PAKET 3

PELATIHAN ONLINE

2019

SMA
FISIKA

po.alcindonesia.co.id

WWW.ALCINDONESIA.CO.ID

@ALCINDONESIA

085223273373

MATERI

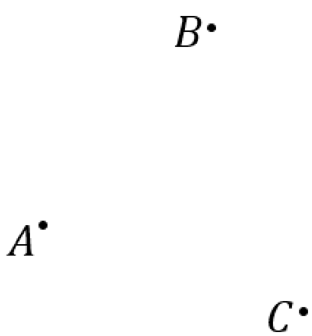
Kinematika merupakan ilmu yang mempelajari pergerakan partikel/massa tanpa peduli sebabnya apa (tidak peduli karena apa massa itu bergerak). Fokus utama dalam kinematika adalah pergerakannya, bukan sebabnya.

GERAK LURUS BERATURAN (GLB)

Gerak lurus merupakan gerak suatu objek/partikel yang berbentuk garis lurus dan kecepatan tetap.

- ✓ Jarak merupakan panjang lintasan yang ditempuh benda
- ✓ Perpindahan merupakan perubahan posisi atau kedudukan benda.

Saya coba jelaskan melalui diagram sederhana



Asumsikan terdapat tiga titik sembarang, yaitu A, B, dan C. Partikel mula-mula berada pada titik A. Lalu menuju titik B dan berakhir pada titik C. Yang disebut sebagai jarak adalah panjang lintasan benda, yaitu $A-B-C$. Sedangkan perpindahan adalah perubahan posisi benda, yaitu $A-C$. Maka, dapat disimpulkan bahwa perpindahan merupakan suatu vektor yang arahnya sesuai perpindahannya, jika kasus ini, arahnya dari A menuju C. Sedangkan jarak merupakan besaran skalar, yaitu hanya mempunyai besar, namun tidak mempunyai arah.

Begitu pula dengan kecepatan dan kelajuan suatu benda

- ✓ Kelajuan merupakan jarak tempuh suatu benda dibagi selang waktu tempuh
- ✓ Kecepatan merupakan perpeindahan suatu benda dibagi selang waktu tempuh

Asumsikan $\vec{v}$ merupakan kecepatan benda. $\vec{a}$ merupakan percepatan benda dan $\vec{r}$ merupakan perpindahan benda.

$$\frac{d}{dt}\vec{v} = \vec{a} = 0$$

Percepatan benda 0, akibat kecepatannya bersifat konstan,

$$\vec{r} = \int \vec{v}\, dt = \vec{v}t + c$$

c merupakan konstanta akibat integral tak tentu yang memiliki makna fisis kondisi awal (*initial condition*). Faktor $\vec{v}t$ yang disebut sebagai perpindahan benda.

GERAK LURUS BERUBAH BERATURAN (GLBB)

GLBB merupakan suatu gerak partikel yang membentuk lintasan garis lurus dan mempunyai percepatan.

Asumsikan $\vec{a}$ merupakan percepatan benda, $\vec{v}$ merupakan kecepatan benda, $\overrightarrow{v_0}$ merupakan kecepatan awal benda, $\vec{r}$ merupakan perpindahan benda dan $\overrightarrow{r_0}$ merupakan posisi awal benda.

$$\vec{v} = \int \vec{a}\ dt = \vec{a}t + c$$

Ingat, c merupakan kondisi awal sistem. Maka $c = \overrightarrow{v_0}$

$$\vec{v} = \overrightarrow{v_0} + \vec{a}t$$

$$\frac{d}{dt}\vec{r} = \vec{v} \rightarrow d\vec{r} = \vec{v}\ dt$$

$$\vec{r} = \int \vec{v}\ dt = \int (\overrightarrow{v_0} + \vec{a}t)\ dt = \overrightarrow{v_0}t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2 + c$$

Karena c merupakan kondisi awal sistem. Maka $c = \overrightarrow{r_0}$

$$\vec{r} = \overrightarrow{v_0}t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2 + \overrightarrow{r_0}$$

Topik mengenai rata-rata, dalam statistik, definisi rata-rata adalah sebagai berikut. Asumsikan kita ingin mencari rata-rata F.

$$\langle F \rangle = \frac{\sum_{i=1}^{N} F_i n_i}{\sum_{i=1}^{N} n_i}$$

Diatas merupakan rata-rata dalam notasi sigma, kita juga dapat mengubahnya dalma notasi integral (sesuai materi integral yang pernah saya berikan, notasi sigma diperuntukan untuk data yang diskret, sedangkan integral untuk data yang kontinu).

$$\langle F \rangle = \frac{\int F\ dn}{\int dn}$$

Contoh soal

1. Seekor kutu busuk berjalan dimana kecepatannya berubah-ubah terhadap waktu.

$$v(t) = 3t^2 - 12t + 9$$

Tentukan kecepatan rata-rata partikel dari $t = 0$ sampai $t = 5$.

Gunakan rata-rata dalam konsep integral

$$\langle v \rangle = \frac{\int v\ dt}{\int dt} = \frac{\int_0^5 (3t^2 - 12t + 9)\ dt}{\int_0^5 dt} = \frac{r(5) - r(0)}{5 - 0} = 4$$

Kasus Istimewa GLBB

Jatuh Bebas

Jatuh bebas didefinisikan sebagai gerak partikel yang jatuh tanpa adanya kecepatan awal. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa arah gerak objek yang jatuh mempunyai arah yang sama dengan percepatannya, yaitu percepatan gravitasi.

$$v = gt$$
$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

Gerak Vertikal

Gerakan ini terjadi jika kita memberi kecepatan awal pada objek dan melemparkannya vertikal keatas.

Saat gerak vertikal keatas

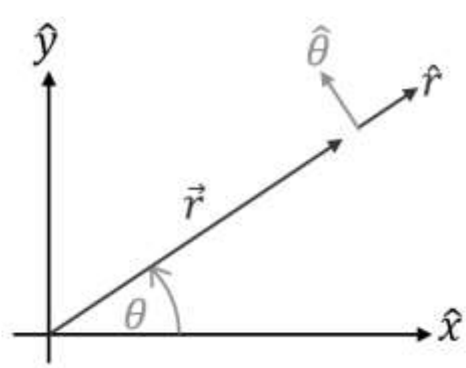
$$v = v_0 - gt$$
$$r = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 + h_0$$

Saat gerak vertikal kebawah

$$v = gt$$
$$r = \frac{1}{2}gt^2$$

GERAK MELINGKAR BERATURAN (GMB)

Gerak melingkar merupakan gerak suatu objek atau partikel dimana lintasannya dalam bentuk polar. Koordinat polar identik dengan dua parameter, yaitu r dan θ. Mengenai koordinat polar. Asumsikan terdapat koordinat polar pada koordinat kartesian (akan digunakan untuk transformasi pada materi GMBB). Koordinat polar yang digunakan cukup dua dimensi saja, yaitu x dan y. Kita tahu, bahwa koordinat kartesian statik (tidak berubah/konstan). Sedangkan, koordinat polar akan berputar seiring rotasi koordinatnya. Berikut diagram sederhana mengenai dua koordinat tersebut.



$$\frac{d}{dt}\vec{\omega} = \vec{\alpha} = 0$$

Percepatan angular bernilai 0, akibat $\vec{\omega}$ bernilai konstan

$$\theta = \int \omega \ dt = \omega t + c$$

Seperti yang kita ketahui sebelumnya, c merupakan suatu kondisi awal sistem, maka

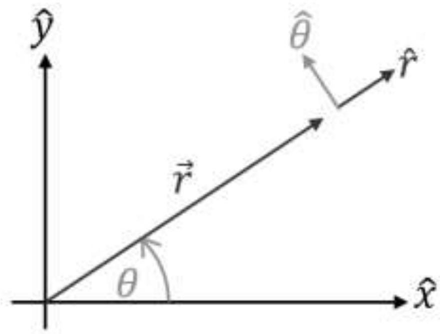
$$\theta = \theta_0 + \omega t$$

Karena pada GMB radiusnya bersifat konstan, $\dot{r} = 0$, maka lintasan akan berbentuk lingkaran. Kita juga mempunyai persamaan yang disebut relasi ω dengan v, yaitu

$$\omega r = v$$

GERAK MELINGKAR BERUBAH BERATURAN (GMBB)

GMBB merupakan gerak objek yang lintasannya mengikuti koordinat polar dan mempunyai percepatan angular.



Kita akan mencari vektor $\vec{r}$ dalam kartesian.

$$\hat{r} = \cos\theta\,\hat{x} + \sin\theta\,\hat{y}$$
$$\hat{\theta} = -\sin\theta\,\hat{x} + \cos\theta\,\hat{y}$$

$$\vec{r} = r\,\hat{r}$$

Differensial pertama terhadap waktu

$$\frac{d}{dt}\vec{r} = \frac{d}{dt}(r\,\hat{r}) = \hat{r}\frac{dr}{dt} + r\frac{d\hat{r}}{dt} = \dot{r}\hat{r} + r\frac{d}{dt}(\cos\theta\,\hat{x} + \sin\theta\,\hat{y})$$

Gunakan *chain-rule*, variabel θ tidak konstan.

$$\frac{d}{dt}\cos\theta = \frac{d}{dt}\cos\theta\frac{d\theta}{d\theta} = -\sin\theta\frac{d\theta}{dt} = -\sin\theta\,\dot{\theta} = -\sin\theta\,\omega$$
$$\frac{d}{dt}\sin\theta = \frac{d}{dt}\sin\theta\frac{d\theta}{d\theta} = \cos\theta\frac{d\theta}{dt} = \cos\theta\,\dot{\theta} = \cos\theta\,\omega$$

$$\frac{d}{dt}\vec{r} = \dot{r}\,\hat{r} + r\left(\hat{x}\frac{d}{dt}\cos\theta + \cos\theta\frac{d\hat{x}}{dt} + \hat{y}\frac{d}{dt}\sin\theta + \sin\theta\frac{d\hat{y}}{dt}\right)$$

Ingat, koordinat kartesian statik (konstan). Maka, $\frac{d\hat{x}}{dt} = \frac{d\hat{y}}{dt} = 0$

$$\frac{d}{dt}\vec{r} = \dot{r}\,\hat{r} + r\left(\hat{x}\frac{d}{dt}\cos\theta + \hat{y}\frac{d}{dt}\sin\theta\right) = \dot{r}\,\hat{r} + r(-\sin\theta\,\hat{x} + \cos\theta\,\hat{y})\dot{\theta}$$

$$\frac{d}{dt}\vec{r} = \dot{r}\,\hat{r} + r\dot{\theta}\hat{\theta}$$

Differensial kedua terhadap waktu

$$\frac{d^2}{dt^2}\vec{r} = \frac{d}{dt}\left(\dot{r}\hat{r} + r\dot{\theta}\hat{\theta}\right) = \hat{r}\frac{d\dot{r}}{dt} + \dot{r}\frac{d\hat{r}}{dt} + \dot{\theta}\hat{\theta}\frac{dr}{dt} + r\hat{\theta}\frac{d\dot{\theta}}{dt} + r\dot{\theta}\frac{d\hat{\theta}}{dt}$$

Pada persamaan sebelumnya, kita mengetahui bahwa

$$\frac{d\hat{r}}{dt} = \dot{\theta}\hat{\theta}$$

$$\frac{d\hat{\theta}}{dt} = \frac{d}{dt}(-\sin\theta\,\hat{x} + \cos\theta\,\hat{y}) = -\hat{x}\frac{d}{dt}\sin\theta - \sin\theta\frac{d\hat{x}}{dt} + \hat{y}\frac{d}{dt}\cos\theta + \cos\theta\frac{d\hat{y}}{dt}$$

$$\frac{d\hat{\theta}}{dt} = -\hat{x}\frac{d}{dt}\sin\theta + \hat{y}\frac{d}{dt}\cos\theta = -\dot{\theta}\hat{r}$$

$$\frac{d^2}{dt^2}\vec{r} = \ddot{r}\,\hat{r} + \dot{r}\dot{\theta}\hat{\theta} + \dot{r}\dot{\theta}\hat{\theta} + r\ddot{\theta}\hat{\theta} - r\dot{\theta}^2\hat{r}$$

$$\frac{d^2}{dt^2}\vec{r} = \left(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2\right)\hat{r} + \left(2\dot{r}\dot{\theta} + r\ddot{\theta}\right)\hat{\theta}$$

- ✓ $\ddot{r}$ merupakan komponen percepatan radial.
- ✓ $r\dot{\theta}^2$ merupakan percepatan sentripetal
- ✓ $2\dot{r}\dot{\theta}$ merupakan percepatan koriolis.
- ✓ $r\ddot{\theta}$ merupakan percepatan tangensial.

Perlu diketahui, terdapat relasi antara gerak melingkar dengan gerak lurus. Yaitu,

$$\omega r = v$$
$$\alpha r = a$$

GERAK RELATIF

Terdapat notasi baru untuk gerak relatif, yaitu v_{AB} ataupun yang lainnya. Makna dari v_{AB} adalah kecepatan benda A jika diamati dari benda B. Itu berlaku untuk semuanya. Seperti v_{BA} adalah kecepatan benda B jika diamati dari benda A.

$$\vec{v}_{AB} = \vec{v}_A - \vec{v}_B$$
$$\vec{v}_{BA} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$$

Maka, dapat disimpulkan juga jika menggunakan differensial, kita akan dapatkan 3 persamaan.

$$\vec{r}_{AB} = \vec{r}_A - \vec{r}_B$$
$$\vec{v}_{AB} = \vec{v}_A - \vec{v}_B$$
$$\vec{a}_{AB} = \vec{a}_A - \vec{a}_B$$

Contoh :
Terdapat 2 benda, yaitu benda A dan B. Benda A bergerak konstan dengan kecepatan 6 ms^{-1} menuju +60° terhadap timur. Sedangkan B bergerakn konstan dengan kecepatan 4 ms^{-1} menuju arah selatan.

i. Tentukan kecepatan A relatif terhadap B.
ii. Tentukan kecepatan B relatif terhadap A.

Pada kasus ini, terdapat 2 arah, yaitu $\hat{x}$ dan $\hat{y}$. Kita akan bongkar kecepatan A

$$\vec{v}_A = v_A \cos 60^\circ\, \hat{x} + v_A \sin 60^\circ\, \hat{y} = 3\hat{x} + 3\sqrt{3}\hat{y}$$
$$\vec{v}_B = -4\hat{y}$$

i. $\vec{v}_{AB_x} = \vec{v}_{A_x} - \vec{v}_{B_x} = 3\hat{x}$
$\vec{v}_{AB_y} = \vec{v}_{A_y} - \vec{v}_{B_y} = \left(3\sqrt{3} + 4\right)\hat{y}$

ii. $\vec{v}_{BA_x} = \vec{v}_{B_x} - \vec{v}_{A_x} = -\vec{v}_{AB_x} = -3\hat{x}$
$\vec{v}_{BA_y} = \vec{v}_{B_y} - \vec{v}_{A_y} = -\vec{v}_{AB_y} = -\left(3\sqrt{3} + 4\right)\hat{y}$

SOAL

Untuk nomor 1-6
Sebuah pertikel bergerak dengan posisi fungsi waktunya dinyatakan sebagai berikut.

$$\vec{r}(t) = (2t^3 + 3t^2 - 36t + 15)\hat{\imath}$$

Dengan vektor posisi $\vec{r}$ memiliki satuan meter dan waktu t memiliki satuan sekon. Partikel bergerak dari $t = 0$ sampai $t = 5$.

1. Tentukan kecepatan partikel saat $t = 0$.
   a. $-6\, ms^{-1}$
   b. $-12\, ms^{-1}$
   c. $-18\, ms^{-1}$
   d. $-24\, ms^{-1}$
   e. $-36\, ms^{-1}$

2. Tentukan percepatan partikel saat $t = 0$.
   a. $6\, ms^{-2}$
   b. $12\, ms^{-2}$
   c. $18\, ms^{-2}$
   d. $24\, ms^{-2}$
   e. $36\, ms^{-2}$

3. Tentukan jarak yang ditempuh partikel.
   a. $137\, m$
   b. $145\, m$
   c. $157\, m$
   d. $183\, m$
   e. $199\, m$

4. Tentukan perpindahan partikel.
   a. $145\, m$
   b. $125\, m$
   c. $155\, m$
   d. $185\, m$
   e. $195\, m$

5. Tentukan kecepatan rata-rata partikel.
   a. $\frac{145}{5}\, ms^{-1}$
   b. $\frac{125}{5}\, ms^{-1}$
   c. $\frac{155}{5}\, ms^{-1}$
   d. $\frac{185}{5}\, ms^{-1}$

e. $\frac{195}{5}\ ms^{-1}$

6. Tentukan kelajuan rata-rata partikel.
   a. $\frac{137}{5}\ ms^{-1}$
   b. $29\ ms^{-1}$
   c. $\frac{157}{5}\ ms^{-1}$
   d. $\frac{183}{5}\ ms^{-1}$
   e. $\frac{199}{5}\ ms^{-1}$

7. Sebuah titik bergerak pada suatu lingkaran dengan persamaan lintasan

$$s(t) = t^3 + 2t^2$$

Jika percepatan total titik itu adalah $16\sqrt{2}\ ms^{-1}$ pada saat $t = 2$, tentukan radius lingkaran.
   a. $21\ m$
   b. $22\ m$
   c. $23\ m$
   d. $24\ m$
   e. $25\ m$

8. Sebuah batu dijatuhkan dari ketinggian h. Setelah t detik, batu kedua dilemparkan ke bawah dari ketinggian yang sama dengan kecepatan awal v_0. Bila kedua batu sampai di tanah bersamaan, tentukan tinggi h.
   a. $h = \frac{g}{8}t^2\left(\frac{gt-2v_0}{gt-v_0}\right)^2$
   b. $h = \frac{g}{4}t^2\left(\frac{gt-v_0}{gt-2v_0}\right)$
   c. $h = \frac{3}{4}gt^2\left(\frac{gt-2v_0}{gt+v_0}\right)^2$
   d. $h = \frac{2}{3}gt^2\left(\frac{gt+2v_0}{gt+v_0}\right)^3$
   e. $h = gt^2\left(\frac{gt-2v_0}{gt-v_0}\right)$

Untuk nomor 9 dan 10
Dua batu A dan B dilempar vertikal keatas dengan laju awal yang sama, yaitu v_0, tetapi batu A dilempar 4 sekon lebih dulu.

9. Tentukan waktu yang diperlukan batu A untuk bertemu dengan batu B.
   a. $\frac{v_0}{4g} + 4\ sekon$
   b. $\frac{v_0}{8g} + 8\ sekon$
   c. $\frac{v_0}{g} + 2\ sekon$

   d. $\frac{3v_0}{4g} + 1\ sekon$
   e. $\frac{v_0}{g} + 3\ sekon$

10. Tentukan ketinggian kedua batu saat bertemu.
   a. $\frac{{v_0}^2}{2g} - 2g\ sekon^2$
   b. $\frac{{v_0}^2}{g} - g\ sekon^2$
   c. $\frac{3{v_0}^2}{2g} - 3g\ sekon^2$
   d. $\frac{{v_0}^2}{4g} - g\ sekon^2$
   e. $\frac{5{v_0}^2}{2g} - 2g\ sekon^2$

11. Sebuah partikel dilemparkan lurus keatas dengan kecepatan v_0 dari suatu titik y meter diatas tanah. Tentukan waktu yang diperlukan partikel kembali ke tanah.
   a. $t = \frac{v_0}{g}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{2gy}{{v_0}^2}}\right)$
   b. $t = \frac{v_0}{2g}\left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2gy}{5{v_0}^2}}\right)$
   c. $t = \frac{v_0}{g}\left(1 - \sqrt{1 + \frac{2gy}{3{v_0}^2}}\right)$
   d. $t = \frac{v_0}{g}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{4gy}{{v_0}^2}}\right)$
   e. $t = \frac{v_0}{g}\sqrt{1 + \frac{2gy}{{v_0}^2}}$

Untuk nomor 12, 13 dan 14
Sebuah mobil bergerak dengan persamaan

$$a = kx$$

Dimana a merupakan percepatan dan x merupakan posisi mobil serta k merupakan konstanta sembarang. Kondisi awal mobil, yaitu saat $t = 0$ adalah $v(t = 0) = v_0$ dan $x(t = 0) = 0$.

12. Tentukan percepatan mobil dalam fungsi waktu.
   a. $\frac{4}{3} v_0 \sqrt{k} \exp\left(t \frac{4}{3}\sqrt{k}\right)$
   b. $v_0\sqrt{2k} \exp\left(t\sqrt{2k}\right)$
   c. $v_0\sqrt{3k} \exp\left(t\sqrt{3k}\right)$
   d. $v_0\sqrt{k} \exp\left(t\sqrt{k}\right)$
   e. $v_0\sqrt{5k} \exp\left(t\sqrt{5k}\right)$

13. Tentukan kecepatan mobil dalam fungsi waktu.

a. $v_0 \exp\left(t\sqrt{k}\right)$
b. $v_0 \exp\left(t\sqrt{2k}\right)$
c. $v_0 \exp\left(t\sqrt{3k}\right)$
d. $v_0 \exp\left(t\frac{4}{3}\sqrt{k}\right)$
e. $v_0 \exp\left(t\sqrt{5k}\right)$

14. Tentukan posisi mobil dalam fungsi waktu.
    a. $\frac{v_0}{\sqrt{k}}\left[\exp\left(t\sqrt{k}\right) - 1\right]$
    b. $\frac{v_0}{\sqrt{2k}}\left[\exp\left(t\sqrt{2k}\right) - 1\right]$
    c. $\frac{v_0}{\sqrt{3k}}\left[\exp\left(t\sqrt{3k}\right) - 1\right]$
    d. $\frac{4}{3}\frac{v_0}{\sqrt{k}}\left[\exp\left(t\frac{4}{3}\sqrt{k}\right) - 1\right]$
    e. $\frac{v_0}{\sqrt{5k}}\left[\exp\left(t\sqrt{5k}\right) - 1\right]$

Untuk nomor 15 dan 16
Sebuah benda bergerak kearah sumbu x positif dengan percepatan yang berlawanan dengan arah kecepatan dan sebanding lurus dengan kecepatan

$$a = -kv$$

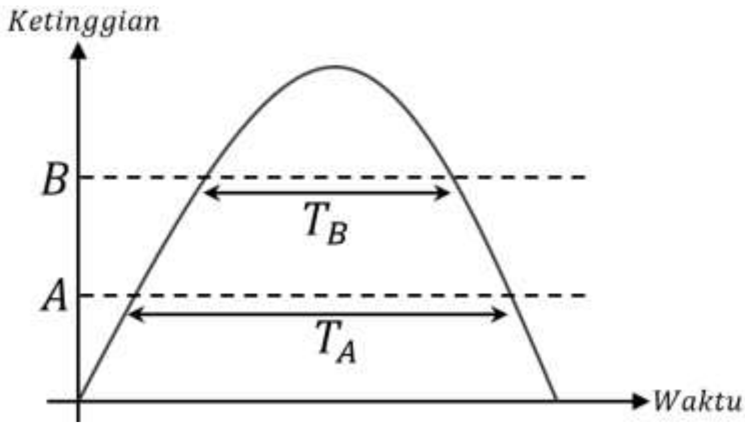
Diketahui saat $v(t = 0) = v_0$ dan $x(t = 0) = 0$

15. Tentukan kecepatan fungsi waktu.
    a. $v_0 e^{-\frac{1}{2}kt}$
    b. $v_0 e^{-2kt}$
    c. $v_0 e^{\frac{3}{2}kt}$
    d. $v_0 e^{3kt}$
    e. $v_0 e^{-kt}$

16. Tentukan posisi fungsi waktu.
    a. $\frac{v_0}{2k}\left(1 - e^{-2kt}\right)$
    b. $\frac{3v_0}{2k}\left(1 - e^{-\frac{3}{2}kt}\right)$
    c. $\frac{v_0}{4k}\left(e^{4kt} - 1\right)$
    d. $\frac{2v_0}{k}\left(e^{2kt} - 1\right)$
    e. $\frac{v_0}{k}\left(1 - e^{-kt}\right)$

17. Percepatan gravitasi Bumi dapat diukur dengan melemparkan sebuah benda vertikal keatas dan mengukur interval waktu saat benda melewati titik A dan B ketika benda bergerak naik dan turun. Titik B ketinggiannya h diatas titik A. Interval waktu benda melewati titik A ketika

bergerak naik dan turun adalah T_A, sedangkan interval waktu benda melewati titik B ketika bergerak naik dan turun adalah T_B. Asumsikan percepatan gravitasi di setiap ketinggian bersifat konstan.



Tentukan besar percepatan gravitasi Bumi.

a. $g = 8h\left({T_A}^2 - {T_B}^2\right)^{-1}$
b. $g = 4h(T_A - T_B)^{-2}$
c. $g = 2h\left({T_A}^2 - {T_B}^2\right)^{-1}$
d. $g = 4h\left({T_A}^2 + {T_B}^2\right)^{-1}$
e. $g = 4h(T_A + T_B)^{-2}$