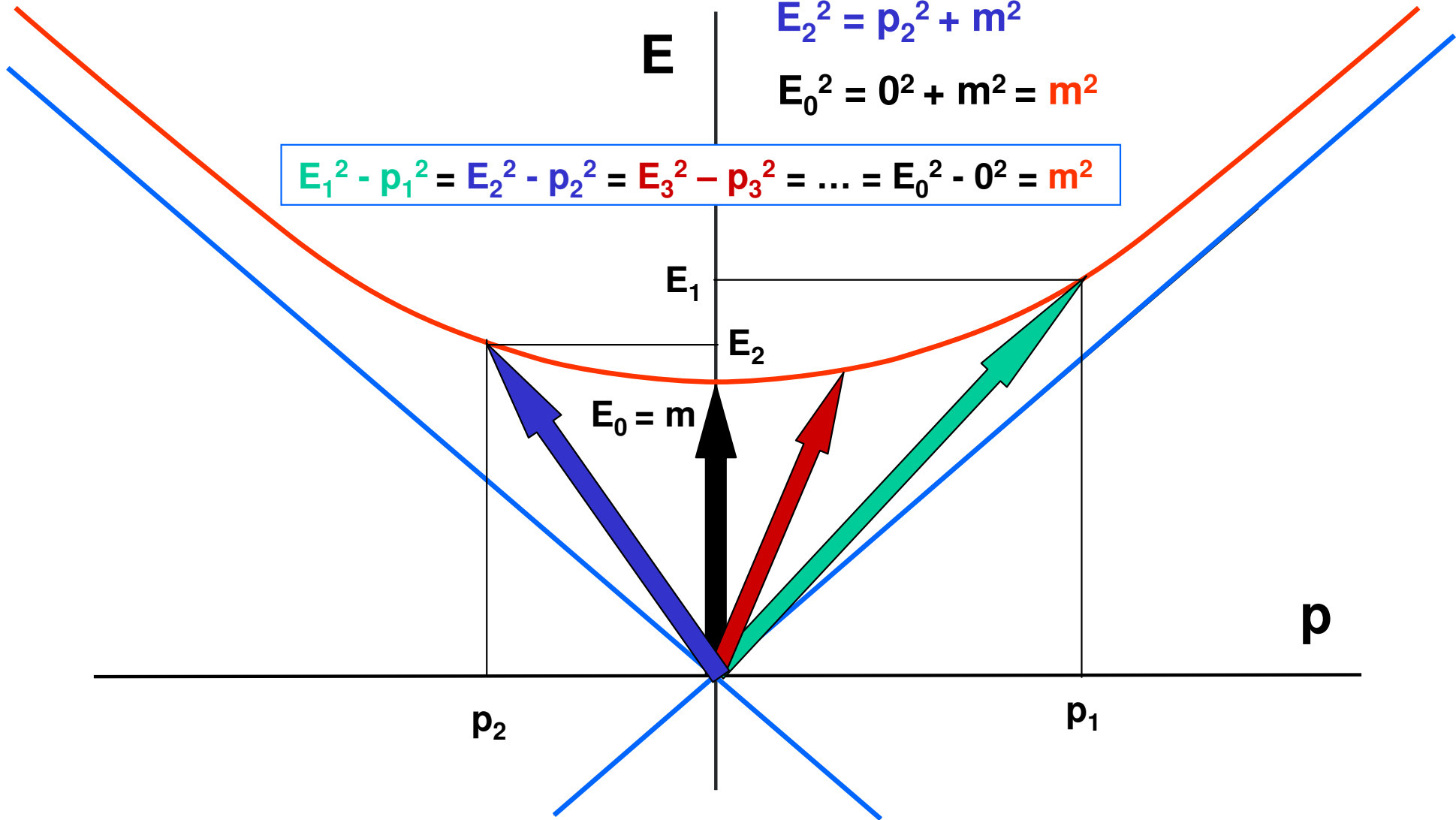
$$E^2 = p^2 + m^2$$

$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$

$$E_2^2 = p_2^2 + m^2$$

$$E_0^2 = 0^2 + m^2 = m^2$$

$$E_1^2 - p_1^2 = E_2^2 - p_2^2 = E_3^2 - p_3^2 = \dots = E_0^2 - 0^2 = m^2$$





# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

$$E^2 = p^2 + m^2$$

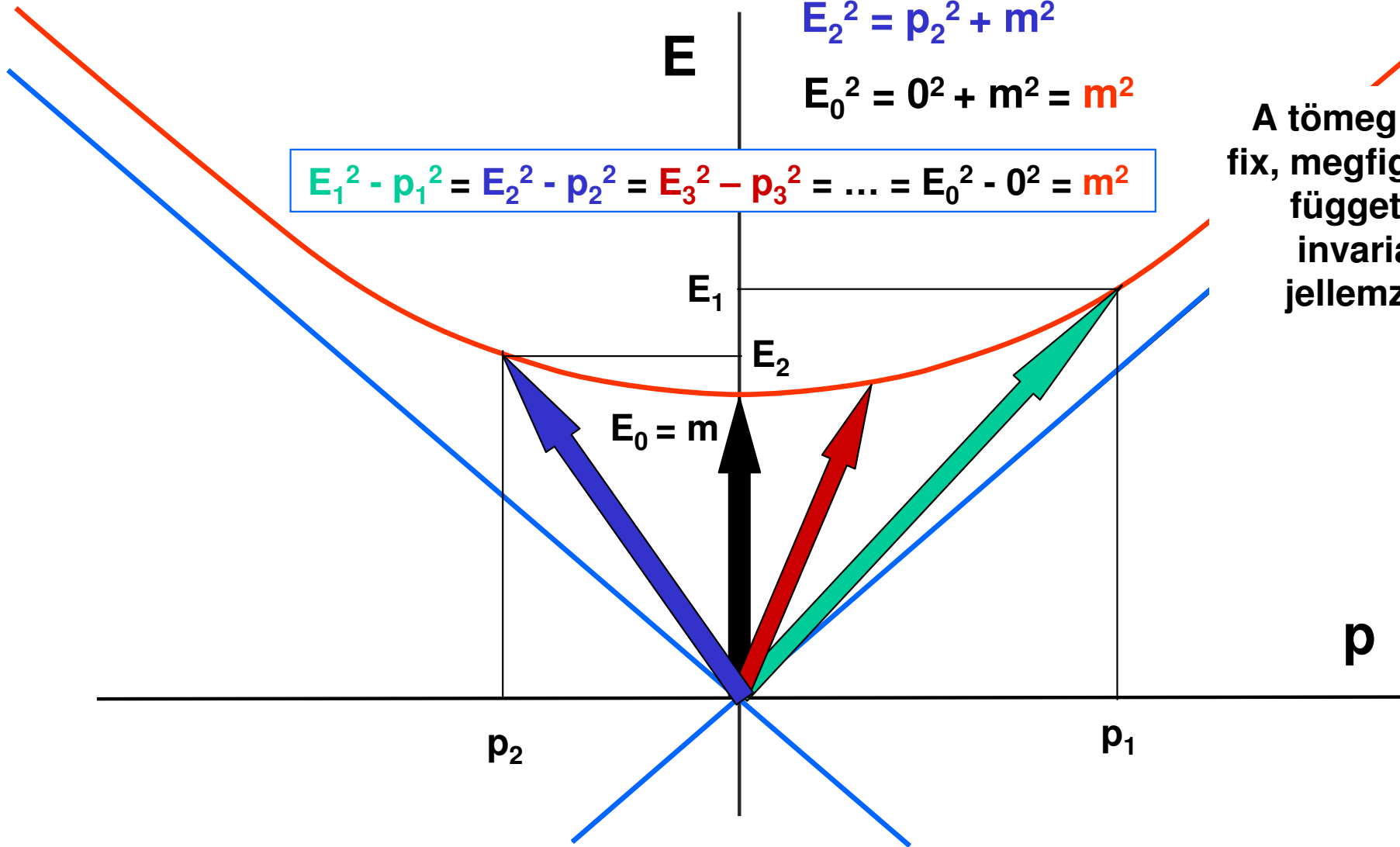
$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$

$$E_2^2 = p_2^2 + m^2$$

$$E_0^2 = 0^2 + m^2 = m^2$$

$$E_1^2 - p_1^2 = E_2^2 - p_2^2 = E_3^2 - p_3^2 = \dots = E_0^2 - 0^2 = m^2$$

A tömeg a test fix, megfigyelőtől független, invariáns jellemzője.



# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

$$E^2 = p^2 + m^2$$

$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$

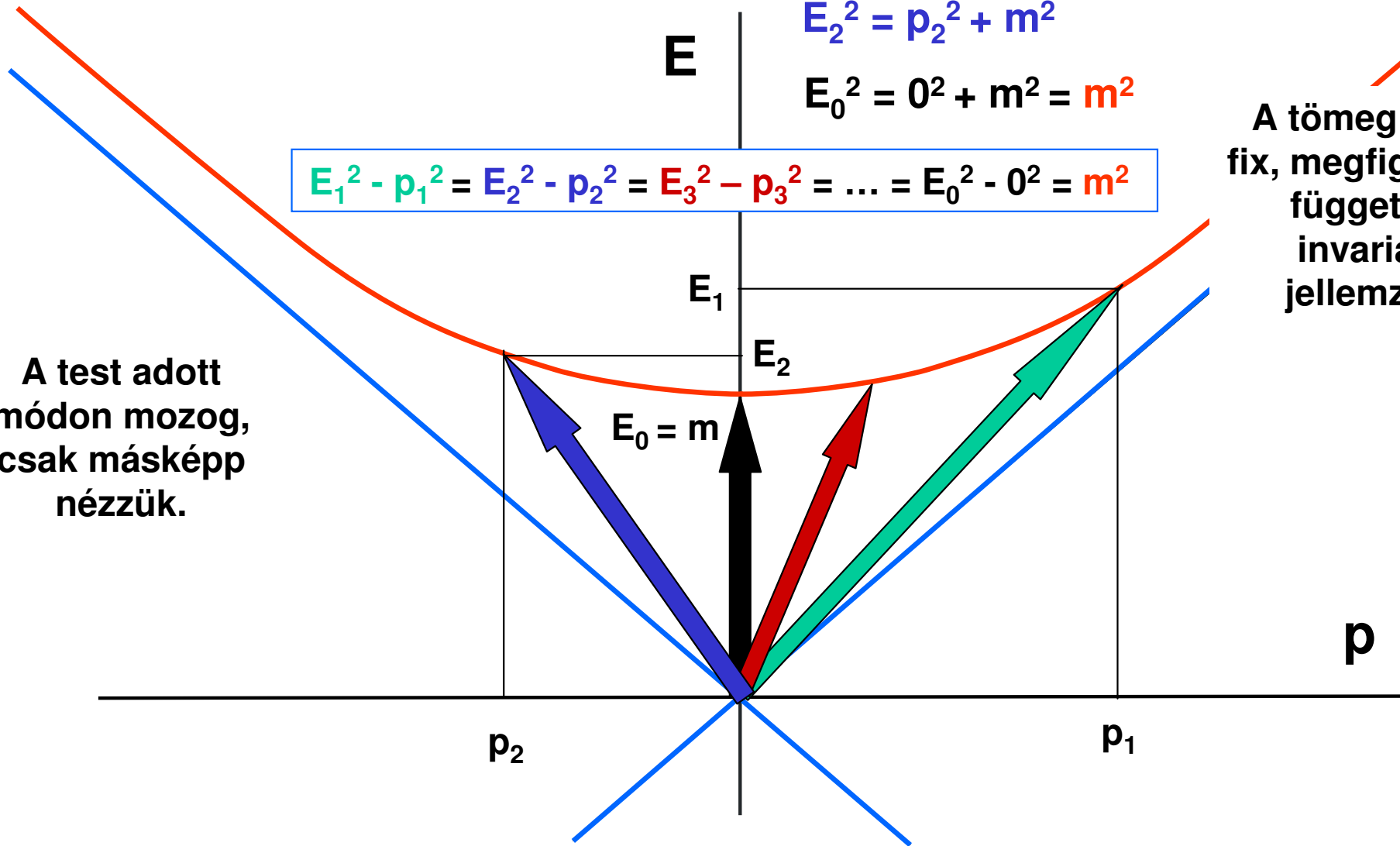
$$E_2^2 = p_2^2 + m^2$$

$$E_0^2 = 0^2 + m^2 = m^2$$

$$E_1^2 - p_1^2 = E_2^2 - p_2^2 = E_3^2 - p_3^2 = \dots = E_0^2 - 0^2 = m^2$$

A tömeg a test fix, megfigyelőtől független, invariáns jellemzője.

A test adott módon mozog, csak másképp nézzük.



# Hogyan látják ugyanazt a testet a különböző inerciális megfigyelők?

$$E^2 = p^2 + m^2$$

$$E_1^2 = p_1^2 + m^2$$

$$E_2^2 = p_2^2 + m^2$$

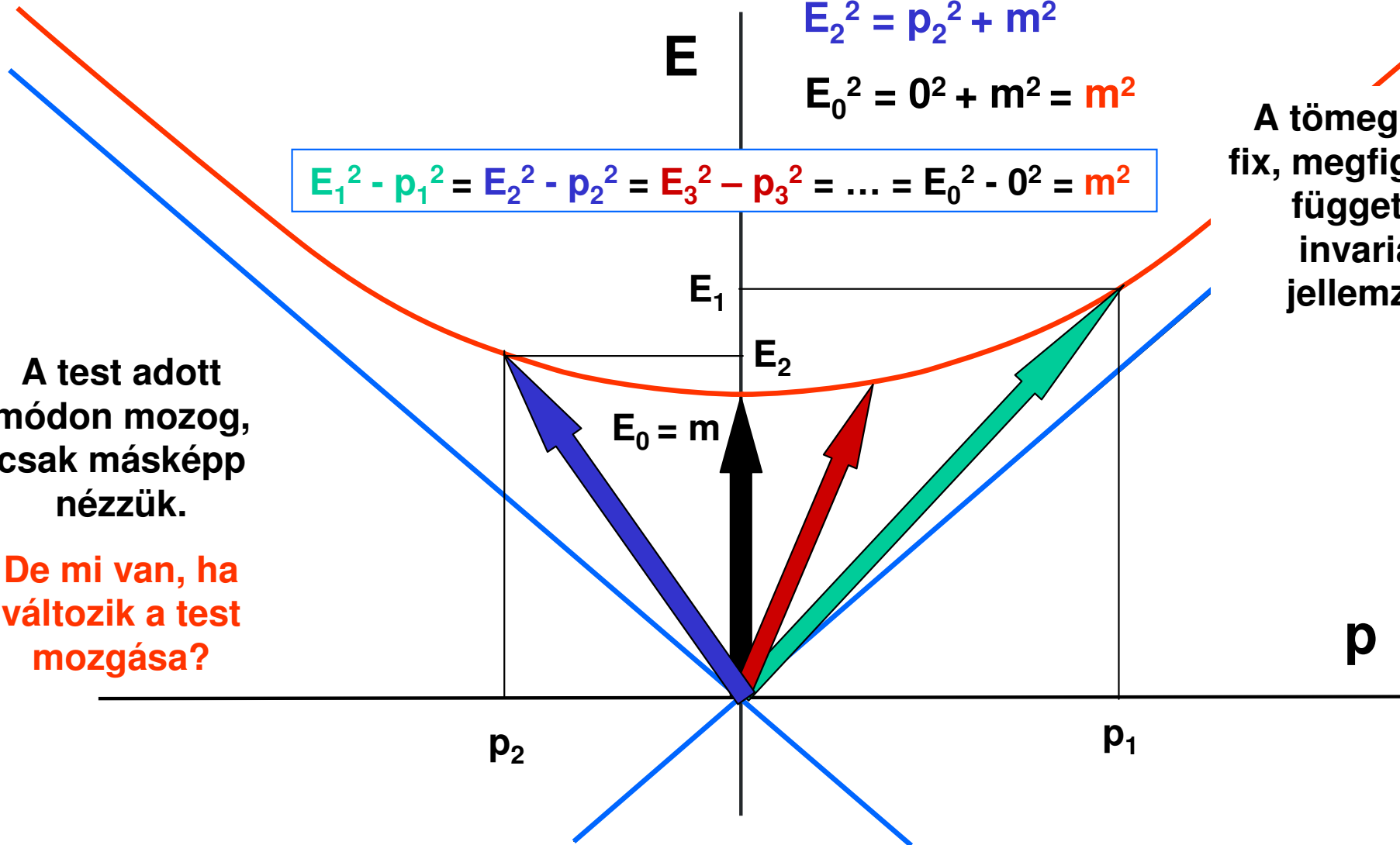
$$E_0^2 = 0^2 + m^2 = m^2$$

$$E_1^2 - p_1^2 = E_2^2 - p_2^2 = E_3^2 - p_3^2 = \dots = E_0^2 - 0^2 = m^2$$

A tömeg a test fix, megfigyelőtől független, invariáns jellemzője.

A test adott módon mozog, csak másképp nézzük.

De mi van, ha változik a test mozgása?



**De mi van, ha  
változik a test  
mozgása?**



# Az erő

De mi van, ha  
változik a test  
mozgása?



# Az erő (a környezettel való kölcsönhatás)

De mi van, ha  
változik a test  
mozgása?



Az **erő** (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát

De mi van, ha  
változik a test  
mozgása?



Az **erő** (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát

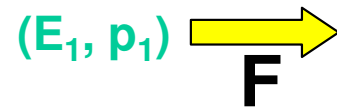
$(E_1, p_1)$

De mi van, ha  
változik a test  
mozgása?





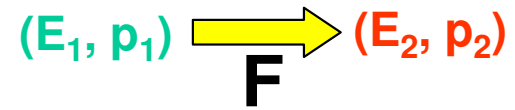
Az **erő** (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát



De mi van, ha  
változik a test  
mozgása?



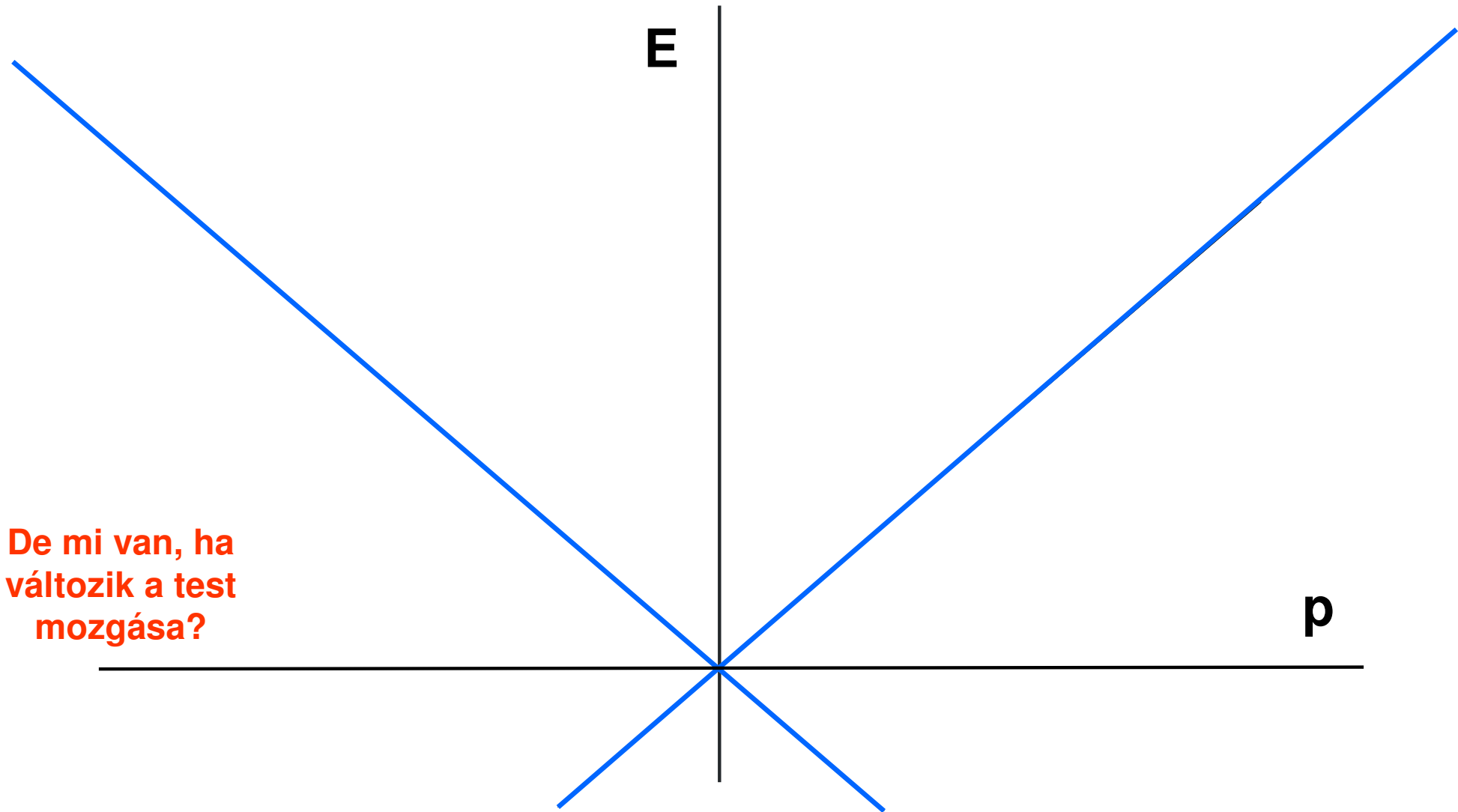
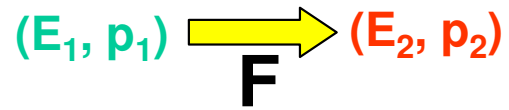
Az **erő** (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát



De mi van, ha  
változik a test  
mozgása?



Az **erő** (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát

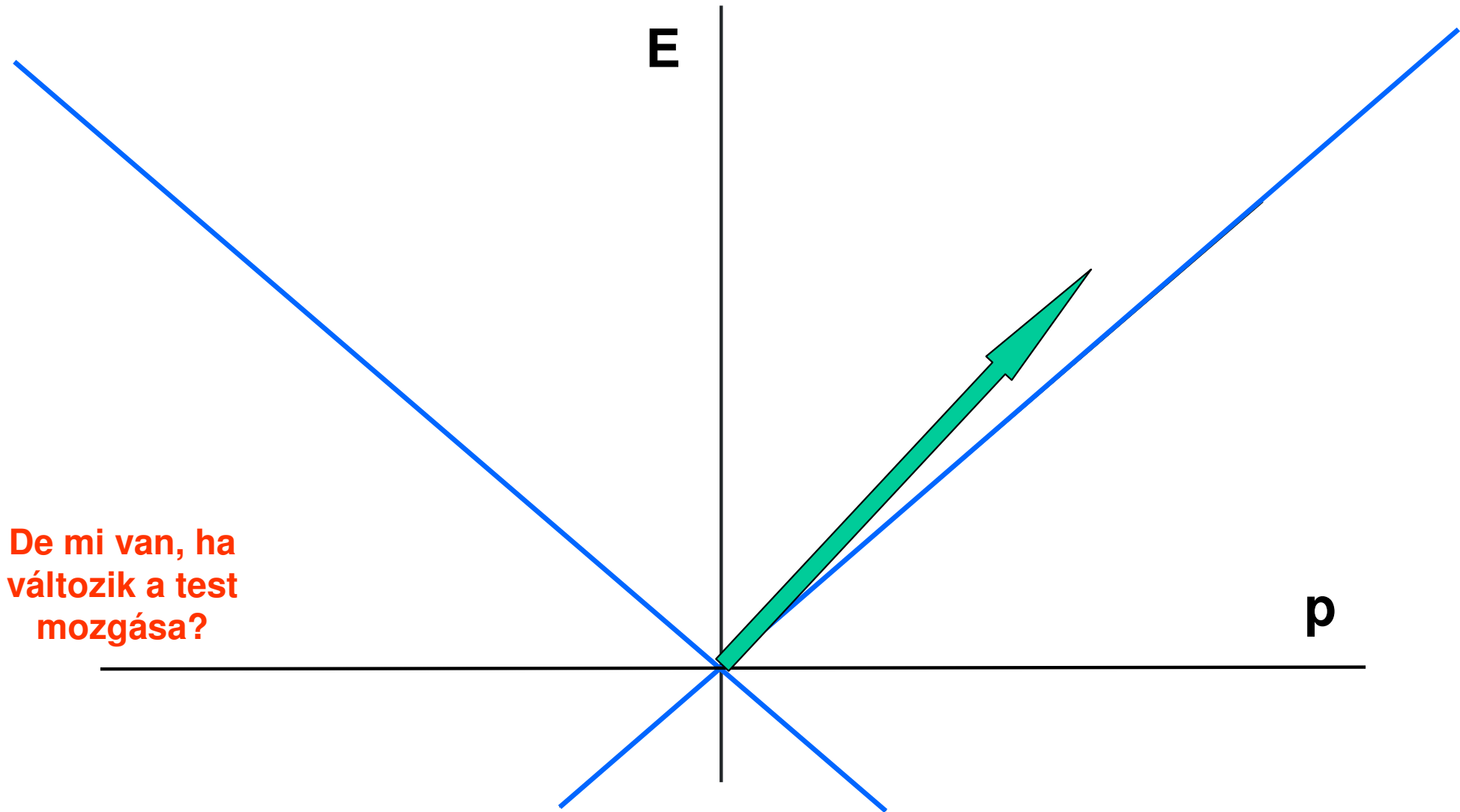


De mi van, ha  
változik a test  
mozgása?



Az **erő** (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát

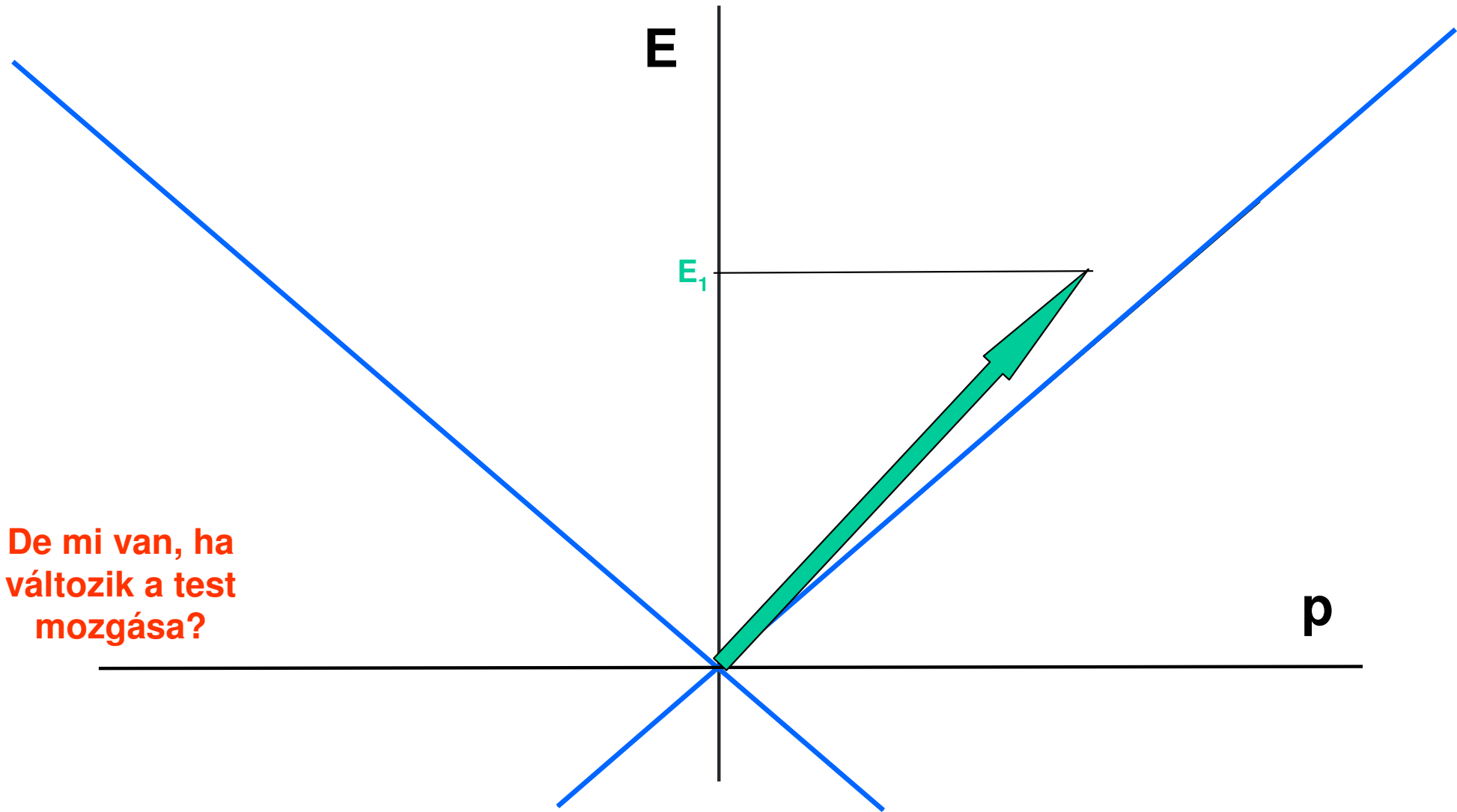
$$(E_1, p_1) \xrightarrow{\mathbf{F}} (E_2, p_2)$$



De mi van, ha  
változik a test  
mozgása?

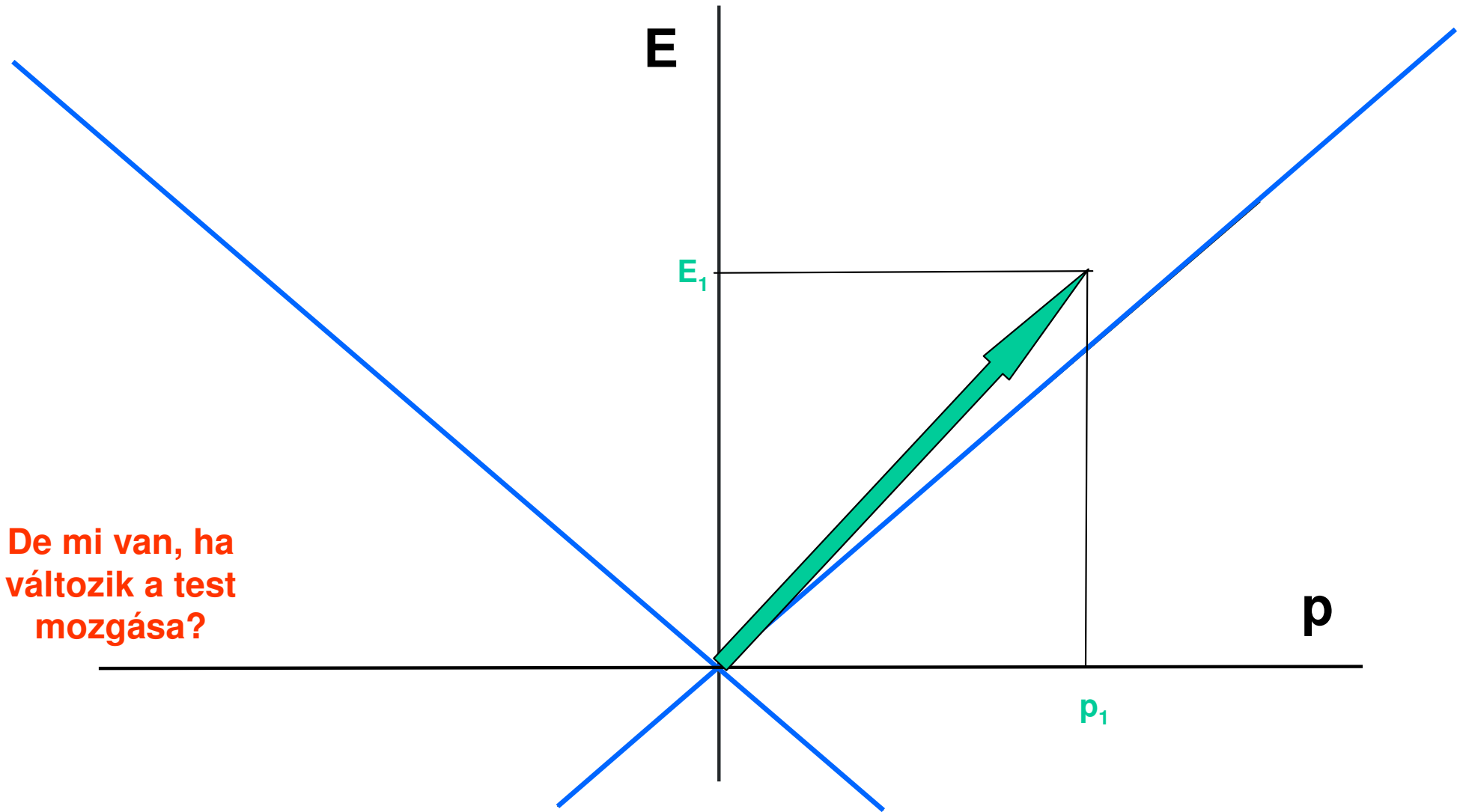
Az **erő** (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát

$$(E_1, p_1) \xrightarrow{\mathbf{F}} (E_2, p_2)$$



Az **erő** (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát

$$(E_1, p_1) \xrightarrow{\mathbf{F}} (E_2, p_2)$$

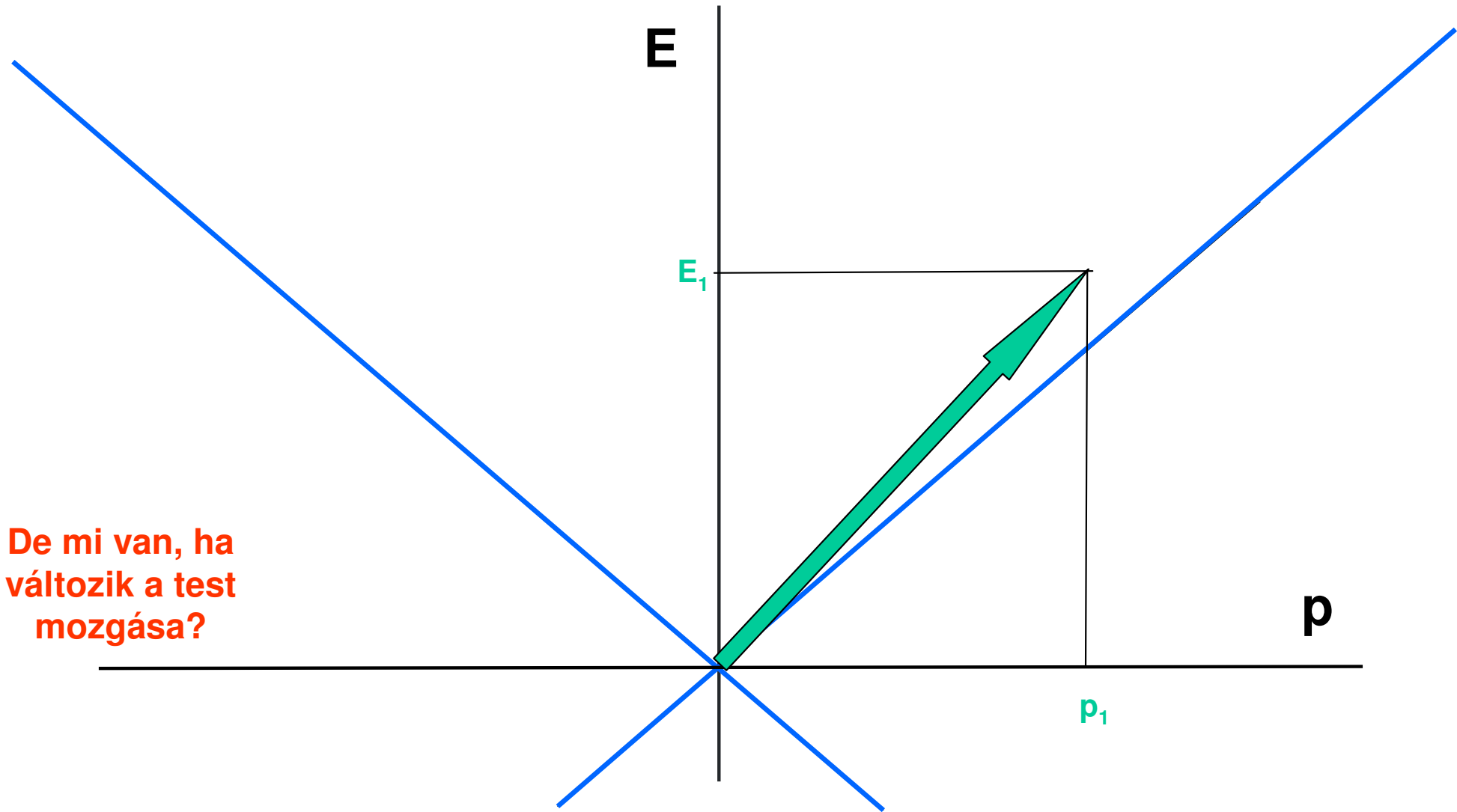


De mi van, ha  
változik a test  
mozgása?

Az **erő** (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát

$$(E_1, p_1) \xrightarrow{\mathbf{F}} (E_2, p_2)$$

$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$

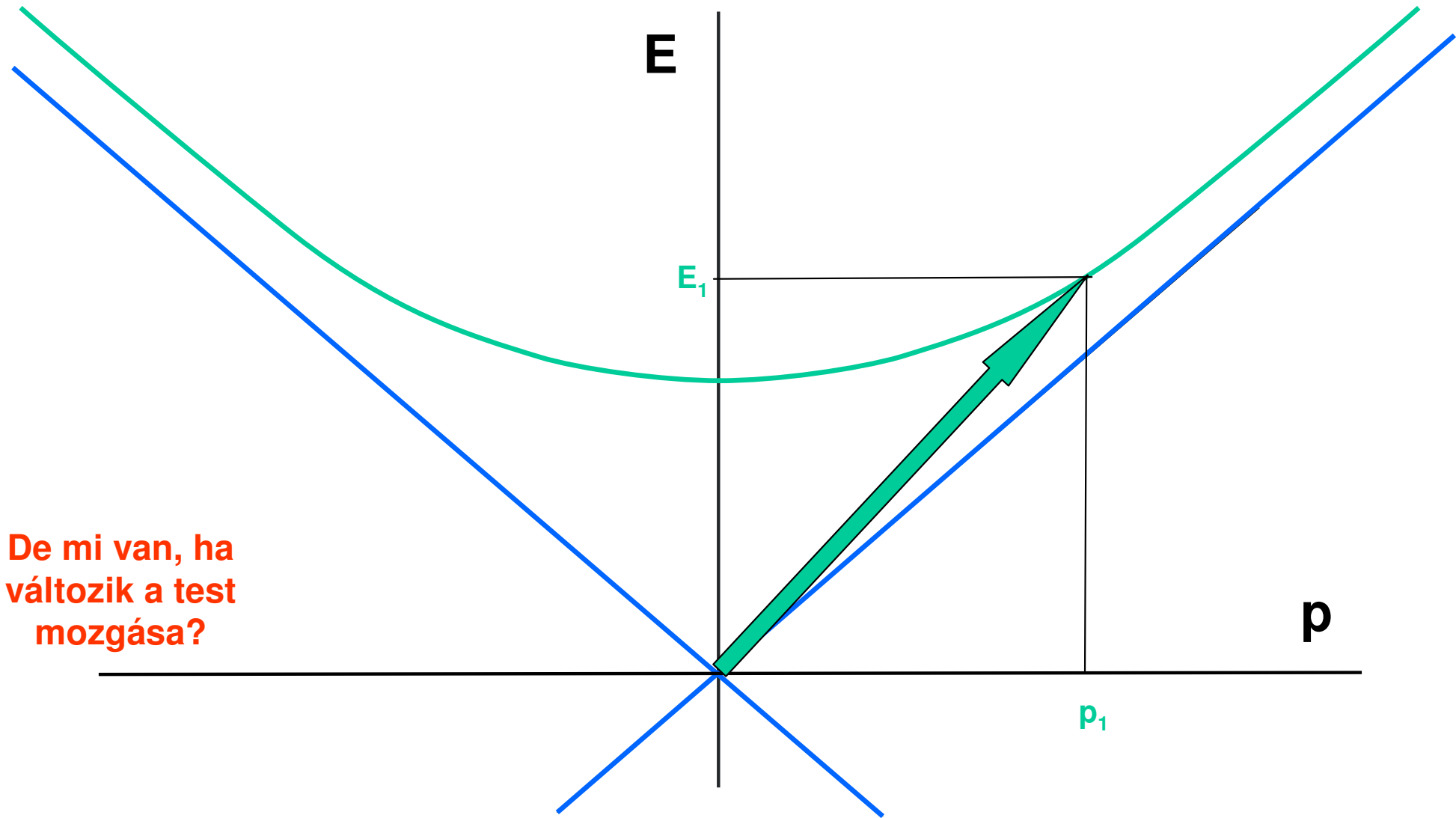


De mi van, ha  
változik a test  
mozgása?

# Az erő (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát

$$(E_1, p_1) \xrightarrow{\mathbf{F}} (E_2, p_2)$$

$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$



De mi van, ha  
változik a test  
mozgása?

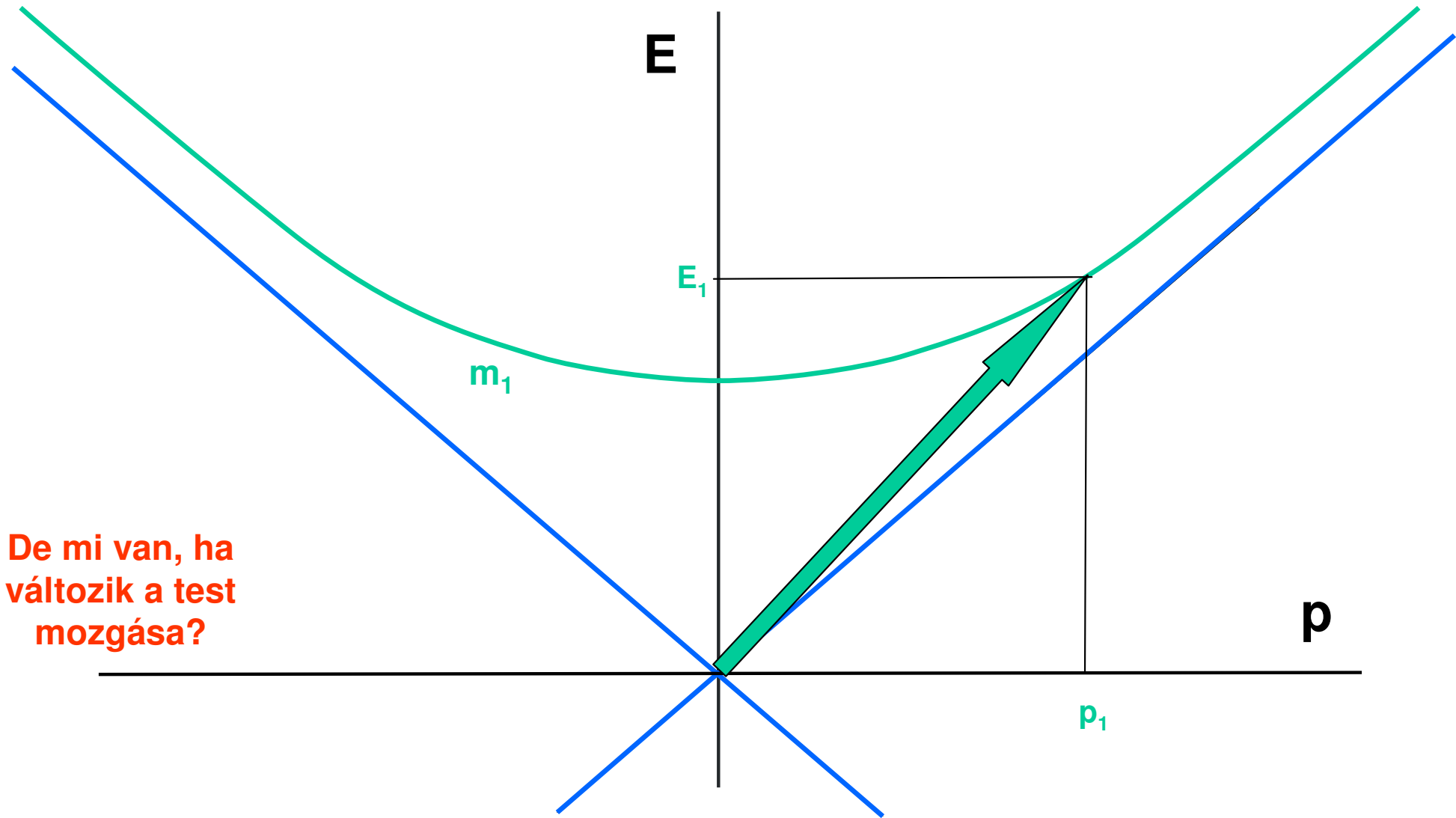




# Az erő (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát

$$(E_1, p_1) \xrightarrow{\mathbf{F}} (E_2, p_2)$$

$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$

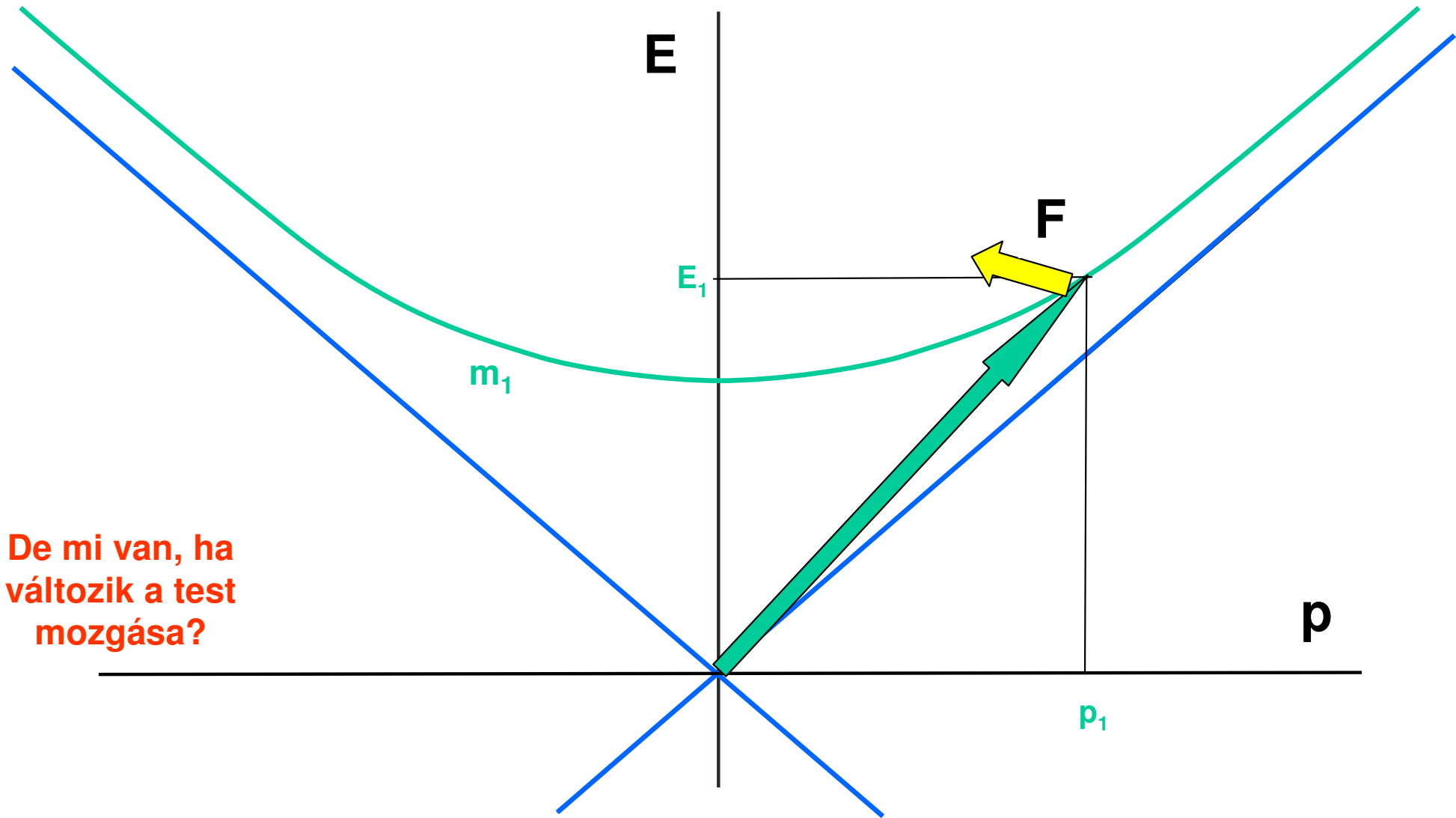


De mi van, ha  
változik a test  
mozgása?

Az **erő** (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát

$$(E_1, p_1) \xrightarrow{\mathbf{F}} (E_2, p_2)$$

$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$

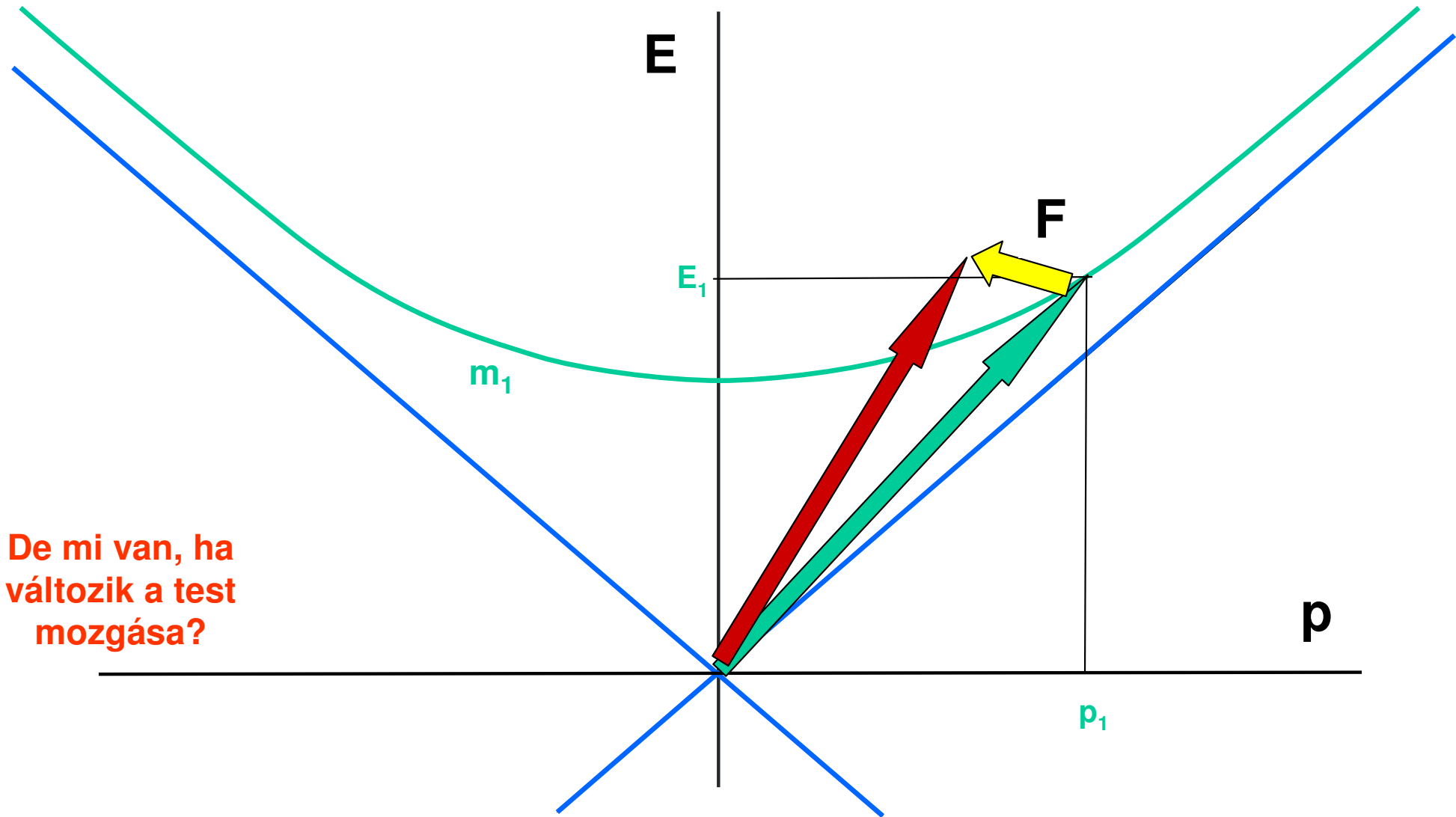


De mi van, ha  
változik a test  
mozgása?

# Az erő (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát

$$(E_1, p_1) \xrightarrow{F} (E_2, p_2)$$

$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$

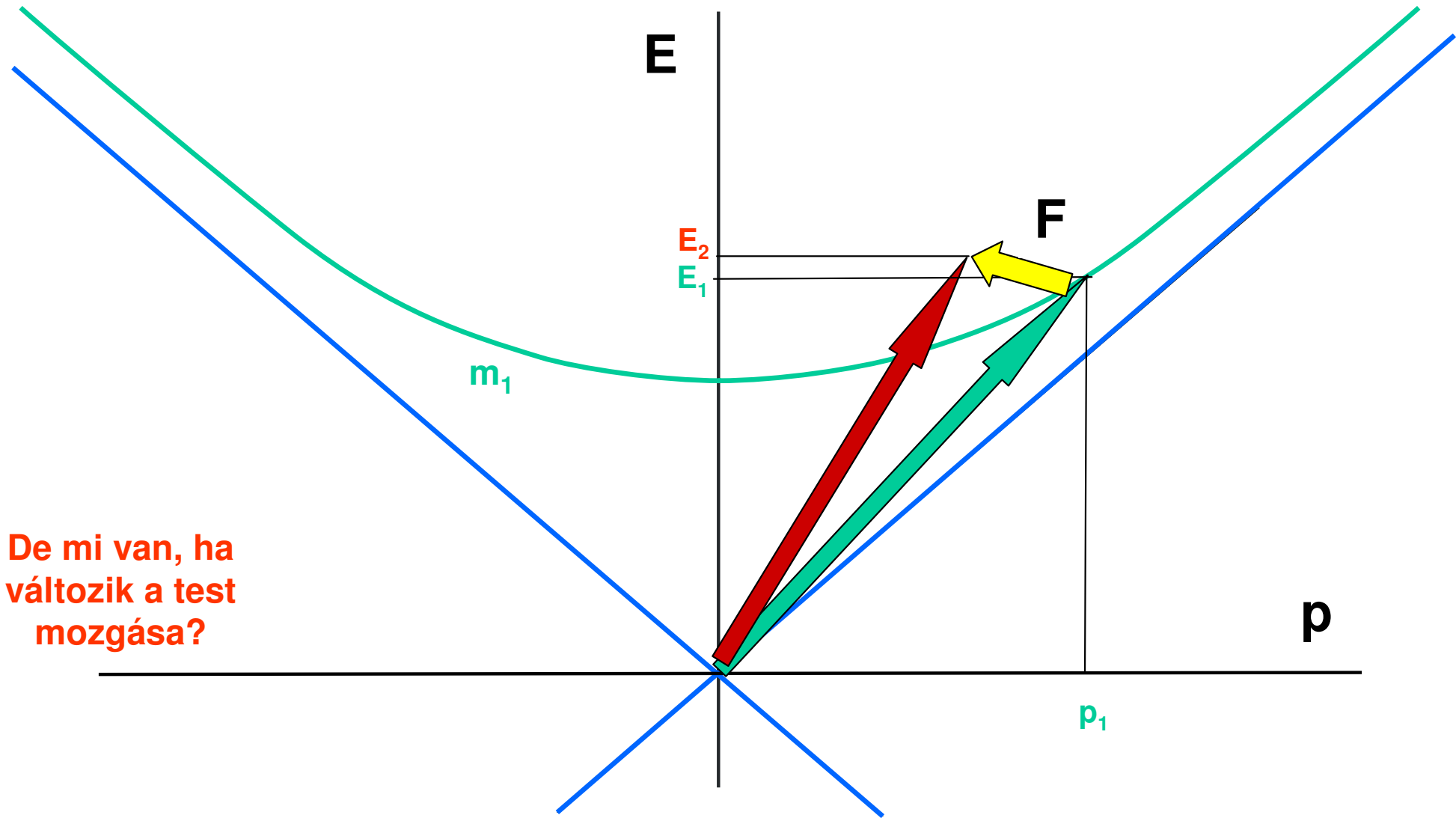


De mi van, ha változik a test mozgása?

# Az erő (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát

$$(E_1, p_1) \xrightarrow{\mathbf{F}} (E_2, p_2)$$

$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$

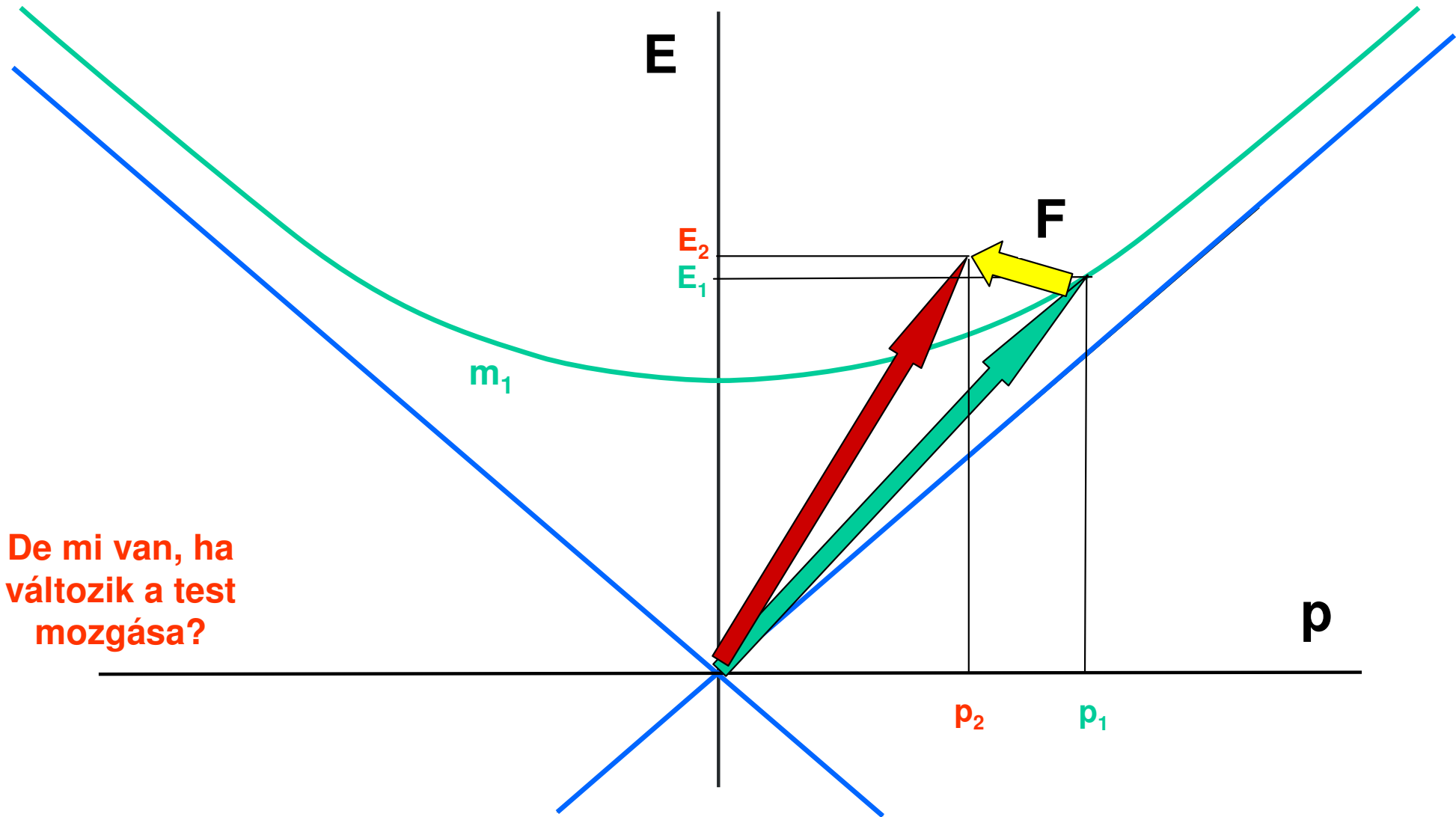


De mi van, ha  
változik a test  
mozgása?

# Az erő (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát

$$(E_1, p_1) \xrightarrow{\mathbf{F}} (E_2, p_2)$$

$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$



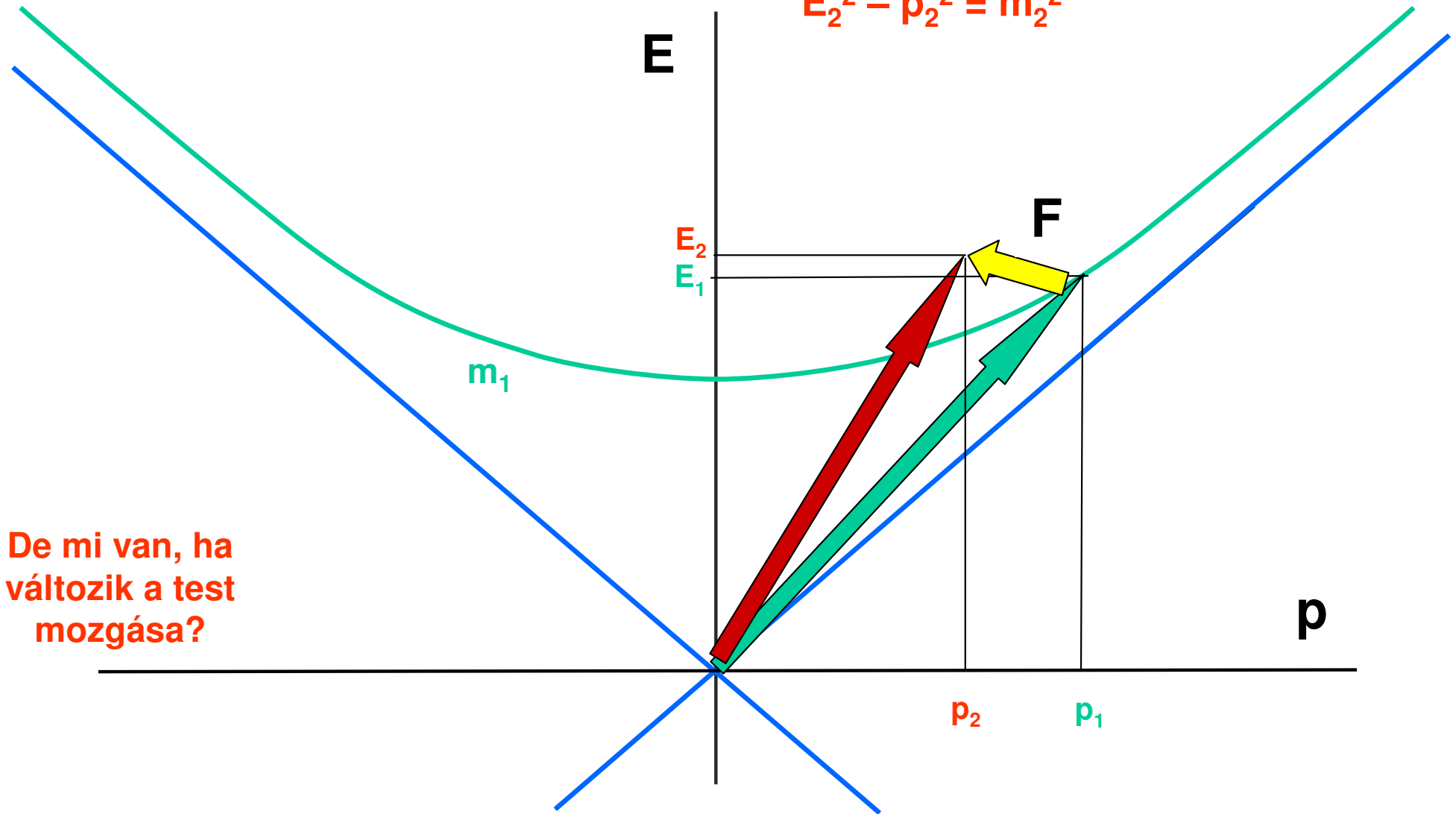
De mi van, ha  
változik a test  
mozgása?

# Az erő (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát

$$(E_1, p_1) \xrightarrow{\mathbf{F}} (E_2, p_2)$$

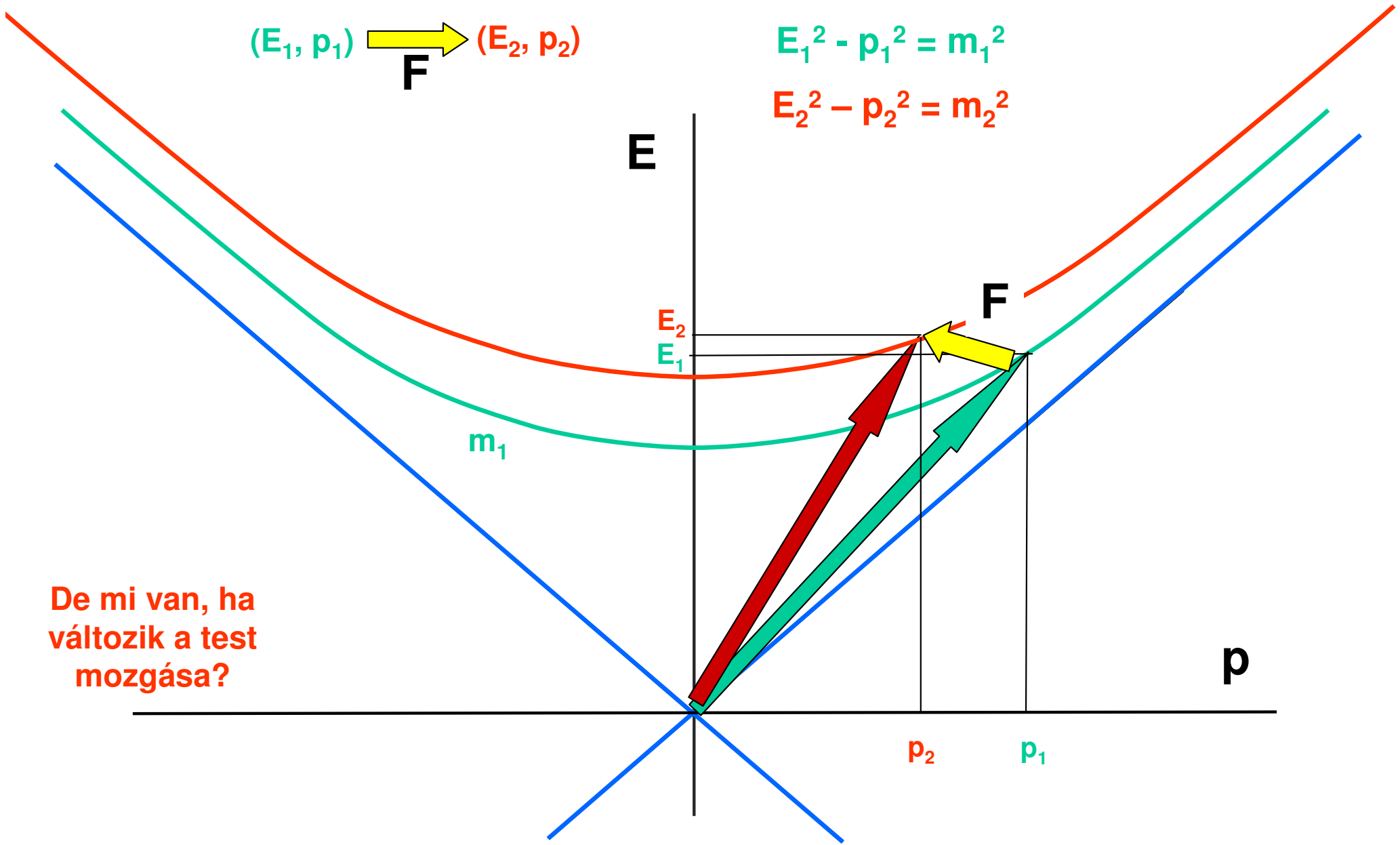
$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$

$$E_2^2 - p_2^2 = m_2^2$$



De mi van, ha változik a test mozgása?

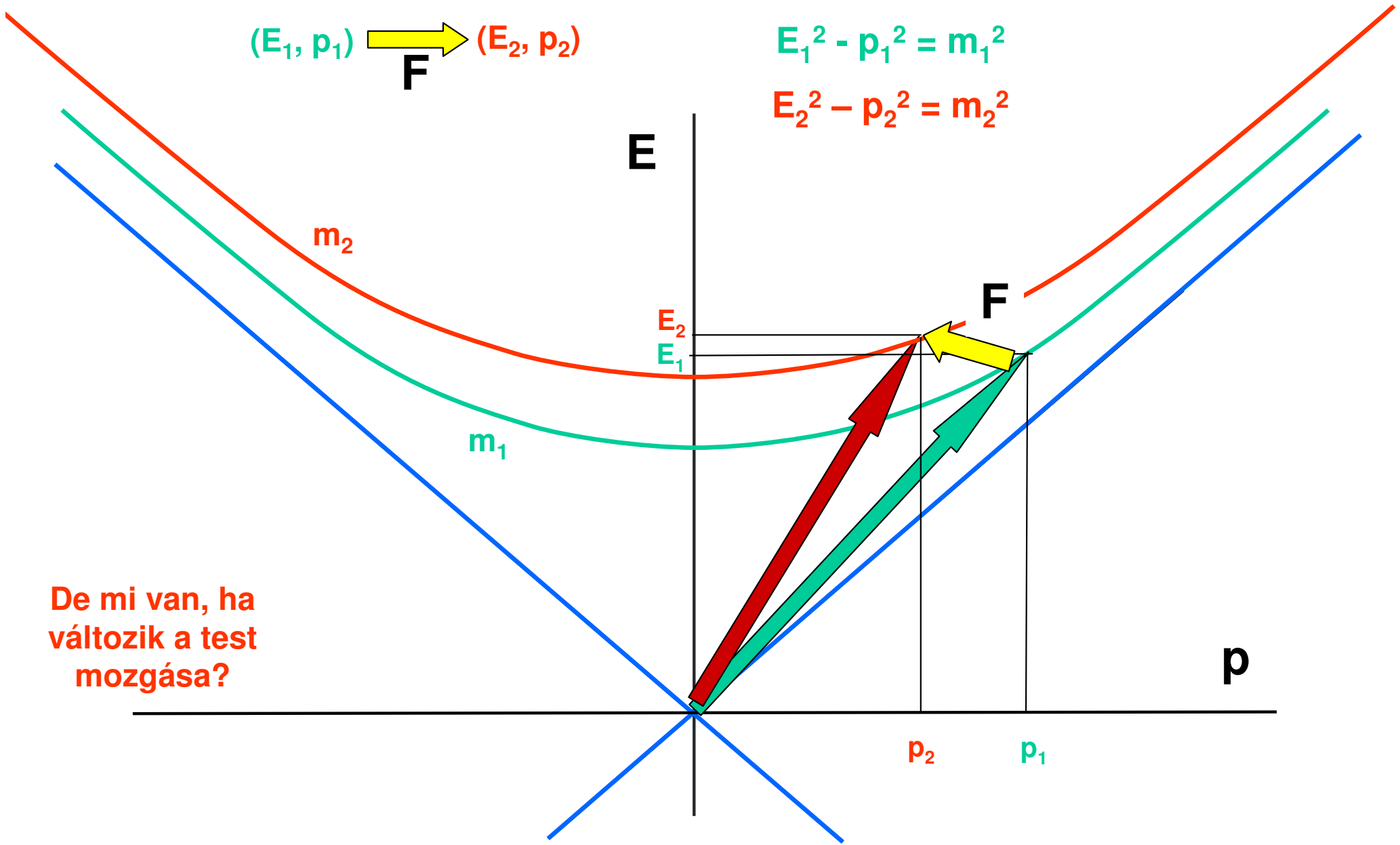
# Az erő (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát



De mi van, ha változik a test mozgása?



# Az erő (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát

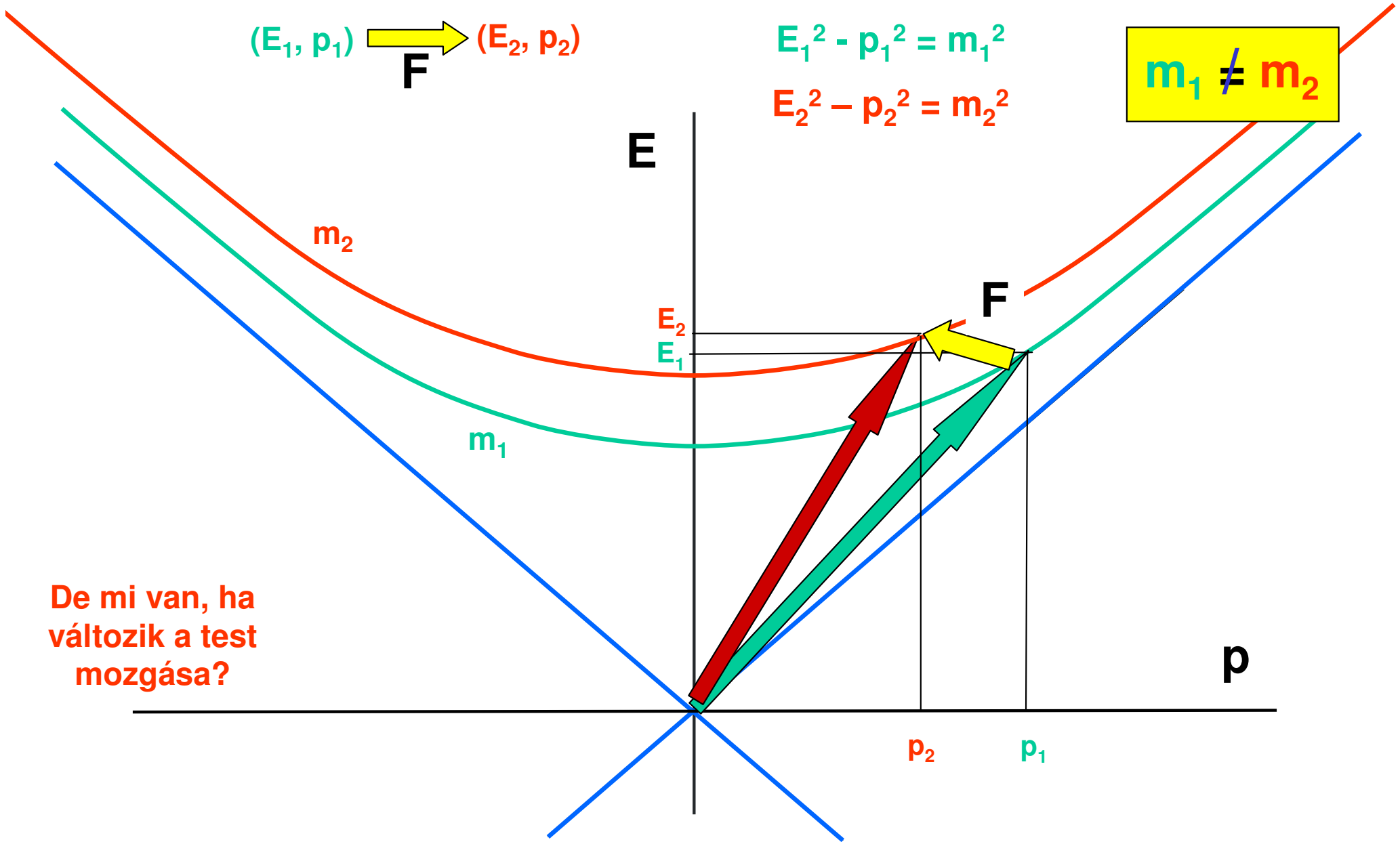


De mi van, ha változik a test mozgása?



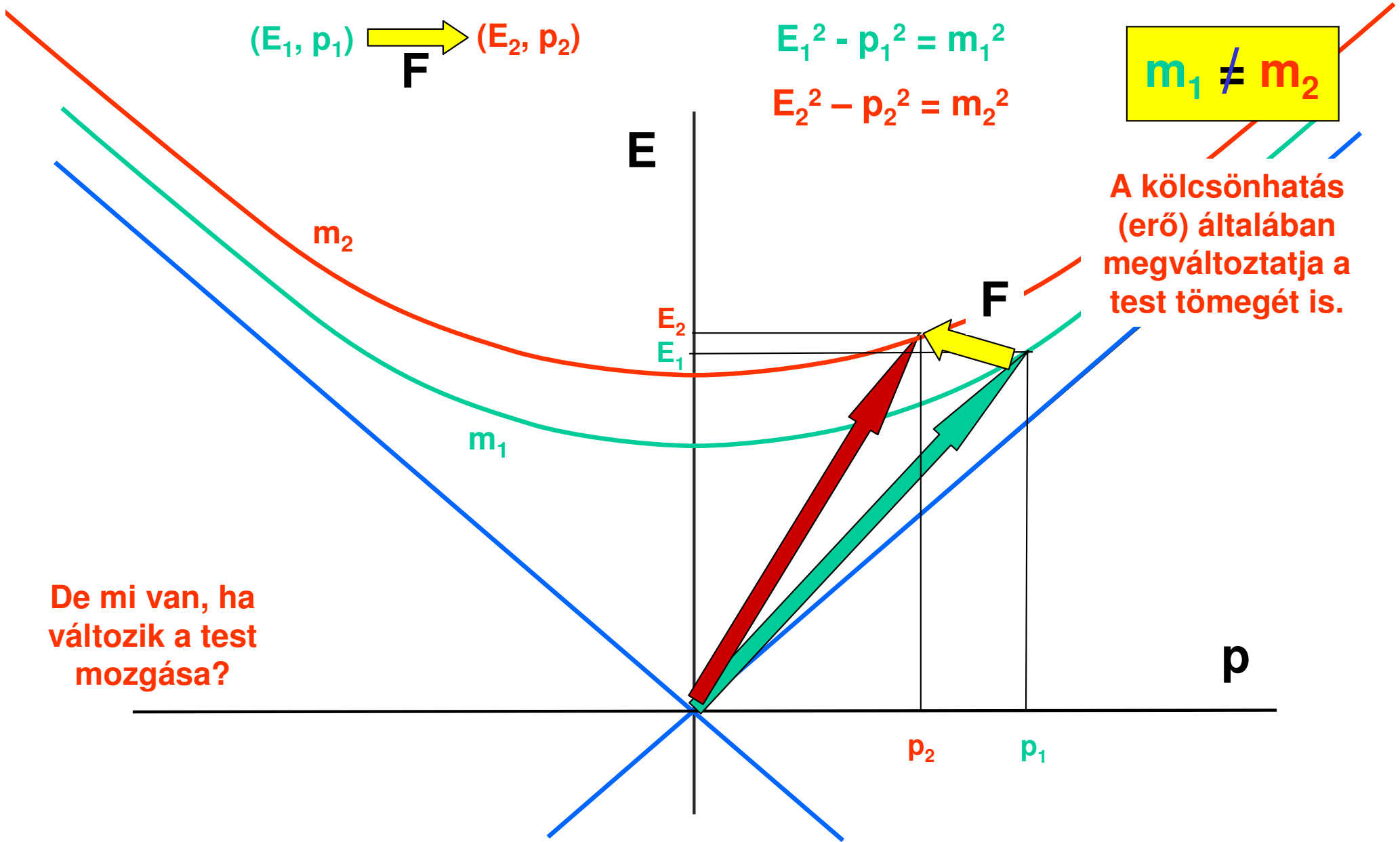


# Az erő (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát

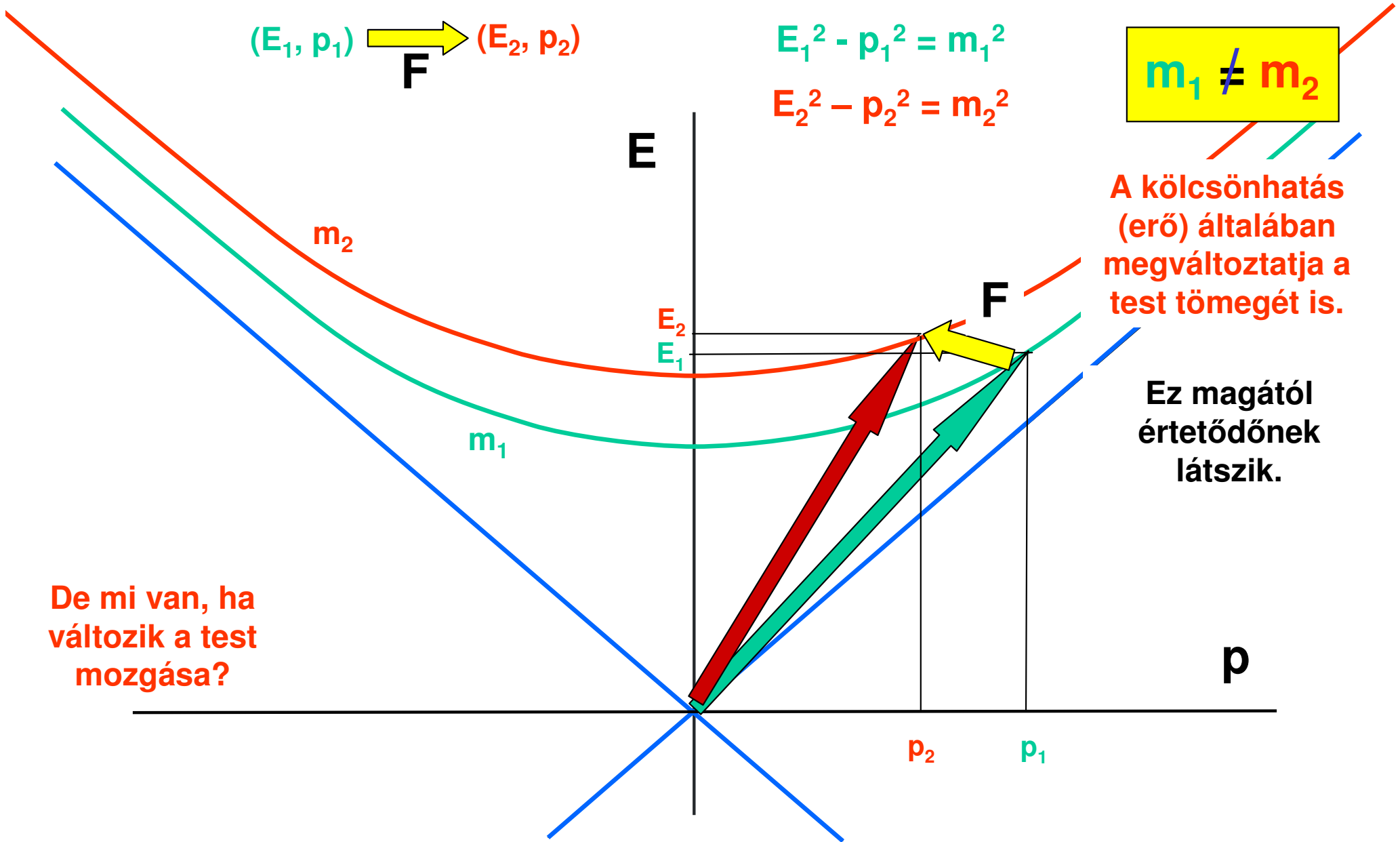


De mi van, ha változik a test mozgása?

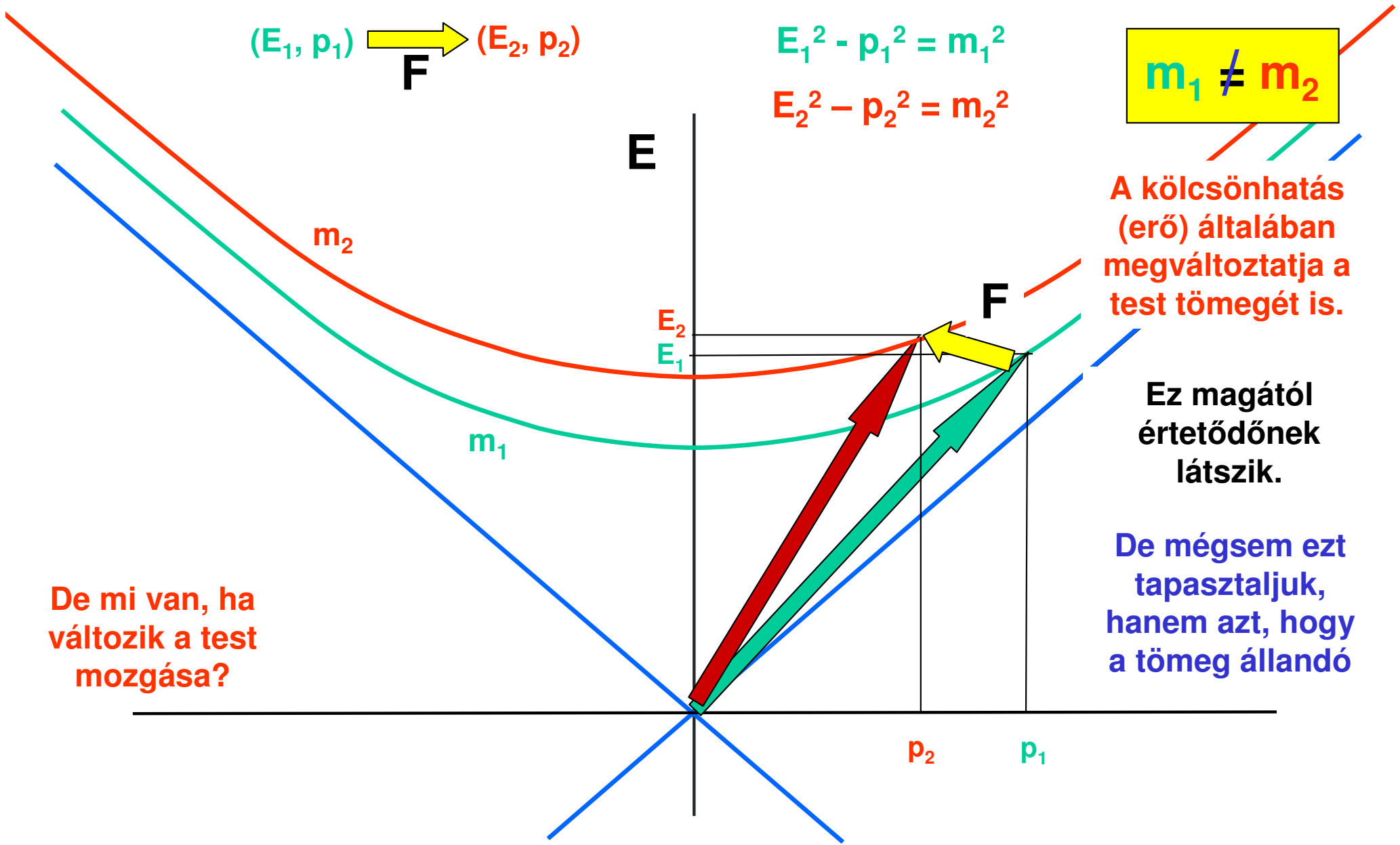
# Az erő (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát



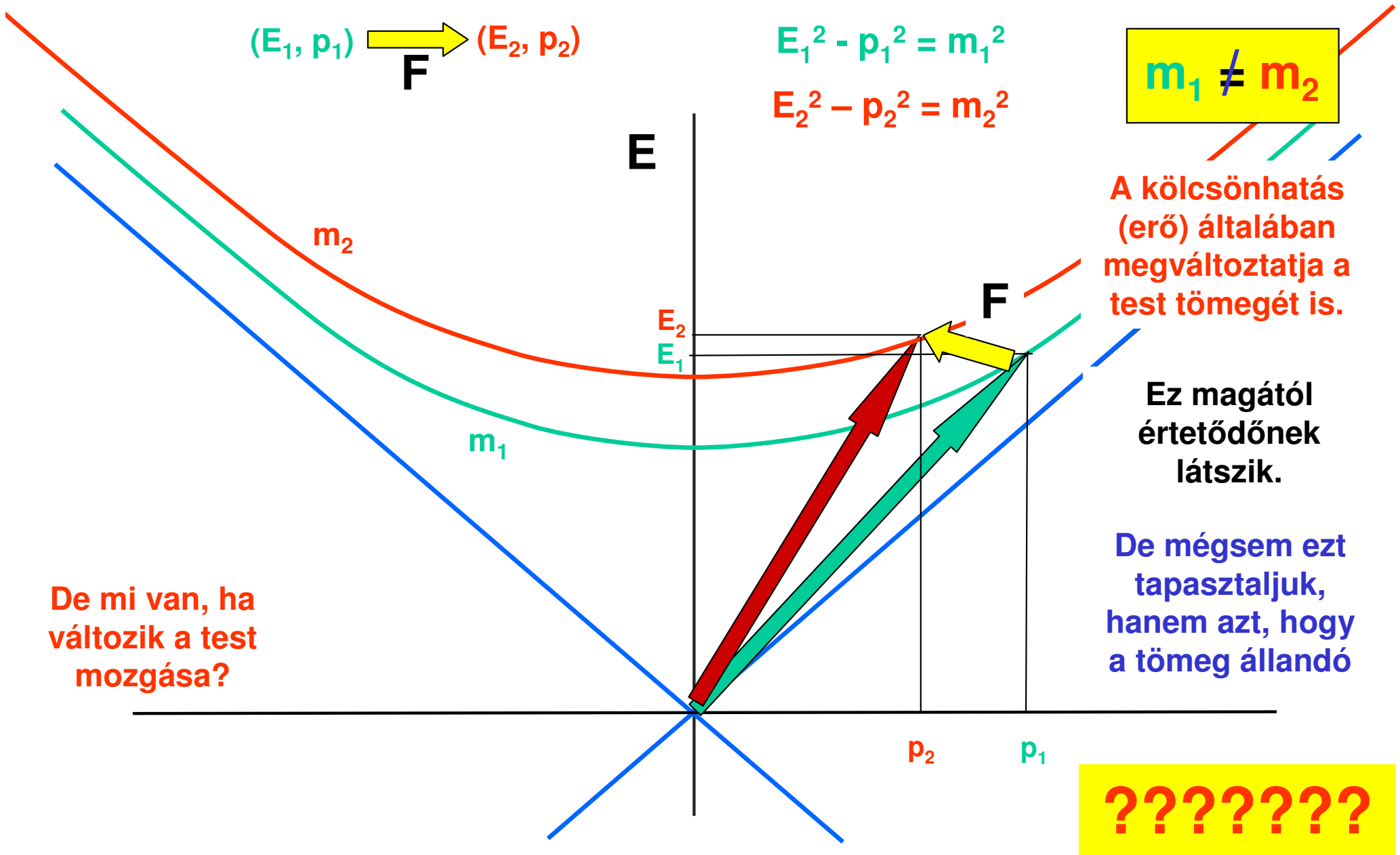
# Az erő (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát



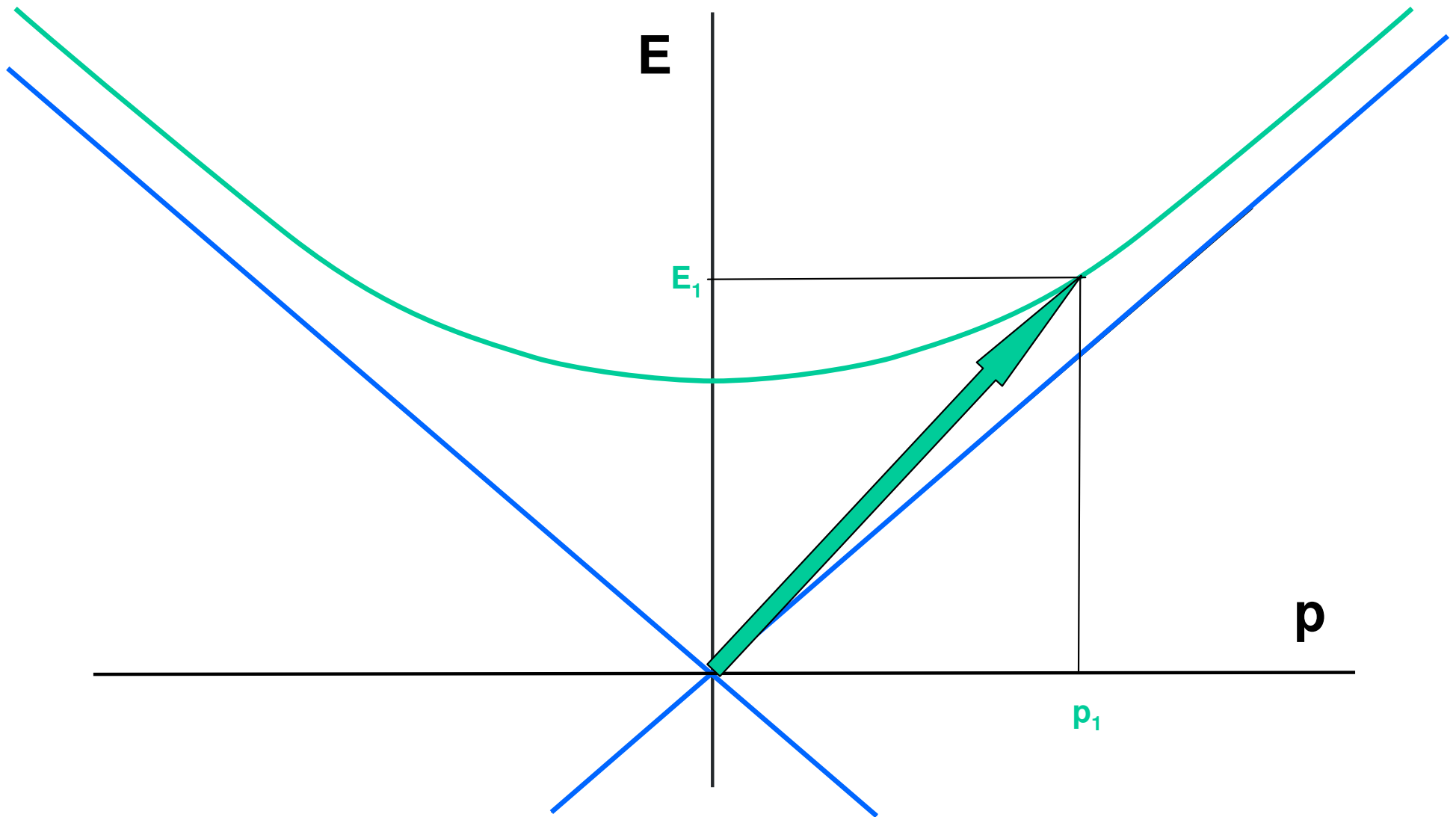
# Az erő (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát



# Az erő (a környezettel való kölcsönhatás) megváltoztatja a test állapotát

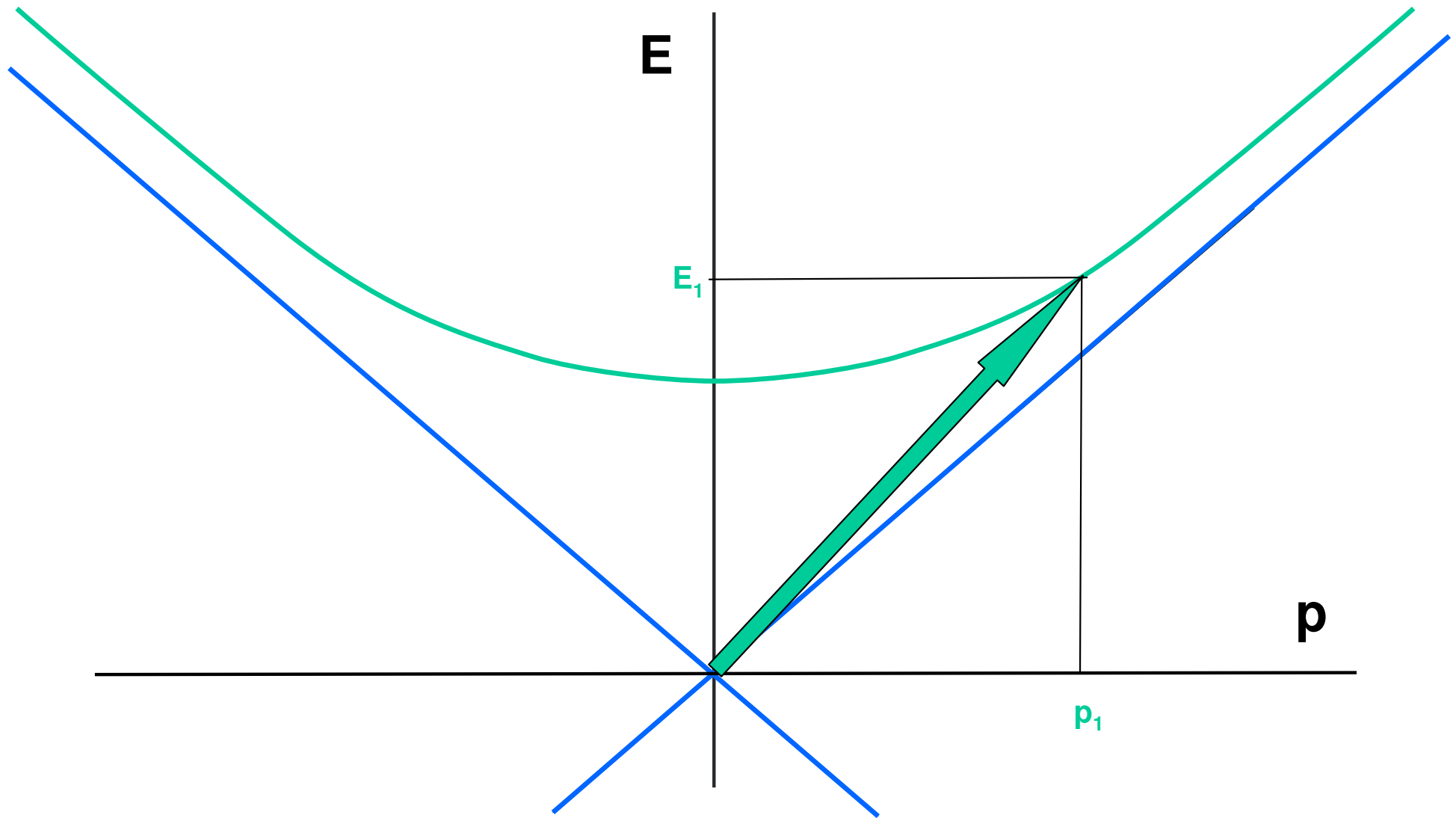


$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$



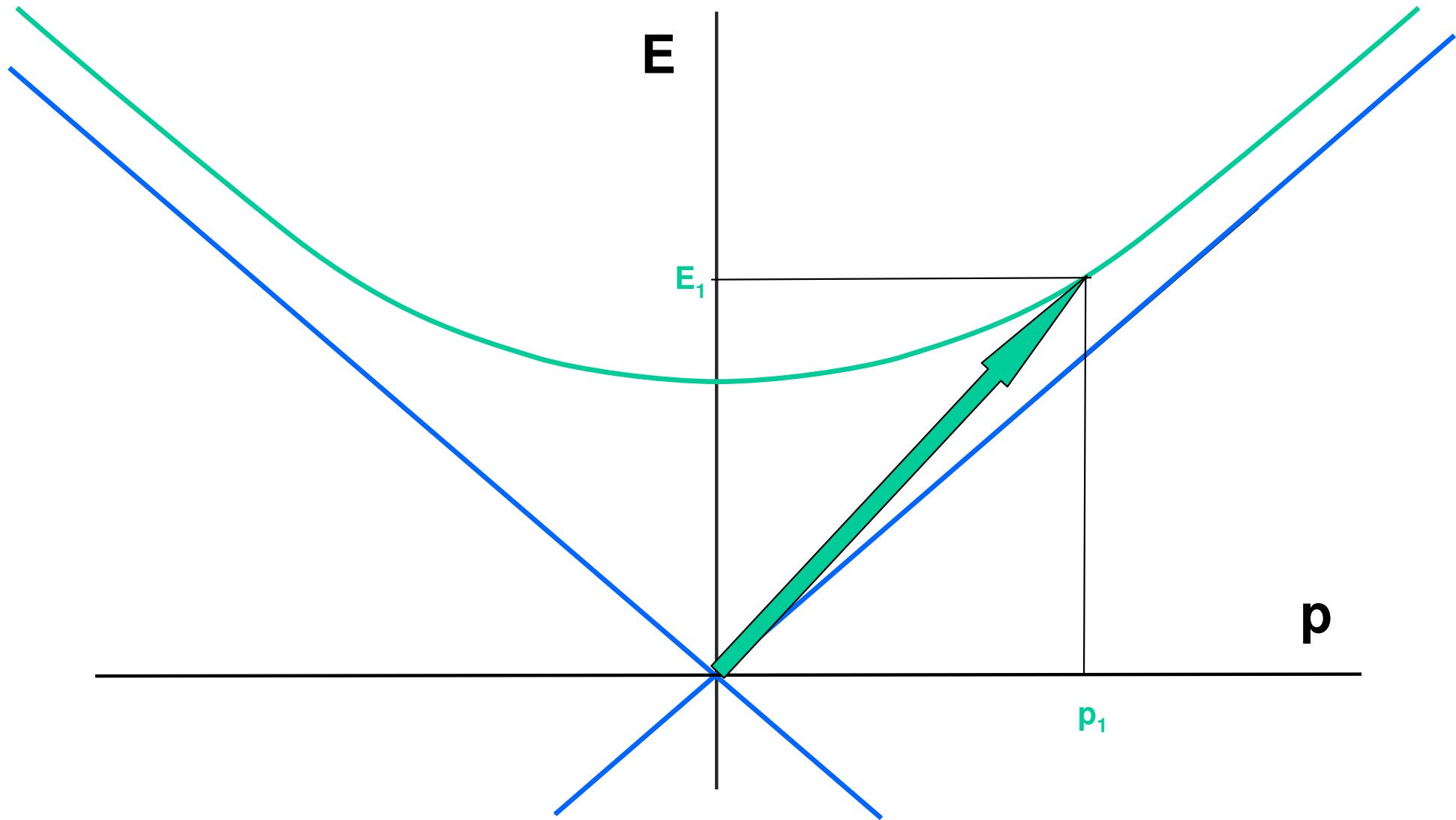
# Létezik olyan **erő** (kölsönhatás)

$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$



Létezik olyan **erő** (köölcsönhatás), amely ugyanazon a hiperbolán hagyja az  $(E, p)$  vektor végpontját

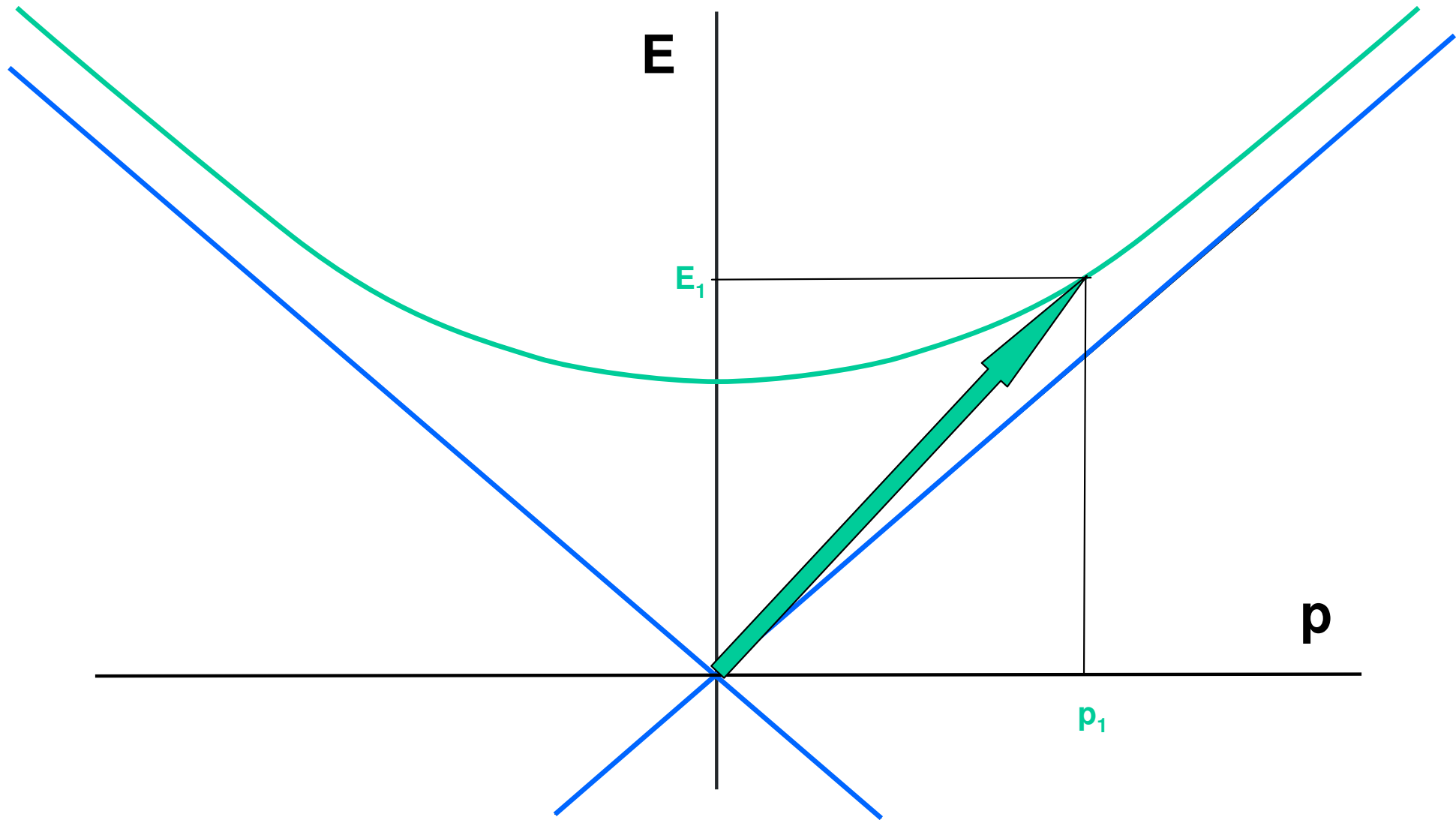
$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$





Létezik olyan **erő** (kölcsönhatás), amely ugyanazon a hiperbolán hagyja az  $(E, p)$  vektor végpontját, azaz nem változtatja meg a tömeget.

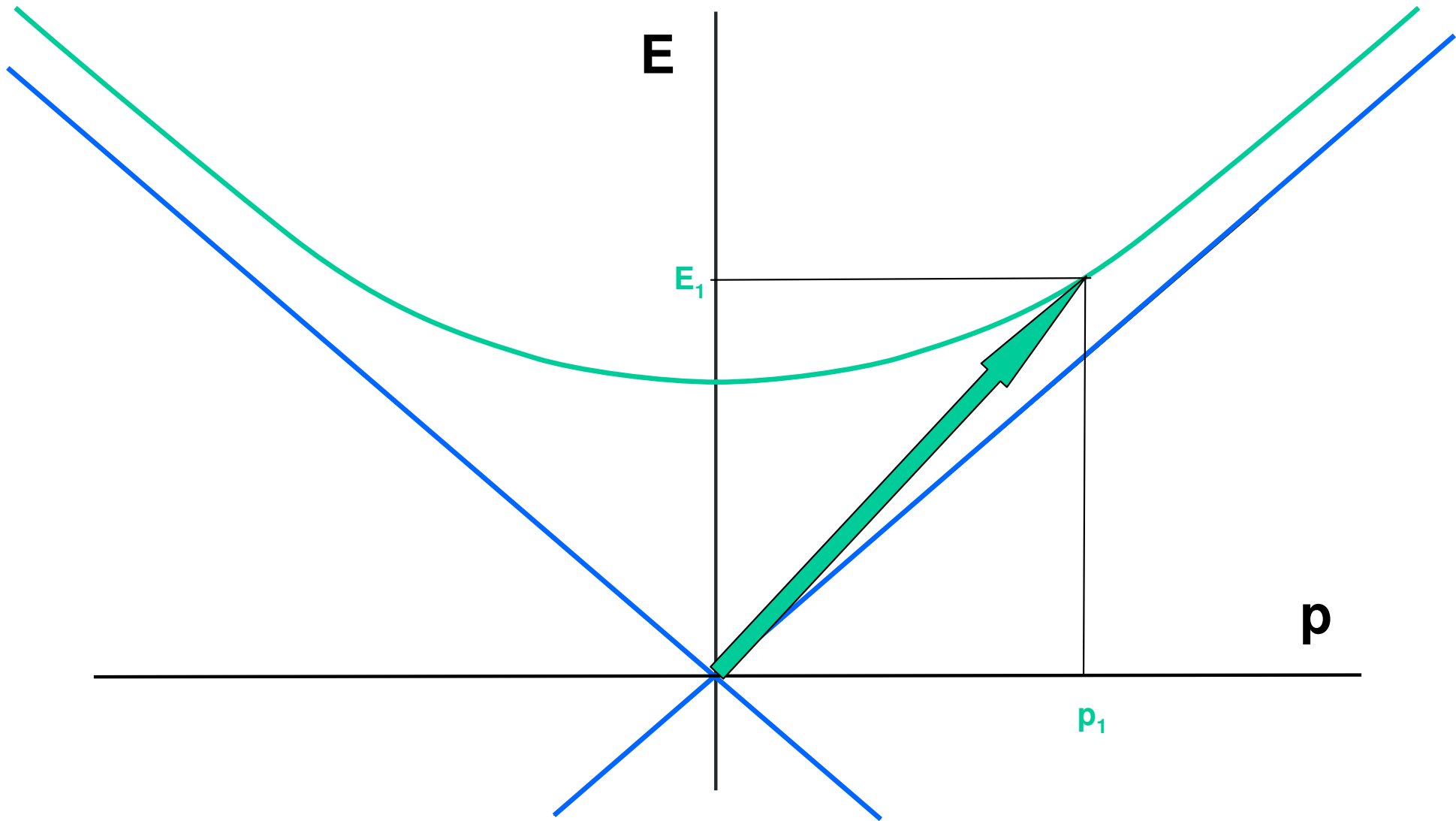
$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$



Létezik olyan **erő** (kölsönhatás), amely ugyanazon a hiperbolán hagyja az  $(E, p)$  vektor végpontját, azaz nem változtatja meg a tömeget.

$$(E_1, p_1) \xrightarrow{\mathbf{F}} (E_2, p_2)$$

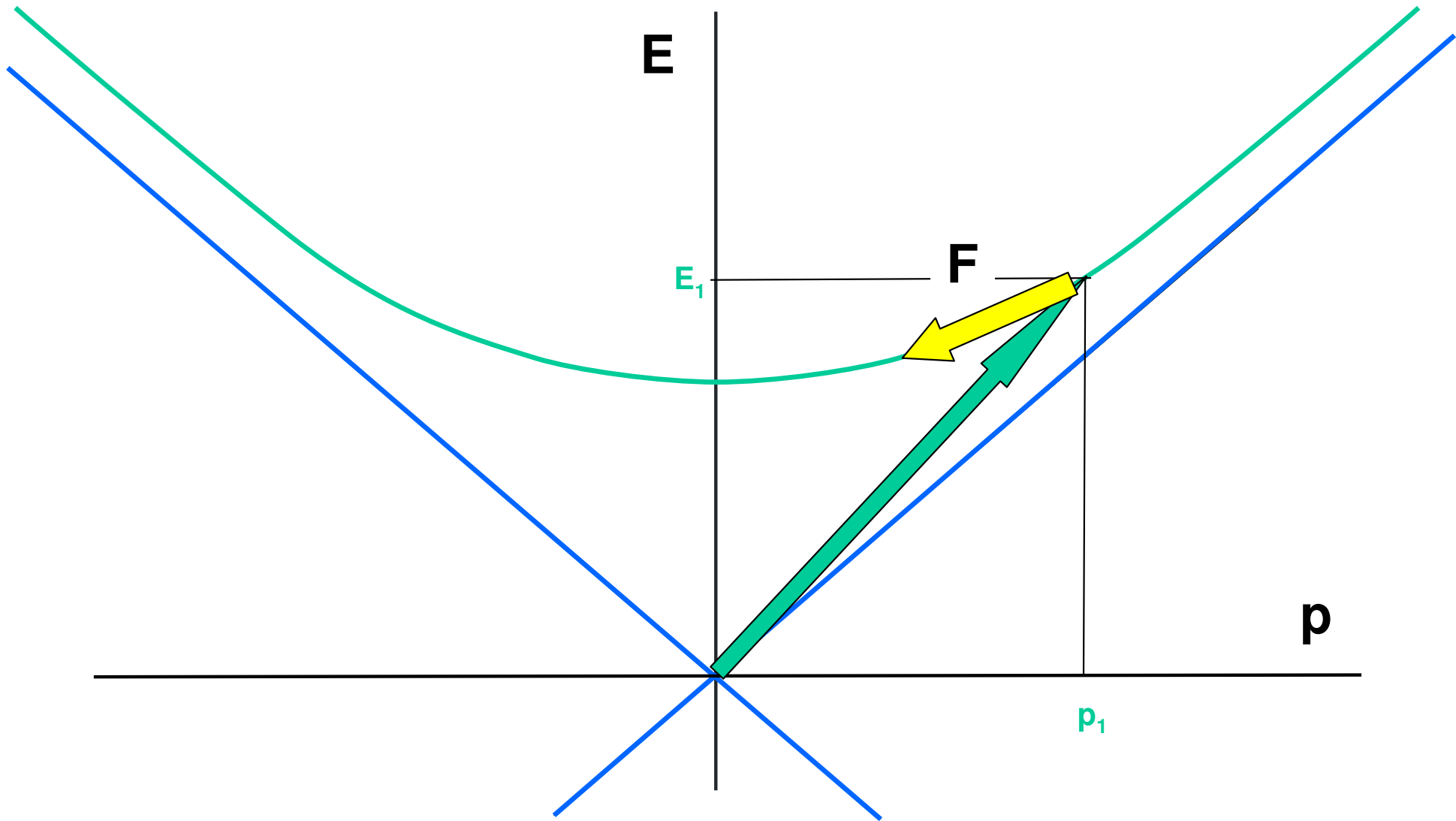
$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$



Létezik olyan **erő** (kölsönhatás), amely ugyanazon a hiperbolán hagyja az  $(E, p)$  vektor végpontját, azaz nem változtatja meg a tömeget.

$$(E_1, p_1) \xrightarrow{\mathbf{F}} (E_2, p_2)$$

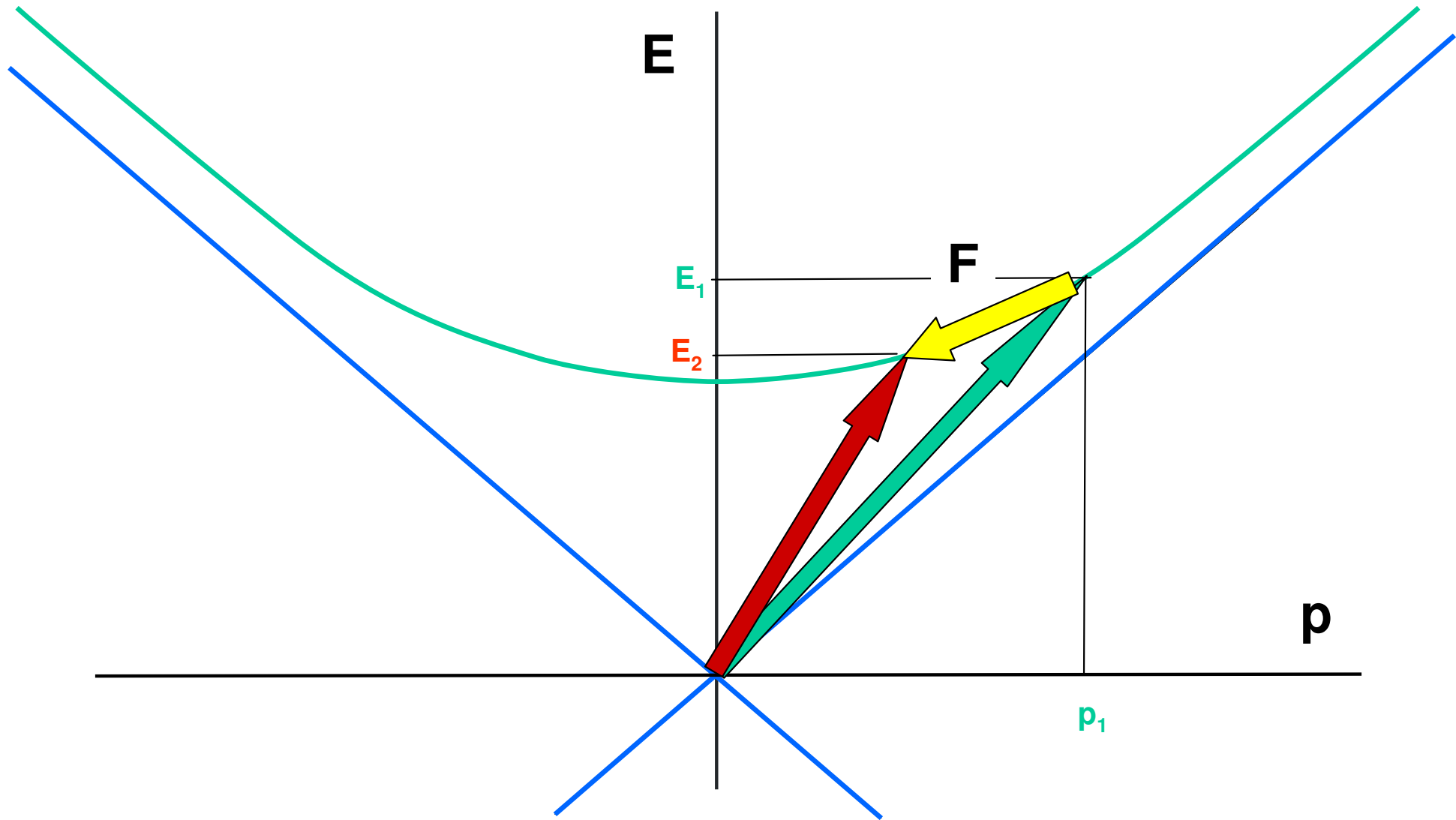
$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$



Létezik olyan **erő** (kölsönhatás), amely ugyanazon a hiperbolán hagyja az  $(E, p)$  vektor végpontját, azaz nem változtatja meg a tömeget.

$$(E_1, p_1) \xrightarrow{\mathbf{F}} (E_2, p_2)$$

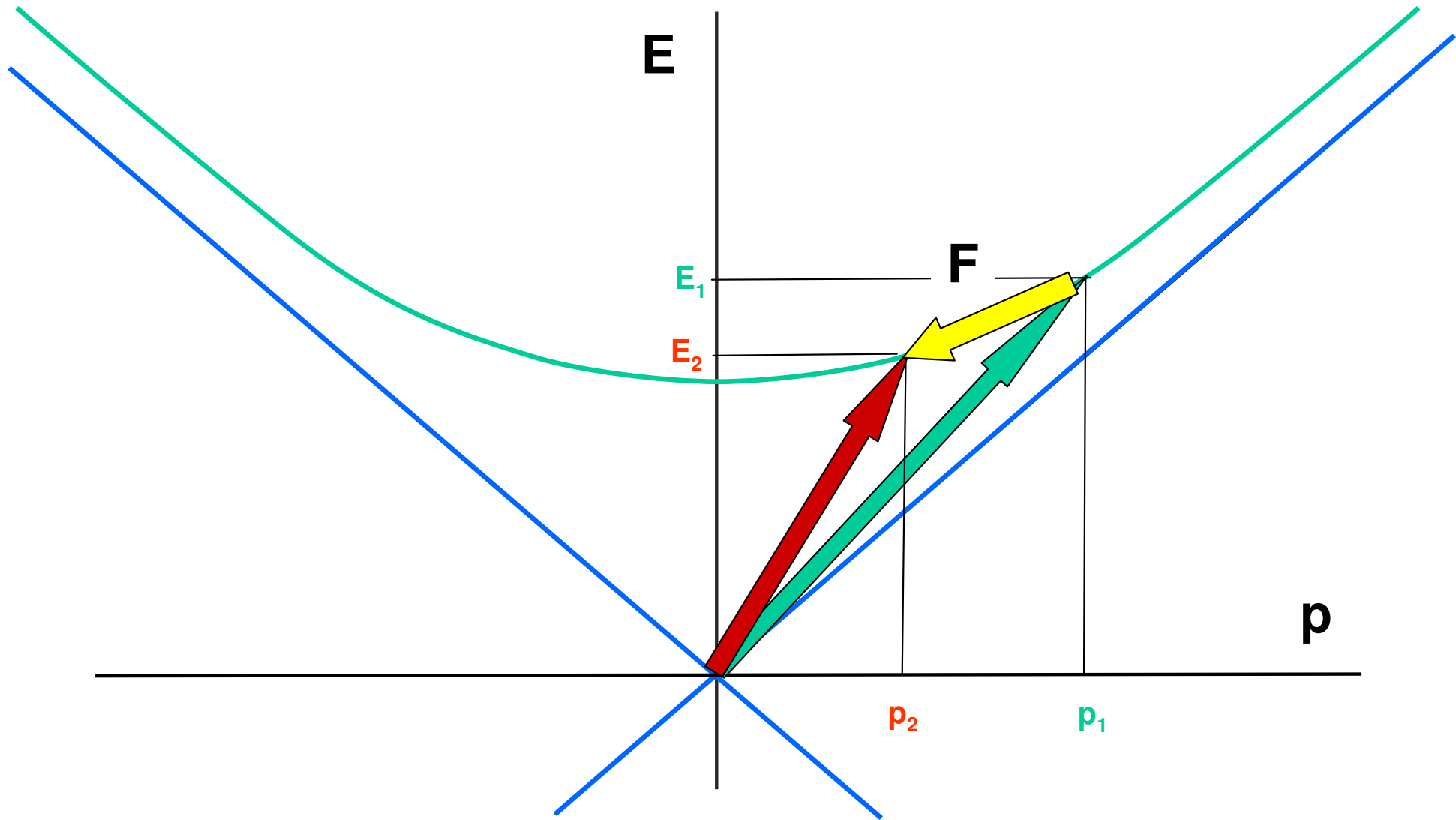
$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$



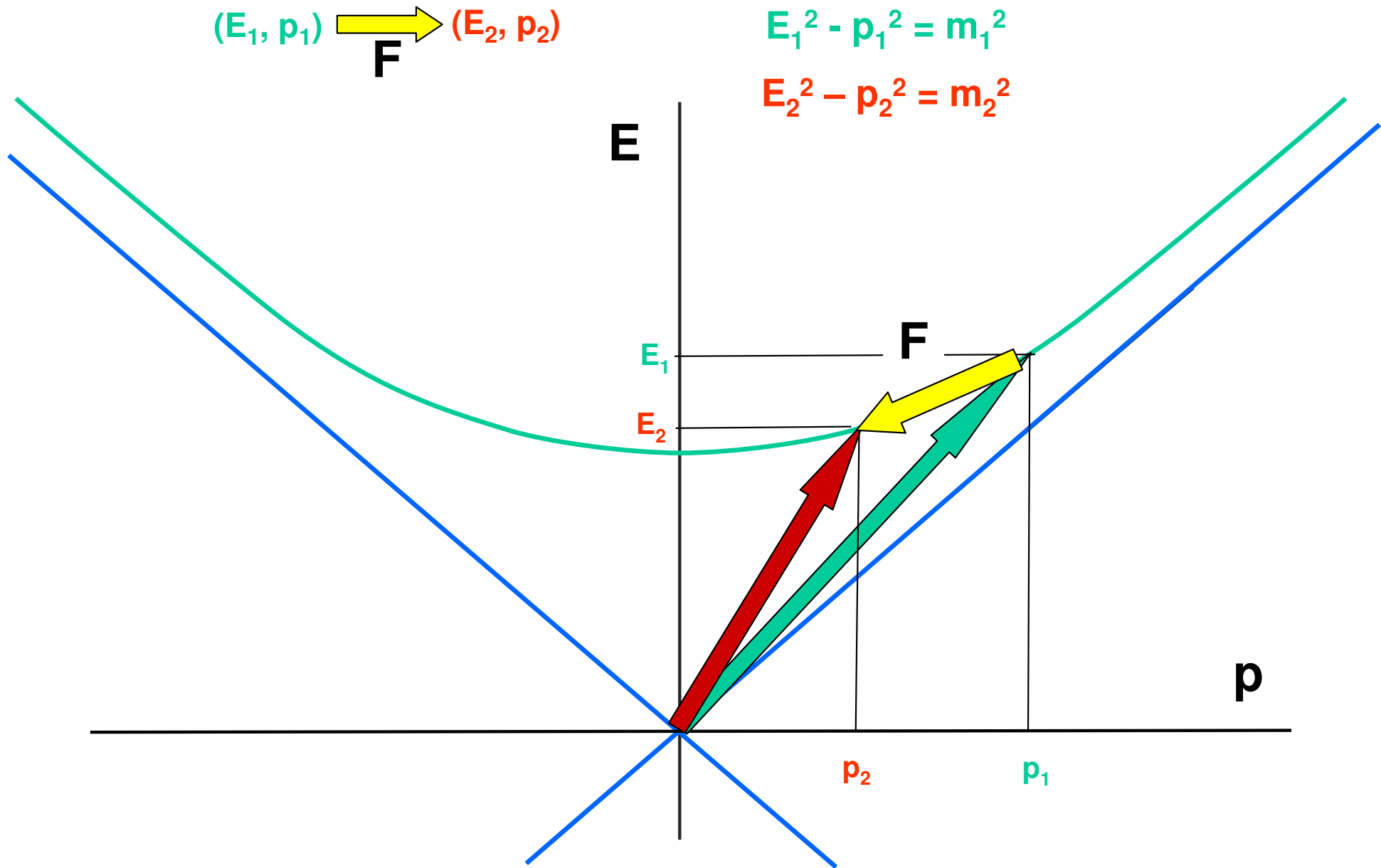
Létezik olyan **erő** (kölcshatás), amely ugyanazon a hiperbolán hagyja az  $(E, p)$  vektor végpontját, azaz nem változtatja meg a tömeget.

$$(E_1, p_1) \xrightarrow{\mathbf{F}} (E_2, p_2)$$

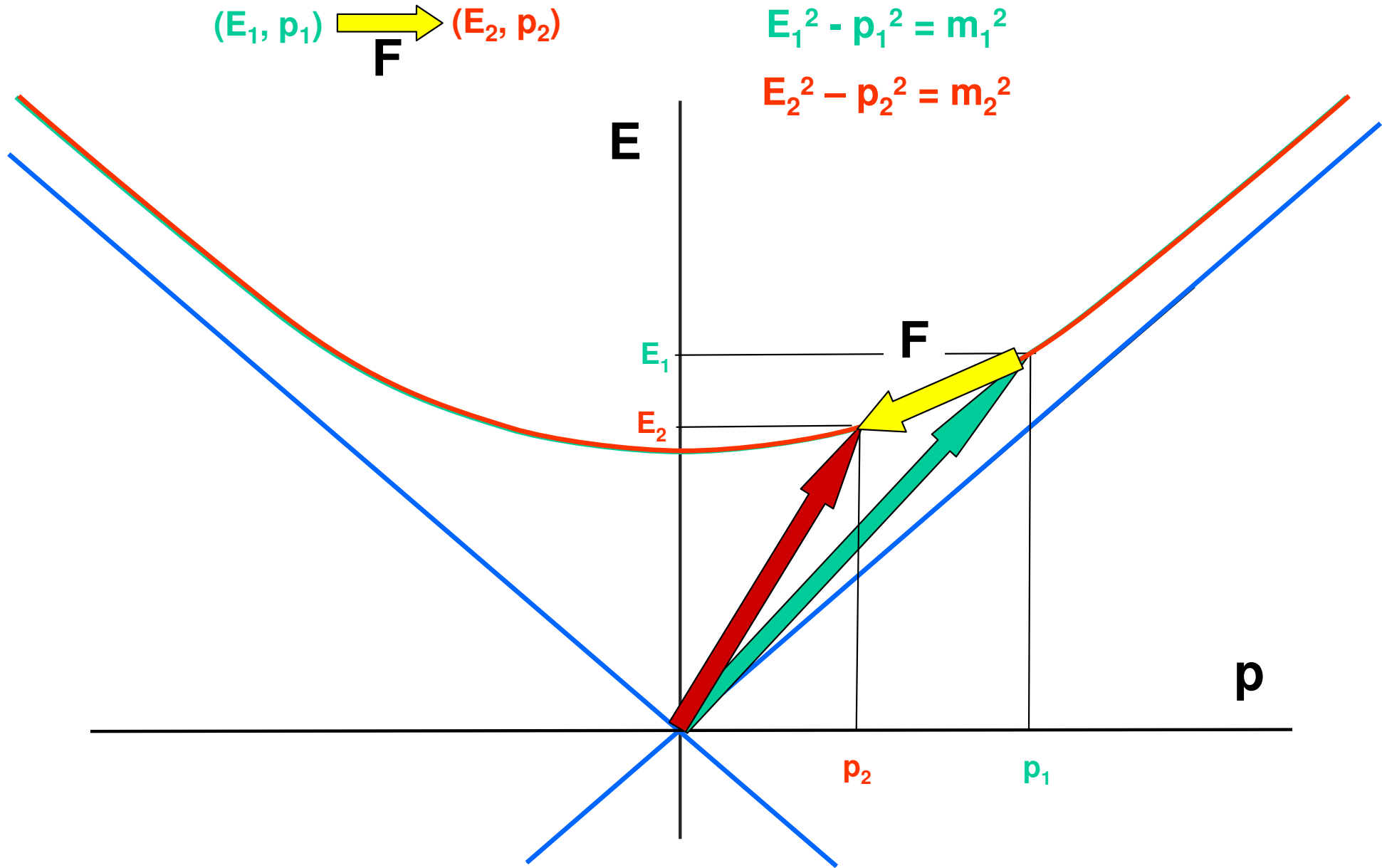
$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$



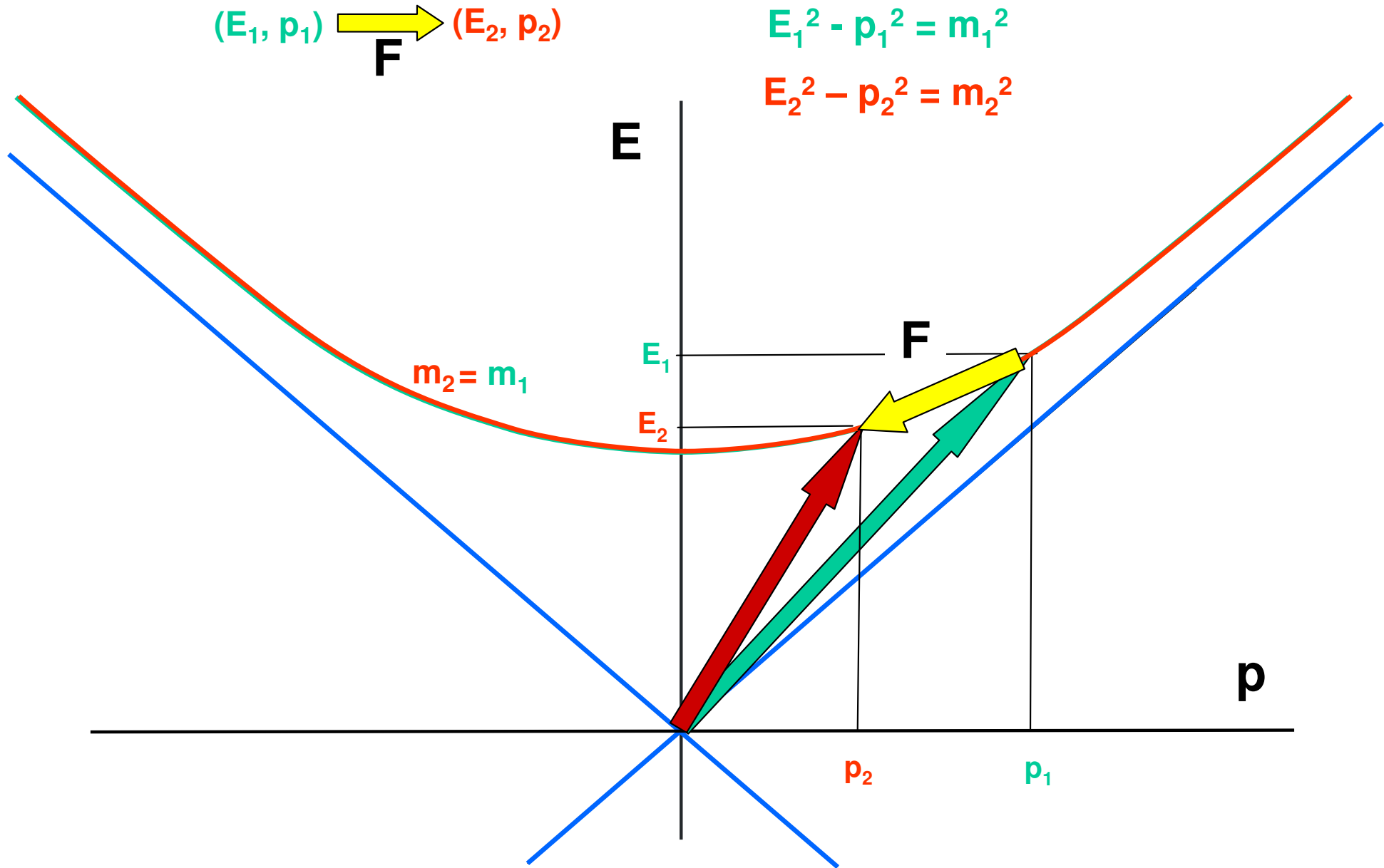
Létezik olyan **erő** (köölcsönhatás), amely ugyanazon a hiperbolán hagyja az  $(E, p)$  vektor végpontját, azaz nem változtatja meg a tömeget.



Létezik olyan **erő** (kölcsönhatás), amely ugyanazon a hiperbolán hagyja az  $(E, p)$  vektor végpontját, azaz nem változtatja meg a tömeget.

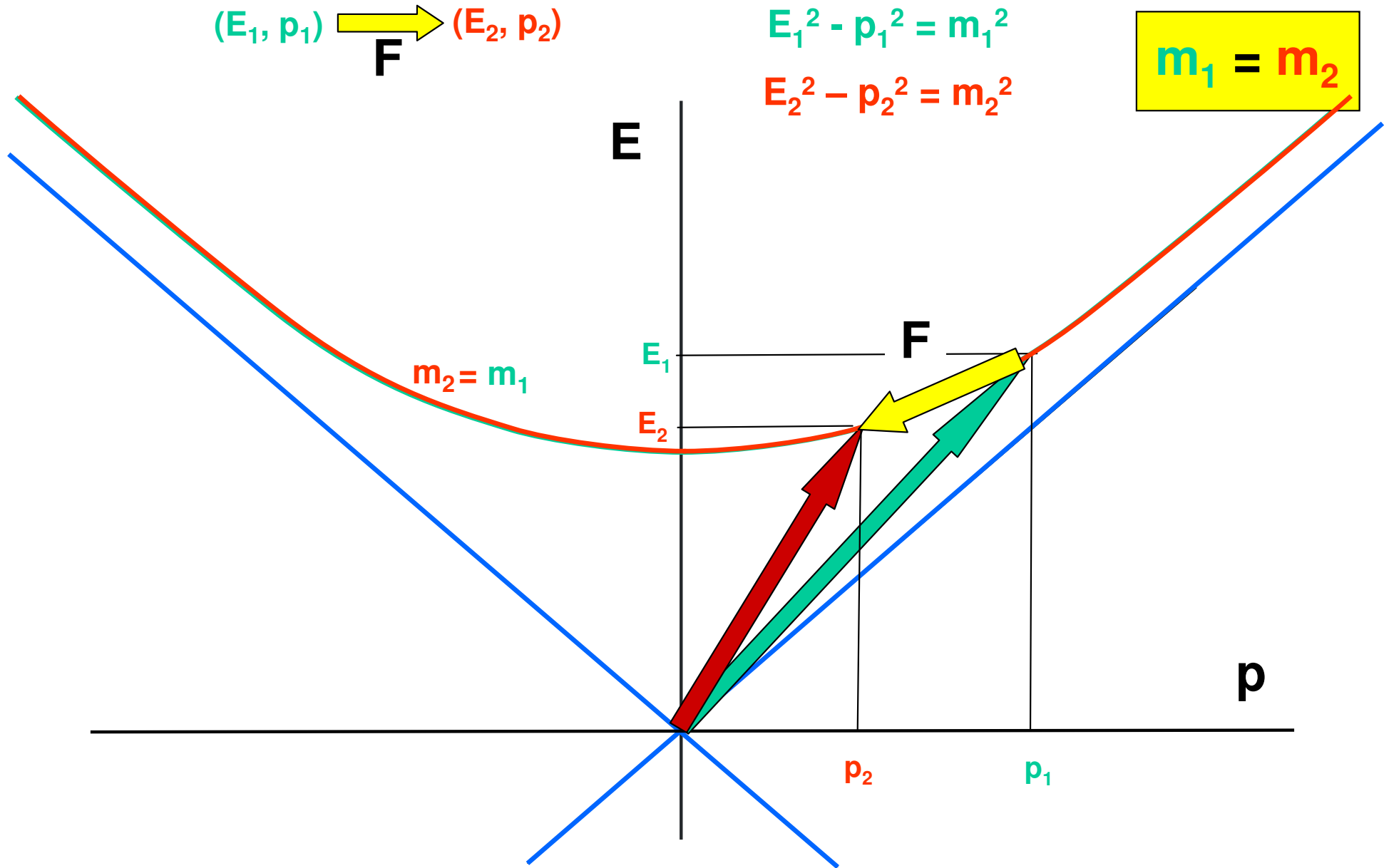


Létezik olyan **erő** (kölsönhatás), amely ugyanazon a hiperbolán hagyja az  $(E, p)$  vektor végpontját, azaz nem változtatja meg a tömeget.

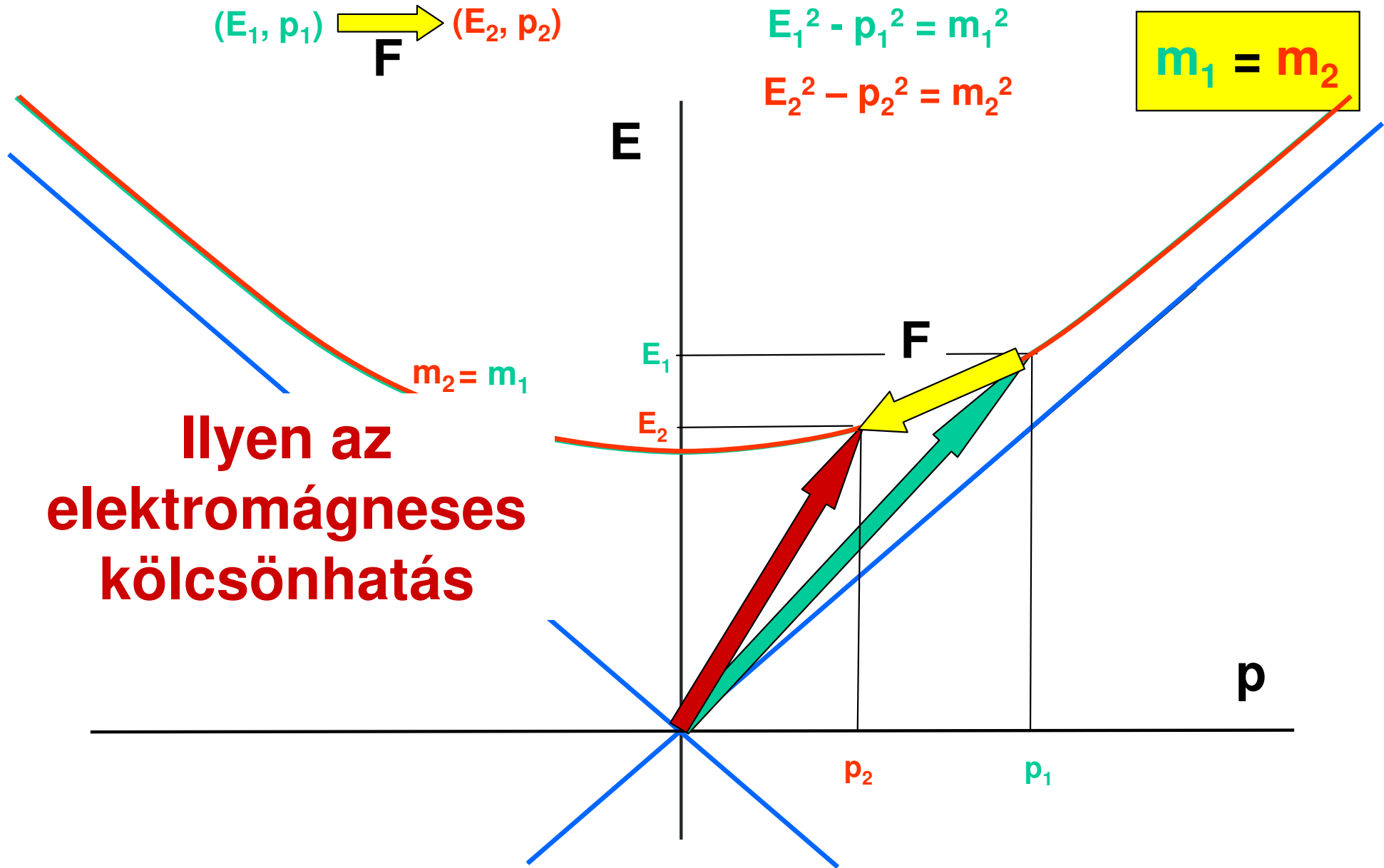




Létezik olyan **erő** (kölsönhatás), amely ugyanazon a hiperbolán hagyja az  $(E, p)$  vektor végpontját, azaz nem változtatja meg a tömeget.



Létezik olyan **erő** (kölcsönhatás), amely ugyanazon a hiperbolán hagyja az  $(E, p)$  vektor végpontját, azaz **nem változtatja meg a tömeget**.



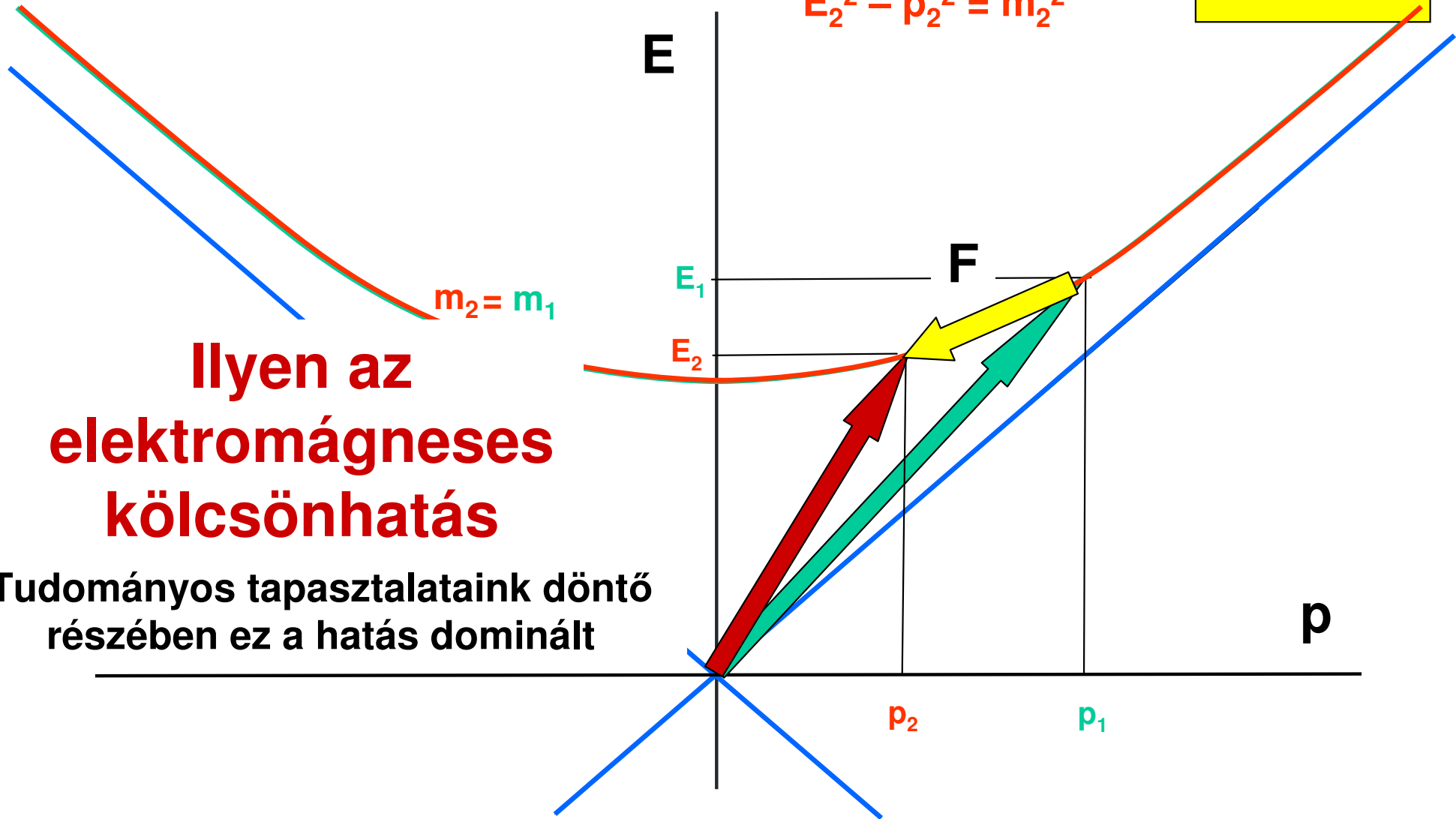
Létezik olyan **erő** (kölsönhatás), amely ugyanazon a hiperbolán hagyja az  $(E, p)$  vektor végpontját, azaz **nem változtatja meg a tömeget**.

$$(E_1, p_1) \xrightarrow{\mathbf{F}} (E_2, p_2)$$

$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$

$$E_2^2 - p_2^2 = m_2^2$$

$$m_1 = m_2$$



Ilyen az  
elektromágneses  
kölsönhatás

Tudományos tapasztalataink döntő  
részében ez a hatás dominált



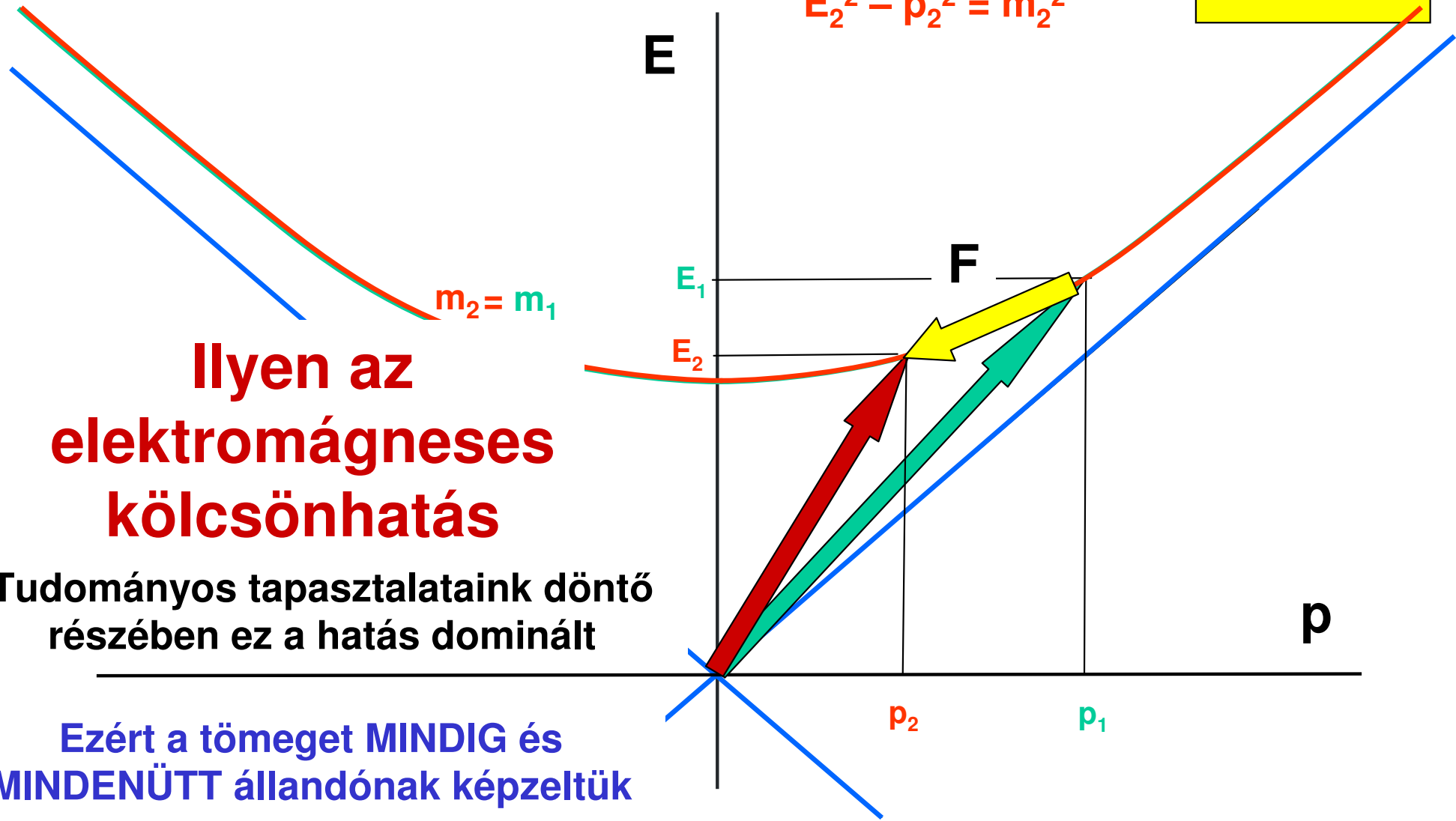
Létezik olyan **erő** (kölsönhatás), amely ugyanazon a hiperbolán hagyja az  $(E, p)$  vektor végpontját, azaz **nem változtatja meg a tömeget**.

$$(E_1, p_1) \xrightarrow{\mathbf{F}} (E_2, p_2)$$

$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$

$$E_2^2 - p_2^2 = m_2^2$$

$$m_1 = m_2$$



## Ilyen az elektromágneses kölcsönhatás

Tudományos tapasztalataink döntő részében ez a hatás dominált

Ezért a tömeget **MINDIG** és **MINDENÜTT** állandónak képzeltük



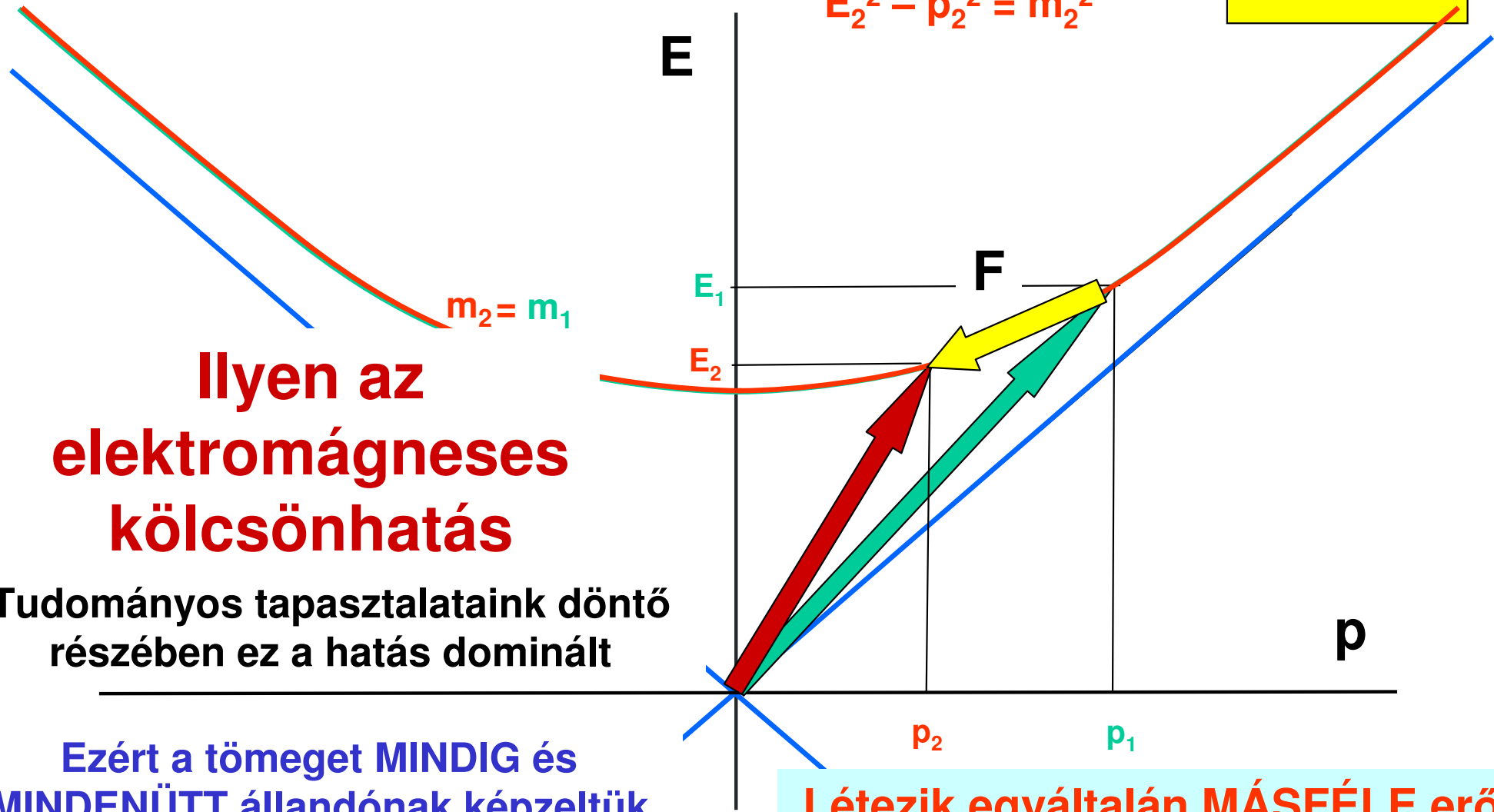
Létezik olyan **erő** (kölcsönhatás), amely ugyanazon a hiperbolán hagyja az  $(E, p)$  vektor végpontját, azaz **nem változtatja meg a tömeget**.

$$(E_1, p_1) \xrightarrow{\mathbf{F}} (E_2, p_2)$$

$$E_1^2 - p_1^2 = m_1^2$$

$$E_2^2 - p_2^2 = m_2^2$$

$$m_1 = m_2$$



## Ilyen az elektromágneses kölcsönhatás

Tudományos tapasztalataink döntő részében ez a hatás dominált

Ezért a tömeget **MINDIG** és **MINDENÜTT** állandónak képzeltük

Létezik egyáltalán **MÁSFÉLE** erő?



$$m_1 = m_2$$

## Ilyen az elektromágneses köölcsönhatás

Tudományos tapasztalataink döntő  
részében ez a hatás dominált

Ezért a tömeget MINDIG és  
MINDENÜTT állandónak képzeltük

Létezik egyáltalán MÁSFÉLE erő?



$$m_1 = m_2$$

## Ilyen az elektromágneses kölcshatás

Tudományos tapasztalataink döntő  
részében ez a hatás dominált

Ezért a tömeget **MINDIG** és  
**MINDENÜTT** állandónak képzeltük

Létezik egyáltalán **MÁSFÉLE** erő?



$$m_1 = m_2$$

## Ilyen az elektromágneses kölcshatás

Tudományos tapasztalataink döntő  
részében ez a hatás dominált

Ezért a tömeget **MINDIG** és  
**MINDENÜTT** állandónak képzeltük

Létezik egyáltalán **MÁSFÉLE** erő?

Igen, a  
**SKALÁRMEZŐ**  
által kifejtett erő!





$$m_1 = m_2$$

## Ilyen az elektromágneses kölcshatás

Tudományos tapasztalataink döntő  
részében ez a hatás dominált

Ezért a tömeget **MINDIG** és  
**MINDENÜTT** állandónak képzeltük

Létezik egyáltalán **MÁSFÉLE** erő?

Igen, a  
**SKALÁRMEZŐ**  
által kifejtett erő!

Kitérő: mi az a **MEZŐ**?



Kitérő: mi az a **MEZŐ**?



# Kitérő: mi az a **MEZŐ**?



# Kitérő: mi az a **MEZŐ**?

fizikai mező:



# Kitérő: mi az a **MEZŐ**?

fizikai mező: folytonos eloszlású anyag



# Kitérő: mi az a **MEZŐ**?

fizikai mező: folytonos eloszlású anyag

matematikai mező:



# Kitérő: mi az a **MEZŐ**?

**fizikai mező:** folytonos eloszlású anyag

**matematikai mező:** a tér pontjaihoz rendelt mennyiségek



# Kitérő: mi az a **MEZŐ**?

**fizikai mező:** folytonos eloszlású anyag

**matematikai mező:** a tér pontjaihoz rendelt mennyiségek

**Példák:**





# Kitérő: mi az a **MEZŐ**?

**fizikai mező:** folytonos eloszlású anyag

**matematikai mező:** a tér pontjaihoz rendelt mennyiségek

**Példák:** **elektromos mező**  
**egy töltés körül**

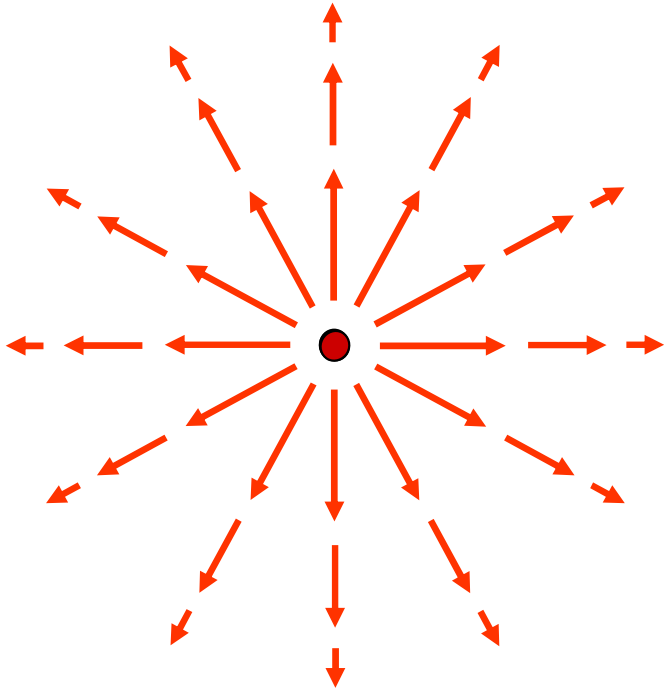


# Kitérő: mi az a **MEZŐ**?

fizikai mező: folytonos eloszlású anyag

matematikai mező: a tér pontjaihoz rendelt mennyiségek

Példák: **elektromos mező  
egy töltés körül**

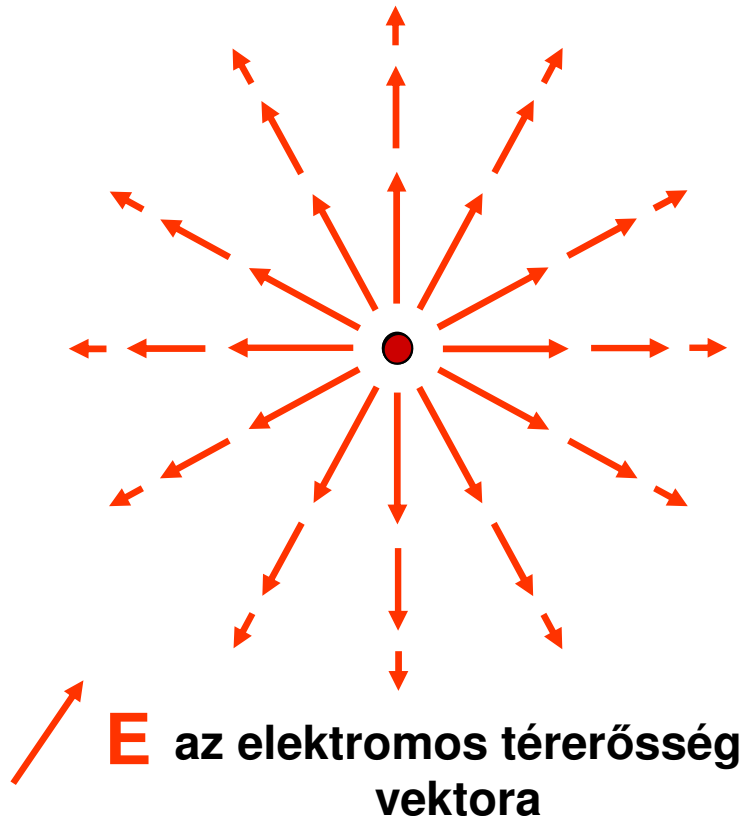


# Kitérő: mi az a MEZŐ?

fizikai mező: folytonos eloszlású anyag

matematikai mező: a tér pontjaihoz rendelt mennyiségek

Példák: elektromos mező  
egy töltés körül



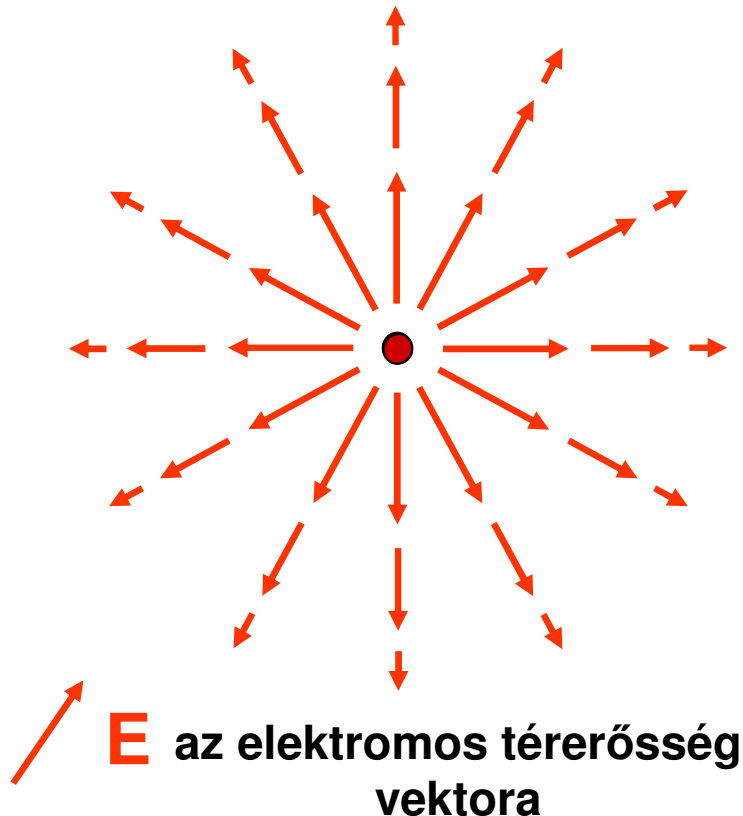
# Kitérő: mi az a **MEZŐ**?

fizikai mező: folytonos eloszlású anyag

matematikai mező: a tér pontjaihoz rendelt mennyiségek

Példák: **elektromos mező**  
egy töltés körül

**mágneses mező**  
egy áramjárta  
drót körül

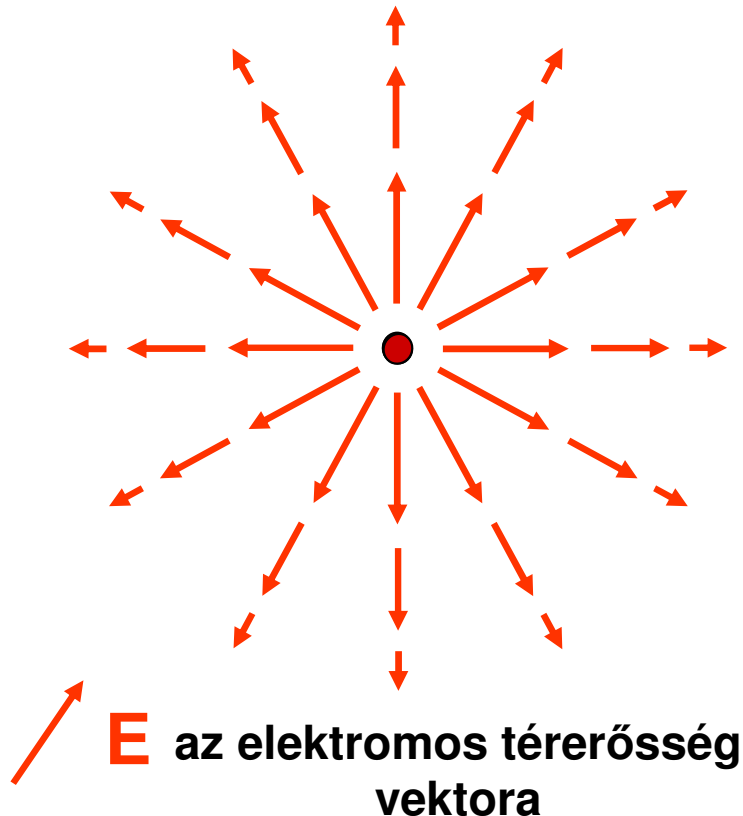


# Kitérő: mi az a **MEZŐ**?

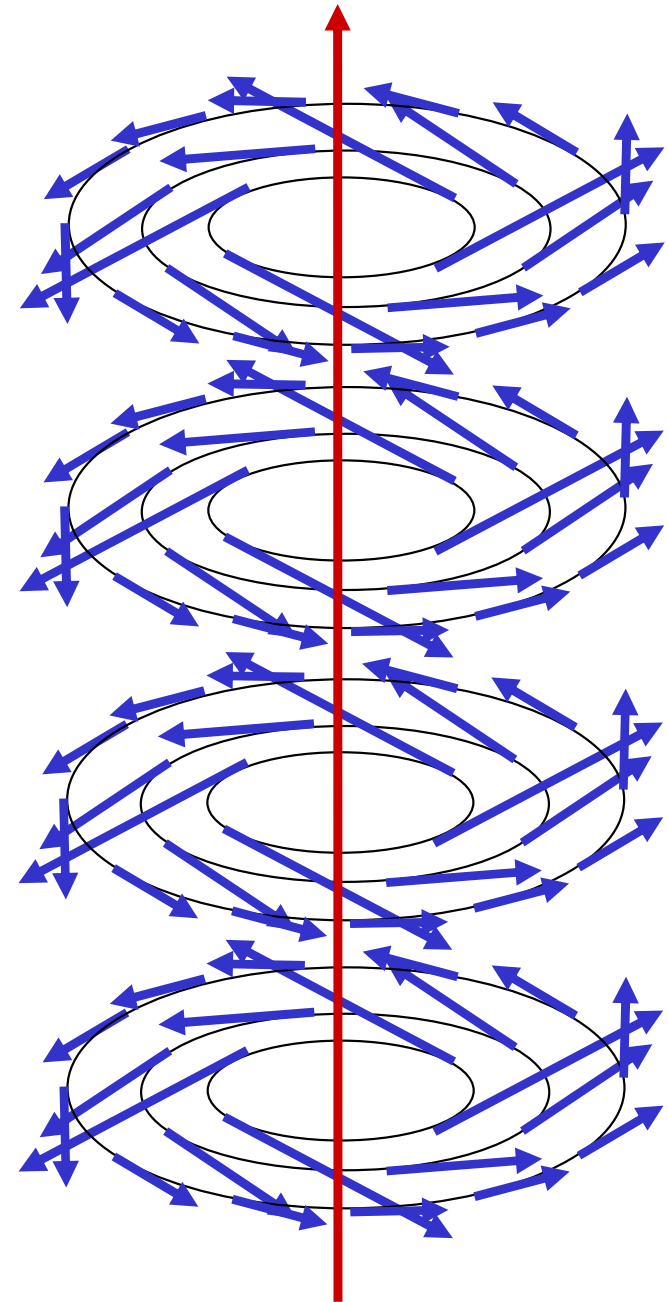
fizikai mező: folytonos eloszlású anyag

matematikai mező: a tér pontjaihoz rendelt mennyiségek

Példák: **elektromos mező  
egy töltés körül**



**mágneses mező  
egy áramjárta  
drót körül**

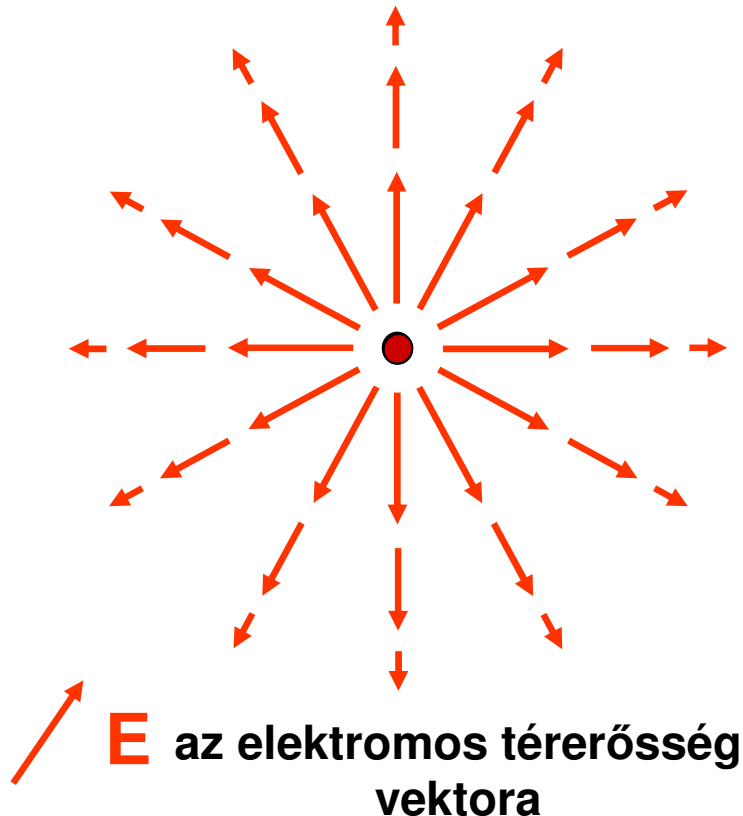


# Kitérő: mi az a **MEZŐ**?

fizikai mező: folytonos eloszlású anyag

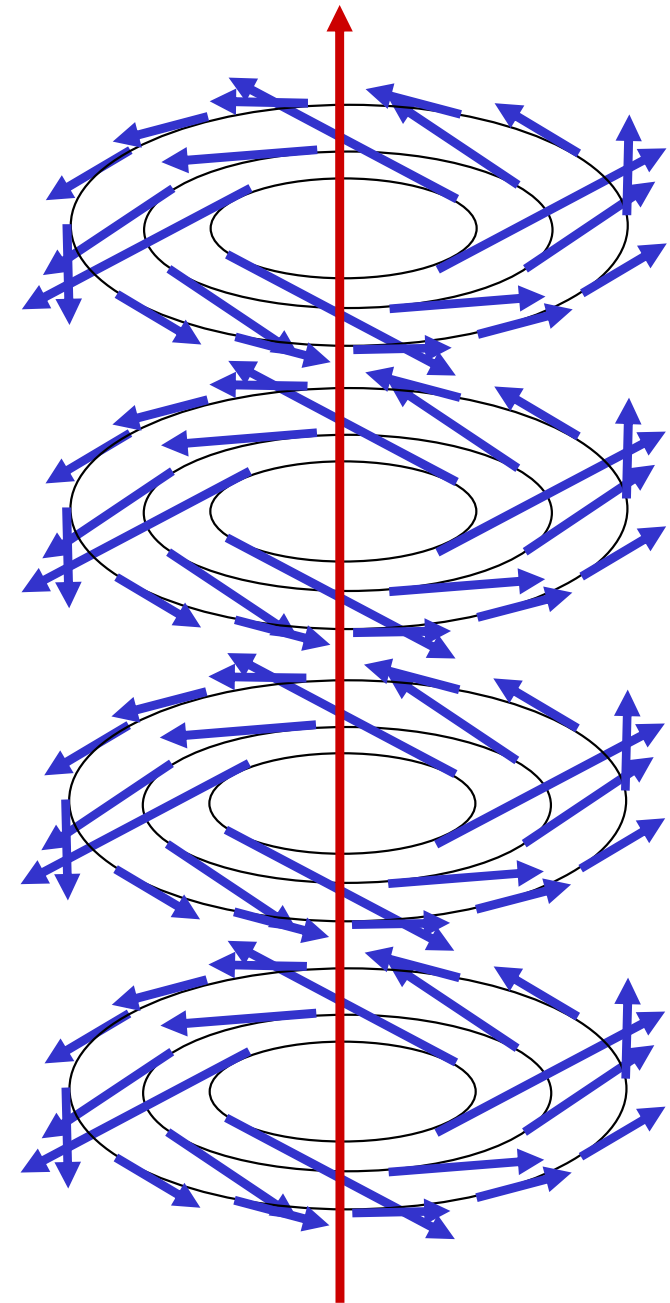
matematikai mező: a tér pontjaihoz rendelt mennyiségek

Példák: **elektromos mező**  
egy töltés körül



**mágneses mező**  
egy áramjárta  
drót körül

**B**  
a mágneses  
térerősség  
vektora

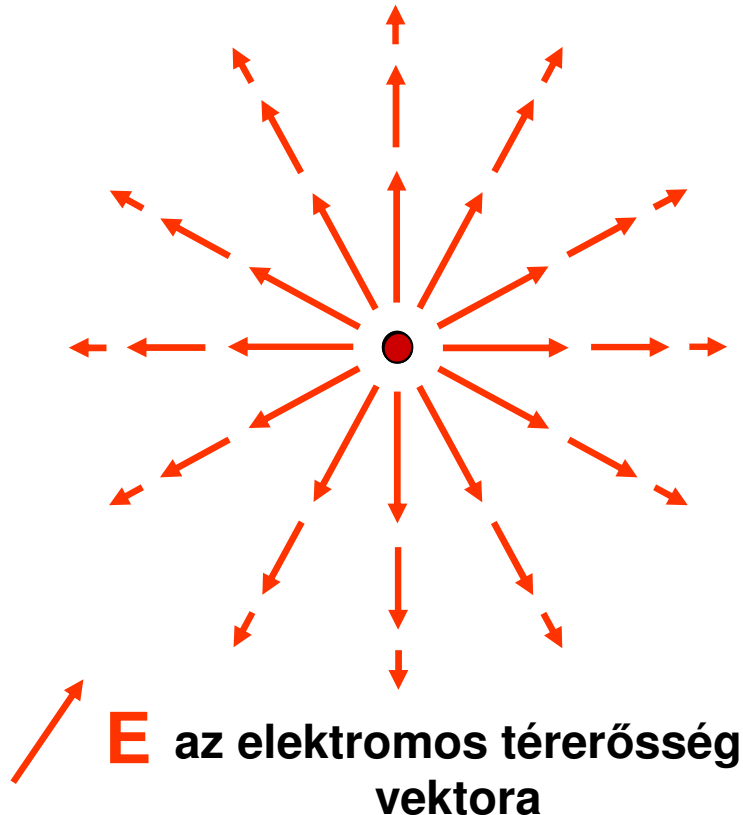


# Kitérő: mi az a **MEZŐ**?

fizikai mező: folytonos eloszlású anyag

matematikai mező: a tér pontjaihoz rendelt mennyiségek

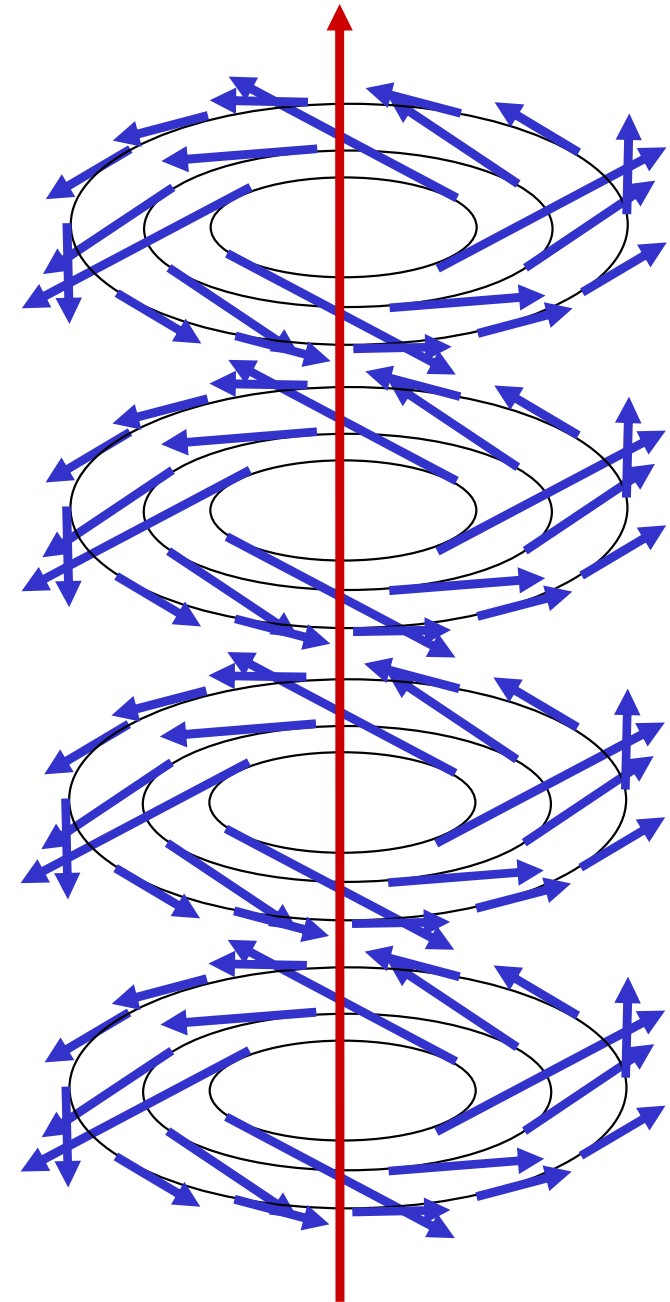
Példák: **elektromos mező  
egy töltés körül**



**mágneses mező  
egy áramjárta  
drót körül**

**B**  
a mágneses  
térerősség  
vektora

a tér  
minden  
pontjában  
van egy  
vektor

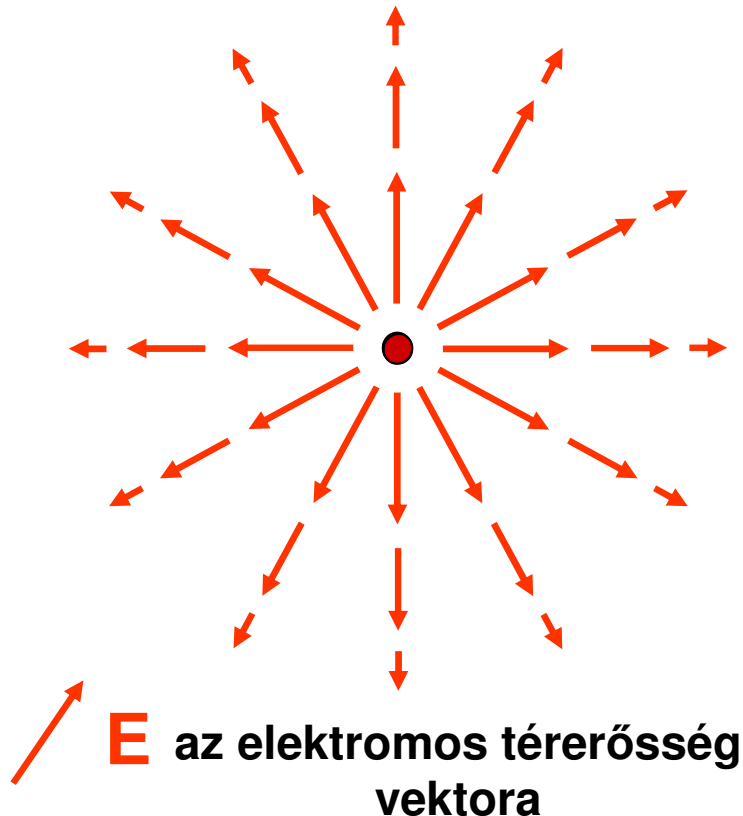


# Kitérő: mi az a **MEZŐ**?

fizikai mező: folytonos eloszlású anyag

matematikai mező: a tér pontjaihoz rendelt mennyiségek

Példák: **elektromos mező egy töltés körül**

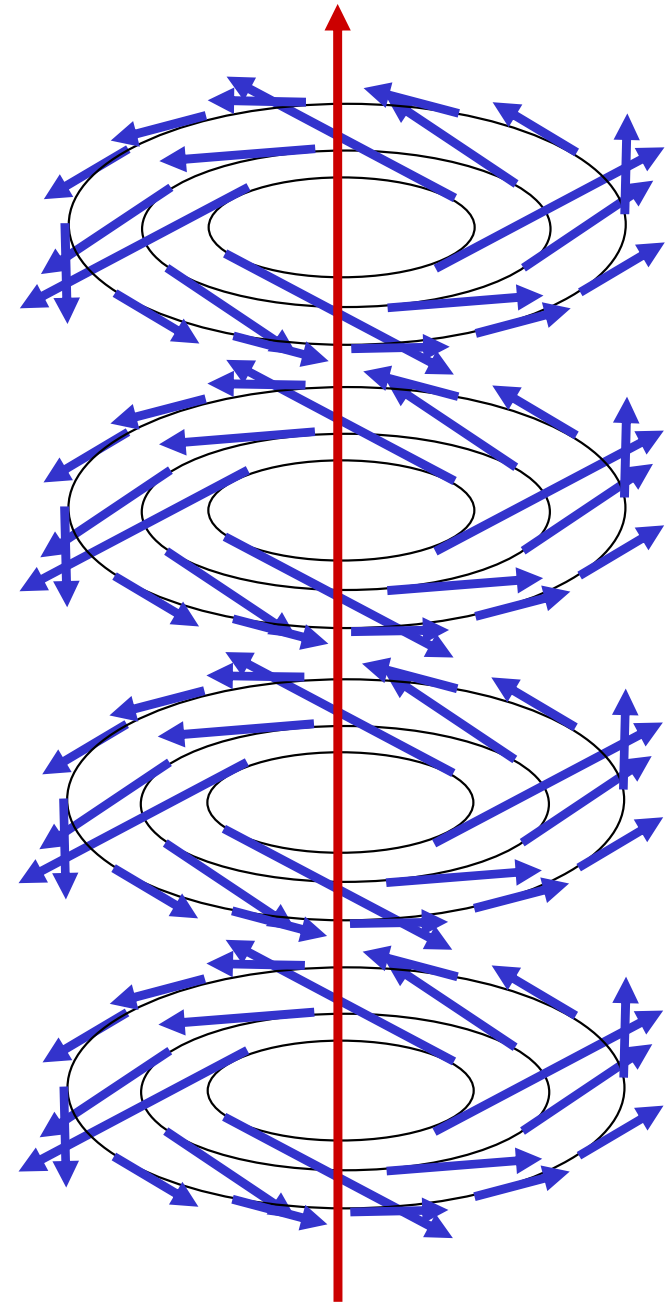


**mágneses mező egy áramjárta drót körül**

**B**  
a mágneses térerősség vektora

a tér minden pontjában van egy vektor

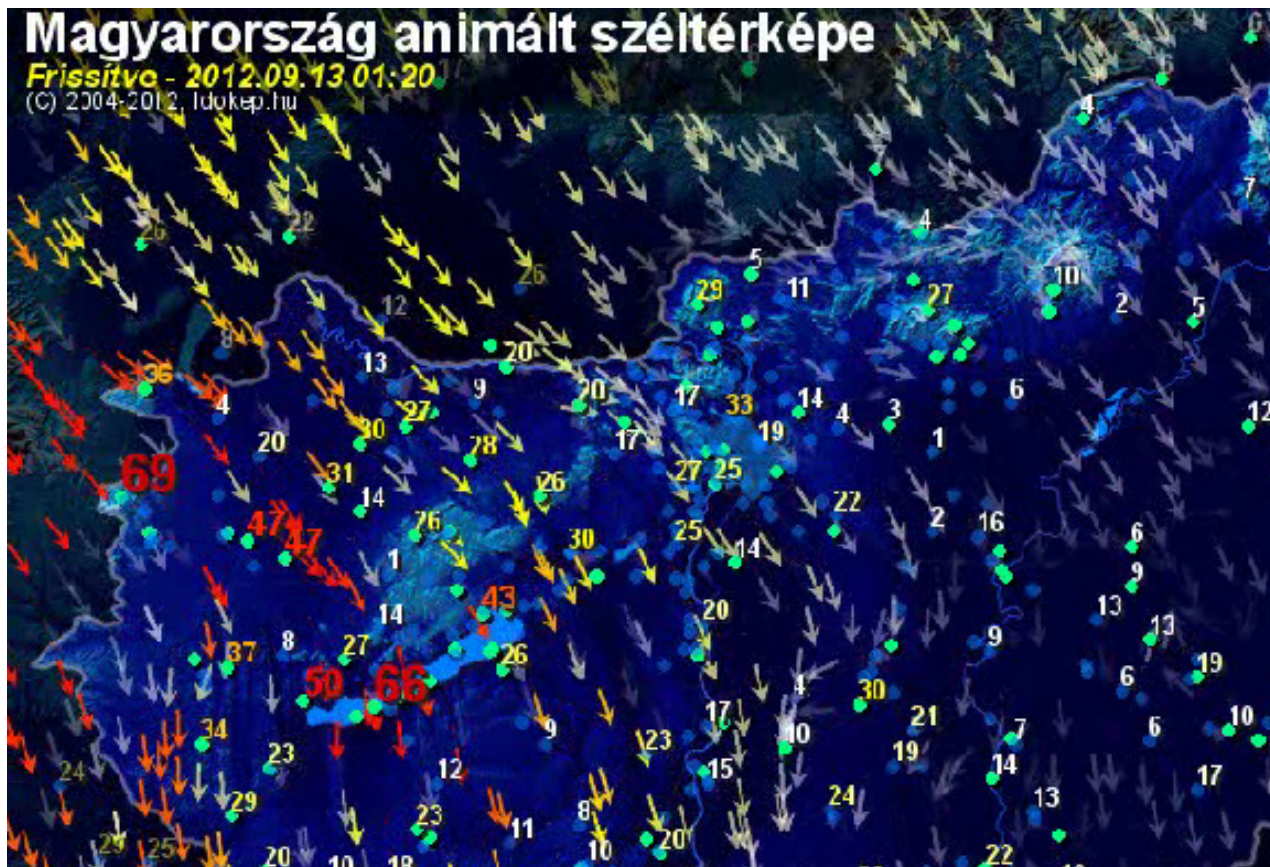
ez a **VEKTORMEZŐ**





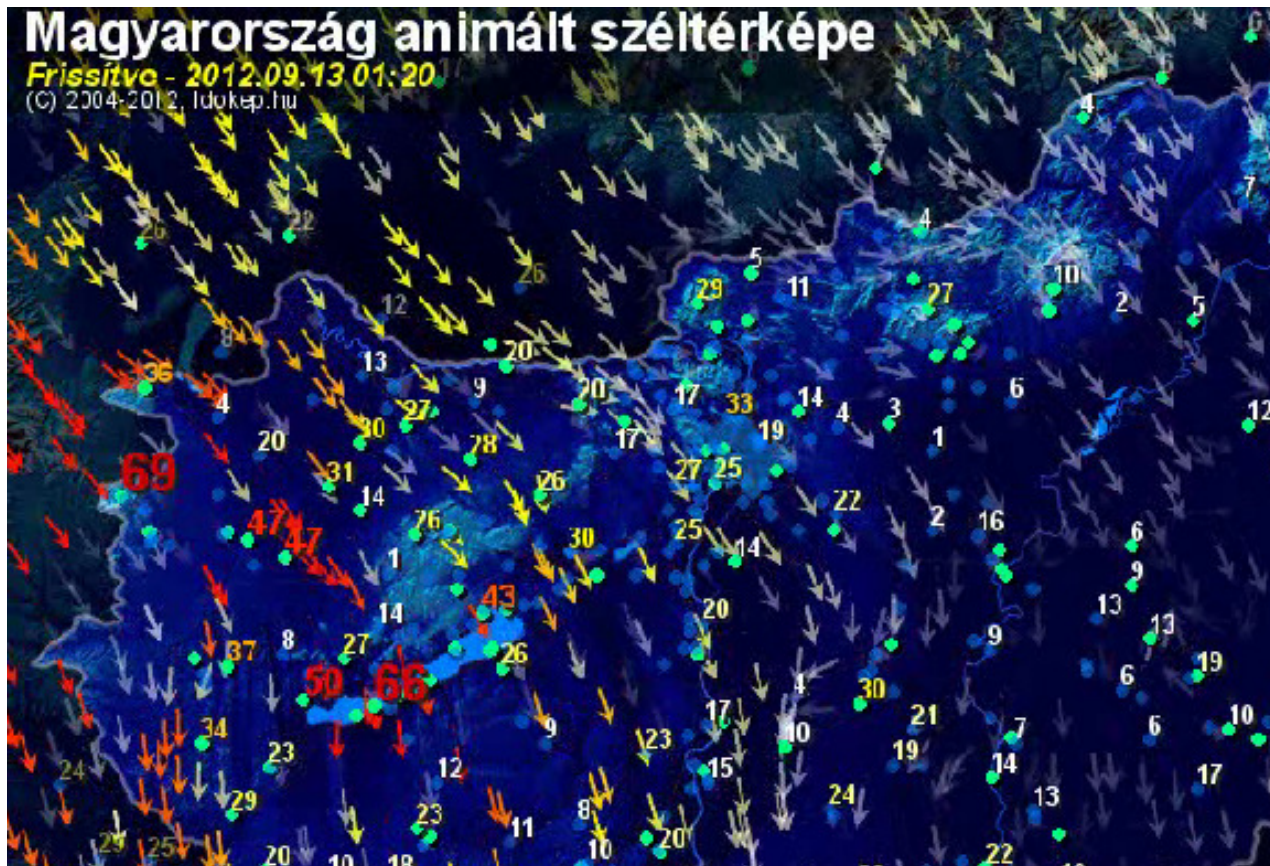
*köszönet az ábrákért az Időképnek*





*köszönet az ábrákért az Időképnek*

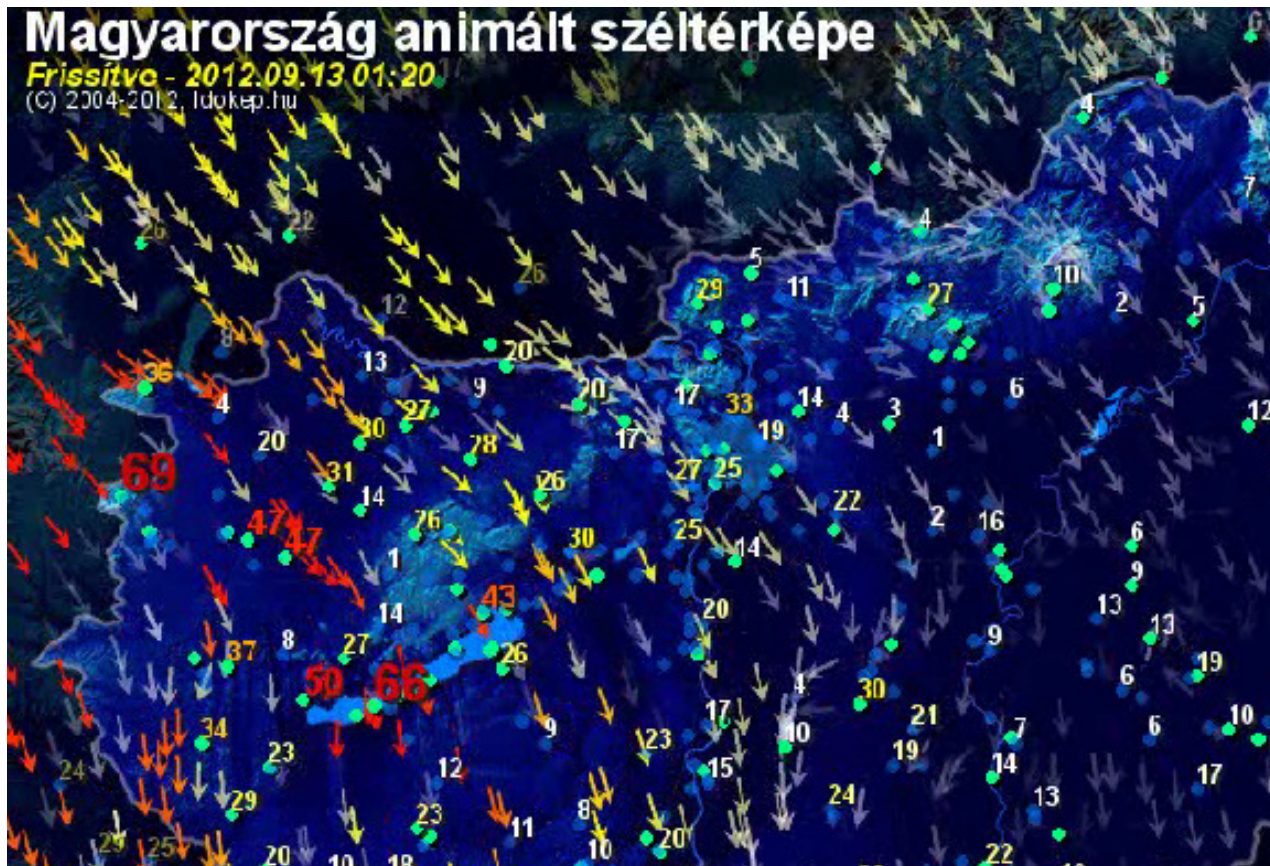




ez is vektormező:

*köszönet az ábrákért az Időképnek*



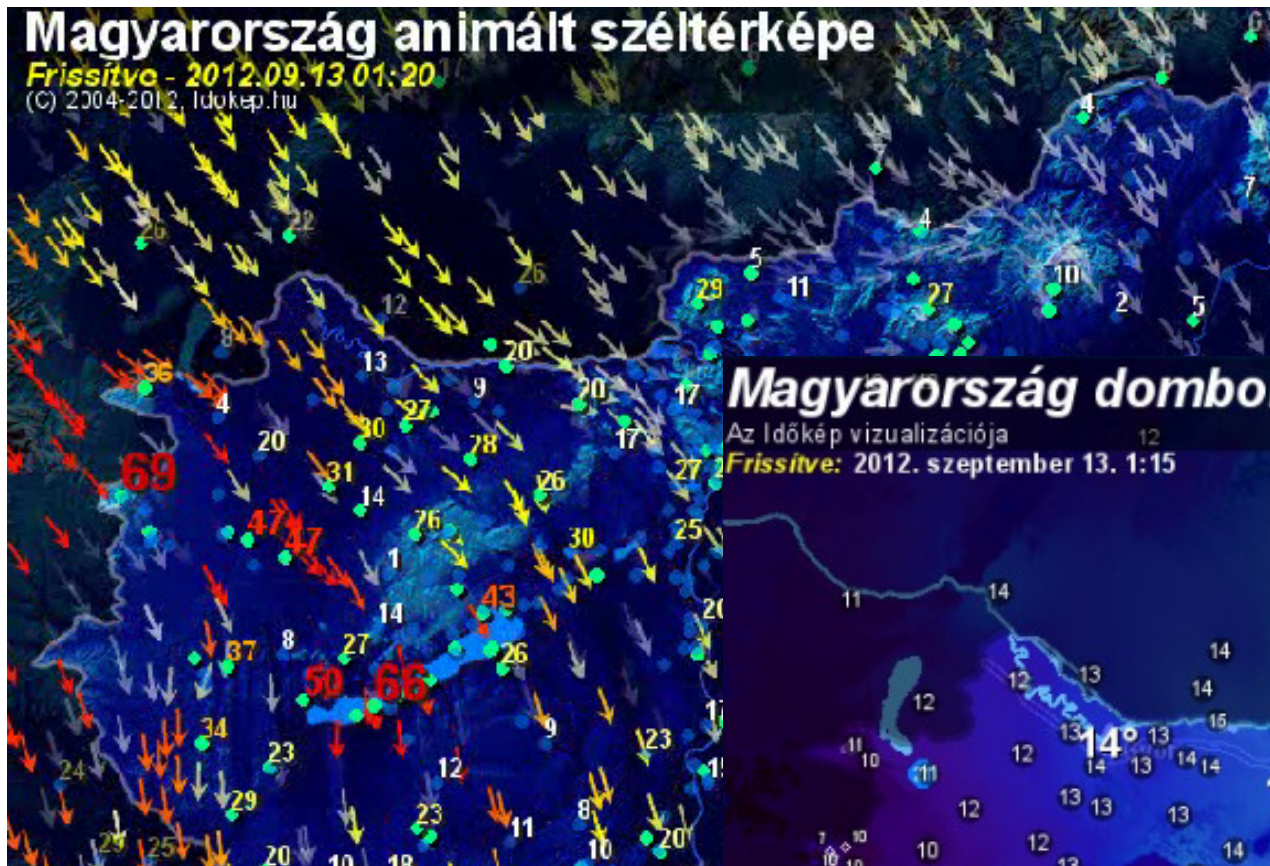


ez is vektormező:

minden pontban egy  
szélesség-vektor

*köszönet az ábrákért az Időképnek*





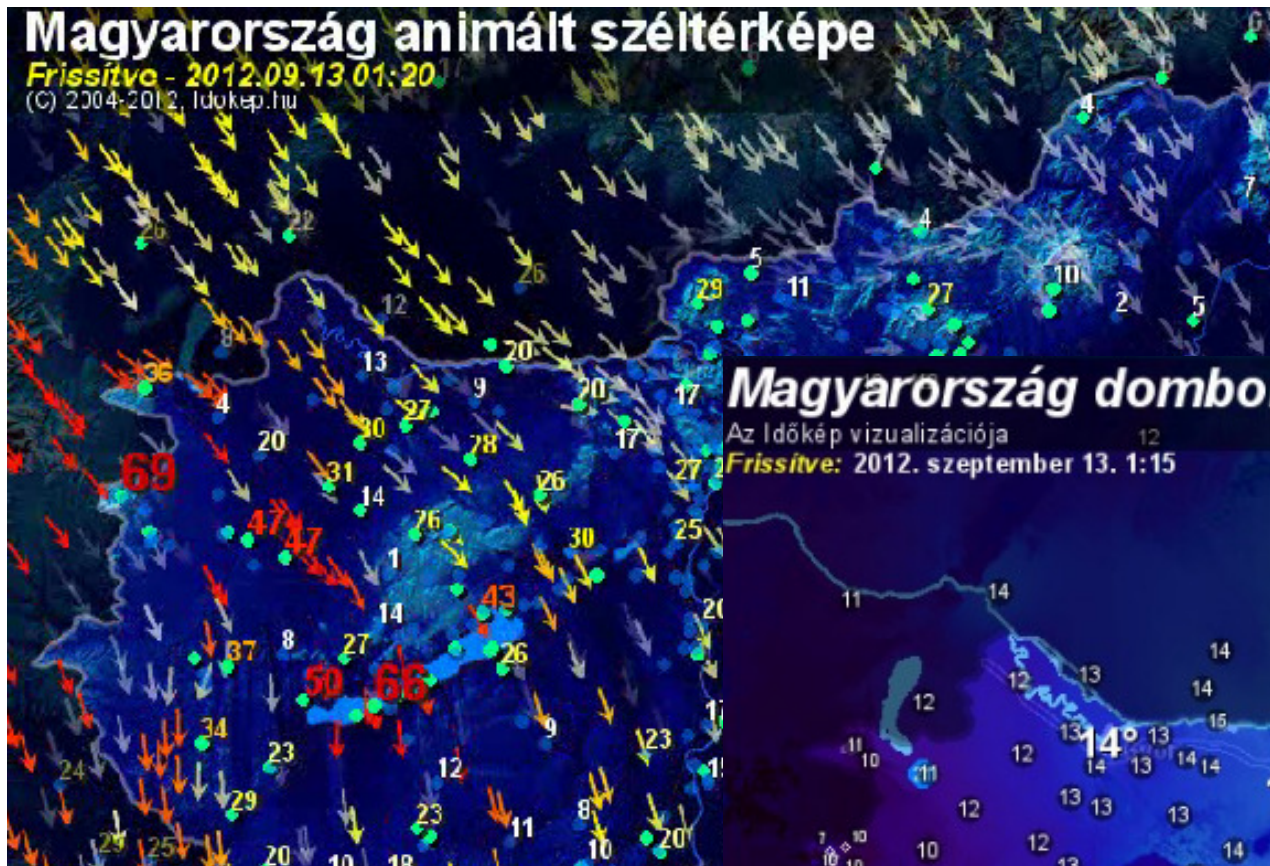
ez is vektormező:

minden pontban egy  
szélesség-vektor



*köszönet az ábrákért az Időképnek*





ez is vektormező:

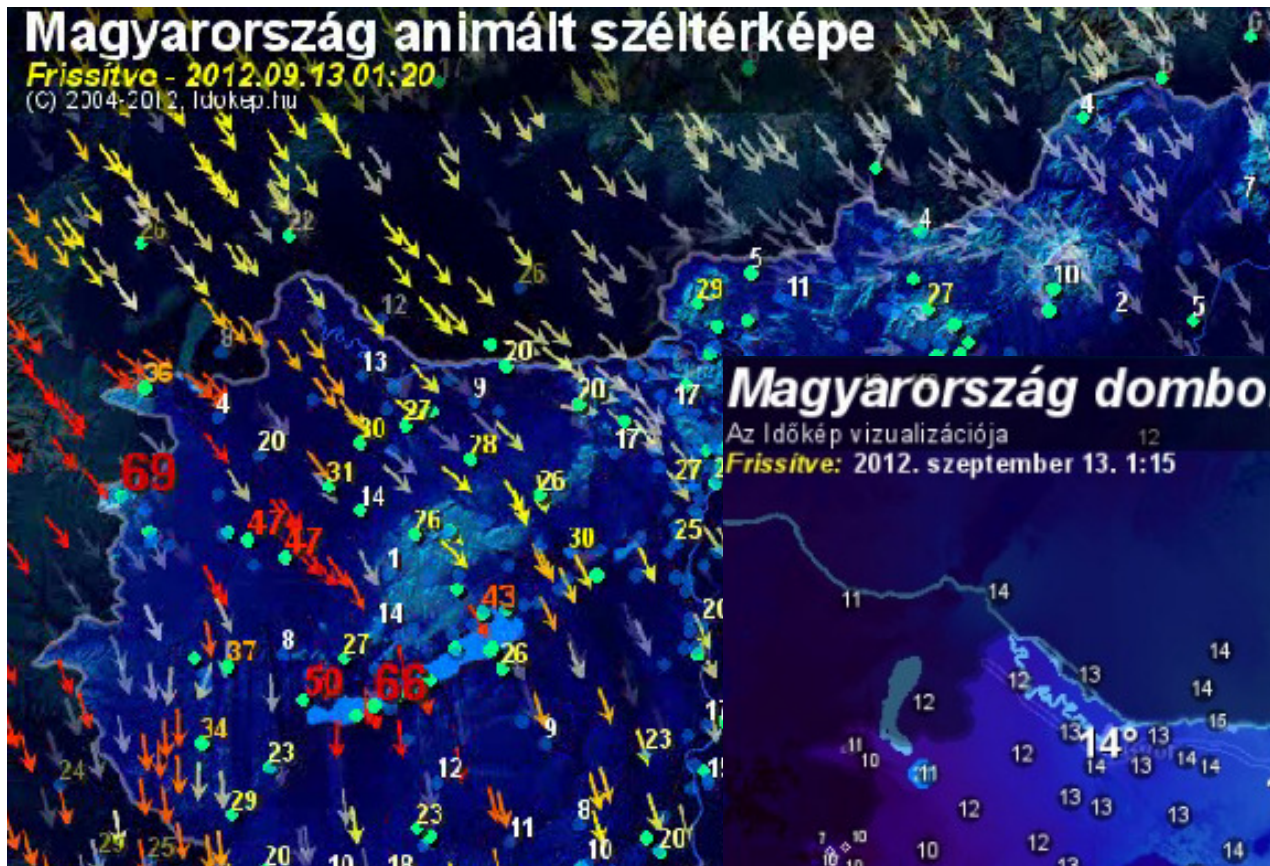
minden pontban egy  
szélesség-vektor



minden pontban egy  
hőmérséklet-érték:

*köszönet az ábrákért az Időképnek*





ez is vektormező:

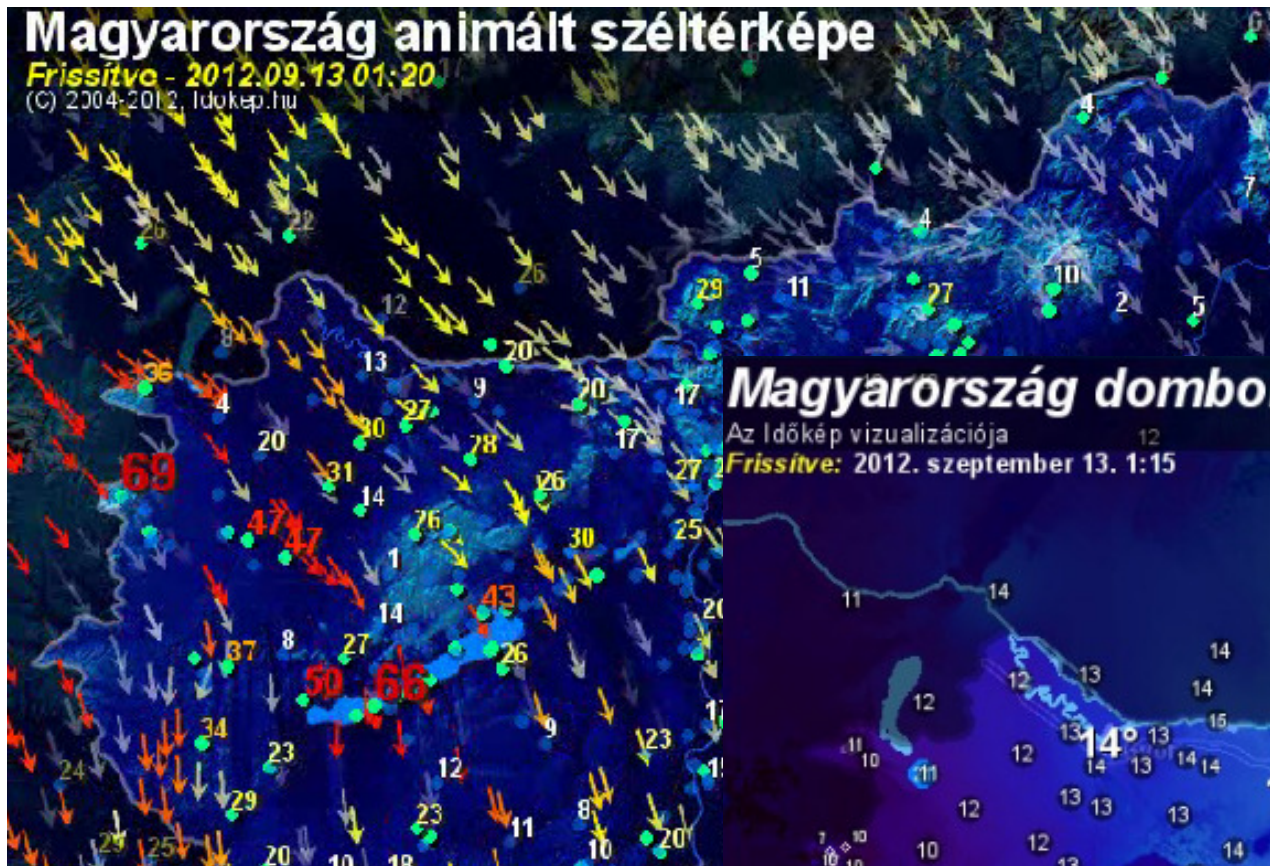
minden pontban egy  
szélesség-vektor



minden pontban egy  
hőmérséklet-érték:  
egyetlen számadat

*köszönet az ábrákért az Időképnek*





ez is vektormező:

minden pontban egy  
szélesség-vektor

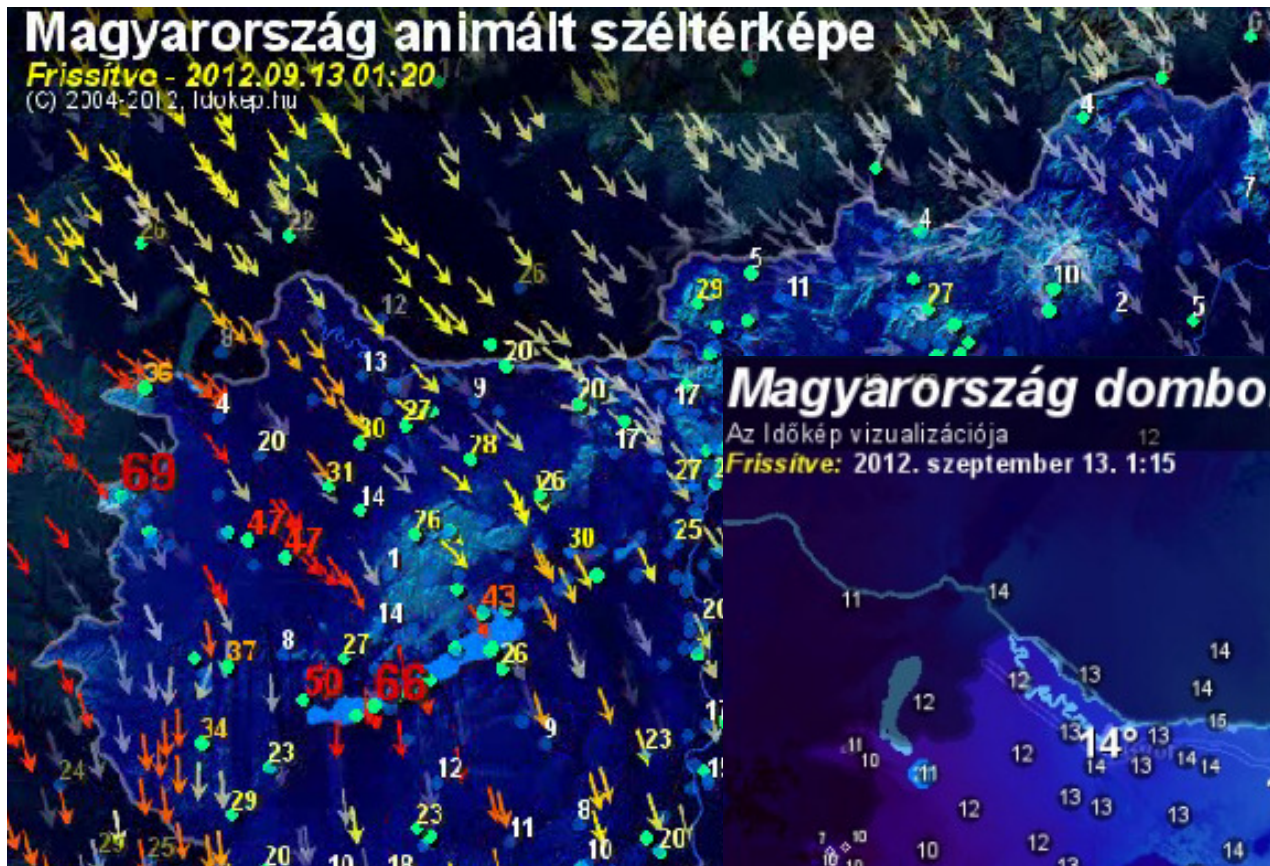
minden pontban egy  
hőmérséklet-érték:  
egyetlen számadat  
(SKALÁR)



köszönet az ábrákért az Időképnek







ez is vektormező:

minden pontban egy  
szélsébség-vektor



minden pontban egy  
hőmérséklet-érték:  
egyetlen számadat  
(SKALÁR)

ez a **SKALÁRMEZŐ**

köszönet az ábrákért az Időképnek

# Az elektromágneses mező



# Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,



# Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,



# Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)  
**vektormezővel**  
jellemezhető:



## Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)  
**vektormezővel**  
jellemezhető:

az **E** és **B** vektorokat kell  
megadnunk

# Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)  
**vektormezővel**  
jellemezhető:

az **E** és **B** vektorokat kell  
megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban



## Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)  
**vektormezővel**  
jellemezhető:

az **E** és **B** vektorokat kell  
megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## A Higgs-mező





## Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)  
**vektormezővel**  
jellemezhető:

az **E** és **B** vektorokat kell  
megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## A Higgs-mező

egy olyan fizikai mező,

## Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)  
**vektormezővel**  
jellemezhető:

az **E** és **B** vektorokat kell  
megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## A Higgs-mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,



## Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)  
**vektormezővel**  
jellemezhető:

az **E** és **B** vektorokat kell  
megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## A Higgs-mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely egy (matematikai)  
**skalármezővel**  
jellemezhető:



## Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)  
**vektormezővel**  
jellemezhető:

az **E** és **B** vektorokat kell  
megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## A Higgs-mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely egy (matematikai)  
**skalármezővel**  
jellemezhető:

a **H** „**Higgs-potenciál**” értékét  
kell megadnunk

## Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)  
**vektormezővel**  
jellemezhető:

az **E** és **B** vektorokat kell  
megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## A Higgs-mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely egy (matematikai)  
**skalármezővel**  
jellemezhető:

a **H** „**Higgs-potenciál**” értékét  
kell megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)  
**vektormezővel**  
jellemezhető:

az **E** és **B** vektorokat kell  
megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## A Higgs-mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely egy (matematikai)  
**skalármezővel**  
jellemezhető:

a **H** „**Higgs-potenciál**” értékét  
kell megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

---

## Az elektromágneses mező



## Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)  
**vektormezővel**  
jellemezhető:

az **E** és **B** vektorokat kell  
megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## A Higgs-mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely egy (matematikai)  
**skalármezővel**  
jellemezhető:

a **H** „**Higgs-potenciál**” értékét  
kell megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

---

## Az elektromágneses mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

## Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)  
**vektormezővel**  
jellemezhető:

az **E** és **B** vektorokat kell  
megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## A Higgs-mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely egy (matematikai)  
**skalármezővel**  
jellemezhető:

a **H** „**Higgs-potenciál**” értékét  
kell megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

---

## Az elektromágneses mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a **Q** elektromos töltés,  
„csatolási állandó”:





## Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)  
**vektormezővel**  
jellemezhető:

az **E** és **B** vektorokat kell  
megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## A Higgs-mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely egy (matematikai)  
**skalármezővel**  
jellemezhető:

a **H** „**Higgs-potenciál**” értékét  
kell megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## Az elektromágneses mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a **Q** elektromos töltés,  
„csatolási állandó”:

## A Higgs-mező



## Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)  
**vektormezővel**  
jellemezhető:

az **E** és **B** vektorokat kell  
megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## A Higgs-mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely egy (matematikai)  
**skalármezővel**  
jellemezhető:

a **H** „**Higgs-potenciál**” értékét  
kell megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## Az elektromágneses mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a **Q** elektromos töltés,  
„csatolási állandó”:

## A Higgs-mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre



## Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)  
**vektormezővel**  
jellemezhető:

az **E** és **B** vektorokat kell  
megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## A Higgs-mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely egy (matematikai)  
**skalármezővel**  
jellemezhető:

a **H** „**Higgs-potenciál**” értékét  
kell megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## Az elektromágneses mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a **Q** elektromos töltés,  
„csatolási állandó”:

## A Higgs-mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a **g** „csatolási állandó”



## Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)  
**vektormezővel**  
jellemezhető:

az **E** és **B** vektorokat kell  
megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## Az elektromágneses mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a **Q** elektromos töltés,  
„csatolási állandó”:

$$F = Q (E + v \times B)$$

## A Higgs-mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely egy (matematikai)  
**skalármezővel**  
jellemezhető:

a **H** „**Higgs-potenciál**” értékét  
kell megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## A Higgs-mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a **g** „csatolási állandó”



## Az elektromágneses mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely két (matematikai)  
**vektormezővel**  
jellemezhető:

az **E** és **B** vektorokat kell  
megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## A Higgs-mező

egy olyan fizikai mező,  
azaz folytonos eloszlású  
(nem atomos) anyag,

amely egy (matematikai)  
**skalármezővel**  
jellemezhető:

a **H** „**Higgs-potenciál**” értékét  
kell megadnunk  
a tér minden pontjában,  
minden időpillanatban

## Az elektromágneses mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a **Q** elektromos töltés,  
„csatolási állandó”:

$$F = Q (E + v \times B)$$

## A Higgs-mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a **g** „csatolási állandó”

$$F = g \text{ grad } H$$



## Az elektromágneses mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a  $Q$  elektromos töltés,  
„csatolási állandó”:

$$F = Q (E + v \times B)$$

## A Higgs-mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a  $g$  „csatolási állandó”

$$F = g \text{ grad } H$$

## Az elektromágneses mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a  $Q$  elektromos töltés,  
„csatolási állandó”:

$$F = Q (E + v \times B)$$

## A Higgs-mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a  $g$  „csatolási állandó”

$$F = g \text{ grad } H$$

---

## Az elektromágneses mezőben

## Az elektromágneses mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a  $Q$  elektromos töltés,  
„csatolási állandó”:

$$F = Q (E + v \times B)$$

## A Higgs-mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a  $g$  „csatolási állandó”

$$F = g \text{ grad } H$$

---

## Az elektromágneses mezőben

mozgó részecske tömege  
mindig állandó marad



## Az elektromágneses mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a  $Q$  elektromos töltés,  
„csatolási állandó”:

$$F = Q (E + v \times B)$$

## A Higgs-mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a  $g$  „csatolási állandó”

$$F = g \text{ grad } H$$

---

## Az elektromágneses mezőben

mozgó részecske tömege  
mindig állandó marad

## A Higgs-mezőben

## Az elektromágneses mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a  $Q$  elektromos töltés,  
„csatolási állandó”:

$$F = Q (E + v \times B)$$

## A Higgs-mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a  $g$  „csatolási állandó”

$$F = g \text{ grad } H$$

---

## Az elektromágneses mezőben

mozgó részecske tömege  
mindig állandó marad

## A Higgs-mezőben

mozgó részecske  
**tömege megváltozik**

## Az elektromágneses mező

erőt gyakorol a vele  
kölsönható részecskékre

A kölsönhatás mértéke  
a  $Q$  elektromos töltés,  
„csatolási állandó”:

$$F = Q (E + v \times B)$$

## A Higgs-mező

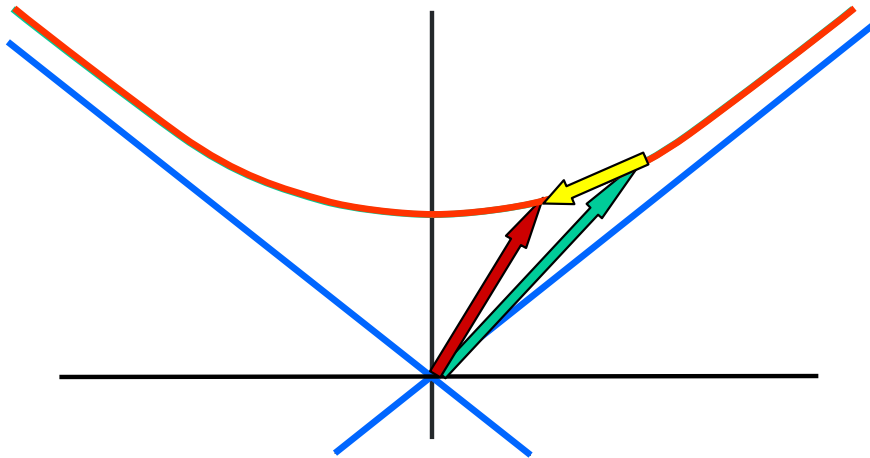
erőt gyakorol a vele  
kölsönható részecskékre

A kölsönhatás mértéke  
a  $g$  „csatolási állandó”

$$F = g \text{ grad } H$$

## Az elektromágneses mezőben

mozgó részecske tömege  
mindig állandó marad



## A Higgs-mezőben

mozgó részecske  
**tömege megváltozik**

## Az elektromágneses mező

erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a  $Q$  elektromos töltés,  
„csatolási állandó”:

$$F = Q (E + v \times B)$$

## A Higgs-mező

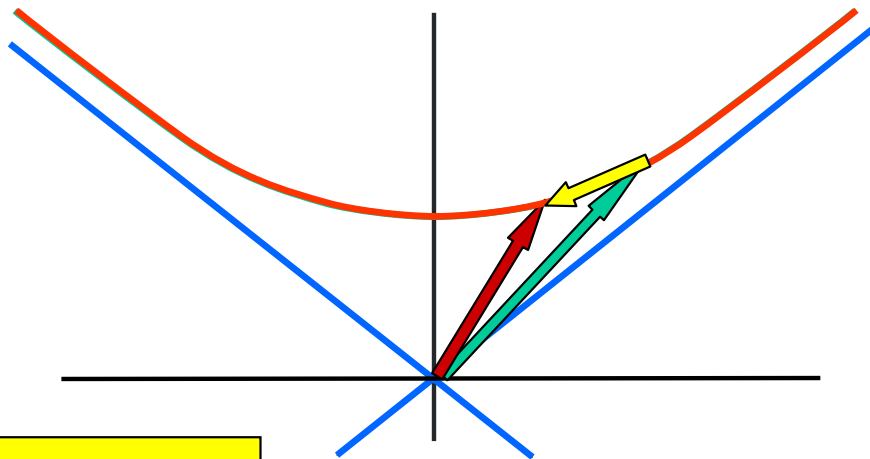
erőt gyakorol a vele  
köölcsönható részecskékre

A kölcsönhatás mértéke  
a  $g$  „csatolási állandó”

$$F = g \text{ grad } H$$

## Az elektromágneses mezőben

mozgó részecske tömege  
mindig állandó marad



$$m_1 = m_2$$

## A Higgs-mezőben

mozgó részecske  
**tömege megváltozik**

## Az elektromágneses mező

erőt gyakorol a vele  
kölsönható részecskékre

A kölsönhatás mértéke  
a  $Q$  elektromos töltés,  
„csatolási állandó”:

$$F = Q (E + v \times B)$$

## A Higgs-mező

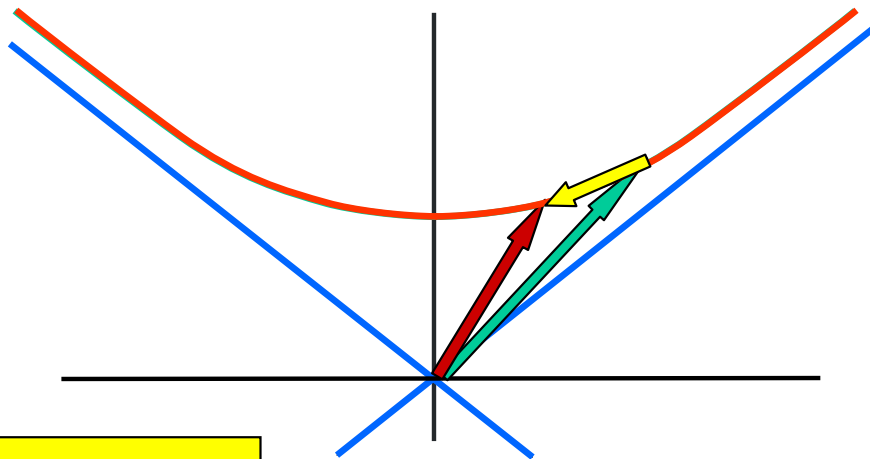
erőt gyakorol a vele  
kölsönható részecskékre

A kölsönhatás mértéke  
a  $g$  „csatolási állandó”

$$F = g \text{ grad } H$$

## Az elektromágneses mezőben

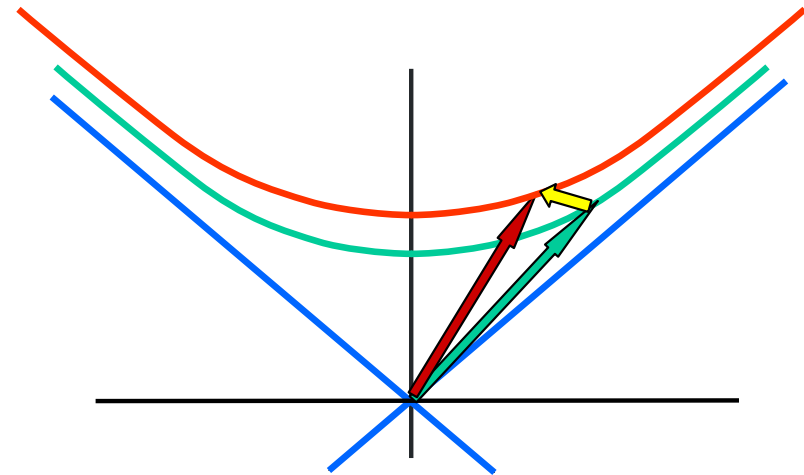
mozgó részecske tömege  
mindig állandó marad



$$m_1 = m_2$$

## A Higgs-mezőben

mozgó részecske  
tömege megváltozik



## Az elektromágneses mező

erőt gyakorol a vele  
kölsönható részecskékre

A kölsönhatás mértéke  
a  $Q$  elektromos töltés,  
„csatolási állandó”:

$$F = Q (E + v \times B)$$

## A Higgs-mező

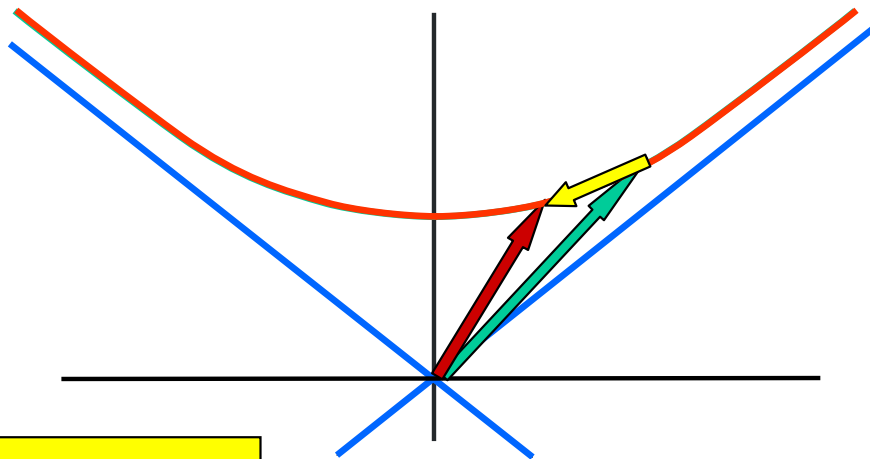
erőt gyakorol a vele  
kölsönható részecskékre

A kölsönhatás mértéke  
a  $g$  „csatolási állandó”

$$F = g \text{ grad } H$$

## Az elektromágneses mezőben

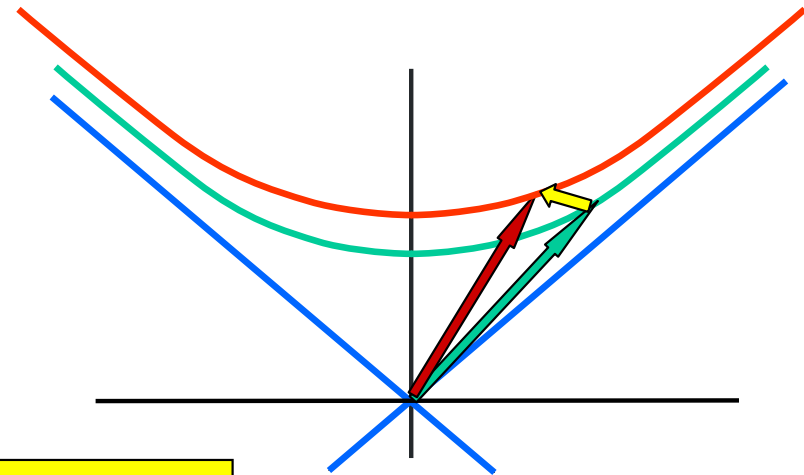
mozgó részecske tömege  
mindig állandó marad



$$m_1 = m_2$$

## A Higgs-mezőben

mozgó részecske  
tömege megváltozik



$$m_1 \neq m_2$$

## Az elektromágneses mező

erőt gyakorol a vele  
kölsönható részecskékre

A kölsönhatás mértéke  
a  $Q$  elektromos töltés,  
„csatolási állandó”:

$$F = Q (E + v \times B)$$

## A Higgs-mező

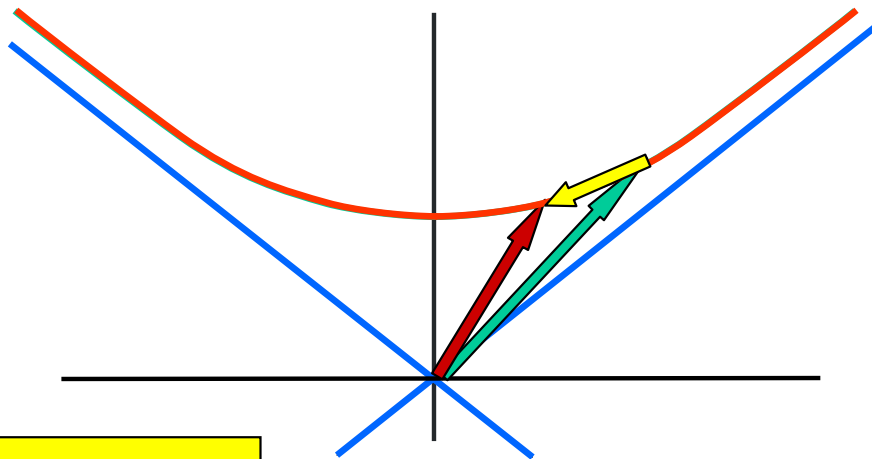
erőt gyakorol a vele  
kölsönható részecskékre

A kölsönhatás mértéke  
a  $g$  „csatolási állandó”

$$F = g \text{ grad } H$$

## Az elektromágneses mezőben

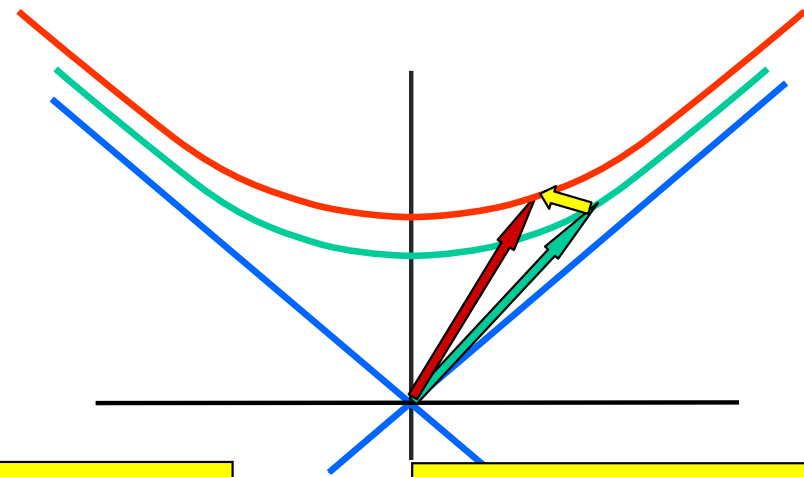
mozgó részecske tömege  
mindig állandó marad



$$m_1 = m_2$$

## A Higgs-mezőben

mozgó részecske  
tömege megváltozik



$$m_1 \neq m_2$$

$$m = m_0 + g H$$

$$m = m_0 + g H$$





$$m = m_0 + g H$$



$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete



$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete

a képlet a speciális relativitáselmélet alapján néhány sorban levezethető



$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete

a képlet a speciális relativitáselmélet alapján néhány sorban levezethető

De ki vezette le, és mikor?



$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alakképlete

a képlet a speciális relativitáselmélet alapján néhány sorban levezethető

De ki vezette le, és mikor?

Ganz nebenbei sei bemerkt, daß der Übergang der konstanten Ruhmasse  $m_0$  in die veränderliche  $m_0'$  immer dann eintritt, wenn die Viererkraft vorgegeben ist, so daß die Viererarbeit nicht identisch verschwindet. Ist z. B. das Viererpotential  $V(x_i)$  gegeben, so hat man die Bewegungsgleichungen

$$\frac{d}{d\tau} m_0' u_i = -\frac{\partial V}{\partial x_i} \quad \text{oder} \quad u_i \frac{dm_0'}{d\tau} + m_0' \frac{du_i}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i}.$$

Wird mit  $u_i$  multipliziert, so folgt

$$-c^2 \frac{dm_0'}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i} u_i = \frac{dV}{d\tau}, \quad \text{also} \quad \frac{dm_0'}{d\tau} = \frac{1}{c^2} \frac{dV}{d\tau}$$

und integriert  $m_0' = m_0 + \frac{V}{c^2}$ . Der Massenwert  $\frac{V}{c^2}$  des Viererpotentials vergrößert die Ruhmasse. Die Jacobische Gleichung dieses Problems ist

$$\frac{1}{2m_0'} \sum \left( \frac{\partial S}{\partial x_i} \right)^2 + \frac{m_0' c^2}{2} = 0.$$

Es muß noch kurz nachgewiesen werden, daß die Gl. (3) auch jetzt, bei veränderlicher Ruhmasse, die Kontinuitätsgleichung darstellt. Definiert man als



$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alakképlete

a képlet a speciális relativitáselmélet alapján néhány sorban levezethető

De ki vezette le, és mikor?

Ganz nebenbei sei bemerkt, daß der Übergang der konstanten Ruhmasse  $m_0$  in die veränderliche  $m_0'$  immer dann eintritt, wenn die Viererkraft vorgegeben ist, so daß die Viererarbeit nicht identisch verschwindet. Ist z. B. das Viererpotential  $V(x_i)$  gegeben, so hat man die Bewegungsgleichungen

$$\frac{d}{d\tau} m_0' u_i = -\frac{\partial V}{\partial x_i} \quad \text{oder} \quad u_i \frac{dm_0'}{d\tau} + m_0' \frac{du_i}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i}.$$

Wird mit  $u_i$  multipliziert, so folgt

$$-c^2 \frac{dm_0'}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i} u_i = \frac{dV}{d\tau}, \quad \text{also} \quad \frac{dm_0'}{d\tau} = \frac{1}{c^2} \frac{dV}{d\tau}$$

und integriert  $m_0' = m_0 + \frac{V}{c^2}$ . Der Massenwert  $\frac{V}{c^2}$  des Viererpotentials vergrößert die Ruhmasse. Die Jacobische Gleichung dieses Problems ist

$$\frac{1}{2m_0'} \sum \left( \frac{\partial S}{\partial x_i} \right)^2 + \frac{m_0' c^2}{2} = 0.$$

Es muß noch kurz nachgewiesen werden, daß die Gl. (3) auch jetzt, bei veränderlicher Ruhmasse, die Kontinuitätsgleichung darstellt. Definiert man als



$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete

a képlet a speciális relativitáselmélet alapján néhány sorban levezethető

De ki vezette le, és mikor?

*Annalen der Physik. 6. Folge. Band 11. 1953*

eigt, daß die Funktion  $s$  nicht, wie bisher an

Ganz nebenbei sei bemerkt, daß der Übergang der konstanten Ruhmasse  $m_0$  in die veränderliche  $m_0'$  immer dann eintritt, wenn die Viererkraft vorgegeben ist, so daß die Viererarbeit nicht identisch verschwindet. Ist z. B. das Viererpotential  $V(x_i)$  gegeben, so hat man die Bewegungsgleichungen

$$\frac{d}{d\tau} m_0' u_i = -\frac{\partial V}{\partial x_i} \quad \text{oder} \quad u_i \frac{dm_0'}{d\tau} + m_0' \frac{du_i}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i}.$$

Wird mit  $u_i$  multipliziert, so folgt

$$-c^2 \frac{dm_0'}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i} u_i = \frac{dV}{d\tau}, \quad \text{also} \quad \frac{dm_0'}{d\tau} = \frac{1}{c^2} \frac{dV}{d\tau}$$

und integriert  $m_0' = m_0 + \frac{V}{c^2}$ . Der Massenwert  $\frac{V}{c^2}$  des Viererpotentials vergrößert die Ruhmasse. Die Jacobische Gleichung dieses Problems ist

$$\frac{1}{2m_0'} \sum \left( \frac{\partial S}{\partial x_i} \right)^2 + \frac{m_0' c^2}{2} = 0.$$

Es muß noch kurz nachgewiesen werden, daß die Gl. (3) auch jetzt, bei veränderlicher Ruhmasse, die Kontinuitätsgleichung darstellt. Definiert man als



$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete

a képlet a speciális relativitáselmélet alapján néhány sorban levezethető

De ki vezette le, és mikor?

*Annalen der Physik. 6. Folge. Band 11 1953*

eigt, daß die Funktion  $s$  nicht, wie bisher an

Ganz nebenbei sei bemerkt, daß der Übergang der konstanten Ruhmasse  $m_0$  in die veränderliche  $m_0'$  immer dann eintritt, wenn die Viererkraft vorgegeben ist, so daß die Viererarbeit nicht identisch verschwindet. Ist z. B. das Viererpotential  $V(x_i)$  gegeben, so hat man die Bewegungsgleichungen

$$\frac{d}{d\tau} m_0' u_i = -\frac{\partial V}{\partial x_i} \quad \text{oder} \quad u_i \frac{dm_0'}{d\tau} + m_0' \frac{du_i}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i}.$$

Wird mit  $u_i$  multipliziert, so folgt

$$-c^2 \frac{dm_0'}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i} u_i = \frac{dV}{d\tau}, \quad \text{also} \quad \frac{dm_0'}{d\tau} = \frac{1}{c^2} \frac{dV}{d\tau}$$

und integriert  $m_0' = m_0 + \frac{V}{c^2}$ . Der Massenwert  $\frac{V}{c^2}$  des Viererpotentials vergrößert die Ruhmasse. Die Jacobische Gleichung dieses Problems ist

$$\frac{1}{2m_0'} \sum \left( \frac{\partial S}{\partial x_i} \right)^2 + \frac{m_0' c^2}{2} = 0.$$

Es muß noch kurz nachgewiesen werden, daß die Gl. (3) auch jetzt, bei veränderlicher Ruhmasse, die Kontinuitätsgleichung darstellt. Definiert man als





$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete

a képlet a speciális relativitáselmélet alapján néhány sorban levezethető

De ki vezette le, és mikor?

*Zur Schrödinger-Gordon-Gleichung*

Von K.F. Novobatzky

*Annalen der Physik. 6. Folge. Band 11 1953*

eigt, daß die Funktion  $s$  nicht, wie bisher an

Ganz nebenbei sei bemerkt, daß der Übergang der konstanten Ruhmasse  $m_0$  in die veränderliche  $m_0'$  immer dann eintritt, wenn die Viererkraft vorgegeben ist, so daß die Viererarbeit nicht identisch verschwindet. Ist z. B. das Viererpotential  $V(x_i)$  gegeben, so hat man die Bewegungsgleichungen

$$\frac{d}{d\tau} m_0' u_i = -\frac{\partial V}{\partial x_i} \quad \text{oder} \quad u_i \frac{dm_0'}{d\tau} + m_0' \frac{du_i}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i}.$$

Wird mit  $u_i$  multipliziert, so folgt

$$-c^2 \frac{dm_0'}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i} u_i = \frac{dV}{d\tau}, \quad \text{also} \quad \frac{dm_0'}{d\tau} = \frac{1}{c^2} \frac{dV}{d\tau}$$

und integriert  $m_0' = m_0 + \frac{V}{c^2}$ . Der Massenwert  $\frac{V}{c^2}$  des Viererpotentials vergrößert die Ruhmasse. Die Jacobische Gleichung dieses Problems ist

$$\frac{1}{2m_0'} \sum \left( \frac{\partial S}{\partial x_i} \right)^2 + \frac{m_0' c^2}{2} = 0.$$

Es muß noch kurz nachgewiesen werden, daß die Gl. (3) auch jetzt, bei veränderlicher Ruhmasse, die Kontinuitätsgleichung darstellt. Definiert man als



$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete

a képlet a speciális relativitáselmélet alapján néhány sorban levezethető

De ki vezette le, és mikor?

Zur Schrödinger-Gordon-Gleichung

von K.F. Novobatzky

Annalen der Physik. 6. Folge. Band 11 1953

zeigt, daß die Funktion  $s$  nicht, wie bisher an

Ganz nebenbei sei bemerkt, daß der Übergang der konstanten Ruhmasse  $m_0$  in die veränderliche  $m_0'$  immer dann eintritt, wenn die Viererkraft vorgegeben ist, so daß die Viererarbeit nicht identisch verschwindet. Ist z. B. das Viererpotential  $V(x_i)$  gegeben, so hat man die Bewegungsgleichungen

$$\frac{d}{d\tau} m_0' u_i = -\frac{\partial V}{\partial x_i} \quad \text{oder} \quad u_i \frac{dm_0'}{d\tau} + m_0' \frac{du_i}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i}.$$

Wird mit  $u_i$  multipliziert, so folgt

$$-c^2 \frac{dm_0'}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i} u_i = \frac{dV}{d\tau}, \quad \text{also} \quad \frac{dm_0'}{d\tau} = \frac{1}{c^2} \frac{dV}{d\tau}$$

und integriert  $m_0' = m_0 + \frac{V}{c^2}$ . Der Massenwert  $\frac{V}{c^2}$  des Viererpotentials vergrößert die Ruhmasse. Die Jacobische Gleichung dieses Problems ist

$$\frac{1}{2m_0'} \sum \left( \frac{\partial S}{\partial x_i} \right)^2 + \frac{m_0' c^2}{2} = 0.$$

Es muß noch kurz nachgewiesen werden, daß die Gl. (3) auch jetzt, bei veränderlicher Ruhmasse, die Kontinuitätsgleichung darstellt. Definiert man als



$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alaképlete

a képlet a speciális relativitáselmélet alapján néhány sorban levezethető

De ki vezette le, és mikor?

Zur Schrödinger-Gordon-Gleichung

von K.F. Novobatzky

Annalen der Physik. 6. Folge. Band 11 1953

zeigt, daß die Funktion  $s$  nicht, wie bisher an

Ganz nebenbei sei bemerkt, daß der Übergang der konstanten Ruhmasse  $m_0$  in die veränderliche  $m_0'$  immer dann eintritt, wenn die Viererkraft vorgegeben ist, so daß die Viererarbeit nicht identisch verschwindet. Ist z. B. das Viererpotential  $V(x_i)$  gegeben, so hat man die Bewegungsgleichungen

$$\frac{d}{d\tau} m_0' u_i = -\frac{\partial V}{\partial x_i} \quad \text{oder} \quad u_i \frac{dm_0'}{d\tau} + m_0' \frac{du_i}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i}.$$

Wird mit  $u_i$  multipliziert, so folgt

$$-c^2 \frac{dm_0'}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i} u_i = \frac{dV}{d\tau}, \quad \text{also} \quad \frac{dm_0'}{d\tau} = \frac{1}{c^2} \frac{dV}{d\tau}$$

und integriert  $m_0' = m_0 + \frac{V}{c^2}$ . Der Massenwert  $\frac{V}{c^2}$  des Viererpotentials vergrößert die Ruhmasse. Die Jacobische Gleichung dieses Problems ist

$$\frac{1}{2m_0'} \sum \left( \frac{\partial S}{\partial x_i} \right)^2 + \frac{m_0' c^2}{2} = 0.$$

Es muß noch kurz nachgewiesen werden, daß die Gl. (3) auch jetzt, bei veränderlicher Ruhmasse, die Kontinuitätsgleichung darstellt. Definiert man als



$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alakképlete

a képlet a speciális relativitáselmélet alapján néhány sorban levezethető

De ki vezette le, és mikor?

*Zur Schrödinger-Gordon-Gleichung*

von **K.F. Novobatzky**

*Annalen der Physik. 6. Folge. Band 11* **1953**

zeigt, daß die Funktion  $s$  nicht, wie bisher an

Ganz nebenbei sei bemerkt, daß der Übergang der konstanten Ruhmasse  $m_0$  in die veränderliche  $m_0'$  immer dann eintritt, wenn die Viererkraft vorgegeben ist, so daß die Viererarbeit nicht identisch verschwindet. Ist z. B. das Viererpotential  $V(x_i)$  gegeben, so hat man die Bewegungsgleichungen

$$\frac{d}{d\tau} m_0' u_i = -\frac{\partial V}{\partial x_i} \quad \text{oder} \quad u_i \frac{dm_0'}{d\tau} + m_0' \frac{du_i}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i}$$

Wird mit  $u_i$  multipliziert, so folgt

$$-c^2 \frac{dm_0'}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i} u_i = \frac{dV}{d\tau}, \quad \text{also} \quad \frac{dm_0'}{d\tau} = \frac{1}{c^2} \frac{dV}{d\tau}$$

und integriert  $m_0' = m_0 + \frac{V}{c^2}$ . Der Massenwert  $\frac{V}{c^2}$  des Viererpotentials vergrößert die Ruhmasse. Die Jacobische Gleichung dieses Problems ist

$$\frac{1}{2m_0'} \sum \left( \frac{\partial S}{\partial x_i} \right)^2 + \frac{m_0' c^2}{2} = 0.$$

Es muß noch kurz nachgewiesen werden, daß die Gl. (3) auch jetzt, bei veränderlicher Ruhmasse, die Kontinuitätsgleichung darstellt. Definiert man als



**Novobátzky Károly**  
(1884-1967)

$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete

a képlet a speciális relativitáselmélet alapján néhány sorban levezethető

De ki vezette le, és mikor?

Zur Schrödinger-Gordon-Gleichung

von K.F. Novobatzky

Annalen der Physik. 6. Folge. Band 11 1953

zeigt, daß die Funktion  $s$  nicht, wie bisher an

Ganz nebenbei sei bemerkt, daß der Übergang der konstanten Ruhmasse  $m_0$  in die veränderliche  $m_0'$  immer dann eintritt, wenn die Viererkraft vorgegeben ist, so daß die Viererarbeit nicht identisch verschwindet. Ist z. B. das Viererpotential  $V(x_i)$  gegeben, so hat man die Bewegungsgleichungen

$$\frac{d}{d\tau} m_0' u_i = -\frac{\partial V}{\partial x_i} \quad \text{oder} \quad u_i \frac{dm_0'}{d\tau} + m_0' \frac{du_i}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i}$$

Wird mit  $u_i$  multipliziert, so folgt

$$-c^2 \frac{dm_0'}{d\tau} = -\frac{\partial V}{\partial x_i} u_i = \frac{dV}{d\tau}, \quad \text{also} \quad \frac{dm_0'}{d\tau} = \frac{1}{c^2} \frac{dV}{d\tau}$$

und integriert  $m_0' = m_0 + \frac{V}{c^2}$ . Der Massenwert  $\frac{V}{c^2}$  des Viererpotentials vergrößert die Ruhmasse. Die Jacobische Gleichung dieses Problems ist

$$\frac{1}{2m_0'} \sum \left( \frac{\partial S}{\partial x_i} \right)^2 + \frac{m_0' c^2}{2} = 0.$$

Es muß noch kurz nachgewiesen werden, daß die Gl. (3) auch jetzt, bei veränderlicher Ruhmasse, die Kontinuitätsgleichung darstellt. Definiert man als



**Novobátzky Károly**  
(1884-1967)

az ELTE TTK Elméleti  
Fizikai Tanszékének  
vezetője



$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete

De ki vezette le, és mikor?



**Novobátzky Károly  
(1884-1967)**

**az ELTE TTK Elméleti  
Fizikai Tanszékének  
vezetője**

$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete

De ki vezette le, és mikor?

Novobáczky Károly  
vezette le 1950-ben,  
Budapesten



**Novobáczky Károly  
(1884-1967)**

**az ELTE TTK Elméleti  
Fizikai Tanszékének  
vezetője**

$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete

De ki vezette le, és mikor?

Novobáczky Károly  
vezette le 1950-ben,  
Budapesten



**Novobáczky Károly  
(1884-1967)**

**az ELTE TTK Elméleti  
Fizikai Tanszékének  
vezetője**



$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete

De ki vezette le, és mikor?

Novobáczky Károly  
vezette le 1950-ben,  
Budapesten



**Marx György**  
(1927-2002)



**Novobáczky Károly**  
(1884-1967)

az ELTE TTK Elméleti  
Fizikai Tanszékének  
vezetője

$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete

De ki vezette le, és mikor?

Novobáczky Károly  
vezette le 1950-ben,  
Budapesten



**Marx György**  
(1927-2002)

az ELTE TTK Atomfizikai  
Tanszékének vezetője



**Novobáczky Károly**  
(1884-1967)

az ELTE TTK Elméleti  
Fizikai Tanszékének  
vezetője

$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete

De ki vezette le, és mikor?

Novobáczky Károly  
vezette le 1950-ben,  
Budapesten

Marx György 1950 és  
1955 között



**Marx György**  
(1927-2002)

az ELTE TTK Atomfizikai  
Tanszékének vezetője



**Novobáczky Károly**  
(1884-1967)

az ELTE TTK Elméleti  
Fizikai Tanszékének  
vezetője

$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete

De ki vezette le, és mikor?



**Marx György**  
(1927-2002)

az ELTE TTK Atomfizikai  
Tanszékének vezetője

Novobátsky Károly  
vezette le 1950-ben,  
Budapesten

Marx György 1950 és  
1955 között  
részletesen kidolgozta  
a relativisztikus  
mechanikát, annak  
hiányzó fejezeteit,



**Novobátsky Károly**  
(1884-1967)

az ELTE TTK Elméleti  
Fizikai Tanszékének  
vezetője

$$m = m_0 + g H$$

ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete

De ki vezette le, és mikor?



**Marx György**  
(1927-2002)

az ELTE TTK Atomfizikai  
Tanszékének vezetője

Novobátsky Károly  
vezette le 1950-ben,  
Budapesten

Marx György 1950 és  
1955 között  
részletesen kidolgozta  
a relativisztikus  
mechanikát, annak  
hiányzó fejezeteit,  
figyelembe véve ezt az  
alapvető jelenséget, a  
nyugalmi tömeg  
változását.



**Novobátsky Károly**  
(1884-1967)

az ELTE TTK Elméleti  
Fizikai Tanszékének  
vezetője

$$m = m_0 + g H$$

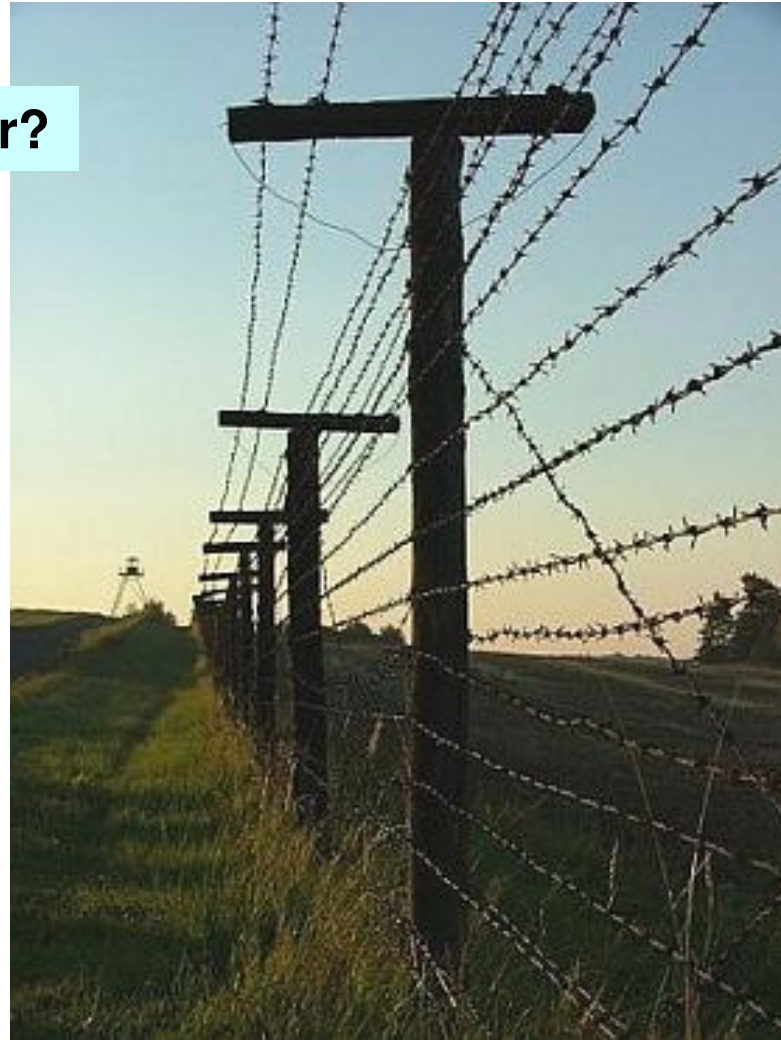
ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete

De ki vezette le, és mikor?



**Marx György**  
(1927-2002)

az ELTE TTK Atomfizikai  
Tanszékének vezetője



**Novobátsky Károly**  
(1884-1967)

az ELTE TTK Elméleti  
Fizikai Tanszékének  
vezetője

$$m = m_0 + g H$$

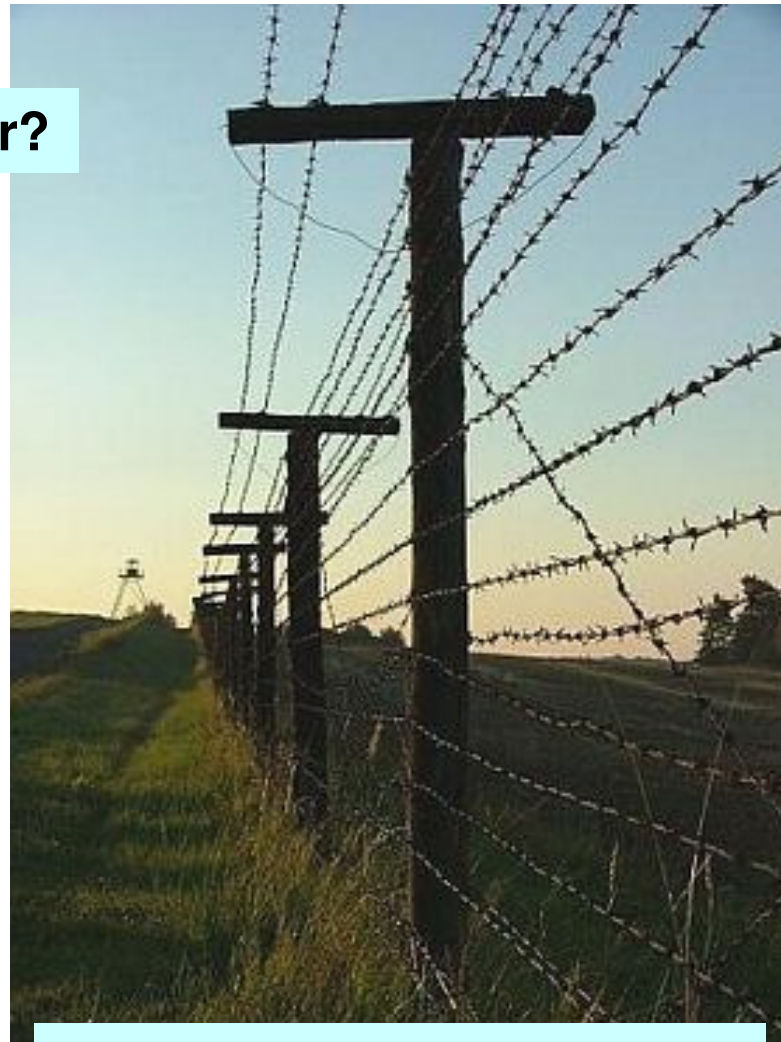
ez a Higgs-mező tömegnövelő hatásának alapképlete

De ki vezette le, és mikor?



**Marx György**  
(1927-2002)

az ELTE TTK Atomfizikai  
Tanszékének vezetője



A vasfüggöny miatt ez a hír  
nem jutott el a nyugati  
tudományos közvéleményhez



**Novobátzky Károly**  
(1884-1967)

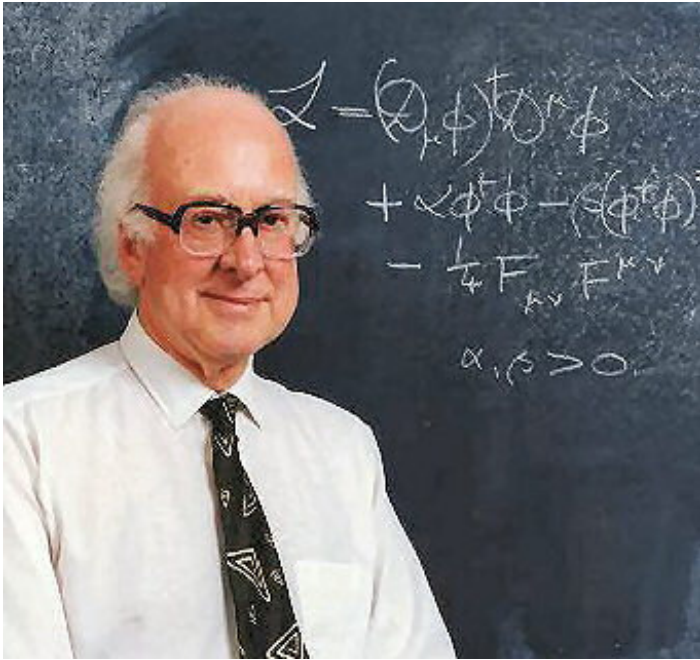
az ELTE TTK Elméleti  
Fizikai Tanszékének  
vezetője

$$m = m_0 + g H$$

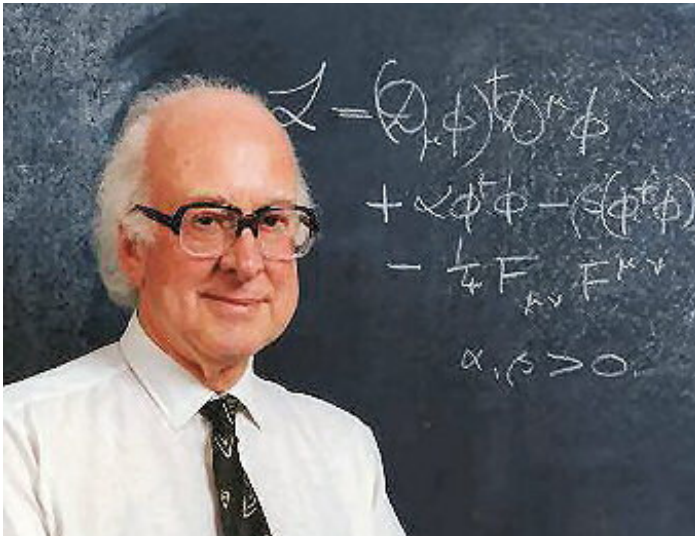




$$m = m_0 + g H$$

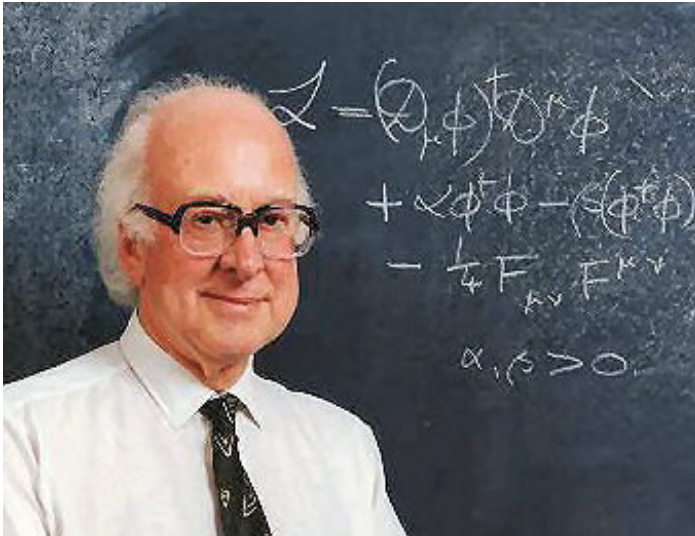


$$m = m_0 + g H$$



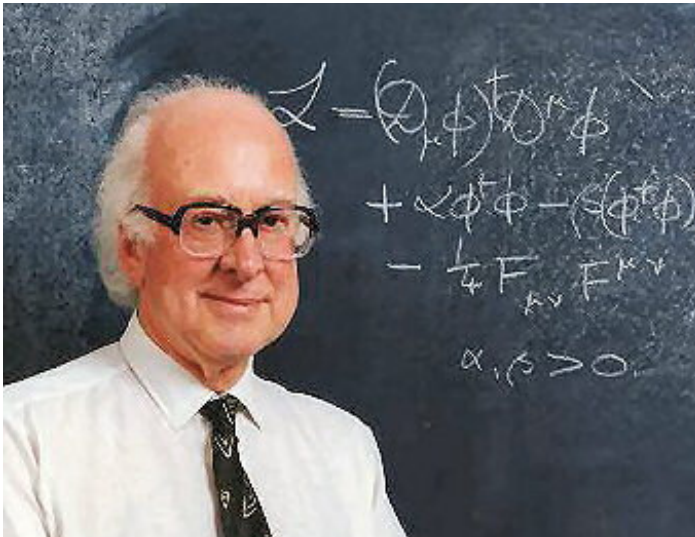
**Peter Higgs a hatvanas évek elején újra felfedezte ezt az effektust**

$$m = m_0 + g H$$



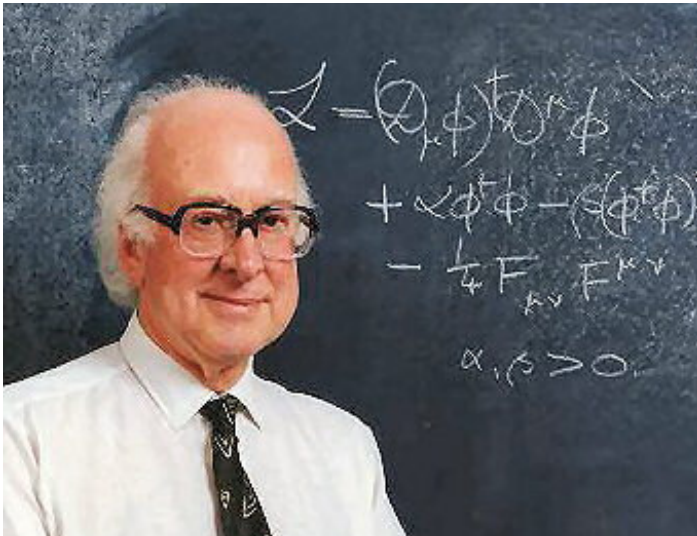
**Peter Higgs a hatvanas évek elején újra  
felfedezte ezt az effektust  
– egészen más elméleti keretben,**

$$m = m_0 + g H$$



**Peter Higgs a hatvanas évek elején újra felfedezte ezt az effektust – egészen más elméleti keretben, a kvantum-mezőelméletben (QFT)**

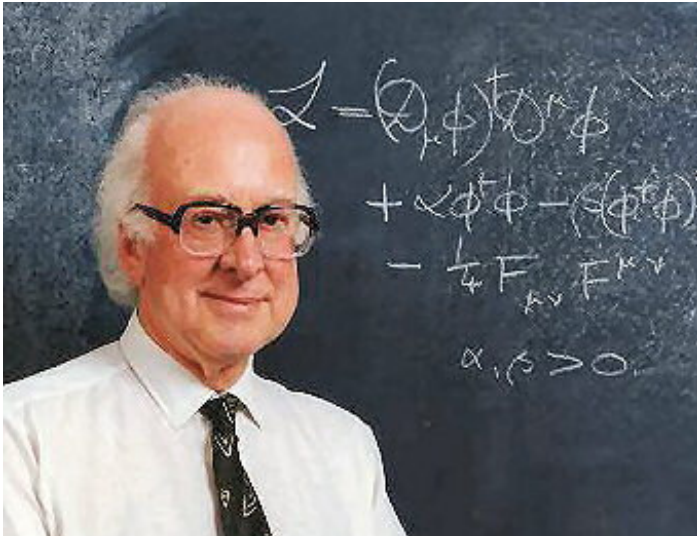
$$m = m_0 + g H$$



**Peter Higgs a hatvanas évek elején újra felfedezte ezt az effektust – egészen más elméleti keretben, a kvantum-mezőelméletben (QFT)**

**És persze még sok mindent hozzátett**

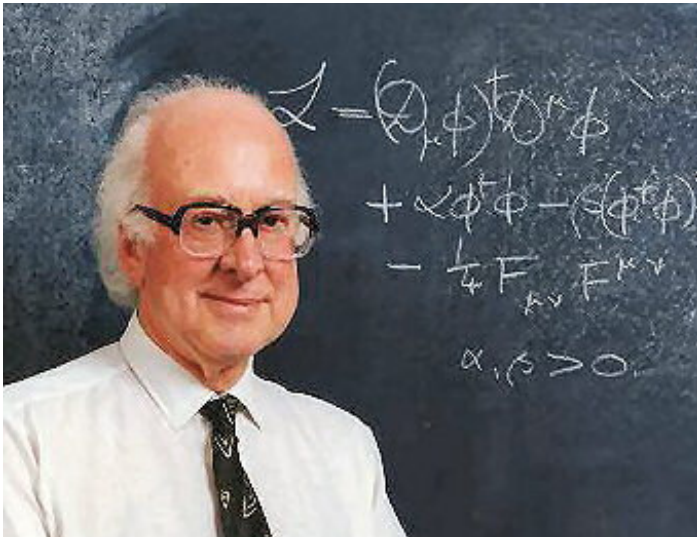
$$m = m_0 + g H$$



**Peter Higgs a hatvanas évek elején újra felfedezte ezt az effektust**  
– egészen más elméleti keretben,  
a kvantum-mezőelméletben (QFT)

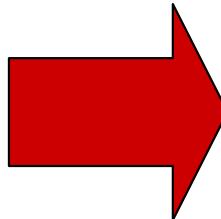
**És persze még sok mindent hozzátett**  
– így lett ez az elmélet  
az elemi részecskék  
Standard Modelljének  
egyik alapköve

$$m = m_0 + g H$$

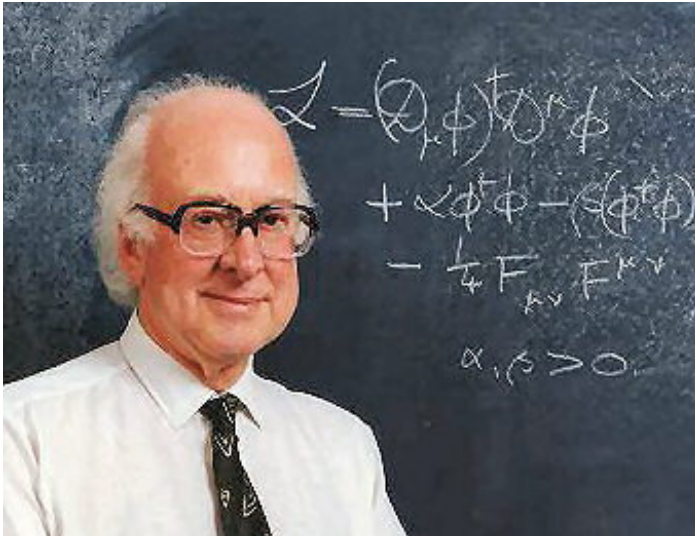


**Peter Higgs a hatvanas évek elején újra felfedezte ezt az effektust**  
– egészen más elméleti keretben,  
a kvantum-mezőelméletben (QFT)

**És persze még sok mindent hozzátett**  
– így lett ez az elmélet  
az elemi részecskék  
Standard Modelljének  
egyik alapköve



$$m = m_0 + g H$$

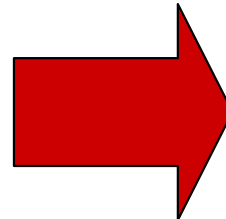


**Peter Higgs a hatvanas évek elején újra felfedezte ezt az effektust – egészen más elméleti keretben, a kvantum-mezőelméletben (QFT)**

### Részletek:

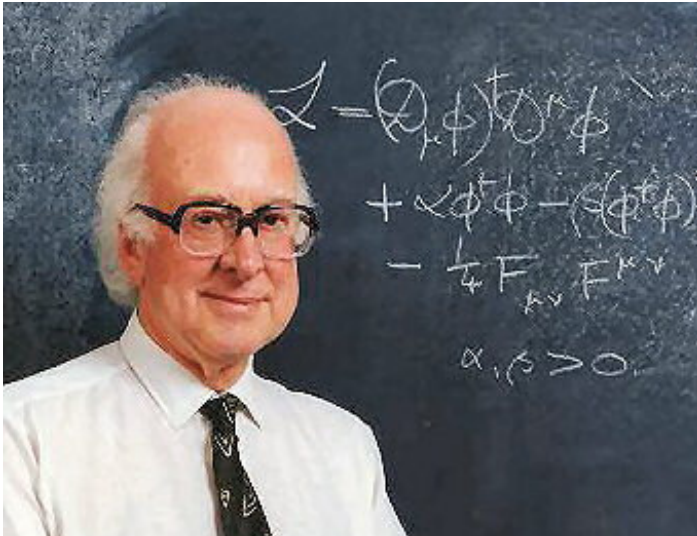
**Veres Gábor: Milyen eszközökkel figyelhetők meg a világ legkisebb alkotórészei?  
Atomcsill, 2007. december 20.**

**És persze még sok mindent hozzátett – így lett ez az elmélet az elemi részecskék Standard Modelljének egyik alapköve**



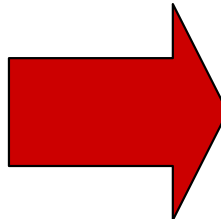


$$m = m_0 + g H$$



**Peter Higgs a hatvanas évek elején újra felfedezte ezt az effektust – egészen más elméleti keretben, a kvantum-mezőelméletben (QFT)**

**És persze még sok mindent hozzátett – így lett ez az elmélet az elemi részecskék Standard Modelljének egyik alapköve**



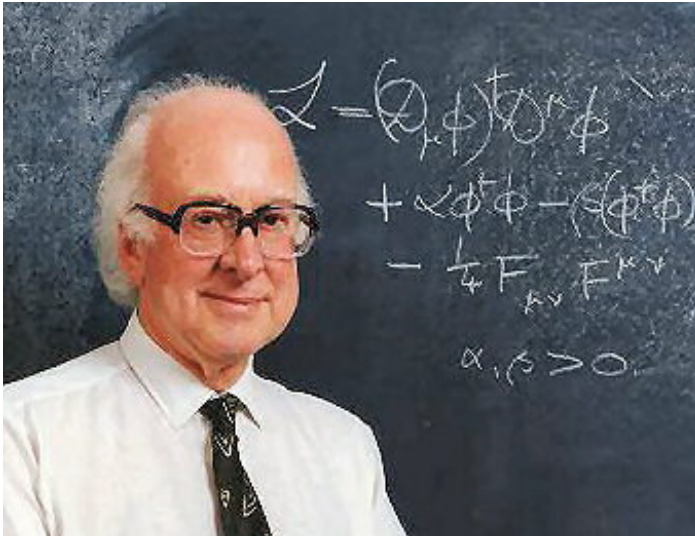
### **Részletek:**

**Veres Gábor: Milyen eszközökkel figyelhetők meg a világ legkisebb alkotórészei?**

**Atomcsill, 2007. december 20.**

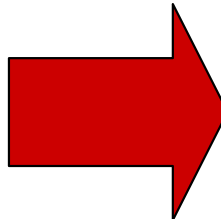
**Varga Dezső: A legkisebb részecskék a világ legnagyobb gyorsítójában,**  
**Atomcsill, 2010. november 18.**

$$m = m_0 + g H$$



**Peter Higgs a hatvanas évek elején újra felfedezte ezt az effektust – egészen más elméleti keretben, a kvantum-mezőelméletben (QFT)**

**És persze még sok mindent hozzátett – így lett ez az elmélet az elemi részecskék Standard Modelljének egyik alapköve**



### **Részletek:**

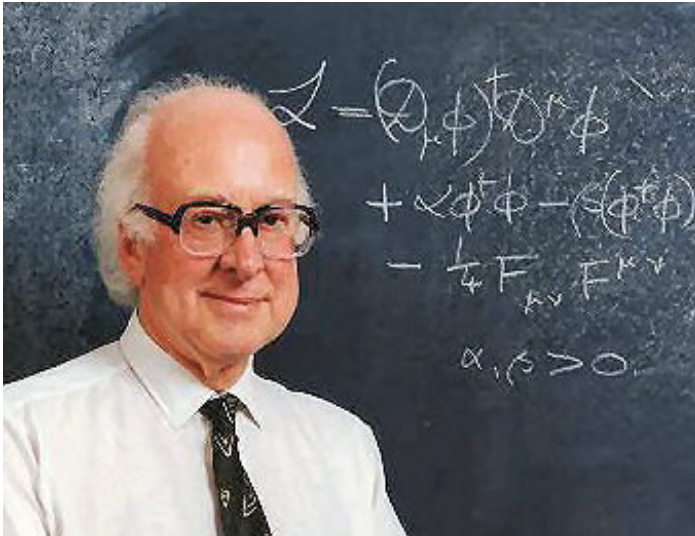
**Veres Gábor: Milyen eszközökkel figyelhetők meg a világ legkisebb alkotórészei?**

**Atomcsill, 2007. december 20.**

**Varga Dezső: A legkisebb részecskék a világ legnagyobb gyorsítójában,**  
**Atomcsill, 2010. november 18.**

**[www.atomcsill.elte.hu](http://www.atomcsill.elte.hu)**

$$m = m_0 + g H$$

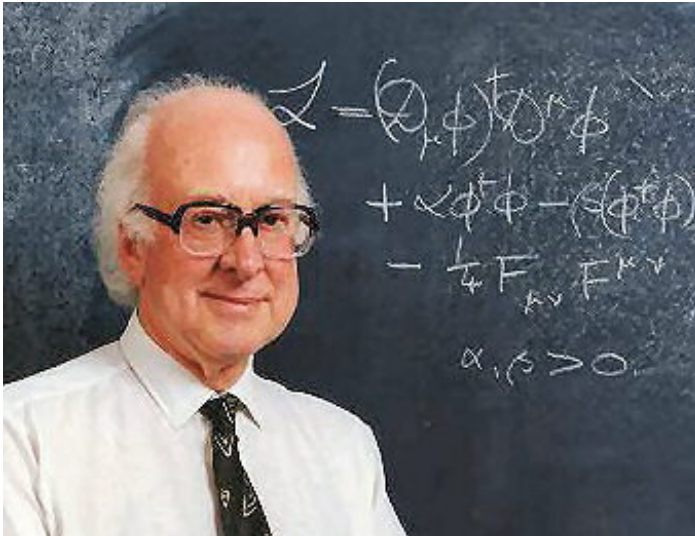


**Peter Higgs a hatvanas évek elején újra felfedezte ezt az effektust – egészen más elméleti keretben, a kvantum-mezőelméletben (QFT)**

**Ma már kissé bonyolultabb a képlet...**

**És persze még sok mindent hozzátett – így lett ez az elmélet az elemi részecskék Standard Modelljének egyik alapköve**

$$m = m_0 + g H$$



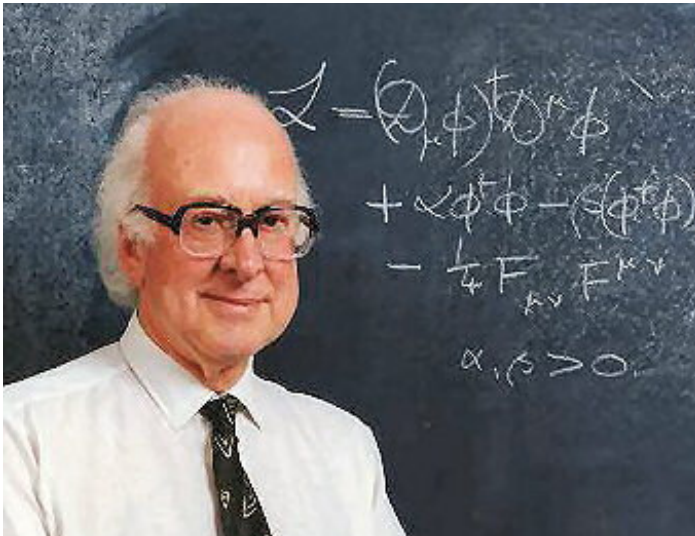
**Peter Higgs a hatvanas évek elején újra felfedezte ezt az effektust – egészen más elméleti keretben, a kvantum-mezőelméletben (QFT)**

**És persze még sok mindent hozzátett – így lett ez az elmélet az elemi részecskék Standard Modelljének egyik alapköve**

**Ma már kissé bonyolultabb a képlet...**

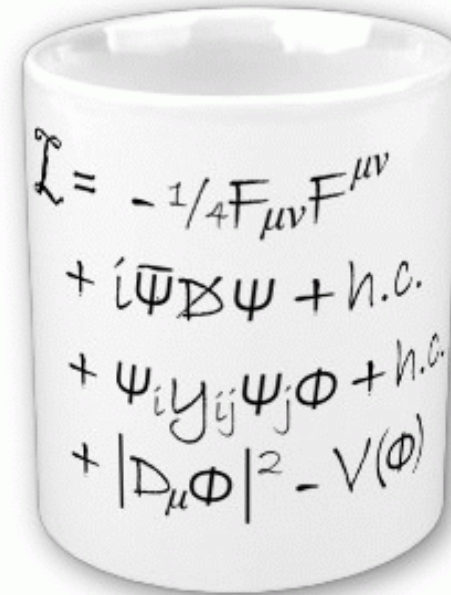
$$\begin{aligned} \mathcal{L}_{GWS} = & \sum_f (\bar{\Psi}_f (i\gamma^\mu \partial_\mu - m_f) \Psi_f - e Q_f \bar{\Psi}_f \gamma^\mu \Psi_f A_\mu) + \\ & + \frac{g}{\sqrt{2}} \sum_i (\bar{a}_L^i \gamma^\mu b_L^i W_\mu^+ + \bar{b}_L^i \gamma^\mu a_L^i W_\mu^-) + \frac{g}{2c_w} \sum_f \bar{\Psi}_f \gamma^\mu (I_f^3 - 2s_w^2 Q_f - I_f^3 \gamma_5) \Psi_f Z_\mu + \\ & - \frac{1}{4} |\partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu - ie(W_\mu^- W_\nu^+ - W_\mu^+ W_\nu^-)|^2 - \frac{1}{2} |\partial_\mu W_\nu^+ - \partial_\nu W_\mu^+ + \\ & - ie(W_\mu^+ A_\nu - W_\nu^+ A_\mu) + ig' c_w (W_\mu^+ Z_\nu - W_\nu^+ Z_\mu)|^2 + \\ & - \frac{1}{4} |\partial_\mu Z_\nu - \partial_\nu Z_\mu + ig' c_w (W_\mu^- W_\nu^+ - W_\mu^+ W_\nu^-)|^2 + \\ & - \frac{1}{2} M_\eta^2 \eta^2 - \frac{g M_\eta^2}{8 M_W} \eta^3 - \frac{g'^2 M_\eta^2}{32 M_W} \eta^4 + |M_W W_\mu^+ + \frac{g}{2} \eta W_\mu^+|^2 + \\ & + \frac{1}{2} |\partial_\mu \eta + i M_Z Z_\mu + \frac{ig}{2c_w} \eta Z_\mu|^2 - \sum_f \frac{g}{2} \frac{m_f}{M_W} \bar{\Psi}_f \Psi_f \eta \end{aligned}$$

$$m = m_0 + g H$$



**Peter Higgs a hatvanas évek elején újra felfedezte ezt az effektust – egészen más elméleti keretben, a kvantum-mezőelméletben (QFT)**

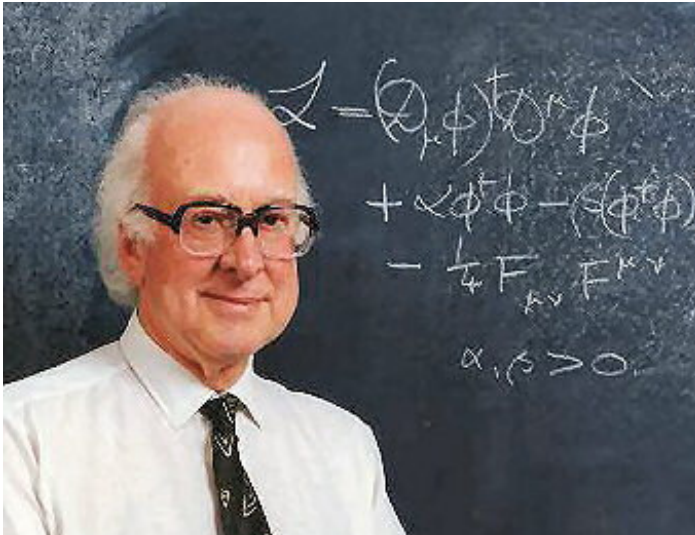
**És persze még sok mindent hozzátett – így lett ez az elmélet az elemi részecskék Standard Modelljének egyik alapköve**



**Ma már kissé bonyolultabb a képlet...**

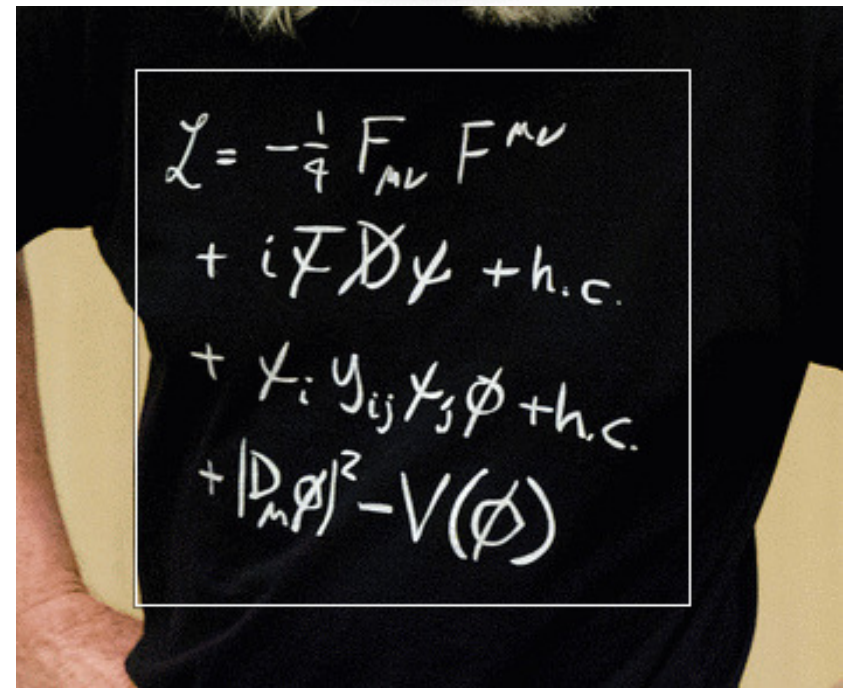
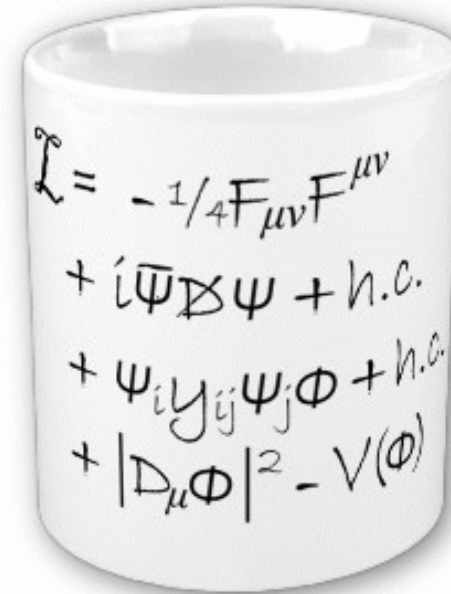
$$\begin{aligned} \mathcal{L}_{GWS} = & \sum_f (\bar{\Psi}_f (i\gamma^\mu \partial_\mu - m_f) \Psi_f - e Q_f \bar{\Psi}_f \gamma^\mu \Psi_f A_\mu) + \\ & + \frac{g}{\sqrt{2}} \sum_i (\bar{a}_L^i \gamma^\mu b_L^i W_\mu^+ + \bar{b}_L^i \gamma^\mu a_L^i W_\mu^-) + \frac{g}{2c_w} \sum_f \bar{\Psi}_f \gamma^\mu (I_f^3 - 2s_w^2 Q_f - I_f^3 \gamma_5) \Psi_f Z_\mu + \\ & - \frac{1}{4} |\partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu - ie(W_\mu^- W_\nu^+ - W_\mu^+ W_\nu^-)|^2 - \frac{1}{2} |\partial_\mu W_\nu^+ - \partial_\nu W_\mu^+ + \\ & - ie(W_\mu^+ A_\nu - W_\nu^+ A_\mu) + ig' c_w (W_\mu^+ Z_\nu - W_\nu^+ Z_\mu)|^2 + \\ & - \frac{1}{4} |\partial_\mu Z_\nu - \partial_\nu Z_\mu + ig' c_w (W_\mu^- W_\nu^+ - W_\mu^+ W_\nu^-)|^2 + \\ & - \frac{1}{2} M_\eta^2 \eta^2 - \frac{g M_\eta^2}{8 M_W} \eta^3 - \frac{g'^2 M_\eta^2}{32 M_W} \eta^4 + |M_W W_\mu^+ + \frac{g}{2} \eta W_\mu^+|^2 + \\ & + \frac{1}{2} |\partial_\mu \eta + i M_Z Z_\mu + \frac{ig}{2c_w} \eta Z_\mu|^2 - \sum_f \frac{g}{2} \frac{m_f}{M_W} \bar{\Psi}_f \Psi_f \eta \end{aligned}$$

$$m = m_0 + g H$$



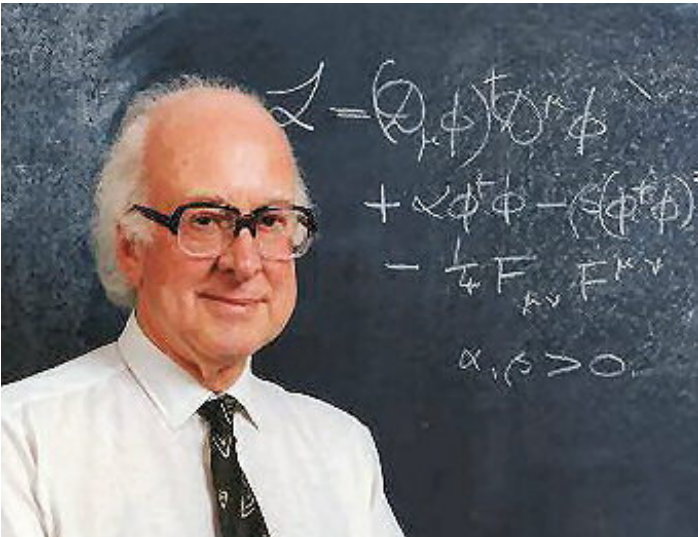
**Peter Higgs a hatvanas évek elején újra felfedezte ezt az effektust – egészen más elméleti keretben, a kvantum-mezőelméletben (QFT)**

**És persze még sok mindent hozzátett – így lett ez az elmélet az elemi részecskék Standard Modelljének egyik alapköve**



$$m = m_0 + g H$$

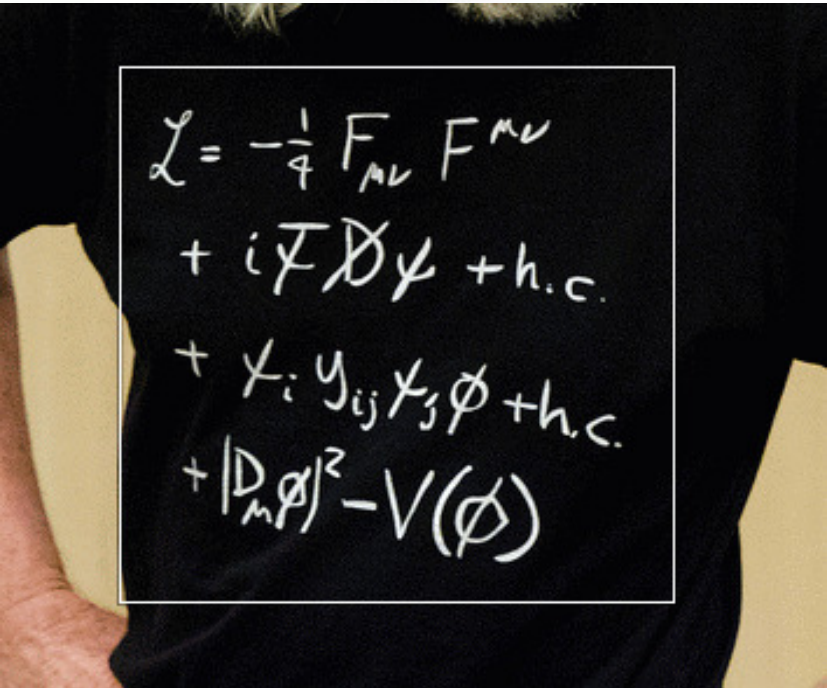
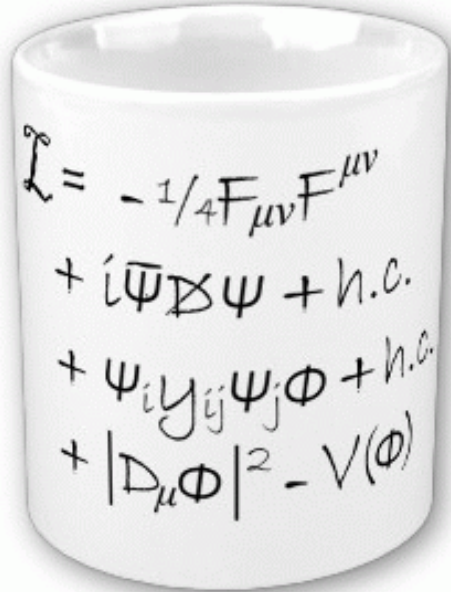
# The Standard Model



**Peter Higgs a hatvanas évek elején újra felfedezte ezt az effektust – egészen más elméleti keretben, a kvantum-mezőelméletben (QFT)**

**És persze még sok mindent hoztátett – így lett ez az elmélet az elemi részecskék Standard Modelljének egyik alapköve**

$$\begin{aligned} & -\frac{1}{2}g_2^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi - g_1^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi - \frac{1}{2}g_1^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi + \\ & \frac{1}{2}(g_1^2\phi^\dagger\phi)^2 + G^2\phi^\dagger\phi + g_1^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi - \partial_\mu W_\nu^\dagger\partial^\mu W^\nu - \\ & M^2 W_\nu^\dagger W^\nu - \frac{1}{2}g_2^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi - \frac{1}{2}M^2\phi^\dagger\phi - \frac{1}{2}g_1^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi - \frac{1}{2}g_2^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi + \\ & \frac{1}{2}M^2 H^2 - \partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi - M^2\phi^\dagger\phi - \frac{1}{2}g_2^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi - \frac{1}{2}M^2\phi^\dagger\phi - \frac{1}{2}g_1^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi + \\ & \frac{1}{2}M^2 H^2 + \frac{1}{2}(H^2 + \phi^\dagger\phi + 2\phi^\dagger\phi) + \frac{1}{2}g_2^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi - \frac{1}{2}g_1^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi - \\ & W_\nu^\dagger W^\nu - Z_\mu^\dagger Z^\mu - W_\nu^\dagger W^\nu - W_\nu^\dagger W^\nu + Z_\mu^\dagger Z^\mu - W_\nu^\dagger W^\nu - \\ & W_\nu^\dagger W^\nu - \frac{1}{2}g_2^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi - \frac{1}{2}M^2\phi^\dagger\phi - \frac{1}{2}g_1^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi - \\ & W_\nu^\dagger W^\nu + A_\mu(W_\nu^\dagger\partial^\mu W^\nu - W_\nu^\dagger\partial^\mu W^\nu) - \frac{1}{2}g_2^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi + \\ & \frac{1}{2}g_1^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi + g_2^2(Z_\mu^\dagger\partial^\mu W^\nu - Z_\mu^\dagger\partial^\mu W^\nu) + \\ & g_2^2(A_\mu W_\nu^\dagger\partial^\mu W^\nu - A_\mu W_\nu^\dagger\partial^\mu W^\nu) + g_2^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi - \\ & W_\nu^\dagger W^\nu - 2A_\mu Z_\mu^\dagger W_\nu^\dagger W^\nu - g_1 g_2 H^2 + H\partial^\mu\phi^\dagger\partial_\mu\phi + \frac{1}{2}g_1^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi - \\ & \frac{1}{2}g_2^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi + (g_1^2\phi^\dagger\phi)^2 + 4(g_1^2\phi^\dagger\phi)\phi^\dagger\phi + 4H^2\phi^\dagger\phi + 2(g_1^2\phi^\dagger\phi)H^2 - \\ & g_1 M W_\nu^\dagger W^\nu H - \frac{1}{2}g_2^2 Z_\mu^\dagger Z^\mu H - \frac{1}{2}g_1 g_2 W_\nu^\dagger(W_\nu^\dagger\partial^\mu\phi - \partial^\mu\phi W_\nu^\dagger) - \\ & W_\nu^\dagger(\partial^\mu\phi W_\nu^\dagger - \partial^\mu\phi W_\nu^\dagger) + \frac{1}{2}g_1^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi - \frac{1}{2}g_2^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi - W_\nu^\dagger(H\partial_\mu\phi^\dagger - \\ & \partial^\mu\phi H) + \frac{1}{2}g_1^2(Z_\mu^\dagger(H\partial_\mu\phi^\dagger - \partial^\mu\phi H) - g_2^2 M Z_\mu^\dagger W_\nu^\dagger\phi - W_\nu^\dagger\phi) + \\ & i g_2 A_\mu(W_\nu^\dagger\partial^\mu\phi - W_\nu^\dagger\partial^\mu\phi) - i g_2^2 Z_\mu^\dagger(\partial^\mu\phi W_\nu^\dagger - \partial^\mu\phi W_\nu^\dagger) + \\ & i g_2 A_\mu(\partial^\mu\phi W_\nu^\dagger - \partial^\mu\phi W_\nu^\dagger) - \frac{1}{2}g_1^2 W_\nu^\dagger W^\nu [H^2 + (\phi^\dagger\phi)^2 + 2\phi^\dagger\phi] - \\ & \frac{1}{2}g_2^2 Z_\mu^\dagger Z^\mu [H^2 + (\phi^\dagger\phi)^2 + 2(2\phi^\dagger\phi - 1)\phi^\dagger\phi] - \frac{1}{2}g_1^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi + \\ & W_\nu^\dagger\phi) - \frac{1}{2}g_2^2 Z_\mu^\dagger Z^\mu H(W_\nu^\dagger\phi - W_\nu^\dagger\phi) + \frac{1}{2}g_2^2 A_\mu\partial^\mu(W_\nu^\dagger\phi + \\ & W_\nu^\dagger\phi) + \frac{1}{2}g_2^2 A_\mu H(W_\nu^\dagger\phi - W_\nu^\dagger\phi) - g_2^2(2\phi^\dagger - 1)Z_\mu^\dagger A_\mu\partial^\mu\phi - \\ & g_2^2 A_\mu\partial^\mu\phi - \rho^2(\gamma_0 + m_0^2)\rho^2 - \rho^2\partial_\mu\rho^2 - \rho^2(\gamma_0 + m_0^2)\rho^2 - \rho^2(\gamma_0 + \\ & m_0^2)\rho^2 + i g_2 A_\mu(-\rho^2\gamma_0 + \frac{1}{2}(\partial_\mu^2)\rho^2) - \frac{1}{2}(\partial_\mu^2)\rho^2 + \frac{1}{2}Z_\mu^\dagger(\rho^2\gamma_0 + \\ & \gamma_0^2)\rho^2 + (\rho^2\gamma_0 - 1 - \gamma_0^2)\rho^2 + (\partial_\mu^2)\rho^2(\frac{1}{2}\rho^2 - 1 - \gamma_0^2)\rho^2 + \\ & (\partial_\mu^2)\rho^2(1 - \frac{1}{2}\rho^2 - \gamma_0^2)\rho^2 + \frac{1}{2}g_2^2 W_\nu^\dagger[(\rho^2\gamma_0 + 1 + \gamma_0^2)\rho^2 + (\partial_\mu^2)\rho^2(1 + \\ & \gamma_0^2)C_{\mu\nu}] + \frac{1}{2}g_2^2 W_\nu^\dagger[(\rho^2\gamma_0 + 1 + \gamma_0^2)\rho^2 + (\partial_\mu^2)\rho^2(1 + \gamma_0^2)] + \\ & \frac{1}{2}g_2^2 Z_\mu^\dagger[-\rho^2(\gamma_0 + 1 - \gamma_0^2)\rho^2 + \rho^2(\gamma_0 + 1 + \gamma_0^2)\rho^2] - \frac{1}{2}g_2^2 H(\rho^2\gamma_0 + \\ & \rho^2(\gamma_0 + 1)\rho^2) + \frac{1}{2}g_2^2\partial_\mu\phi^\dagger[-m_0^2(\partial_\mu^2)C_{\mu\nu}(1 - \gamma_0^2)\rho^2 + m_0^2(\partial_\mu^2)C_{\mu\nu}(1 + \\ & \gamma_0^2)\rho^2] + \frac{1}{2}g_2^2\partial_\mu\phi^\dagger[m_0^2(\partial_\mu^2)C_{\mu\nu}(1 + \gamma_0^2)\rho^2] - m_0^2(\partial_\mu^2)C_{\mu\nu}(1 - \gamma_0^2)\rho^2 - \\ & \frac{1}{2}g_2^2 H(\partial_\mu^2)\rho^2 - \frac{1}{2}g_2^2 H(\partial_\mu^2)\rho^2 + \frac{1}{2}g_2^2\partial_\mu\phi^\dagger(\partial_\mu^2)\rho^2 - \frac{1}{2}g_2^2\partial_\mu\phi^\dagger(\partial_\mu^2)\rho^2 + \\ & X^\dagger(\partial^\mu - M^2)X^\mu + X^\dagger(\partial^\mu - M^2)X^\mu + X^\dagger(\partial^\mu - M^2)X^\mu - \frac{1}{2}M^2 X^\dagger X^\mu + \frac{1}{2}g_2^2\partial_\mu\phi^\dagger\partial^\mu\phi + \\ & i g_2 W_\nu^\dagger(\partial_\mu X^\nu X^\mu - \partial_\mu X^\nu X^\mu) + i g_2 W_\nu^\dagger(\partial_\mu X^\nu X^\mu - \partial_\mu X^\nu X^\mu) + \\ & i g_2 W_\nu^\dagger(\partial_\mu X^\nu X^\mu - \partial_\mu X^\nu X^\mu) + i g_2 W_\nu^\dagger(\partial_\mu X^\nu X^\mu - \partial_\mu X^\nu X^\mu) + \\ & i g_2 Z_\mu^\dagger(\partial_\mu X^\nu X^\mu - \partial_\mu X^\nu X^\mu) + i g_2 A_\mu(\partial_\mu X^\nu X^\mu - \partial_\mu X^\nu X^\mu) - \\ & \frac{1}{2}g_2 M[X^\dagger X^\mu + X^\nu X^\mu H + \frac{1}{2}X^\nu X^\mu H] + \frac{1}{2}g_2^2 i g_2 M[X^\dagger X^\mu\partial^\nu\phi - \\ & X^\nu X^\mu\partial^\nu\phi] + \frac{1}{2}i g_2 M[X^\dagger X^\mu\partial^\nu\phi - X^\nu X^\mu\partial^\nu\phi] + i g_2 M_\nu[X^\dagger X^\mu\partial^\nu\phi - \\ & X^\nu X^\mu\partial^\nu\phi] + \frac{1}{2}i g_2 M[X^\dagger X^\mu\partial^\nu\phi - X^\nu X^\mu\partial^\nu\phi] \end{aligned}$$



$$M = m + g H$$





$$M = m + g H$$

## Novobátsky-formula



$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matek nélkül!



$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matek nélkül!



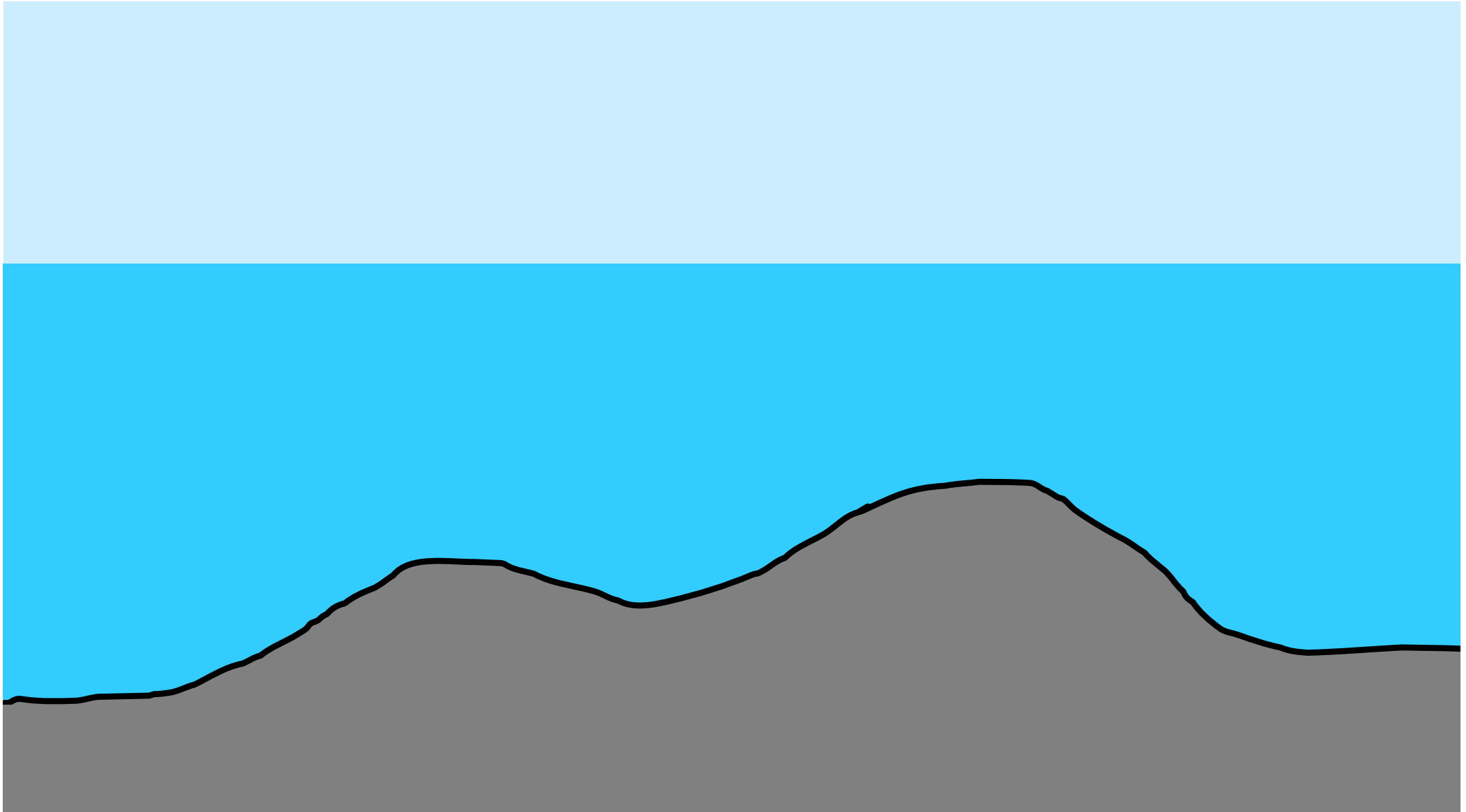
$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matek nélkül!



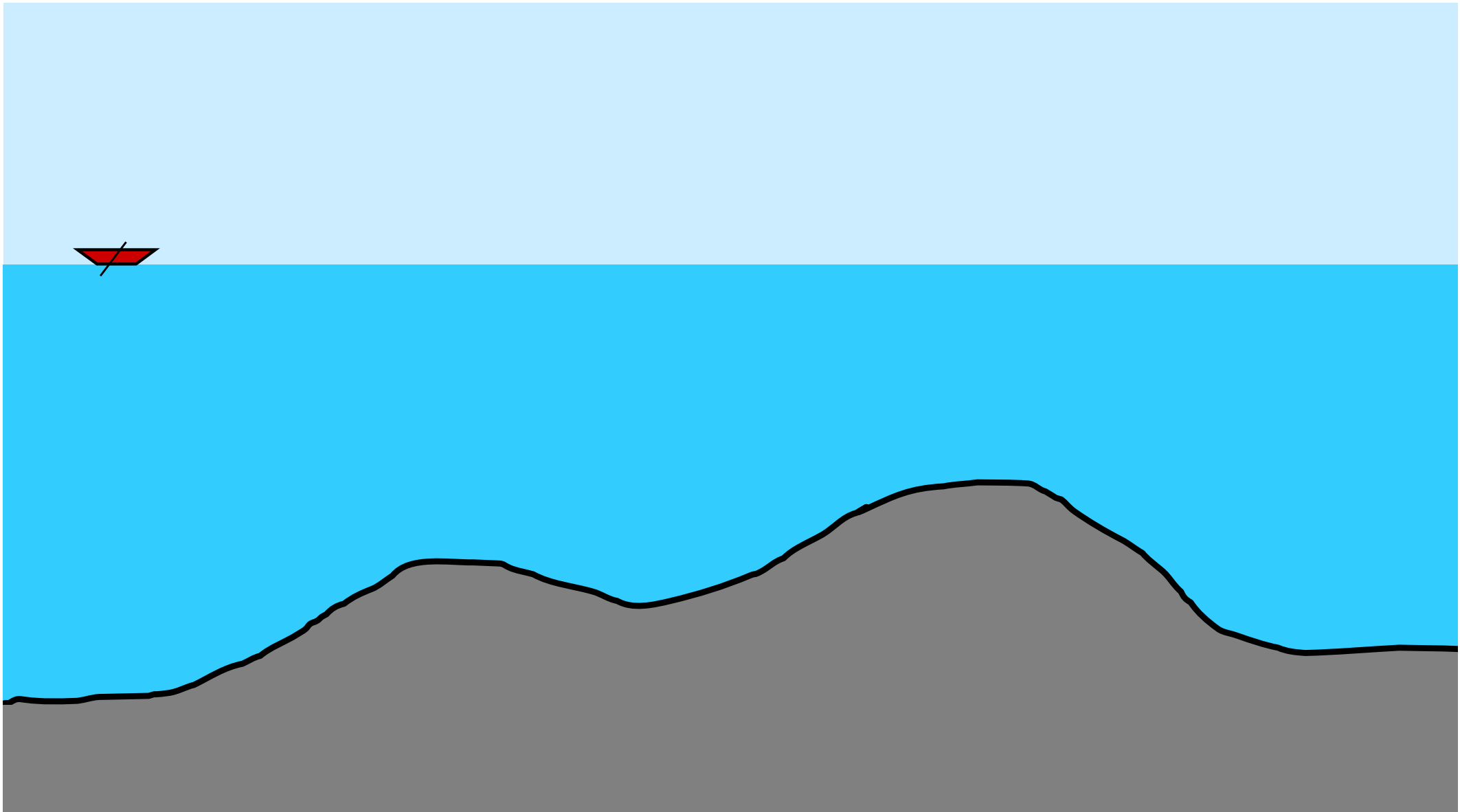
$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matek nélkül!



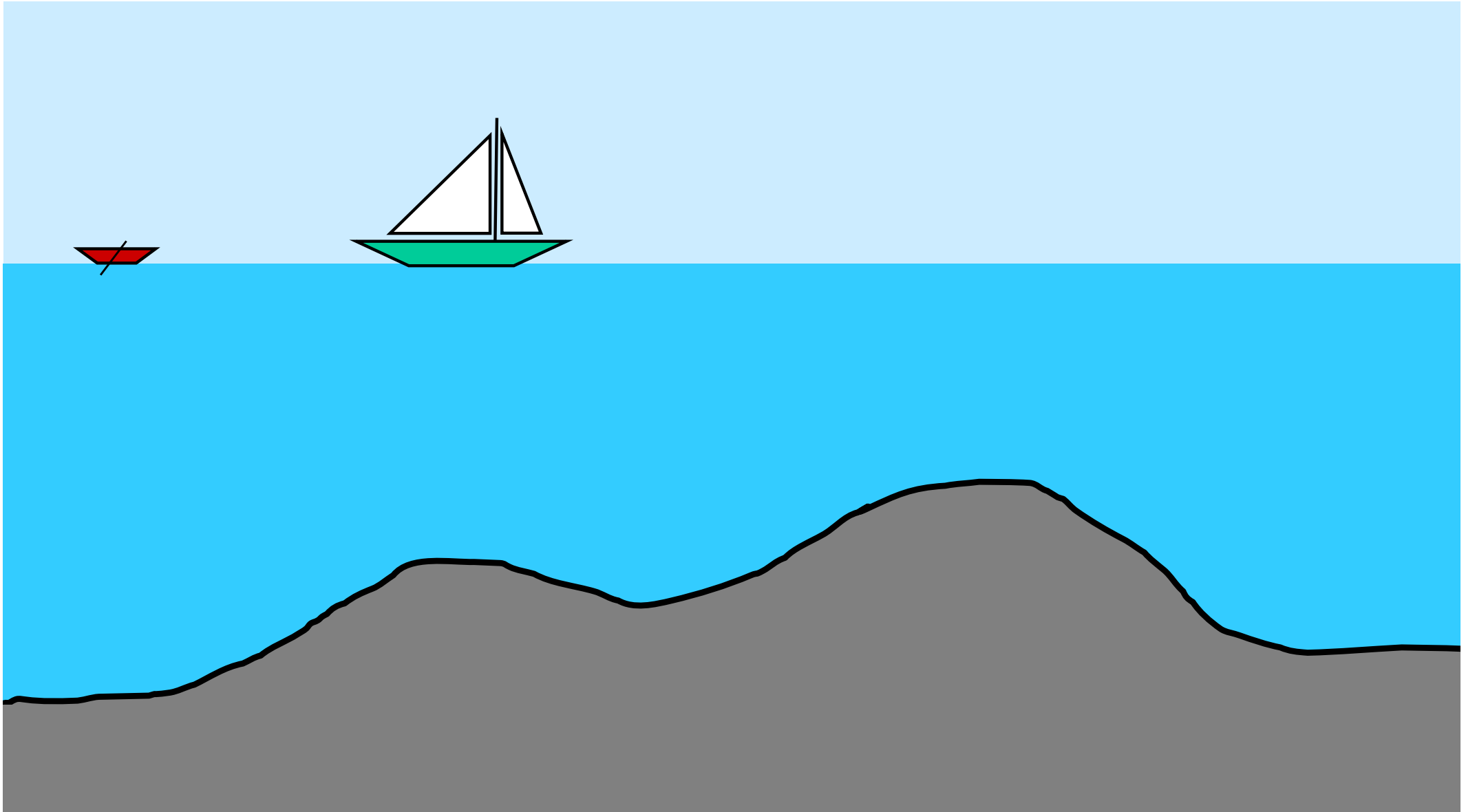
$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matek nélkül!



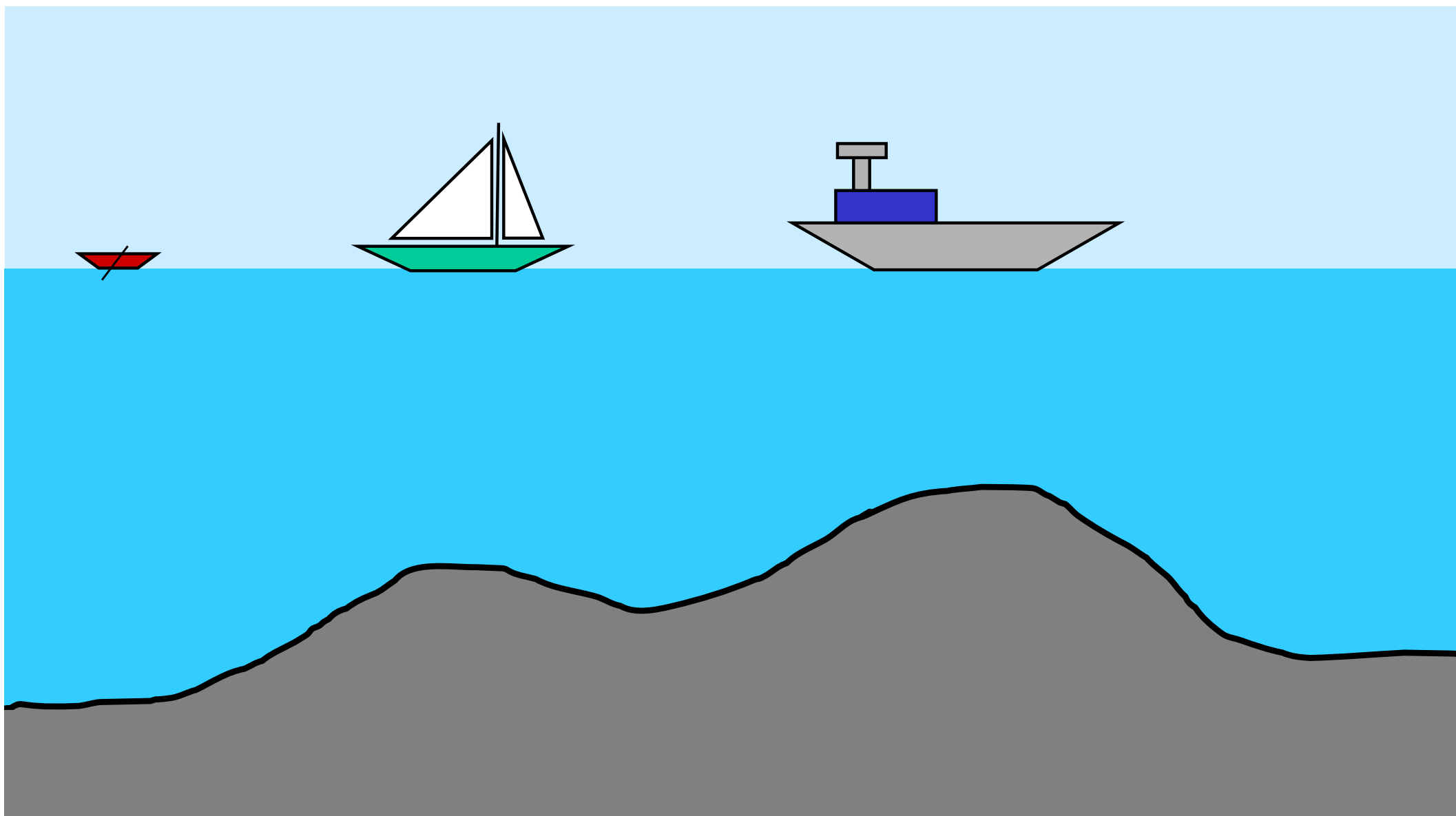
$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matek nélkül!



$$M = m + g H$$

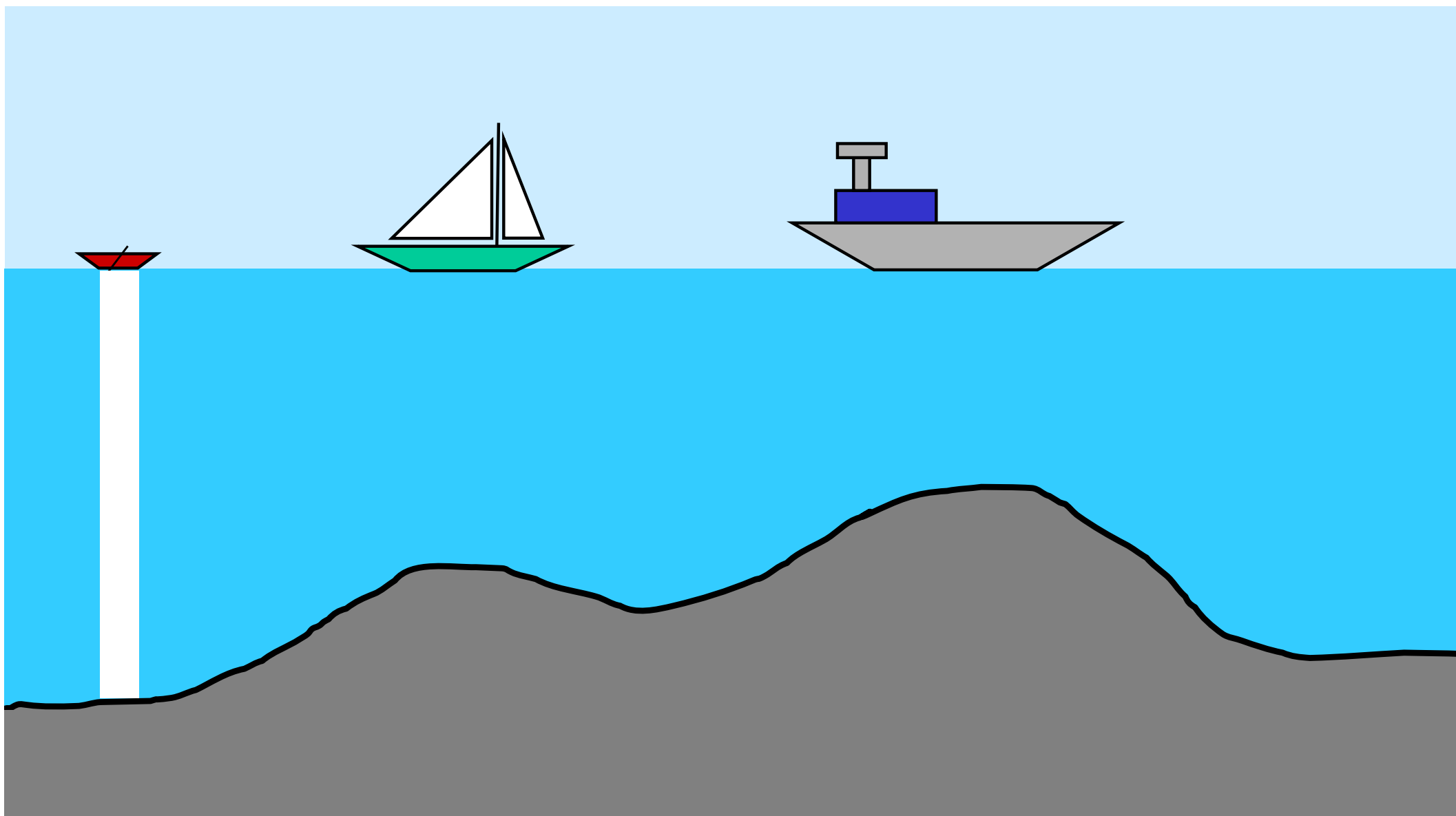
Értsük meg a „tömegadást” matematikánélkül!





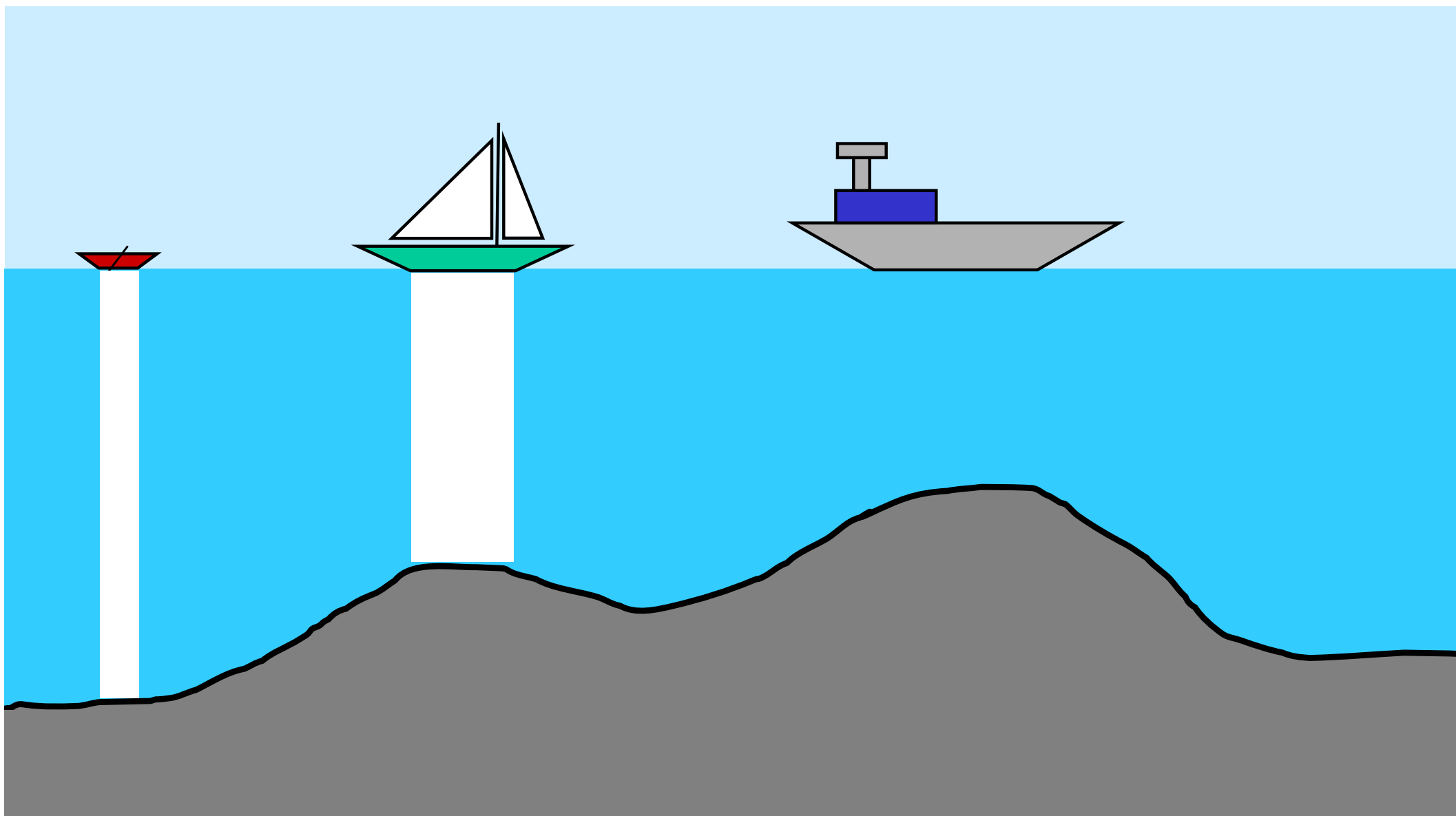
$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matek nélkül!



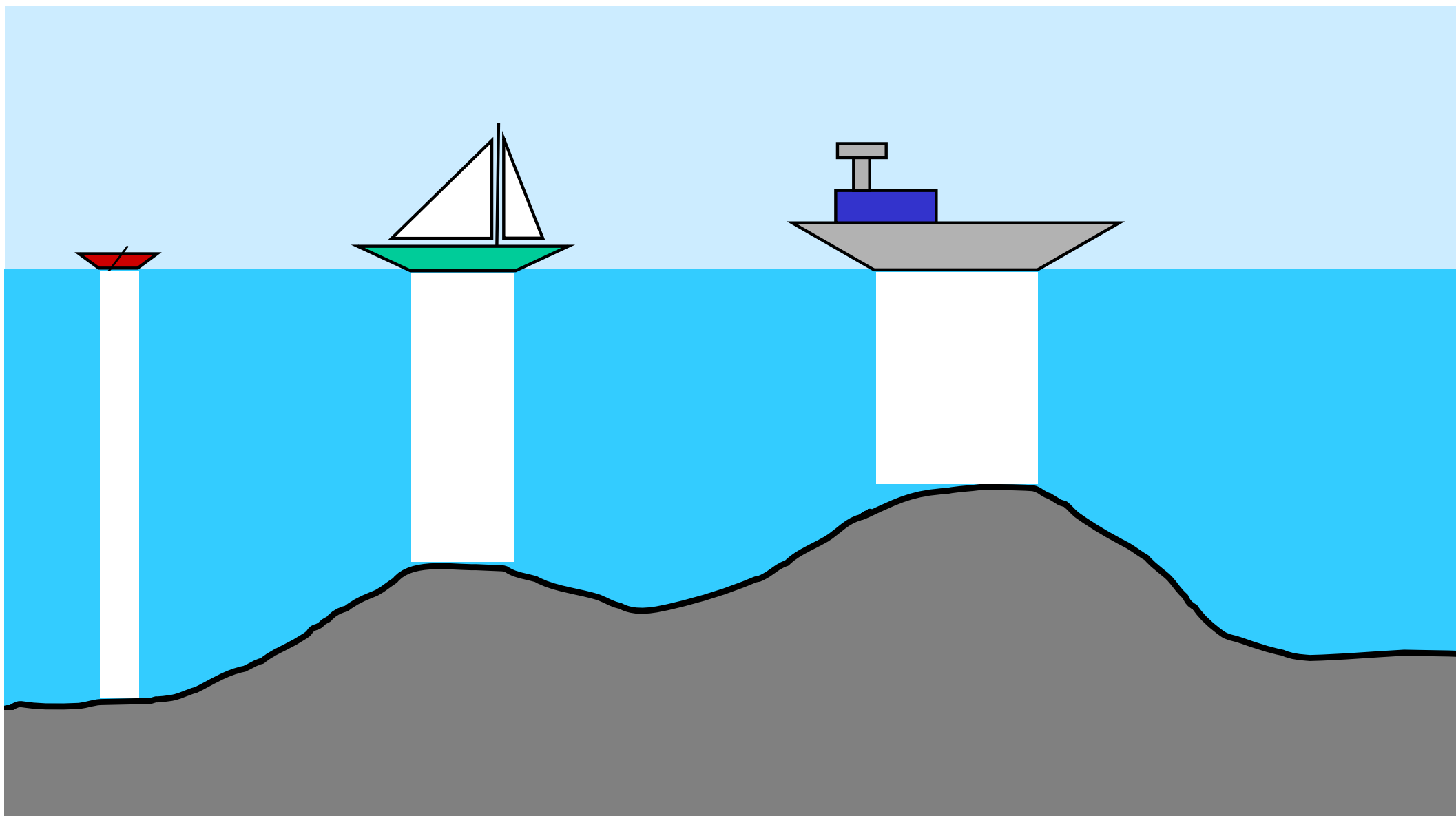
$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matek nélkül!



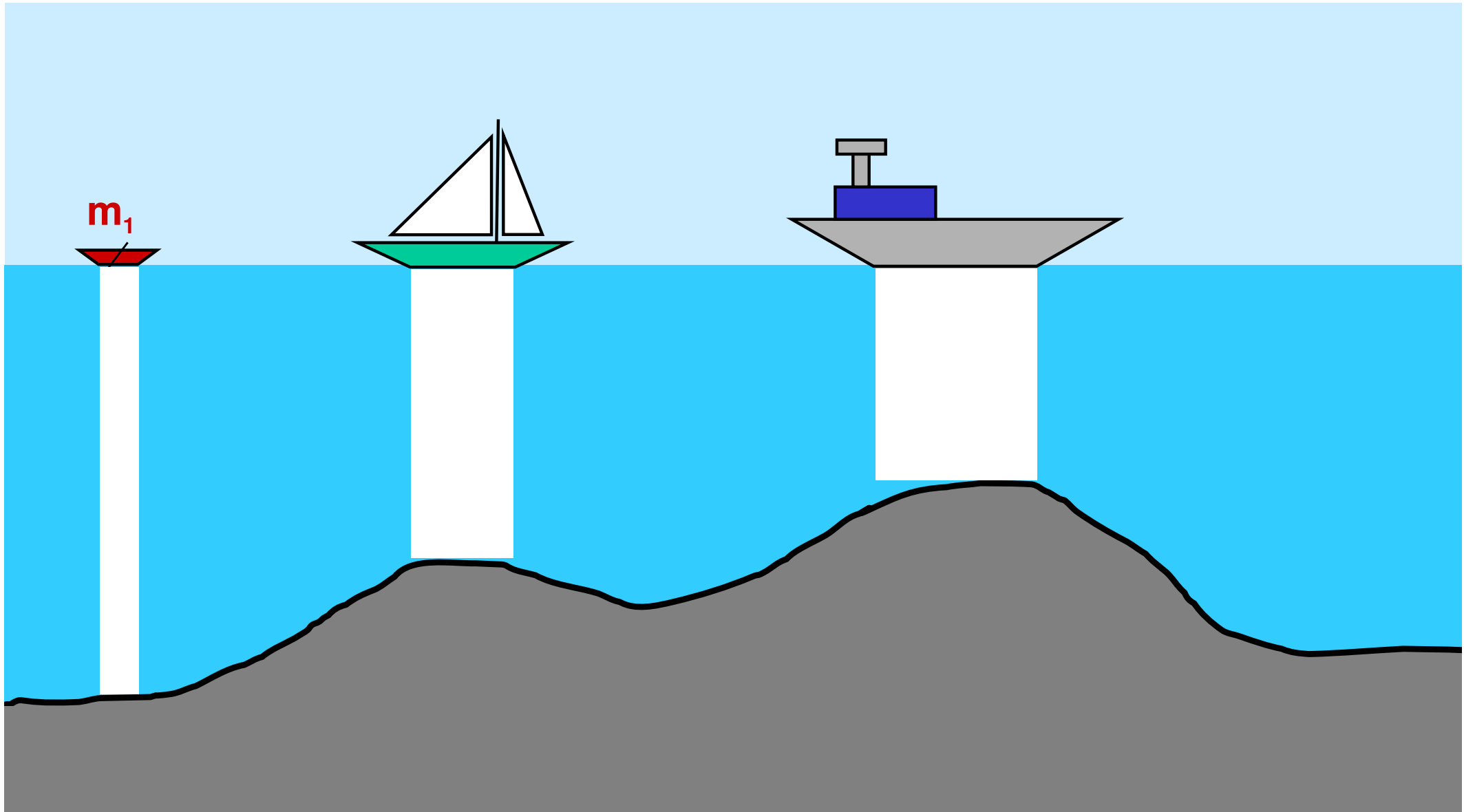
$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matek nélkül!



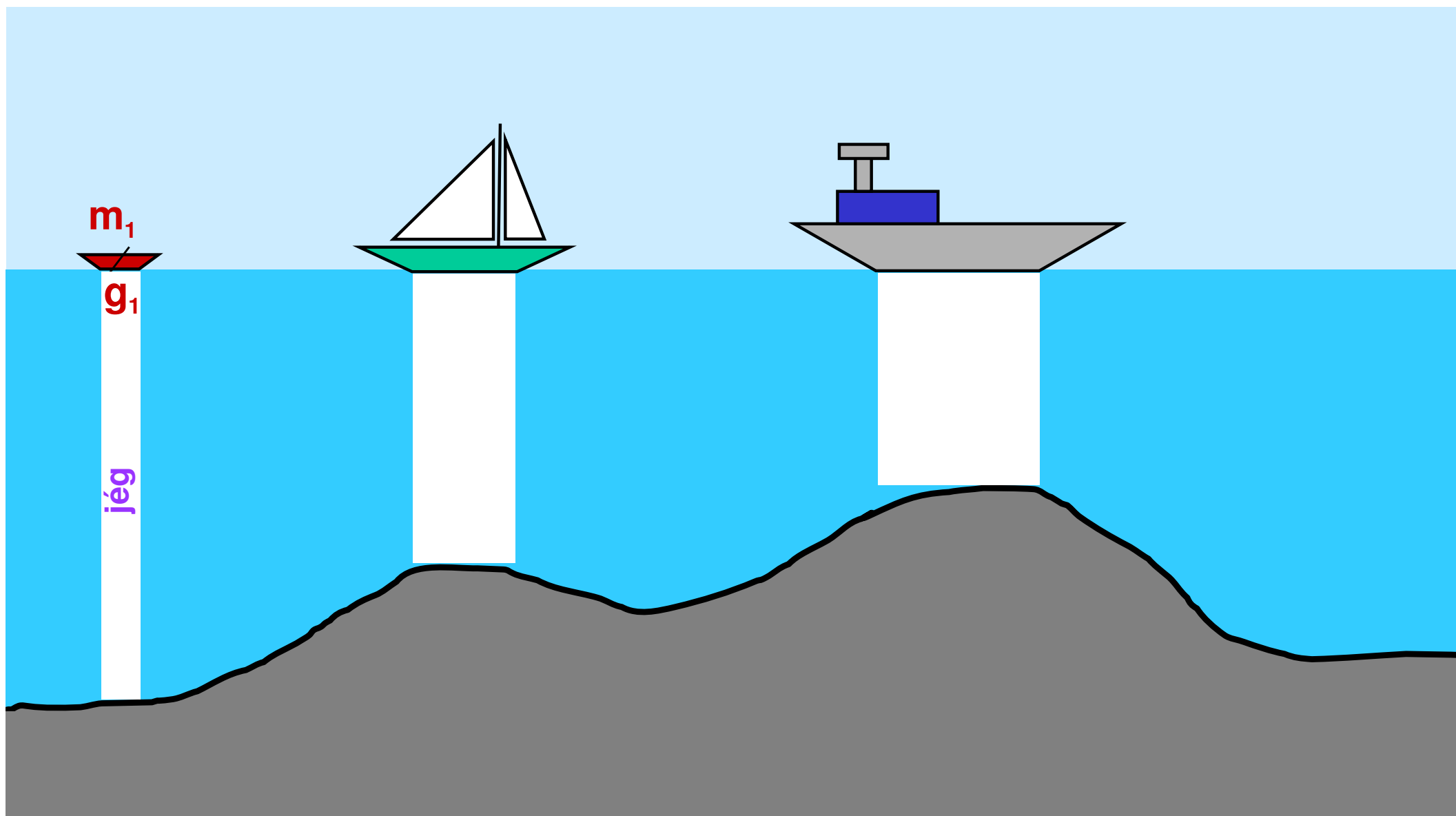
$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matematikánélkül!



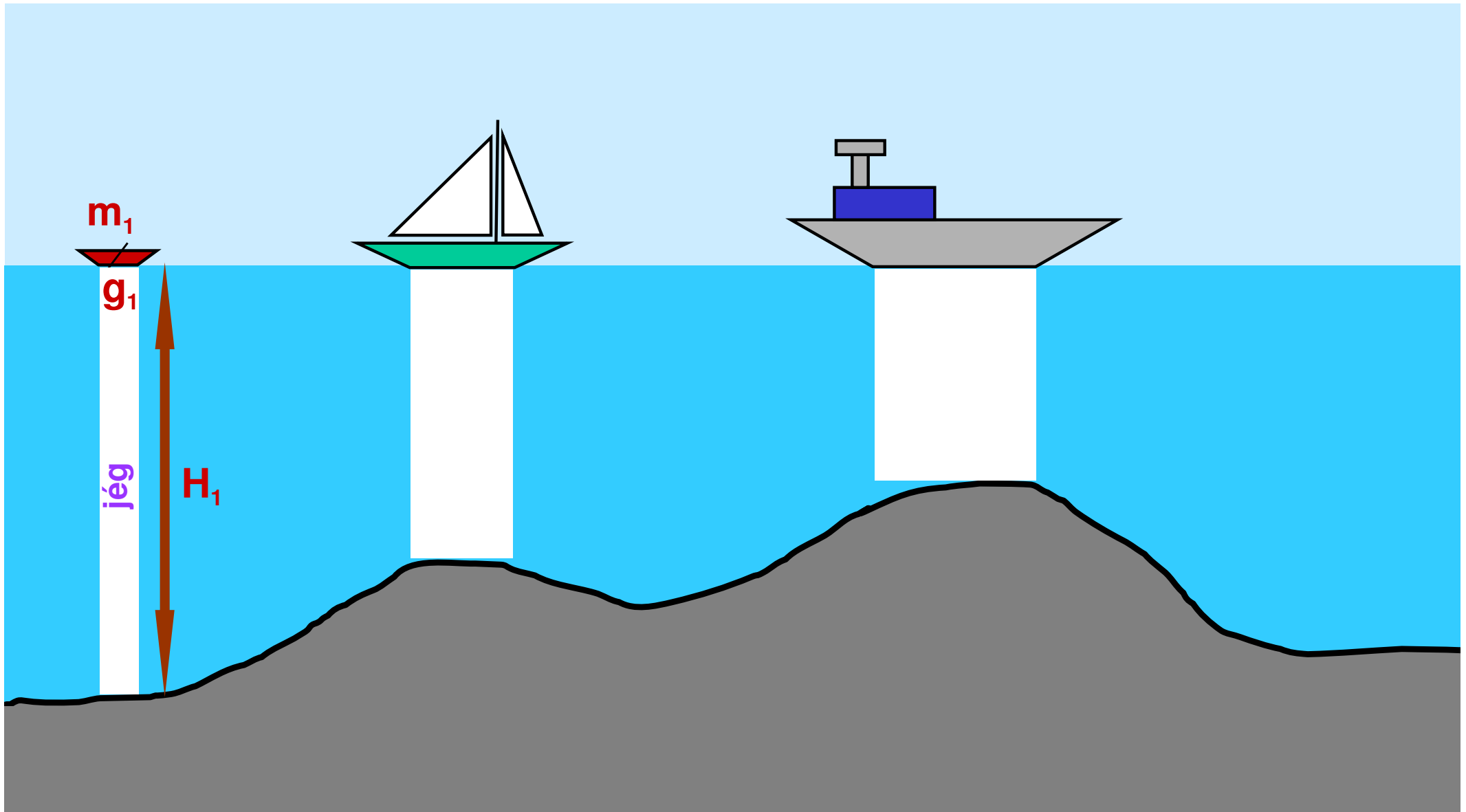
$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matek nélkül!



$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matek nélkül!

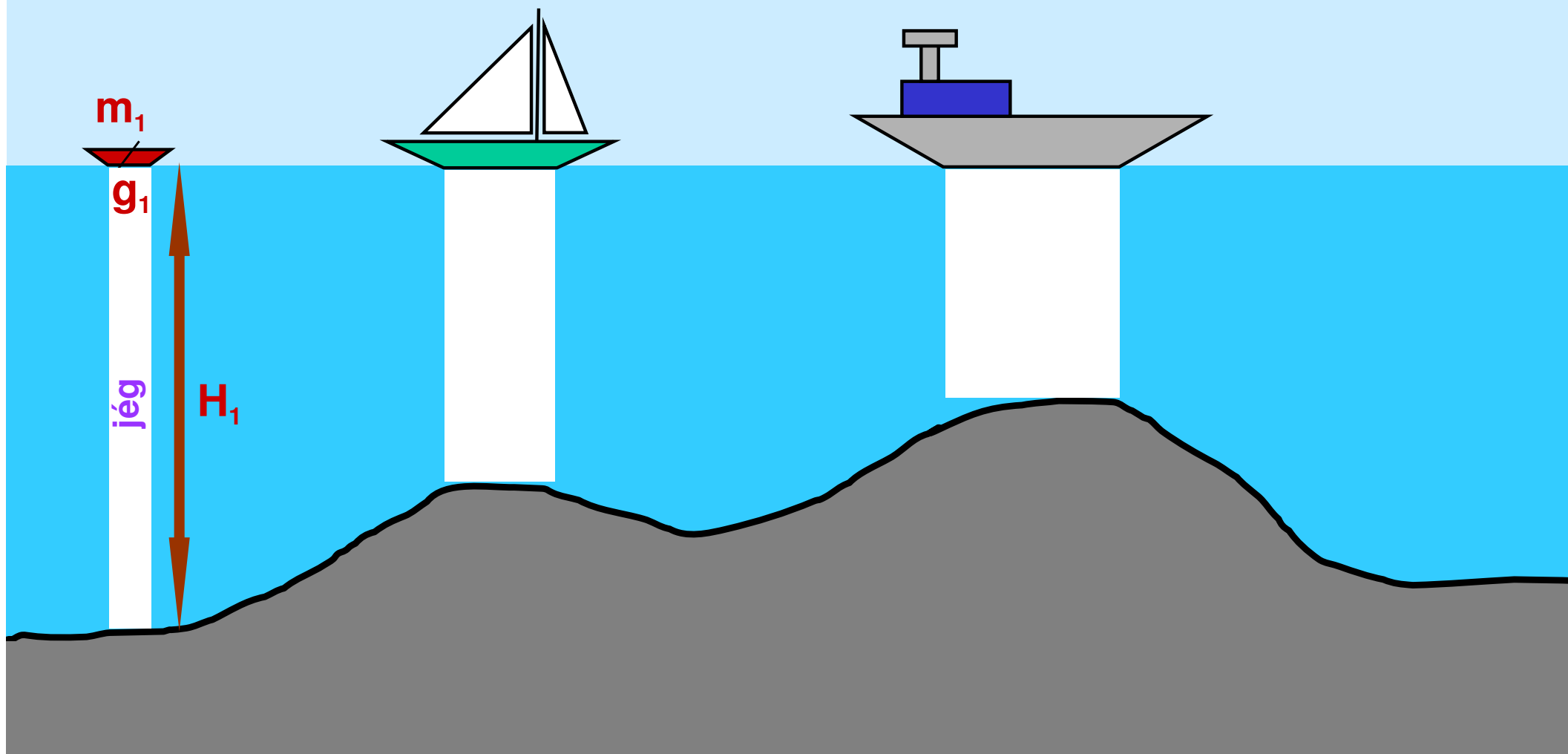


$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matek nélkül!



$$M_1 = m_1 + g_1 H_1$$

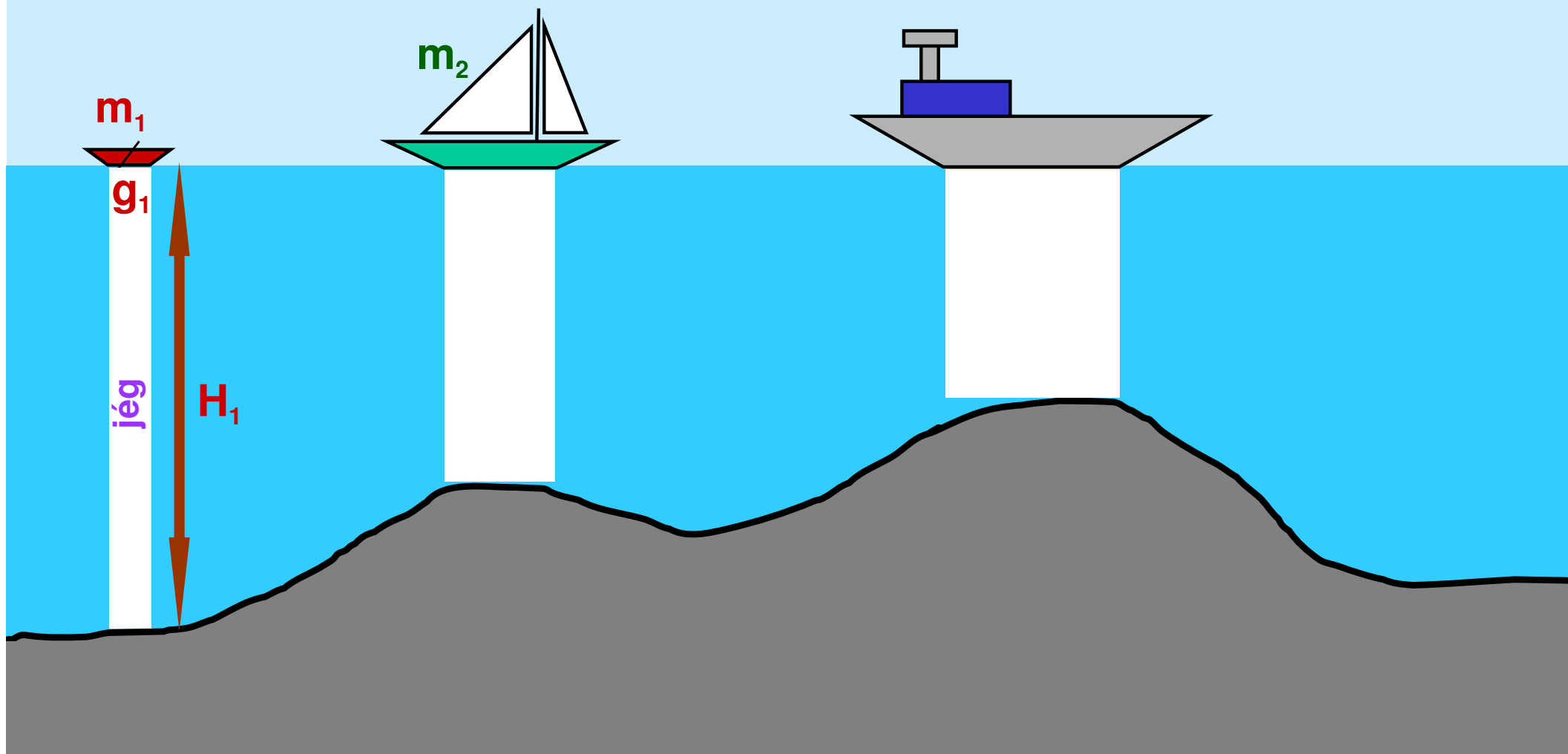


$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matematikánélkül!



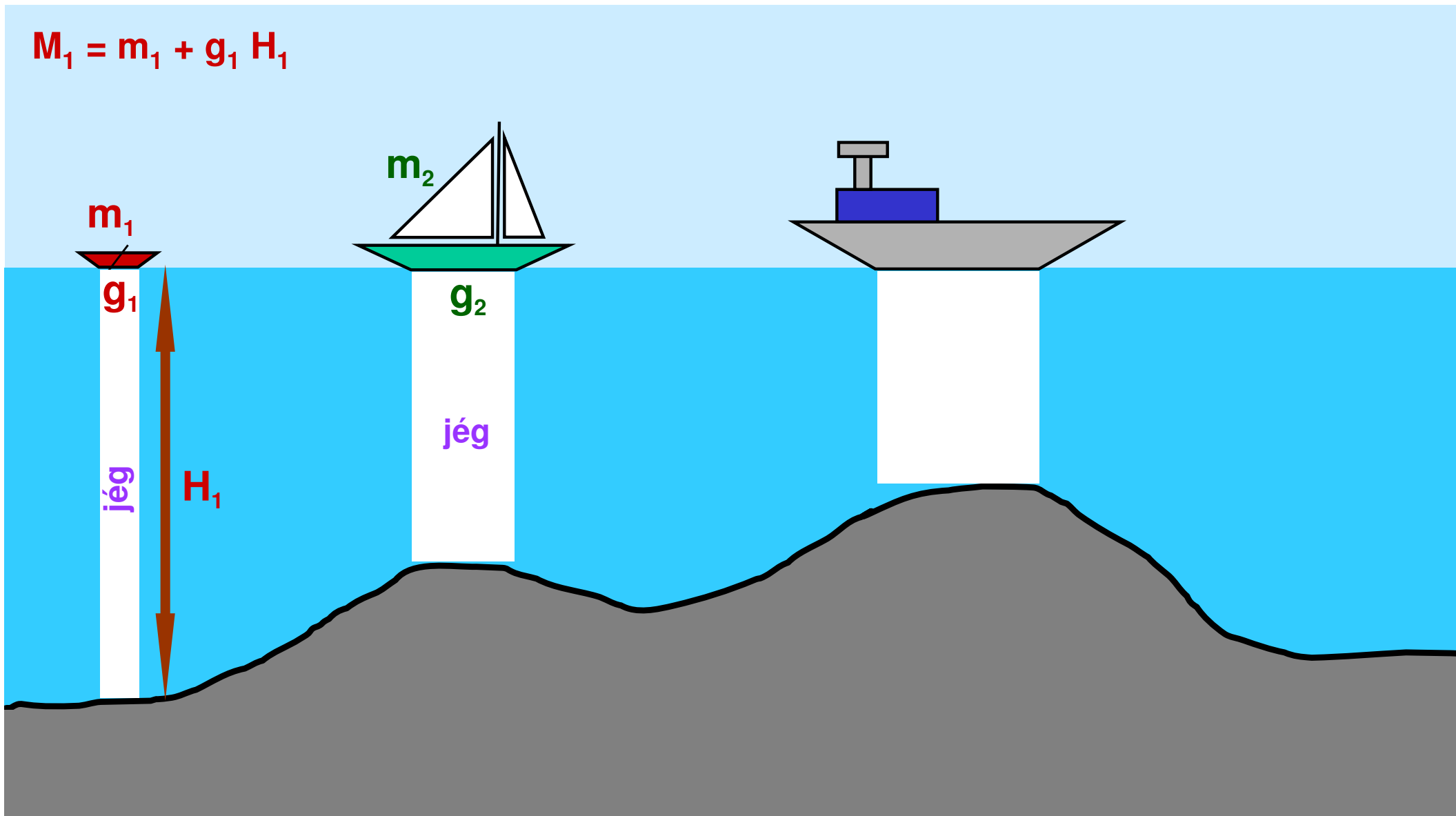
$$M_1 = m_1 + g_1 H_1$$





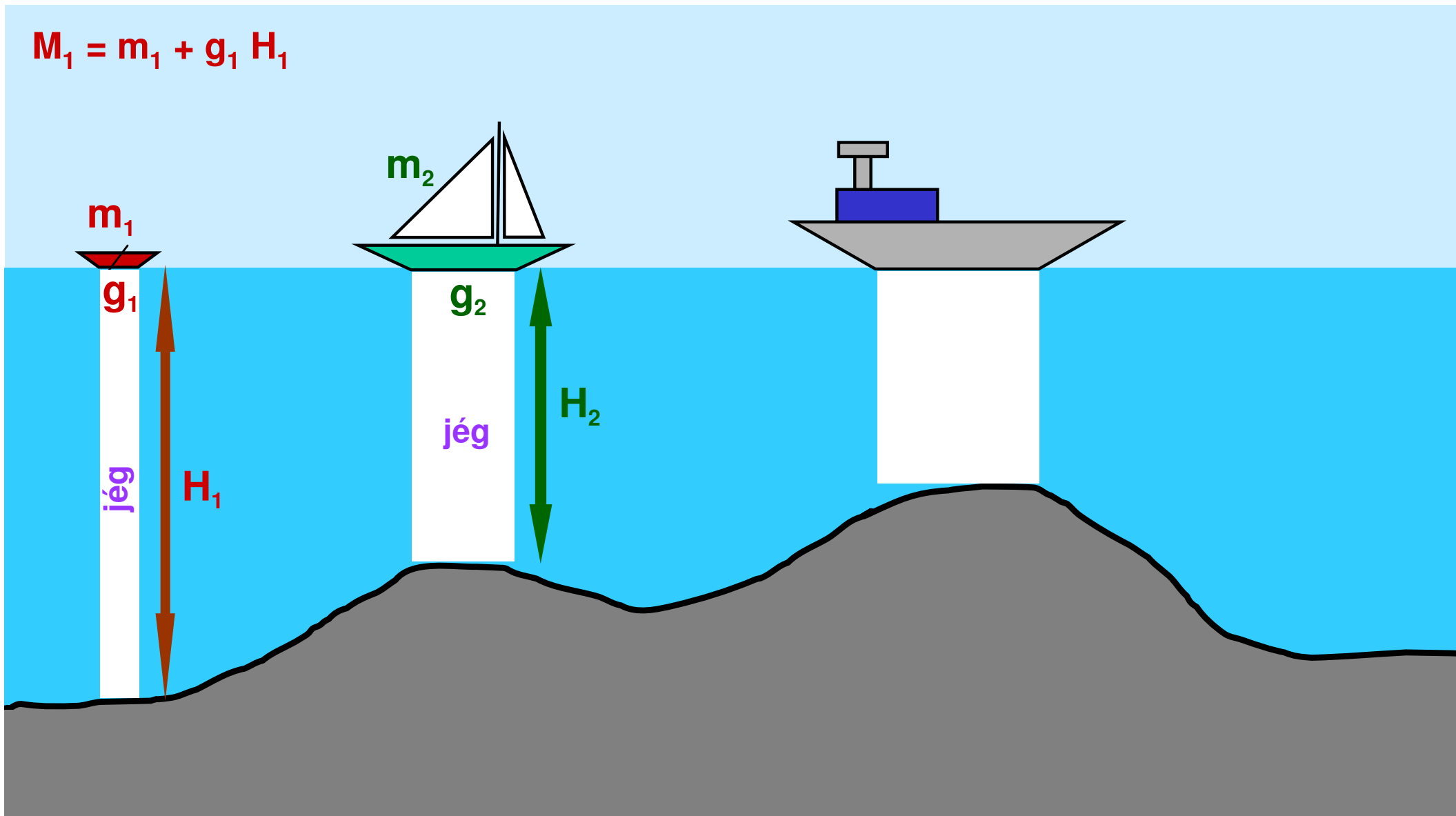
$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matek nélkül!



$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matek nélkül!



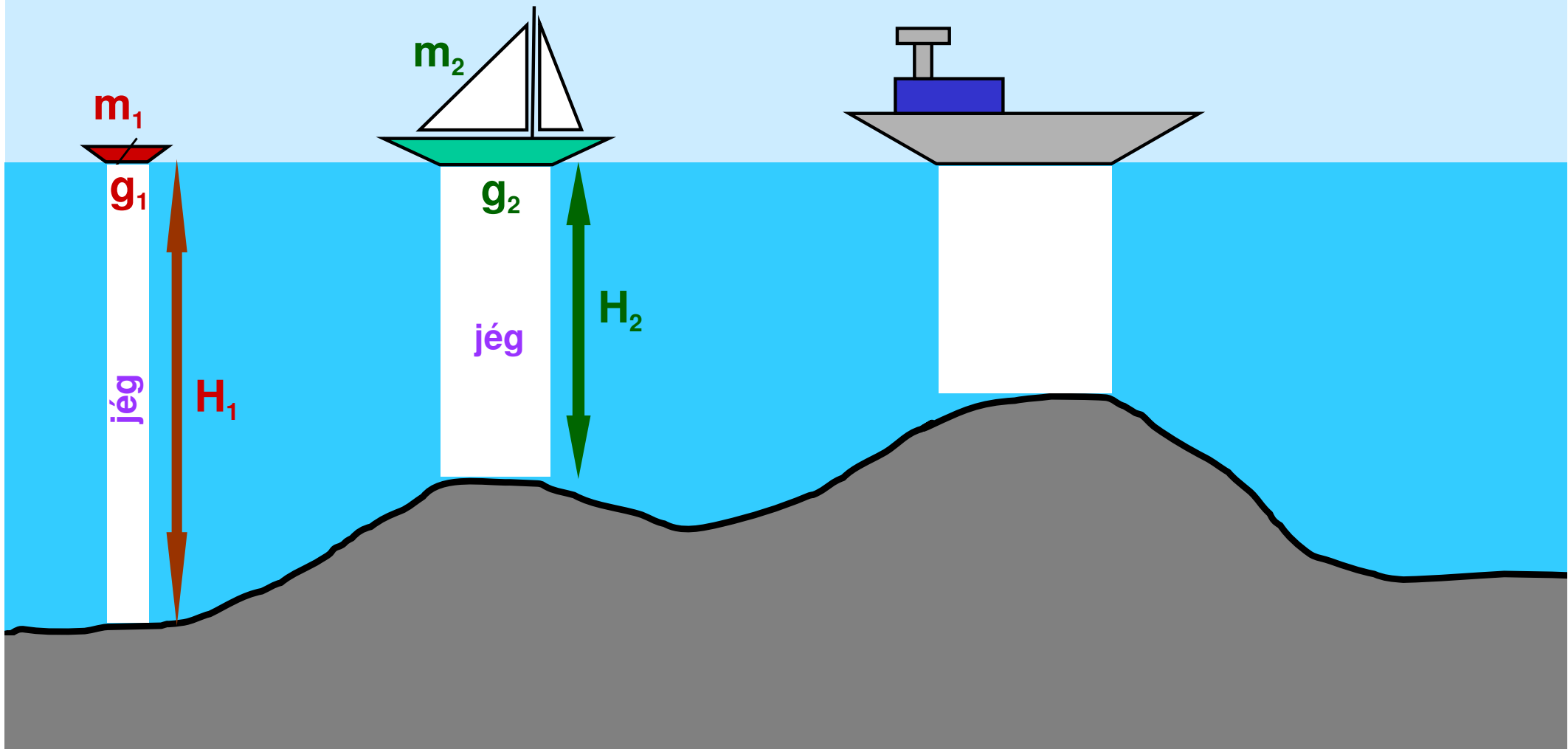
$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matematikánélkül!



$$M_1 = m_1 + g_1 H_1$$

$$M_2 = m_2 + g_2 H_2$$



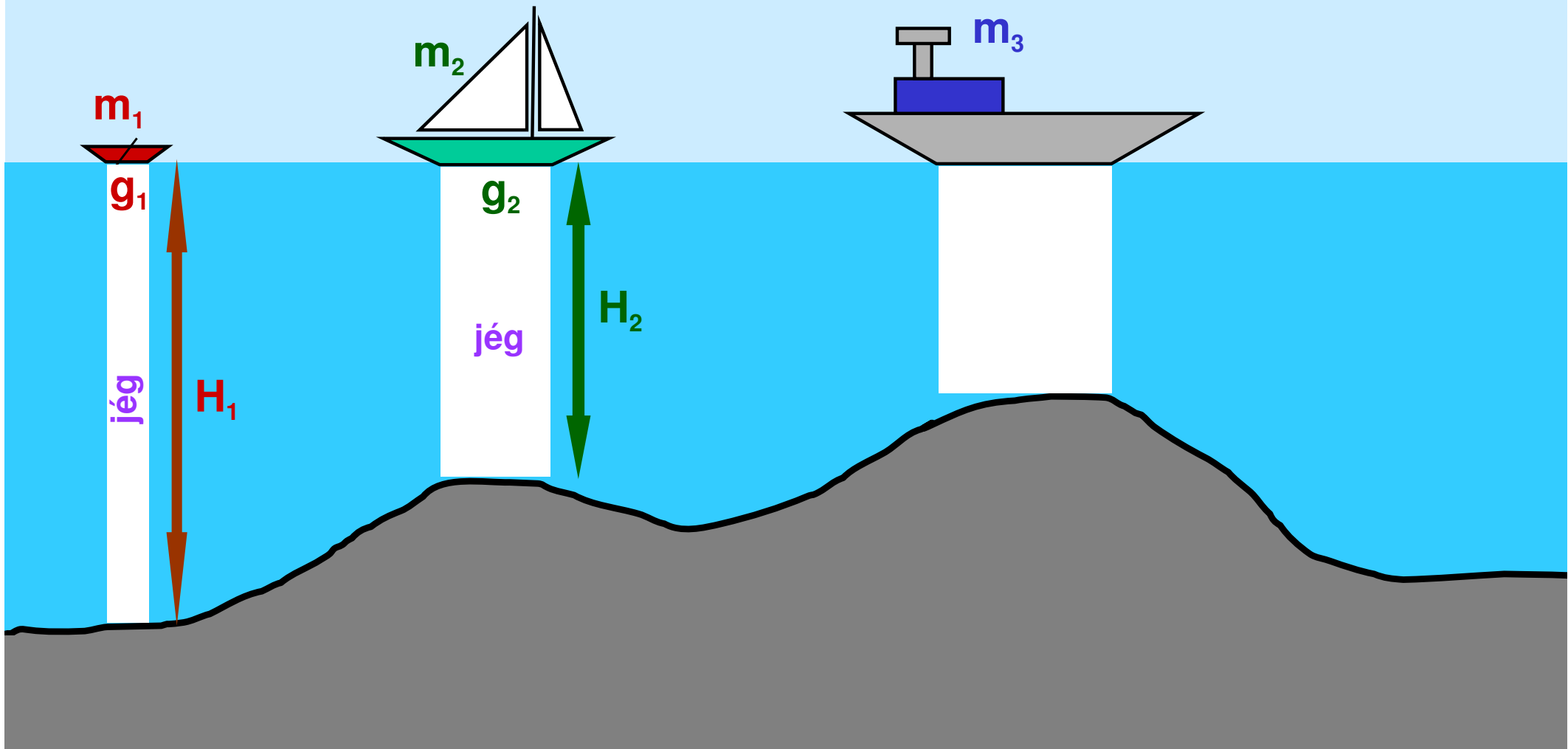
$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matematikánélkül!



$$M_1 = m_1 + g_1 H_1$$

$$M_2 = m_2 + g_2 H_2$$



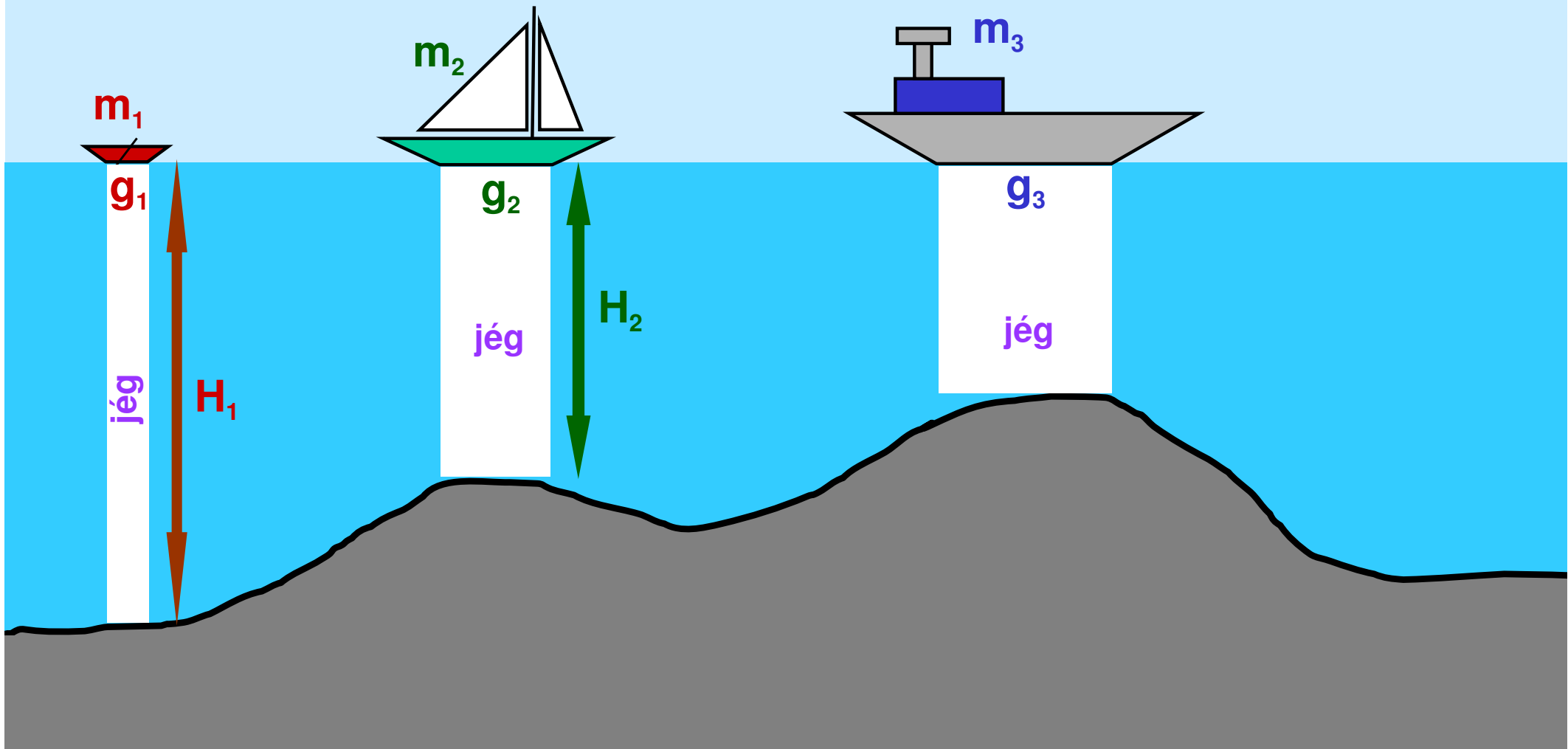
$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matematikánélkül!



$$M_1 = m_1 + g_1 H_1$$

$$M_2 = m_2 + g_2 H_2$$



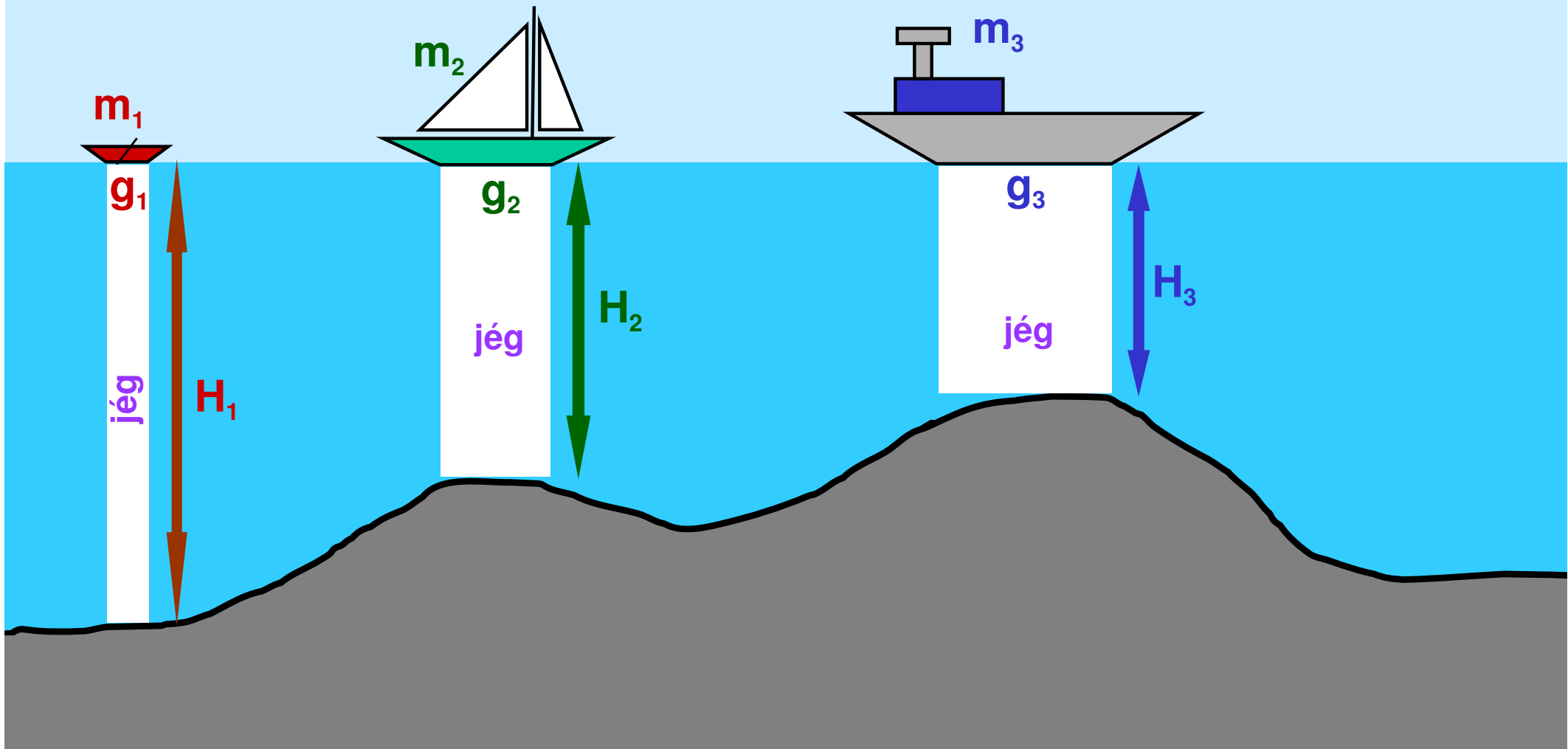
$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matematikánélkül!



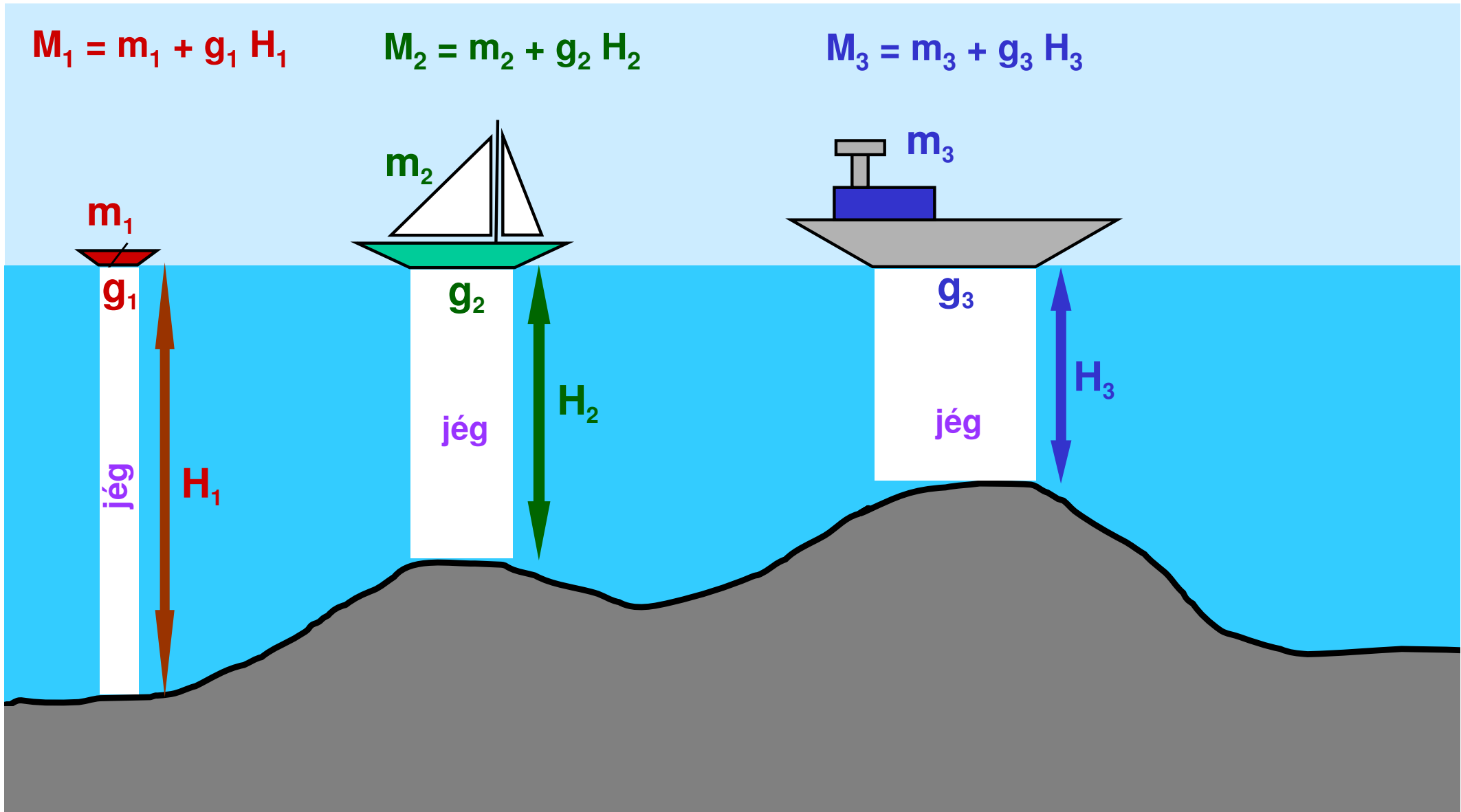
$$M_1 = m_1 + g_1 H_1$$

$$M_2 = m_2 + g_2 H_2$$



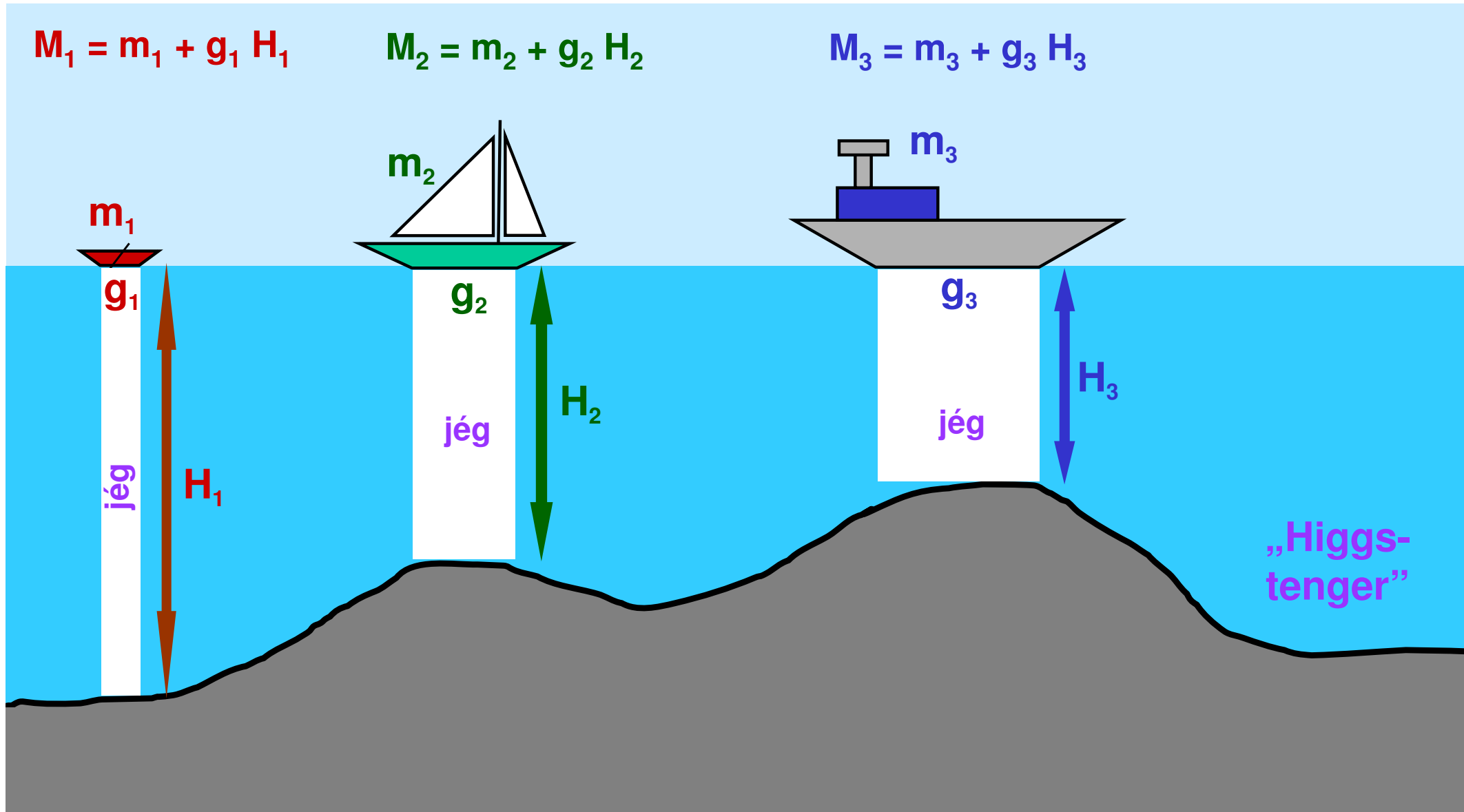
$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matematikánélkül!



$$M = m + g H$$

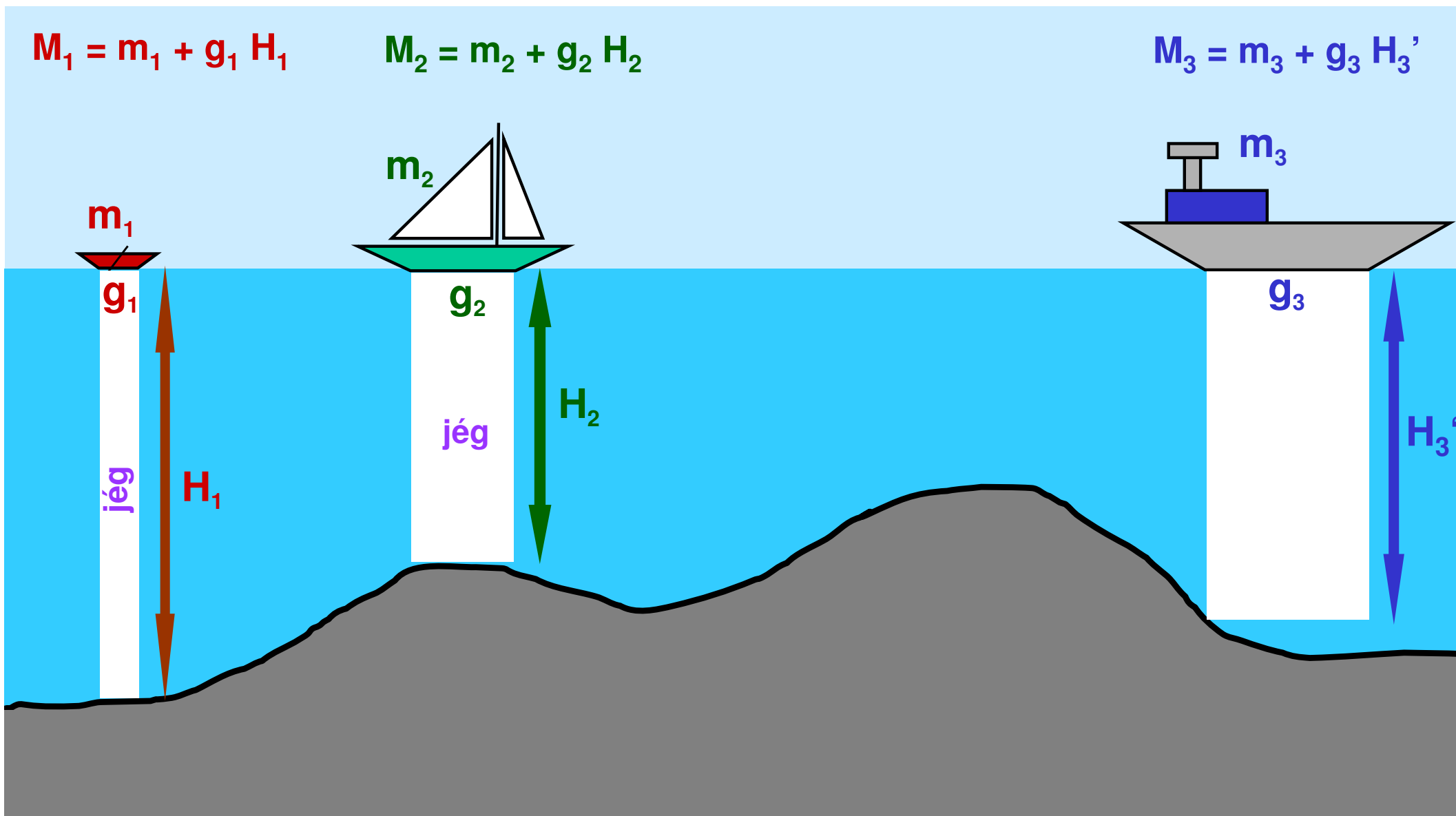
Értsük meg a „tömegadást” matematikánélkül!





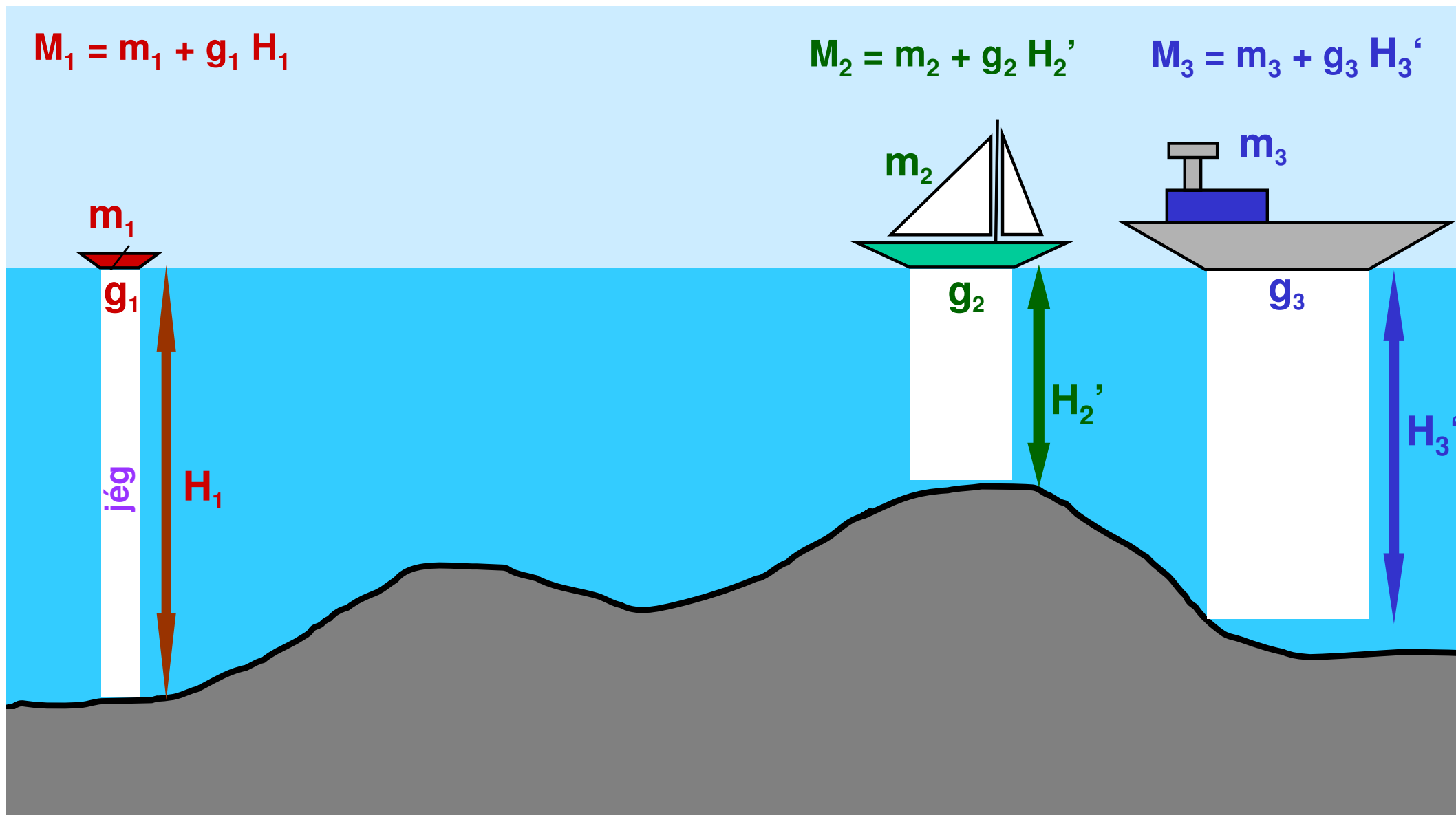
$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matematikánk nélkül!



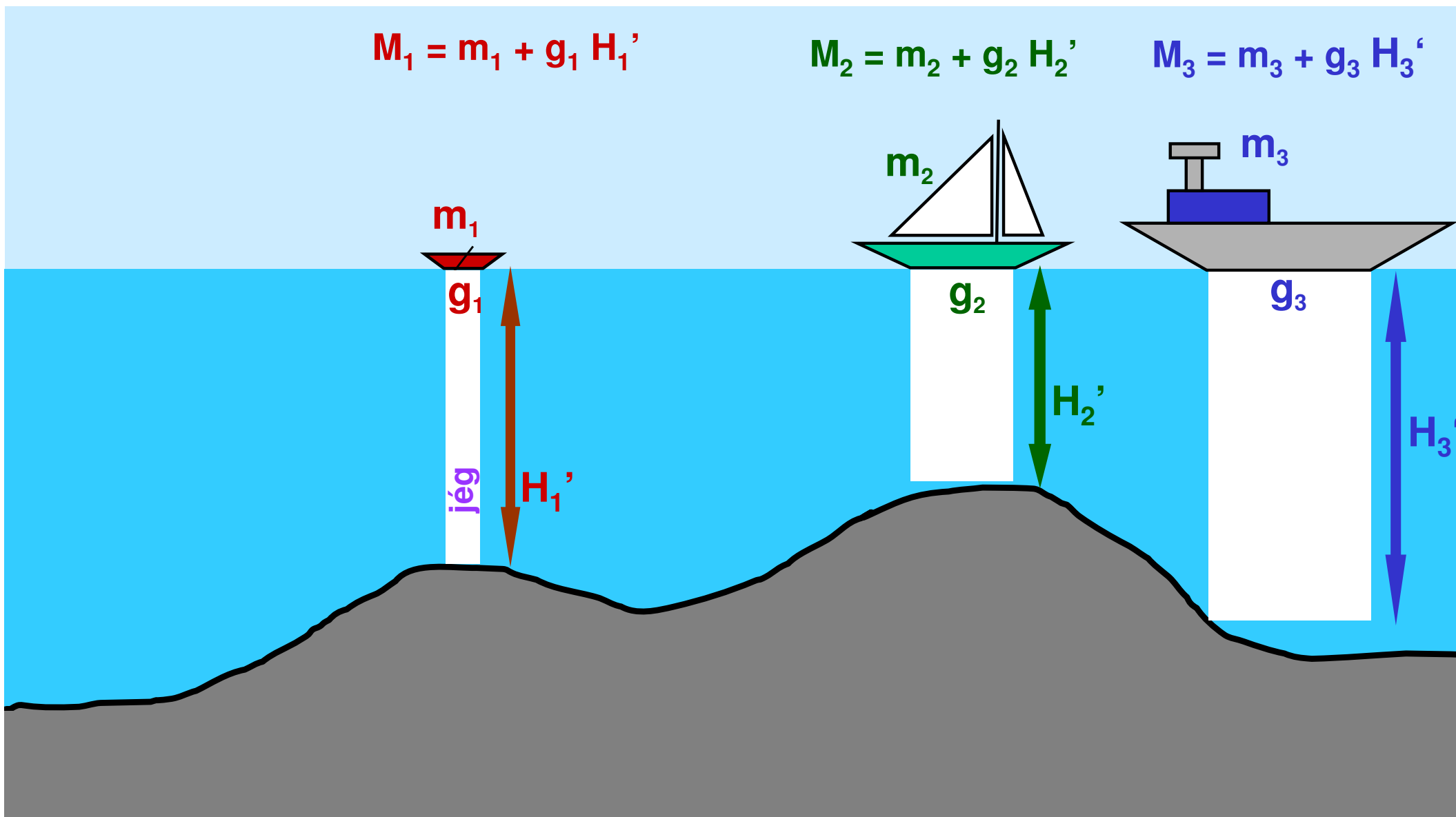
$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matematikánélkül!



$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matematikánélkül!



$$M = m + g H$$

Értsük meg a „tömegadást” matematikánélkül!



$$M_1 = m_1 + g_1 H_1'$$

$$M_2 = m_2 + g_2 H_2'$$

$$M_3 = m_3 + g_3 H_3'$$

$m_1$

$g_1$

jég

$H_1'$

$m_2$

$g_2$

$H_2'$

$m_3$

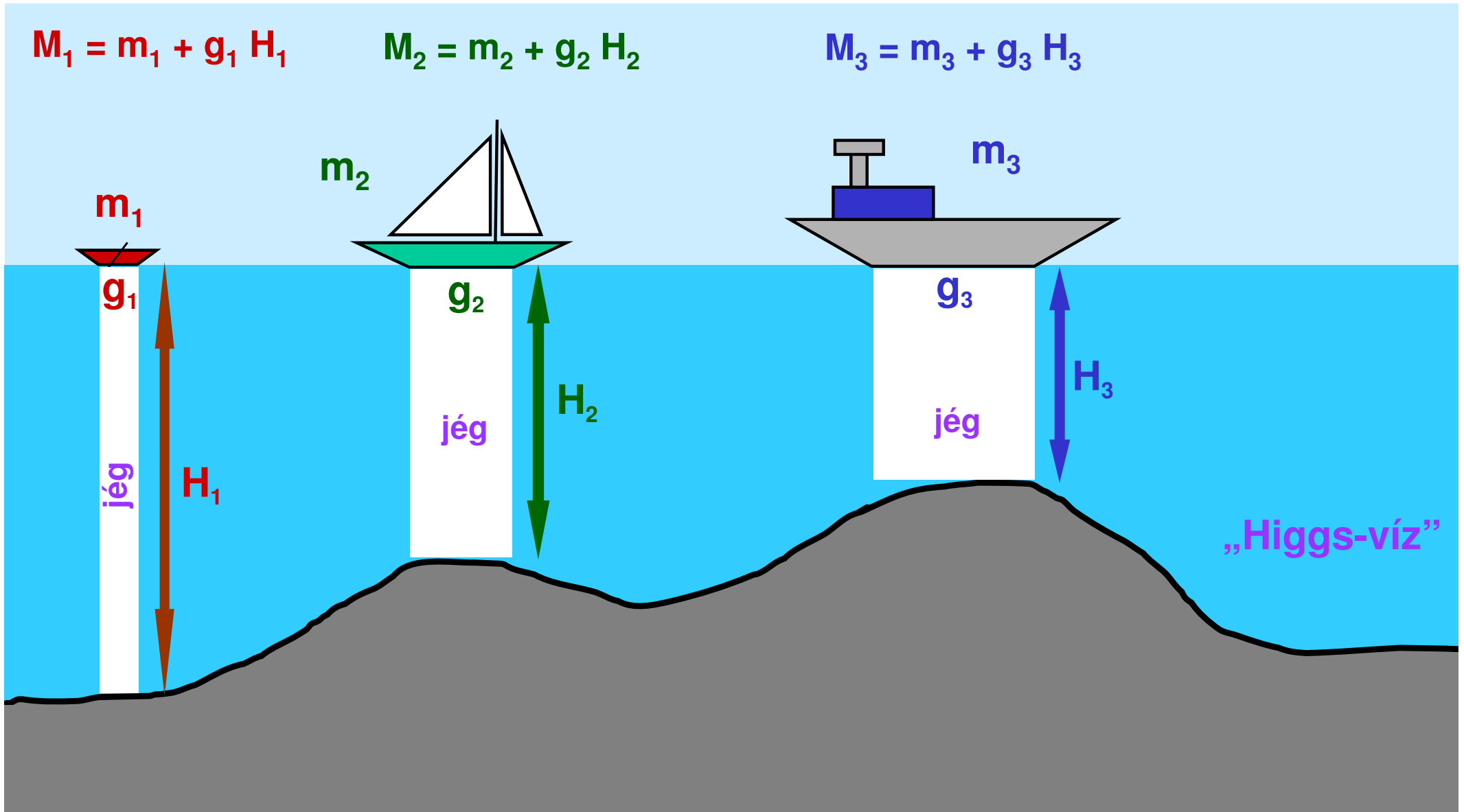
$g_3$

$H_3'$

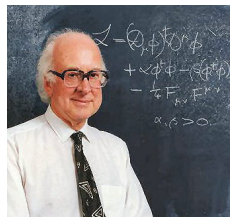
De miért nem látjuk, hogy mozgás közben változik az objektumok tömege?



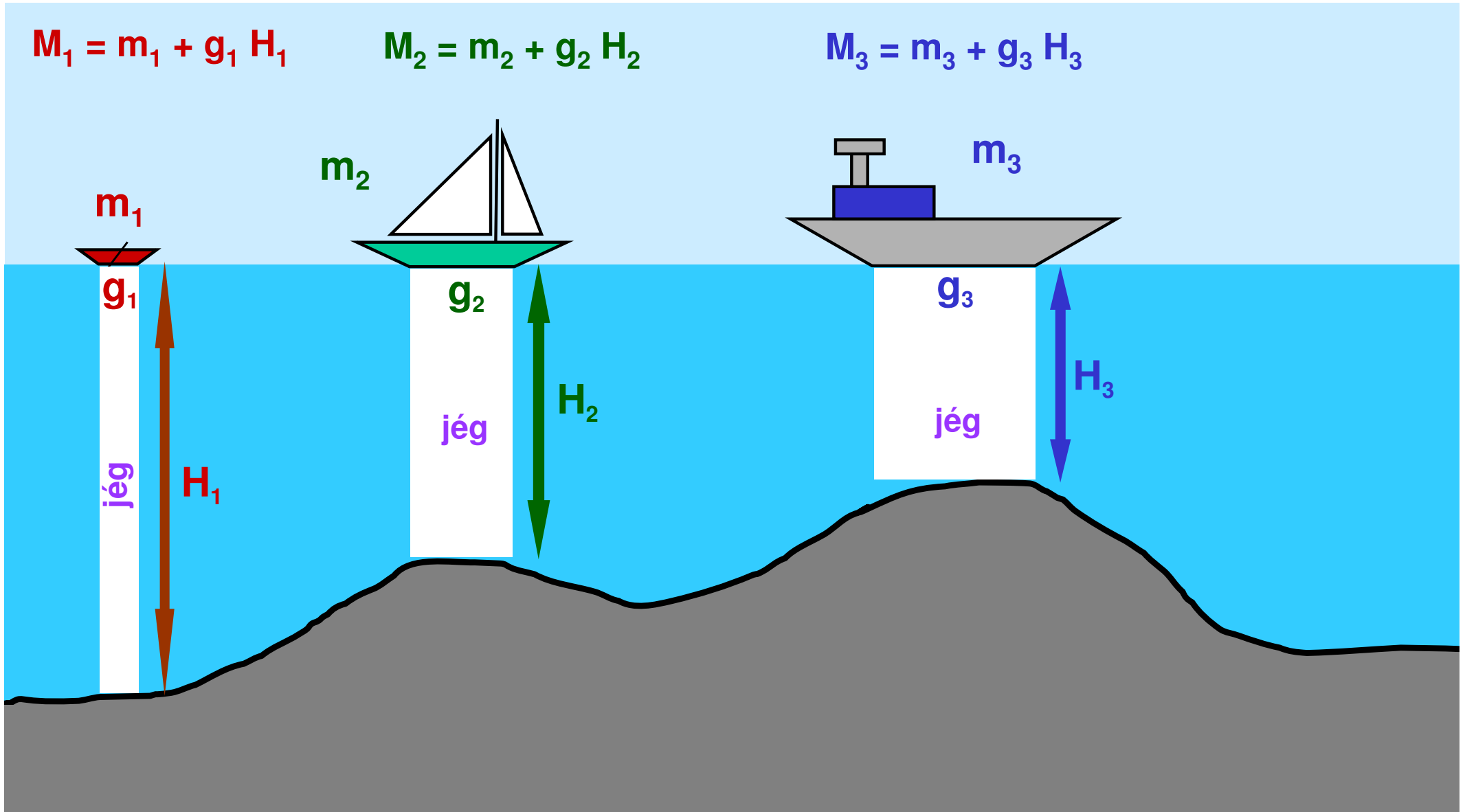
$$M = m + g H$$



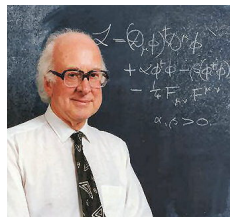
$$M = m + g H$$



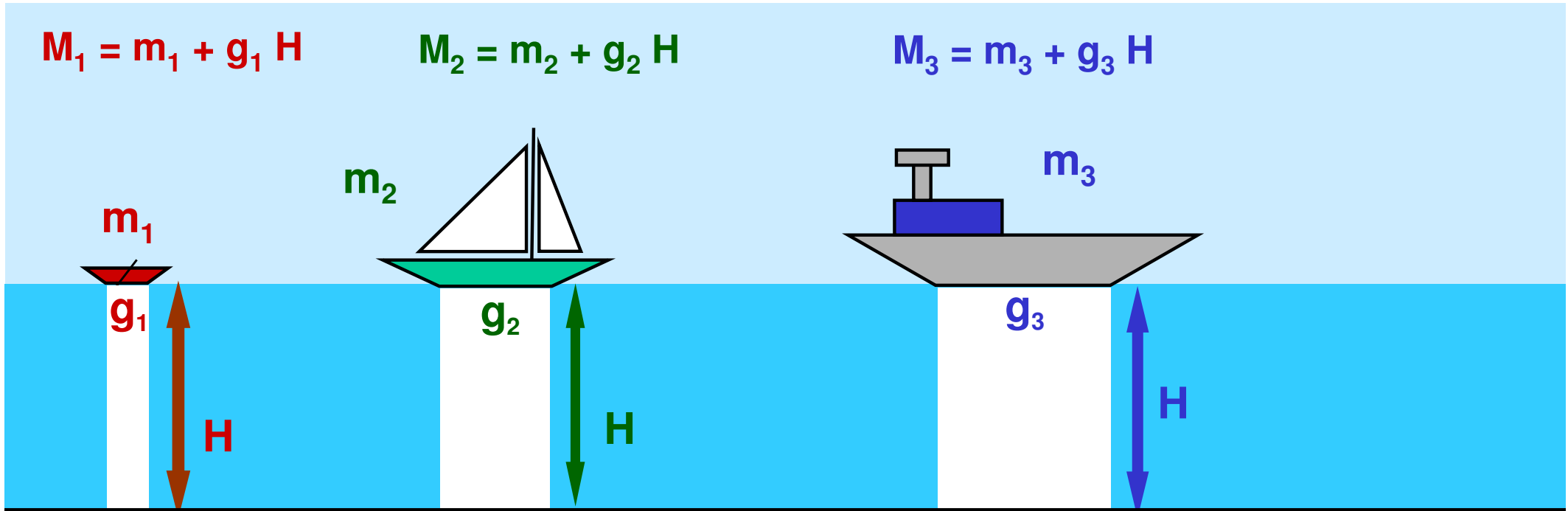
# Peter Higgs módosításai



$$M = m + g H$$



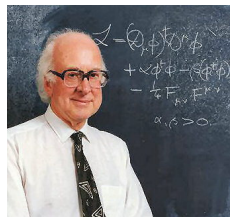
# Peter Higgs módosításai



1/ a víz mindenhol egyforma mélységű



$$M = m + g H$$

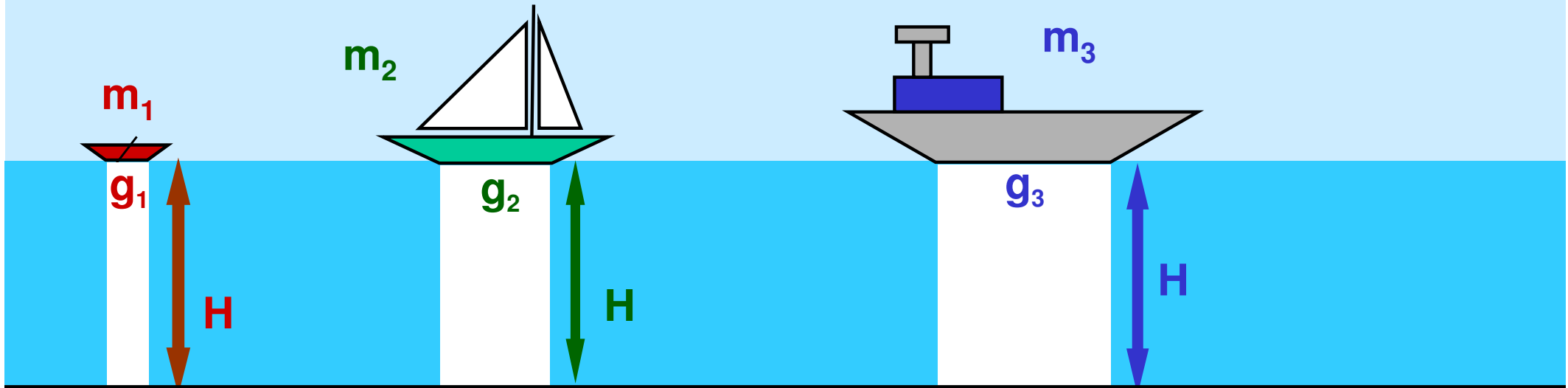


# Peter Higgs módosításai

$$M_1 = m_1 + g_1 H$$

$$M_2 = m_2 + g_2 H$$

$$M_3 = m_3 + g_3 H$$

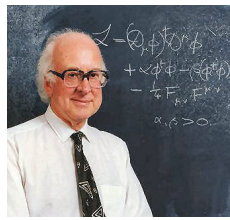


1/ a víz mindenhol egyforma mélységű  
(itt járt a „Higgs” kotróhajó...)

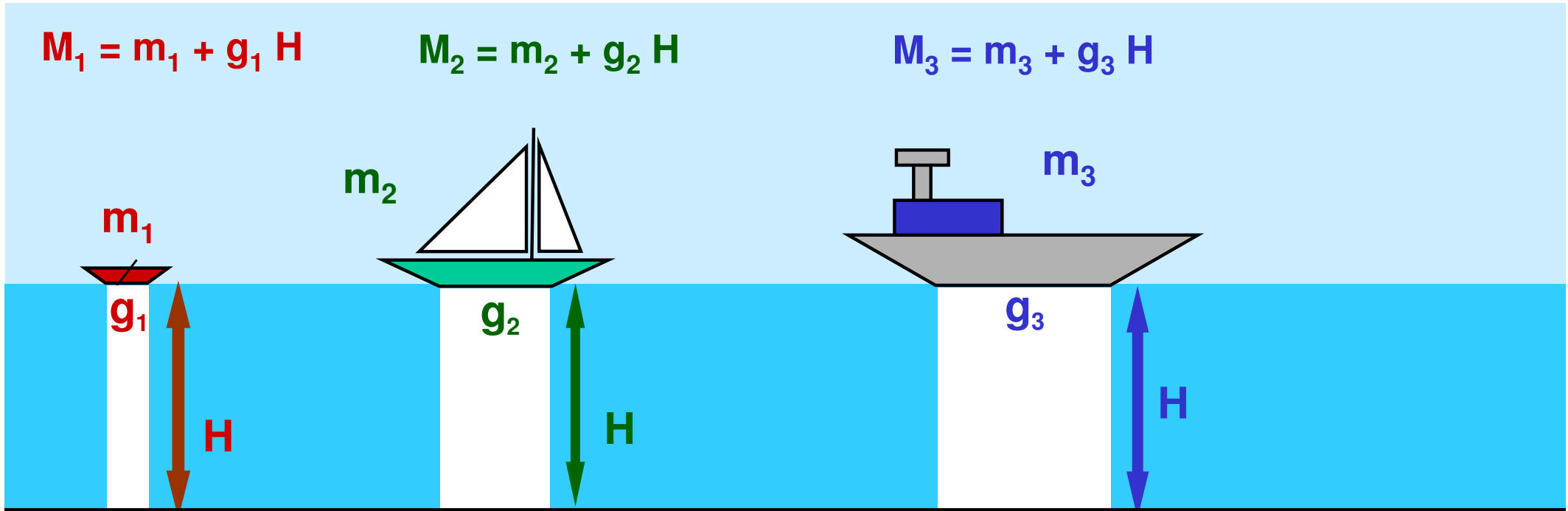




$$M = m + g H$$



# Peter Higgs módosításai



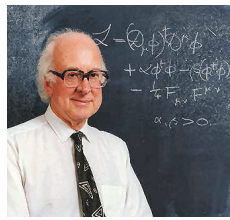
1/ a víz mindenhol egyforma mélységű  
(itt járt a „Higgs” kotróhajó...)



mozgás közben nem  
változik a tömeg



$$M = m + g H$$

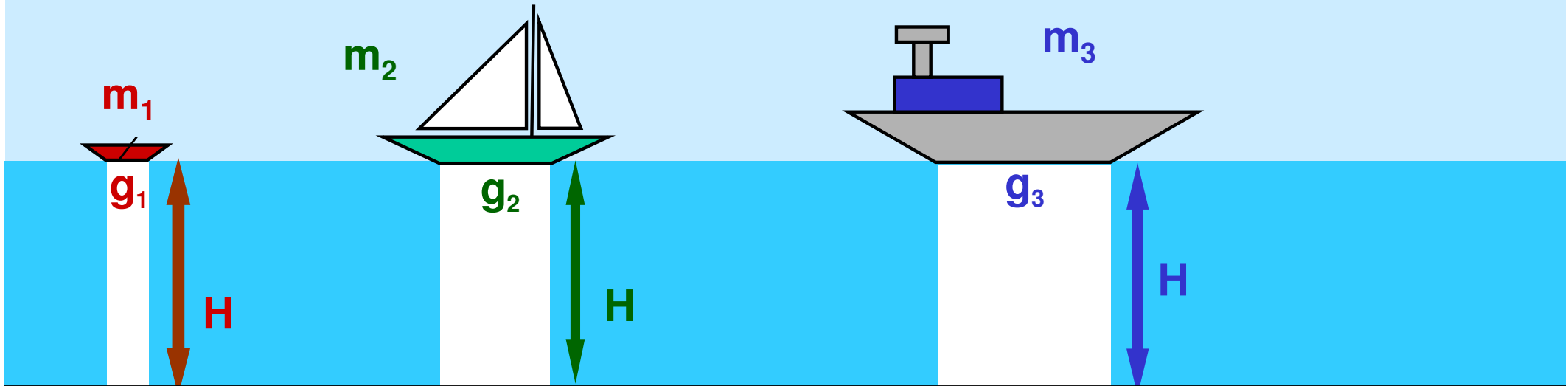


# Peter Higgs módosításai

$$M_1 = m_1 + g_1 H$$

$$M_2 = m_2 + g_2 H$$

$$M_3 = m_3 + g_3 H$$



1/ a víz mindenhol egyforma mélységű

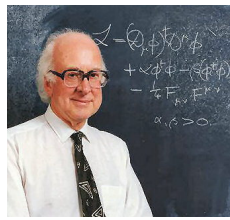


mozgás közben nem változik a tömeg

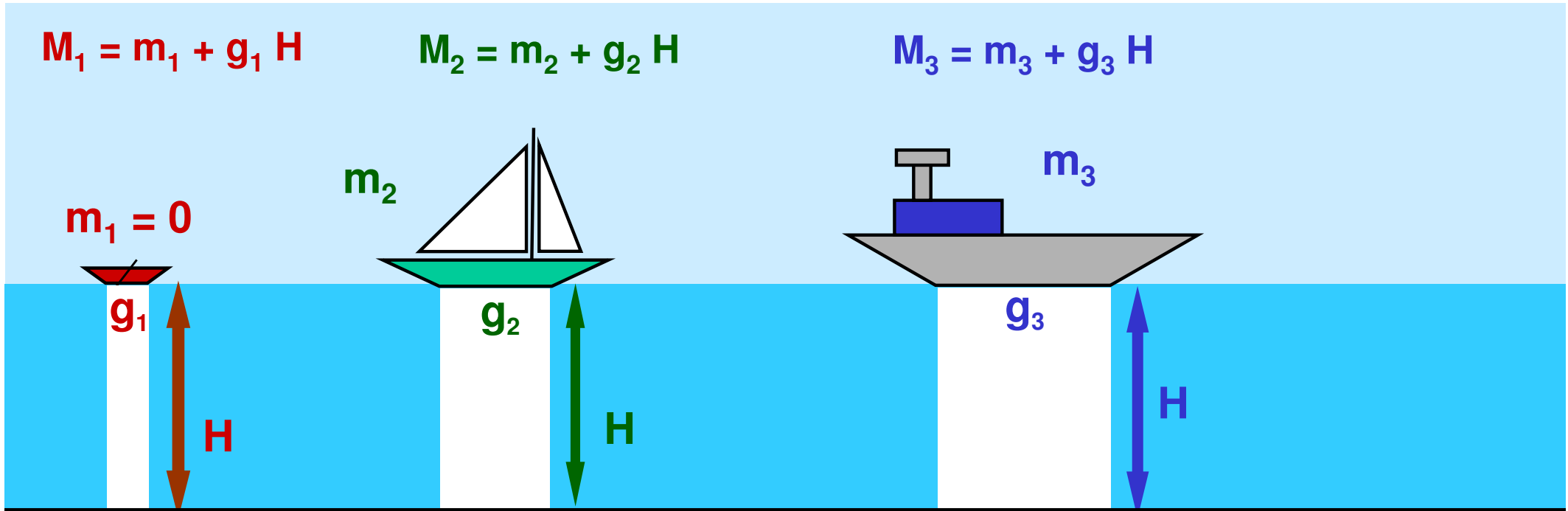
2/ a hajók eredeti tömege 0



$$M = m + g H$$



# Peter Higgs módosításai



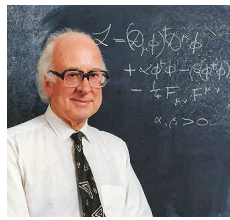
- 1/ a víz mindenhol egyforma mélységű
- 2/ a hajók eredeti tömege 0



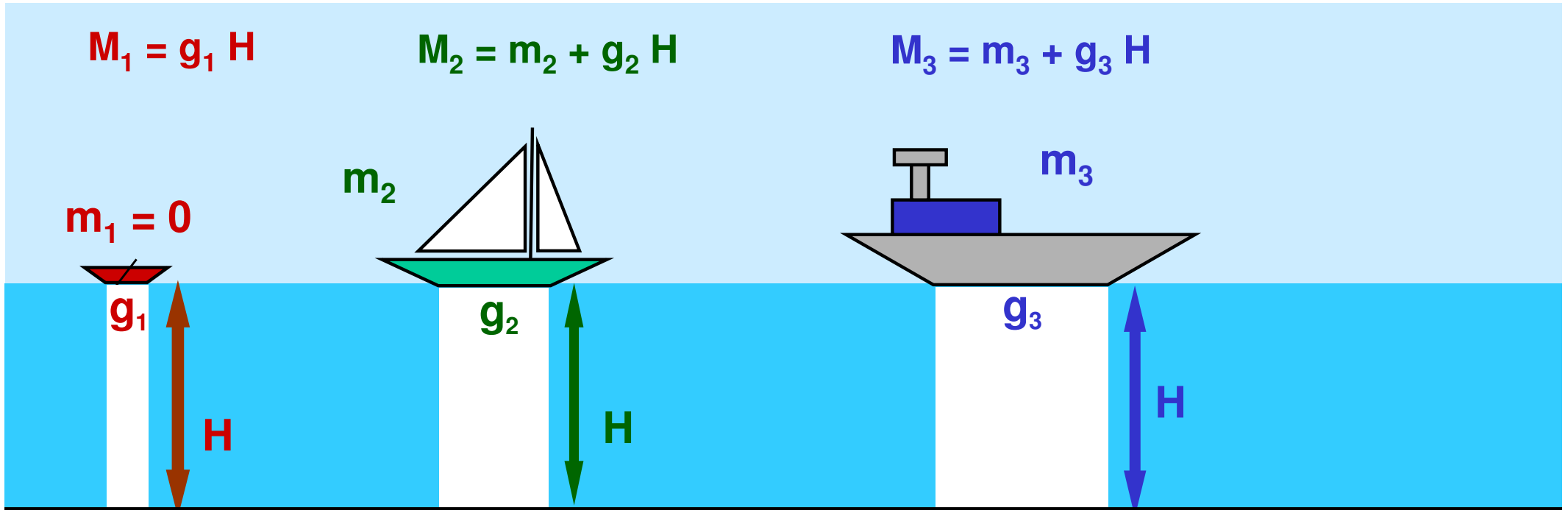
mozgás közben nem változik a tömeg



$$M = m + g H$$



# Peter Higgs módosításai



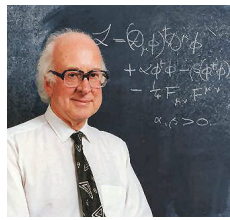
- 1/ a víz mindenhol egyforma mélységű
- 2/ a hajók eredeti tömege 0



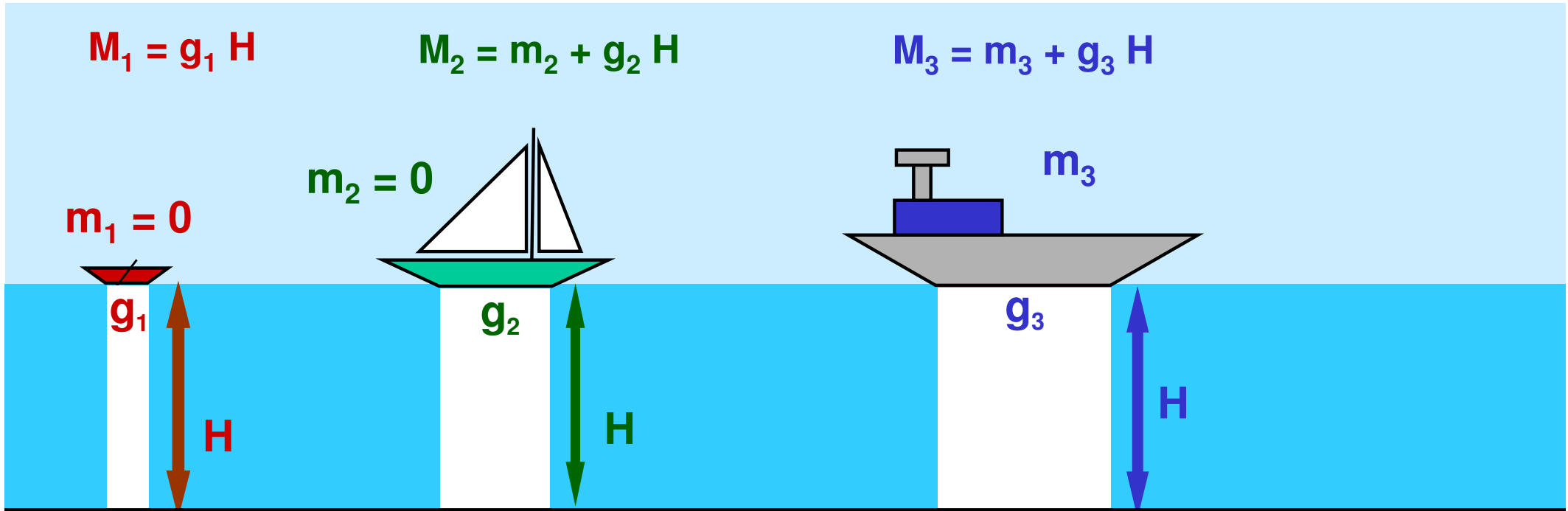
mozgás közben nem változik a tömeg



$$M = m + g H$$



# Peter Higgs módosításai



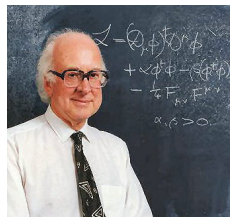
- 1/ a víz mindenhol egyforma mélységű
- 2/ a hajók eredeti tömege 0



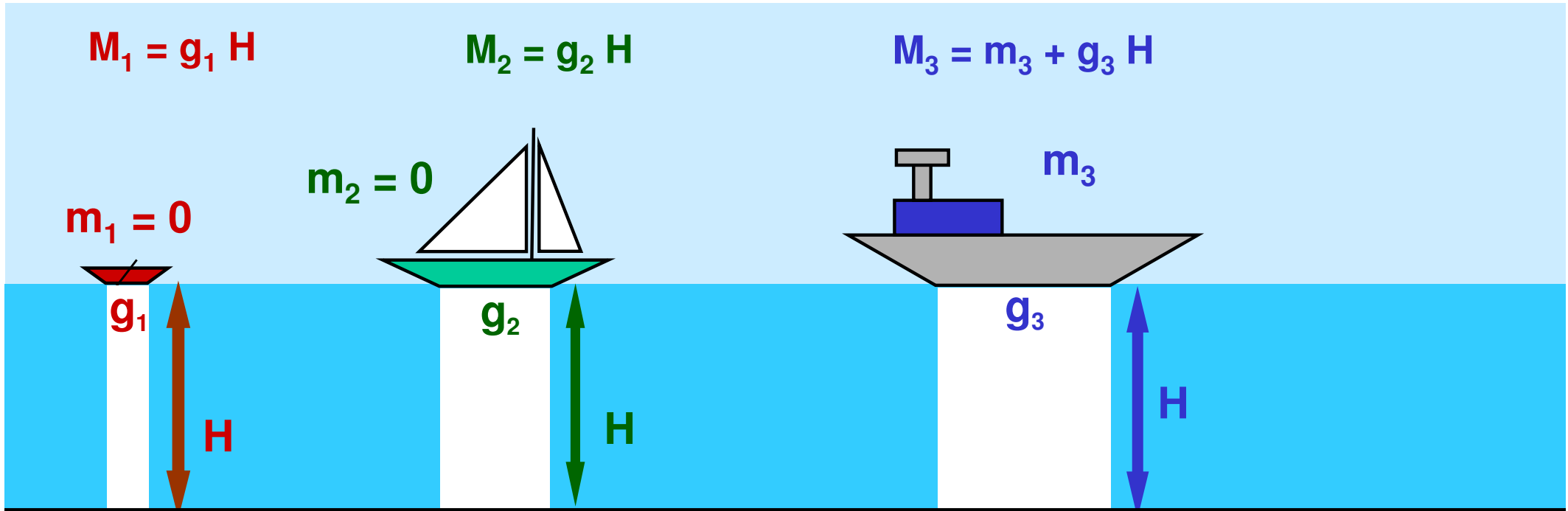
mozgás közben nem változik a tömeg



$$M = m + g H$$



# Peter Higgs módosításai



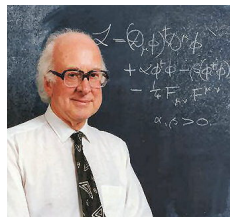
- 1/ a víz mindenhol egyforma mélységű
- 2/ a hajók eredeti tömege 0



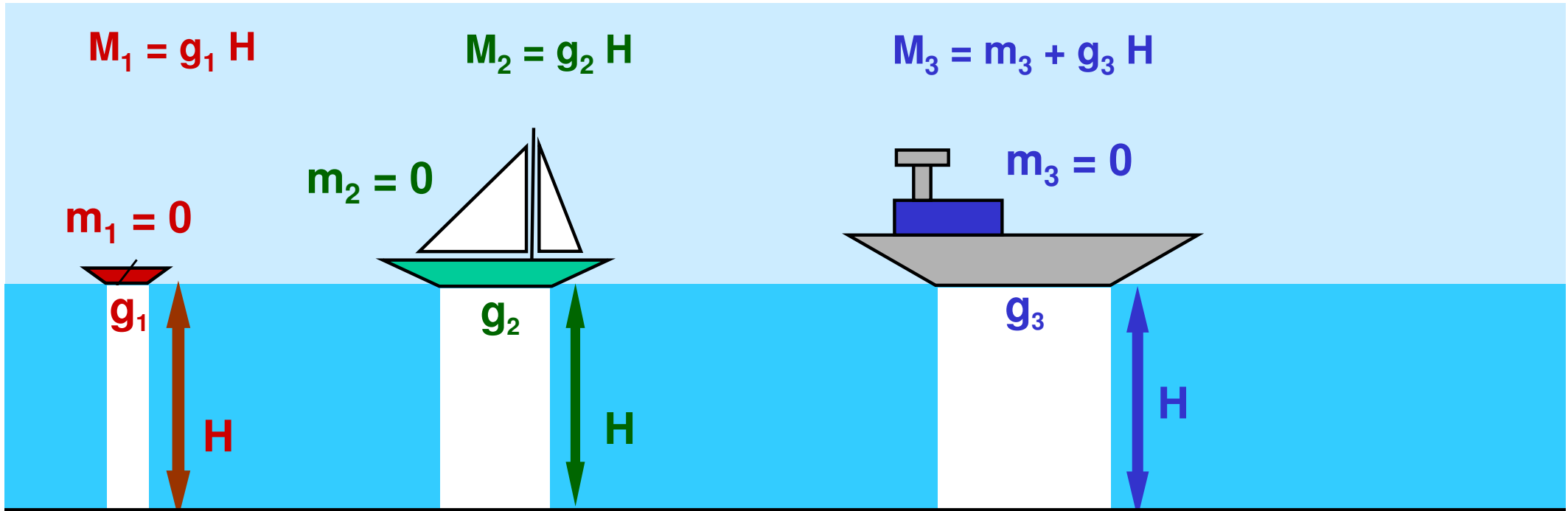
mozgás közben nem változik a tömeg



$$M = m + g H$$



# Peter Higgs módosításai



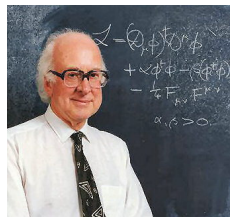
- 1/ a víz mindenhol egyforma mélységű
- 2/ a hajók eredeti tömege 0



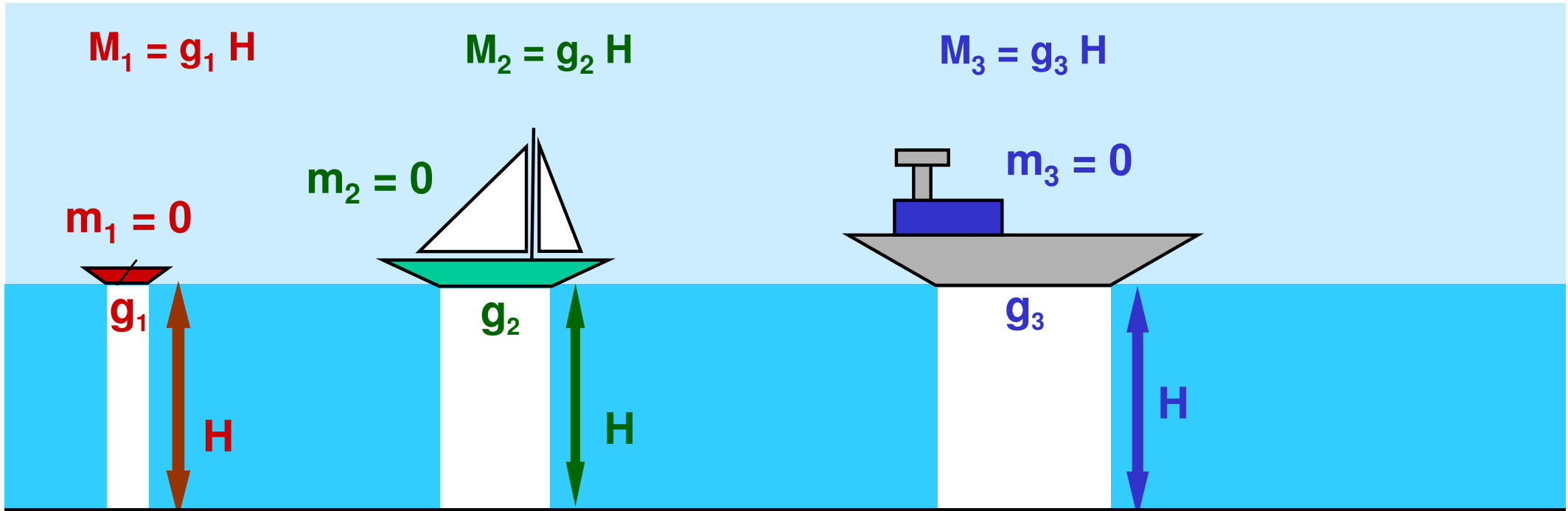
mozgás közben nem változik a tömeg



$$M = m + g H$$



# Peter Higgs módosításai



- 1/ a víz mindenhol egyforma mélységű
- 2/ a hajók eredeti tömege 0

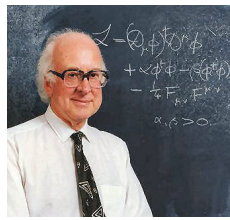


mozgás közben nem változik a tömeg

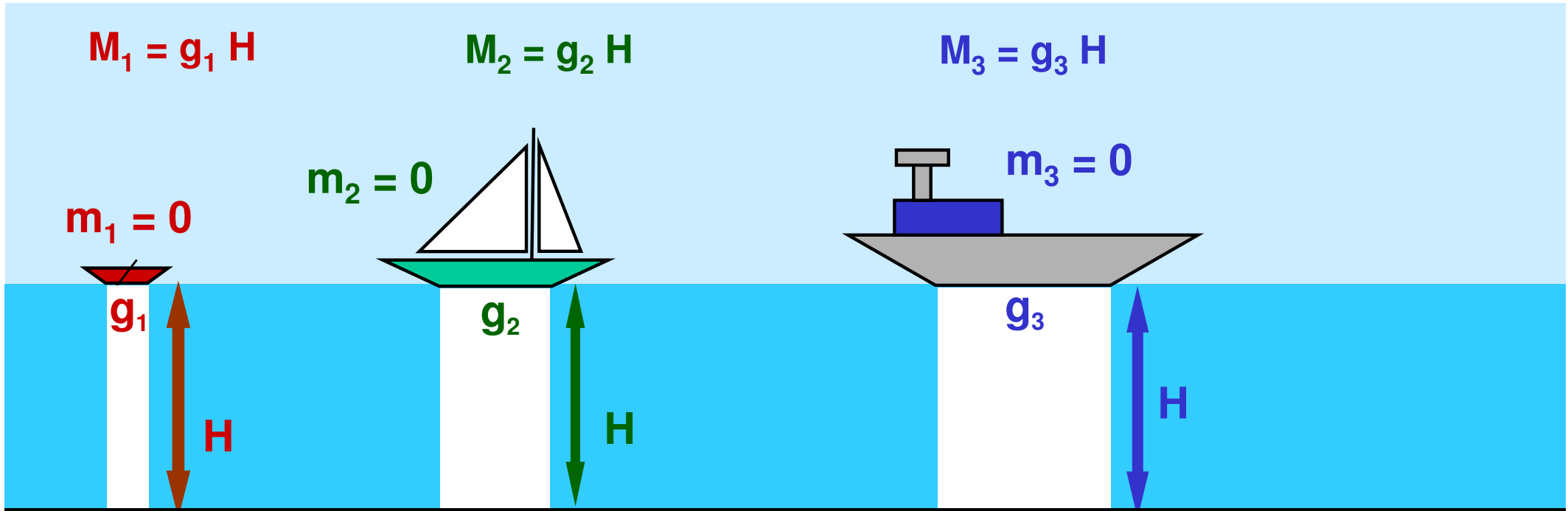




$$M = m + g H$$



# Peter Higgs módosításai



1/ a víz mindenhol egyforma mélységű



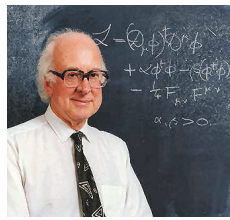
mozgás közben nem változik a tömeg

2/ a hajók eredeti tömege 0

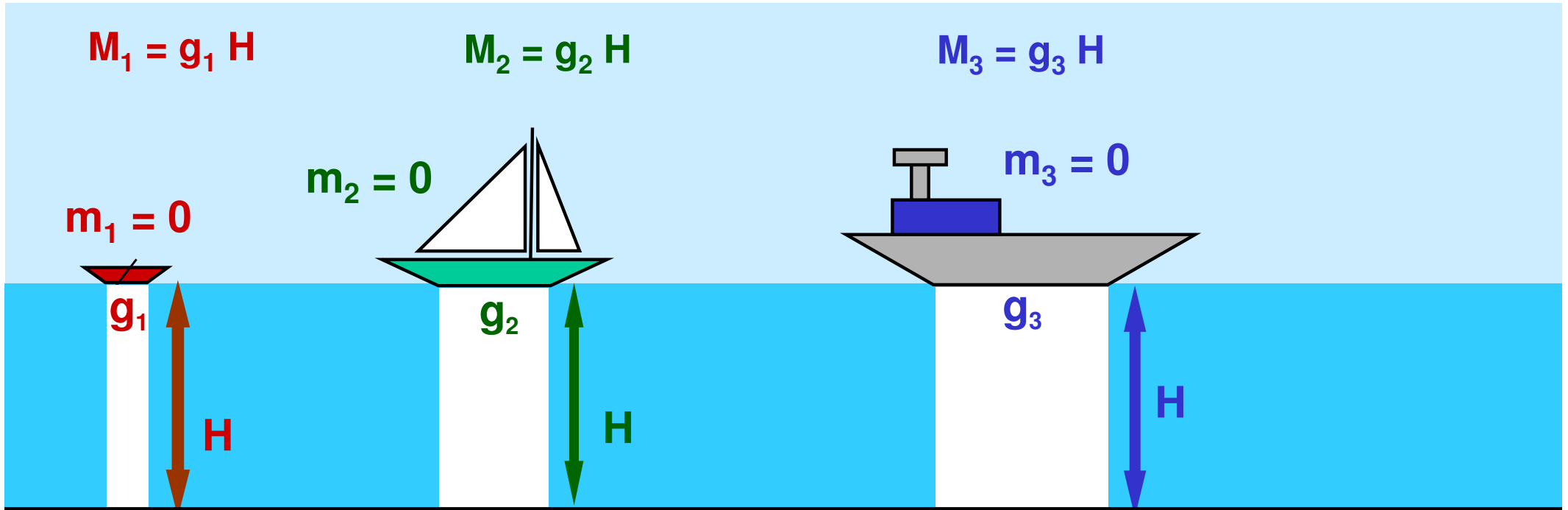
működik a QFT matekja!



$$M = m + g H$$



# Peter Higgs módosításai



1/ a víz mindenhol egyforma mélységű



mozgás közben nem változik a tömeg

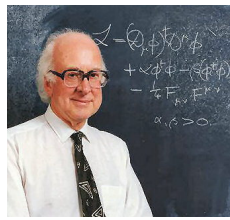
2/ a hajók eredeti tömege 0

működik a QFT matekja!

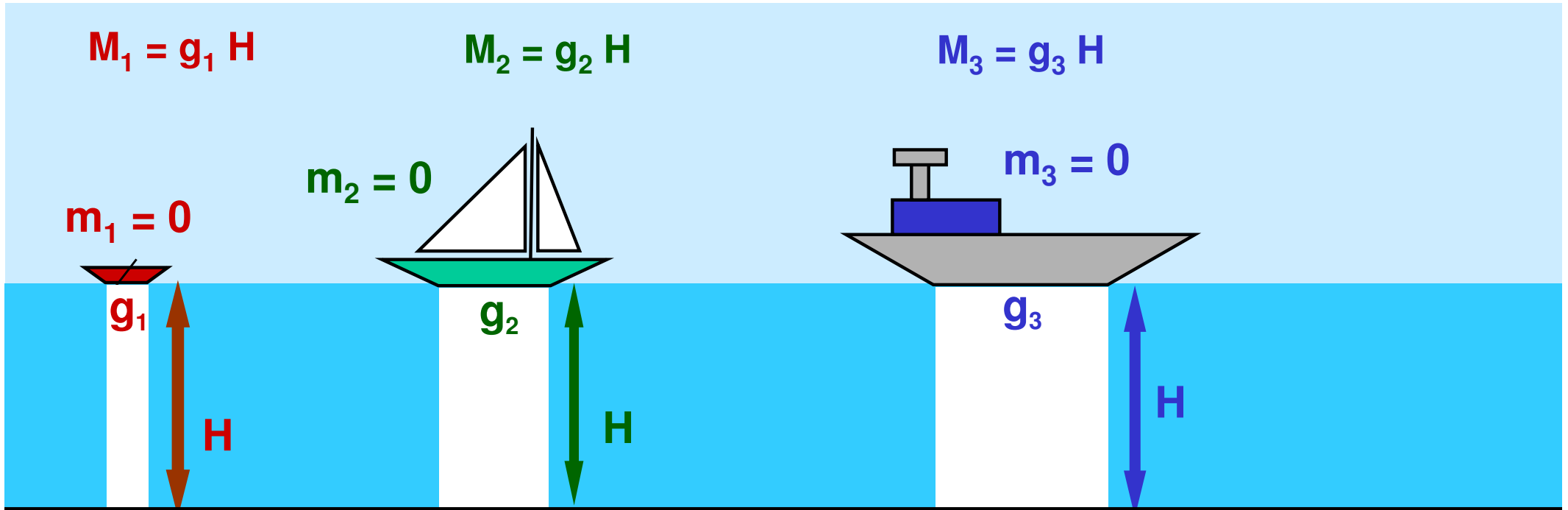
Emlékeztető: A kvantum-mezőelmélet (QFT) matematikája a nulla nyugalmi tömegű részecskéket (és csak azokat) tudja jól leírni.



$$M = m + g H$$



# Peter Higgs módosításai



1/ a víz mindenhol egyforma mélységű



mozgás közben nem változik a tömeg

2/ a hajók eredeti tömege 0

működik a QFT matekja!

Emlékeztető: A kvantum-mezőelmélet (QFT) matematikája a nulla nyugalmi tömegű részecskéket (és csak azokat) tudja jól leírni.

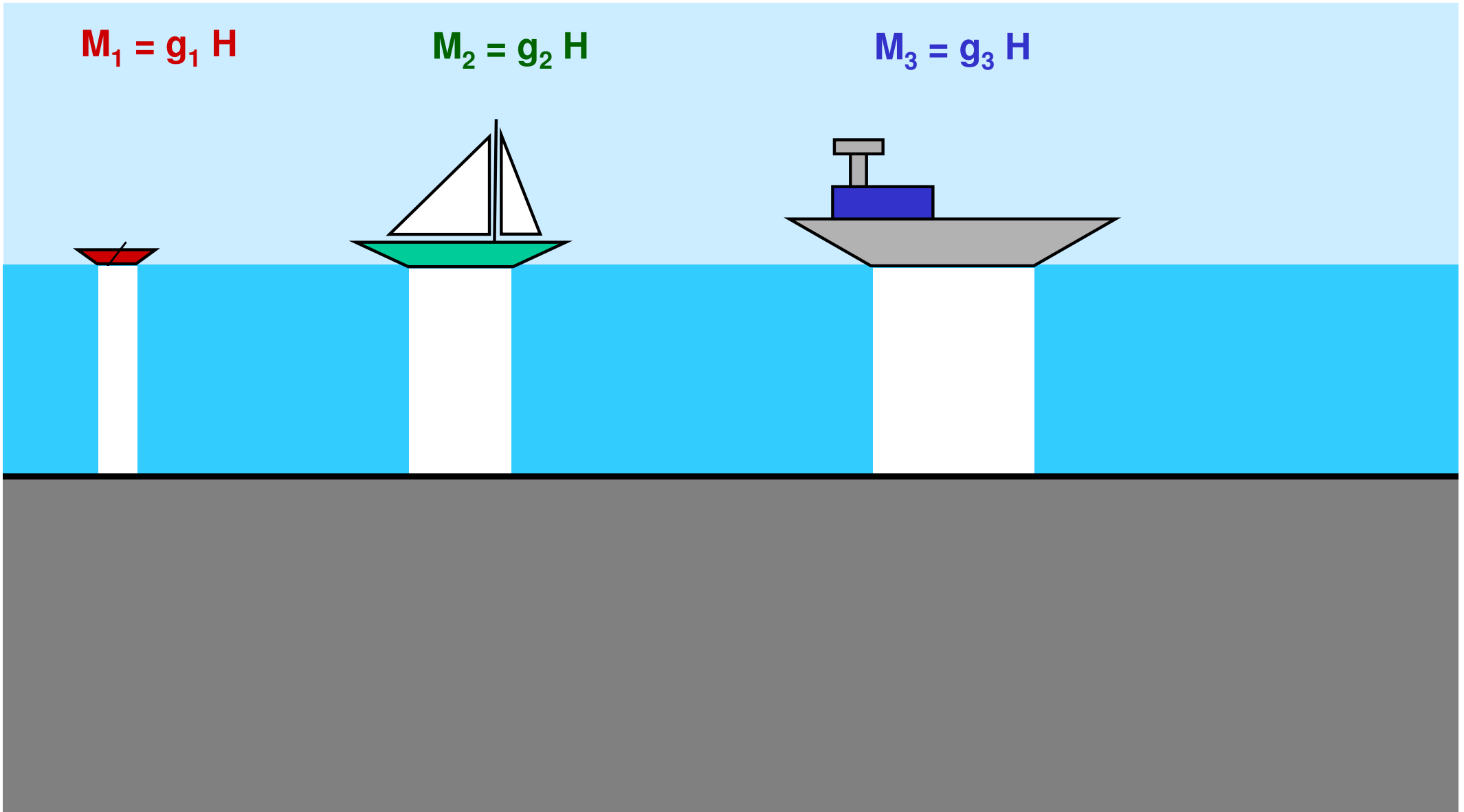


$$M = m + g H$$

$$M_1 = g_1 H$$

$$M_2 = g_2 H$$

$$M_3 = g_3 H$$



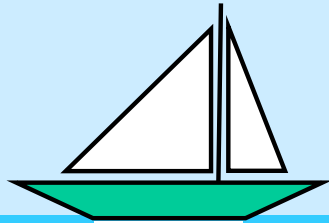
$$M = m + g H$$

Miért nem láttuk ezt régen?

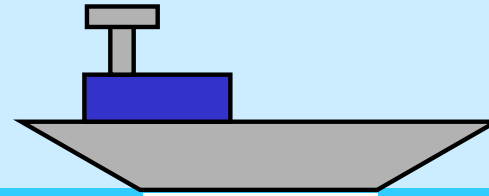
$$M_1 = g_1 H$$



$$M_2 = g_2 H$$



$$M_3 = g_3 H$$



$$M = m + g H$$

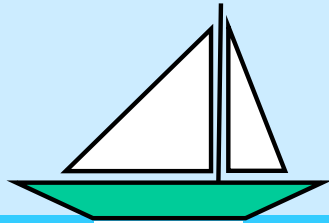
Miért nem láttuk ezt régen?

Mert a „Higgs-víz” láthatatlan...

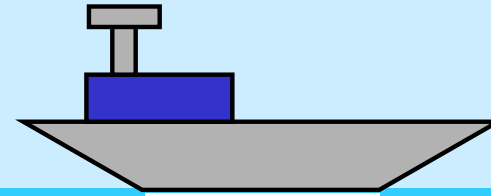
$$M_1 = g_1 H$$



$$M_2 = g_2 H$$



$$M_3 = g_3 H$$



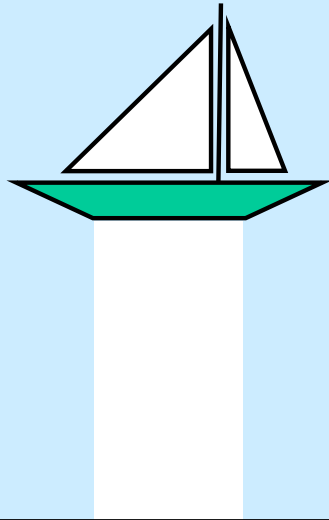
$$M = m + g H$$

Miért nem láttuk ezt régen?  
Mert a „Higgs-víz” láthatatlan...

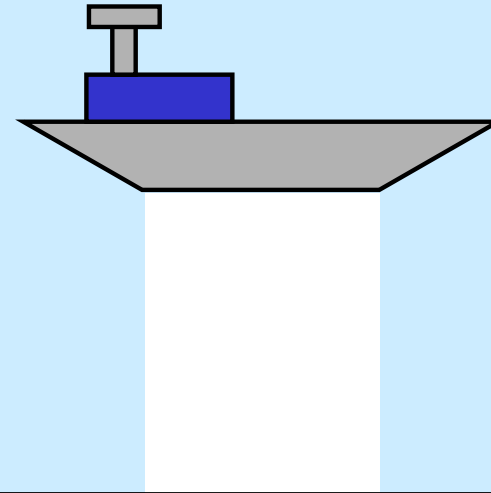
$$M_1 = g_1 H$$



$$M_2 = g_2 H$$



$$M_3 = g_3 H$$



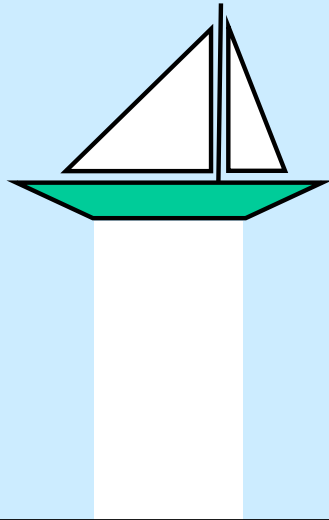
$$M = m + g H$$

Miért nem láttuk ezt régen?  
Mert a „Higgs-víz” láthatatlan... És a „Higgs-jég” is...

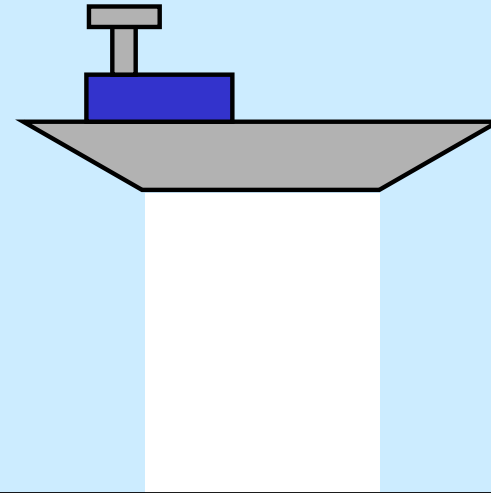
$$M_1 = g_1 H$$



$$M_2 = g_2 H$$



$$M_3 = g_3 H$$





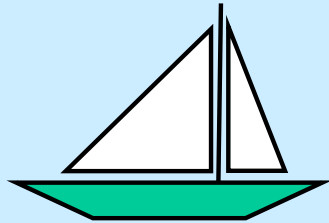
$$M = m + g H$$

Miért nem láttuk ezt régen?  
Mert a „Higgs-víz” láthatatlan... És a „Higgs-jég” is...

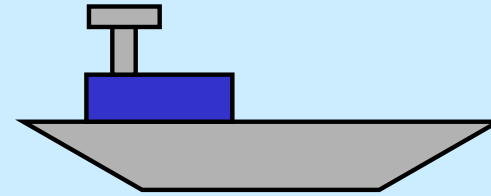
$$M_1 = g_1 H$$



$$M_2 = g_2 H$$

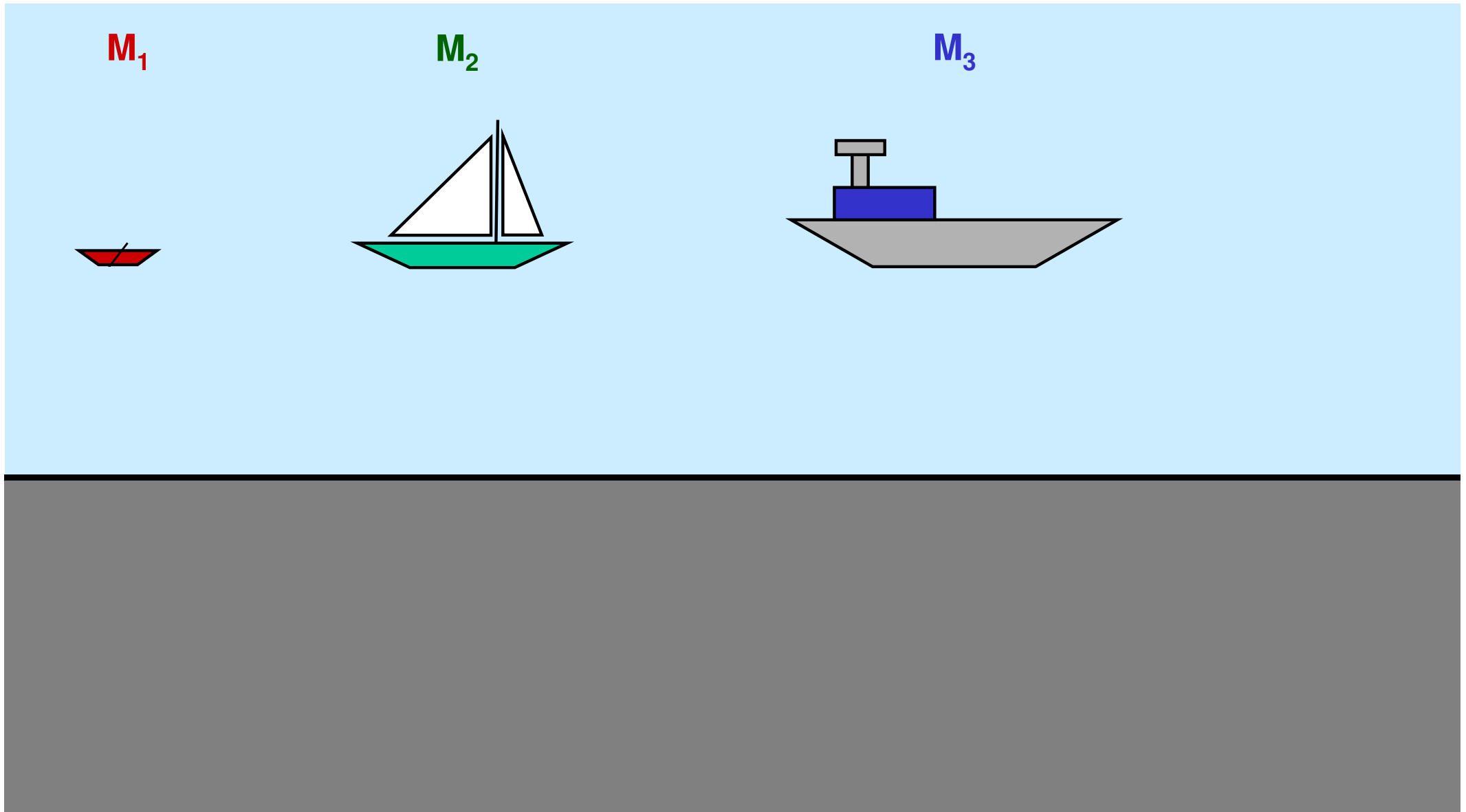


$$M_3 = g_3 H$$

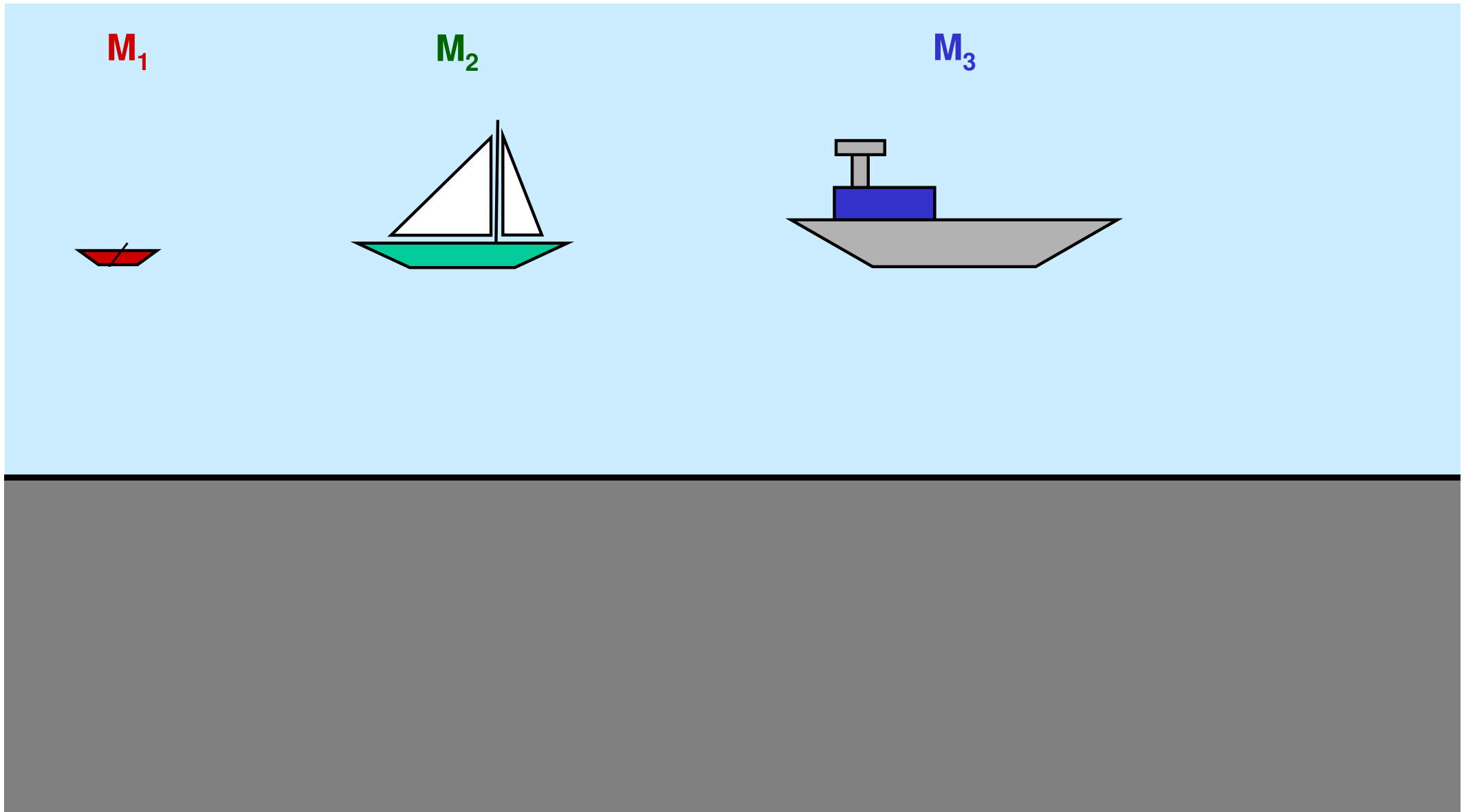


$$M = m + g H$$

Miért nem láttuk ezt régen?  
Mert a „Higgs-víz” láthatatlan... És a „Higgs-jég” is...



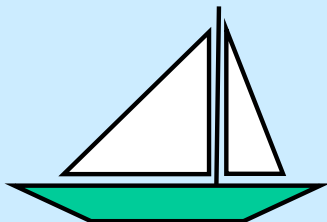
# Miért nem láttuk ezt régen? Mert a „Higgs-víz” láthatatlan... És a „Higgs-jég” is...



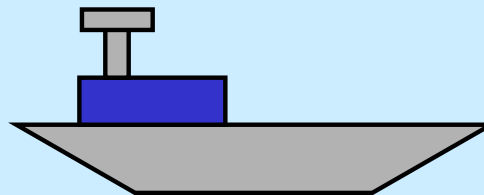
$M_1$



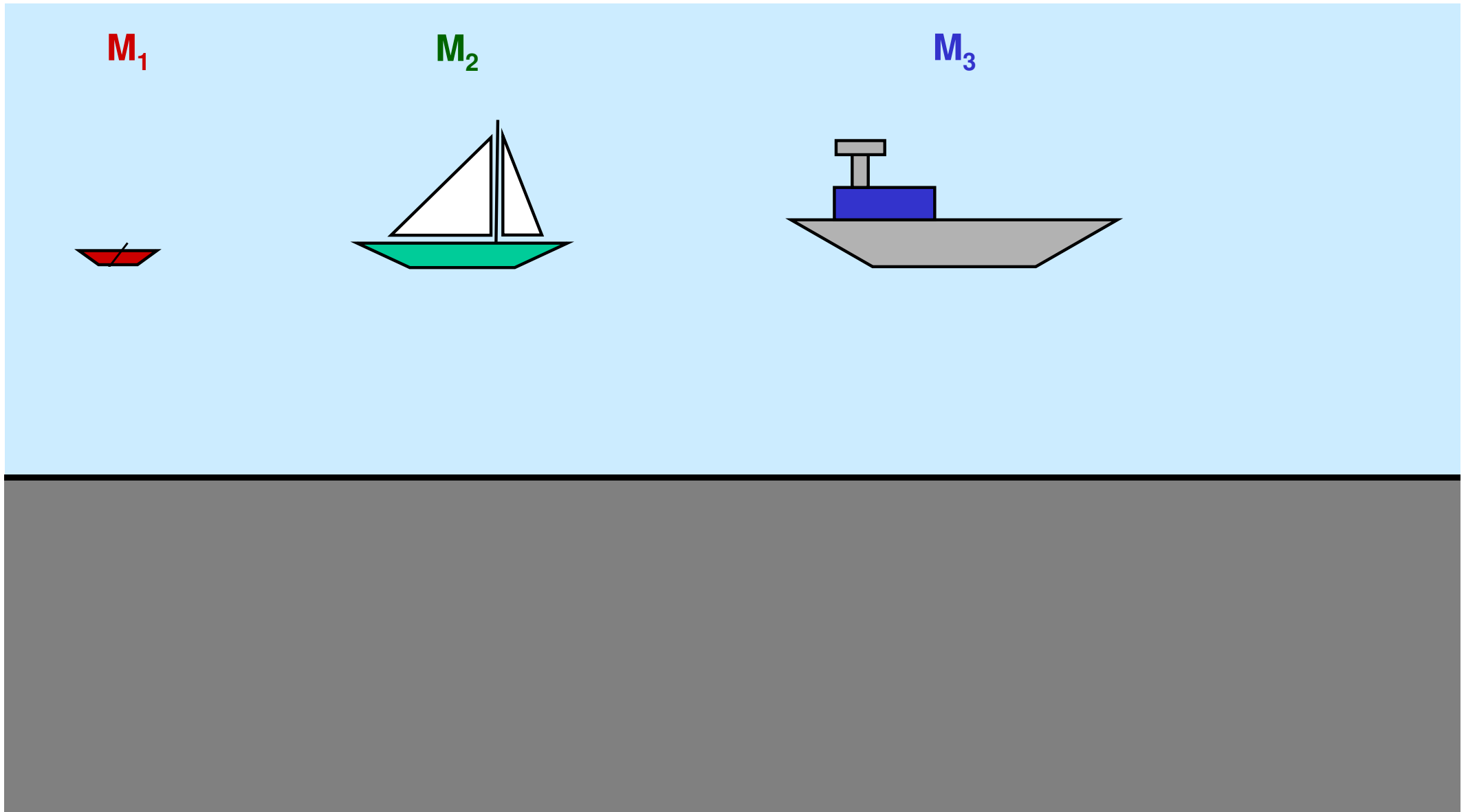
$M_2$



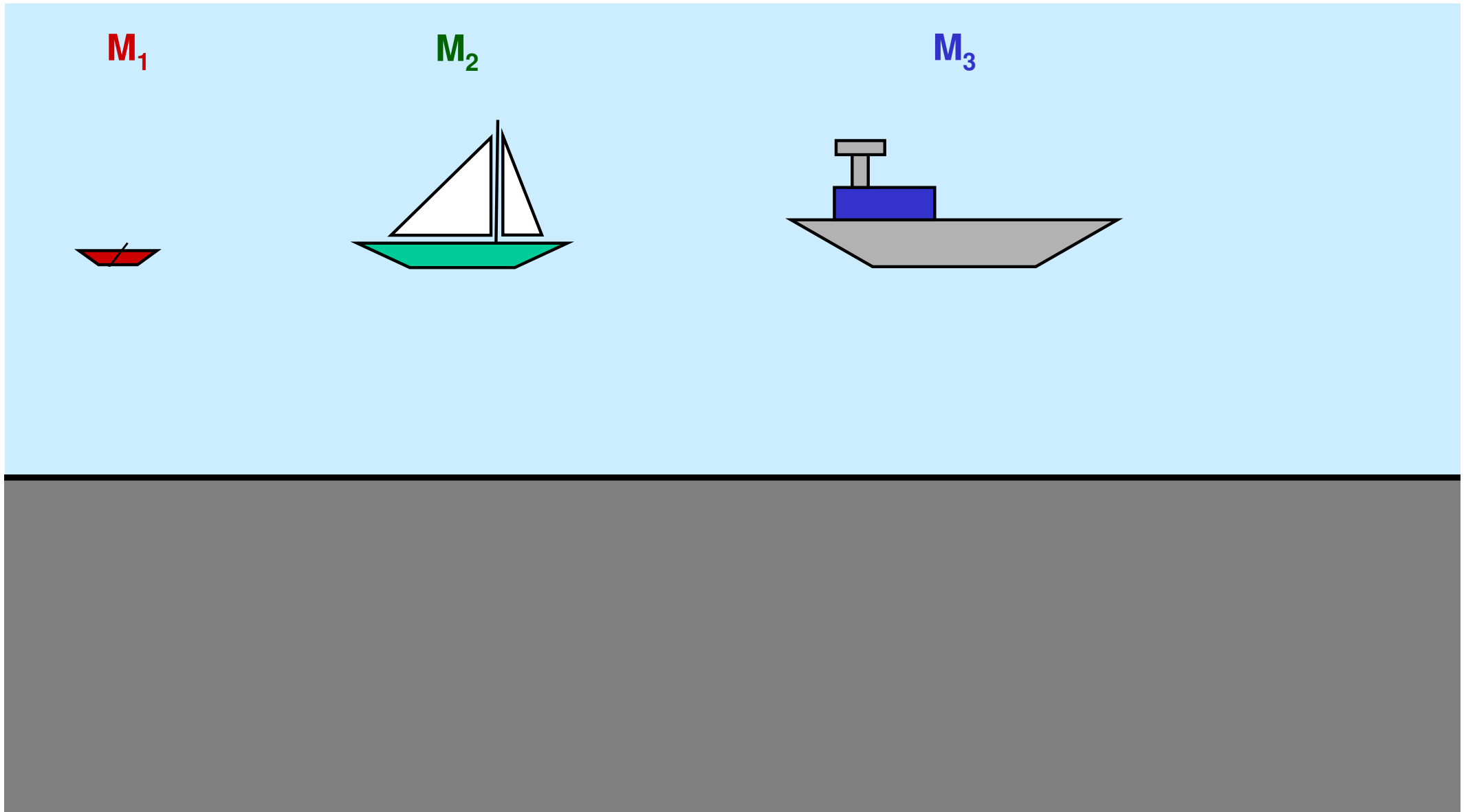
$M_3$



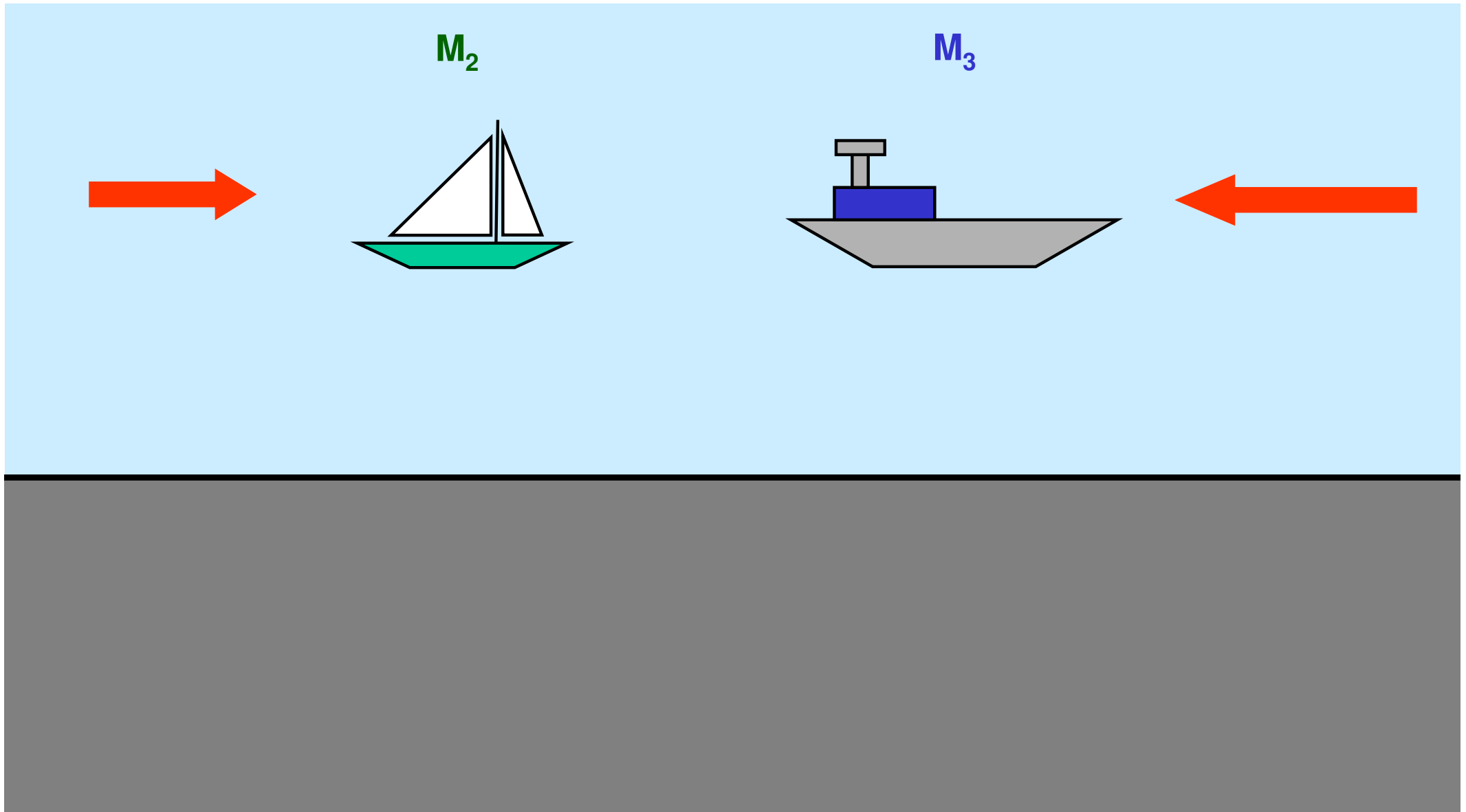
# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését?



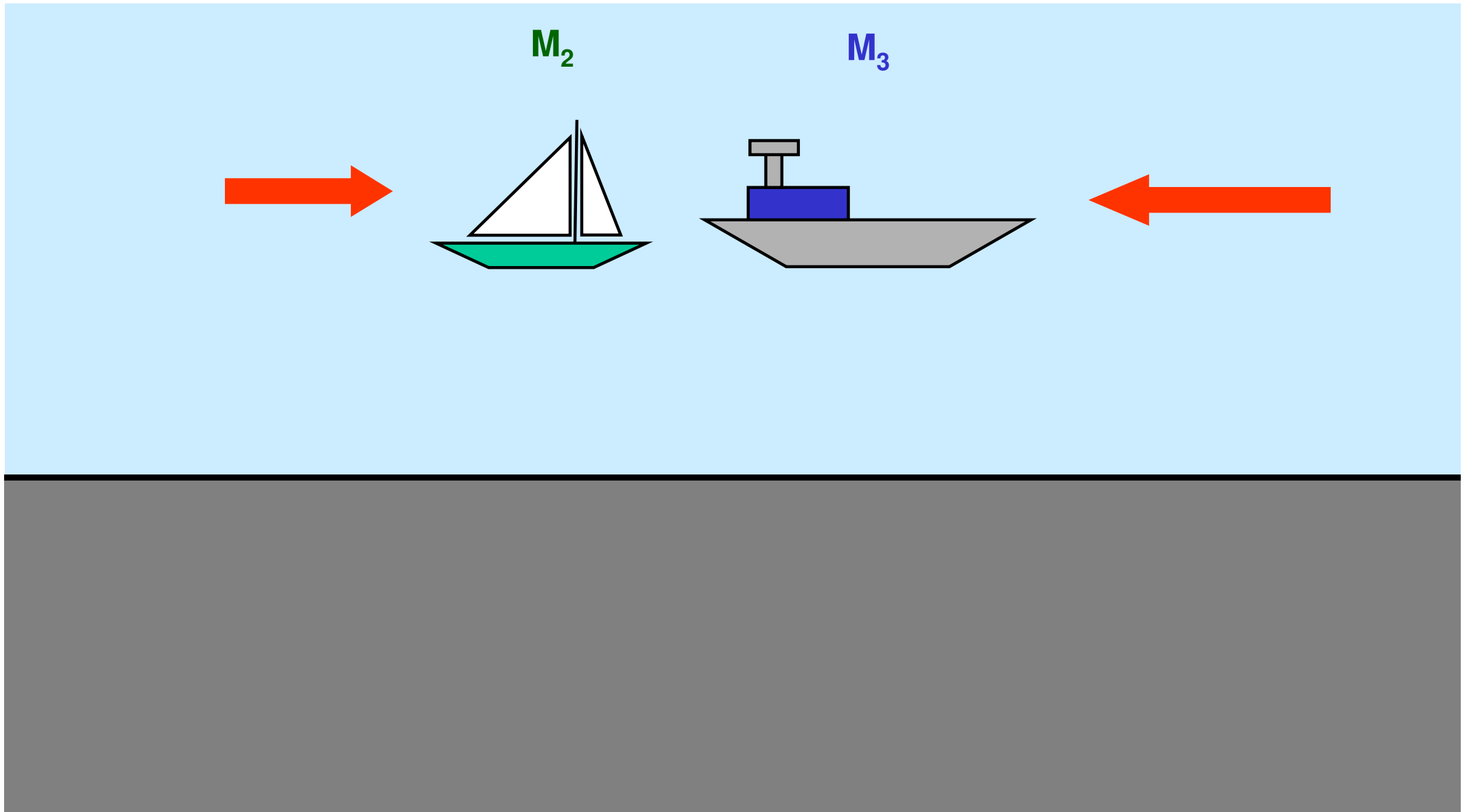
# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!



# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!

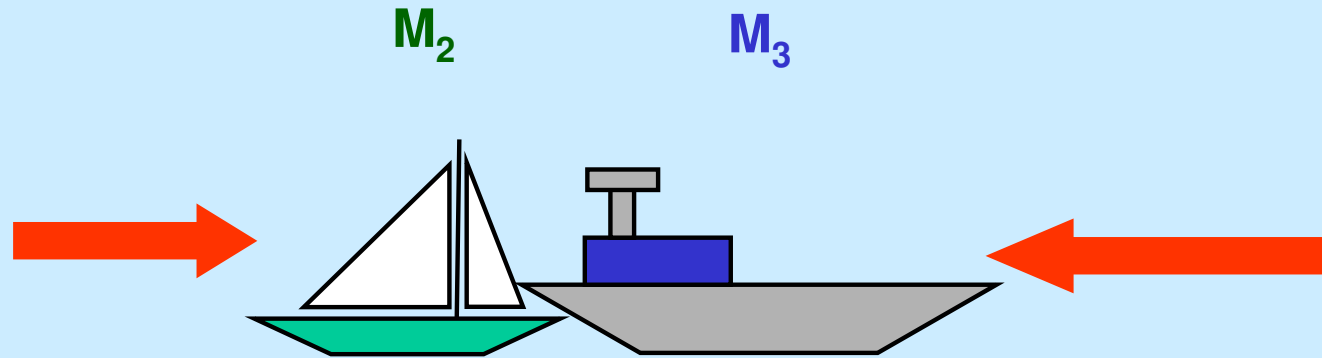


# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!

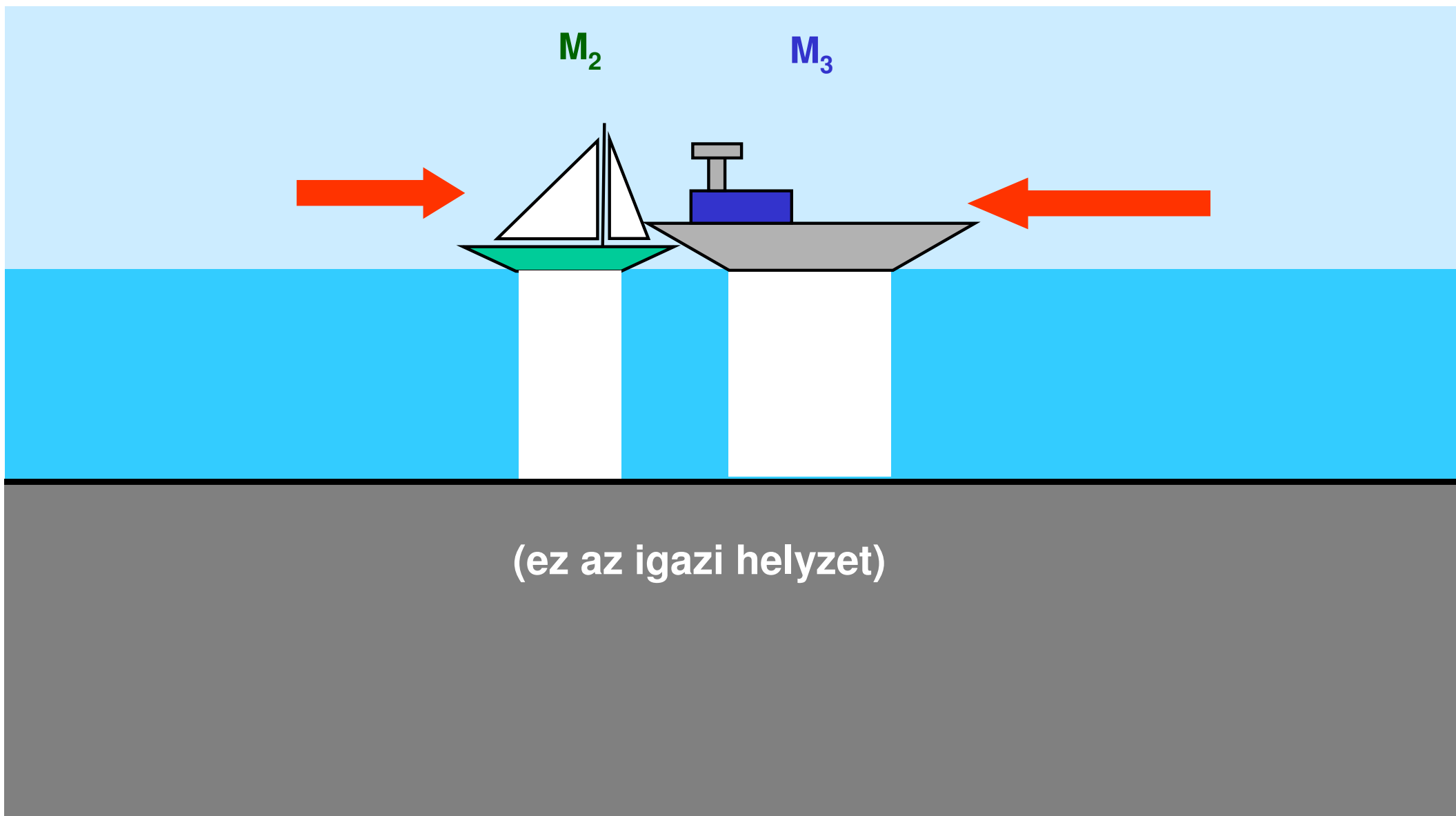




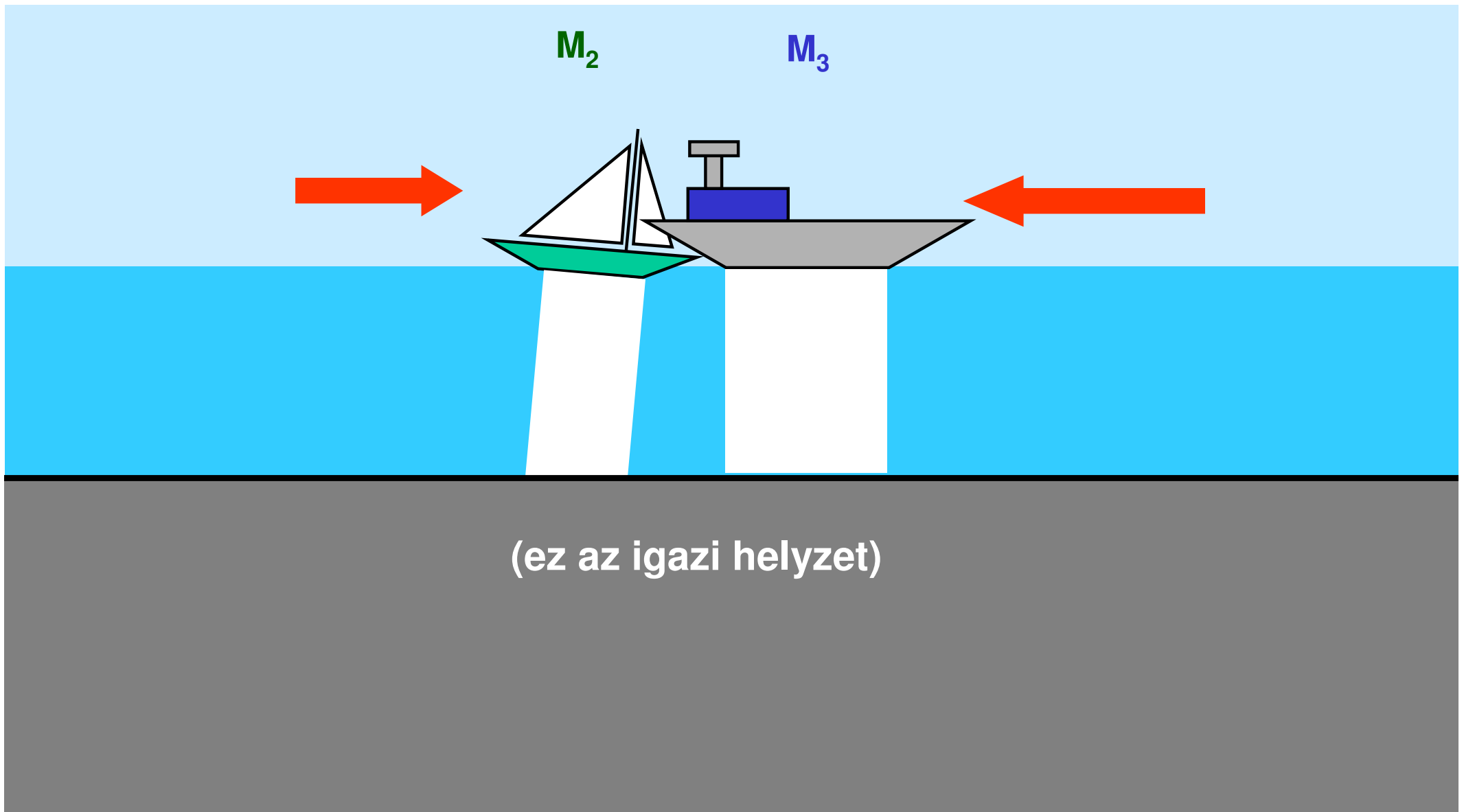
# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!



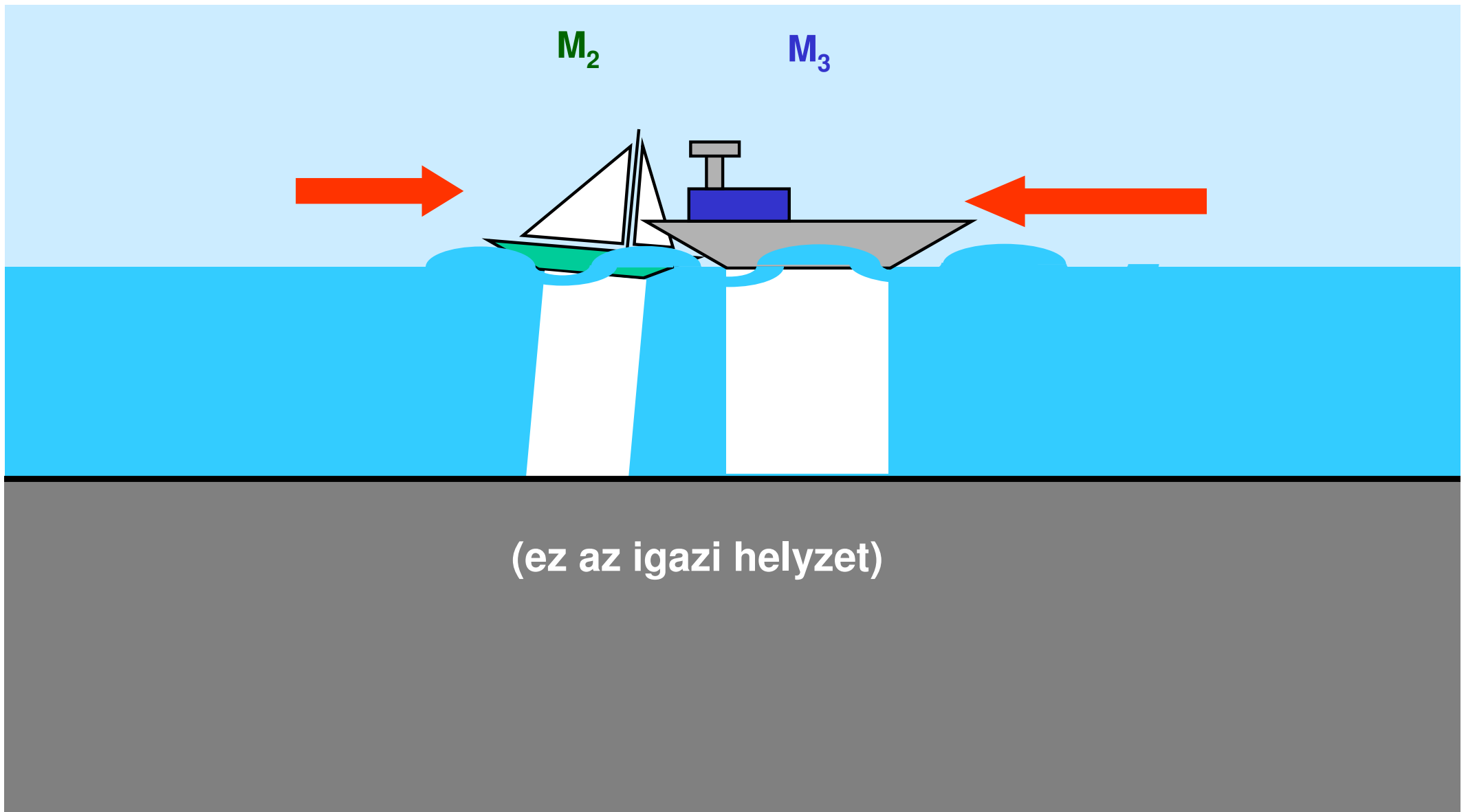
# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!



# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!



# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!



# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!



# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!



# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!

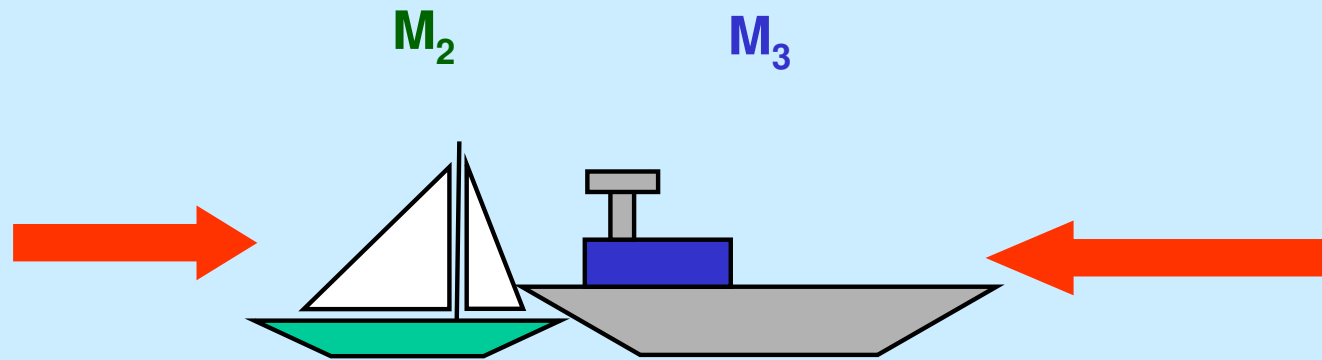


# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!





# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!



ezt tapasztaljuk

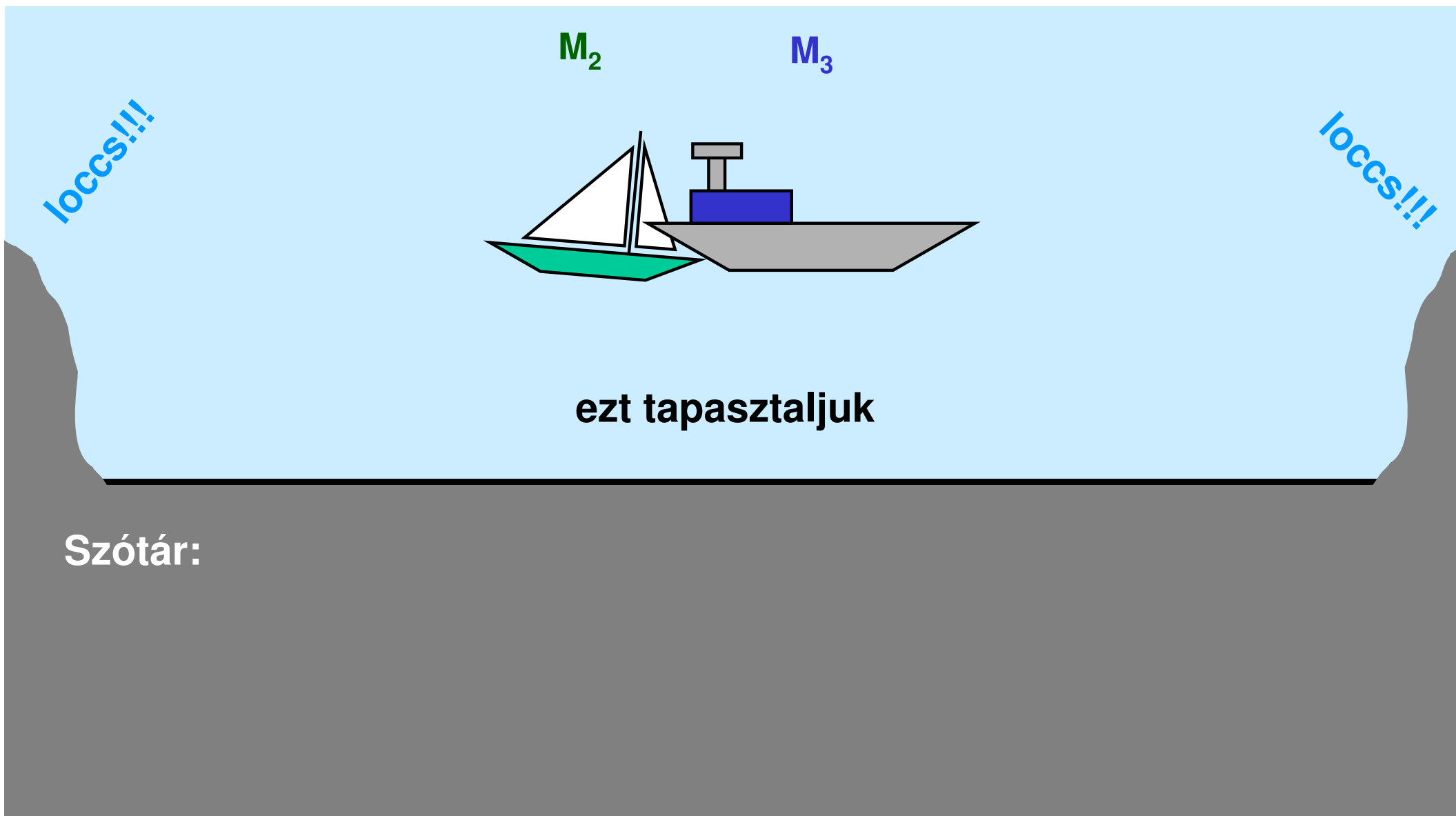
# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!



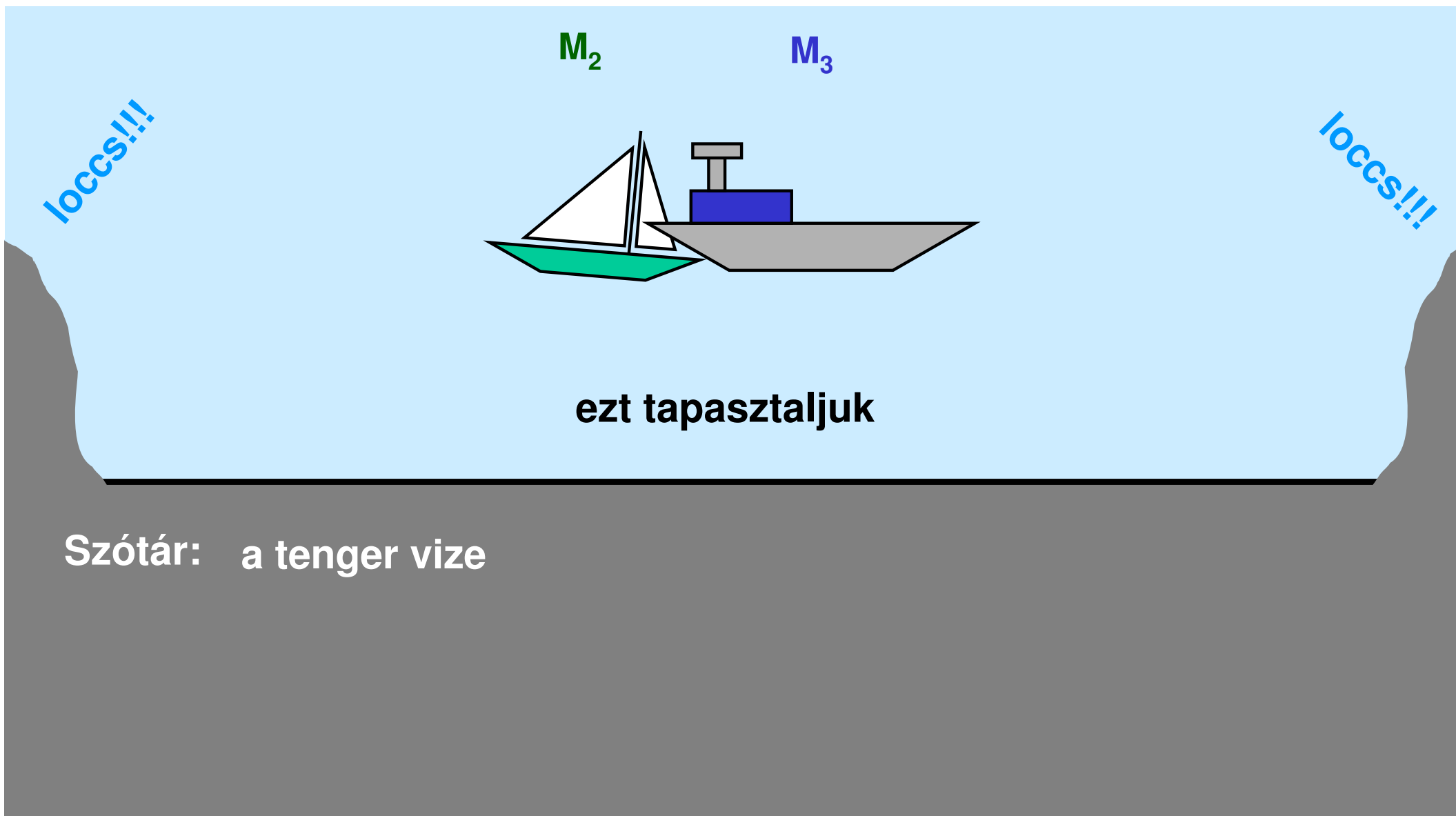
# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!



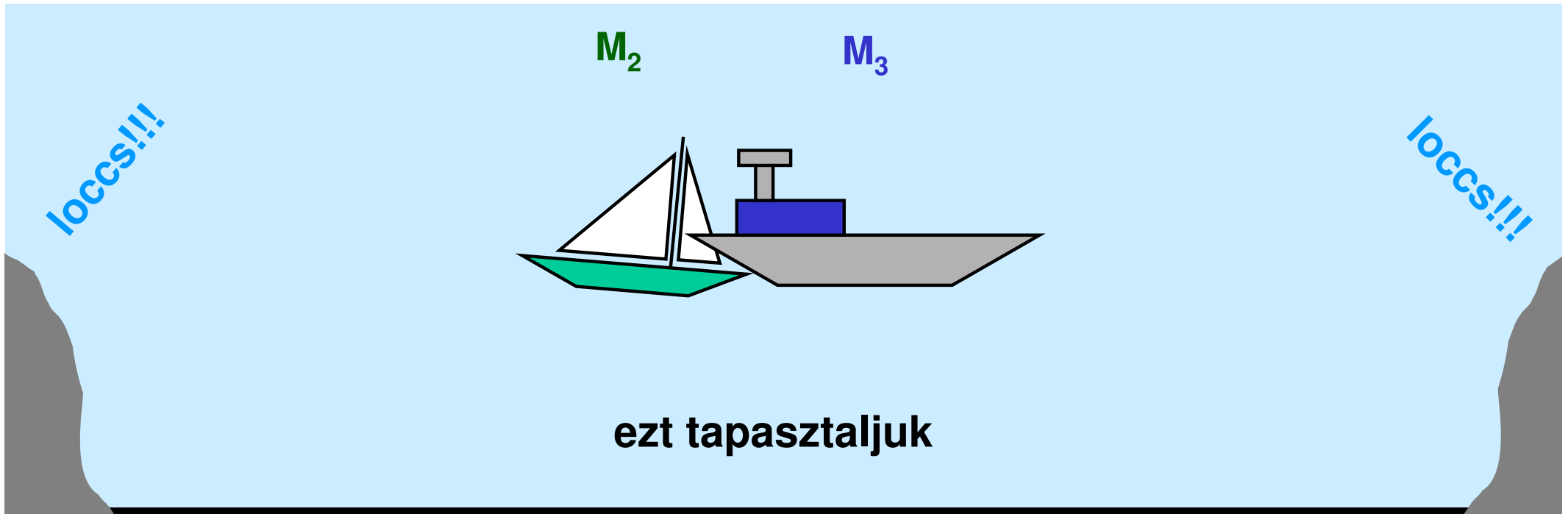
# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!



# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!

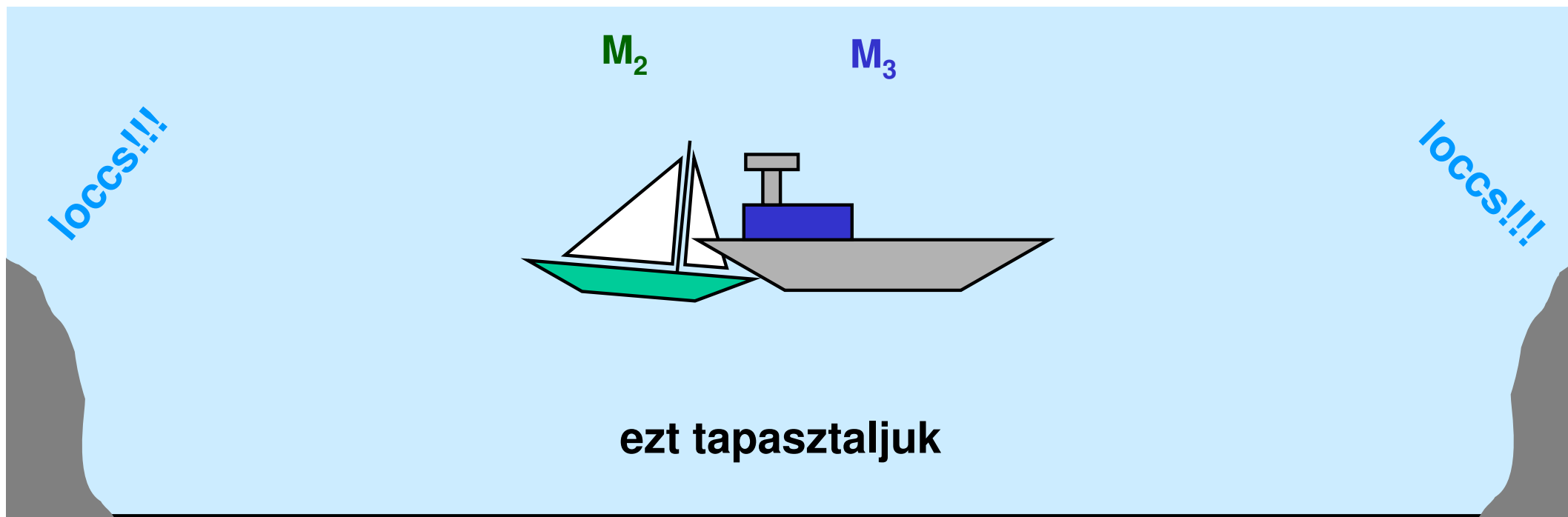


# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!



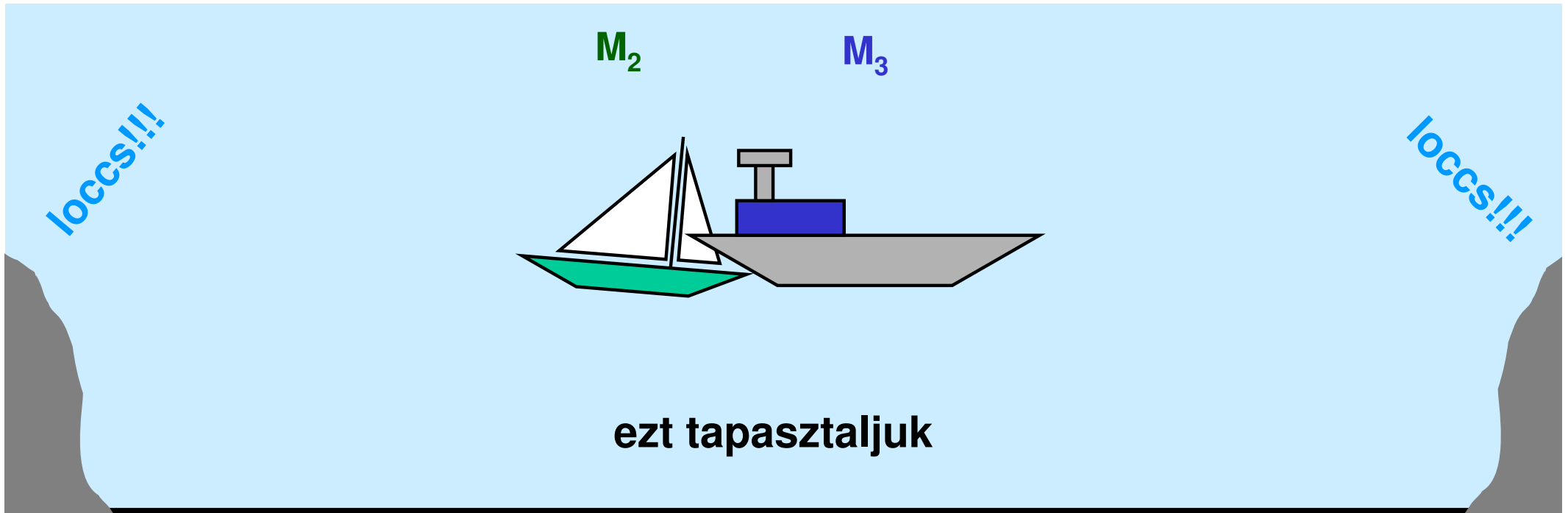
Szótár: a tenger vize - **a Higgs mező**

# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!



Szótár: a tenger vize - **a Higgs mező**  
a tenger fodrozódása

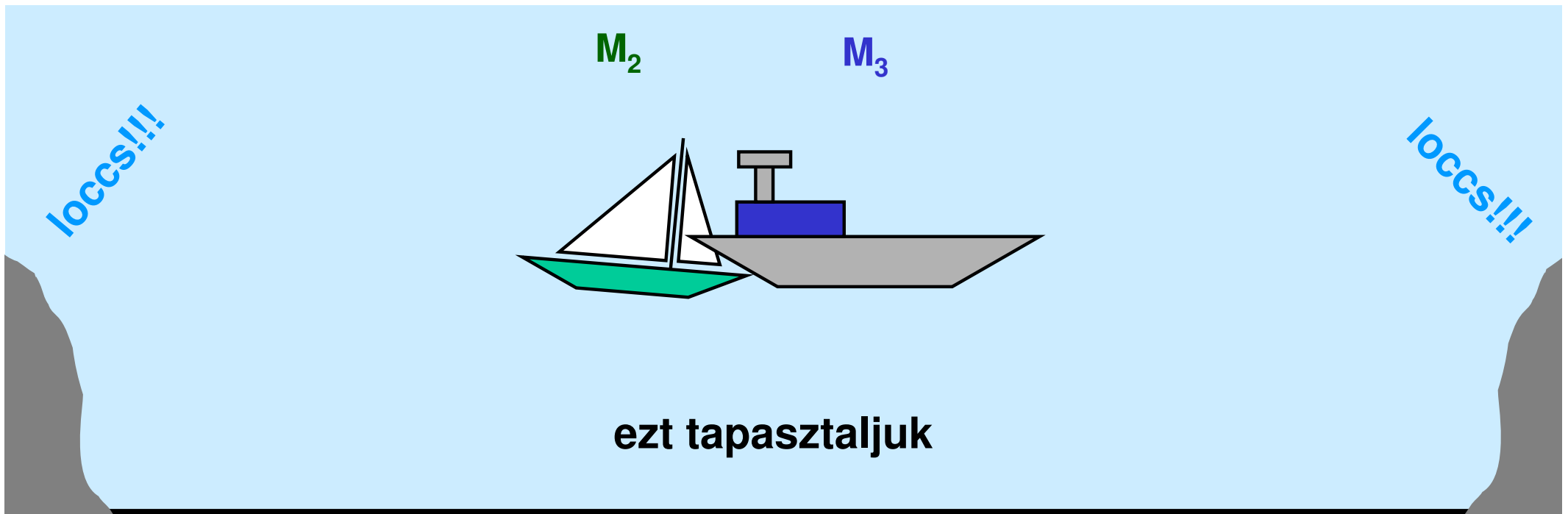
# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!



Szótár: a tenger vize - **a Higgs mező**  
a tenger fodrozódása - **a Higgs részecske**

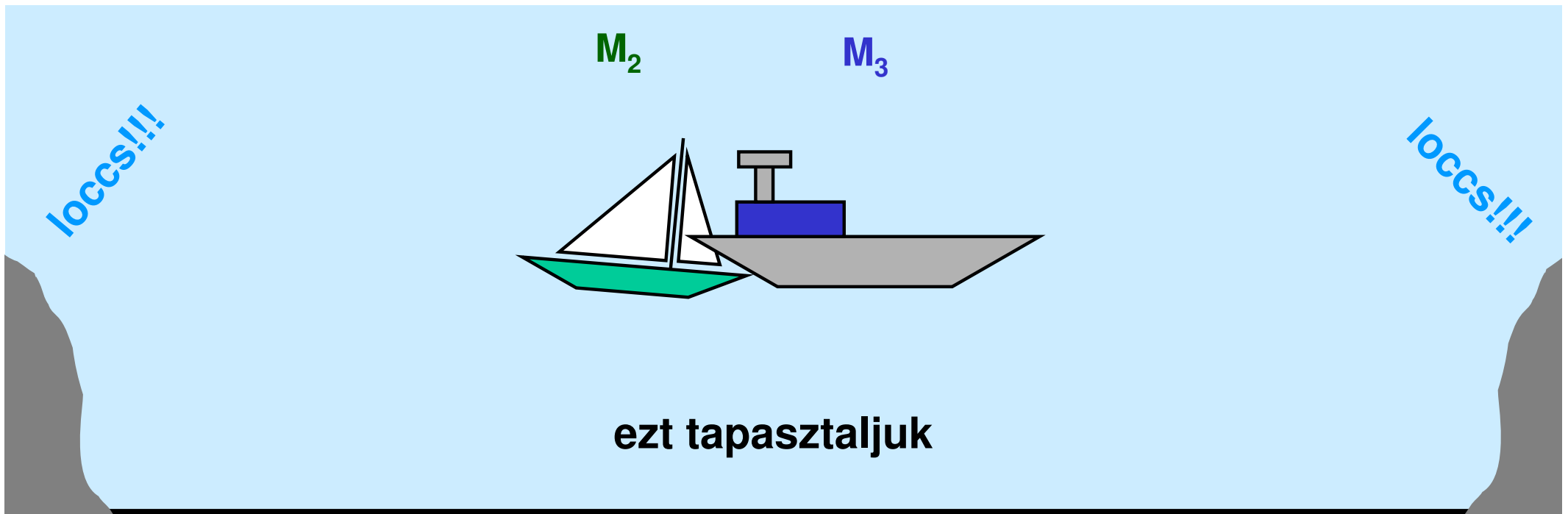


# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!



Szótár: a tenger vize - **a Higgs mező**  
a tenger fodrozódása - **a Higgs részecske**  
a partra csapó hullámok

# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!



- Szótár: a tenger vize - **a Higgs mező**  
a tenger fodrozódása - **a Higgs részecske**  
a partra csapó hullámok - **a detektált másodlagos részecskék**

# Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „Higgs-tenger” létezését? Ütköztessünk két hajót nagy energiával!



Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „**Higgs-tenger**” létezését?  
Ütköztessünk két **hajót** nagy energiával!



Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „**Higgs-mező**” létezését?  
Ütköztessünk két **protont** nagy energiával!



Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „**Higgs-mező**” létezését?

Ütköztessünk két **protont** nagy energiával!

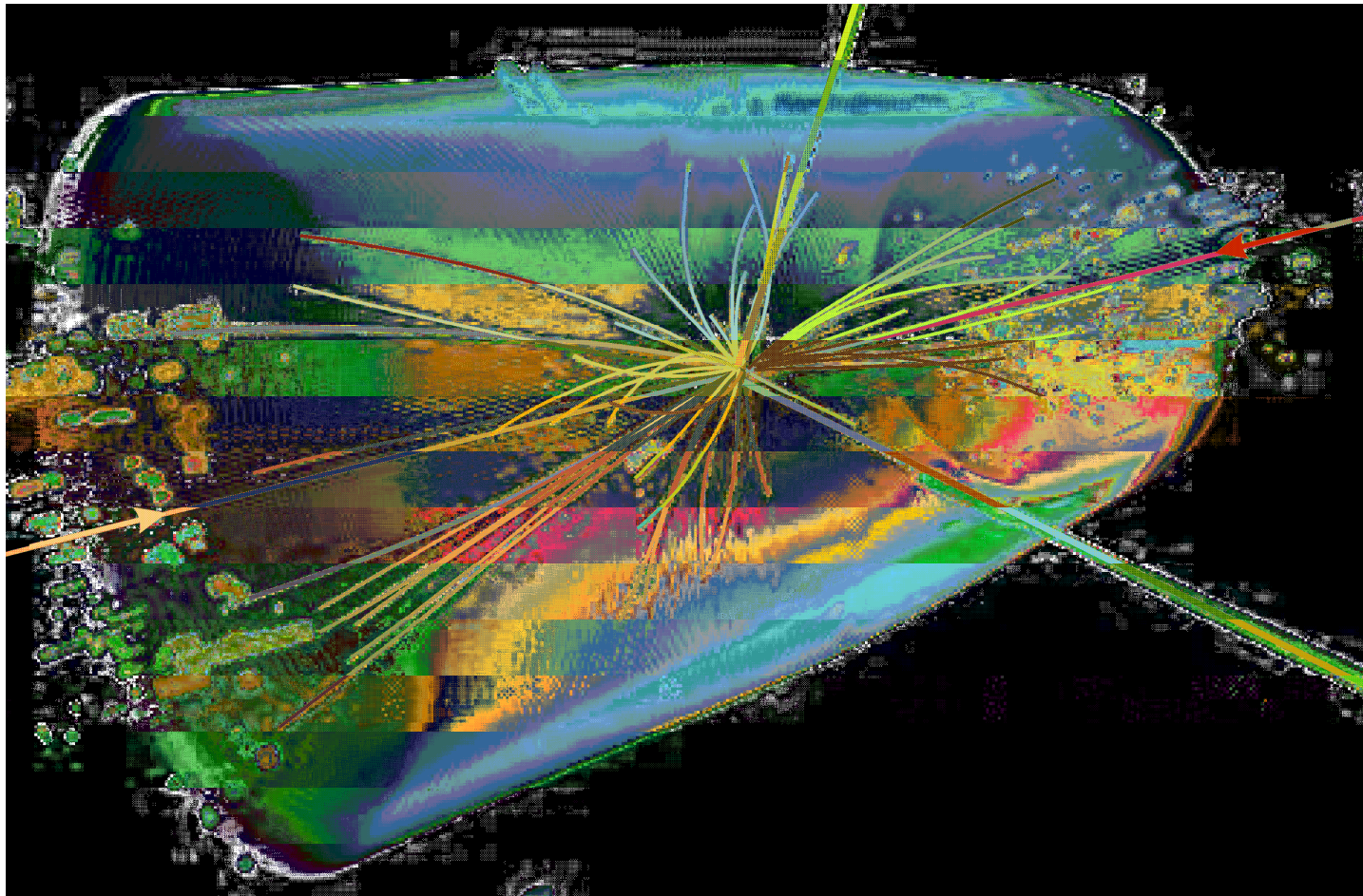
Ez történt a genfi CERN  
LHC nevű gyorsítójában:



Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „**Higgs-mező**” létezését?

Ütköztessünk két **protont** nagy energiával!

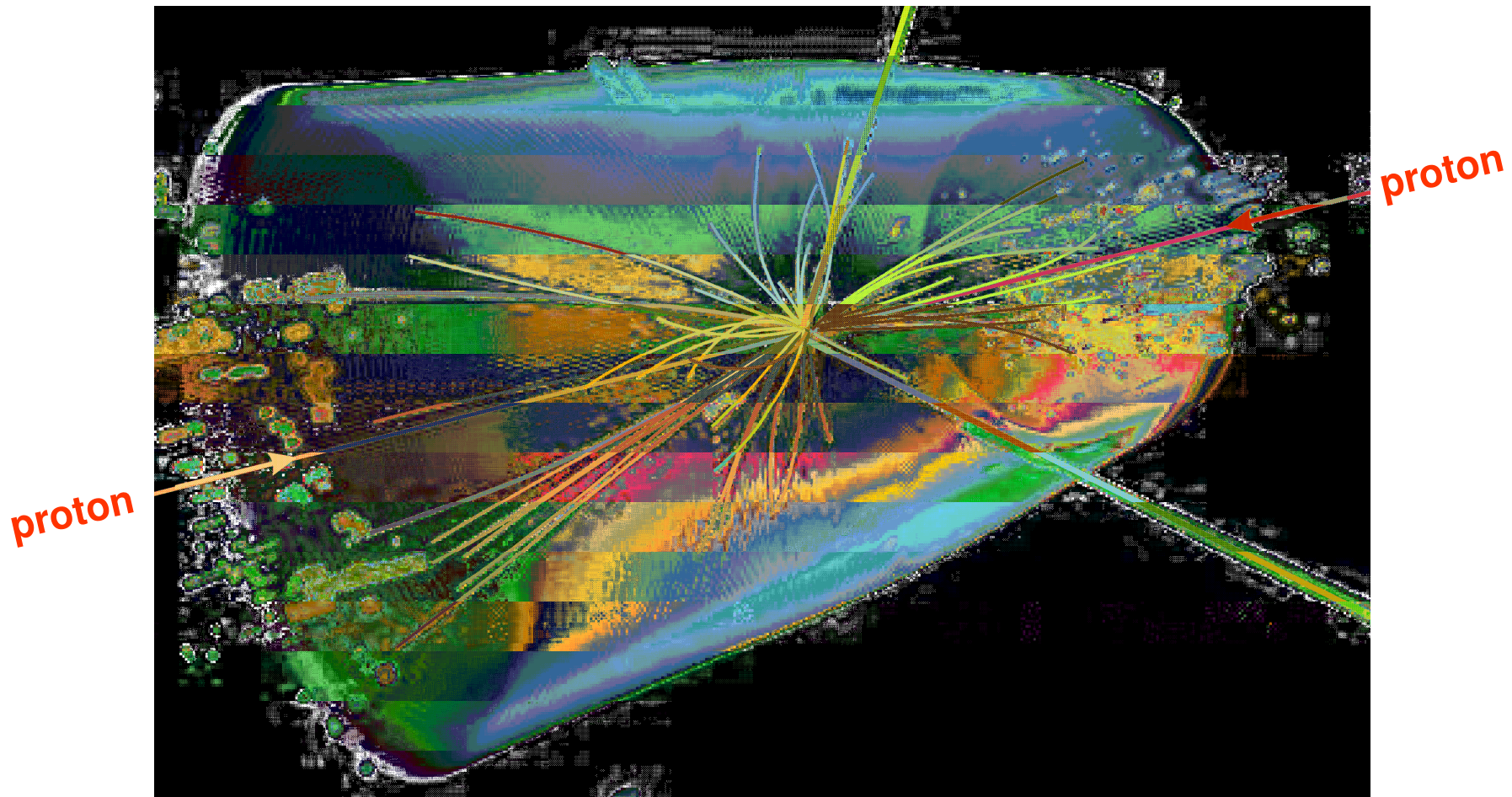
Ez történt a genfi CERN  
LHC nevű gyorsítójában:



Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „**Higgs-mező**” létezését?

Ütköztessünk két **proton** nagy energiával!

Ez történt a genfi CERN  
LHC nevű gyorsítójában:

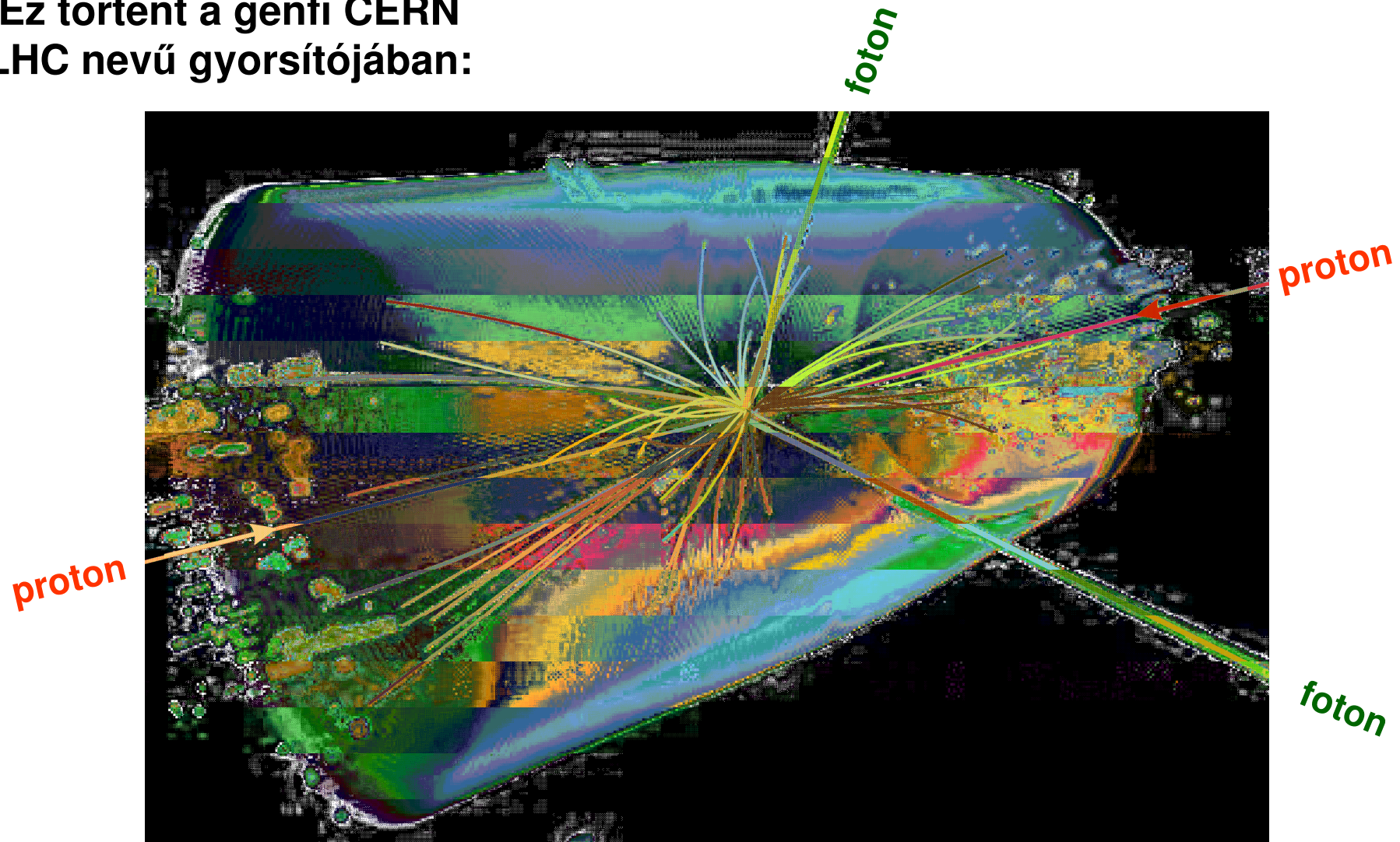




Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „**Higgs-mező**” létezését?

Ütköztessünk két **proton** nagy energiával!

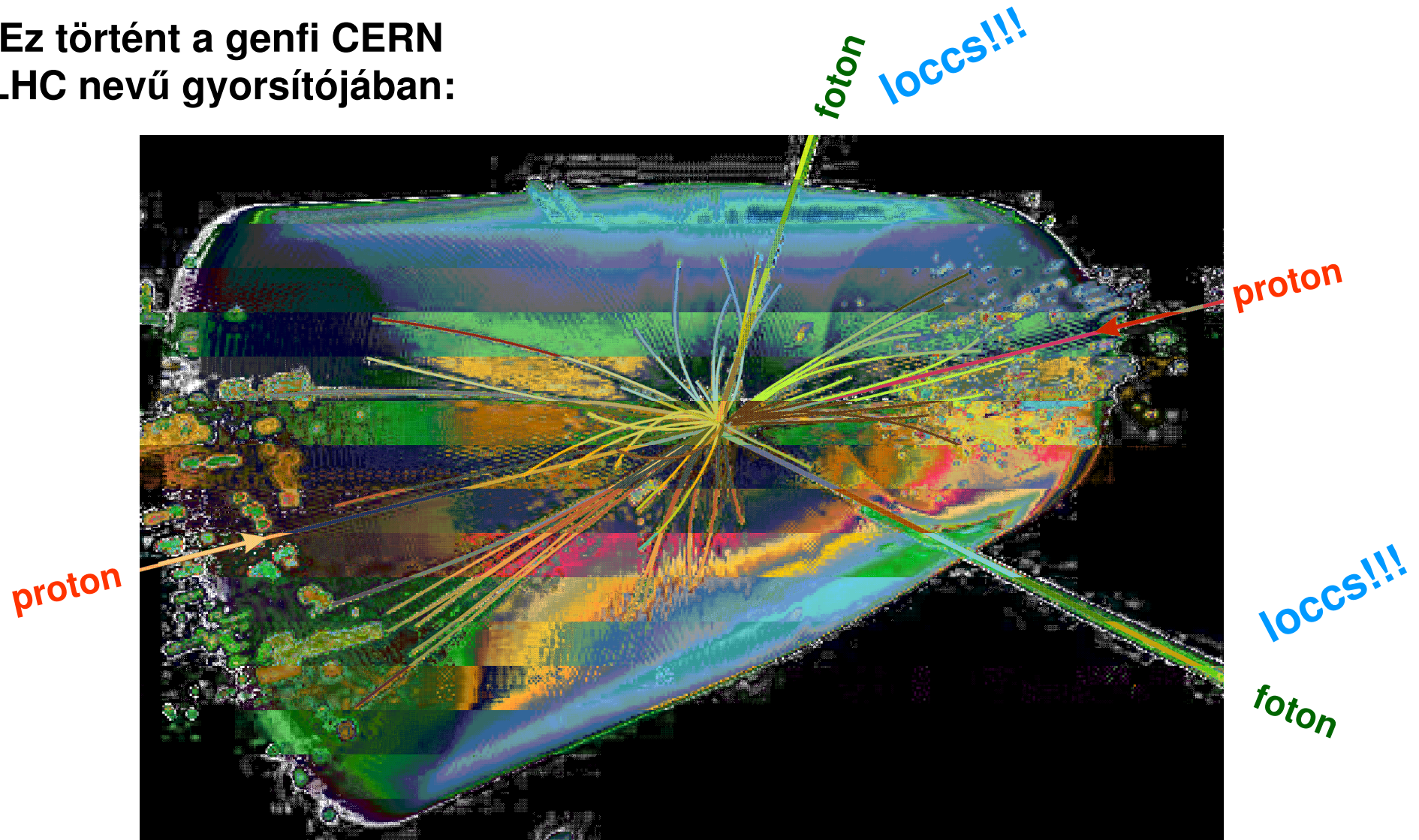
Ez történt a genfi CERN  
LHC nevű gyorsítóban:



Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „**Higgs-mező**” létezését?

Ütköztessünk két **proton** nagy energiával!

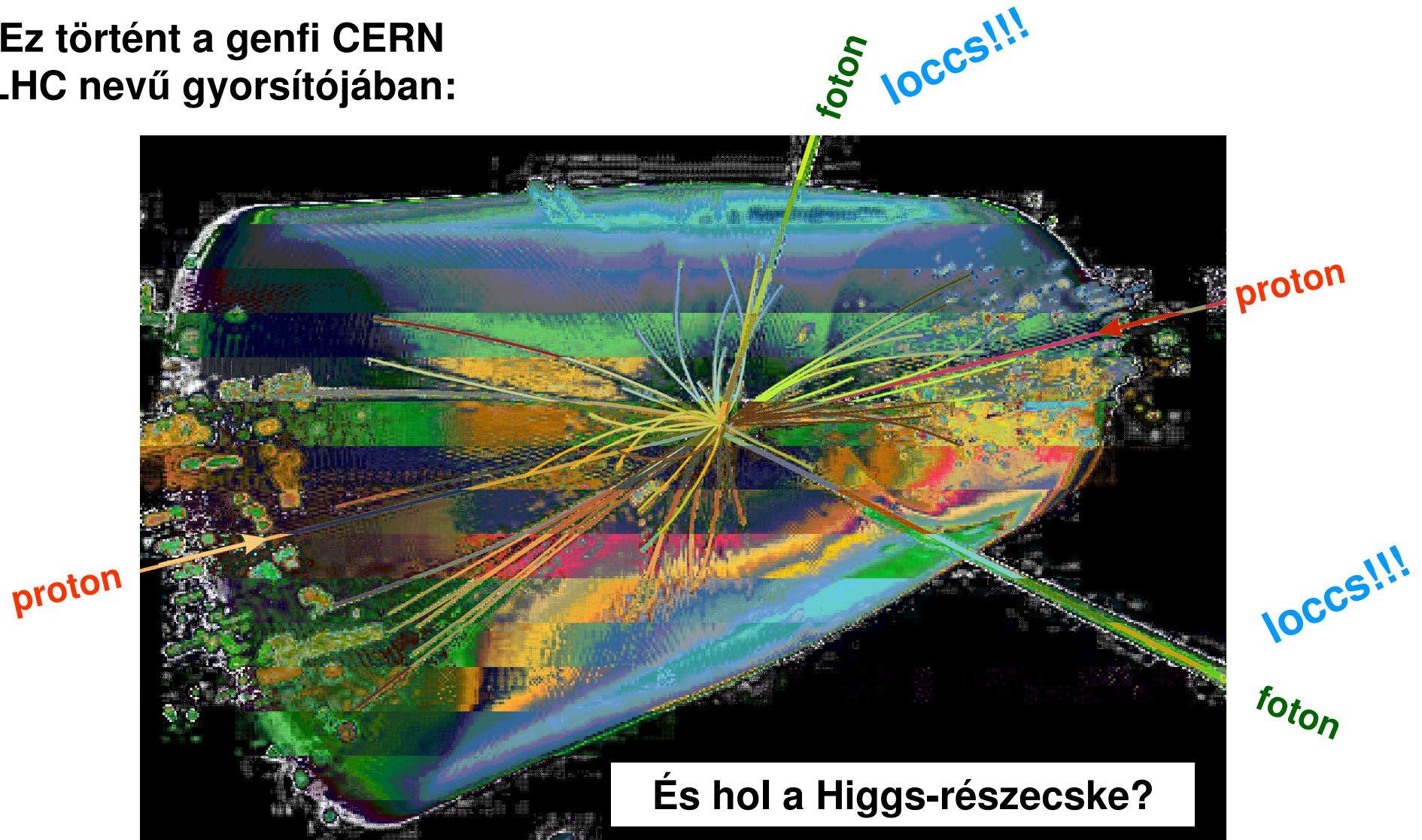
Ez történt a genfi CERN  
LHC nevű gyorsítóban:



Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „**Higgs-mező**” létezését?

Ütköztessünk két **proton** nagy energiával!

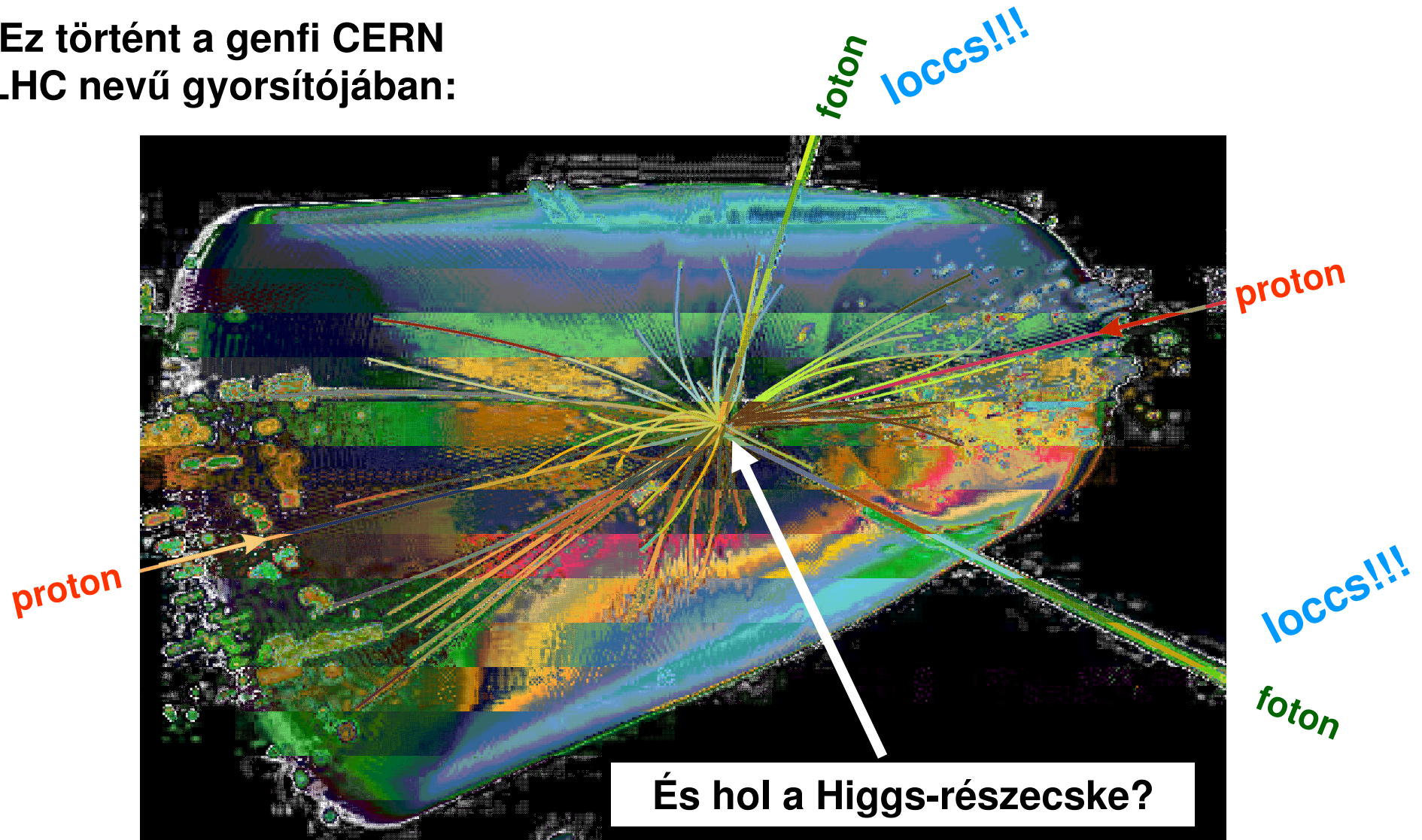
Ez történt a genfi CERN  
LHC nevű gyorsítóban:



Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „**Higgs-mező**” létezését?

Ütköztessünk két **proton** nagy energiával!

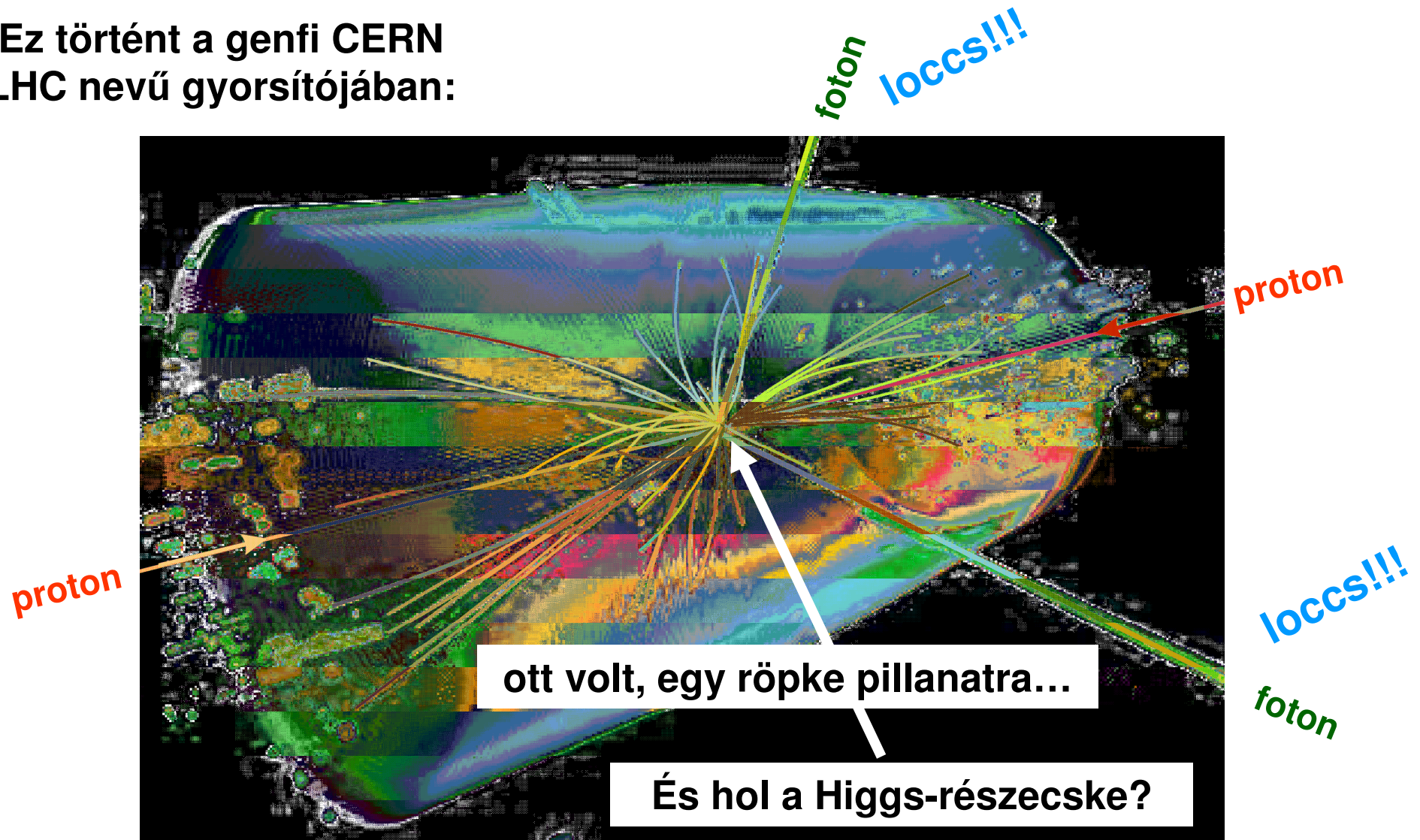
Ez történt a genfi CERN  
LHC nevű gyorsítóban:



Hogy lehetne kimutatni a láthatatlan „**Higgs-mező**” létezését?

Ütköztessünk két **proton** nagy energiával!

Ez történt a genfi CERN  
LHC nevű gyorsítóban:



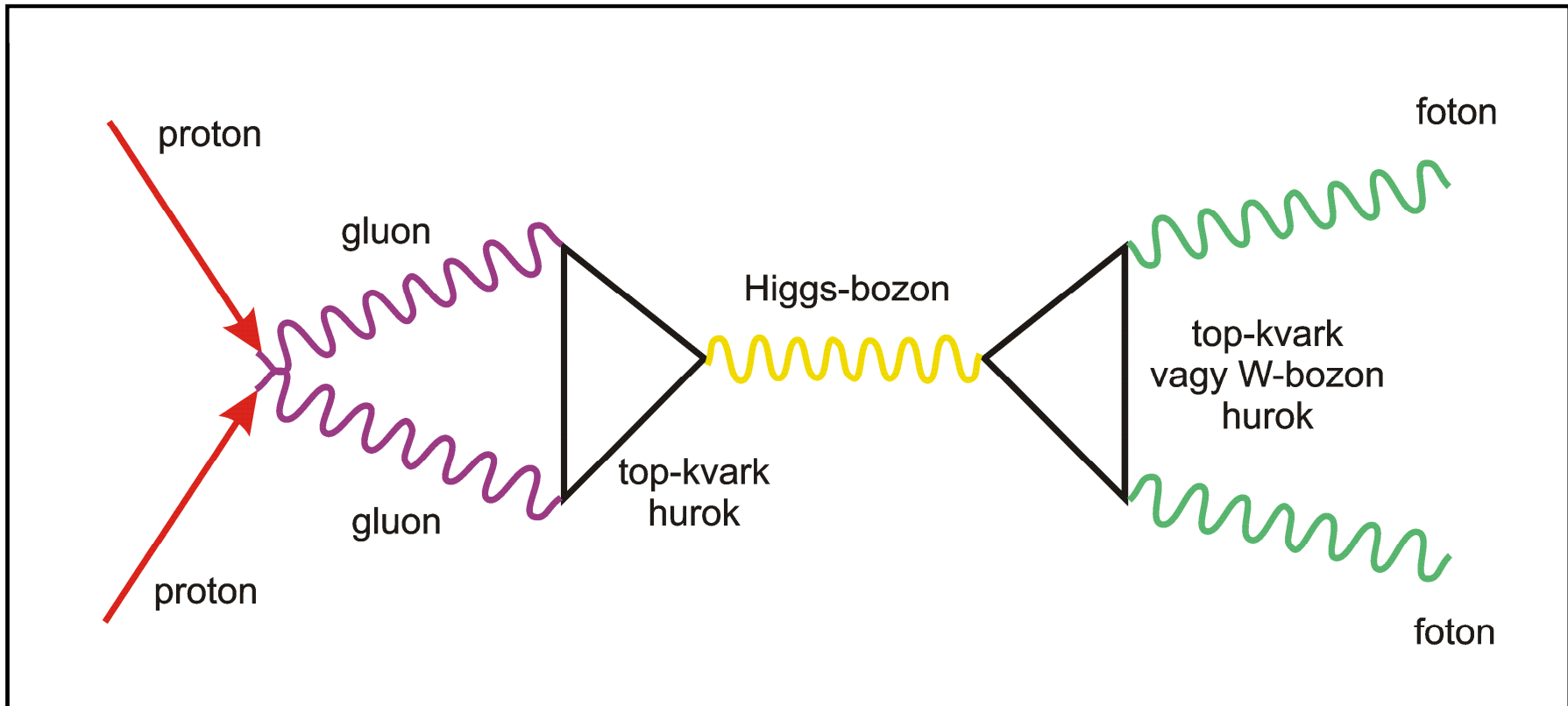
**ugyanez, részecskefizikus titkosírással**



# ugyanez, részecskefizikus titkosírással, a Feynman-diagramok nyelvén



## ugyanez, részecskefizikus titkosírással, a Feynman-diagramok nyelvén





## Válaszok a felmerült kérdésekre:



## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van



## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér,



## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük



## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük
- Az elemi részecskéknek „eredetileg” nem volt tömegük



## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük
- Az elemi részecskéknek „eredetileg” nem volt tömegük, ezért jól le tudja őket írni a kvantum-mezőelméleten (QFT) alapuló Standard modell



## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük
- Az elemi részecskéknek „eredetileg” nem volt tömegük, ezért jól le tudja őket írni a kvantum-mezőelméleten (QFT) alapuló Standard modell
- A Higgs-mezőben mozgó elemi részecskék a Novobátzky-képlet szerinti tömeghez jutnak



## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük
- Az elemi részecskéknek „eredetileg” nem volt tömegük, ezért jól le tudja őket írni a kvantum-mezőelméleten (QFT) alapuló Standard modell
- A Higgs-mezőben mozgó elemi részecskék a Novobátzky-képlet szerinti tömeghez jutnak: tömegük arányos a mező (állandó) értékével





## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük
- Az elemi részecskéknek „eredetileg” nem volt tömegük, ezért jól le tudja őket írni a kvantum-mezőelméleten (QFT) alapuló Standard modell
- A Higgs-mezőben mozgó elemi részecskék a Novobátsky-képlet szerinti tömeghez jutnak: tömegük arányos a mező (állandó) értékével, valamint az egyes részecskék (különböző) csatolási állandójával



## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük
- Az elemi részecskéknek „eredetileg” nem volt tömegük, ezért jól le tudja őket írni a kvantum-mezőelméleten (QFT) alapuló Standard modell
- A Higgs-mezőben mozgó elemi részecskék a Novobátzky-képlet szerinti tömeghez jutnak: tömegük arányos a mező (állandó) értékével, valamint az egyes részecskék (különböző) csatolási állandójával
- A Higgs-részecske a Higgs-mező röpke fodrozódása

## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük
- Az elemi részecskéknek „eredetileg” nem volt tömegük, ezért jól le tudja őket írni a kvantum-mezőelméleten (QFT) alapuló Standard modell
- A Higgs-mezőben mozgó elemi részecskék a Novobátzky-képlet szerinti tömeghez jutnak: tömegük arányos a mező (állandó) értékével, valamint az egyes részecskék (különböző) csatolási állandójával
- A Higgs-részecske a Higgs-mező röpke fodrozódása – csak közvetetten, másodlagos nyomokkal tudjuk észlelni



## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük
- Az elemi részecskéknek „eredetileg” nem volt tömegük, ezért jól le tudja őket írni a kvantum-mezőelméleten (QFT) alapuló Standard modell
- A Higgs-mezőben mozgó elemi részecskék a Novobátzky-képlet szerinti tömeghez jutnak: tömegük arányos a mező (állandó) értékével, valamint az egyes részecskék (különböző) csatolási állandójával
- A Higgs-részecske a Higgs-mező röpke fodrozódása – csak közvetetten, másodlagos nyomokkal tudjuk észlelni
- A Higgs-részecske saját tömege nem a Higgs-mechanizmusból származik



## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük
- Az elemi részecskéknek „eredetileg” nem volt tömegük, ezért jól le tudja őket írni a kvantum-mezőelméleten (QFT) alapuló Standard modell
- A Higgs-mezőben mozgó elemi részecskék a Novobátsky-képlet szerinti tömeghez jutnak: tömegük arányos a mező (állandó) értékével, valamint az egyes részecskék (különböző) csatolási állandójával
- A Higgs-részecske a Higgs-mező röpke fodrozódása – csak közvetetten, másodlagos nyomokkal tudjuk észlelni
- A Higgs-részecske saját tömege nem a Higgs-mechanizmusból származik

## Megjegyzések:



## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük
- Az elemi részecskéknek „eredetileg” nem volt tömegük, ezért jól le tudja őket írni a kvantum-mezőelméleten (QFT) alapuló Standard modell
- A Higgs-mezőben mozgó elemi részecskék a Novobátsky-képlet szerinti tömeghez jutnak: tömegük arányos a mező (állandó) értékével, valamint az egyes részecskék (különböző) csatolási állandójával
- A Higgs-részecske a Higgs-mező röpke fodrozódása – csak közvetetten, másodlagos nyomokkal tudjuk észlelni
- A Higgs-részecske saját tömege nem a Higgs-mechanizmusból származik

## Megjegyzések:

- A Higgs-problémának semmi köze a gravitációhoz

## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük
- Az elemi részecskéknek „eredetileg” nem volt tömegük, ezért jól le tudja őket írni a kvantum-mezőelméleten (QFT) alapuló Standard modell
- A Higgs-mezőben mozgó elemi részecskék a Novobátzky-képlet szerinti tömeghez jutnak: tömegük arányos a mező (állandó) értékével, valamint az egyes részecskék (különböző) csatolási állandójával
- A Higgs-részecske a Higgs-mező röpke fodrozódása – csak közvetetten, másodlagos nyomokkal tudjuk észlelni
- A Higgs-részecske saját tömege nem a Higgs-mechanizmusból származik

## Megjegyzések:

- A Higgs-problémának semmi köze a gravitációhoz (hát még az antigravitációhoz...)

## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük
- Az elemi részecskéknek „eredetileg” nem volt tömegük, ezért jól le tudja őket írni a kvantum-mezőelméleten (QFT) alapuló Standard modell
- A Higgs-mezőben mozgó elemi részecskék a Novobátzky-képlet szerinti tömeghez jutnak: tömegük arányos a mező (állandó) értékével, valamint az egyes részecskék (különböző) csatolási állandójával
- A Higgs-részecske a Higgs-mező röpke fodrozódása – csak közvetetten, másodlagos nyomokkal tudjuk észlelni
- A Higgs-részecske saját tömege nem a Higgs-mechanizmusból származik

## Megjegyzések:

- A Higgs-problémának semmi köze a gravitációhoz (hát még az antigravitációhoz...)
- Nem minden tömeg származik a Higgs-mezőtől!





## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük
- Az elemi részecskéknek „eredetileg” nem volt tömegük, ezért jól le tudja őket írni a kvantum-mezőelméleten (QFT) alapuló Standard modell
- A Higgs-mezőben mozgó elemi részecskék a Novobátsky-képlet szerinti tömeghez jutnak: tömegük arányos a mező (állandó) értékével, valamint az egyes részecskék (különböző) csatolási állandójával
- A Higgs-részecske a Higgs-mező röpke fodrozódása – csak közvetetten, másodlagos nyomokkal tudjuk észlelni
- A Higgs-részecske saját tömege nem a Higgs-mechanizmusból származik

## Megjegyzések:

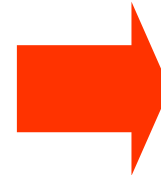
- A Higgs-problémának semmi köze a gravitációhoz (hát még az antigravitációhoz...)
- Nem minden tömeg származik a Higgs-mezőtől!  
A proton tömegének nagy része a benne mozgó kvarkok és gluonok mozgási energiájából adódik!

## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük
- Az elemi részecskéknek „eredetileg” nem volt tömegük, ezért jól le tudja őket írni a kvantum-mezőelméleten (QFT) alapuló Standard modell
- A Higgs-mezőben mozgó elemi részecskék a Novobátky-képlet szerinti tömeghez jutnak: tömegük arányos a mező (állandó) értékével, valamint az egyes részecskék (különböző) csatolási állandójával
- A Higgs-részecske a Higgs-mező röpke fodrozódása – csak közvetetten, másodlagos nyomokkal tudjuk észlelni
- A Higgs-részecske saját tömege nem a Higgs-mechanizmusból származik

## Megjegyzések:

- A Higgs-problémának semmi köze a gravitációhoz (hát még az antigravitációhoz...)
- Nem minden tömeg származik a Higgs-mezőtől!  
A proton tömegének nagy része a benne mozgó kvarkok és gluonok mozgási energiájából adódik!



### Részletek:

Katz Sándor: A látható világegyetem tömege és a részecskefizika  
Atomcsill, 2010. április 22.

[www.atomcsill.elte.hu](http://www.atomcsill.elte.hu)

## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük
- Az elemi részecskéknek „eredetileg” nem volt tömegük, ezért jól le tudja őket írni a kvantum-mezőelméleten (QFT) alapuló Standard modell
- A Higgs-mezőben mozgó elemi részecskék a Novobátsky-képlet szerinti tömeghez jutnak: tömegük arányos a mező (állandó) értékével, valamint az egyes részecskék (különböző) csatolási állandójával
- A Higgs-részecske a Higgs-mező röpke fodrozódása – csak közvetetten, másodlagos nyomokkal tudjuk észlelni
- A Higgs-részecske saját tömege nem a Higgs-mechanizmusból származik

## Megjegyzések:

- A Higgs-problémának semmi köze a gravitációhoz (hát még az antigravitációhoz...)
- Nem minden tömeg származik a Higgs-mezőtől!  
A proton tömegének nagy része a benne mozgó kvarkok és gluonok mozgási energiájából adódik!
- **A Higgs-tenger felszíne csak mostanában,**



### Részletek:

Katz Sándor: A látható világegyetem tömege és a részecskefizika  
Atomcsill, 2010. április 22.  
[www.atomcsill.elte.hu](http://www.atomcsill.elte.hu)

## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük
- Az elemi részecskéknek „eredetileg” nem volt tömegük, ezért jól le tudja őket írni a kvantum-mezőelméleten (QFT) alapuló Standard modell
- A Higgs-mezőben mozgó elemi részecskék a Novobátky-képlet szerinti tömeghez jutnak: tömegük arányos a mező (állandó) értékével, valamint az egyes részecskék (különböző) csatolási állandójával
- A Higgs-részecske a Higgs-mező röpke fodrozódása – csak közvetetten, másodlagos nyomokkal tudjuk észlelni
- A Higgs-részecske saját tömege nem a Higgs-mechanizmusból származik

## Megjegyzések:

- A Higgs-problémának semmi köze a gravitációhoz (hát még az antigravitációhoz...)
- Nem minden tömeg származik a Higgs-mezőtől!  
A proton tömegének nagy része a benne mozgó kvarkok és gluonok mozgási energiájából adódik!
- A Higgs-tenger felszíne csak mostanában, az Univerzum hideg, nyugodt korszakában sima.



### Részletek:

Katz Sándor: A látható világegyetem tömege és a részecskefizika  
Atomcsill, 2010. április 22.

[www.atomcsill.elte.hu](http://www.atomcsill.elte.hu)



## Válaszok a felmerült kérdésekre:

- A Higgs-mező mindenütt, állandóan jelen van, de változatlan, állandó háttér, ezért nem észleljük
- Az elemi részecskéknek „eredetileg” nem volt tömegük, ezért jól le tudja őket írni a kvantum-mezőelméleten (QFT) alapuló Standard modell
- A Higgs-mezőben mozgó elemi részecskék a Novobátzky-képlet szerinti tömeghez jutnak: tömegük arányos a mező (állandó) értékével, valamint az egyes részecskék (különböző) csatolási állandójával
- A Higgs-részecske a Higgs-mező röpke fodrozódása – csak közvetetten, másodlagos nyomokkal tudjuk észlelni
- A Higgs-részecske saját tömege nem a Higgs-mechanizmusból származik

## Megjegyzések:

- A Higgs-problémának semmi köze a gravitációhoz (hát még az antigravitációhoz...)
- Nem minden tömeg származik a Higgs-mezőtől!  
A proton tömegének nagy része a benne mozgó kvarkok és gluonok mozgási energiájából adódik!
- A Higgs-tenger felszíne csak mostanában, az Univerzum hideg, nyugodt korszakában sima.  
A Nagy Bumm környékén veszettül háborgott...



### Részletek:

Katz Sándor: A látható világegyetem tömege és a részecskefizika  
Atomcsill, 2010. április 22.

[www.atomcsill.elte.hu](http://www.atomcsill.elte.hu)



# Záró gondolatok



# Záró gondolatok

- A Higgs-részecske felfedezése igazolta a Higgs-mező létezését,



## Záró gondolatok

- A Higgs-részecske felfedezése igazolta a Higgs-mező létezését, ezzel a részecskék tömegének Higgs-féle elméletét.





# Záró gondolatok

- A Higgs-részecske felfedezése igazolta a Higgs-mező létezését, ezzel a részecskék tömegének Higgs-féle elméletét.
- E felfedezéssel teljes lett a részecskefizika negyven éve felállított Standard Modellje



# Záró gondolatok

- A Higgs-részecske felfedezése igazolta a Higgs-mező létezését, ezzel a részecskék tömegének Higgs-féle elméletét.
- E felfedezéssel teljes lett a részecskefizika negyven éve felállított Standard Modellje: minden jóslatát kísérletileg igazolták.



## Záró gondolatok

- A Higgs-részecske felfedezése igazolta a Higgs-mező létezését, ezzel a részecskék tömegének Higgs-féle elméletét.
- E felfedezéssel teljes lett a részecskefizika negyven éve felállított Standard Modellje: minden jóslatát kísérletileg igazolták. Ezért ez a felfedezés mindenképpen tudománytörténeti mérföldkő



## Záró gondolatok

- A Higgs-részecske felfedezése igazolta a Higgs-mező létezését, ezzel a részecskék tömegének Higgs-féle elméletét.
- E felfedezéssel teljes lett a részecskefizika negyven éve felállított Standard Modellje: minden jóslatát kísérletileg igazolták. Ezért ez a felfedezés mindenképpen tudománytörténeti mérföldkő: új fejezet kezdete a részecskék világában.

## Záró gondolatok

- A Higgs-részecske felfedezése igazolta a Higgs-mező létezését, ezzel a részecskék tömegének Higgs-féle elméletét.
- E felfedezéssel teljes lett a részecskefizika negyven éve felállított Standard Modellje: minden jóslatát kísérletileg igazolták. Ezért ez a felfedezés mindenképpen tudománytörténeti mérföldkő: új fejezet kezdete a részecskék világában. Higgsen innen – Higgsen túl.

## Záró gondolatok

- A Higgs-részecske felfedezése igazolta a Higgs-mező létezését, ezzel a részecskék tömegének Higgs-féle elméletét.
- E felfedezéssel teljes lett a részecskefizika negyven éve felállított Standard Modellje: minden jóslatát kísérletileg igazolták. Ezért ez a felfedezés mindenképpen tudománytörténeti mérföldkő: új fejezet kezdete a részecskék világában. Higgsen innen – Higgsen túl.
- Egy kis spekuláció:

## Záró gondolatok

- A Higgs-részecske felfedezése igazolta a Higgs-mező létezését, ezzel a részecskék tömegének Higgs-féle elméletét.
- E felfedezéssel teljes lett a részecskefizika negyven éve felállított Standard Modellje: minden jóslatát kísérletileg igazolták. Ezért ez a felfedezés mindenképpen tudománytörténeti mérföldkő: új fejezet kezdete a részecskék világában. Higgsen innen – Higgsen túl.
- Egy kis spekuláció: Ha egy mennyiség nem „magától” annyi, amennyi,

## Záró gondolatok

- A Higgs-részecske felfedezése igazolta a Higgs-mező létezését, ezzel a részecskék tömegének Higgs-féle elméletét.
- E felfedezéssel teljes lett a részecskefizika negyven éve felállított Standard Modellje: minden jóslatát kísérletileg igazolták. Ezért ez a felfedezés mindenképpen tudománytörténeti mérföldkő: új fejezet kezdete a részecskék világában. Higgsen innen – Higgsen túl.
- Egy kis spekuláció: Ha egy mennyiség nem „magától” annyi, amennyi, hanem egy más dologgal való kölcsönhatás miatt,



## Záró gondolatok

- A Higgs-részecske felfedezése igazolta a Higgs-mező létezését, ezzel a részecskék tömegének Higgs-féle elméletét.
- E felfedezéssel teljes lett a részecskefizika negyven éve felállított Standard Modellje: minden jóslatát kísérletileg igazolták. Ezért ez a felfedezés mindenképpen tudománytörténeti mérföldkő: új fejezet kezdete a részecskék világában. Higgsen innen – Higgsen túl.
- Egy kis spekuláció: Ha egy mennyiség nem „magától” annyi, amennyi, hanem egy más dologgal való kölcsönhatás miatt, akkor ebbe a kölcsönhatásba esetleg (száz év múlva) bele tudunk avatkozni.

## Záró gondolatok

- A Higgs-részecske felfedezése igazolta a Higgs-mező létezését, ezzel a részecskék tömegének Higgs-féle elméletét.
- E felfedezéssel teljes lett a részecskefizika negyven éve felállított Standard Modellje: minden jóslatát kísérletileg igazolták. Ezért ez a felfedezés mindenképpen tudománytörténeti mérföldkő: új fejezet kezdete a részecskék világában. Higgsen innen – Higgsen túl.
- Egy kis spekuláció: Ha egy mennyiség nem „magától” annyi, amennyi, hanem egy más dologgal való kölcsönhatás miatt, akkor ebbe a kölcsönhatásba esetleg (száz év múlva) bele tudunk avatkozni. Azaz a Higgs-mező manipulációjával (hajszálnyit) megváltoztathatjuk pl. az elektron tömegét.

## Záró gondolatok

- A Higgs-részecske felfedezése igazolta a Higgs-mező létezését, ezzel a részecskék tömegének Higgs-féle elméletét.
- E felfedezéssel teljes lett a részecskefizika negyven éve felállított Standard Modellje: minden jóslatát kísérletileg igazolták. Ezért ez a felfedezés mindenképpen tudománytörténeti mérföldkő: új fejezet kezdete a részecskék világában. Higgsen innen – Higgsen túl.
- Egy kis spekuláció: Ha egy mennyiség nem „magától” annyi, amennyi, hanem egy más dologgal való kölcsönhatás miatt, akkor ebbe a kölcsönhatásba esetleg (száz év múlva) bele tudunk avatkozni. Azaz a Higgs-mező manipulációjával (hajszálnyit) megváltoztathatjuk pl. az elektron tömegét. Ez viszont drasztikusan megváltoztathatja a közönséges szilárd anyagok mechanikai, rugalmas, elektromos, mágneses, optikai tulajdonságait.

## Záró gondolatok

- A Higgs-részecske felfedezése igazolta a Higgs-mező létezését, ezzel a részecskék tömegének Higgs-féle elméletét.
- E felfedezéssel teljes lett a részecskefizika negyven éve felállított Standard Modellje: minden jóslatát kísérletileg igazolták. Ezért ez a felfedezés mindenképpen tudománytörténeti mérföldkő: új fejezet kezdete a részecskék világában. Higgsen innen – Higgsen túl.
- Egy kis spekuláció: Ha egy mennyiség nem „magától” annyi, amennyi, hanem egy más dologgal való kölcsönhatás miatt, akkor ebbe a kölcsönhatásba esetleg (száz év múlva) bele tudunk avatkozni. Azaz a Higgs-mező manipulációjával (hajszálnyit) megváltoztathatjuk pl. az elektron tömegét. Ez viszont drasztikusan megváltoztathatja a közönséges szilárd anyagok mechanikai, rugalmas, elektromos, mágneses, optikai tulajdonságait. A perspektívák beláthatatlanok...



## Záró gondolatok

- A Higgs-részecske felfedezése igazolta a Higgs-mező létezését, ezzel a részecskék tömegének Higgs-féle elméletét.
- E felfedezéssel teljes lett a részecskefizika negyven éve felállított Standard Modellje: minden jóslatát kísérletileg igazolták. Ezért ez a felfedezés mindenképpen tudománytörténeti mérföldkő: új fejezet kezdete a részecskék világában. Higgsen innen – Higgsen túl.
- Egy kis spekuláció: Ha egy mennyiség nem „magától” annyi, amennyi, hanem egy más dologgal való kölcsönhatás miatt, akkor ebbe a kölcsönhatásba esetleg (száz év múlva) bele tudunk avatkozni. Azaz a Higgs-mező manipulációjával (hajszálnyit) megváltoztathatjuk pl. az elektron tömegét. Ez viszont drasztikusan megváltoztathatja a közönséges szilárd anyagok mechanikai, rugalmas, elektromos, mágneses, optikai tulajdonságait. A perspektívák beláthatatlanok... Lehet, hogy a Higgs-részecske felfedezése egy merőben új technika korának az előhírnöke...

## Záró gondolatok

- A Higgs-részecske felfedezése igazolta a Higgs-mező létezését, ezzel a részecskék tömegének Higgs-féle elméletét.
- E felfedezéssel teljes lett a részecskefizika negyven éve felállított Standard Modellje: minden jóslatát kísérletileg igazolták. Ezért ez a felfedezés mindenképpen tudománytörténeti mérföldkő: új fejezet kezdete a részecskék világában. Higgsen innen – Higgsen túl.
- Egy kis spekuláció: Ha egy mennyiség nem „magától” annyi, amennyi, hanem egy más dologgal való kölcsönhatás miatt, akkor ebbe a kölcsönhatásba esetleg (száz év múlva) bele tudunk avatkozni. Azaz a Higgs-mező manipulációjával (hajszálnyit) megváltoztathatjuk pl. az elektron tömegét. Ez viszont drasztikusan megváltoztathatja a közönséges szilárd anyagok mechanikai, rugalmas, elektromos, mágneses, optikai tulajdonságait. A perspektívák beláthatatlanok... Lehet, hogy a Higgs-részecske felfedezése egy merőben új technika korának az előhírnöke...

# Köszönöm a figyelmet!



**Köszönöm a figyelmet!**

