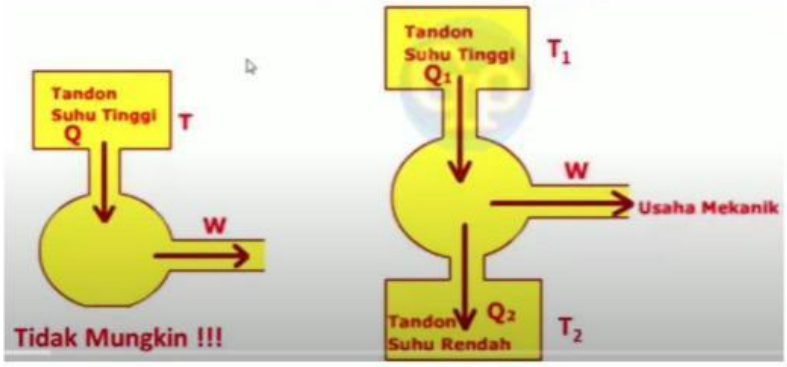
E-LKPD 4 Model *Discovery Based Learning*

Kurikulum Merdeka

HUKUM – HUKUM TERMODINAMIKA

Hukum I Termodinamika

$$\Delta U = W + Q$$



Penyusun :
Dira Yulanda
Drs. Amali Putra, M.Pd

NAMA	**:**
KELAS	**:**
KELOMPOK	**:**

KELAS XI FASE F SMA/MA

LIVEWORKSHEETS

Capaian Pembelajaran

Pada akhir fase F, peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip vektor kedalam kinematika dan dinamika gerak partikel, usaha dan energi, fluida dinamis, getaran harmonis, gelombang bunyi dan gelombang cahaya dalam menyelesaikan masalah, serta menerapkan prinsip dan konsep energi kalor dan termodinamika dengan berbagai perubahannya dalam mesin kalor. Peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip kelistrikan (baik statis maupun dinamis) dan kemagnetan dalam berbagai penyelesaian masalah dan berbagai produk teknologi, menerapkan konsep dan prinsip gejala gelombang elektromagnetik dalam menyelesaikan masalah. Peserta didik mampu menganalisis keterkaitan antara berbagai besaran fisis pada teori relativitas khusus, gejala kuantum dan menunjukkan penerapan konsep fisika inti dan radioaktivitas dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi. Peserta didik mampu memberi penguatan pada aspek fisika sesuai dengan minat untuk ke perguruan tinggi yang berhubungan dengan bidang fisika. Melalui kerja ilmiah juga dibangun sikap ilmiah dan profil pelajar pancasila khususnya mandiri, inovatif, bernalar kritis, kreatif dan bergotong royong

Tujuan Pembelajaran

Pemahaman Fisika : Peserta didik mampu menerapkan prinsip dan konsep termodinamika melalui kegiatan penyelidikan untuk memecahkan masalah khususnya mesin kalor dan pompa kalor. Melalui kerja ilmiah juga dibangun sikap ilmiah dan profil pelajar pancasila khususnya mandiri, inovatif, bernalar kritis, kreatif dan bergotong royong

Keterampilan proses : Peserta didik mampu mengamati, mempertanyakan dan memprediksi, merencanakan dan melakukan penyelidikan, memproses, menganalisis data dan informasi, mengevaluasi dan merefleksi, dan mengkomunikasikan hasil proses sains dalam pembelajaran fisika

Alur Tujuan Pembelajaran

Menerapkan hukum I termodinamika dalam penyelesaian masalah sehari - hari

Menentukan perbedaan tiga pernyataan hukum II termodinamika

Indikator Ketercapaian Tujuan Pembelajaran

1. Melalui kegiatan pembelajaran dengan model *discovery based learning*, Peserta didik dapat menerapkan hukum I termodinamika dalam penyelesaian masalah sehari – hari dengan tepat
2. Melalui kegiatan pembelajaran dengan model *discovery based learning*, Peserta didik mampu menentukan perbedaan tiga pernyataan hukum II termodinamika dengan tepat

Petunjuk Penggunaan E-LKPD

1. Bacalah doa sebelum memulai pembelajaran
2. Tulislah identitas pada kolom yang telah disediakan pada halaman awal E-LKPD
3. Bacalah terlebih dahulu capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran dan petunjuk penggunaan E-LKPD yang disajikan
4. Ikutilah pembelajaran berdasarkan sintak *discovery based learning* untuk menemukan konsep secara mandiri
5. Ikutilah langkah-langkah A, B, C, D, E, dan F dibawah ini, dan jawablah pertanyaan yang terkait dengan setiap langkah yang diberikan
6. Jika terdapat tugas melakukan praktek, maka lakukanlah dengan petunjuk terlebih dahulu.
7. Jawablah soal – soal dan tugas dalam E-LKPD sesuai dengan petunjuk
8. Klik tombol ***finish*** apabila telah selesai mengerjakan

LIVEWORKSHEETS

E-LKPD

HUKUM HUKUM TERMODINAMIKA

1. HUKUM I TERMODINAMIKA

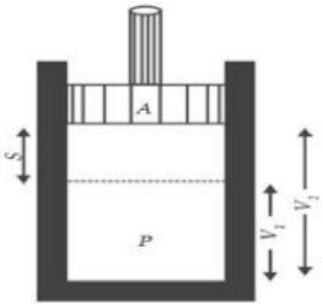
A. Pemberian Rangsangan

1. Usaha pada gas

Usaha yang dilakukan oleh suatu benda dapat dihitung dengan cara :

$$W = F \times S \quad \text{…….. (4.1)}$$

Dimana F adalah gaya (newton) dan s adalah perpindahan (meter). Untuk usaha pada gas dapat dihitung dengan meninjau sebuah sistem gas dalam piston seperti pada gambar 1



Gambar 4.1 Usaha pada gas
Sumber : https://online.flipbuilder.com/prpe/rcvx/files/basic-html/page10.html

Berdasarkan gambar 1 di atas dijelaskan suatu penampang gas silinder yang didalamnya terdapat piston (penghisap). Piston ini dapat bergerak bebas naik turun. Jika luas piston A dan tekanan gas p, maka gas akan mendorong piston dengan gaya $F = P \times$ A sehingga piston akan berpindah sejauh Δh. Oleh karena itu, usaha yang dilakukan gas adalah sebagai berikut :

$$W = F \times S$$

$$W = P \times A\Delta h \quad \text{…….. (4.2)}$$

Oleh karena $A\Delta h = \Delta V$, persamaan usaha yang dilakukan gas dapat ditulis menjadi :

$$W = P \times \Delta V \quad \text{…….. (4.3)}$$

$$W = P\,(V2 - V1) \quad \text{…….. (4.4)}$$

Dimana:

W = Usaha yang dilakukan gas (Joule)
P = Tekanan (N/m^2)
V2 = Volume Akhir (m^3)
V1 = Volume Awal (m^3)
ΔV = Perubahan Volume

LIVEWORKSHEETS

2. Energi dalam gas

Sesuai dengan sifat-sifat gas ideal bahwa partikel-partikel gas senantiasa bergerak dengan kecepatan tertentu sehingga mempunyai energi kinetik. Karena didalam gas tidak ada energi lainnya, selain kinetik maka energi kinetik inilah yang disebut energi dalam gas.

$$\boxed{\Delta U = \frac{3}{2}\, NKT \; atau \; \Delta U = \frac{5}{2}\, nRT} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.5)$$

3. Hukum I termodinamika

Hukum I termodinamika berisi pernyataan tentang kekekalan energi. Hukum ini menggambarkan percobaan yang menghubungkan usaha yang dilakukan pada sistem (W), panas yang ditambahkan atau dikurangi pada sistem (Q), dan energi internal sistem (U). Hukum pertama termodinamika menyatakan bahwa: **"Jumlah kalor yang ditambahkan pada suatu sistem sama dengan perubahan energi dalam sistem ditambah usaha yang dilakukan oleh sistem".**

Secara matematis dapat dituliskan:

$$\boxed{Q = \Delta U + W} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.6)$$

Dengan:

Q = kalor yang diterima atau dilepaskan oleh sistem (J)

ΔU = perubahan energi dalam sistem (U_2 — U_1) (J)

W = usaha yang dilakukan sistem (J)

Perjanjian tanda yang berlaku untuk persamaan di atas tersebut adalah sebagai berikut:

- Jika sistem melakukan kerja maka nilai W berharga positif
- Jika sistem menerima kerja maka nilai W berharga negatif
- Jika sistem melepas kalor maka nilai Q berharga negatif
- Jika sistem menerima kalor maka nilai Q berharga positif
- jika setelah mengalami suatu proses terjadi kenaikan suhu maka ΔU berharga positif
- jika setelah mengalami suatu proses terjadi penurunan suhu maka ΔU berharga negatif

4. Hukum I Termodinamika pada berbagai proses

a. Proses Isotermal (T = konstan)

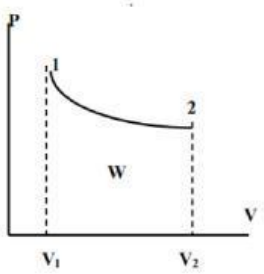
Pada proses ini banyak kalor yang diterima oleh gas sama dengan banyaknya usaha yang dilakukan.

$$Q = \Delta U + W \longrightarrow U = n.f\left(\frac{1}{2}kT\right)$$

$$\Delta U = \frac{f}{2} nk.\Delta T \longrightarrow \Delta T = 0$$

$$\boxed{Q = W}$$

$$Q = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \qquad \Delta U = 0$$



LIVEWORKSHEETS

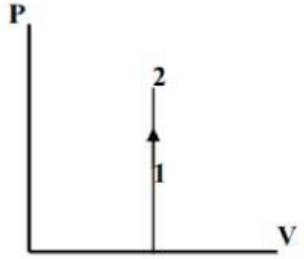
b. Proses Ishokorik (V = konstan)

Q = ΔU + **W** ⟶ **W** = P. ΔV dimana ΔV = 0

Q = ΔU dengan Δ**U** = **U**$_2$ - U$_1$

Dengan ΔU = f/2 N.k. ΔT atau ΔU = f/2 n.R.ΔT dan ΔT = T2 - T1

Pada proses ishokorik kalor yang diberikan pada gas digunakan untuk penambahan energi dalam saja

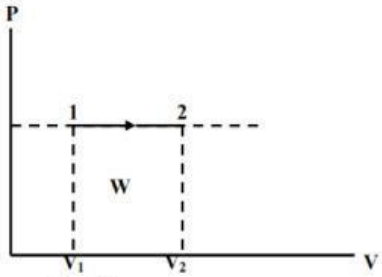


c. Proses Isobarik (P = konstan)

Jika pada saat proses terjadi, sistem tidak mengalami perubahan tekanan maka proses ini disebut *isobarik.*

Q = ΔU + **W** ⟶ **W** = P. ΔV = P . (V2 – V1)

Q = ΔU + P . (V2 – V1) = *f/2* n.R.ΔT + P . (V2 – V1)

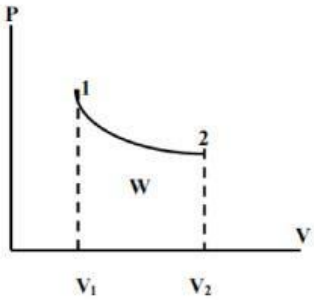


d. Proses Adiabatik

Jika pada sistem tidak terjadi pertukaran kalor (Q = 0) dengan lingkungannya, berarti sistem tersebut mangalami proses *adiabatik.*

Q = ΔU + **W** ⟶ Q = 0

W = - ΔU = - (U2 – U1) = *f/2* nR. ΔT



B. Identifikasi Masalah

Setelah mempelajari langkah A, maka timbullah pertanyaan :
Buktikanlah persamaan hukum I termodinamika !

Berdasarkan permasalahan diatas, tulislah Hipotesis atau dugaan sementara terkait permasalahan diatas !

LIVEWORKSHEETS

C. Pengumpulan Data

Alat dan bahan :

Balon

Sumber : https://images.app.goo.gl/pnH7NHkNt1dRkGtB8

Lilin

Sumber : https://images.app.goo.gl/dH7MyKz3pN4tchnK8

Korek api

Sumber : https://images.app.goo.gl/zduSxrub6jucgeko6

Air

Sumber : https://images.app.goo.gl/6u6GtS72oTrDpTXU8

Gelas

Sumber : https://images.app.goo.gl/GrBg1rz6awNXzTK1A

Berdasarkan permasalahan yang terdapat pada poin B, maka lakukan Langkah langkah berikut ini :

Langkah-langkah percobaan :

1. Tiup balon pertama
2. Ikat balon yang telah ditiup dengan menggunakan karet gelang

LIVEWORKSHEETS

3. Nyalakan lilin dengan menggunakan korek api
4. Letakkan balon diatas nyala lilin
5. Amati apa yang terjadi pada balon pertama?
6. Isi balon kedua dengan air
7. Tiup balon kedua yang telah di isi air
8. Ikat balon kedua yang telah ditiup dengan menggunakan karet gelang
9. Letakkan balon kedua yang berisi air diatas nyala lilin
10. Amati apa yang terjadi pada balon kedua yang berisi air

Setelah melakukan langkah – langkah di atas, maka masukkanlah data yang didapatkan ke dalam tabel pengamatan berikut ini !

Pecobaan	Benda	Perlakukan	Hasil Pengamatan
Pertama	Balon ditiup yang tidak di isi air	Didekatkan ke api/lilin	
Kedua	Balon ditiup yang berisi air	Didekatkan ke api/lilin	

Simaklah video berikut ini, agar lebih memahami tentang hukum I termodinamika

Sumber : https://youtu.be/EvYJwlLVzDI?si=92k_w4eQMGzgGEws

D. Pengolahan Data

Berdasarkan data yang diperoleh pada langkah C, jawablah pertanyaan berikut ini !

Pertanyaan 1 : Apa yang terjadi pada balon pertama dan balon kedua ?

LIVEWORKSHEETS

Pertanyaan 2 : Apa yang menyebabkan balon pertama meletus ?

Pertanyaan 3 : Apa yang menyebabkan balon kedua tidak meletus ?

Pertanyaan 4 : Apa yang menyebabkan api/lilin pada percobaan kedua padam?

E. Pembuktian

Setelah mengikuti langkah A, B, C, dan D. Buktikanlah hubungan atau kaitan hukum 1 termodinamika dengan percobaan yang telah dilakukan !

F. Menarik Kesimpulan

Pada bagian akhir pembelajaran ini, simpulkanlah hasil kegiatan yang telah ananda lakukan!

LIVEWORKSHEETS

2. HUKUM II TERMODINAMIKA

A. Pemberian Rangsangan

Hukum kedua termodinamika terkait dengan entropi, yang mengatakan bahwa entropi dari setiap sistem yang terisolasi selalu meningkat seiring dengan meningkatnya waktu, mendekati nilai maksimumnya. Sistem terisolasi secara spontan berevolusi menuju kesetimbangan termal menuju keadaan entropi maksimum sistem, yaitu entropi alam semesta (sistem terisolasi utama) hanya meningkat dan tidak pernah berkurang.

Ada tiga cara menyatakan Hukum II Termodinamika yaitu pernyataan dari Clausius, Kelvin-Plank, dan tentang entropi.

a. Entropi

Ban akan kempes dengan sendirinya jika pentil dibuka. Apakah ban dapat mengisi kembali udara sendiri tanpa dilakukan apapun? Bola dapat menggelinding ke bawah dengan sendirinya jika diletakkan di atas bidang miring. Dapatkah bola tersebut mendaki bidang miring tanpa bantuan apapun? Proses spontan akan terjadi dengan sendirinya tanpa masukan energi dari sekitarnya, tetapi tidak demikian halnya dengan kebalikan dari proses tersebut. Bola yang sudah tiba di dasar bidang miring memerlukan energi untuk mencapai puncak bidang miring.

Proses spontan disebut juga proses ireversibel atau proses satu arah. Sedangkan proses reversibel adalah proses yang tidak spontan atau proses dua arah. Proses reversibel merupakan proses ideal.

Proses spontan menunjukkan bahwa suatu peristiwa terjadi dalam arah tertentu dan berkaitan dengan suatu besaran fisika yang disebut sebagai entropi. Sebagaimana dengan energi dalam maka entropi juga merupakan fungsi keadaan. Hukum II Termodinamika menyatakan bahwa pada proses spontan (proses ireversibel) entropi dalam sistem terisolir bertambah. Perubahan entropi (ΔS) dalam suatu proses yang terjadi pada suhu (T) dinyatakan sebagai:

$$\boxed{\Delta s = \frac{Q}{T}} \quad \text{…….....} (4.7) \quad \boxed{\Delta s = s2 - s1}$$

Dengan :

Q = kalor yang diterima oleh sistem (bertanda positif) dan kalor yang dilepaskan oleh sistem (bertanda negatif) (J),

T = suhu (K).

S1 = entropi awal (J/K)

S2 = entropi akhir (J/K)

Entropi *merupakan ukuran ketidakteraturan suatu sistem*. Makin besar ketidakteraturan suatu sistem makin besar entropinya.

Hukum II Termodinamika menyatakan bahwa entropi dari suatu sistem yang terisolir tidak pernah berkurang. Sistem terisolir dapat berupa jagad raya yang terdiri atas suatu sistem dan lingkungan. Perubahan entropi total dapat ditinjau dalam proses reversibel dan proses ireversibel seperti yang diberikan di bawah ini.

LIVEWORKSHEETS

Pada proses reversibel (tidak spontan), perubahan entropi total, yaitu perubahan entropi sistem dan lingkungannnya adalah nol, karena

$$\Delta s\ total = \Delta s\ lingkungan + \Delta s\ sistem$$
$$\Delta s\ total = 0 \qquad \text{…….....(4.8)}$$

Pada proses ireversibel (spontan), perubahan entropi total, yaitu perubahan entropi sistem dan lingkungannya lebih besar dari nol

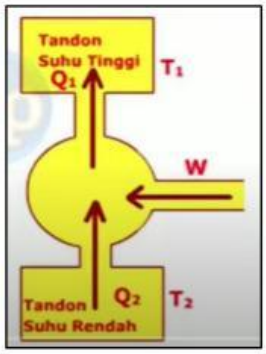
$$\Delta s\ total > 0 \qquad \text{……..... (4.9)}$$

Jika kalor berpindah dari benda bersuhu rendah ke benda bersuhu tinggi maka perubahan entropinya akan berkurang. Hal ini menyalahi Hukum II Termodinamika.

Reservoir termal merupakan suatu sistem yang sangat besar yang mana pemberian atau pengambilan sejumlah kalor tidak memengaruhi suhunya. Setiap benda yang kapasitas energinya jauh lebih besar daripada kalor yang diterima atau dilepaskan disebut sebagai reservoir termal.

b. Pernyataan Clausius

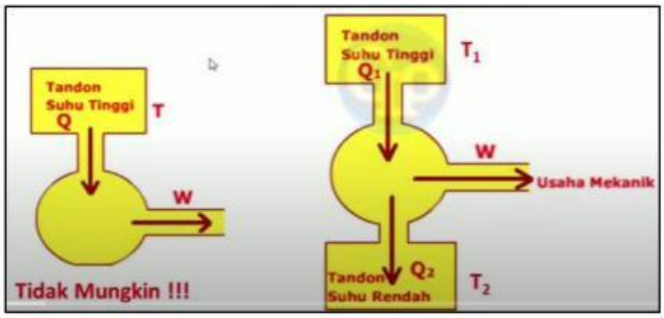
Perpindahan panas dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah terjadi secara spontan. Menurut Clausius "Tidak mungkin membuat suatu mesin yang beroperasi dalam suatu siklus dan perpindahan panas terjadi dari benda bersuhu rendah (reservoir dingin) ke benda bersuhu tinggi"



Sumber : https://youtu.be/tt9fNNYeEqU?si=-RwRqoPSVgRWD4GE

c. Pernyataan Kelvin-Planck

Menurut **Kelvin-Planck** "sebuah mesin yang beroperasi dalam suatu siklus, yang menerima kalor dari suatu resevoir termal, tidaklah mungkin mengubah semua kalor menjadi usaha"



LIVEWORKSHEETS

Sumber : https://youtu.be/tt9fNNYeEqU?si=-RwRqoPSVgRWD4GE

B. Identifikasi Masalah

Setelah mempelajari langkah A, Maka timbullah pertanyaan :

1. Berdasarkan konsep entropi, manakah yang mempunyai entropi yang lebih besar, es atau gas?
2. Berdasarkan konsep entropi, apakah pembakaran hutan menaikkan entropi?
3. Tepatkah jika dikatakan bahwa untuk proses reversibel perubahan entropi adalah nol?
4. Tepatkah jika dikatakan bahwa berdasarkan Hukum II Termodinamika maka tidak mungkin ada proses yang hasilnya perpindahan kalor dari benda bersuhu rendah ke benda bersuhu tinggi?
5. Apakah pernyataan Kelvin-Planck dan Clausius setara?

Berdasarkan permasalahan diatas, tulislah Hipotesis atau dugaan sementara terkait permasalahan diatas

1.

2.

3.

4.

5.

C. Pengumpulan Data

Carilah sumber lain yang terpercaya, dan simaklah video berikut ini untuk membantu menyelesaikan pertanyaan 1, 2 dan 3

LIVEWORKSHEETS

Sumber : https://youtu.be/YKnPB5wvSrA?si=Zl8IXvitfcKFzAtg

Carilah sumber lain yang terpercaya, dan simaklah video berikut ini untuk membantu menyelesaikan pertanyaan 4, 5

Sumber : https://youtu.be/tt9fNNYeEqU?si=-RwRqoPSVgRWD4GE

D. Pengolahan Data

Berdasarkan pengamatan dan pemahaman ananda, berilah tanda (√) pada kolom pernyataan yang sesuai

No	Pernyataan	Benar	Salah
1	Entropi gas lebih besar daripada es karena susunan partikel gas lebih acak daripada es		
2	Es yang berbentuk padat memiliki derajat ketidakteraturan yang rendah, dengan demikian nilai entropi pada es sangat kecil. Sedangkan ketika es yang berwujud padat mulai mencair, nilai entropinya akan berangsur naik karena fase cair memiliki nilai ketidakteraturan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan fase padat		
3	Pembakaran hutan menyebabkan ketidakteraturan, kayu yang susunan partikel teratur berubah menjadi abu yang tidak teratur. Alam yang rusak menjadi tidak teratur dan diperlukan energi untuk memperbaikinya. Pembakaran hutan dapat terjadi dengan cepat hanya oleh puntung rokok yang menyala berkebalikan dengan usaha yang besar diperlukan untuk memperbaiki hutan yang sudah terbakar		
4	Proses reversibel perubahan entropi adalah nol karena proses berlangsung dua arah.		
5	Kalor berpindah dari benda bersuhu rendah ke benda bersuhu tinggi maka perubahan entropinya akan berkurang		
6	Pernyataan Kelvin-Planck dan Clausius setara. Jika pernyataan Kelvin-Planck berlaku maka tidak akan terjadi perpindahan kalor dari reservoir bersuhu rendah ke reservoir bersuhu tinggi.		

LIVEWORKSHEETS

E. Pembuktian

Setelah mengikuti langkah A, B, C dan D. Buktikanlah Hipotesis pada langkah B yang telah Ananda buat dengan sumber terpercaya seperti buku, internet, dll!

No	Pembuktian (Sumber lain)
1	
2	
3	
4	
5	
6	

F. Menarik Kesimpulan

Pada bagian akhir pembelajaran ini, simpulkanlah hasil kegiatan yang Ananda lakukan pada kolom berikut ini!

LIVEWORKSHEETS

EVALUASI

Untuk mengukur sejauh mana pemahaman Ananda dalam pembelajaran kali ini, mari lakukan evaluasi berikut!

Pilihlah jawaban yang paling benar diantara pilihan A, B, C, D dan E dibawah ini !

1. Didalam ruang tertutup terdapat gas yang memuai dengan menyerap kalor sebesar 350 J dan melakukan usaha sebesar 250 Joule. Berapa kenaikan energi dalam gas?
   a. 100 J
   b. 50 J
   c. 30 J
   d. 80 J
   e. 120 J

2. Gas yang berada didalam sistem diberi kalor sebesar 200 joule. Setelah itu gas diberi usaha sebesar 125 joule. Berapakah perubahan energi dalam gas?
   a. 200 J
   b. 300 J
   c. 325 J
   d. 350 J
   e. 400 J

3. Kalor sebanyak 3000 joule ditambahkan pada sistem dan sistem melakukan usaha 2000 joule pada lingkungan berapakah nilai perubahan energi dalam nya ?
   a. 1000 J
   b. 2000 J
   c. 1500 J
   d. 3000 J
   e. 2500 J

4. Suatu sistem pada suhu 127 $°C$ menyerap kalor sebesar 3,2 MJ. Jika entropi awal sistem 1.700 J/K, entropi akhir sistem sebesar…
   a. 1.700 J/K
   b. 2.500 J/K
   c. 6.300 J/K
   d. 9.700 J/K
   e. 11.800 J/K

LIVEWORKSHEETS

5. Kalor sebanyak 2000 joule dilepaskan sistem dan lingkungan melakukan usaha 3000 joule pada sistem. Berapakah perubahan energi dalam sistem ?
   a. 1000 J
   b. 2000 J
   c. 1500 J
   d. 3000 J
   e. 2500 J

6. Berikut ini adalah contoh aliran kalor secara spontan
   a. Lelehan besi yang mengeras di air
   b. Prinsip kerja air conditioner
   c. Prinsip kerja termos
   d. Air yang membeku di dalam mesin pendingin
   e. Reaksi termonuklir matahari

7. Tentukan perubahan energi dalam gas apabila gas menyerap kalor 600 kalori dan serentak melakukan usaha 400 J. (1 kalori = 4,2 J)
   a. 2.120 J
   b. 2.125 J
   c. 1.120 J
   d. 1.125 J
   e. 2. 130 J

8. Gas mengeluarkan 1.400 kalori pada volume tetap. (1 kalori = 4,2 J). Berapa perubahan energi dalam gas
   a. - 5.880 J
   b. + 5.880 J
   c. + 5.780 J
   d. - 5.880 J
   e. - 5.885 J

9. Berikut ini sesuai dengan pernyataan clausius tentang hukum II termodinamika adalah
   a. Panas tidak dapat mengalir dari benda dingin ke benda panas dengan sendirinya
   b. Kalor tidak dapat diubah menjadi energi dengan sendirinya
   c. Tidak mungkin mengubah kalor seluruhnya menjadi usaha
   d. Untuk melakukan usaha diperlukan energi
   e. Tidak mungkin membuat mesin yang efisiensinya 100%

10. Berikut ini sesuai dengan pernyataan hukum II termodinamika tentang aliran kalor adalah
   a. Apabila sistem gas menyerap kalor dari lingkungan sebesar Q1, maka oleh sistem mungkin akan dirubah
   b. Membatasi perubahan energi mana yang dapat terjadi dan yang tidak dapat terjadi
   c. Kalor mengalir secara spontan dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah dan tidak mengalir secara spontan dalam arah sebaliknya
   d. Energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan, melainkan hanya bisa dirubah bentuknya saja
   e. Total entropi semesta tidak berubah ketika proses reversibel terjadi dan bertambah ketika proses ireversibel terjadi

LIVEWORKSHEETS