**CHUYÊN ĐỀ :**

**BÀI TOÁN VA CHẠM TRONG CƠ HỌC CHẤT ĐIỂM**

1. **MỞ ĐẦU**
2. **Lý do chọn đề tài**

Va chạm là một hiện tượng thường xuyên gặp trong đời sống. Đối với vật lí các bài toán về va chạm là các dạng bài toán hay và khó của cơ học vì đòi hỏi sự tổng hợp của rất nhiều phần kiến thức quan trọng. Trong ngôn ngữ hàng ngày thì va chạm xảy ra khi một vật va vào một vật khác, ví dụ như: cái búa và cái đinh, hay các quả bóng bi-a và còn rất nhiều va chạm khác nữa. Không chỉ vậy va chạm cũng có rất nhiều ứng dụng trong thực tế cụ thể như: đo vận tốc của đạn bằng cách cho đạn va chạm với con lắc thử đạn… Va chạm có rất nhiều đặc điểm và với mỗi đặc điểm ta có một loại va chạm khác nhau, chính vì vậy việc phân biệt các loại va chạm và phân tích quá trình xảy ra va chạm là một điều khá khó. Chuyên đề “bài toán va chạm” đưa ra nhằm giúp học sinh hiểu rõ các loại va chạm và đặc điểm của từng loại va chạm, hướng giải quyết các bài toán va chạm. Từ đó học sinh có thể vận dụng kiến thức để giải các bài toán va chạm từ đơn giản đến phức tạp hình thành cho học sinh kĩ năng phân tích hiện tượng đưa ra cách giải quyết ngắn gọn và hợp lí nhất.

1. **Mục đích của đề tài**

* Học sinh hiểu được khái niệm va chạm, phân biệt được các loại va chạm và đặc điểm của chúng
* Nắm được các kiến thức cơ bản để áp dụng giải các bài toán va chạm từ đơn giản đến phức tạp
* Có thể áp dụng các kiến thức về va chạm vào thực tế đời sống hàng ngày

# B. NỘI DUNG

### I. Cơ sở lý thuyết về va chạm

Va chạm là một hiện tượng thường gặp trong đời sống và trong kỹ thuật. Việc áp dụng các định luật động lực học để giải bài toán va chạm thường gặp nhiều khó khăn do thời gian va chạm giữa các vật thường rất ngắn nên cường độ tác dụng của các lực lên các vật thường rất lớn. Khảo sát kỹ, ta thấy nói chung quá trình va chạm gồm hai giai đoạn, giai đoạn biến dạng và giai đoạn khôi phục. Giai đoạn biến dạng kể từ lúc bắt đầu xảy ra va chạm cho đến khi các vật va chạm hết biến dạng. Giai đoạn khôi phục kể từ lúc kết thúc biến dạng, các vật khôi phục hình dạng cũ cho đến lúc kết thúc va chạm.

Va chạm được phân thành các kiểu: va chạm trực diện; va chạm không trực diện.

Va chạm được gọi là va chạm trực diện nếu trước và sau khi va chạm hai vật luôn chuyển động trên một đường thẳng trùng với pháp tuyến của hai mặt tiếp xúc khi va chạm. Đối với va chạm trực diện ta quan tâm đến va chạm đàn hồi, va chạm không đàn hồi và va chạm mềm.

Trong trường hợp nếu sau va chạm hai vật bay đi theo hướng khác nhau thì va chạm là không trực diện.

Lực va chạm là lực xung, lực này rất lớn nên làm thay đổi đột ngột động lượng của mỗi vật. Có thể coi hai vật va chạm là hệ cô lập trong thời gian va chạm vì các ngoại lực như trọng lực là rất nhỏ so với nội lực. Do đó đối với tất cả các kiểu va chạm ta đều áp dụng được định luật bảo toàn động lượng.

* **Hiện tượng mất động năng khi va chạm**

Trong quá trình va chạm bao giờ cũng có quá trình biến dạng và do đó bị mất động năng cho quá trình này. Vì vậy trong bài toán va chạm không áp dụng được định lí biến thiên động năng

Gọi động năng của hệ trước và sau va chạm là T0 và T tương ứng, bao giờ ta cũng có T  T0. Lượng là phần động năng bị mất đi qua va chạm. Trong quá trình va chạm, việc tính lượng động năng bị mất đi qua quá trình va chạm là một nhiệm vụ quan trọng của bài toán va chạm, nó chỉ được tính cụ thể trong từng loại va chạm mà không có công thức tổng quát. Lượng mất động năng trong va chạm quan hệ mật thiết với biến dạng trong va chạm. Va chạm càng đàn hồi thì lượng mất động năng càng nhỏ, trái lại nếu va chạm càng mềm, tức là biến dạng nhiều và khôi phục ít, thì lượng mất động năng càng lớn.

#### Các định luật bảo toàn

Trong vật lý, va chạm được hiểu là một quá trình tương tác trong khoảng thời gian ngắn giữa các vật theo nghĩa rộng của từ này, không nhấtthế các vật phải tiếp xúc trực tiếp với nhau. Khi đang ở cách xa nhau một khoảng lớn các vật là tự do. Khi đến gần nhau, các vật tương tác với nhau dẫn đến có thể xảy ra những quá trình khác nhau: các vật chập lại thành một vật, hoặc đơn giản chỉ là thay đổi hướng và độ lớn của vận tốc… cũng có thể xảyra va chạm đàn hồi và va chạm không đàn hồi. Trong va chạm đàn hồi các vật sau khi tương tác nhau sẽ bay ra xa nhau mà không có bất kỳ thay đổi nào về nội năng, còn trong va chạm không đàn hồi thì nội năng của hệ sau va chạm sẽ bị biến đổi.

Trong thực tế,ở mức độ nào đó va chạm xảy ra giữa các vật thường là va chạm không đàn hồi vì bao giờ các vật cũng bị nóng lên do một phần nội năng đã bị chuyển hóa thành nhiệt năng do tác dụng của lực ma sát. Tuy nhiên trong vật lý thì khái niệm về va chạm đàn hồi lại đóng vai trò quan trọng.

Trong các bài toán về va chạm, có 2 dạng bảo toàn được sử dụng:

+ *Các định luật bảo toàn về động lượng* (trong chuyển động tịnh tiến) và *momen động lượng* (trongchuyển động quay).

+ *Các định luật bảo toàn về cơ năng*.

Các định luật về bảo toàncơ năng thì chỉ được áp dụng trong va chạm tuyệt đối đàn hồi. Đối với các va chạm có sự biến đổi về nội năng thì ngoài việc sử dụng các định luật về bảo toàn động lượng ( áp dụng được với mọi loại va chạm) ta có thể áp dụng thêm định luật về biến thiên nội năng của hệ.

* Đối với chuyển động tịnh tiến

- Động lượng : 

- Năng lượng

+ Động năng :

+ Thế năng hấp dẫn :

+ Thế năng đàn hồi :

* Đối với chuyển động quay tròn

+ Momen động lượng : 

+ Động năng quay : 

* Đối với chuyển động tổng quát

Đối với một chuyển động bất kỳ, người ta đã chứng minh tổng quát được rằng một chuyển động bất kỳ luôn có thể biểu diễn được dưới dạng các chuyển động tịnh tiến và chuyển động tròn.

Các bài toán va chạm thường bao gồm các bài toán thuận, bài toán ngược và bài toán tổng hợp

*Bài toán ngược:* Cho cơ hệ và các xung lực va chạm ngoài cùng với hệ số khôi phục và các yếu tố động học trước va chạm của cơ hệ. Tìm các yếu tố động học của cơ hệ sau va chạm

*Bài toán thuận:* Cho biết trạng thái động học của cơ hệ trước và sau va chạm. Tìm các xung lực va chạm và lượng mất mát động năng.

*Bài toán tổng hợp bao gồm cả hai bài toán trên.*

Khi giải các bài toán va chạm, điều quan trọng nhất là phải nhận biết được quá trình va chạm và các quá trình không va chạm. Trong các quá trình không va chạm (quá trình trước va chạm và sau va chạm) ta áp dụng các định lí đã thiết lập cho quá trình động lực không va chạm, còn trong các quá trình va chạm chúng ta sử dụng các công thức nêu ra ở trên. Nói cách khác, việc giải bài toán va chạm bao giờ cũng kèm theo giải các bài toán không va chạm

#### Các trường hợp bài toán va chạm cơ bản :

Nội dung của bài toán va chạm là như sau: biết khối lượng và vận tốc của các vật trước va chạm, ta cần tìm vận tốc của các vật sau va chạm.

Xét hai vật có khối lượng m1 và m2 chuyển động trong mặt phẳng nằm ngang (mặt phẳng xOy) và ngược chiều nhau đến va chạm trực diện với nhau. Vận tốc ban đầu của các vật lần lượt là và . Trong mặt phẳng nằm ngang chúng ta có thể áp dụng định luật bảo toàn động lượng của các vật tham gia va chạm, tức là :

                        (1)

trong đó  và  là vận tốc của các vật sau va chạm.

##### a/ Va chạm hoàn toàn đàn hồi :

Người ta gọi những va chạm trong đó động năng của hệ được bảo toàn là va chạm *đàn hồi*. Lưu ý rằng va chạm xảy ra trong mặt phẳng nằm ngang tức là độ cao so với mặt đất của các quả cầu không thay đổi nên thế năng của chúng không thay đổi trong khi va chạm, vì vậy bảo toàn cơ năng trong trường hợp này chỉ là bảo toàn động năng.

Do vậy, ta có phương trình :

 (2)

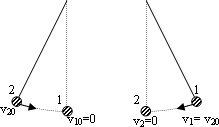
Giải hệ phương trình (1) và (2) ta được:     

Ta nhận thấy vai trò của hai quả cầu m1 và m2 hoàn toàn tương đương nhau nên trong công thức trên ta chỉ việc tráo các chỉ số 1 và 2 cho nhau thì ta tìm được vận tốc của quả cầu thứ hai sau va chạm:



Ta xét một trường hợp riêng:

Giả sử hai quả cầu hoàn toàn giống nhau , tức là m1 = m2. Ta có : 

*Nghĩa là hai quả cầu sau va chạm trao đổi vận tốc cho nhau : quả cầu thứ nhất có vận tốc của quả cầu thứ hai trước khi có va chạm và ngược lại.*

Hình minh họa

Hình bên cho thấy sau va chạm, quả cầu thứ hai có vận tốc v2 = v10 = 0, nghĩa là nó đứng yên như quả cầu thứ nhất trước khi va chạm, còn quả cầu thứ nhất sau va chạm lại có vận tốc v1 = v20 nghĩa là nó chuyển động như quả cầu thứ hai trước khi va chạm. Hai quả cầu đã thay đổi vai trò cho nhau. Nếu ma sát ở điểm treo dây rất nhỏ thì các quả cầu sẽ lần lượt lúc đứng yên lúc chuyển động xen kẽ nhau.

**Ví dụ:** Một con lắc đơn có khối lượng m1 và chiều dài dây l. Kéo lệch sơi dây đến vị trí nằm ngang rồi thả nhẹ. Khi đi qua điểm thấp nhất của quỹ đạo vật va chạm tuyệt đối đàn hồi với một vật m2 đang đứng yên. Tìm góc lệch cực đại của dây sau va chạm.

***Lời giải:***

Vận tốc của m1 ngay trước va chạm: v1 = 

Ngay sau va chạm m1 có vận tốc: 

Gọi α là góc lệch cực đại của dây sau va chạm ta có:

🡪 cos α = 

##### b) Va chạm mềm ( hay hoàn toàn không đàn hồi ):

Người ta gọi va chạm giữa các vật là *va chạm mềm* nếu sau *va chạm hai vật dính liền với nhau thành một vật.* Trong va chạm mềm một phần động năng của các quả cầu đã chuyển thành nhiệt và công làm biến dạng các vật sau va chạm. Dĩ nhiên trong va chạm mềm ta không có sự bảo toàn cơ năng của các vật.

Định luật bảo toàn động lượng dẫn đến phương trình :



trong đó  là vận tốc của vật sau va chạm. Từ đó, ta tính được vận tốc của các vật sau va chạm :



Động năng của hai vật trước va chạm :



Động năng của chúng sau va chạm :

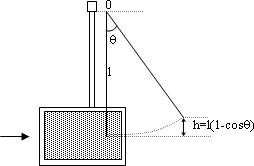


*Phần động năng tổn hao trong quá trình va chạm là :*



Biểu thức trên chứng tỏ rằng động năng của các quả cầu luôn luôn bị tiêu hao thành nhiệt và công làm biến dạng các vật sau va chạm.

**Ví dụ:**

Sau đây chúng ta sẽ trình bày một áp dụng của va chạm mềm để xác định vận tốc ban đầu của đầu đạn khi bay ra khỏi nòng súng ........Để xác định vận tốc v10 của viên đạn có khối lượng m1 khi bay ra khỏi nòng súng, người ta bắn viên đạn vào một bao cát có khối lượng m2 đứng yên (v20 = 0). Sau va chạm, viên đạn và bao cát dính vào nhau và có cùng vận tốc là v . Bao cát được treo bằng một thanh kim loại cứng có chiều dài l . Đầu thanh có gắn một lưỡi dao O làm trục quay. Nhờ động năng sau va chạm mà hệ quay đi một góc *θ*, và được nâng lên một độ cao h so với vị trí cân bằng. Tất cả động năng của hệ đã chuyển thành thế năng. *Đo góc θ, biết m1, m2 và l ta có thể xác định được vận tốc ban đầu v10 của viên đạn khi bay ra khỏi nòng súng.* Thật vậy, áp dụng định luật bảo toàn động lượng và biết rằng v20 = 0, suy ra : 

Từ đó có thể tính động năng sau va chạm của hệ là :



Thế năng của hệ ở vị trí được xác định bởi góc *θ*là :

Theo định luật bảo toàn cơ năng : *K = U*



Dựa vào hệ thức lượng giác :



Ta có thể biến đổi phương trình trên thành :



Từ đó tính được:



Hệ thống bố trí như trên cho phép ta xác định được vận tốc của viên đạn khi đo góc lệch θ , do đó được gọi là con lắc thử đạn.

**Ví dụ khác:** Một viên đạn có khối lượng m bay với vận tốc v0 đến va chạm vào một bao cát có khối lượng M rồi ở nguyên trong bao cát. Tìm tỷ số  để sau va chạm có 40% động năng ban đầu của viên đạn chuyển hóa thành nhiệt.

***Lời giải:***

Bảo toàn động lượng: m v0 = (m + M) V 🡪 V = 

🡪 Nhiệt lượng tỏa ra: Q = 

Theo giả thiết: 🡪🡪= 1.5.

##### c/ Va chạm không đàn hồi:

Thực tế, va chạm giữa các vật không hoàn toàn đàn hồi cũng như không phải là va chạm mềm mà là trường hợp trung gian giữa hai trường hợp trên. Trong quá trình va chạm, một phần động năng của các vật đã chuyển thành nhiệt và công biến dạng mặc dù sau va chạm hai vật không dính liền nhau mà chuyển động với những vận tốc khác nhau. Ta viết được các phương trình:



+ Q

\* ***Hệ số hồi phục***

Từ thời Niutơn, bằng thực nghiệm người ta đã xác định được rằng trong va chạm thật giữa các vật thì tỉ số **e** của vận tốc tương đối sau va chạm () và vận tốc tương đối trước va chạm ( )

Như vậy, đối với va chạm hoàn toàn đàn hồi thì **e** = 1.

Trong va chạm mềm thì vì sau va chạm hai vật cùng chuyển động cùng với vận tốc v như nhau nên vận tốc tương đối của chúng sau va chạm bằng không, do đó **e** = 0.

Đối với va chạm không đàn hồi thì e có giá trị giữa 0 và 1

Niutơn đã xác định được với thủy tinh thì **e** = 15/16 còn đối với sắt thì **e** = 5/9.

Biết hệ số **e**, ta có thể xác định được vận tốc sau va chạm của các vật và phần động năng tiêu hao trong va chạm. Thật vậy, từ định nghĩa của hệ số đàn hồi **e** ở trên và định luật bảo toàn động lượng ta có hệ phương trình :





Muốn giải hệ phương trình này, chúng ta nhân hai vế của phương trình đầu với m2 rồi cộng phương trình thu được với phương trình thứ hai của hệ ta được :



Từ đó tính được :



Tương tự , ta tìm được :



Phần động năng tiêu hao trong va chạm là :







Từ các biểu thức của v1 và v2 mà ta tìm được ở trên ta có đẳng thức sau :



Vậy :



Mặt khác :  

Cuối cùng: 

Từ biểu thức trên , ta thấy trong va chạm hoàn toàn đàn hồi (**e** = 1) thì K = 0, tức là không có sự tổn hao động năng của các quả cầu sau va chạm. Trong va chạm mềm (**e** = 0) thì biểu thức trên hoàn toàn trùng với biểu thức mà ta đã tính được trước đây.

***d/ Va chạm không trực diện:***

Giả sử vật 1 chuyển động đến va chạm với vật 2 đang đứng yên. Nếu sau va chạm, hai vật bay đi theo các góc thì va chạm là không trực diện. Nếu là hai quả cầu thì va chạm là không xuyên tâm. Đối với va chạm không trực diện, định luật bảo toàn động lượng có thể viết thành hai phương trình đại số như sau:

Thành phần x:

Thành phần y:

Còn nếu là va chạm đàn hồi thì động năng cũng được bảo toàn

#### II. Các dạng bài toán hay và khó:

**Bài 1:**

Trên mặt phẳng nằm ngang có hai quả cầu giống nhau. Quả cầu 1 nằm yên, quả cầu 2 chuyển động với vận tốc v đến va chạm vào quả cầu 1 ( hình vẽ). Cho biết va chạm là đàn hồi nhưng không xuyên tâm. Chứng minh rằng sau va chạm hai quả cầu chuyển động theo hai phương vuông góc với nhau. Bỏ qua mọi ma sát.

**Lời giải**

Xét hệ kín gồm hai quả cầu. Vì các ngoại lực là

1

2

2

trọng lực của hai quả cầu và phản lực của mặt

phẳng đều có phương thẳng đứng nên hệ cô lập

theo mọi phương trong mặt phẳng nằm ngang.

Gọi là góc giữa hai hướng chuyển động của

hai quả cầu sau va chạm. Áp dụng định luật bảo toàn động lượng

(1)

Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng

Suy ra

(2)

Từ (1) và (2) suy ra:

=>

**Bài 2:**

Có ba quả bóng đàn hồi giống hệt nhau. Hai quả 2 và 3 nằm yên trên mặt bàn nằm ngang, nhẵn, tiếp xúc với nhau. Quả cầu 1 chuyển động với vận tốc 1 m/s theo hướng đi qua điểm tiếp xúc và vuông góc với đường nối tâm O2O3 của hai quả kia. Hãy xác định vận tốc của 3 quả bóng sau va chạm đàn hồi.

**Lời giải**

Xét hệ 3 bóng lúc xảy ra va chạm.

Vì va chạm là đàn hồi nên lực tương tác giữa chúng vuông góc với các mặt tiếp xúc, nghĩa là hướng vào tâm của các quả cầu.

Do tính chất đối xứng của va chạm nên ta có:

có phương x

. Các vecto làm với trục x một góc 300

Bảo toàn động lượng

(\*)

Bảo toàn động năng

(\*\*)

Từ (\*) và (\*\*) suy ra: (bật trở lại )

**Bài 3: (Đề thi trại hè Hùng Vương lần thứ X Quảng Ninh 2014)**

Hai vật nặng có khối lượng m1 = 10 kg và m2 = 20 kg được mắc vào hai đầu của lò xo có khối lượng không đáng kể, độ cứng của lò xo là k = 100 N/m. Vật nặng m2 được đặt tựa vào tường thẳng đứng. Hệ được đặt trên mặt phẳng nằm ngang như hình vẽ (*hình 2*). Hệ số ma sát giữa mặt phẳng và hai vật là như nhau và có giá trị μ = 0,1.

m1

m2

m

α

*Hình 2*

Ban đầu hệ ở trạng thái cân bằng, lò xo không biến dạng. Một viên đạn có khối lượng m = 1 kg bay với vận tốc v0 = 10 m/s hợp với phương ngang góc α = 300đến cắm vào vật m1.

Giả sử lực tương tác giữa m và m1 rất lớn so với trọng lực của chúng. Coi thời gian va chạm đủ nhỏ để lò xo chưa kịp biến dạng trong quá trình xảy ra va chạm. Lấy g = 10 m/s2.

a) Xác định vận tốc của vật m1 ngay sau khi va chạm.

b) Xác định độ biến dạng cực đại của lò xo?

c) Trong quá trình hệ chuyển động vật m2 có dịch chuyển không?

**Lời giải**

m1

m2

m

α

x

O

y

1. Xét động lượng của hệ hai vật m và m1.

Trước va chạm: 

Sau va chạm: 

Như vậy trong quá trình va chạm động lượng của hệ theo phương Oy biến thiên một lượng: 

Trong quá trình va chạm hệ chịu tác dụng của trọng lực và phản lực  của mặt phẳng ngang. Phản lực này có thể phân tích thành hai thành phần: thành phần pháp tuyến Fy và lực ma sát Fms. Theo dữ kiện bài toán dễ thấy F lớn hơn nhiều so với trọng lực do đó Fy cũng lớn hơn nhiều so với trọng lực.

Áp dụng định lí biến thiên động lượng theo phương Oy:



do Fy lớn hơn nhiều so với trọng lực lên ta có: 

Áp dụng định lí biến thiên động lượng theo phương Ox:



Ta có: 



Ta có:



1. Sau khi tương tác hệ vật chuyển động chịu tác dụng của lực ma sát nên cơ năng của hệ giảm dần vì vậy độ biến dạng cực đại của lò xo chính là độ nén cực đại của lò xo ngay sau thời điểm va chạm

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng ta có:



Loại nghiệm x = -37,9 cm. Vậy độ biến dạng (nén) cực đại của lò xo trong quá trình hệ dao động là: xmax= 15,9 cm

1. Giả sử sau khi lò xo bị nén cực đại, vật m và m1 dịch chuyển sang trái tới vị trí lò xo biến dạng một đoạn x thì dừng lại. Trong quá trình này ta giả sử vật m2 vẫn đứng yên.

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng ta có:



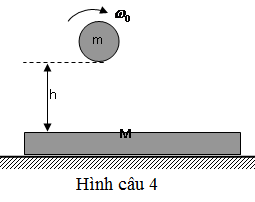
Loại nghiệm x = -15,9 cm.

Như vậy lò xo bị dãn một đoạn 13,7 cm thì vật m và m1 dừng lại. Tại vị trí này lực đàn hồi của lò xo là: 

Mặt khác để vật m2 dịch chuyển sang trái thì điều kiện là:



Suy ra trong suốt quá trình chuyển động của m và m1 thì m2 vẫn đứng yên

**Bài 4: ( Đề thi trại hè Hùng Vương lần thứ XIIBắc Giang 2014)**

Tấm ván đủ dài có khối lượng M nằm trên mặt phẳng nằm ngang rất nhẵn. Một quả cầu đặc khối lượng m bán kính R quay quanh trục nằm ngang đi qua tâm với tốc độ góc được thả không vận tốc ban đầu từ độ cao h xuống tấm ván. Trong suốt quá trình va chạm giữa quả cầu và tấm ván, quả cầu luôn bị trượt. Độ lớn vận tốc theo phương thẳng đứng của quả cầu ngay sau và ngay trước khi va chạm với tấm ván liên hệ bởi hệ thức = hằng số. Cho hệ số ma sát giữa tấm ván và quả cầu là µ. Coi trọng lực của quả cầu rất nhỏ so với lực tương tác khi va chạm.

**1.** Tính tốc độ góc quay quanh khối tâm của quả cầu ngay sau va chạm với tấm ván.

**2.** Tìm vận tốc khối tâm quả cầu ngay sau va chạm với tấm ván.

**3.** Tìm khoảng cách giữa vị trí va chạm lần 1 và vị trí va chạm lần 2.

**Lời giải**

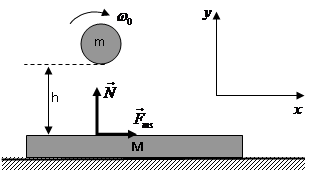
***1. Tìm tốc độ góc của quả cầu ngay sau va chạm***

Gọi  là thời gian va chạm

Pt biến thiên momen động lượng quả cầu với trục quay qua khối tâm: (1)

Pt biến thiên động lượng khối tâm của quả cầu theo phương Oy:



(2)

Từ (1) và (2): 

⇒…

***2. Tìm vận tốc tâm quả cầu ngay sau va chạm***

Pt biến thiên động lượng khối tâm của quả cầu theo phương Ox:

  (3)

Từ (2) và (3): 



***3. Tìm khoảng cách từ vị trí va chạm lần 1 đến vị trí va chạm lần 2***

Gọi  là vận tốc tấm ván ngay khi kết thúc va chạm lần 1.

Theo định luật bảo toàn động lượng cho hệ quả cầu và ván:



Sau va chạm quả cầu chuyển động như vật ném xiên với

; 

Quãng đường quả cầu đi được dọc theo phương ngang:



Quãng đường ván đi được theo chiều ngược lại là:



Vị trí va chạm thứ 2 cách vị trí kết thúc va chạm lần 1:



Thay  ở trên vào và biến đổi ta được:

……

**Bài 5:**

Cho một hệ dao động như hình vẽ bên. Lò xo có khối lượng không đáng kể, độ cứng  . Vật  có thể trượt không ma sát trên mặt phẳng nằm ngang. Hệ đang ở trạng thái cân bằng, dùng một vật  bắn vào M theo phương nằm ngang với vận tốc  . Sau va chạm hai vật dính vào nhau và cùng dao động điều hoà. Xác định vận tốc của hệ ngay sau va chạm. Viết phương trình dao động của hệ. Chọn trục toạ độ Ox trùng với phương dao động, gốc toạ độ O là vị trí cân bằng, chiều dương của trục cùng chiều với chiều của  . Gốc thời gian là lúc va chạm.

**Lời giải**

+ Va chạm mềm:



V là vận tốc của hệ ngay sau va chạm

+ Tần số góc của hệ dao động điều hoà:

 .

+ Phương trình dao động có dạng:

** ,

vận tốc:

 .

+ Thay vào điều kiện đầu:



+ Vậy phương trình dao động là:

** .

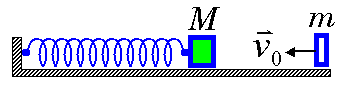
**Bài 6:**

Một con lắc lò xo, gồm lò xo có khối lượng không đáng kể và có độ cứng  , vật M có khối lượng  , dao động điều hoà trên mặt phẳng nằm ngang với biên độ . Giả sử M đang dao động thì có một vật m có khối lượng  bắn vào M theo phương ngang với vận tốc , giả thiết là va chạm không đàn hồi và xẩy ra tại thời điểm lò xo có độ dài lớn nhất. Sau va chạm hai vật gắn chặt vào nhau và cùng dao động điều hoà.

1) Tính động năng và thế năng của hệ dao động tại thời điểm ngay sau va chạm.

2) Tính cơ năng dao động của hệ sau va chạm, từ đó suy ra biên độ dao động của hệ.

***Lời giải***

******

+ Vì va chạm xảy ra tại thời điểm lò xo có độ dài lớn nhất nên vận tốc của M ngay trước lúc va chạm bằng không.

Gọi V là vận tốc của hệ  ngay sau va chạm. Sử dụng định luật bảo toàn động lượng, ta có:



1) Động năng của hệ ngay sau va chạm: 

+ Tại thời điểm đó vật có li độ



nên thế năng đàn hồi:



2) Cơ năng dao động của hệ sau va chạm:



+ Mặt khác:



**Bài 7:**

Hai viên bi hình cầu giống hệt nhau có khối lượng m.Viên thứ 1 đang nằm im trên bàn thì viên thứ 2 trượt đếnvới vận tốc *v0* và đập vào viên thứ 1. Cho góc *α* = 450. Sau va chạm 2 viên chuyển động theo 2 hướng tạo với nhau 1 góc *β* = 600. Xác định hướng và vận tốc trượt của 2 viên bi sau va chạm.

Xác định kiểu va chạm này là va chạm kiểu gì?

**Lời giải**

**+** Phân tích dữ liệu:trước hết ta không thể nói ngay xem đây là va chạm tuyệt đối đàn hồi hay là va chạm mềm. Phải qua các bước tính toán thì mới có thể khẳng định được điều đó. Vì vậy ta không thể áp dụng các phương pháp bảo toàn cơ năng. Tuy nhiên trong thời gian xảy ra va chạm, do nội năng trong quá trình này là tương đối lớn nên có thể bỏ qua các yếu tố ngoại lực, vì vậy ta hoàn toàn có thể coi trong quá trình này thì hệ là hệ kínđược phép áp dụng định luật bảo toàn động lượng.

**+** Giải quyết vấn đề

Trong quá trình va chạm, 2 viên bi chỉ tiếp xúc tại một điểm duy nhất do tính chất của hình cầu. Vì vậy nên tổng hợp lực tác dụng lên hòn bi thứ nhất khi đó có hướng trùng với đường thẳng nối điểm tiếp xúc A với tâm O1, tức là tạo với phương vận tốc ban đầu *v0* của viên bi thứ 2 một góc bằng *α*. Vì vậy, vận tốc *v1* của viên bi thứ nhất sau va chạm có hướng tạo với *v0* góc *α* => *v2* có hướng tạo với *v0* góc *(β-α)*

Trước va chạm viên bi thứ 2 có động lượng



Sau va chạm 2 viên bi có động lượng tương ứng là :

 và 

Theo nguyên tắc tam giác  được biểu diễn như hình vẽ :

Theo định lý hàm số sin ta có



và





Bây giờ ta xét về phương diện năng lượng

Năng lượng của hệ trước va chạm:



Năng lượng của hệ sau va chạm





Dễ thấy năng lượng trước và sau va chạm là khác nhau  đây không phải là va chạm hoàn toàn đàn hồi cũng như va chạm hoàn toàn mềm

#### *Bài tập khác*

**Bài 8**:

Quả bóng có khối lượng m = 500g chuyển động với vận tốc v = 10 m/s đến đập vào tường rồi bật trở lại với vận tốc v, hướng vận tốc của bóng trước và sau va chạm tuân theo quy luật phản xạ gương. Tính độ lớn động lượng của bóng trước, sau va chạm và độ biến thiên động lượng của bóng nếu bóng đến đập vào tường với góc tới bằng:

a) 

b) 

Suy ra lực trung bình do tường tác dụng lên bóng nếu thời gian va chạm 

***Lời giải:***

Độ lớn của động lượng của quả bóng trước và sau va chạm:



Độ biến thiên động lượng của bón



a) Trường hợp 1:

Nếu góc tới của bóng bằng 0 (bóng đến đập vuông góc với tường), bóng sẽ bật ngược trở lại hướng ban đầu.

Vì  và  ngược chiều:





Lực do tường tác dụng lên bóng:



Suy ra:



b) Trường hợp 2:

Nếu góc tới của bóng là 600 : các vectơ vận tốc (và động lượng) của bóng trước và sau va chạm sẽ hợp với nhau một góc bằng 600

p = p, = 5 kgm/s kết hợp với



Các vectơ  sẽ tạo thành một tam giác đều.

Suy ra:



Lực do tường tác dụng lên bóng:



***Chú ý:*** *Đây là loa bài toán về độ biến thiên động lượng và xung lượng của lực tác dụng lên vật. Chỉ cần xác định và vẽ chính xác vectơ động lượng của vật lúc trước và sau va chạm từ đó xác định được đúng vectơ biểu thị độ biens thiên động lượng và xác định được lực  (phương, chiều, độ lớn) làm biến thiên động lượng của vật (dĩ nhiên, ngược lại, nếu biết  suy ra ). Ở đây chỉ nói đến lực trung bình, bởi vì trong khoảng thời gian , lực  có thể thay đổi. Cần chú ý rằng có lực ma sát nên vân tốc bật ngược trở của quả bóng có thể có độ lớn và phương khác với vận tốc lúc va chạm (đề bài sẽ cho biết)*

**Bài 9:**

Hai hòn bi A và B có khối lượng m1 = 150g và m2 = 300g được treo bằng hai sợi dây, có khối lượng không đáng kể có cùng chiều dài l = 1m, vào một điểm 0. Kéo lệch hòn bi A cho dây treo nằm ngang rồi thả nhẹ nó ra, nó đến va chạm vào hòn bi B. Sau va chạm hai hòn bi chuyên động như thế nào? lên đến độ cao bao nhiêu tính từ vị trí cân bằng? Tính phần động năng biến thành nhiệt năng khi va chạm.

Xét hai trường hợp:

a) Hai viên bi bằng chì, va chạm là mềm

b) Hai hòn bi bằng thép, va chạm là đàn hồi.

Trong mỗi trường hợp kiểm lại định luật bảo toàn năng lượng.

***Lời giải***

Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng (cho hệ gồm trái đất và hòn bi A, chọn mốc thế năng tại ví trí cân bằng của hòn bi B trước va chạm) ta tính được vận tốc v của hòn bi A trước va chạm:



a) Va chạm là mềm:

Một phần động năng của hòn bi A biến thiên thành nhiệt:

.

Ngay sau va chạm cả hai hòn bi có cùng vận tốc u. Áp dụng định luật bảo toàn động lượng ta có:

 (thay m2 = 2m1 theo đề bài)

Động năng W,đ của hệ hai hòn bi sau va chạm là



Sau va chạm hai hòn bi dính vào nhau và tiếp nối chuyển động tròn ban đầu của hòn bi A. Động năng W,đ của hệ hai hòn bi chuyển động thành thế năng W,t = (m1+m2)gh = 3 m1gh của hòn bi ở độ cao tối đa h (chọn mốc thế năng như trên):

W,t = W,đ





phần động năng của hòn bi A đã biến thành nhiệt khi va chạm là:

Q = Wđ - W,đ =



Thay số ta có: Q = 1J

Ta kiểm tra lại định luật bảo toàn năng lượng. Ban đầu năng lượng của hệ hai hòn bi là thế năng m1gl của hòn bi A ở độ cao 1. Về sau hệ có thế năng m1gl/3, cơ năng không được bảo toàn là một phần Q = 2m1gl/3 đã chuyển thành nhiệt trong quá trình va chạm mềm. Nhưng năng lượng được bảo toàn:

m1gl = Q + m1gl/3

b)*Va chạm là đàn hồi.* Gọi v1 và v2 là vận tốc của hòn bi A và hòn bi B ngay sau va chạm. Áp dụng định luật bảo toàn động lượng và định luật bảo toàn động năng cho hệ hai hòn bi ta co(lưu ý m2 = 2m1)

m1v = m1v1 + m2v2v = v1 + v2

và .

suy ra: v1 = -  ; v2 = .

v1 ngược dấu với v có nghĩa là hòn bi A bật ngược trở lại; v2 cingf dấu với v có nghĩa là hòn bi B bật lại về phía trước và tiếp nối chuyển động tròn ban đầu của hòn bi A và hòn bi B lần lượt là:

|  |  |
| --- | --- |
| Wđ1 = |  |
| Wđ2 = |  |

Nhờ có động năng hai hòn bi đi lên các độ cao tối đa h1 và h2 ở đó thế năng của chúng bằng các động năng trên dây (áp dụng định luật bảo toàn cơ năng t). ta có:

Wđ1 = Wt1 m1gh1 = 

và Wđ2 = Wt2

Ta kiêm tra lại định luật bảo toàn năng lượng. Ban đầu năng lượng của hệ hai hòn bi là thế năng m1gl của hòn bi A ở độ cao l. về sau hệ có thế năng

Wt1 = Wt2 =  bằng năng lượng ban đầu.

***Chú ý*** *: Đây là loại bài toán va chạm giữa hai vật. Trong trường hợp va chạm mềm (như trong ví dụ trên hoặc trong bài toán về con lắc thử đạn ), ta áp dụng định luật bảo toàn động lượng, trong đó cần chú ý rằng sau va chạm vật có cùng vận tốc (hai vật “dính vào nhau”); trong trường hợp này động năng (cơ năng) không được bảo toàn, một phần động năng ban đầu biến thành nội năng (nhiệt và biến dạng). Còn trong trường hợp va chạm đàn hồi thì áp dụng định luật bảo toàn động lượng và định luật bảo toàn động năng; trong trường hợp này có thể thay định luật bảo toàn động năng bằng quy tắc: vận tốc tương đối giữa hai vật giữ nguyên độ lớn nhưng đổi chiều; cụ thể là trong thí dụ trên có thể thay phương trình (8) bằng phương trình v2 =  và v1 = -  .*

**Bài 10:**

Một thanh đồng chất OA có chiều dài L, khối lượng M quay không ma sát quanh đầu O cố định của nó. Lúc đầu thanh được giữ nằm ngang, sau được thả rơi không vận tốc đầu. Khi thanh tới vị trí thẳng đứng, đầu A của nó đập vuông góc vào một vật B có kích thước nhỏ, khối lượng m, đặt trên một giá đỡ. Xác định vận tốc của hai vật sau va chạm. Xét hai trường hợp:

O

A

B

a. Va chạm là va chạm mềm

b. Va chạm là hoàn toàn đàn hồi

Lời giải

|  |
| --- |
| \* Xét quá trình va chạm:  a. Va chạm là va chạm mềm  Sau va chạm, hệ có vận tốc góc ω và vận tốc vB  Áp dụng định luật bảo toàn mô men động lượng với trục quay qua O: |
|  |
| b. Va chạm là đàn hồi  Áp dụng định luật bảo toàn mô men động lượng: |
| Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng: |
| Giải hệ phương trình ta được: |

**Bài 11:**

Hai vật nặng A và B có khối lượng mA = 900g và mB = 4kg mắc vào lò xo nhẹ có khối lượng không đáng kể, độ cứng của lò xo là k = 100N/m. Vật B có một đầu tựa vào tường thẳng đứng. Hệ được đặt trên mặt phẳng nằm ngang. Hệ số ma sát giữa mặt phẳng ngang với vật A và B lần lượt là µA = 0,1; µB=0,3. Ban đầu 2 vật A, B nằm yên và lò xo không biến dạng. Một vật C có khối lượng m=100g đang bay theo phương ngang với vận tốc là v đến va chạm vào vật A (hình 2). Lấy g =10m/s2.

B

v

A

Hình 2

C

1. Cho v =10m/s. Tìm độ nén lớn nhất của lò xo trong 2 trường hợp:

a)Va chạm giữa vật C và A là hoàn toàn đàn hồi.

b) Va chạm giữa vật C và A là mềm.

2. Nếu sau va chạm, vật C cắm vào vật A thì C phải có vận tốc tối thiểu là bao nhiêu để vật B có thể dịch sang trái?

Lời giải

|  |  |
| --- | --- |
| 1,a) Chọn chiều dương là chiều chuyển động của vật C.  B  C  v  A  Hình 2  Xét va chạm giữa C và A là va chạm hoàn toàn đàn hồi:  Gọi vận tốc của C và A sau va chạm lần lượt là v1 và v2.  Áp dụng định luật bảo toàn động lượng cho hệ A và C trong thời gian va chạm ta được:  mv = mv1 +mAv2­ (1) | |
| Vì va chạm là hoàn toàn đàn hồi nên động năng của hệ bảo toàn:  *(2)* | |
| Từ (1) và (2) ta có | |
| Khi lò xo có độ nén cực đại là x thì vận tốc của A bằng 0. Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng cho vật A ta được:  (3)  Giải phương trình (3) ta được | |
| b) Xét va chạm giữa C và A là va chạm mềm thì sau va chạm 2 vật C và A sẽ cùng chuyển động với vận tốc v0 . Áp dụng định luật bảo toàn động lượng ta có:  mv = (m + mA)v0 → v0 = 1m/s | |
| Gọi x là độ co lớn nhất lò xo  Áp dụng ĐLBT năng lượng:  → 50x2 + x – 0,5 = 0  Giải phương trình trên ta được x = 0,09(m). | |
| 2. Để B có thể dịch chuyển sang trái thì lò xo phải dãn ít nhất một đoạn x0 sao cho:  Fđh = Fm/s B ↔ kx0 =  → | |
| Như vậy vận tốc v0 mà (m + mA) có được sau va chạm phải làm cho lò xo co tối đa là x sao cho khi dãn ra thì lò xo có độ dãn tối thiểu là x0. Áp dụng ĐLBT năng lượng cho hệ trong quá trình này:  → x = 0,14m  ( loại nghiệm âm). | |
| Áp dụng ĐLBT năng lượng cho hệ trong quá trình lò xo bị nén, ta có | |
| mà mv = (mA + m).v0 → v =  m/s 15m/s.  Như vậy, để m­B có thể dịch sang trái thì C phải có vận tốc ít nhất là 15m/s. | |
| **Bài 12:**  Một vật nhỏ khối lượng M =100g treo vào đầu sợi dây lí tưởng, chiều dài l = 20cm như hình vẽ 2. Dùng vật nhỏ m = 50g có tốc độ v0 bắn vào M. Bỏ qua sức cản của không khí. Lấy g = 10m/s2. Coi va chạm là tuyệt đối đàn hồi.  a) Xác định v0 để M lên đến vị trí dây nằm ngang.  b) Xác định v0 tối thiểu để M chuyển động tròn xung quanh O.  c) Cho v0 = m/s, xác định chuyển động của M. (Hình vẽ 2) | v0  O  M  m  l | |

Lời giải

a)

Va chạm đàn hồi:

 =>

Khi dây nằm ngang: 

Thay số: v0 = 3m/s.

b)

Để M chuyển động hết vòng tròn, tại điểm cao nhất E: 

=>

Thay số: v0 = m/s.

c)

Khi m/s <

=> M không lên tới điểm cao nhất của quĩ đạo tròn.

Lực căng của dây:

.

Khi T = 0 => M bắt đầu rời quĩ đạo tròn tại D với vận tốc vD, có hướng hợp với phương ngang góc 600.

Từ D vật M chuyển động như vật ném xiên. Dễ dàng tính được góc COD = 300.

**Bài 13:**

Trên mặt phăng ngang có hai quả cầu nhám cùng bán kính, khối lượng, lăn không trượt đến gặp nhau với cùng vận tốc v vào một thời điểm mà khoảng các giữa chúng là d. Hỏi sau khoảng thời gian bao lâu sau khi va chạm thì khoảng cách giữa chúng lại là d. Cho biết va chạm tức thời giữa 2 qua cầu là tuyệt đối đàn hồi, hệ số ma sát là μ ở mọi nơi. Bỏ qua mọi ma sát lăn và lực cản của không khí, cho rằng quãng đường lăn có trượt sau va chạm của mỗi quả cầu nhỏ hơn d/2.

Lời giải

Vì trong quá trình lăn không trượt thì vận tốc dài và vận tốc góc không đổi của chúng.

* thời gian để 2 quả cầu đến gặp nhau trước khi va chạm là t = .
* sau khi va chạm 2 quả cầu vừa lăn vừa trượt với gia tốc dài và góc là:

a = μg ; γ = μ

- thời gian từ lúc va chạm đến khi vận tốc triệt tiêu là:

ω = ω - γt = 0 ⇔ = μ. t

⇒ t = μ

Sau đó sự lăn và trượt tiếp tục xảy ra. vận tốc đầu của giai đoạn này là:  
 v = v - μgt = v

Đến khi xảy ra sự lăn không trượt thì vận tốc của 2 quả cầu là:

v = v - μgt = γt R ⇔v - μgt = γRt = μ Rt

⇒ t = μ .

vận tốc của quả cầu khi đó là v = v .

quãng đường mỗi quả cầu đi được trong thời gian ( t + t) là:

d = μ = μ .

để chúng lại cách nhau một đoạn đường d thì thời gian lăn không trượt tiếp là:

t = = μμ .

Vậy tổng thời gian cần tìm là: t = t + t + t + t

*Bài tập tự giải*

**Bài 1: (Bài 417 Sách 423 bài toán vật lý 10)**

Hai quả cầu bằng nhựa cùng khối lượng được treo bằng dây chiều dài l. Một quả được kéo cho dây treo làm góc  với đường thẳng đứng đo qua 0 rồi thả nhẹ nhàng. Nó đến va chạm với quả đứng yên, 2 quả dính vào nhau và cùng chuyển động. Tính:

a) Góc  lớn nhất mà dây treo hợp với phương thẳng đứng sau khi 2 vật dính vào nhau.

b) Phần trăm động năng đã chuyển thành nhiệt

**Đáp số:** a)  b) 

**Bài 2: (26.16 sách giải toán vật lý 10- tập 2)**

Xe chở cát khối lượng m1 = 390 kg chuyển động theo phương ngang với vận tốc v1 = 8 m/s. Hòn đá khối lượng m2 = 10kg bay đến cắm vào cát. Tìm vận tốc của xe khi hòn đá rơi vào cát trong hai trường hợp:

a) Hòn đá bay ngang, ngược chiều xe với vận tốc v2 = 12 m/s.

b) Hòn đá rơi thẳng đứng

**Đáp số:** a) 7,5 m/s

b) 7,8 m/s

**Bài 3: (Bài 33.28 Sách giải toán vật lý 10- tập 2)**

Một viên đạn khối lượng m bay theo phương ngang với vận tố v1 và đâm xuyên qua một quả cầu khối lượng M đặt trên sàn nhẵn. Sau khi xuyên qua M, m chuyển động theo chiều cũ với vận tốc v2. Tìm nhiệt lượng tỏa ra trong quá trình trên.

**Đáp số:** Q = 

**Bài 4: (Bài 35P Sách cơ sở vật lý- tập 1)**

Một quả cầu thép khối lượng 0,5 kg được treo bằng một sợi dây dài 70 cm,mà đầu kia cố định và được thả rơi, lúc dây nằm ngang. Ở cuối đường đi, quả cầu va vào một khối bằng thép 2,5 kg, ban đầu đứng nghỉ trên một mặt không ma sát. Va chạm là đàn hồi. Tìm

a) Tốc độ của quả cầu

b) Tốc độ của khối thép ngay sau va chạm.

**Đáp số:** a) 2,47 m/s

b) 1,23 m/s

**Bài 5: (bài 45E sách cơ sở vật lý - tập 1)**

Một viên đạn khối lượng 10g đập vào một con lắc thử đạn khối lượng 2kg. Khối tâm của con lắc lên cao được một khoảng cách thẳng đứng 12cm. Giả sử rằng viên đạn gắn chặt vào con lắc, hãy tính tốc độ đầu của viên đạn.

**Đáp án:** 310 m/s.

**Bài 6: (Bài 26.24 Sách giải toán vật lý 10 - tập 2)**

Một vật khối lượng m­1 = 5kg, trượt không ma sát theo một mặt phẳng nghiêng , từ độ cao h = 1,8m rơi vào một xe cát khối lượng m2 = 45kg đang đứng yên. tìm vận tốc xe sau đó. Bỏ qua ma sát giữa xe và mặt phẳng đường. Biết mặt cát rất gần mặt phẳng nghiêng.

**Đáp số:** 0,03m/s.

**Bài 7: (Bài 33.34 sách giải toán vật lý lớp 10- tập 2)**

Một quả khối lượng m1 chuyển động với vận tốc v, gặp quả cầu đưng yên khối lượng m2 sao cho khi va chạm vận tốc  hợp với đường nối hai tâm một góc. Tính vận tốc quả cầu m1 sau va chạm, biết va chạm tuyệt đối không đàn hồi.

**Đáp số:** 

C. KẾT LUẬN

Chuyên đề đã trình bày được cơ sở lí thuyết và một số dạng bài tập từ cơ bản đến nâng cao của va chạm. Các bài tập được lựa chọn từ các sách bồi dưỡng, trong các đề thi học sinh giỏi cấp tỉnh, đề thi học sinh giỏi quốc gia … để học sinh có cơ hội luyện tập các dạng bài tập mẫu. Trong mỗi bài tập đều có hướng dẫn giải, phân tích hiện tượng vật lý, lập luận lôgic khoa học và có dẫn dắt theo các công thức tính toán để học sinh có thể nắm bắt được bản chất các hiện tượng cũng như các định luật vật lý.

Tuy nhiên, vì thời gian và trình độ bản thân có hạn, tôi nhận thấy chuyên đề của mình còn nhiều khiếm khuyết. Các dạng bài tập chưa được tổng quát và chưa phong phú. Rất mong được sự góp ý của bạn đọc để đề tài được hoàn thiện hơn, giúp cho công tác giảng dạy, bồi dưỡng học sinh giỏi ngày càng hiệu quả hơn.

Xin trân trọng cảm ơn!

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1, Bồi dưỡng Học sinh giỏi Vật lí Trung học phổ thông Cơ học 1 – Tô giang

2, Giải toán vật lý lớp 10 tập 2 – Bùi Quang Hân

3, Cơ sở vật lý tập 1 - David Halliday , Robert Resnik , Jearl Walker

4, 423 bài toán vật lý 10 – Trần Trọng Hưng

5, Kỉ yếu Trại hè Hùng Vương môn Vật lí 2018

6, Nguồn internet...