

TEORI RELATIVITAS



A. Percobaan Michelson-Morley

Pada abad ke-19 para ahli menganggap bahwa gelombang cahaya merambat melalui suatu medium yang dinamakan dengan eter. Pendapat tersebut ditentang oleh Michelson-Morley dengan membuktikan melalui suatu percobaan menggunakan alat yang disebut interferometer dan diperoleh kesimpulan:

- 1) hipotesis tentang eter tidak benar: ternyata eter tidak ada
- 2) kecepatan cahaya adalah besaran mutlak, tidak bergantung pada kerangka acuan inersial.

B. Teori Relativitas Einstein

Postulat Einstein:

- 1) Semua gerak adalah relatif. Kecepatan suatu benda merupakan kecepatan relatif terhadap benda lain. Tidak mungkin untuk menentukan kecepatan absolut suatu benda.
- 2) Pengukuran kecepatan cahaya dalam ruang hampa ($c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$) mempunyai harga yang sama untuk semua pengamat, tidak bergantung pada gerak sumber cahaya atau gerak pengamat.



Penjumlahan kecepatan berdasarkan Relativitas Einstein

$$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2}}$$

Keterangan:

v_1 =kecepatan relatif A terhadap B

v_2 =kecepatan relatif C terhadap B

v =kecepatan A terhadap C

C. Relativitas Panjang dan Waktu

1) Kontraksi Lorentz

Kontraksi Lorentz adalah perubahan panjang suatu benda akibat gerakan relatif pengamat atau benda.

$$L = L_o \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{L_o}{\gamma}$$

Keterangan:

L =panjang saat bergerak relatif terhadap kerangka diam

L_o =panjang mula-mula

v =kecepatan benda relatif terhadap kerangka diam

γ =tetapan transformasi

2) Dilatasi Waktu

Dilatasi waktu adalah perubahan pengukuran selang waktu akibat gerakan relatif pengamat.

$$\Delta t = \frac{\Delta t_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma \Delta t_o$$



Keterangan:

Δt_0 = selang waktu relatif terhadap pengamat yang diam (diukur oleh pengamat yang bergerak)

Δt = selang waktu relatif terhadap pengamat yang bergerak (diukur oleh pengamat yang diam)

v = kecepatan relatif pengamat yang bergerak terhadap pengamat yang diam

D. Massa, Momentum, dan Energi Relativistik

1) Massa Relativistik

Massa relativistik adalah massa benda yang bergerak dengan kecepatan v relatif terhadap pengamat.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma m_0$$

Keterangan:

m = massa benda yang bergerak

m_0 = massa diam

v = kecepatan benda

2) Momentum Relativistik

Momentum relativistik adalah momentum yang dimiliki oleh benda yang bergerak mendekati kecepatan cahaya.

$$p = \frac{m_0 \cdot v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma m_0 v$$

Keterangan:

p = momentum benda yang bergerak



3) Energi Relativistik

$$E_k = E - E_o$$

$$E_k = m c^2 - m_o c^2$$

Keterangan:

E = energi total

E_o = energi diam

E_k = energi kinetik

Kesetaraan energi-massa (Einstein)

$$E = mc^2$$

Keterangan:

E = energi yang muncul atau hilang

M = massa yang muncul atau hilang

THE KING
EDUCATION



LATIHAN SOAL

1. SOAL UM UGM 2019

Seorang pengamat bergerak dengan kecepatan $0,6c$ menyusur permukaan bumi, dengan c adalah cepat rambat cahaya dalam ruang hampa. Pengamat itu melewati sebuah bangun di Bumi yang terlihat olehnya sebagai sebuah lingkaran dengan jari-jari 1 m . Bangun geometris itu jika dilihat oleh orang yang diam di Bumi berupa elips dengan jarak antar titik api

- A. $0,64 \text{ m}$
- B. $0,75 \text{ m}$
- C. $1,50 \text{ m}$
- D. $1,60 \text{ m}$
- E. $1,82 \text{ m}$

2. SOAL UM UGM 2018

Suatu partikel dengan massa diam m memiliki momentum $\sqrt{0,44} mc$. Energi kinetik dari partikel ini adalah . .

- A. $0,5 mc^2$
- B. $0,4 mc^2$
- C. $0,3 mc^2$
- D. $0,2 mc^2$
- E. $0,1 mc^2$

3. SOAL UM UGM 2017

Dua pesawat bergerak secara relativistik menjauhi pengamat di bumi dengan kelajuan yang sama namun arahnya berlawanan. Jika besarnya kecepatan relatif antar pesawat hanya $1,5$ kali menurut pengamat di bumi, maka besar kecepatan relatif antar pesawat tersebut adalah



A. $\frac{1}{2}c$

D. $\frac{1}{2}\sqrt{3}c$

B. $\frac{2}{3}c$

E. $\frac{1}{3}\sqrt{3}c$

C. $\frac{1}{2}\sqrt{2}c$

4. SOAL SBMPTN 2017

Dua pesawat terbang yang cukup canggih menempuh jalur terbang yang sama berupa sebuah garis lurus. Pesawat pertama memiliki kecepatan $0,8c$ terhadap bumi, sedangkan pesawat yang kedua bergerak di belakang pesawat yang pertama. Jika sebuah benda bergerak lurus sejajar dengan kedua pesawat itu dengan kecepatan $0,5c$ diukur dari pesawat yang pertama dan $0,89c$ diukur dari pesawat kedua, maka rasio kecepatan pesawat pertama terhadap kecepatan pesawat kedua terhadap bumi adalah ...

A. $2 : 3$

D. $2 : 1$

B. $2 : 2$

E. $2 : \frac{1}{2}$

C. $2 : \frac{3}{2}$

5. SOAL SBMPTN 2017

Pada sebuah dinding tegak terdapat gambar sebuah segitiga sama sisi dengan panjang sisi 3 m. Seandainya gambar tersebut dilihat oleh orang yang sedang berada di dalam pesawat yang berjarak sejajar dengan dinding dengan kecepatan $0,60 c$, maka luas segitiga tersebut adalah

A. $\sqrt{3} \text{ m}^2$

D. $2,4\sqrt{3} \text{ m}^2$

B. $1,8\sqrt{2} \text{ m}^2$

E. $3,0\sqrt{3} \text{ m}^2$

C. $1,8\sqrt{3} \text{ m}^2$



6. **SOAL SBMPTN 2017**

Seorang pengamat berada dalam sebuah pesawat yang sedang bergerak dengan arah horizontal dengan kecepatan $0,8 c$. Pengamat itu melihat kubus. Kubus itu terletak di tanah sedemikian rupa sehingga salah satu sisinya sejajar dengan arah kecepatan pesawat. Seandainya volume kubus yang teramati oleh pengamat tersebut $0,6 \text{ m}^3$, maka rasio volume kubus menurut pengamat bergerak terhadap volume kubus menurut pengamat diam adalah

- A. 1 : 1
B. 1 : 2,2
C. 1 : 3,55
D. 1 : 1,67
E. 1 : 1,72

7. **SOAL UM UGM 2017**

Sebuah partikel yang bergerak secara relativistik berkurang kecepatannya sedemikian sehingga energi total relativistiknya menjadi 75 % energi total relativistik mula-mula, serta energi kinetik relativistiknya menjadi 37,5 % energi kinetik relativistik mula-mula. Perbandingan antara momentum relativistik akhir dengan momentum relativistik awal adalah

- A. $\frac{9}{64}$
B. $\frac{3}{8}$
C. $\frac{9}{16}$
D. $\frac{3}{5}$
E. $\frac{3}{4}$

8. **SOAL UM UGM 2017**

Sebuah elips memiliki setengah sumbu panjang a dan setengah sumbu pendek b jika diukur dalam keadaan



diam. Seseorang pengamat bergerak sepanjang garis lurus yang sejajar bidang elips dan sejajar sumbu panjang dengan kecepatan v . Luas elips itu menurut pengamat yang bergerak adalah

- A. πab
- B. $\pi ab \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$
- C. $\pi ab \left(1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2\right)$
- D. $\pi ab \left(1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2\right)^{-1/2}$
- E. $\pi ab \left(1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2\right)^{-1}$

9. SOAL SBMPTN 2016

Pengamat pertama dan pengamat kedua mengukur bahwa kecepatan sebuah partikel berturut-turut sama dengan v_1 dan v_2 . Jika m_1 dan m_2 berturut-turut adalah massa partikel menurut pengamat pertama dan kedua, maka....

- A. $m_1^2 (c^2 - v_2^2) = m_2^2 (c^2 - v_1^2)$
- B. $m_2^2 (c^2 - v_1^2) = m_1^2 (c^2 - v_2^2)$
- C. $m_1^2 (c^2 - v_1^2) = m_2^2 (c^2 - v_2^2)$
- D. $m_1^2 (c^2 + v_1^2) = m_2^2 (c^2 - v_2^2)$
- E. $m_1^2 (c^2 - v_1^2) = m_2^2 (c^2 + v_2^2)$

10. SOAL SBMPTN 2015

Sebuah pesawat ruang angkasa bergerak menjauhi bumi dengan kelajuan tetap v yang mendekati laju cahaya. Seorang pengamat A di dalam pesawat mengamati suatu benda bermassa m dan bergerak dengan laju konstan u terhadap pesawat. Pengamat B



diam di bumi. Menurut pengamat B massa benda lebih besar dari m .

SEBAB

Massa benda tidak bergantung pada kelajuannya.

11. SOAL SBMPTN 2015

Pengamat A berada di dalam sebuah gerbong kereta api dan pengamat B duduk di peron stasiun kereta api. Gerbong kereta api bergerak dengan kelajuan v yang mendekati laju cahaya. Pengamat A dan B melihat sebuah lampu di dalam kereta menyala dan padam secara periodik. Periode nyala-padam lampu menurut kedua pengamat berbeda.

SEBAB

Laju cahaya menurut kedua pengamat tidak sama.

12. SOAL STANDAR SBMPTN 2020

Sebuah pesawat bergerak dengan kecepatan $0,8c$. Seorang awak pesawat melepaskan anak pesawat dengan kecepatan $0,6c$. Kecepatan anak pesawat menurut orang yang diam di Bumi adalah

- | | |
|------------|------------|
| A. $0,50c$ | D. $0,85c$ |
| B. $0,65c$ | E. $0,95c$ |
| C. $0,75c$ | |

13. SOAL STANDAR SBMPTN 2020

Roket yang sedang diam panjangnya 10 m . Jika roket bergerak dengan kecepatan $0,8c$ maka menurut pengamat di bumi panjang roket tersebut selama bergerak adalah

- | | |
|-----------------|-----------------|
| A. 5 m | D. 8 m |
| B. 6 m | E. 9 m |
| C. 7 m | |



14. **SOAL STANDAR SBMPTN 2020**

Benda P mempunyai massa 8 kg, kemudian bergerak dengan kecepatan $0,6\ c$. Energi total benda itu adalah

A. $2 \times 10^{17}\ \text{J}$

D. $9 \times 10^{17}\ \text{J}$

B. $5 \times 10^{17}\ \text{J}$

E. $1,2 \times 10^{17}\ \text{J}$

C. $7 \times 10^{17}\ \text{J}$

15. **SOAL STANDAR SBMPTN 2020**

Sebuah pesawat bergerak dengan laju relativistik v . Sebuah peluru bermassa diam m ditembakkan searah dengan pesawat dengan laju v relatif terhadap pesawat. Jika $v = \frac{2}{3}\ c$ dengan c adalah laju cahaya, maka menurut pengamat di bumi energi total peluru tersebut adalah mc^2

A. $\frac{10}{5}$

D. $\frac{13}{5}$

B. $\frac{11}{5}$

E. $\frac{14}{5}$

C. $\frac{12}{5}$



PEMBAHASAN

1. Pembahasan:

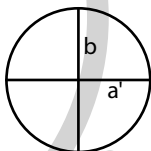
Ingat-ingat!

Benda yang bergerak dengan kecepatan mendekati kecepatan cahaya akan mengalami penyusutan panjang sebesar:

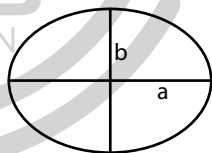
$$L' = L \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{L}{\gamma} \rightarrow \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Tetapi, komponen yang mengalami penyusutan hanyalah komponen panjang yang searah dengan vektor kecepatan.

Bentuk bangun ketika dilihat oleh pengamat bergerak dengan kecepatan $0,6c$ berupa lingkaran dengan $a' = b = r = 1 \text{ m}$.



Bentuk bangun ketika dilihat oleh pengamat yang diam di bumi berupa elips.



dengan

$$\frac{1}{\gamma} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\frac{1}{\gamma} = \sqrt{1 - \frac{(0,6c)^2}{c^2}} = \sqrt{1 - \frac{0,36c^2}{c^2}} = \sqrt{0,64} = 0,8$$

$$\gamma = \frac{1}{0,8}$$



Dengan menganggap $a' = b = r = 1$ m, maka nilai setengah sumbu panjang bangun elips jika dilihat oleh pengamat yang diam di bumi:

$$a = a' \cdot \gamma = 1 \cdot \frac{1}{0,8} = \frac{5}{4} \text{ m}$$

Jarak antar titik api pada bangun elips memenuhi persamaan:

$$f = \sqrt{a^2 - b^2} = \sqrt{\frac{25}{16} - 1} = \sqrt{\frac{9}{16}} = \frac{3}{4} = 0,75 \text{ m}$$

Jawaban: B

2. Pembahasan:

Ingat-ingat!

Hubungan energi dengan momentum dalam Teori Relativitas Einstein:

$$E_{\text{tot}}^2 = E_0^2 + p^2 c^2$$

Dalam mekanika relativistik, energi kinetik partikel:

$$E_K = E - E_0$$

Diketahui:

$$m_0 = m$$

$$p = \sqrt{0,44} mc$$

Energi diam partikel:

$$E_0 = m_0 c^2 = mc^2$$

Energi total partikel:

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

$$E^2 = (mc^2)^2 + (\sqrt{0,44} mc)^2 c^2$$

$$E^2 = m^2 c^4 + 0,44 m^2 c^4$$

$$E = \sqrt{1,44 m^2 c^4}$$

$$E = 1,2 mc^2$$



Besar energi kinetik partikel:

$$E_K = E - E_0 = 1,2mc^2 - mc^2 = 0,2mc^2$$

Jawaban: D

3. Pembahasan:

$$v_1 = v_2 = v$$

$$v' = 1,5 v$$

Penjumlahan kecepatan berdasar relativitas Einstein

$$v' = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2}}$$

$$1,5v = \frac{v + v}{1 + \frac{v \cdot v}{c^2}}$$

$$1,5v = \frac{2v}{1 + \frac{v^2}{c^2}}$$

$$1,5 + 1,5 \frac{v^2}{c^2} = 2$$

$$1,5 \frac{v^2}{c^2} = 0,5$$

$$v^2 = \frac{0,5}{1,5} c^2$$

$$v = \frac{1}{3} \sqrt{3} c$$

Jawaban: E



4. Pembahasan:

Ingat-ingat!

Kecepatan relatif:

$$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$$

dengan

v_1 = kelajuan benda 1 relatif terhadap pengamat diam

v_2 = kelajuan benda 2 terhadap benda 1

v = kelajuan benda 2 terhadap pengamat diam

Pesawat pertama (benda 1) terhadap bumi (pengamat diam) dan benda (benda 2) memiliki hubungan:

$$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}} \rightarrow v = \frac{0,8c + 0,5c}{1 + \frac{0,8c \times 0,5c}{c^2}} \approx 0,93c$$

Pesawat kedua (benda 1) terhadap bumi (pengamat diam) dan benda (benda 2) memiliki hubungan:

$$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}} \rightarrow v = \frac{v_1 + 0,89c}{1 + \frac{v_1 \times 0,89c}{c^2}}$$

dengan menyamakan kedua persamaan di atas diperoleh

$$\frac{v_1 + 0,89c}{1 + \frac{v_1 \times 0,89c}{c^2}} = 0,93c$$

$$v_1 + 0,89c = 0,93c + 0,83v_1$$

$$0,17v_1 = 0,04c \rightarrow v_1 \approx 0,2c$$



Sehingga rasio antara kecepatan pesawat pertama dan kedua adalah

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{0,8c}{0,2c} = \frac{2}{1/2}$$

Jawaban: E

5. Pembahasan:

Nilai γ untuk $v = 0,6c$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0,6c)^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,36}} = \frac{1}{0,8} = \frac{10}{8}$$

Luas segitiga sama sisi (pengamat diam)

$$A_o = \frac{s^2}{4} \sqrt{3} = \frac{3^2}{4} \sqrt{3} = \frac{9}{4} \sqrt{3} \text{ m}^2$$

Luas segitiga sama sisi (pengamat bergerak)

$$A = \frac{A_o}{\gamma} = \frac{\frac{9}{4} \sqrt{3}}{\frac{10}{8}} = \frac{9}{4} \sqrt{3} \times \frac{8}{10} = 1,8 \sqrt{3} \text{ m}^2$$

Jawaban: C

6. Pembahasan:

Nilai γ untuk $v = 0,8c$

Rasio volume kubus menurut pengamat bergerak dan pengamat diam:



$$V = \frac{V_o}{\gamma}$$

$$\frac{V}{V_o} = \frac{1}{\gamma}$$

$$\frac{V}{V_o} = \frac{1}{1,67}$$

Jawaban: D

7. Pembahasan:

$$E' = 75\%E = \frac{3}{4}E$$

$$E'_k = 37,5\%E_k = \frac{3}{8}E_k$$

Energi relativistik

$$E_k = E - E_o$$

Sehingga perbandingan energi kinetik akhir dan awal menjadi:

$$E'_k = \frac{3}{8}E_k$$

$$E' - E_o = \frac{3}{8}(E - E_o)$$

$$\frac{3}{4}E - E_o = \frac{3}{8}(E - E_o) \quad (\text{dikali 8})$$

$$6E - 8E_o = 3E - 3E_o$$

$$3E = 5E_o$$

$$E_o = \frac{3}{5}E$$

Hubungan energi dengan momentum relativistik

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

$$E^2 - E_o^2 = p^2c^2$$



Dari persamaan di atas dapat diketahui bahwa p^2 sebanding dengan $E^2 - E_0^2$ sehingga perbandingan momentum relativistik akhir dan awal adalah:

$$\frac{p'^2}{p^2} = \frac{E'^2 - E_0^2}{E^2 - E_0^2}$$

$$\left(\frac{p'}{p}\right)^2 = \frac{E'^2 - E_0^2}{E^2 - E_0^2} = \frac{\left(\frac{3}{4}E\right)^2 - \left(\frac{3}{5}E\right)^2}{E^2 - \left(\frac{3}{5}E\right)^2} = \frac{\frac{9}{16}E^2 - \frac{9}{25}E^2}{E^2 - \frac{9}{25}E^2}$$

$$\left(\frac{p'}{p}\right)^2 = \frac{81}{256}$$

$$\frac{p'}{p} = \frac{9}{16}$$

Jawaban: C

8. Pembahasan:

Luas elips $\rightarrow A = \pi ab$

Ingat-ingat!

$$L' = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Maka,

$$A' = A_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \pi ab \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \pi ab \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Jawaban: B



9. Pembahasan:

Massa relativistik

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow m_0 = m \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Massa partikel menurut pengamat pertama dan kedua:

$$m_1 \sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}} = m_2 \sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}} \quad (\text{dikali } c^2)$$

$$m_1 \sqrt{c^2 - v_1^2} = m_2 \sqrt{c^2 - v_2^2} \quad (\text{dikuadratkan})$$

$$m_1^2 (c^2 - v_1^2) = m_2^2 (c^2 - v_2^2)$$

Jawaban: C

10. Pembahasan:

Ingat-ingat!

Massa relativistik:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Kelajuan v mendekati laju cahaya (c) sehingga nilai

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \text{ semakin kecil, akibatnya } m > m_0. \text{ (Pernyataan}$$

BENAR)

Massa benda bergantung pada kelajuan. Semakin kecil kelajuannya, maka perubahan massanya tidak signifikan dan sebaliknya jika kelajuan benda mendekati laju cahaya maka perubahan massanya signifikan. (Alasan SALAH)

Jawaban: C



11. Pembahasan:

Pernyataan Benar:

Nyala padam lampu menurut kedua pengamat berbeda.

Menurut pengamat A, periodenya:

$$T_A = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Menurut pengamat B, periodenya:

$$T_B = t_0$$

Alasan Salah:

Laju cahaya selalu sama menurut kerangka acuan apapun (Postulat Einstein kedua).

Jawaban: C

12. Pembahasan:

$$v_1 = 0,8c$$

$$v_2 = 0,6c$$

Penjumlahan kecepatan berdasarkan relativitas Einstein

$$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2}} = \frac{0,6c + 0,8c}{1 + \frac{(0,6c)(0,8c)}{c^2}} = \frac{1,4c}{1 + 0,48} = 0,95c$$

Jawaban: E

13. Pembahasan:

$$L_0 = 10 \text{ m}$$

$$v = 0,8c$$

Panjang roket yang bergerak menurut pengamat di bumi adalah:



$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$L = 10 \sqrt{1 - \frac{(0,8c)^2}{c^2}} = 10 \sqrt{0,36} = 10 \times 0,6 = 6 \text{ m}$$

Jawaban: B

14 Pembahasan:

$$m_0 = 8 \text{ kg}$$

$$v = 0,6c$$

Energi total benda yang bergerak adalah:

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E = \frac{8(3 \times 10^8)^2}{\sqrt{1 - \frac{(0,6c)^2}{c^2}}} = \frac{72 \times 10^{16}}{\sqrt{0,64}} = \frac{72 \times 10^{16}}{0,8} = 9 \times 10^{17} \text{ J}$$

Jawaban: D

15 Pembahasan:

Diketahui:

$$v = \frac{2}{3}c$$

$$m_0 = m$$

Ditanya: E_{tot} ?

Jawab:

$$v_{\text{pesawat}} = v_{\text{peluru}} = \frac{2}{3}c$$



Kecepatan peluru oleh pengamat di bumi:

$$v' = \frac{v_{\text{pesawat}} + v_{\text{peluru}}}{1 + \frac{1}{c^2} (v_{\text{pesawat}} \cdot v_{\text{peluru}})}$$

$$= \frac{\frac{2}{3}c + \frac{2}{3}c}{1 + \frac{1}{c^2} \left(\frac{2}{3}c \cdot \frac{2}{3}c \right)}$$

$$= \frac{\frac{4}{3}c}{1 + \frac{4}{9}} = \frac{12}{13}c$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{144c^2}{169c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{25}{169}}} = \frac{13}{5}$$

Energi total:

$$E = \gamma mc^2$$

$$= \frac{13}{5} mc^2$$

Jawaban: D

THE KING
EDUCATION



Catatan:



1. Group Belajar UTBK GRATIS)

Via Telegram, Quis Setiap Hari, Drilling Soal Ribuan, Full Pembahasan Gratis. Link Group: t.me/theking_utbk

2. Instagram Soal dan Info Tryout UTBK

[@theking.education](https://www.instagram.com/theking.education)

[@video.trik_tpa_tps](https://www.instagram.com/video.trik_tpa_tps)

[@pakarjurusan.ptn](https://www.instagram.com/pakarjurusan.ptn)

3. DOWNLOAD BANK SOAL

www.edupower.id

www.theking-education.id

4. TOKO ONLINE ORIGINAL

SHOPEE, nama toko: [forumedukasiofficial](https://www.shopee.co.id/forumedukasiofficial)

5. Katalog Buku

www.bukuedukasi.com

WA Layanan Pembaca:
0878-397-50005



@theking.education