

WORKSHEET

Mata Kuliah : Fisika Kuantum
Materi : Fungsi Gelombang
Kelompok : 1.
2.
3.
4.
Kelas :

A. Tujuan Pembelajaran

1. Memprediksi distribusi probabilitas posisi dari sebuah partikel bebas.
2. Menganalisis hubungan antara energi partikel bebas dengan panjang gelombangnya.
3. Membandingkan perilaku partikel bebas secara Fisika Klasik dengan Mekanika Kuantum berdasarkan Densitas Probabilitas ($|\psi|^2$).
4. Menyimpulkan fenomena partikel bebas dengan Prinsip Ketidakpastian Heisenberg.

B. Orientasi Masalah

Bacalah narasi masalah berikut!

Dalam fisika klasik, bayangkan sebuah pesawat luar angkasa (atau kelereng) bergerak lurus di ruang hampa yang sangat luas tanpa ada gaya tarik planet apapun (Potensial $V=0$). Karena tidak ada hambatan, ia adalah partikel bebas. Secara klasik, jika kita tahu kecepatannya, kita bisa tahu persis di mana posisinya pada detik ke sekian.

Permasalahan:

Dalam dunia mekanika kuantum, bayangkan elektron yang bergerak bebas di ruang hampa tanpa pengaruh gaya apapun (Partikel Bebas). Elektron ini memiliki energi gerak (momentum) yang terukur pasti. Pertanyaannya: Bisakah kita memprediksi secara pasti di mana titik lokasi elektron tersebut berada saat ini?

Jawab:

C. Merumuskan Prediksi Awal

Sebelum membuka simulasi, diskusikan dengan kelompok Anda dan tuliskan tebakan awal kalian!

1. **Prediksi Posisi (Probabilitas):** Jika elektron adalah sebuah "gelombang berjalan" yang bergerak bebas tanpa batas, apakah peluang menemukan elektron akan terpusat di satu titik tertentu, atau merata sama besar di sepanjang ruang pergerakannya?

Jawab:

2. **Prediksi Energi:** Jika elektron terjebak dalam kotak, energinya akan bertingkat (terkuantisasi). Namun, jika elektron bergerak bebas tanpa kurungan (Partikel Bebas), apakah energinya masih terkuantisasi (hanya boleh bernilai tertentu) ataukah bisa bernilai sembarang (kontinu)?

Jawab:

D. Eksplorasi Melalui Simulasi

Mari kita uji hipotesis Anda di atas menggunakan dua simulasi.

1. Buka tautan Simulasi dengan scan *QR Code* di bawah ini.



2. Pada panel parameter di sebelah kiri, pastikan "Jenis Potensial" disetel ke Partikel Bebas.
3. Amati bagian Info Keadaan di pojok kiri bawah. Catat apa yang tertulis mengenai spektrum energi.

4. **PENTING:** Biarkan slider Bilangan Kuantum (n) dan Lebar Sumur (L) pada nilai bawaannya (abaikan saja). Pada kasus partikel bebas, elektron tidak dikurung di dalam sumur, sehingga parameter n dan L tidak berlaku secara fisika.
5. Klik tombol jalankan/berhenti (*play/pause*) untuk mengamati pergerakan.
6. Perhatikan grafik Fungsi Gelombang $\psi(x, t)$ (yang menampilkan garis merah dan biru yang berosilasi).
7. Geser tampilan ke bawah dan perhatikan grafik Densitas Probabilitas $|\psi(x, t)|^2$ (garis hijau mendatar).
8. Geser slider Energi (E) menjadi lebih besar atau lebih kecil, dan amati perubahan pada gelombangnya.
9. Catat pada tabel di bawah ini!

Setelan Energi (E)	Jarak Antar Puncak Gelombang (Rapat/Renggang)	Bentuk Grafik Probabilitas $ \psi ^2$ (Mendatar/Bergelombang)
Energi (E) Disetel KECIL		
Energi (E) Disetel BESAR		

E. Analisis dan Penjelasan Konsep

1. Membedah Grafik Probabilitas ($|\psi|^2$)

Perhatikan baik-baik grafik Densitas Probabilitas $|\psi|^2$. Grafiknya berupa garis lurus mendatar yang konstan dari ujung kiri ke kanan. Secara fisika kuantum, apa makna dari grafik probabilitas yang datar/konstan ini terhadap peluang menemukan partikel di titik x tertentu? Bandingkan dengan benda klasik yang posisinya selalu bisa dipastikan!

Jawab:

2. **Hubungan Energi dan Panjang Gelombang**

Saat Anda memperbesar nilai slider Energi (E), apa yang terjadi pada jarak antar puncak gelombang (panjang gelombang/kerapatan) pada grafik $\psi(x, t)$? Kaitkan observasi ini dengan persamaan de Broglie ($\lambda = h/p$) dan energi kinetik!

Jawab:

F. Elaborasi: Fisika Klasik vs Fisika Kuantum

Pada tahap ini, diskusikan kembali hasil simulasi partikel bebas bersama kelompok Anda. Dalam fisika klasik, posisi partikel dapat ditentukan secara pasti apabila kecepatan dan waktunya diketahui. Namun, dalam fisika kuantum, posisi partikel bebas tidak dapat dipastikan berada pada satu titik tertentu. Posisi partikel hanya dapat dinyatakan dalam bentuk peluang atau probabilitas yang ditunjukkan oleh grafik $|\psi|^2$.

Energi partikel bebas dapat bernilai kontinu karena partikel tidak berada dalam ruang yang membatasi geraknya. Ketika energi partikel diperbesar, panjang gelombangnya menjadi lebih pendek atau jarak antar puncak gelombangnya semakin rapat.

Pertanyaan Penguatan

Berdasarkan hasil simulasi, mengapa partikel bebas dalam fisika kuantum tidak dapat dipastikan berada pada satu titik tertentu?

Jawab:

G. Evaluasi dan Refleksi

1. Pertanyaan Reflektif

Jika Anda hanya menggunakan sudut pandang fisika klasik, bagian mana dari perilaku partikel bebas dalam mekanika kuantum yang paling sulit diterima? Jelaskan alasannya!

Jawab:

2. Kesimpulan

Dalam kasus partikel bebas ini, momentum (energi kinetik) partikel diasumsikan diketahui nilainya secara pasti (memiliki nilai E yang konstan). Berdasarkan Prinsip Ketidakpastian Heisenberg ($\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$), apa yang terjadi pada kepastian posisi (Δx) partikel jika kepastian momentumnya (Δp) mendekati nol? Jelaskan bagaimana grafik $|\psi|^2$ yang mendatar di simulasi tadi membuktikan prinsip Heisenberg ini secara visual!
Jawab:

