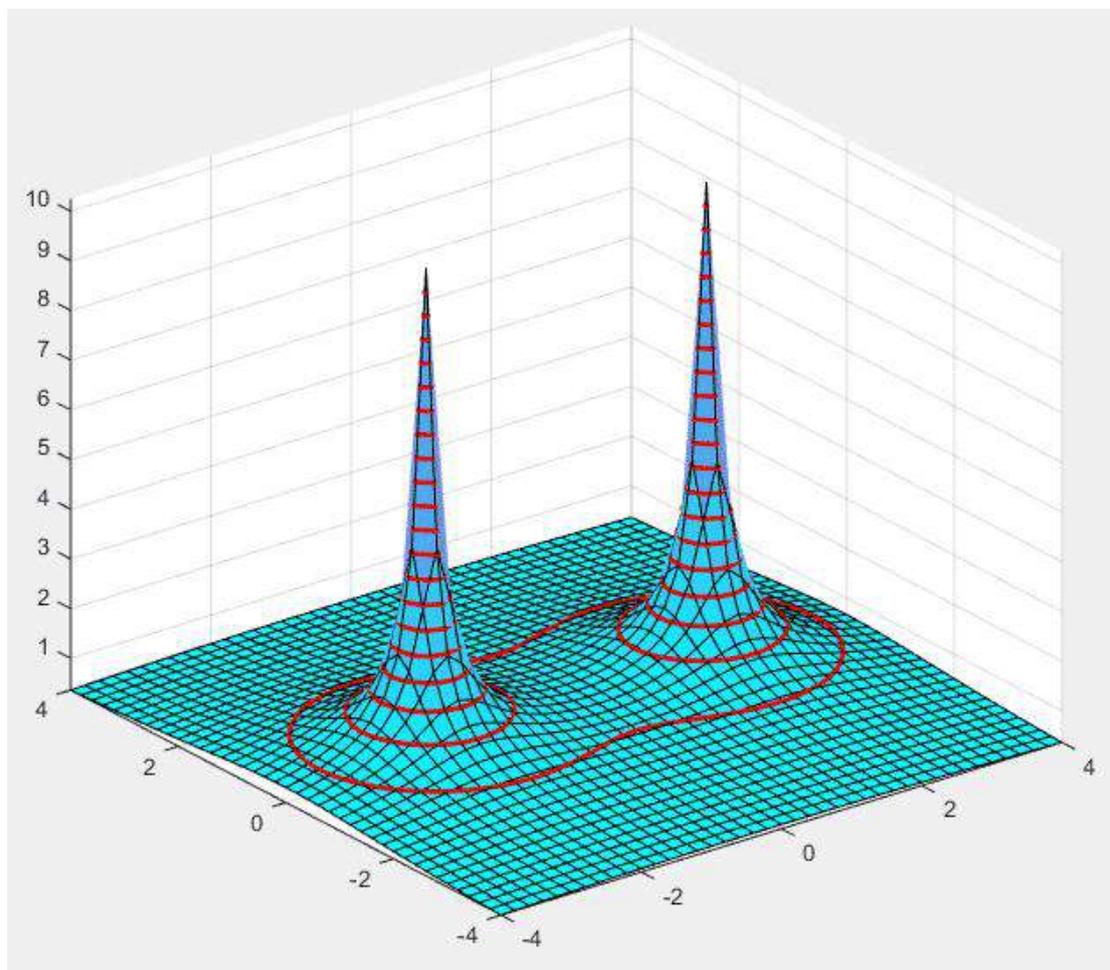


2017 / 2018 學年教學設計獎勵計劃



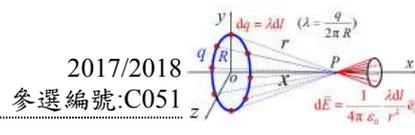
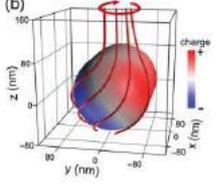
題 目：電荷和電場

參選編號：C051

科 目：高中物理

適合年級：高二

注：本教學設計根據《澳門特別行政區第 55/2017 號社會文化司司長批示訂定高中自然教育階段的基本學力要求的具體內容（附件十 高中教育階段自然科學基本學力要求）》而編寫。



2017/2018
參選編號:C051

目次

簡介..... v

教學進度表..... vii

壹、教學計劃內容簡介..... 1

 一、設計動機..... 1

 二、教案內容簡介..... 1

 三、同級同科集體備課記錄..... 2

 四、課題與高中自然科學基本學力要求對應情況..... 5

 4.1 高中自然科學基本學力要求與知識、情意、技能目標對應情況..... 5

 4.2 課題中與高中自然科學基本學力要求對應的教學內容..... 6

 五、設計創意和特色..... 7

貳、教案設計..... 8

 教學主題一：電荷--§1.1 電荷及其守恆定律（2 課時）..... 8

 一、課前自主預習學案..... 8

 【學習目標】..... 8

 【新課預習】..... 8

 【知識精講】..... 8

 【活學活練】..... 10

 【參考答案】..... 11

 二、新課教學：§1.1 電荷及其守恆定律（第一課時）..... 12

 【教材分析】..... 12

 【教學三維目標】..... 12

 【教學重點、難點】..... 12

 【學情分析】..... 12

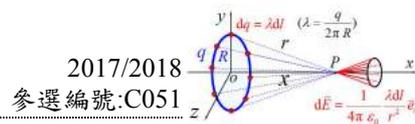
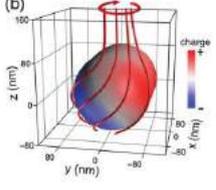
 【教學方法】..... 13

 【教學工具】..... 13

 【教學過程】..... 13

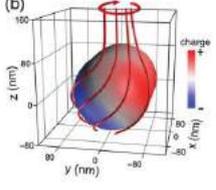
 【課內探究學案】..... 19

 【教學反思】..... 19

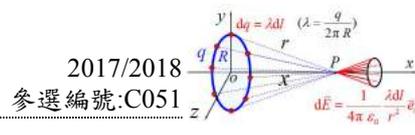
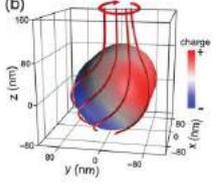


2017/2018
參選編號:C051

三、重點探究：§1.1 電荷及其守恆定律（第二課時）	20
3.1 知識點一：電荷	20
3.2 知識點二：電荷守恆定律及元電荷	25
四、課時對點練	28
五、達標檢測	32
教學主題二：庫倫力--§1.2 庫倫定律（2 課時）	36
一、課前自主預習學案	36
【學習目標】	36
【重點難點】	36
【學法指導】	36
【知識鏈接】	36
【新課預習】	36
【活學活練】	38
【參考答案】	39
二、新課教學：§1.2 庫倫定律（第一課時）	39
【教學三維目標】	39
【教學重點、難點】	40
【教學方法】	40
【教學工具】	40
【教學過程】	40
【課內探究學案】	44
三、重點探究：§1.2 庫倫定律（第二課時）	46
3.1 知識點一：點電荷	46
3.2 知識點二：庫倫定律及庫倫實驗	49
四、課時對點練	54
五、達標檢測	62
教學主題三：電場--§1.3 電場強度（3 課時）	68
一、課前自主預習學案	68
【學習目標】	68
【重點難點】	68
【學法指導】	68



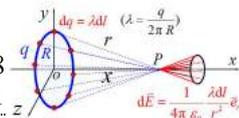
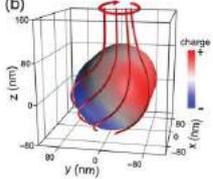
【知識鏈接】	68
【新課預習】	69
【活學活練】	71
【參考答案】	72
二、新課教學：§1.3 電場強度（第一課時）	73
【教材分析】	73
【教學三維目標】	73
【教學重點、難點】	74
【教學方法】	74
【教學工具】	74
【教學過程】	74
【課內探究學案】	81
【教學反思】	83
三、重點探究：§1.3 電場強度（第二、三課時）	83
3.1 知識點一：電場和電場強度	83
3.2 知識點二：點電荷的電場，電場的疊加	86
3.3 知識點三：電場線、勻強電場	90
四、課時對點練	94
五、達標檢測	101
教學主題四：綜合複習（1課時）	107
一、新課教學：電場力的性質（第一課時）	107
1.1 要點一：兩等量電荷的電場線的特點	107
1.2 要點二：電場線與運動軌跡	109
1.3 要點三：電場中的平衡與加速問題	111
二、課時達標訓練	113
參、試教評估與反思建議	115
3.1 試教評估	115
3.2 反思建議	116
3.2.1 教學主題一：電荷--§1.1 電荷及其守恆定律	116
1 課本知識學習的思路梳理	116



2017/2018
參選編號:C051

3 課堂教學存在的主要問題.....	117
3.2.2 教學主題二：庫倫力--§1.2 庫倫定律.....	117
3.2.3 教學主題三：電場--§1.3 電場強度.....	118
肆、參考文獻.....	119
附錄：教學資源.....	120
一、教學多媒體課件:詳見電子資料文檔.....	120
教學主題一：電荷--§1.1 電荷及其守恆定律.....	120
1.新課教學：§1.1 電荷及其守恆定律（第一課時）.....	120
2.重點探究：§1.1 電荷及其守恆定律（第二課時）.....	120
教學主題二：庫倫力--§1.2 庫倫定律.....	123
1.新課教學：§1.2 庫倫定律（第一課時）.....	123
2.重點探究：§1.2 庫倫定律（第二課時）.....	124
教學主題三：電場--§1.3 電場強度.....	126
1.新課教學：§1.3 電場強度（第一課時）.....	126
2.重點探究：§1.3 電場強度（第二、三課時）.....	129
教學主題四：綜合複習.....	131
二、工作紙:詳見電子資料文檔.....	133
三、教學活動及學生參與課堂教學圖片.....	135
1.教學活動圖片.....	135
2.學生參與課堂教學圖片.....	137
四、教材圖片.....	138
1.人教版物理選修 3-1.....	138
2.牛津大學出版社《新高中生活與物理》4.....	140
五、教具圖片.....	150
六、學生作業.....	153

注：本教學設計根據《澳門特別行政區第 55/2017 號社會文化司司長批示訂定高中自然教育階段的基本學力要求的具體內容（附件十 高中教育階段自然科學基本學力要求）》而編寫。



簡介

本人長期任教高中物理，對本校高中理科學生可謂相當熟悉，本次教案設計從設計、準備教具、授課、總結，都進展非常順利，取得了預期的效果，結合本校的教學實際情況，就教材角度、學生角度、設計理念角度簡單介紹本次教案設計：

一、從教材角度：

《電荷和電場》選自普通高中物理實驗教科書--人民教育出版社選修3-1 第一章《靜電場》，包含：1 電荷及其守恆定律、2 庫倫定律、3 電場強度三節內容。本單元授課的的教學內容有：摩擦起電現象、兩種電荷、電荷從哪裡來、電量及其單位、元電荷、感應起電、電荷守恆定律、點電荷、庫倫定律、庫倫實驗、電場和電場強度、點電荷的電場、電場線、電場的疊加等等。其中2 庫倫定律、3 電場強度兩節課難度較大，是本次教學的重點。

摩擦起電是人類最早發現的電現象，兩種電荷及其相互作用規律是進一步深入學習電學、理解許多電現象的基礎，電荷量的概念是後面理解電流、電路概念的關鍵，因此本節課作為高中電學起始課，具有很重要的地位。教材通過對使物體帶電的方法摩擦起電和起電緣由的分析，讓學生體會到使物體帶電的實質是電子發生轉移，從而打破了物體的電中性，失去電子的物體帶上了正電荷，得到電子的物體帶上了負電荷。過渡到電荷守恆定律，水到渠成，對高中學生而言很容易接受，進一步鞏固守恆思想。

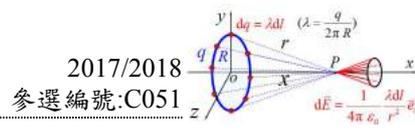
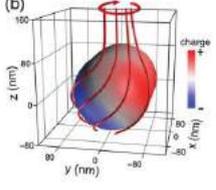
庫倫定律既是電荷間相互作用的基本規律，又是庫倫定律是學習電場強度和電勢差概念的基礎，也是本章重點，不僅要求學生定性知道，而且還要求定量瞭解和應用。對庫倫定律的講述，教材是從學生已有認識出發，採用了一個定性實驗，進而得出結論。庫倫定律是學習電場強度和電勢差概念的基礎，也是本章重點。展示庫倫定律的內容和庫倫發現這一定律的過程，並強調該定律的條件和意義。

《電場強度》是這一章的第三節，教材內容放在庫倫定律之後，是對庫倫定律的深入理解，進一步明確了兩電荷之間作用的本質，是通過電場來實現的。同時又為後續課電路、磁場的學習作好鋪墊。因此本節課具有承前啟後的作用。統觀教材，不難發現本節課的教學有如下的特點：

1、知識點多：電場，電場強度，電場線，檢驗電荷，點電荷的電場，場源電荷，向量運算等。

2、教學內容抽象：電場看不見、摸不著，學生對於場的感性認識少，電場線是一個理想的模型。

3、學生的知識體系不完備：關於場沒有完整的知識網路，在教學中必須重新構建。



2017/2018
參選編號:C051

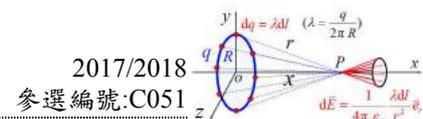
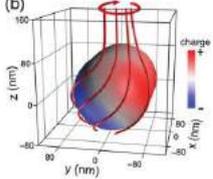
二、從學生角度：

本校高二級學生在初中綜合科學課程中，對本章靜電學（電荷）內容已經有一定的認識和學習，但是由於學習時間比較久遠，加之高一至今學習的物理知識只要集中在熱學、力學、運動學、波動，對電學知識了解較少，主要是生活中存在的模糊“潛概念”，因此本章節對於學生來說比較陌生，學習難度較大。而電場這一部分，學生在初中學習過磁場，從有關媒體上可能知道電場這個概念，這些知識對本節課的學習會有一定的幫助。並且在前兩節已經學習到了點電荷的概念和庫倫定律的知識，這是本節課用物理規律推導電場強度定義式的基礎。根據教材中知識點的安排，我把這一節的內容安排了兩課時，我在這一節課中講第一部分內容：電場、電場強度和點電荷的電場和電場強度的疊加。電場線及各種典型電場的分佈特點安排在下一節課。

在知識和能力上的儲備上，總體來說，相當一部分學生還沒有入門，加上電場及電場強度部分的內容比較抽象，同學們的抽象思維能力和理解能力不夠強，尤其是女同學這方面的能力更加欠缺，存在畏難心理，這就要求教師在教學設計中通過演示實驗、探究實驗、教學實例、多媒體視頻等手段將一些抽象的內容具體化、形象化、直觀化，激發學生的學習興趣，引導學生從實驗現象、生活場景中歸納得出結論，培養學生的思維能力，滲透物理學科的學習方法。

三、從設計理念角度：

本節課將學生動手實驗和教師演示實驗結合起來，體現以“學生為中心，師生互動，共同參與”的教學理念為指導，運用提問教學法、演示實驗教學法等方式為學生創設輕鬆愉快的學習氛圍，在娛樂之中獲取知識，提高能力。



教學進度表

教學對象：高中二年級學生

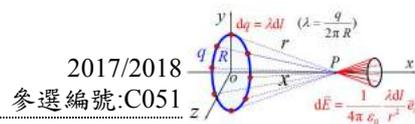
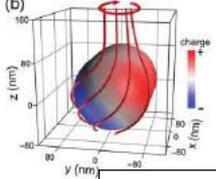
授課科目：高中物理（理科班）

選用教材：牛津大學出版社《新高中生活與物理》、人教版物理對應部分
及校本教材。

教學章節：第四冊第一章《靜電學》：電荷和電場

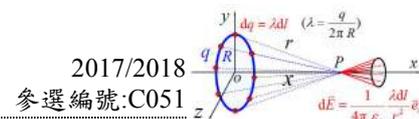
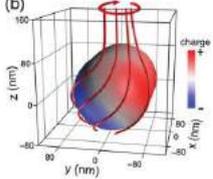
教學用時：共 8 節，320 分鐘。

教學主題	教學內容	教學過程	教學用時	施教日期
教學主題一：電荷	§1.1 電荷及其守恆定律（2 課時）	課前自主預習學案	學生課餘自主完成	2017 年 09 月 04 日前 導學案
		新課教學： §1.1 電荷及其守恆定律 （第一課時）	1 課時 (40mins)	2017 年 09 月 04 日
		重點探究： §1.1 電荷及其守恆定律 （第二課時）	1 課時 (40mins)	2017 年 09 月 06 日
		課時對點練	學生課餘自主完成	2017 年 09 月 06 日 同步練習
		達標檢測	學生課餘自主完成	2017 年 09 月 06 日後 家庭作業
教學主題二：庫倫力	§1.2 庫倫定律（2 課時）	課前自主預習學案	學生課餘自主完成	2017 年 09 月 08 日前 導學案



2017/2018
參選編號:C051

		新課教學： §1.2 庫倫定律（第一課時）	1 課時 (40mins)	2017 年 09 月 08 日
		重點探究： §1.2 庫倫定律（第二課時）	1 課時 (40mins)	2017 年 09 月 08 日
		課時對點練	學生課餘自主 完成	2017 年 09 月 08 日 同步練習
		達標檢測	學生課餘自主 完成	2017 年 09 月 08 日後 家庭作業
教學主題 三：電場	§1.3 電場 強度（3 課時）	課前自主預習學案	學生課餘自主 完成	2017 年 09 月 11 日前 導學案
		新課教學： §1.3 電場強度（第一課時）	1 課時 (40mins)	2017 年 09 月 11 日
		重點探究： §1.3 電場強度（第二、三課 時）	2 課時 (80mins)	2017 年 09 月 13 日 2017 年 09 月 15 日 同步練習
		課時對點練	學生課餘自主 完成	2017 年 09 月 15 日
		達標檢測	學生課餘自主 完成	2017 年 09 月 15 日後 家庭作業
教學主題 四：綜合 複習	綜合複習 (1 課 時)	新課教學：電場力的性質 (第一課時)	1 課時 (40mins)	2017 年 09 月 18 日
		課時達標訓練	學生課餘自主 完成	2017 年 09 月 18 日後 家庭作業



2017/2018

參選編號:C051

壹、教學計劃內容簡介

一、設計動機

根據自己多年物理教學實際教育經驗和對澳門社會實際情況分析，以及當前的教育形式，設計本教學設計，主要是基於：

(1) 澳門城市快速發展和政府對於智慧城市的關注，未來市場對物理及工程人才的需求。

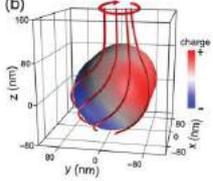
(2) 靜電場在高中電學中的重要位置，學好電荷和電場，是掌握電學大門的敲門磚。

(3) 結合本校實際情況，開發適合本校師生的校本教材，促進學生學業成功，培養創新人才。

以上三個基本原因，設計本教學設計，目的是提高學生學習物理課程的成就感和學習興趣，設計出一套切合澳門現況、操作性強的教案，增加學生物理科學素養，推動澳門基礎教育發展。

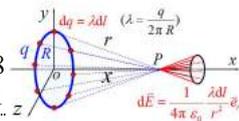
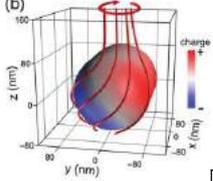
二、教案內容簡介

主題名稱	電荷和電場	教學時數	8 節，320 分鐘
涵蓋科目	高中物理（理科）	教學對象	高中二年級
作品摘要	教學主題一：電荷 §1.1 電荷及其守恆定律（2 課時） 教學主題二：庫倫力 §1.2 庫倫定律（2 課時） 教學主題三：電場 §1.3 電場強度（3 課時） 教學主題四：綜合複習（1 課時） STEAM 教學： 日常生活中的靜電、閃電、避雷針		
教學準備	牛津大學出版社《新高中生活與物理》第 4 冊、人教版教材、校本教材 筆記本電腦、多媒體教室。 由於整個教學單元以教學 PPT 為主軸，因此基本上電腦及投影設備是必需的準備；另外每一節課堂都有特別的活動讓同學更加深所學習內容；因此各有不同的教學工具需要準備，可參考教案設計中備注的一項。		



三、同級同科集體備課記錄

學科名稱	物理科		年 級	S5 (第一段第一次)	
課題內容	靜電學		備課時間	2017.08.26 上午 9:00 至 10:00	
地 點	4 樓教員室	主持人	C051	記錄人	C051
出席者	C051 及其科組同事				
備課內容(含單元/課之具體教學目標、基本學力要求、重點、難點、結合閱讀教學)討論情況					
第 4 冊第一章 靜電學					
1.1 電荷					
1.2 電場					
1.3 電勢					
一、教學目標					
● A 知識目標					
A-1 知道兩種電荷。(基力 B-3)					
A-2 辨析電子的轉移與物體的起電過程。(基力 A-6)					
A-3 知道電量的單位。(基力 A-6)					
A-4 知道絕緣體與導體。(基力 A-6)					
A-5 解釋庫倫定律。(基力 A-6)					
A-6 解釋電場。(基力 A-6)					
A-7 解釋電場強度。(基力 A-6)					
A-8 認識電場力線。(基力 B-3)					
A-9 認識電勢能、電勢、電勢差。(基力 A-6)					
● B 情意目標					
B-1 鼓勵學生發現生活中的電學現象的例子。(基力 A-6)					
B-2 培養小組合作學習、互幫互助的團隊精神。					
B-3 養成嚴謹、細緻的科學實驗精神。					
B-4 養成在實驗中總結科學原理的良好習慣。					
B-5 養成舉一反三、不斷探索的科學精神。(基力 A-6)					
C 技能目標					
C-1 辨識電荷的起電過程。(基力 B-3)					
C-2 繪畫電場力的方向、學會運用庫倫定律解決分析問題。					
C-3 繪畫電場強度的方向、學會運用疊加原理解決分析問題。					
C-4 繪畫電場力線，解決分析問題。(基力 A-6)					
二、重點及難點：					
● 掌握起電方法及其原理、庫倫定律($F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$)					



- 掌握以場力線表示電場、點電荷的電場、帶電平行板之間的電場及電場

$$\text{強度}(E = \frac{F}{q})。$$

三、對應學力要求

B-3 通過認識科學發展的歷史，瞭解科學的進化性和革命性。

A-6 通過圖書館、互聯網、多媒體資源庫等不同途徑搜尋所需科學資訊，並初步學會對這些資訊進行分類與概括。

四、英文成分

- 電荷 = electric charge
- 質子 = proton
- 中子 = neutron
- 電子 = electron
- 絕緣體 = insulator
- 庫倫定律 = coulomb's law
- 電場 = electric field
- 場力線 = field line

五、教學注意內容

1.本章的概念比較多，應引導學生抓住力與能這條主線，以把整章的知識聯繫起來，並重視電場與其他物理知識的聯繫，巧用類比，加深理解。另外，受力分析是解題的基礎，應強調學生要畫受力圖。本章知識的命題頻率較高且有相當難度的集中在電場力做功與電勢能變化、帶電粒子在電場中的運動這兩個知識點上，尤其在與力學和磁場等內容綜合時，巧妙地把電場概念、磁場力、牛頓運動定律和功能原理等聯繫在一起，對學生能力有較大要求。

2.學生通過初中的學習，已經本章內容有一定的認識，但是由於本章涉及的概念較多，也比較抽象，因此在複習時，要對主要知識點進行梳理，並要針對學生不理解的、容易混淆的概念，運用類比的方法幫助學生理解及區分，同時按學生的實際水平，選擇難度適當並有代表性的題目進行分析並加以練習強化。

3.通過典型綜合題的分析，讓學生體會把力學與電學知識成功綜合運用的快樂。

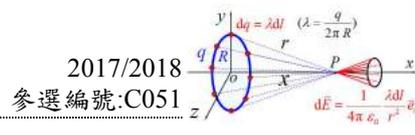
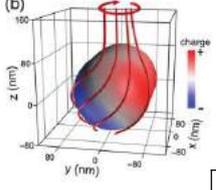
六、過往的反思經驗

1. 通過類比各物理概念的聯繫與區別，讓學生體會物理概念的嚴謹性，不同物理知識之間緊密聯繫的奧妙，培養在理解物理量時舉一反三的能力。

2. 在畫電場圖像和電勢的圖像的時候，要講清楚這兩者的區別及聯繫。

3. 電荷與電荷之間受力的疊加與電場疊加是學生比較容易混淆的地方，需要重點

舉例說明。



2017/2018

參選編號:C051

七、其他安排

生命教育：

結合“靜電場”的相關知識，讓學生明白，電場在我們的生活當中無處不在，雖然我們不能直接用肉眼看到電場，但是我們可以藉助電場力線來描繪電場。進而，要善於發現電場對我們有利的方面，使電能夠促進我們的社會生活和生產；同時，也要知道電場給我們帶來的不便，學會如何去處理這些不便。

結合閱讀教學：

庫倫、毛衣上的火花、電覺、心電圖。

課堂練習： P.8 評估(1-4)、P.10 評估(1-2)，P.14 評估(1-2)

P.23 評估(1-3)， P.26 評估(1-3)，P.33 評估(1-4)，P.36 評估(1-2)。

功 課： P.18 習題(5，9)，P.27 習題(3)，P.37 習題(3，4，5)，

工作紙 6 版。

出席者簽名：

科組長簽署：

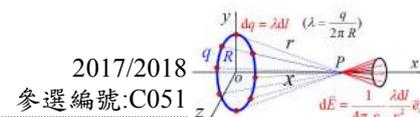
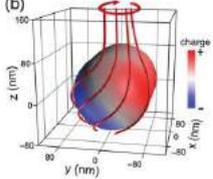
年 月 日

教務主任/副主任簽署：

年 月 日

校長簽署：

年 月 日



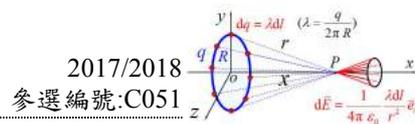
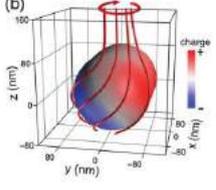
2017/2018

參選編號:C051

四、課題與高中自然科學基本學力要求對應情況

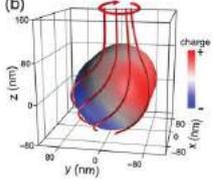
4.1 高中自然科學基本學力要求與知識、情意、技能目標對應情況

與本課題相關的高中自然科學基本學力要求			
A-4 初步學會利用事實、經驗或科學理論進行邏輯推理作出假設。			
B-3 通過認識科學發展的歷史，瞭解科學的進化性和革命性。			
A 知識目標	B 情意目標	C 技能目標	D 生命教育能力指標
A-1 摩擦起電（基力 A-4） A-2 感應起電（基力 A-4） A-3 電荷守恆定律（基力 B-3） A-4 元電荷（基力 A-4） A-5 點電荷 A-6 庫倫定律（基力 B-3） A-7 庫倫扭秤實驗（基力 B-3） A-8 電場（基力 A-4） A-9 電場強度（基力 A-4） A-10 點電荷的電場（基力 A-4） A-11 電場強度的疊加（基力 A-4） A-12 電場線（基力 A-4） A-13 勻強電場（基力 A-4）	B-1 培養善於發現生活中電現象的例子。 B-2 培養小組合作學習、互幫互助的團隊精神。 B-3 養成嚴謹、細緻的科學實驗精神。 B-4 養成舉一反三、主動提問的科學精神。（基力 B-3）	C-1 能夠解釋電荷的起電緣由及分析兩個電荷之間的相互作用規律。（基力 A-4） C-2 區分及解釋物體的分類（導電能力）。（基力 A-4） C-3 能夠解釋電場力的存在及分析電場力的疊加原理。（基力 B-3） C-4 能夠解釋電場的存在及分析電場的疊加原理。（基力 A-4） C-5 能夠繪畫電場力線。（基力 A-4） C-6 運算及解答有關電學的題目。	D-1 能夠認識絕緣體與導體，學會安全用電。 D-2 引導學生思考自己的學習方式，要善於發現周圍事物的潛在規律，並利用規律去分析、解決問題。（基力 B-3）



4.2 課題中與高中自然科學基本學力要求對應的教學內容

年級：高二 第 4 冊		出版社：牛津大學出版社	
用書名稱：校本教材		編寫老師：C051	
單元	課題	課題中與基本學力要求對應的教學內容	基本學力要求指標
電荷和電場-	§1.1 電荷及其守恆定律 (2 課時)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 透過摩擦實驗，初步認識自然界存在兩種電荷類型，從而達到指標 A-4。 2. 播放庫倫和華盛頓生平的視頻，介紹人類認識電的歷史，瞭解科學的進化性和革命性，從而達到指標 B-3。 	<p>A-4 初步學會利用事實、經驗或科學理論進行邏輯推理作出假設。</p> <p>B-3 通過認識科學發展的歷史，瞭解科學的進化性和革命性。</p>
	§1.2 庫倫定律 (2 課時)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 透過演示實驗，展示電荷之間的相互作用，驗證庫倫定律的正確性，從而達到指標 A-4。 2. 通過圖書館、互聯網、多媒體資源庫等不同途徑搜庫倫發現電荷力之間關係及卡文迪許扭秤實驗的設計過程，並初步學會對這些資訊進行分類與概括，從而達到指標 A-6。 	
	§1.3 電場強度 (3 課時)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 透過重力場、磁力場的例子，初步認識電場的存在，從而達到指標 A-4。 2. 通過圖書館、互聯網、多媒體資源庫等不同途徑搜尋電場的相關知識，包括：以電場線表示電場、點電荷的電場、電場強度等，並初步學會對這些資訊進行分類與概括，從而達到指標 A-6。 	



五、設計創意和特色

1. 注重理論與生活實際相結合

相比傳統的物理課程設計，本課程的設計注重在物理的範疇內滲透知識，做到既學習科學知識又與生活實際相結合、相聯繫。例如：我們在此課程中，講到靜電現象，讓他們去發現平常會忽略的靜電資訊，從中讓學生將課本知識拉近到現實生活，加深學生的記憶與提高學生的興趣，並讓培養學生多關心生活。

2. 翻轉課堂，師生參與

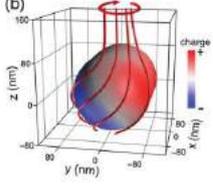
本次課程圍繞“電荷和電場”主體，堅持學生為教學中心，嘗試利用採用翻轉課堂教學模式，告別枯燥的課堂，將課堂交給學生，教師是課堂教學的引領者、協助者，而不是主導者。讓學生參與到課堂教學和延伸活動中，使學生親身感受“靜電”在生活中的利與弊，從而更加明白物理學習的重要性。

3. “五位一體”遞進式教學模式，嘗試利用 STEAM 思考及解決生活問題

本教學設計將基於專案的學習(Project-based Learning, 簡稱 PBL)模式與 STEM 內容結合，促進學生的有效學習。基於此，本教案設計安排了“課前自主預習學案、新課教學、重點探究、課時對點練、達標檢測”“五位一體”遞進式教學模式，在學生知識的建構上遵循“循序漸進、由淺入深”的教學原則，力求讓學生掌握課程目標要求的內容，而在課程的授課過程中滲透 STEAM 教學理念，透過“日常生活中的靜電、閃電、避雷針”“小組學生製作感應起電裝置”等活動在科學 (Science)，技術 (Technology)，工程 (Engineering)，藝術 (Art)，數學 (Mathematics) 等多學科體現融合綜合教育的觀念，教會學生嘗試利用 STEAM 思考及解決生活實際問題。

4. 教學資源豐富，形式多樣

本課程提供了豐富的教學資源，目的是在學生的學習過程中提供全方位的支持。在課前預習上，我們提供了詳實的“課前自足預習學案”供學生使用，學生只要每節課前抽出 10-20 分鐘的預習時間，按照預習案：學習目標、新課預習、知識精講、活學活練的步驟，即能夠初步掌握新課的內容，而且可以引導學生自主學習，提高學生獨立學習的能力。在新課的授課上，課程注重師生互動，尊重以“學生為教學中心”的原則，倡導小組合作學習，透過豐富的小組活動、演示實驗、分組實驗、教學視頻串聯知識點，讓學生在愉快的學習氣氛中學習知識。安排“重點探究”，將課程比較重要的內容進行梳理、歸納，以知識點的形式重點突破，提高學生分析問題、解決問題的能力。安排“課時對點練”同步練習加以鞏固，輔之家庭作業“達標檢測”，讓學生獨立完成，檢驗學習效果。



貳、教案設計

教學主題一：電荷--§1.1 電荷及其守恆定律（2 課時）

一、課前自主預習學案

【學習目標】

- 1.知道摩擦起電和感應起電並不是創造了電荷，而是使物體中的正負電荷分開.
- 2.知道電荷守恆定律.
- 3.知道什麼是元電荷.

【新課預習】

1.電荷 電荷守恆

(1)自然界中只存在兩種電荷：_____電荷和_____電荷.電荷間的作用規律是：同種電荷相互_____,異種電荷相互_____.電荷的多少叫_____.

(2)靜電感應：把電荷移近不帶電的導體，可以使_____,這種現象叫靜電感應.利用靜電感應使物體帶電叫_____起電.

(3)電荷既不能創造，也不能消滅，只能從一個物體_____到另一物體，或者從物體的一部分_____到另一部分.

2.元電荷： $e =$ _____，所有帶電體的電荷量或者_____或者_____.

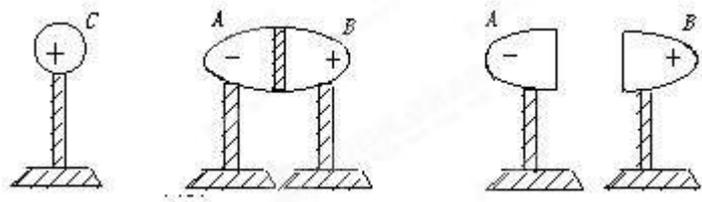
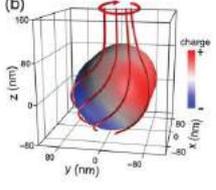
3.電子的_____與_____之比，叫作電子的比荷

【知識精講】

知識點 1.物體帶電的三種方式：即摩擦起電、感應起電和接觸帶電.

(1)摩擦起電是由於相互摩擦的物體間的電子的得失而使物體分別帶上等量異種電荷.玻璃棒與絲綢摩擦時，由於玻璃棒容易失去電子而帶正電；硬橡膠棒與毛皮摩擦時，由於硬橡膠棒容易得到電子而帶負電.

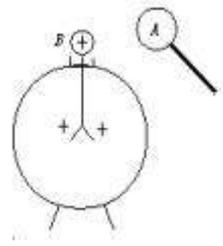
(2)感應起電是指利用靜電感應使物體帶電的方式.例如圖所示，將導體 A、B 接觸後去靠近帶電體 C，由於靜電感應，導體 A、B 上分別帶上等量異種電荷，這時先把 A、B 分開，然後移去 C，則 A 和 B 兩導體上分別帶上了等量異種電荷，如圖所示.



(3)接觸帶電，指一個不帶電的金屬導體跟另一個帶電的金屬導體接觸後分開，而使不帶電的導體帶上電荷的方式。例如，將一個帶電的金屬小球跟另一個完全相同的不帶電的金屬小球接觸後分開，它們平分了原來的帶電量而帶上等量同種電荷。

從物體帶電的各種方式不難看出，它們都不是創造了電荷，只是電荷從一個物體轉移到了另一個物體，或者從物體的一部分轉移到了物體的另一部分。

[例 1] 如圖所示，有一帶正電的驗電器，當一金屬球 A 靠近驗電器的小球 B (不接觸) 時，驗電器的金箔張角減小，則



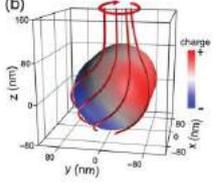
- A. 金屬球可能不帶電
- B. 金屬球可能帶負電
- C. 金屬球可能帶正電
- D. 金屬球一定帶負電

[思路分析] 驗電器的金箔之所以張開，是因為它們都帶有正電荷，而同種電荷相排斥，張開角度的大小決定於兩金箔帶電荷的多少。如果 A 球帶負電，靠近驗電器的 B 球時，異種電荷相互吸引，使金箔上的正電荷逐漸“上移”，從而使兩金箔張角減小，選項 B 正確，同時否定選項 C。如果 A 球不帶電，在靠近 B 球時，發生靜電感應現象使 A 球上電荷重新分佈，靠近 B 球的端面出現負的感應電荷，而背向 B 球的端面出現正的感應電荷。A 球上的感應電荷與驗電器上的正電荷發生相互作用，因距離的不同而表現為吸引作用，從而使金箔張角減小，選項 A 正確，同時否定選項 D。

總結：本題主要考查了兩個知識點：(1) 同種電荷互相排斥，異種電荷互相吸引。(2) 靜電感應現象。由(1)可直接判斷帶電體接近驗電器時引起的張角變化；由(1)(2)兩個知識點來解決中性導體接近帶電的驗電器時張角的變化，結論是兩金箔張角減小。

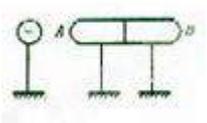
[答案] AB

同學們再考慮當某帶電導體靠近不帶電的驗電器的金屬小球時，兩金箔張角將如何變化？



[答案]逐漸變大

[變式訓練]如圖所示，將用絕緣支柱支持的不帶電金屬導體 A 和 B 接觸，再將帶負電的導體 C 移近導體 A，然後把導體 A、B 分開，再移去 C，則 ()



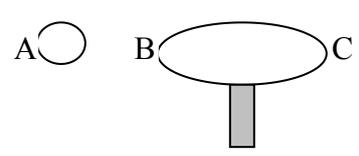
- A · 導體 A 帶負電，B 帶正電
- B · 導體 A 帶正電，B 帶負電
- C · 導體 A 失去部分負電荷，導體 C 得到負電荷
- D · 導體 A 帶正電是由於導體 B 的部分電子轉移到導體 A 上，故 A、B 帶等量異種電荷

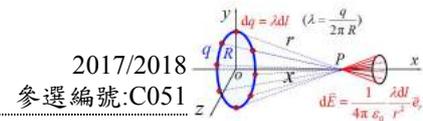
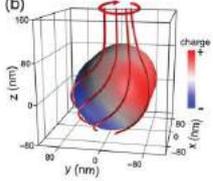
[答案]B

【活學活練】

【基礎達標】

1. 把兩個完全相同的小球接觸後分開，兩球相互排斥，則兩球原來帶電情況不可能是
 - A. 原來的其中一個帶電
 - B. 兩個小球原來分別帶等量異種電荷
 - C. 兩個小球原來分別帶同種電荷
 - D. 兩個小球原來分別帶不等量異種電荷
2. 下列說法正確的是
 - A · 摩擦起電和靜電感應都是使物體正負電荷分開，而總電荷量並未變化
 - B · 用毛皮摩擦過的橡膠棒帶負電，是摩擦過程中硬橡膠棒上正電荷轉移到毛皮上
 - C · 用絲綢摩擦過的玻璃棒帶正電是摩擦過程中玻璃棒得到電子
 - D · 物體不帶電，表明物體中沒有電荷
3. 如圖所示，帶電小球 A 靠近不帶電的絕緣絕緣金屬導體，由於靜電感應，導體 C 端出現了負電荷，可知帶電小球 A 帶_____電；用手接觸一下導體的 B 端，導體將帶_____電；用手接觸一下導體的中部，導體將帶_____電。





2017/2018

參選編號:C051

4.關於電現象的敘述,正確的是()

- A.玻璃棒無論與什麼物體摩擦都帶正電,膠木棒無論與什麼物體摩擦都帶負電.
- B.摩擦可以起電,是普遍存在的現象,相互摩擦的兩個物體總是同時帶等量異種電荷.
- C.帶電現象的本質是電子的轉移,物體得到多餘電子就一定顯負電性,失去電子就一定顯正電性.
- D.當一種電荷出現時,必然有等量異號的電荷出現,當一種電荷消失時,必然有等量異號電荷同時消失.

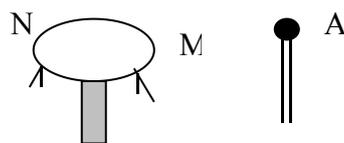
【能力提升】

5.A、B、C、D4個小球都帶電,A球能排斥B球,C球能吸引A球,D球又排斥C球,已知D球帶正電,則B球應帶何種性質的電荷?

6.如圖所示,原來不帶電的絕緣金屬導體MN,在其兩端下邊都懸掛著金屬驗電箔,

若使帶負電的絕緣金屬球A靠近導體的M端,可能看到的現象是()

- A.只有M端的驗電箔張開,且M端帶正電.
- B.只有N端的驗電箔張開,且N端帶負電.
- C.兩端的驗電箔都張開,且M端帶正電,N端帶負電.
- D.兩端的驗電箔都張開,且兩端都帶正電或負電.



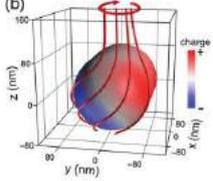
【參考答案】

【基礎達標】答案

1.B 2。A 3.負 ;正;正.4.CD

【能力提升】答案

5.負電 6.C



二、新課教學：§1.1 電荷及其守恆定律（第一課時）

【教材分析】

本節從物質微觀結構的角度認識物體帶電的本質，使物體帶電的方法。給學生滲透看問題要透過現象看本質的思想。摩擦起電、兩種電荷的相互作用、電荷量的概念初中已接觸，電荷守恆定律對學生而言不難接受，在此從原子結構的基礎上做本質上分析，使學生體會對物理螺旋式學習的過程。

【教學三維目標】

（一）知識與技能

1. 知道兩種電荷及其相互作用。知道電量的概念。
2. 知道摩擦起電，知道摩擦起電不是創造了電荷，而是使物體中的正負電荷分開。
3. 知道靜電感應現象，知道靜電感應起電不是創造了電荷，而是使物體中的電荷分開。
4. 知道電荷守恆定律。
5. 知道什麼是元電荷。

（二）過程與方法

- 1、通過對初中知識的復習使學生進一步認識自然界中的兩種電荷。
- 2、通過對原子核式結構的學習使學生明確摩擦起電和感應起電不是創造了電荷，而是使物體中的電荷分開，但對一個與外界沒有電荷交換的系統，電荷的代數和不變。

（三）情感態度與價值觀

通過對本節的學習培養學生從微觀的角度認識物體帶電的本質。

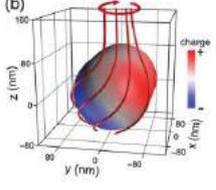
【教學重點、難點】

重點：電荷守恆定律

難點：利用電荷守恆定律分析解決相關問題摩擦起電和感應起電的相關問題。

【學情分析】

本節關鍵是做好實驗，從微觀分析產生這種現象的原因。有了使物體帶電的理解，電荷守恆定律便水到渠成，進一步鞏固高中的守恆思想。培養學生透過現象看本質的科學習慣。通過閱讀材料，展示物理學發展中充滿睿智和靈氣的科學思維，弘揚前輩物理學家探尋真理的堅強意志和科學精神。



【教學方法】

使用幻燈片時充分利用它的高效同時，儘量保留黑板的功能始終展示本節課的知識框架。在條件允許的情況下努力使實驗簡化，給學生傳遞這樣一個資訊——善於從簡單中捕捉精彩瞬間，從日常生活中發現和體驗科學（閱讀材料）。練習題設計力求有針對性、導向性、層次性。

【教學工具】

毛皮橡膠，玻璃驗電器，多媒體輔助教學設備。

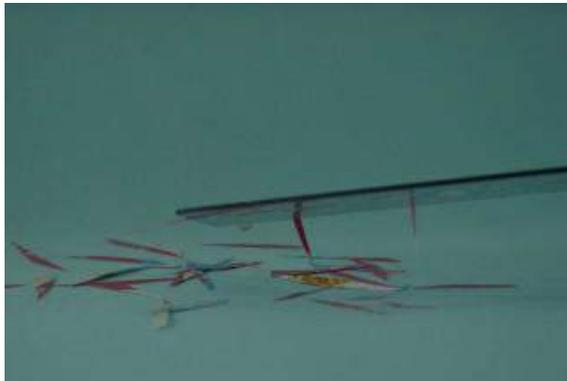
【教學過程】

進行新課：

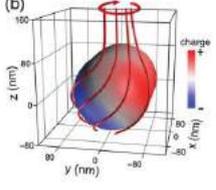
1. 摩擦帶電

教師：新的知識內容，新的學習起點。本章將學習靜電學。將從物質的微观的角度認識物體帶電的本質，電荷相互作用的基本規律，以及與靜止電荷相聯系的靜電場的基本性質。

摩擦過的物體具有了吸引輕小物體的性質，這種現象叫什麼？



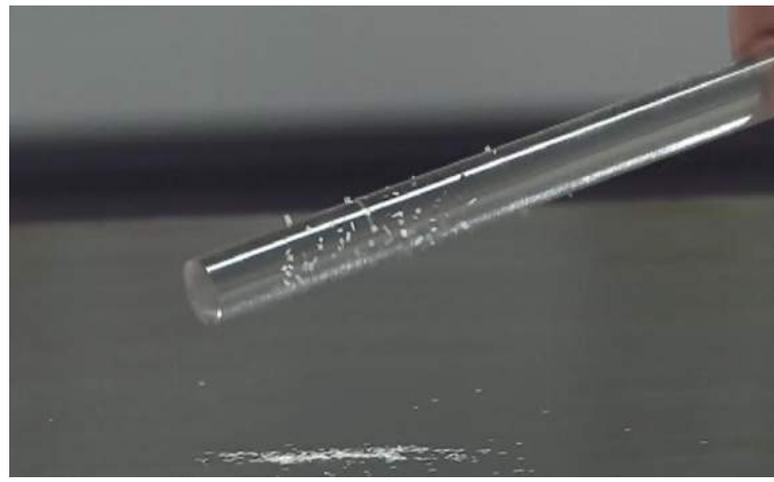
學生：摩擦起電



2017/2018
參選編號: C051

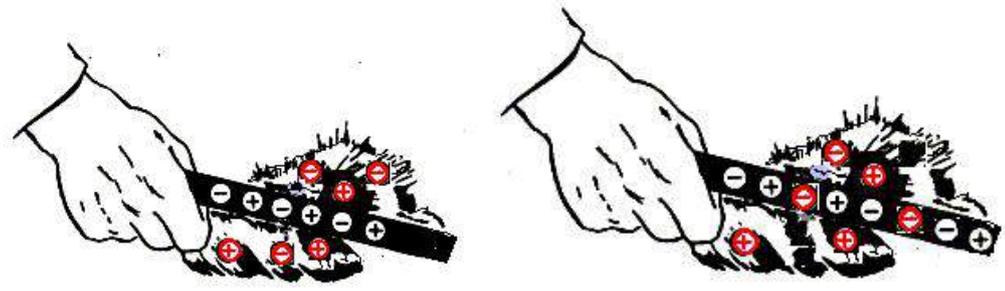
$$dq = \lambda dl \quad (\lambda = \frac{q}{2\pi R})$$

$$dE = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{\lambda dl}{r^2} \hat{e}_r$$

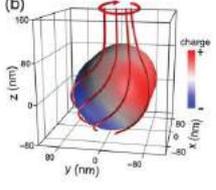


教師：對，這樣的物體就帶了電。

教師做演示實驗，學生分組實驗：用絲綢摩擦過的玻璃棒之間相互排斥，用毛皮摩擦過的硬橡膠棒之間也相互排斥，而玻璃棒和硬橡膠棒之間卻相互吸引，由此可以得出什麼結論？



學生：自然界存在兩種電荷。同種電荷相互排斥，異種電荷相互吸引。



2017/2018
參選編號:C051

$$dq = \lambda dl \quad (\lambda = \frac{q}{2\pi R})$$

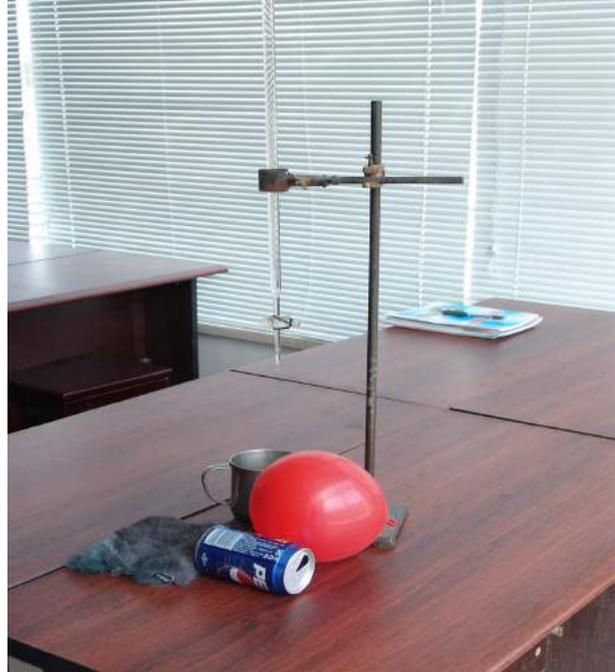
$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda dl}{r^2} e$$



教師：原子包括原子核和核外電子，那麼摩擦起電的原因是什麼？

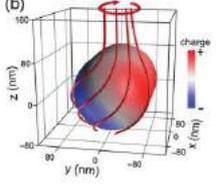
學生：電子的轉移。

2. 感應帶電

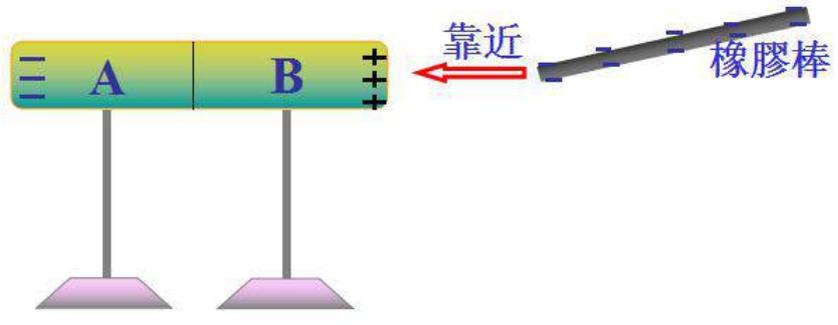


教師：對，所以兩個相互摩擦的物體帶上了等量異種電荷。用靜電感應的方法也可以使物體帶電。

教師做演示實驗：把帶正電荷的球 C 移近彼此接觸的異體 A，B(參見課本圖 1.1-1)。可以看到 A，B 上的金屬箔都張開了，表示 A，B 都帶上了電荷。如果先把 C 移走，A 和 B 上的金屬箔就會閉合。如果先把 A 和 B 分開，然後



移開 C，可以看到 A 和 B 仍帶有電荷；如果再讓 A 和 B 接觸，他們就不再帶電。



教師：這說明了什麼？

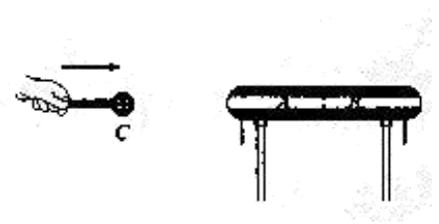
學生：說明 A 和 B 分開後所帶的是異種等量的電荷，重新接觸後等量異種電荷發生中和。

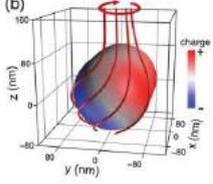
提出問題：靜電感應的原因？

帶領學生分析物質的微觀分子結構，分析起電的本質原因：把帶電的球 C 移近金屬導體 A 和 B 時，由於同種電荷相互排斥，異種電荷相互吸引，使導體上的自由電子被吸引過來，因此導體 A 和 B 帶上了等量的異種電荷。感應起電也不是創造了電荷，而是使物體中的正負電荷分開，是電荷從物體的一部分轉移到另一部分。

提出問題：除了摩擦起電，還有沒有可以使物體帶上電的方法？

實驗：取有絕緣支柱的兩個不帶電枕形導體 A、B，使它們彼此接觸。用絲綢摩擦過的有機玻璃棒反復多次接觸球形導體 C，使之帶正電。將 C 移近 A，用與有機玻璃棒摩擦過的絲綢分別靠近 A、B。（如圖所示）





教師活動：引導學生分析前面的現象，總結得出靜電感應的概念。

靜電感應：將電荷移近不帶電的導體，可以使導體帶電，這種現象叫做靜電感應。利用靜電感應使物體帶電的過程，叫感應起電。（教師用多媒體模擬，加深學生印象）

〔結論〕不僅摩擦起電可以使物體帶電，靜電感應也可使物體帶電。得出電荷守恆定律：

3.電荷守恆定律

電荷既不能創造，也不能消滅，只能從一個物體轉移到另一個物體，或者從物體的一部分轉移到另一部分。

另一種表述：一個與外界沒有電荷交換的系統，電荷的代數和總是保持不變。

4.元電荷

電荷的多少叫做電荷量。符號： Q 或 q 單位：庫倫 符號：C

元電荷：電子所帶的電荷量，用 e 表示。

注意：所有帶電體的電荷量或者等於 e ，或者等於 e 的整數倍。就是說，電荷量是不能連續變化的物理量。

電荷量 e 的值： $e=1.60\times 10^{-19}\text{C}$

比荷：電子的電荷量 e 和電子的品質 m_e 的比值，為 $\frac{e}{m_e}=1.76\times 10^{11}\text{C/kg}$

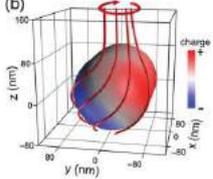
【小結】對本節內容做簡要的小結

5.課堂練習

1. 關於元電荷的理解，下列說法正確的是：[]

- A. 元電荷就是電子
- B. 元電荷是表示跟電子所帶電量數值相等的電量
- C. 元電荷就是質子
- D. 物體所帶的電量只能是元電荷的整數倍

2. 5 個元電荷的電量是_____， 16 C 電量等於_____元電荷。



3. 關於點電荷的說法，正確的是：[]

A. 只有體積很小的帶電體才能看成點電荷

B. 體積很大的帶電體一定不能看成點電荷

C. 當兩個帶電體的大小及形狀對它們之間的相互作用力的影響可以忽略時，這兩個帶電體可看成點電荷

D. 一切帶電體都可以看成點電荷

作業：書面完成 P5“問題與練習”第 2、3 題；思考並回答第 1、4 題。

6. 板書設計

第 1 節、電荷及其守恆定律

1. 電荷

(1) 原子的核式結構及摩擦起電的微觀解釋

(2) 摩擦起電的原因：不同物質的原子核束縛電子的能力不同。

實質：電子的轉移。

結果：兩個相互摩擦的物體帶上了等量異種電荷。

(3) 金屬導體模型也是一個物理模型 P₃

(4)、靜電感應：把電荷移近不帶電的異體，可以使導體帶電的現象。利用靜電感應使物體帶電，叫做感應起電。

2、電荷守恆定律：電荷既不能創造，也不能消滅，只能從一個物體轉移到另一個物體，或者從物體的一部分轉移到另一部分。

另一種表述：一個與外界沒有電荷交換的系統，電荷的代數和總是保持不變。

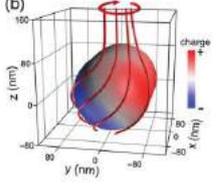
3. 元電荷

電荷的多少叫做電荷量。符號： Q 或 q 單位：庫倫 符號：C

元電荷：電子所帶的電荷量，用 e 表示。電荷量 e 的值： $e=1.60 \times 10^{-19} \text{C}$

比荷：電子的電荷量 e 和電子的品質 m_e 的比值，為 $\frac{e}{m_e} = 1.76 \times 10^{11} \text{C/kg}$

電荷是電磁場中一種重要的研究對象，也是研究微觀世界的原子物理及核子物理中不可避免要出現的。在高中必修一、二，學生未曾接觸過有關電荷及電磁場方面的學習，因而，它既是對初中所學的電學知識的深化和加強，也為即將學習的電磁場以及電荷在電磁場中的運動奠定了知識基礎。



【課內探究學案】

一、學習目標

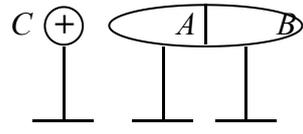
1. 認識電荷，瞭解點電荷、元電荷、感應起電。
2. 知道電荷守恆定律。
3. 探究點電荷的相互作用規律，知道庫倫定律

二、學習過程

【問題 1】①請你自製一個簡易驗電器。器材準備：一小段金屬絲，兩條長約 2cm、寬約 4mm 的金屬箔，一個帶有塑膠瓶蓋的透明玻璃瓶。

②摩擦過的物體一定會帶電嗎？摩擦身邊的物體，並用做好的驗電器判定它們在摩擦後是否都帶上了電。

【問題 2】①如圖所示，兩個互相接觸的導體 A 和 B 不帶電，現將帶正電的導體 C 靠近 A 端放置，三者均有絕緣支架。請判斷 A、B 帶電情況如何？



若先將 A、B 分開再移走 C，則 A _____，B _____； 图 1.1-2

若先將 C 移走再把 A、B 分開，則 A _____，B _____。

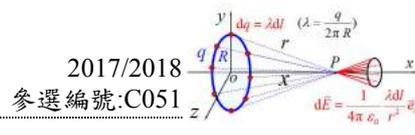
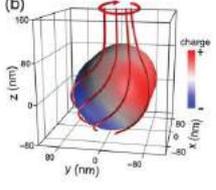
②討論交流：接觸起電、摩擦起電、感應起電的實質是什麼？總的電荷量滿足什麼樣的規律？

③電荷守恆定律的內容？

三、反思總結

【教學反思】

物理教學是以實驗為基礎的，重在啟發思維，教會方法。讓學生在教師的指導下，親身體驗摩擦生電及靜電產生電荷的實驗研究過程，理解電荷轉移的規律及方法，瞭解運用電荷守恆定律消除靜電的規律，體會實驗在發現自然規律中的作用。通過和學生共同處理實驗教會他們動腦分析和動手操作實驗的過程及處理技巧，體會動手在研究物理問題中的重要性。在學生深刻理解摩擦生電和靜電感應這兩個產生電荷的過程以後，通過例題的講解，提高學生分析解決物理問題的能力。



2017/2018
參選編號:C051

學生是課堂教學的主體，現代教育更重視在教學過程中對學生的學法指導。本節課的教學過程中要注意引導學生以學過的初中電學概念為基礎，在實驗中總結出電荷在電中性導體和介質中運動的規律。巧用提問，評價啟動學生的積極性，調動起課堂氣氛，讓學生在輕鬆，自主，討論的學習環境下完成學習任務。最後讓一部分學生自由發言，舉出生活中一些靜電產生的例子，並引導另一部分同學來幫這部分同學想一想該如何消除靜電，從實踐到理論，再從理論到實踐，通過在實踐中來到實踐中去過程強化了學生對電荷的初識。

三、重點探究：§1.1 電荷及其守恆定律（第二課時）

學習目標	知識脈絡
1.知道自然界中只存在兩種電荷，知道電荷間的相互作用。 2.瞭解使物體帶電的方法，會從物質微觀結構的角度認識物體帶電的本質。(難點) 3.理解電荷守恆定律。(重點) 4.知道電荷量和元電荷的概念，知道電荷量不能連續變化。	2種電荷——正電荷、負電荷 3種起電方式——摩擦起電、接觸起電、感應起電 1個規律——電荷守恆定律

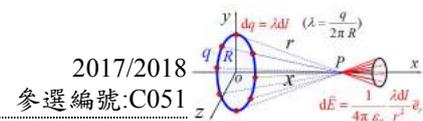
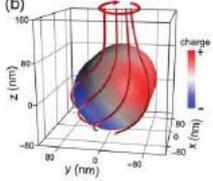
3.1 知識點一：電荷

	<h2>電荷</h2>
--	-------------

【基礎初探】

[先填空]

1. 兩種電荷：自然界中只存在兩種電荷：正電荷和負電荷。
2. 電荷間的作用：同種電荷相互排斥，異種電荷相互吸引。
3. 原子



2017/2018

參選編號:C051

(1) 原子結構：原子 $\left\{ \begin{array}{l} \text{原子核} \left\{ \begin{array}{l} \text{质子：帶正電} \\ \text{中子：不帶電} \end{array} \right. \\ \text{核外電子：帶負電} \end{array} \right.$

(2) 原子電性：原子核的正電荷的數量與核外電子負電荷的數量相等，整個原子對外界較遠的位置表現為電中性。

(3) 離子的電性：失去電子的原子為帶正電的離子；得到電子的原子為帶負電的離子。

4. 常見的兩種起電方式

(1) 摩擦起電：兩個物體相互摩擦時，一些被原子核束縛得不緊的電子從一個物體轉移到另一個物體，使得原來呈電中性的物體由於得到電子而帶負電，失去電子的物體則帶正電的現象。

(2) 感應起電：

① 自由電子：金屬中離原子核較遠的能脫離原子核的束縛而在金屬中自由活動的電子。

② 靜電感應：當一個帶電體靠近導體時，由於電荷間的相互排斥或吸引，導體中的自由電荷便會遠離或趨向帶電體，使導體靠近帶電體的一端帶異號電荷，遠離帶電體的一端帶同號電荷的現象。

③ 感應起電：利用靜電感應使金屬導體帶電的過程。

[再判斷]

1. 摩擦起電、接觸起電這兩種方式都能使絕緣體帶電。(×)
2. 靜電感應現象是導體內部電荷的重新分佈，顯現出了電性。(√)
3. 接觸帶電的實質是電荷的轉移。(√)

[后思考]

1. “當物體不帶電時，物體內部就沒有電荷”這種說法對嗎？

【提示】 不對。當物體不帶電時，物體內部也存在電荷，只不過正電荷數量與負電荷數量相等。

2. 為什麼導體能夠感應起電而絕緣體卻不能？

【提示】 因為絕緣體中幾乎沒有自由移動的電荷。

【核心突破】

[合作探討]

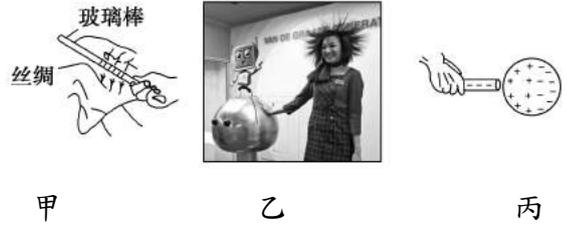
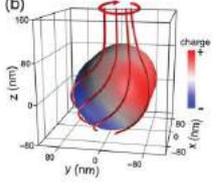


圖 1-1-1

如圖所示的圖甲、圖乙、圖丙分別表示使物體帶電的一種方式。

探討 1：試說明圖甲、圖乙、圖丙分別代表哪種起電方式？

【提示】 圖甲為摩擦起電、圖乙為接觸起電、圖丙為感應起電。

探討 2：圖甲中玻璃棒帶什麼電荷？其帶電的原因是什麼？

【提示】 玻璃棒帶正電。原因是摩擦過程中玻璃棒失去電子。

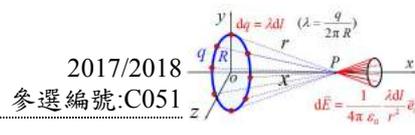
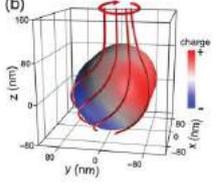
[核心点击]

1. 三種起電方式對比

方式	摩擦起電	感應起電	接觸起電
產生及條件	兩種不同物體摩擦時	導體靠近帶電體時	導體與帶電導體接觸時
現象	兩物體帶上等量異種電荷	導體兩端出現等量異種電荷，且電性與原帶電體“近異遠同”	導體上帶與帶電體相同電性的電荷
原因	不同物質的原子核對核外電子的束縛能力不同而發生電子得失	導體中的自由電子受帶正(負)電物體吸引(排斥)而靠近(遠離)	電荷之間的相互排斥
實質	均為電荷在物體之間或物體內部的轉移		

2. 三種起電方式分析

(1) 摩擦起電過程分析：



2017/2018
參選編號:C051

分析摩擦起電問題時應明確原子核中的質子不能脫離原子核而移動，即相互摩擦的兩個物體中轉移的不可能是正電荷，轉移的只能是負電荷即電子。帶正電的物體一定失去了電子，帶負電的物體一定獲得了電子。

(2)接觸起電過程中電子轉移的規律分析

- ①帶正電的物體與帶負電的物體接觸，電子由帶負電的物體轉移到帶正電的物體上。
- ②帶正電的物體與不帶電的中性物體接觸，電子由中性物體轉移到帶正電的物體上。
- ③帶負電的物體與不帶電的中性物體接觸，電子由帶負電的物體轉移到中性物體上。

(3)感應起電方法分析

方法(一)：

- ①將導體靠近帶電體，導體內的自由電子受到帶電體的作用力而定向移動，使導體中的正、負電荷分離；
- ②將導體分離後再移走帶電體，則導體上兩部分分別帶上等量異種電荷。

方法(二)：

- ①將一個導體移近帶電體，用手接觸一下導體(或用導線將導體接地)；
- ②移走帶電體，則導體帶上異種電荷。

無論接觸導體的哪一個位置都會得到相同的結論，因為接地時導體與大地連為一體，地球是遠離帶電體的一端。

【題組衝關】

1.(多選)用棉布分別與丙烯塑膠板和乙烯塑膠板摩擦，實驗結果如圖 1-1-2 所示，由此對摩擦起電的說法正確的是()

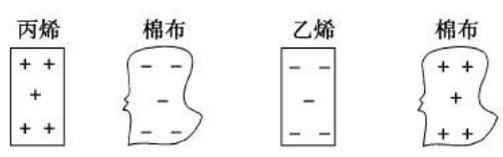
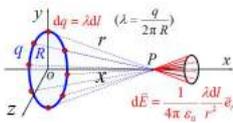
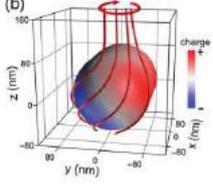


圖 1-1-2

- A. 兩個物體摩擦時，表面粗糙的易失去電子
- B. 兩個物體摩擦起電時，一定同時帶上種類及數量不同的電荷
- C. 兩個物體摩擦起電時，帶上電荷的種類不同但數量相等



D·同一物體與不同種類物體摩擦，該物體的帶電荷種類可能不同

【解析】 兩物體摩擦時得失電子取決於原子對電子的束縛力大小，A 錯；由於摩擦起電的實質是電子的得失，所以兩物體帶電種類一定不同，數量相等，B 錯，C 對；由題中例子不難看出同一物體與不同種類物體摩擦，帶電種類可能不同，D 正確。

【答案】 CD

2·(多選)如圖 1-1-3 所示，將用毛皮摩擦過的帶負電的橡膠棒，移近或接觸兩個不帶電的導體球，開始時兩導體球互相接觸且對地絕緣，下列說法正確的是()

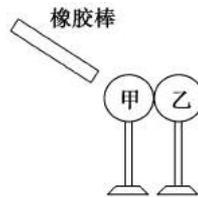


圖 1-1-3

- A·毛皮與橡膠棒摩擦時，橡膠棒上的正電荷轉移到毛皮
- B·橡膠棒移近甲球，甲球帶正電，乙球帶負電，移走橡膠棒，兩球都不再帶電
- C·橡膠棒移近甲球，甲球帶正電，乙球帶負電，分開兩球再移開橡膠棒，甲球帶正電，乙球帶負電
- D·橡膠棒與甲球接觸一下移開，再分開兩球，甲球帶負電，乙球帶正電

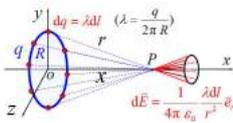
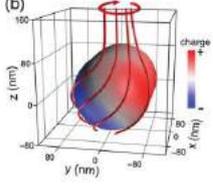
【解析】 橡膠棒與毛皮摩擦時，是毛皮上的電子轉移到橡膠棒，而使橡膠棒帶負電，A 錯誤；橡膠棒靠近甲球時，發生感應起電，甲球帶正電，乙球帶負電，移走棒後，兩球上的電荷中和，都不帶電，若先移開兩球再移走棒，兩球上的電荷不能中和，甲、乙兩球仍帶電，故 B、C 正確；橡膠棒與甲球接觸，是接觸起電，兩球都帶上負電荷，分開兩球，仍都帶負電，D 錯誤。

【答案】 BC

【歸納總結】

感應起電的兩大特點

(1)近異遠同：用帶電體靠近不帶電的導體時，會在靠近帶電體的一端感應出與帶電體電性相反的電荷，遠離端感應出與帶電體電性相同的電荷。



(2)等量異性：用帶電體靠近不帶電的導體(或兩不帶電的相互接觸的導體)時，會在原不帶電的導體兩端(或兩不帶電的相互接觸的導體上)感應出等量異性的電荷。

3.2 知識點二：電荷守恆定律及元電荷

	電荷守恆定律及元電荷
--	------------

【基礎初探】

[先填空]

1. 電荷守恆定律

(1)內容：電荷既不會創生，也不會消滅，它只能從一個物體轉移到另一物體或從物體的一部分轉移到另一部分，在轉移過程中，電荷的總量保持不變。

(2)電荷守恆定律的另一表述

一個與外界沒有電荷交換的系統，電荷的代數和保持不變。

2. 元電荷

(1)電荷量：

它表示電荷的多少，其單位是“庫倫”，簡稱“庫”，用 C 表示。

(2)元電荷：

①最小的電荷量叫做“元電荷”，用 e 表示，則 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。

②對元電荷的兩點理解：a. 電荷量不能連續變化，因為最小的電荷量為 $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ ，自然界中帶電體的電荷量都是元電荷 e 的整數倍；b. 質子及電子所帶電荷量的絕對值與元電荷相等，但不能說它們是元電荷。

3. 比荷

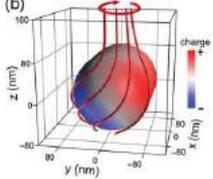
比荷即電荷量與品質的比，電子的比荷為 $\frac{e}{m_e} = 1.76 \times 10^{11} \text{ C/kg}$ 。

[再判斷]

1. 元電荷沒有正負之分。(√)

2. 元電荷實質上是指電子和質子本身。(×)

3. 一個帶正電的金屬球與一個不帶電的金屬球接觸，帶正電的金屬球電荷量減少是因為帶正電的金屬球的部分正電荷轉移到不帶電的金屬球中。(×)



[后思考]

摩擦起電與感應起電有什麼不同？本質相同嗎？

【提示】 摩擦起電發生於兩個絕緣體間，失電子的帶正電，得電子的帶負電；感應起電源於有帶電體靠近導體，導體內的自由電子在導體內部發生了轉移。摩擦起電過程兩物體必須接觸，感應起電時帶電體一定不能與導體接觸。兩種起電方式的本質相同，都是電荷發生轉移的結果，都符合電荷守恆定律。

【核心突破】

[合作探讨]

如圖 1-1-4 所示，為帶有等量異種電荷的相同的金屬球 A 和 B 。

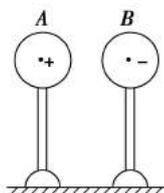


圖 1-1-4

探討 1：兩金屬球接觸時，電荷發生了怎樣的變化？

【提示】 金屬球 B 中的電子移向金屬球 A ，中和了金屬球 A 上的正電荷。

探討 2：兩球接觸後發生了電荷的中和，是電荷消失了嗎？

【提示】 不是，電荷中和時，電荷並沒有消失，只是正、負電荷數值相等，對外不顯電性。

[核心点击]

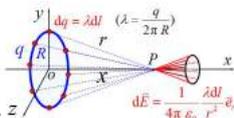
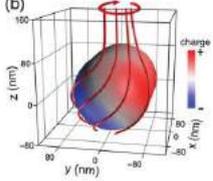
1. 物體帶電的實質：物體帶電不是創造了電荷，物體不帶電也不是消滅了電荷。物體帶電的實質是電荷發生了轉移，也就是物體間或物體內部電荷的重新分配。摩擦起電、感應起電和接觸起電，均符合電荷守恆定律。

2. “中性”與“中和”的理解：

(1) 中性：物體內有電荷存在，但正、負電荷的絕對值相等，對外不顯電性。

(2) 中和：兩個帶有等量異種電荷的帶電體接觸發生電中性的過程。

3. 守恆的廣泛性：電荷守恆定律同能量守恆定律一樣，是自然界中最基本的規律，任何電現象都不違背電荷守恆定律。



4. 兩個完全相同的導體的電荷分佈規律：

(1) 兩個完全相同的導體，一個帶電，另一個不帶電。當兩個導體接觸後再分開時，兩導體所帶的電荷量相等，都等於原來電荷量的一半。

(2) 兩個完全相同的導體，都帶有一定量的電荷，若兩帶電體的電荷量分別為 Q_1 、 Q_2 ，則它們接觸後再分開都帶有 $\frac{Q_1+Q_2}{2}$ 的電荷量，式中電荷量 Q_1 、 Q_2 均包含它們的正負號。如圖 1-1-5 所示。

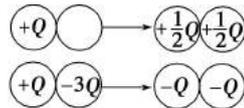


圖 1-1-5

【題組衝關】

3. 保護知識產權，抵制盜版是我們每個公民的責任與義務，盜版書籍影響我們的學習效率甚至給我們的學習帶來隱患。小華有一次不小心購買了盜版的物理參考書，做練習時，他發現有一個關鍵數字看不清，拿來問老師，如果你是老師，你認為可能是下列幾個數字中的()

- A · $6.2 \times 10^{-19} \text{ C}$ B · $6.4 \times 10^{-19} \text{ C}$
C · $6.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ D · $6.8 \times 10^{-19} \text{ C}$

【解析】 電荷量必須是元電荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 的整數倍， $6.4 \times 10^{-19} \text{ C}$ 是 e 的 4 倍，故看不清的關鍵數字可能是 B 項。

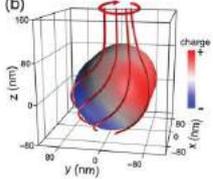
【答案】 B

4. 兩個相同的金屬小球 A、B 帶有相等的電荷量，且電性相同，相隔一定距離，現讓第三個與 A、B 完全相同的不帶電的金屬小球 C 先後與 A、B 球接觸後移開，求接觸後 A、B 兩球的電荷量之比是()

- A · 1 : 3 B · 3 : 1
C · 2 : 3 D · 3 : 2

【解析】 設 A、B 球的電荷量都為 q ，則 A、C 接觸後 A 球的電荷量為 $\frac{q}{2}$ ，C 球的電荷量為 $\frac{q}{2}$ ，C 球與 B 球接觸後，電荷量重新分配，則 B 上的電荷量

為 $\frac{q + \frac{q}{2}}{2} = \frac{3}{4}q$ ，所以接觸後 A、B 兩球的電荷量之比為 $\frac{q}{2} : \left[\frac{3}{4}q \right]$ ，即 2 : 3，C 正



確。

【答案】 C

【歸納總結】

電荷的分配規律

(1)兩個大小完全相同的帶同種電荷的金屬球接觸時，電荷平均分配。

(2)兩個大小完全相同的帶異種電荷的金屬球接觸時，電荷先中和，剩餘電荷再平分。

(3)兩個大小、形狀完全相同的非球形帶電金屬導體接觸時，也符合上述規律。

四、課時對點練

一、選擇題

考點一 電荷量與元電荷

1. 關於對元電荷的理解，下列說法正確的是()

- A. 元電荷就是電子
- B. 元電荷就是質子
- C. 元電荷是表示跟電子所帶電荷量數值相等的電荷量
- D. 元電荷是帶電荷量最小的帶電粒子

答案 C

2. (多選)關於電荷量，以下說法正確的是()

- A. 物體所帶的電荷量可以為任意值
- B. 物體所帶的電荷量只能為某些值
- C. 物體帶電荷量的最小值為 $1.6 \times 10^{-9} \text{ C}$
- D. 若物體帶正電荷，電荷量為 $1.6 \times 10^{-9} \text{ C}$ ，這是因為物體失去了 1.0×10^{10} 個電子

答案 BD

解析 物體所帶的電荷量不能為任意值，只能為元電荷的整數倍，故 A 錯誤，B 正確。

物體帶電荷量的最小值與電子的電荷量數值相等，為 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ，故 C 錯誤。

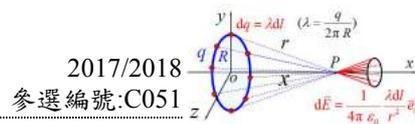
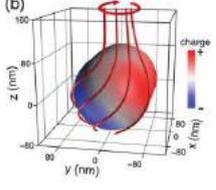
物體帶電荷量為 $1.6 \times 10^{-9} \text{ C}$ ，說明物體失去了 $\frac{1.6 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.0 \times 10^{10}$ 個電子，故

D 正確。

考點二 三種起電方式

3. 感應起電和摩擦起電都能使物體帶電，關於這兩種帶電過程，下列說法正確的是()

- A. 感應起電和摩擦起電都是電荷從物體的一部分轉移到另一部分



2017/2018
參選編號:C051

- B · 感應起電是電荷從一個物體轉移到另一個物體
- C · 感應起電和摩擦起電都是電荷從一個物體轉移到另一個物體
- D · 摩擦起電是電荷從一個物體轉移到另一個物體

答案 D

解析 感應起電的實質是電荷從物體的一部分轉移到另一部分，摩擦起電的實質是電子從一個物體轉移到另一個物體，故 A、B、C 錯誤，D 正確。

4 · (多選)用棉布分別與丙烯塑膠板和乙烯塑膠板摩擦，實驗結果如圖 1 所示，由此對摩擦起電說法正確的是()

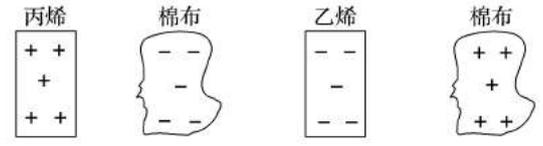


圖 1

- A · 兩個物體摩擦時，表面粗糙的易失去電子
- B · 兩個物體摩擦起電時，一定同時帶上種類及數量不同的電荷
- C · 兩個物體摩擦起電時，帶上電荷的種類不同但數量相等
- D · 同一物體與不同種類的物體摩擦，該物體所帶電荷種類可能不同

答案 CD

解析 兩物體摩擦時得失電子情況取決於原子核對電子的束縛力大小，A 錯。由於摩擦起電的實質是電子的得失，所以兩物體帶電種類一定不同，但數量相等，B 錯，C 對。由題中例子不難看出，同一物體與不同種類的物體摩擦，帶電種類可能不同，D 對。

5 · 如圖 2 所示，在感應起電中，帶負電小球 P 靠近帶絕緣底座的導體 MN 時，M 處將()

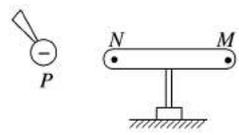


圖 2

- A · 帶負電
- B · 帶正電
- C · 不帶電
- D · 以上答案均有可能

答案 A

解析 這是感應起電，當帶負電小球靠近帶絕緣底座的導體時，同種電荷相互排斥，異種電荷相互吸引，左端的負電荷受到排斥力運動到右側，所以 N 處帶正電，M 處帶負電，故 A 正確。

6. 如圖 3 所示，Q 帶負電荷，導體 P 在 a 處接地，下列說法中正確的是()

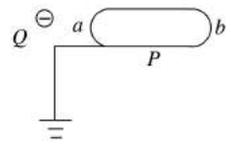
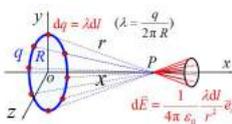
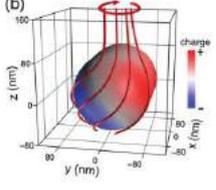


圖 3

- A · 導體 P 的 a 端不帶電荷，b 端帶負電荷
- B · 導體 P 的 a 端帶正電荷，b 端不帶電
- C · 導體 P 的 a 端帶正電荷，b 端帶負電荷，且正、負電荷的電荷量相等
- D · 導體 P 的 a 端帶正電荷，b 端帶負電荷，正電荷的電荷量大於負電荷的電荷量



答案 B

解析 導體 P 接地時與大地可視為一個新的導體， a 為靠近 Q 的一端，而大地為遠離 Q 的一端，由於靜電感應，靠近 Q 的一端會帶上電性與 Q 相反的電荷，即帶上正電荷，大地端則帶上電性與 Q 相同的電荷， b 端不帶電，故 B 正確。

考點三 驗電器及其原理

7. 如圖 4 所示，用起電機使金屬球 A 帶正電，靠近驗電器 B ，則()

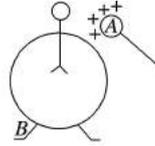


圖 4

- A. 驗電器的金屬箔片不張開，因為球 A 沒有和 B 接觸
- B. 驗電器的金屬箔片張開，因為整個驗電器都帶上了正電
- C. 驗電器的金屬箔片張開，因為整個驗電器都帶上了負電
- D. 驗電器的金屬箔片張開，因為驗電器下部的兩金屬箔片都帶上了正電

答案 D

解析 帶正電的 A 球靠近驗電器 B ，根據電荷“同性斥，異性吸”的特點知，驗電器金屬杆下端箔片中的電子會被 A 球上的正電荷吸引到驗電器上端，則金屬杆下端的箔片就會因帶正電荷而相斥，使箔片張開，故選 D。

8. 用一根跟毛皮摩擦過的硬橡膠棒，靠近不帶電驗電器的金屬小球 a (如圖 5)，然後用手指瞬間接觸一下金屬杆 c 後拿開橡膠棒，這時驗電器小球 a 和金箔 b 的帶電情況是()

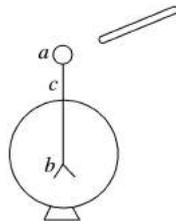


圖 5

- A. a 帶正電， b 帶負電
- B. a 、 b 均帶負電
- C. a 、 b 均帶正電
- D. a 帶負電， b 帶正電

答案 C

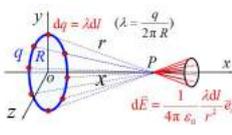
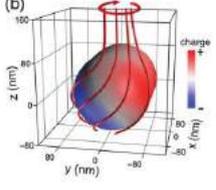
考點四 電荷守恆定律的應用

9. (多選) A 和 B 都是不帶電的物體，它們互相摩擦後 A 帶負電荷 $1.6 \times 10^{-10} \text{ C}$ ，下列判斷中正確的是()

- A. 在摩擦前 A 和 B 的內部電荷量為零
- B. 摩擦的過程中電子從 A 轉移到了 B
- C. A 在摩擦過程中一定得到了 1×10^9 個電子
- D. A 在摩擦過程中一定失去了 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 電子

答案 AC

10. 如圖 6 所示，左邊是一個原先不帶電的導體，右邊 C 是後來靠近的帶正電



的導體球，若用絕緣工具沿圖示某條虛線將導體切開，導體分為 A、B 兩部分，這兩部分所帶電荷量的數值分別為 Q_A 、 Q_B ，則下列結論正確的是()

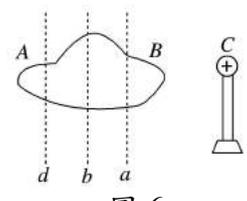


圖 6

- A · 沿虛線 d 切開，A 帶負電，B 帶正電，且 $Q_A > Q_B$
- B · 只有沿虛線 b 切開，才有 A 帶正電，B 帶負電，且 $Q_A = Q_B$
- C · 沿虛線 a 切開，A 帶正電，B 帶負電，且 $Q_A < Q_B$
- D · 沿任意一條虛線切開，都有 A 帶正電，B 帶負電，且 $Q_A = Q_B$

答案 D

解析 導體原來不帶電，在帶正電的導體球 C 靜電感應的作用下，導體中的自由電子向 B 部分轉移，使 B 部分帶了多餘的電子而帶負電；A 部分少了電子而帶正電。根據電荷守恆定律，A 部分移走的電子數目和 B 部分多餘的電子數目是相同的，因此無論從哪一條虛線切開，兩部分的電荷量總是相等的，故只有 D 正確。

二、非選擇題

11. (電荷量與元電荷)如圖 7 所示，某實驗通過調節控制電子槍產生的電子束，使其每秒有 10^4 個電子到達收集電子的金屬瓶，經過一段時間，金屬瓶上帶有 $-8 \times 10^{-12} \text{ C}$ 的電荷量，求：



圖 7

- (1) 金屬瓶上收集到多少個電子？
- (2) 實驗的時間為多長？

答案 (1) 5×10^7 個 (2) 5 000 s

解析 (1) 金屬瓶上收集的電子數目為：

$$N = \left| \frac{Q}{e} \right| = \left| \frac{-8 \times 10^{-12}}{1.6 \times 10^{-19}} \right| \text{個} = 5 \times 10^7 \text{ 個} .$$

$$(2) \text{ 實驗的時間: } t = \frac{5 \times 10^7}{10^4} \text{ s} = 5 \text{ 000 s} .$$

12. (電荷量與元電荷)多少個電子的電荷量等於 $-3.2 \times 10^{-5} \text{ C}$ ？乾燥的天氣一個人脫了鞋在地毯上走，身上聚集了 $-4.8 \times 10^{-5} \text{ C}$ 的電荷，此人身上有多少個剩餘電子？他的質量因聚集電子而增加了多少？(電子質量 $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ，電子電荷量 $e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

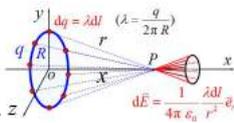
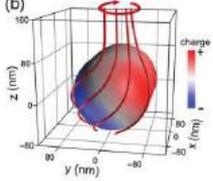
答案 2.0×10^{14} 個 3.0×10^{14} 個 $2.73 \times 10^{-16} \text{ kg}$

解析 $-3.2 \times 10^{-5} \text{ C}$ 電荷量含有的電子數為

$$n = \frac{q}{e} = \frac{-3.2 \times 10^{-5}}{-1.6 \times 10^{-19}} \text{個} = 2.0 \times 10^{14} \text{ 個} ,$$

$-4.8 \times 10^{-5} \text{ C}$ 的電荷量含有的電子數為

$$n' = \frac{q'}{e} = \frac{-4.8 \times 10^{-5}}{-1.6 \times 10^{-19}} \text{個} = 3.0 \times 10^{14} \text{ 個} ,$$



增加的質量為 $M = n'm_e = 3.0 \times 10^{14} \times 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} = 2.73 \times 10^{-16} \text{ kg}$.

13. (電荷守恆定律)有三個相同的絕緣金屬小球 A 、 B 、 C ，其中 A 小球帶有 $3 \times 10^{-3} \text{ C}$ 的正電荷， B 小球帶有 $2 \times 10^{-3} \text{ C}$ 的負電荷，小球 C 不帶電。先讓小球 C 與小球 A 接觸後分開，再讓小球 B 與小球 A 接觸後分開，最後讓小球 B 與小球 C 接觸後分開，試求這時三個小球的帶電荷量分別為多少？

答案 $q_A = -2.5 \times 10^{-4} \text{ C}$ $q_B = 6.25 \times 10^{-4} \text{ C}$ $q_C = 6.25 \times 10^{-4} \text{ C}$

解析 C 、 A 接觸後分開， A 、 C 帶電荷量均為 $\frac{3 \times 10^{-3}}{2} \text{ C} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ C}$ ，再讓小球 B 與小球 A 接觸後分開， A 、 B 帶電荷量均為 $\frac{1.5 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-3}}{2} \text{ C} = -2.5 \times 10^{-4} \text{ C}$ ，最後讓小球 B 與小球 C 接觸後分開， B 、 C 帶電荷量均為 $\frac{1.5 \times 10^{-3} - 2.5 \times 10^{-4}}{2} \text{ C} = 6.25 \times 10^{-4} \text{ C}$ ，故最終三小球的帶電荷量分別為 $q_A = -2.5 \times 10^{-4} \text{ C}$ ， $q_B = 6.25 \times 10^{-4} \text{ C}$ ， $q_C = 6.25 \times 10^{-4} \text{ C}$ 。

五、達標檢測

一、選擇題

1. 下列敘述正確的是()

A. 摩擦起電是創造電荷的過程

B. 接觸起電是電荷轉移的過程

C. 玻璃棒無論和什麼物體摩擦都會帶正電

D. 帶等量異號電荷的兩個導體接觸後，電荷會消失，這種現象叫電荷的湮滅

解析：選 B. 摩擦起電是電子轉移的過程，不會創造電荷，A 錯誤；接觸起電是電荷在不同導體間轉移的過程，B 正確；玻璃棒與其他物體摩擦後可能帶正電，也可能帶負電，C 錯誤；帶等量異號電荷的兩個導體接觸後，電荷會在導體間重新分配，整個導體顯示中性，這種現象叫電荷的中和，D 錯誤。故選 B。

2. 關於電荷量，下列說法錯誤的是()

A. 物體所帶電荷量可以是任意值

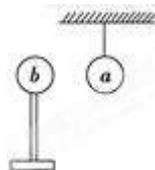
B. 物體所帶電荷量的最小值為 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

C. 物體所帶電荷量一定是 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 的整數倍

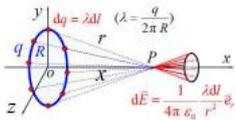
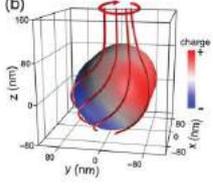
D. 一個物體帶 $1.6 \times 10^{-9} \text{ C}$ 的正電荷，這是它失去了 1.0×10^{10} 個電子的緣故

答案：A

3.



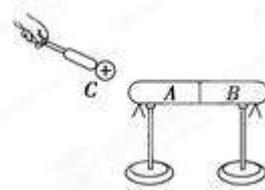
絕緣細線上端固定，下端掛一輕質小球 a ， a 的表面鍍有鋁膜；在 a 旁邊放一金屬球 b ，開始時， a 、 b 都不帶電，如圖所示，現使 b 帶電，則()



- A. b 將吸引 a ，吸住後不放開
- B. b 先吸引 a ，接觸後又把 a 排斥開
- C. a 、 b 之間不發生相互作用
- D. b 立即把 a 排斥開

解析：選 B。 b 球帶電後，使 a 產生靜電感應，感應的結果是 a 靠近 b 的一側出現與 b 異種的感應電荷，遠離 b 的一側出現與 b 同種的感應電荷。雖然 a 上的感應電荷等量異號，但因為異種電荷離 b 更近，所以 b 對 a 的電場力為引力。當 b 吸引 a 使兩者接觸後，由於接觸帶電， b 、 a 又帶上了同種電荷，有斥力作用，因而又把 a 排斥開，故選 B。

4.



如圖所示， A 、 B 為相互接觸的用絕緣支架支持的金屬導體，起初它們不帶電，在它們的下部貼有金屬箔片， C 是帶正電的小球，下列說法正確的是()

- A. 把 C 移近導體 A 時， A 、 B 上的金屬箔片都張開
- B. 把 C 移近導體 A ，先把 A 、 B 分開，然後移去 C ， A 、 B 上的金屬箔片仍張開
- C. 先把 C 移走，再把 A 、 B 分開， A 、 B 上的金屬箔片仍張開
- D. 先把 A 、 B 分開，再把 C 移走，然後重新讓 A 、 B 接觸， A 上的金屬箔片張開，而 B 上的金屬箔片閉合

解析：選 AB。把 C 移近導體 A 時， A 、 B 上的金屬箔片都張開， A 上帶負電荷， B 上帶正電荷；把 C 移近導體 A ，先把 A 、 B 分開，然後移去 C ， A 、 B 仍帶電；先把 C 移去，再把 A 、 B 分開， A 、 B 上的電荷已相互中和，都不再帶電。故選 AB。

5. 有 A 、 B 、 C 三個完全相同的金屬球， A 帶 $1.2 \times 10^{-4} \text{ C}$ 的正電荷， B 、 C 不帶電，現用相互接觸的方法使它們都帶電，則 A 、 B 、 C 所帶的電荷量可能是下面哪組數據()

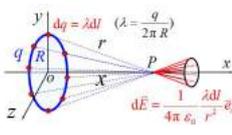
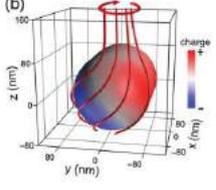
- A. $4.0 \times 10^{-5} \text{ C}$, $4.0 \times 10^{-5} \text{ C}$, $4.0 \times 10^{-5} \text{ C}$
- B. $6.0 \times 10^{-5} \text{ C}$, $4.0 \times 10^{-5} \text{ C}$, $4.0 \times 10^{-5} \text{ C}$
- C. $6.0 \times 10^{-5} \text{ C}$, $3.0 \times 10^{-5} \text{ C}$, $3.0 \times 10^{-5} \text{ C}$
- D. $5.0 \times 10^{-5} \text{ C}$, $5.0 \times 10^{-5} \text{ C}$, $5.0 \times 10^{-5} \text{ C}$

解析：選 AC。三個球同時接觸後各帶有 $4.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ 的電量，A 正確；根據電荷守恆定律，接觸前、後三球的總電量不變，B、D 錯誤；將 B 球先與 A 球接觸，再與 C 球接觸，分開後 A 、 B 、 C 各帶有 $6.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ 、 $3.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ 和 $3.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ 的電量，C 正確。故選 AC。

6. 把兩個相同的金屬小球接觸一下再分開一小段距離，發現兩球之間相互排斥，則這兩個金屬小球原來的帶電情況可能是()

- A. 兩球原來帶有等量異種電荷
- B. 兩球原來帶有同種電荷
- C. 兩球原來帶有不等量異種電荷
- D. 兩球中原來只有一個帶電

解析：選 BCD。當兩球帶有等量異種電荷時，兩者接觸，發生中和，之後兩



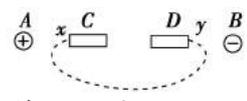
者無作用力，故 A 不可能互相排斥，B、C、D 三種情況相互接觸再分開都帶同種電荷，相互排斥。故選 BCD。

7. 某驗電器金屬小球和金屬箔片均帶負電，金屬箔片處於張開狀態。現用絕緣柄將帶有少量負電荷的硬橡膠棒向驗電器的金屬小球移近稍許，則驗電器金屬箔片()

- A. 張角增大稍許
- B. 張角減小稍許
- C. 硬橡膠棒的靠近稍許，使金屬小球上的電子向金屬箔片移動
- D. 硬橡膠棒的靠近稍許，使金屬箔片上的質子向金屬小球移動

解析：選 AC。金屬內可以自由移動的是自由電子，故選項 D 錯誤；當橡膠棒向金屬小球靠近時，橡膠棒與金屬小球上的負電荷間相互排斥，金屬小球上的電子向金屬箔片移動，使金屬箔片上的電荷量增加，所以張角增大。選項 A、C 正確，B 錯誤。故選 AC。

8.



如圖所示，A、B 為帶異種電荷的小球，將兩條不帶電的導體棒 C、D 放在兩球之間，在用導線將 C 棒左端點 x 和 D 棒右端點 y 連接起來的瞬間，導線中自由電子移動的方向是()

- A. $x \rightarrow y$
- B. $y \rightarrow x$
- C. 沒有電流
- D. 先是 $y \rightarrow x$ ，然後 $x \rightarrow y$

答案：B

☆9. 原來甲、乙、丙三物體都不帶電，今使甲、乙兩物體相互摩擦後，乙物體再與丙物體接觸，最後，得知甲物體帶正電 $1.6 \times 10^{-15} \text{ C}$ ，丙物體帶電 $8 \times 10^{-16} \text{ C}$ 。則對於最後乙、丙兩物體的帶電情況下列說法中正確的是()

- A. 乙物體一定帶有負電荷 $8 \times 10^{-16} \text{ C}$
- B. 乙物體可能帶有負電荷 $2.4 \times 10^{-15} \text{ C}$
- C. 丙物體一定帶有正電荷 $8 \times 10^{-16} \text{ C}$
- D. 丙物體一定帶有負電荷 $8 \times 10^{-16} \text{ C}$

解析：選 AD。由於甲、乙、丙原來都不帶電，即都沒有淨電荷，甲、乙摩擦導致甲失去電子 $1.6 \times 10^{-15} \text{ C}$ 而帶正電，乙物體得到電子而帶 $1.6 \times 10^{-15} \text{ C}$ 的負電荷；乙物體與不帶電的丙物體相接觸，從而使一部分負電荷轉移到丙物體上，故可知乙、丙兩物體都帶負電荷，由電荷守恆可知乙最終所帶負電為 $1.6 \times 10^{-15} \text{ C} - 8 \times 10^{-16} \text{ C} = 8 \times 10^{-16} \text{ C}$ ，故選 AD。

二、非選擇題

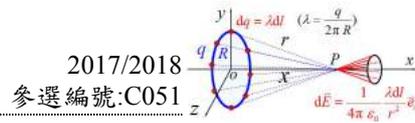
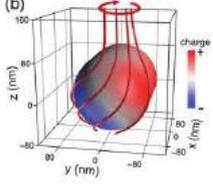
10.



如圖所示，通過調節控制電子槍產生的電子束，使其每秒有 10^4 個電子到達收集電子的金屬瓶，經過一段時間，金屬瓶上帶有 $-8 \times 10^{-12} \text{ C}$ 的電荷量，求：

- (1) 金屬瓶上收集到多少個電子？
- (2) 實驗的時間為多長？

解析：(1) 金屬瓶上收集的電子數目為：



$$N = \frac{Q}{e} = \frac{-8 \times 10^{-12} \text{ C}}{-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 5 \times 10^7 \text{ 個}$$

(2) 實驗的時間： $t = \frac{5 \times 10^7}{10^4} \text{ s} = 5000 \text{ s}$

答案：(1) 5×10^7 個 (2) 5000 s

11. 有三個完全相同的金屬球 A、B、C，A、B 帶電，且電荷量大小相等，相隔一定的距離放置，現讓第三個不帶電的金屬小球 C 先後與 A、B 接觸後再移開。

(1) 若 A、B 帶同種電荷，求接觸後兩球所帶的電荷量之比；

(2) 若 A、B 帶異種電荷，求接觸後兩球所帶的電荷量之比。

解析：若兩球帶同種電荷，接觸後電荷量平均分配；若兩球帶異種電荷，接觸時先中和，剩餘淨電荷平均分配。(1) 若 A、B 帶同種電荷，設為 q ，第三個小球 C 先與 A 接觸，電荷量平均分配，各帶電荷量 $\frac{q}{2}$ ；再與 B 接觸，兩球接

觸後電荷量之和平均分配，各帶電荷量 $\frac{3}{4}q$ ，因此 A、B 帶電荷量之比 $\frac{q_A}{q_B} = \frac{\frac{1}{2}q}{\frac{3}{4}q} = \frac{2}{3}$ 。

(2) 若 A、B 兩球帶異種電荷，設 A 為 q ，B 為 $-q$ ，則第三個小球先和 A 接觸，淨電荷平均分配，各帶電荷量 $\frac{q}{2}$ ；再與 B 接觸，B 上先有 $\frac{q}{2}$ 的淨電荷中和，剩餘的 $\frac{q}{2}$ 淨電荷再與第三個小球 C 平均分配，各帶電荷量 $\frac{1}{4}q$ ，所以 A、B 電荷

量之比 $\frac{q_A}{q_B} = \frac{\frac{1}{2}q}{\frac{1}{4}q} = \frac{2}{1}$ 。

答案：(1) 2:3 (2) 2:1

12. (探究題) 兩塊不帶電的金屬導體 A、B 均配有絕緣支架，現有一個帶正電的小球 C。

(1) 要使兩塊金屬導體帶上等量異種電荷，則應如何操作？哪一塊帶正電？

(2) 要使兩塊金屬導體都帶上正電荷，則應如何操作？

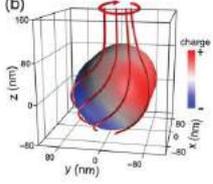
(3) 要使兩塊金屬導體都帶上負電荷，則應如何操作？

解析：(1) 先將兩塊導體 A、B 緊靠在一起，然後將帶電體 C 從一端靠近導體，再將兩導體分開，最後移走帶電體 C，遠離帶電體 C 的一塊帶正電。

(2) 先將兩塊導體 A、B 緊靠在一起，然後將帶電體 C 接觸導體 A(或 B)，再將導體 C 移走，再將兩導體 A、B 分開，則 A、B 都帶上了正電。

(3) 先將兩塊導體 A、B 緊靠在一起，然後將帶電體 C 從一端靠近導體，用手接觸一下 A(或 B)，再將兩導體 A、B 分開，最後移走帶電體 C，則 A、B 都帶上了負電。

答案：見解析



教學主題二：庫倫力--§1.2 庫倫定律（2 課時）

一、課前自主預習學案

【學習目標】

- 1、通過演示實驗，定性瞭解電荷之間的作壓力大小與電荷量的多少以及電荷之間距離大小的關係。
- 2、明確點電荷是個理想模型。知道帶電體簡化為點電荷的條件，
- 3、理解庫倫定律的含義及其運算式、適用條件，知道靜電力常量
- 4、瞭解庫倫扭秤實驗。

【重點難點】

對庫倫定律的理解和應用。

【學法指導】

認真閱讀教材，觀察實驗，體會電荷間相互作用力的大小與什麼因素有關？體會庫倫的實驗方法。

【知識鏈接】

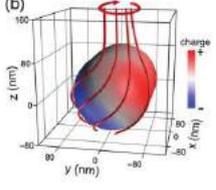
- 1、同種電荷互相_____異種電荷互相_____。
- 2、上一節學過起電的方式有哪些，有沒有違背電荷守恆定律？

【新課預習】

一、演示實驗----探究影響電荷間相互作用力的因素

間教材 5 頁：演示

通過演示實驗影響電荷間相互作用力的因素有哪些？這些因素對作用力的大小有什麼影響？



二、庫倫定律

1、庫倫定律：真空中兩個靜止點電荷之間的相互作用力的大小跟它們的
成正比，跟它們的_____成反比。作用力的方向在兩個點電荷的連線上

2、公式：

靜電力常量 $k = \underline{\hspace{2cm}}$ 使用上述公式時，電荷量 Q_1 、 Q_2 一般用絕對
值代入計算。

3、適用條件：真空中，點電荷——理想化模型

注：點電荷：

帶電體就可以看作點電荷。嚴格地說點電荷是一個理想模型，實際上是不存在的。

4、電荷間這種相互作用叫做_____。

辨析：從庫倫定律的公式看出，當兩個電荷間的距離趨近於零時，兩電荷
間的作用力將變為無限大，這種說法正確嗎？為什麼？

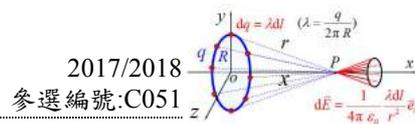
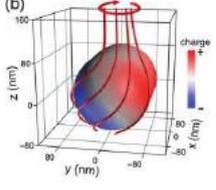
例題：兩個完全相同的金屬小球 A、B，A 球帶電量為 $+5.0 \times 10^{-9} \text{C}$ ，B 球
帶電量為 $-7.0 \times 10^{-9} \text{C}$ ，兩球相距 1m。問：它們之間的庫倫力有多大？若把它
們接觸後放回原處，它們之間的相互作用力為多大？

三、庫倫扭秤實驗：瞭解，自己閱讀教材 6 頁內容。

四、拓展

1、庫倫定律與萬有引力的關係：

見教材 7 頁例 1



2017/2018
參選編號:C051

總結：

2、庫倫力的疊加：

如果存在兩個以上的電荷，兩個以上點電荷對某一點電荷的作用力等於
_____的向量和。

例 2、教材 7 頁例 2

【活學活練】

1. 關於點電荷的說法，正確的是 ()

- A. 只有體積很小的帶電體才能看作點電荷
- B. 體積很大的帶電體一定不能看成點電荷
- C. 當兩個帶電體的大小及形狀對它們之間的相互作用力的影響可忽略

時，這兩個帶電體可看作點電荷

D. 一切帶電體都可以看成是點電荷

2. 關於庫倫定律的公式 $F=kQ_1Q_2/r^2$ ，下列說法中正確的是 ()

- A. 當真空中兩個電荷間距離 $r \rightarrow \infty$ 時，它們間的靜電力 $F \rightarrow 0$
- B. 當真空中兩個電荷間距離 $r \rightarrow 0$ 時，它們間的靜電力 $F \rightarrow \infty$
- C. 當兩個電荷間的距離 $r \rightarrow \infty$ 時，庫倫定律的公式就不適用了

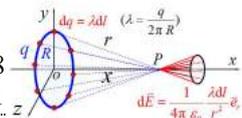
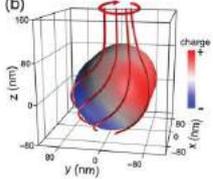
D. 當兩個電荷間的距離 $r \rightarrow 0$ 時，電荷不能看成是點電荷，庫倫定律的公式就不適用了

3. 真空中有兩個點電荷，它們之間的靜電力為 F ，如果保持它們所帶的電量不變，將它們之間的距離增大到原來的 3 倍，它們之間作用力的大小等於

()

- A. F B. $3F$ C. $F/3$ D. $F/9$

4. A、B 兩點電荷間的距離恒定，當其他電荷移到 A、B 附近時，A、B 間相互作用的庫倫力將 ()



A. 可能變大 B. 可能變小 C. 一定不變 D. 無法確定

5. 真空中有兩個靜止的點電荷，它們之間的作用力為 F ，若它們的帶電量都增大為原來的 2 倍，距離減少為原來的 $1/2$ ，它們之間的相互作用力變為

(.)

A. $F/2$ B. F C. $4F$ D. $16F$

【參考答案】

1. 答案：C
2. 答案：AD
3. 答案：D
4. 答案：C
5. 答案：D

二、新課教學：§1.2 庫倫定律（第一課時）

【教學三維目標】

（一）知識與技能

1. 掌握庫倫定律，要求知道點電荷的概念，理解庫倫定律的含義及其公式表達，知道靜電力常量。

2. 會用庫倫定律的公式進行有關的計算。

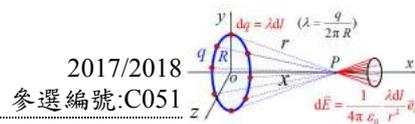
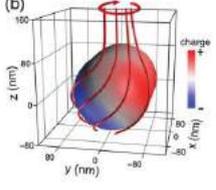
3. 知道庫倫扭秤的實驗原理。

（二）過程與方法

通過演示讓學生探究影響電荷間相互作用力的因素，再得出庫倫定律

（三）情感態度與價值觀

培養學生的觀察和探索能力



【教學重點、難點】

掌握庫倫定律
 會用庫倫定律的公式進行有關的計算

【教學方法】

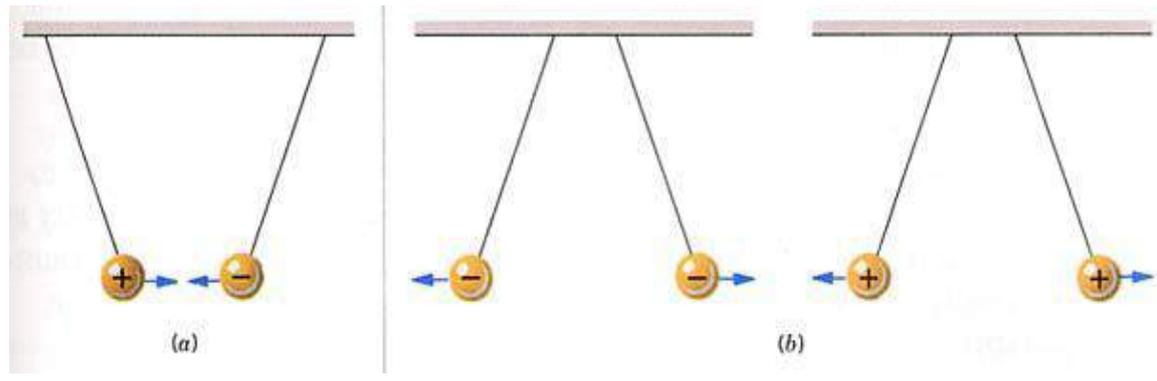
實驗歸納法、講授。

【教學工具】

演示實驗、多媒體課件。

【教學過程】

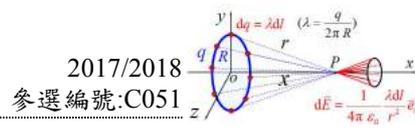
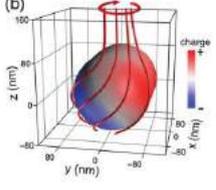
- (一) 復習上節課相關知識
- (二) 新課教學【板書】----第2節、庫倫定律



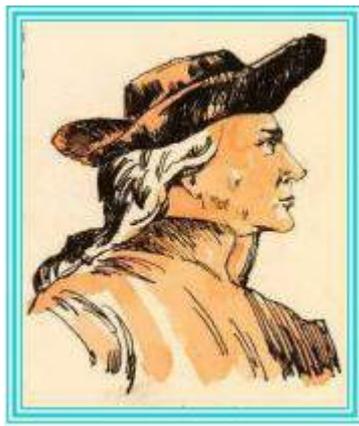
提出問題：電荷之間的相互作用力跟什麼因素有關？

【演示】：帶正電的物體和帶正電的小球之間的相互作用力的大小和方向。
 使同學通過觀察分析出結論(參見課本圖 1.2-1)。

【板書】：1、影響兩電荷之間相互作用力的因素：1·距離·2·電量·
 2、庫倫定律



2017/2018
參選編號:C051



內容表述：力的大小跟兩個點電荷的電荷量的乘積成正比，跟它們的距離的二次方成反比。作用力的方向在兩個點電荷的連線上

公式： $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$

靜電力常量 $k = 9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

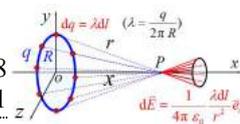
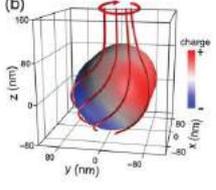
適用條件：真空中，點電荷——理想化模型

【介紹】：（1）·關於“點電荷”，應讓學生理解這是相對而言的，只要帶電體本身的大小跟它們之間的距離相比可以忽略，帶電體就可以看作點電荷。嚴格地說點電荷是一個理想模型，實際上是不存在的。這裏可以引導學生回顧力學中的質點的概念。容易出現的錯誤是：只要體積小就能當點電荷，這一點在教學中應結合實例予以糾正。

（2）·要強調說明課本中表述的庫倫定律只適用於真空，也可近似地用於氣體介質，對其他介質對電荷間庫倫力的影響不便向學生多作解釋，只能簡單地指出：為了排除其他介質的影響，將實驗和定律約束在真空的條件下。

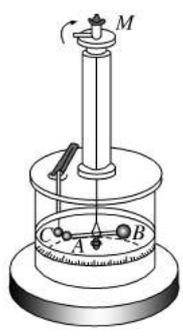
擴展：任何一個帶電體都可以看成是由許多點電荷組成的。任意兩點電荷之間的作用力都遵守庫倫定律。用矢量求和法求合力。

利用微積分計算得：帶電小球可等效看成電量都集中在球心上的點電荷。



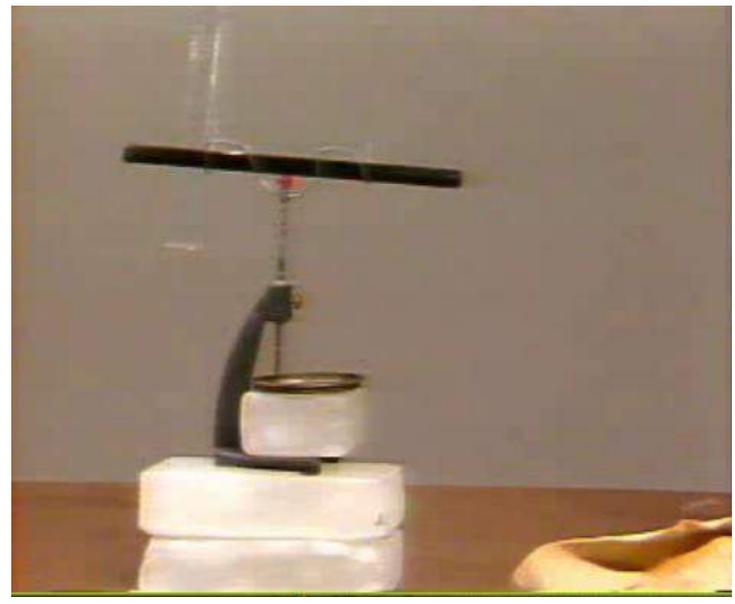
靜電力同樣具有力的共性，遵循牛頓第三定律，遵循力的平行四邊形定則。

【板書】：3、庫倫扭秤實驗（1785年，法國物理學家·庫倫）



【演示】：庫倫扭秤(模型或掛圖)介紹：物理簡史及庫倫的實驗技巧。

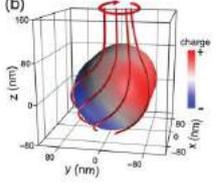
實驗技巧：（1）·小量放大·（2）·電量的確定·



【例題 1】：試比較電子和質子間的靜電引力和萬有引力。已知電子的品質 $m_1=9.10 \times 10^{-31} \text{kg}$ ，質子的品質 $m_2=1.67 \times 10^{-27} \text{kg}$ 。電子和質子的電荷量都是 $1.60 \times 10^{-19} \text{C}$ 。

分析：這個問題不用分別計算電子和質子間的靜電引力和萬有引力，而是列公式，化簡之後，再求解。

解：電子和質子間的靜電引力和萬有引力分別是



$$F_1 = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}, \quad F_2 = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{k Q_1 Q_2}{G m_1 \cdot m_2}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{9.0 \times 10^9 \times 1.60 \times 10^{-19} \times 1.60 \times 10^{-19}}{6.67 \times 10^{-11} \times 9.10 \times 10^{-31} \times 1.67 \times 10^{-27}} = 2.3 \times 10^{39}$$

可以看出，萬有引力公式和庫倫定律公式在表面上很相似，表述的都是力，這是相同之處；它們的實質區別是：首先萬有引力公式計算出的力只能是相互吸引的力，絕沒有相排斥的力。其次，由計算結果看出，電子和質子間的萬有引力比它們之間的靜電引力小的很多，因此在研究微觀帶電粒子間的相互作用時，主要考慮靜電力，萬有引力雖然存在，但相比之下非常小，所以可忽略不計。

【例題 2】：詳見課本 P9

【小結】對本節內容做簡要的小結

(三) 鞏固練習

- 1、復習本節課文及閱讀科學漫步
- 2、引導學生完成問題與練習，練習 1、2、4，作業 3、5。

參考題

1. 真空中有兩個相同的帶電金屬小球 A 和 B，相距為 r，帶電量分別為 q 和 2q，它們之間相互作用力的大小為 F。有一個不帶電的金屬球 C，大小跟 A、B 相同，當 C 跟 A、B 小球各接觸一次後拿開，再將 A、B 間距離變為 2r，那麼 A、B 間的作用力的大小可為：[]

- A · 3F/64 B · 0 C · 3F/82 D · 3F/16

2. 如圖 14-1 所示，A、B、C 三點在一條直線上，各點都有一個點電荷，它們所帶電量相等。A、B 兩處為正電荷，C 處為負電荷，且 BC=2AB。那麼 A、B、C 三個點電荷所受庫倫力的大小之比為 _____。

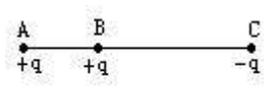
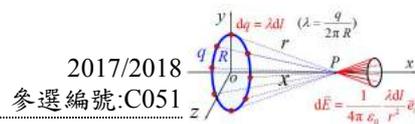
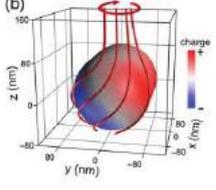


圖 14-1



2017/2018
參選編號:C051

3. 真空中有兩個點電荷，分別帶電 $q_1=5\times 10^{-3}\text{C}$ ， $q_2=-2\times 10^{-2}\text{C}$ ，它們相距 15cm，現引入第三個點電荷，它應帶電量為_____，放在_____位置才能使三個點電荷都處於靜止狀態。

4. 把一電荷 Q 分為電量為 q 和 $(Q-q)$ 的兩部分，使它們相距一定距離，若想使它們有最大的斥力，則 q 和 Q 的關係是_____。

說明：

1. 點電荷是一種理想化的物理模型，這一點應該使學生有明確的認識。
2. 通過本書的例題，應該使學生明確地知道，在研究微觀帶電粒子的相互作用時為什麼可以忽略萬有引力不計。
3. 在用庫倫定律進行計算時，要用電荷量的絕對值代入公式進行計算，然後根據是同種電荷，還是異種電荷來判斷電荷間的相互作用是引力還是斥力。
4. 庫倫扭秤的實驗原理是選學內容，但考慮到庫倫定律是基本物理定律，庫倫扭秤的實驗對檢驗庫倫定律具有重要意義，所以希望教師介紹給學生，可利用模型或掛圖來介紹。

【課內探究學案】

一、探究影響電荷間相互作用力的因素

1. 實驗原理：如圖 1-2-1 所示，小球受 Q 的斥力，絲線偏轉。

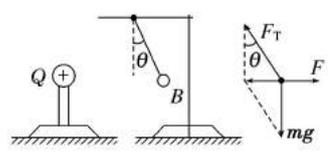
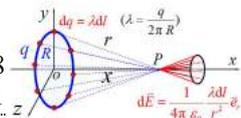
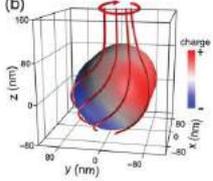


圖 1-2-1

$F = mg \tan \theta$ ， θ 變大， F 變大。

2. 實驗現象

- (1) 小球帶電荷量不變時，距離帶電物體越遠，絲線偏離豎直方向的角度越小。
- (2) 小球處於同一位置時，小球所帶的電荷量越大，絲線偏離豎直方向的角



度越大。

3. 實驗結論：電荷之間的作用力隨著電荷量的增大而增大，隨著距離的增大而減小。

二、庫倫定律

1. 庫倫力：電荷間的相互作用力，也叫做靜電力。

2. 點電荷：帶電體間的距離比自身的大小大得多，以致帶電體的形狀、大小及電荷分佈狀況對它們之間的作用力的影響可忽略時，可將帶電體看做帶電的點，即為點電荷。

3. 庫倫定律

(1)內容：真空中兩個靜止點電荷之間的相互作用力，與它們的電荷量的乘積成正比，與它們的距離的二次方成反比，作用力的方向在它們的連線上。

(2)運算式： $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ ， $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ ，叫做靜電力常量。

(3)適用條件：真空中的點電荷。

三、庫倫的實驗

1. 實驗裝置：庫倫做實驗用的裝置叫做庫倫扭秤。如圖 1-2-2 所示，細銀絲的下端懸掛一根絕緣棒，棒的一端是一個帶電的金屬小球 A，另一端有一個不帶電的球 B，B 與 A 所受的重力平衡。當把另一個帶電的金屬球 C 插入容器並使它靠近 A 時，A 和 C 之間的作用力使懸絲扭轉，通過懸絲扭轉的角度可以比較力的大小。

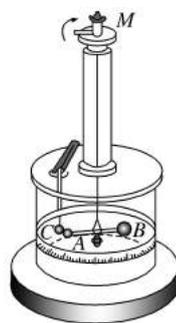
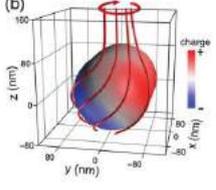


圖 1-2-2

2. 實驗步驟

(1)改變 A 和 C 之間的距離，記錄每次懸絲扭轉的角度，便可找出力 F 與距離 r 的關係。

(2)改變 A 和 C 的帶電荷量，記錄每次懸絲扭轉的角度，便可找出力 F 與帶



電荷量 q 之間的關係。

3. 實驗結論

(1) 力 F 與距離 r 的二次方成反比，即 $F \propto \frac{1}{r^2}$ 。

(2) 力 F 與 q_1 和 q_2 的乘積成正比，即 $F \propto q_1 q_2$ 。

所以 $F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 或 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 。

三、重點探究：§1.2 庫倫定律（第二課時）

學習目標	知識脈絡
1. 知道點電荷的概念，明確實際帶電體看做點電荷的條件。(難點) 2. 理解庫倫定律的內容及公式，並說明庫倫定律描述的客觀規律和適用條件。(重點) 3. 瞭解庫倫扭秤實驗，知道靜電力常量。	1 個方法——探究實驗中的控制變數法 1 個定律——庫倫定律 1 個模型——點電荷理想模型 1 個常量——靜電力常量

3.1 知識點一：點電荷

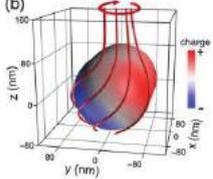
	點電荷
--	-----

【基礎初探】

[先填空]

1. 概念：

當帶電體間的距離比它們自身的大小大得多，以致帶電體的大小、形狀及電荷分佈狀況對它們之間的作用力的影響可以忽略時，這樣的帶電體就可以看做點電荷。



2. 點電荷是一種理想化的物理模型。

[再判斷]

1. 點電荷是一個帶有電荷的幾何點，它是實際帶電體的抽象，是一種理想化模型。(√)

2. 球形帶電體一定可以看做點電荷。(×)

3. 很大的帶電體也有可能看做點電荷。(√)

[后思考]

點電荷就是體積很小的帶電體，這種說法對嗎？為什麼？

【提示】 不對，體積很小的帶電體也不一定能看做點電荷。

【核心突破】

[合作探討]

如圖 1-2-1 所示，兩品質分佈均勻，半徑為 r 的金屬球放在絕緣支架上，兩球面最近距離也為 r 。

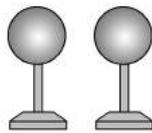


圖 1-2-1

探討 1：若計算兩球之間的萬有引力大小，可否將兩金屬球看做質點？

【提示】 可以。

探討 2：若兩球帶等量異種電荷，分析兩球之間靜電力時，可否將兩球看做點電荷？

【提示】 不能。

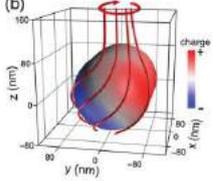
[核心点击]

1. 點電荷是物理模型

只有電荷量，沒有大小、形狀的理想化模型，類似於力學中的質點，實際中並不存在。

2. 帶電體看成點電荷的條件

如果帶電體間的距離比它們自身的大小大得多，以至於帶電體的形狀和大小對相互作用力的影響很小，就可以忽略形狀、大小等次要因素，只保留對問題有關鍵作用的電荷量，帶電體就能看成點電荷。



3. 注意區分點電荷與元電荷

(1)元電荷是最小的電荷量，其數值等於一個電子或一個質子所帶電荷量的絕對值。

(2)點電荷只是不考慮帶電體的大小和形狀，是帶電個體，其帶電荷量可以很大也可以很小，但它一定是元電荷的整數倍。

【題組衝關】

1. 下列關於點電荷的說法中，正確的是()

- A. 只有電荷量很小的帶電體才能看成是點電荷
- B. 體積很大的帶電體一定不能看成是點電荷
- C. 當兩個帶電體的大小遠小於它們之間的距離時，可將這兩個帶電體看成點電荷
- D. 一切帶電體都可以看成是點電荷

【解析】 能否把一個帶電體看做點電荷，不能以它的體積大小或帶電荷量多少而論，應該根據具體情況而定。若它的體積和形狀可不予考慮時，就可以將其看成點電荷。故選 C。

【答案】 C

2. 下列哪些帶電體可視為點電荷()

- A. 電子和質子在任何情況下都可視為點電荷
- B. 在計算庫倫力時均勻帶電的絕緣球體可視為點電荷
- C. 帶電的細杆在一定條件下可以視為點電荷
- D. 帶電的金屬球一定不能視為點電荷

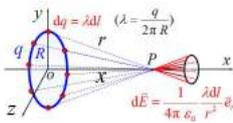
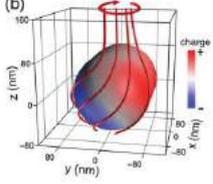
【解析】 電子和質子在研究的範圍非常小，可以與它的大小差不多時，不能看做點電荷。故 A 錯誤；在計算庫倫力時均勻帶電的絕緣球體在一定的條件下可視為點電荷。故 B 錯誤；帶電的細杆在它的大小相比與研究的範圍來說可以忽略不計時，可以視為點電荷。故 C 正確；帶電的金屬球在它的大小相比與研究的範圍來說可以忽略不計時，可以視為點電荷。故 D 錯誤。

【答案】 C

【歸納總結】

有關點電荷概念的兩點提醒

(1)帶電體能否看做點電荷，不取決於帶電體的大小，而取決於它們的大



小、形狀與距離相比能否忽略。

(2)同一帶電體，在不同問題中有時可以看做點電荷，有時不能看做點電荷。

3.2 知識點二：庫倫定律及庫倫實驗

	庫倫定律及庫倫實驗
--	-----------

【基礎初探】

[先填空]

1. 探究影響電荷間相互作用力的因素

(1)實驗原理：如圖 1-2-2 所示，小球受 Q 的斥力，絲線偏轉。 $F = mg \tan \theta$ ， θ 變大， F 變大； θ 變小， F 變小。

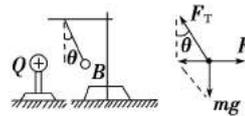


圖 1-2-2

(2)實驗現象：

①小球帶電荷量不變時，距離帶電物體越遠，絲線偏離豎直方向的角度越小。

②小球處於同一位置時，小球所帶的電荷量越大，絲線偏離豎直方向的角度越大。

(3)實驗結論：電荷之間的作用力隨著電荷量的增大而增大，隨著距離的增大而減小。

2. 庫倫定律

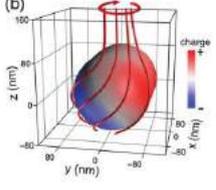
(1)內容：真空中兩個靜止點電荷之間的相互作用力，與它們的電荷量的乘積成正比，與它們的距離的二次方成反比，作用力的方向在它們的連線上。

(2)運算式： $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ ， k 叫做靜電力常量。

(3)適用條件：真空中的點電荷。

(4)庫倫扭秤實驗測得靜電力常量 $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 。

3. 庫倫的實驗



(1)實驗裝置：

庫倫做實驗用的裝置叫做庫倫扭秤。如圖 1-2-3 所示，細銀絲的下端懸掛一根絕緣棒，棒的一端是一個帶電的金屬小球 A，另一端有一個不帶電的球 B，B 與 A 所受的重力平衡。當把另一個帶電的金屬球 C 插入容器並使它靠近 A 時，A 和 C 之間的作用力使懸絲扭轉，通過懸絲扭轉的角度可以比較力的大小。

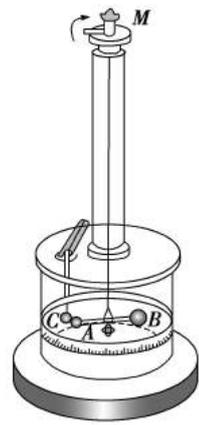


圖 1-2-3

(2)實驗步驟：

①改變 A 和 C 之間的距離，記錄每次懸絲扭轉的角度，便可找出力 F 與距離 r的關係。

②改變 A 和 C 的帶電荷量，記錄每次懸絲扭轉的角度，便可找出力 F 與帶電荷量 q之間的關係。

(3)實驗結論：

①力 F 與距離 r 的二次方成反比，即 $F \propto \frac{1}{r^2}$ 。

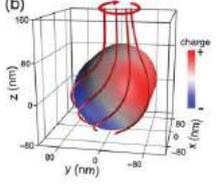
②力 F 與 q_1 和 q_2 的乘積成正比，即 $F \propto q_1 q_2$ 。

所以 $F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 或 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 。

4·靜電力疊加原理

(1)兩個點電荷間的作用力不會(選填“會”或“不會”)因為第三個點電荷的存在而有所改變。

(2)兩個或者兩個以上點電荷對某一個點電荷的作用力等於各點電荷單獨對這個點電荷的作用力的向量和。



[再判断]

1. 實驗中電荷之間作用力的大小是通過絲線偏離豎直方向的角度顯示的。(√)
2. 根據庫倫定律，只有兩點電荷電量相等時，它們間的庫倫力才相等。(×)
3. 庫倫定律只適用於計算真空中的兩個點電荷之間的庫倫力。(√)

[后思考]

1. 兩帶電小球間的距離非常小時，庫倫力是否會無窮大？

【提示】 當 $r \rightarrow 0$ 時，兩球不能看做點電荷，庫倫定律不再適用，即 $r \rightarrow 0$ 時 F 不為無窮大。

2. 當兩帶電球相距較近時， $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 不再適用，是否意味著兩球間不存在庫倫力的作用？

【提示】 當 r 較小時，不能用庫倫定律計算庫倫力的大小，但二者間仍存在庫倫力。

【核心突破】

[合作探讨]

如圖 1-2-4 所示，兩帶電金屬球的球心相距為 r ，兩金屬球的半徑均為 R ，且不滿足 $r \gg R$ 。

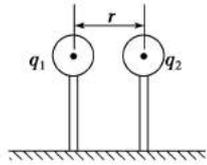
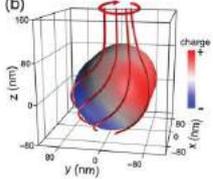


圖 1-2-4

探討 1：若兩球帶同種電荷，兩球間的庫倫力 F 與 $k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 間的大小關係如何？

【提示】 $F < \frac{kq_1 q_2}{r^2}$ 。

探討 2：若兩球帶異種電荷，兩球間的庫倫力 F 與 $k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 間的大小關係如何？



【提示】 $F > \frac{kq_1q_2}{r^2}$.

[核心点击]

1. 庫倫定律的適用對象

(1) 庫倫定律只適用於計算真空中兩個點電荷間的相互作用力；空氣中兩點電荷間的相互作用力也可以近似用庫倫定律計算。

(2) 兩個規則的均勻帶電球體，相距比較遠時，可以看成點電荷，也適用庫倫定律，二者間的距離就是球心間的距離。

2. 應用庫倫定律時應注意的問題

(1) 應用庫倫定律公式計算庫倫力時不必將表示電荷性質的正、負號代入公式中，只將其電荷量的絕對值代入公式中算出力的大小，力的方向根據同種電荷相互排斥，異種電荷相互吸引的原則判斷即可。

(2) 各物理量要統一用國際單位，只有採用國際單位時， k 的值才是 $9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 。

3. 庫倫力的疊加

(1) 對於三個或三個以上的點電荷，其中每一個點電荷所受的庫倫力，等於其餘所有點電荷單獨對它作用產生的庫倫力的向量和。

(2) 電荷間的單獨作用符合庫倫定律，求各庫倫力的向量和時應用平行四邊形定則。

【題組衝關】

3. 半徑相同的兩個金屬球 A 、 B (可以看做點電荷) 帶有相等的電荷量，相隔一定距離，兩球之間相互吸引力的大小是 F ，今讓第三個半徑相同的不帶電的金屬小球先後與 A 、 B 兩球接觸後移開，這時 A 、 B 兩球之間的相互作用力的大小是()

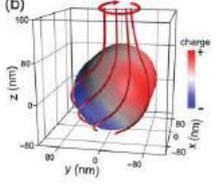
A. $\frac{F}{8}$

B. $\frac{F}{4}$

C. $\frac{3F}{8}$

D. $\frac{3F}{4}$

【解析】 兩球相互吸引，說明帶異種電荷，設電荷量分別為 q ，假設 A 球帶正電，當第三個不帶電的小球 C 與 A 球接觸後， A 、 C 兩球帶的電荷量平



分，每球帶電荷量為 $+\frac{q}{2}$ ，當再把 C 球與 B 球接觸後，兩球的電量先中和，再平分，每球的帶電量為 $-\frac{q}{4}$ ，由庫倫定律 $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$ 可知，當移開 C 球後，由於 r 不變，所以 A 、 B 兩球之間的相互作用力的大小為 $F_1=\frac{F}{8}$ ，故正確答案為 A。

【答案】 A

4. 如圖 1-2-5 所示，有三個點電荷 A 、 B 、 C 位於一個等邊三角形的三個頂點上，已知：三角形邊長為 1 cm ， B 、 C 電荷量為 $q_B=q_C=1\times 10^{-5}\text{ C}$ ， A 電荷量為 $q_A=-2\times 10^{-6}\text{ C}$ ， A 所受 B 、 C 兩個電荷的靜電力的合力 F 的大小和方向為 ()

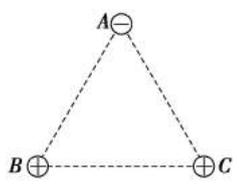


圖 1-2-5

- A · 180 N，沿 AB 方向
- B · $180\sqrt{3}\text{ N}$ ，沿 AC 方向
- C · 180 N，沿 $\angle BAC$ 的角平分線
- D · $180\sqrt{3}\text{ N}$ ，沿 $\angle BAC$ 的角平分線

【解析】 q_B 、 q_C 電荷對 q_A 帶電金屬球的庫倫力大小相等，故：

$$F = F_1 = F_2 = \frac{kq_Aq_B}{r^2}$$

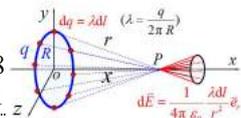
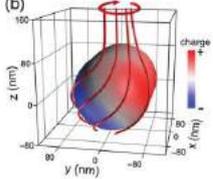
$$= \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{0.01^2} \text{ N} = 180 \text{ N}$$

兩個靜電力，夾角為 60° ，故合力為：

$$F' = 2F \cos 30^\circ = 2 \times 180 \text{ N} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 180\sqrt{3} \text{ N}$$

方向沿 $\angle BAC$ 的角平分線
 故選 D。

【答案】 D



【歸納總結】

計算庫倫力的基本步驟

- (1) 明確研究對象 q_1 、 q_2 ，特別是電性和電荷量的關係。
- (2) 明確 q_1 、 q_2 之間的距離 r 。
- (3) 根據庫倫定律 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 列方程。
- (4) 根據同種電荷相斥，異種電荷相吸確定力的方向。

四、課時對點練

一、選擇題

考點一 對庫倫定律的理解

1. (多選) 對於庫倫定律，下列說法正確的是()

- A. 凡計算真空中兩個點電荷間的相互作用力，就可以使用公式 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$
- B. 兩個帶電小球即使相距非常近，也能用庫倫定律
- C. 相互作用的兩個點電荷，不論它們的電荷量是否相同，它們之間的庫倫力大小一定相等
- D. 當兩個半徑為 r 的帶電金屬球中心相距為 $4r$ 時，對於它們之間的作用力大小，只取決於它們各自所帶的電荷量多少

答案 AC

解析 由庫倫定律的應用條件可知，A 選項正確；兩帶電小球距離非常近時，帶電小球不能視為點電荷，庫倫定律不再適用，故 B 選項錯誤；由牛頓第三定律可知，相互作用的兩個點電荷之間的作用力總是大小相等的，故 C 選項正確；當帶電小球之間的距離較近時，不能看成點電荷，它們之間的作用力不僅跟距離有關，還跟帶電體所帶電荷電性及電荷量有關係，故 D 選項錯誤。

2. 如圖 1 所示，兩個帶電球，大球的電荷量大於小球的電荷量，可以肯定()

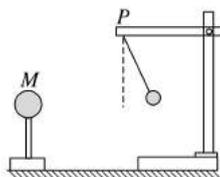
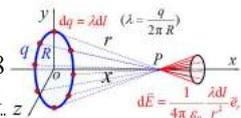
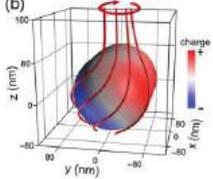


圖 1



- A · 兩球都帶正電
- B · 兩球都帶負電
- C · 大球受到的靜電力大於小球受到的靜電力
- D · 兩球受到的靜電力大小相等

答案 D

解析 兩個帶電球之間存在著排斥力，故兩球帶同號電荷，可能都帶正電，也可能都帶負電，故 A、B 項都錯；由牛頓第三定律知，兩球受到的靜電力大小相等，故 C 項錯，D 項對。

3. 如圖 2 所示，用兩根同樣的絕緣細線把甲、乙兩個品質相等的帶電小球懸掛在同一點上，甲、乙兩球均處於靜止狀態。已知兩球帶同種電荷，且甲球的電荷量大於乙球的電荷量， F_1 、 F_2 分別表示甲、乙兩球所受的庫倫力，則下列說法中正確的是()

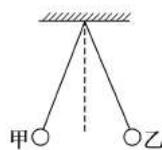


圖 2

- A · F_1 一定大於 F_2
- B · F_1 一定小於 F_2
- C · F_1 與 F_2 大小一定相等
- D · 無法比較 F_1 與 F_2 的大小

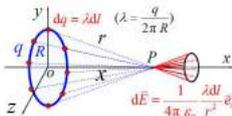
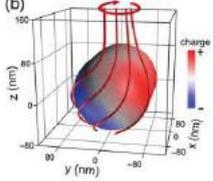
答案 C

解析 甲、乙兩球所受的庫倫力屬於作用力與反作用力，它們是大小相等、方向相反的，與所帶電荷量的大小無關，所以 C 正確，A、B、D 錯誤。

考點二 庫倫定律的簡單應用

4. A 、 B 、 C 三點在同一直線上， $AB:BC=1:2$ ， B 點位於 A 、 C 之間，在 B 處固定一電荷量為 Q 的點電荷。當在 A 處放一電荷量為 $+q$ 的點電荷時，它所受到的靜電力為 F ；移去 A 處電荷，在 C 處放一電荷量為 $-2q$ 的點電荷，其所受靜電力為()

- A · $-\frac{F}{2}$ B · $\frac{F}{2}$ C · $-F$ D · F



答案 B

解析 根據同種電荷相互排斥、異種電荷相互吸引，分析可知電荷量為 $-2q$ 的點電荷在 C 處所受的電場力方向與 F 方向相同。設 $AB=r$ ，則 $BC=2r$ 。則有： $F = k\frac{Qq}{r^2}$ ，故電荷量為 $-2q$ 的點電荷在 C 處所受電場力為： $F_C = k\frac{Q \cdot 2q}{(2r)^2} = \frac{F}{2}$ ，故選

B.

5. (多選)兩個用相同材料製成的半徑相等的帶電金屬小球，其中一個球的帶電荷量的絕對值是另一個的 5 倍，它們間的庫倫力大小是 F ，現將兩球接觸後再放回原處，它們間庫倫力的大小可能是()

- A. $\frac{5F}{9}$ B. $\frac{4F}{5}$ C. $\frac{5F}{4}$ D. $\frac{9F}{5}$

答案 BD

解析 若兩球帶同種電荷，設一個球的帶電荷量為 Q ，則另一個球的帶電荷量為 $5Q$ ，此時 $F = k\frac{5Q^2}{r^2}$ ，接觸後再放回原處，帶電荷量各為 $3Q$ ，則兩球間的庫倫力大小 $F' = k\frac{9Q^2}{r^2} = \frac{9F}{5}$ 。若兩球帶異種電荷，接觸後再放回原處，兩球所帶電荷量的絕對值均為 $2Q$ ，此時兩球間的庫倫力大小為 $F'' = k\frac{4Q^2}{r^2} = \frac{4}{5}F$ ，故 B、D 正確，A、C 錯誤。

考點三 庫倫力的疊加

6. 如圖 3 所示，有三個點電荷 A 、 B 、 C 位於一個等邊三角形的三個頂點上，已知：三角形邊長為 1 cm ， B 、 C 電荷量為 $q_B = q_C = 1 \times 10^{-6}\text{ C}$ ， A 電荷量為 $q_A = -2 \times 10^{-6}\text{ C}$ ， A 所受 B 、 C 兩個電荷的庫倫力的合力 F 的大小和方向為()

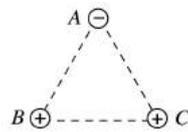
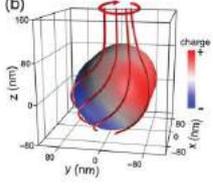


圖 3

- A. 180 N ，沿 AB 方向
 B. $180\sqrt{3}\text{ N}$ ，沿 AC 方向
 C. 180 N ，沿 $\angle BAC$ 的角平分線
 D. $180\sqrt{3}\text{ N}$ ，沿 $\angle BAC$ 的角平分線



答案 D

解析 點電荷 B 、 C 對點電荷 A 的庫倫力大小相等，

$$\text{為 } F_{BA} = F_{CA} = \frac{k|q_A|q_B}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{0.01^2} \text{ N} = 180 \text{ N}$$

A 受大小相等的兩個庫倫力，夾角為 60° ，故合力為：

$$F = 2F_{BA} \cos 30^\circ = 2 \times 180 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ N} = 180\sqrt{3} \text{ N},$$

方向沿 $\angle BAC$ 的角平分線。故選 D。

7. 如圖 4 所示，直角三角形 ABC 中 $\angle B = 30^\circ$ ，點電荷 A 、 B 所帶電荷量分別為 Q_A 、 Q_B ，測得在 C 處的某正點電荷所受靜電力方向平行於 AB 向左，則下列說法正確的是()

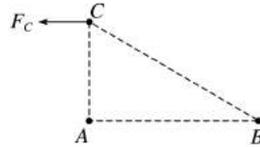
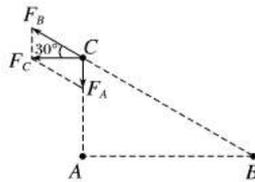


圖 4

- A. A 帶正電， $Q_A : Q_B = 1 : 8$
- B. A 帶負電， $Q_A : Q_B = 1 : 8$
- C. A 帶正電， $Q_A : Q_B = 1 : 4$
- D. A 帶負電， $Q_A : Q_B = 1 : 4$

答案 B

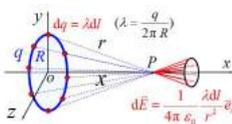
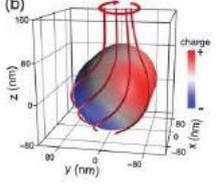
解析 要使 C 處的正點電荷所受靜電力方向平行於 AB 向左，該正點電荷所受力的情況應如圖所示，所以 A 帶負電， B 帶正電。設 AC 間的距離為 L ，則 BC 間的距離為 $2L$ 。



$$F_B \sin 30^\circ = F_A, \text{ 即 } k \frac{Q_B Q_C}{(2L)^2} \sin 30^\circ = \frac{k Q_A Q_C}{L^2}$$

解得 $\frac{Q_A}{Q_B} = \frac{1}{8}$ ，故選項 B 正確。

8. 如圖 5 所示，在一條直線上的三點分別放置 $Q_A = +3 \times 10^{-9} \text{ C}$ 、 $Q_B = -4 \times 10^{-9} \text{ C}$



9 C 、 $Q_C = +3 \times 10^{-9} \text{ C}$ 的 A 、 B 、 C 點電荷，則作用在點電荷 A 上的庫倫力的大小為()

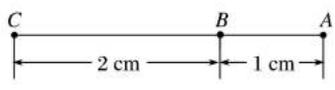


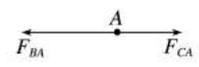
圖 5

- A · $9.9 \times 10^{-4} \text{ N}$
- B · $9.9 \times 10^{-3} \text{ N}$
- C · $1.17 \times 10^{-4} \text{ N}$
- D · $2.7 \times 10^{-4} \text{ N}$

答案 A

解析 點電荷 A 同時受到 B 和 C 的庫倫力作用，因此作用在 A 上的庫倫力應為兩庫倫力的合力。可先根據庫倫定律分別求出 B 、 C 對 A 的庫倫力，再求合力。

A 受到 B 、 C 點電荷的庫倫力如圖所示，根據庫倫定律有



$$F_{BA} = \frac{k|Q_B|Q_A}{r_{BA}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-9} \times 3 \times 10^{-9}}{0.01^2} \text{ N} = 1.08 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_{CA} = \frac{kQ_C Q_A}{r_{CA}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-9} \times 3 \times 10^{-9}}{0.03^2} \text{ N} = 9 \times 10^{-5} \text{ N}$$

規定沿這條直線由 A 指向 C 為正方向，則點電荷 A 受到的合力大小為

$$F_A = F_{BA} - F_{CA} = (1.08 \times 10^{-3} - 9 \times 10^{-5}) \text{ N} = 9.9 \times 10^{-4} \text{ N}$$

故選項 A 正確。

考點四 庫倫力作用下的平衡

9. 如圖 6 所示，把一帶正電的小球 a 放在光滑絕緣斜面上，欲使球 a 能靜止在斜面上，需在 MN 間放一帶電小球 b ，則 b 應()

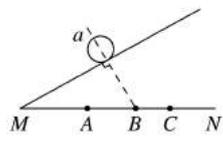
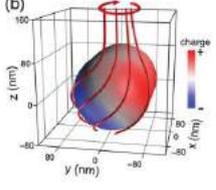


圖 6

- A · 帶負電，放在 A 點
- B · 帶正電，放在 B 點
- C · 帶負電，放在 C 點
- D · 帶正電，放在 C 點

答案 C

解析 小球 a 受到重力、支持力和庫倫力的作用處於平衡狀態時，才能靜止在斜面上。可知小球 b 帶負電、放在 C 點或小球 b 帶正電、放在 A 點可使小球 a



所受合力為零，故選 C.

10. 如圖 7 所示，懸掛在 O 點的一根不可伸長的絕緣細線下端有一個帶電荷量不變的小球 A . 在兩次實驗中，均緩慢移動另一帶同種電荷的小球 B . 當 B 到達懸點 O 的正下方並與 A 在同一水平線上， A 處於受力平衡時，懸線偏離豎直方向的角度為 θ ，若兩次實驗中 B 的電荷量分別為 q_1 和 q_2 ， θ 分別為 30° 和 45° . 則 $\frac{q_2}{q_1}$ 為 ()

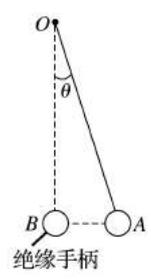
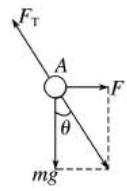


圖 7

- A · 2 B · 3 C · $2\sqrt{3}$ D · $3\sqrt{3}$

答案 C

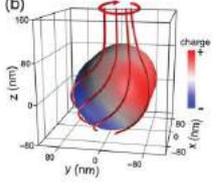
解析 由 A 的受力分析圖可得 $F = mg \tan \theta$ ，由庫倫定律得 $F = \frac{kq_A q_B}{r^2}$ ，式中 $r = l \sin \theta$ (l 為懸線長度)，由以上三式可解得 $q_B = \frac{mg l^2 \sin^2 \theta \tan \theta}{kq_A}$ ，因 q_A 、 m 、 l 不變，



$$\text{則 } \frac{q_2}{q_1} = \frac{\sin^2 45^\circ \tan 45^\circ}{\sin^2 30^\circ \tan 30^\circ} = 2\sqrt{3}.$$

二、非選擇題

11. (庫倫力作用下的平衡) 如圖 8 所示，把品質為 0.2 g 的帶電小球 A 用絕緣絲線吊起，若將帶電荷量為 $+4 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的小球 B 靠近它，當小球 A 平衡時，兩小球在同一高度且相距 3 cm 時，絲線與豎直方向夾角為 45° . g 取 10 m/s^2 ，小球 A 、 B 可視為點電荷，則：



2017/2018
 參選編號: C051

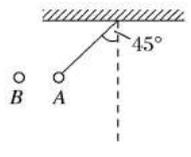
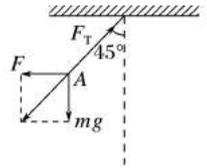


圖 8

- (1)此時小球 B 受到的庫倫力的大小為多少？
- (2)小球 A 帶何種電荷？
- (3)小球 A 所帶電荷量大小是多少？

答案 (1) 2×10^{-3} N (2)負電荷 (3) 5×10^{-9} C

解析 (1)根據題給條件，可知小球 A 處於平衡狀態，分析小球 A 受力情況如圖所示。則



$$F = mg \tan 45^\circ = 0.2 \times 10^{-3} \times 10 \times 1 \text{ N} = 2 \times 10^{-3} \text{ N}.$$

小球 B 受到的庫倫力與小球 A 受到的庫倫力為作用力和反作用力，所以小球 B 受到的庫倫力大小為 2×10^{-3} N.

(2)小球 A 與小球 B 相互吸引，小球 B 帶正電，故小球 A 帶負電。

(3)小球 A 、 B 之間的庫倫力大小 $F = k \frac{q_A \cdot q_B}{r^2} = mg \tan 45^\circ$,

所以 $q_A = \frac{2 \times 10^{-3} \times (3 \times 10^{-2})^2}{9.0 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-8}} \text{ C} = 5 \times 10^{-9} \text{ C}.$

12. (庫倫力作用下的平衡)如圖 9 所示， A 、 B 是兩個帶等量同種電荷的小球， A 固定在豎直放置的 10 cm 長的絕緣支杆上， B 靜止於光滑絕緣的傾角為 30° 的斜面上且恰與 A 等高，若 B 的品質為 $30\sqrt{3}$ g，則 B 帶電荷量是多少？(取 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ，小球 A 、 B 視為點電荷)

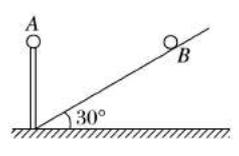
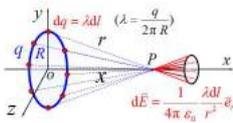
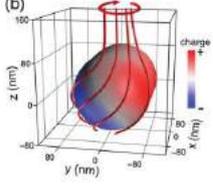


圖 9

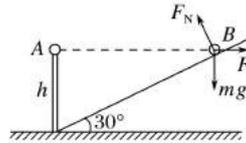
答案 1.0×10^{-6} C



解析 因為 B 靜止於光滑絕緣的傾角為 30° 的斜面上且恰與 A 等高，設 A 、 B 之間的水平距離為 L 。

依據題意可得： $\tan 30^\circ = \frac{h}{L}$

$$L = \frac{h}{\tan 30^\circ} = \frac{10}{\frac{\sqrt{3}}{3}} \text{ cm} = 10\sqrt{3} \text{ cm}$$



對 B 進行受力分析如圖所示，依據物體平衡條件，

解得庫倫力 $F = mg \tan 30^\circ = 30\sqrt{3} \times 10^{-3} \times 10 \times \frac{\sqrt{3}}{3} \text{ N} = 0.3 \text{ N}$ 。

依據 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 得： $F = k \frac{q^2}{L^2}$ 。

解得： $q = \sqrt{\frac{FL^2}{k}} = \sqrt{\frac{0.3}{9 \times 10^9} \times (10\sqrt{3} \times 10^{-2})^2} \text{ C} = 1.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ 。

13. (庫倫力的疊加)如圖 10 所示，半徑為 R 的絕緣球殼上均勻地帶有電荷量為 $+Q$ 的電荷，另一電荷量為 $+q$ 的點電荷放在球心 O 上，由於對稱性，點電荷受力為零。現在球殼上挖去半徑為 $r (r \ll R)$ 的一個小圓孔，則此時置於球心的點電荷所受靜電力的大小為多少？方向如何？(已知靜電力常量為 k)

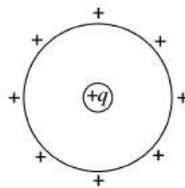


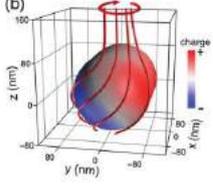
圖 10

答案 $\frac{kqQr^2}{4R^4}$ 由球心指向小圓孔中心

解析 在球殼上與小圓孔相對的小圓面 B 的電荷量 $q' = \frac{\pi r^2}{4\pi R^2} Q = \frac{r^2}{4R^2} Q$ 。根據庫倫

定律，它對置於球心的點電荷 $+q$ 的作用力大小 $F = k \frac{q'q}{R^2} = k \frac{\frac{r^2}{4R^2} Qq}{R^2} = \frac{kqQr^2}{4R^4}$ ，其

方向由小圓孔中心指向球心，根據力的合成可知，剩餘球殼對置於球心的點電



荷的作用力，即此時置於球心的點電荷所受的靜電力 $F' = F = \frac{kqQr^2}{4R^4}$ ，方向由球心指向小圓孔中心。

五、達標檢測

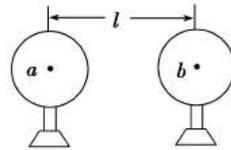
一、選擇題

1. 下列關於點電荷和元電荷的說法中，不正確的是()

- A. 只有體積很小的帶電體才可以看成點電荷
- B. 帶電體間的距離比它們本身的大小大得多，以至於帶電體的形狀和大小對它們間的相互作用力的影響可忽略不計時，帶電體就可以視為點電荷
- C. 把 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 的電荷量叫元電荷。
- D. 任何帶電體所帶電荷量都是元電荷的整數倍

解析：選 A. 帶電體能否被看成點電荷，不是因為帶電體的大小問題，而是要考慮帶電體的形狀和體積對所研究問題有無影響。故選 A.

2.

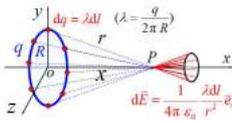
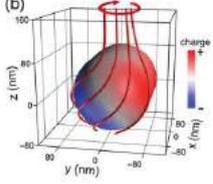


如圖所示，兩個品質均為 m 的完全相同的金屬球殼 a 和 b ，其殼層的厚度和品質分佈均勻，將它們固定於絕緣支座上，兩球心間的距離 l 為球半徑的 3 倍。若使它們帶上等量異種電荷，使其電荷量的絕對值均為 Q ，那麼關於 a 、 b 兩球之間的萬有引力 $F_{引}$ 和庫倫力 $F_{庫}$ 的運算式正確的是()

- A. $F_{引} = G \frac{m^2}{l^2}$, $F_{庫} = k \frac{Q^2}{l^2}$
- B. $F_{引} \neq G \frac{m^2}{l^2}$, $F_{庫} \neq k \frac{Q^2}{l^2}$
- C. $F_{引} \neq G \frac{m^2}{l^2}$, $F_{庫} = k \frac{Q^2}{l^2}$
- D. $F_{引} = G \frac{m^2}{l^2}$, $F_{庫} \neq k \frac{Q^2}{l^2}$

解析：選 D. 由於 a 、 b 兩球所帶異種電荷相互吸引，使它們各自的電荷分佈不均勻，即相互靠近的一側電荷分佈較密集，又 $l = 3r$ ，不滿足 $l \gg r$ 的要求，故不能將帶電球殼看成點電荷，所以不能應用庫倫定律，故 $F_{庫} \neq k \frac{Q^2}{l^2}$. 雖然不滿足 $l \gg r$ ，但由於其殼層的厚度和品質分佈均勻，兩球殼可看成品質集中於球心的質點，可以應用萬有引力定律，故 $F_{引} = G \frac{m^2}{l^2}$. 故選 D.

3. 設星球帶負電，一帶電粉塵懸浮在距星球表面 1 000 km 的地方，又若將同樣的帶電粉塵帶到距星球表面 2 000 km 的地方相對於該星球無初速釋放，則此帶電粉塵()



- A · 向星球下落 B · 仍在原處懸浮
C · 推向太空 D · 無法判斷

解析：選 B. 設粉塵距球心為 r ，粉塵品質為 m ，星球品質為 M ，粉塵電荷量為 q ，星球電荷量為 Q ，則有 $k\frac{Qq}{r^2} = G\frac{Mm}{r^2}$.

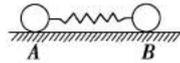
由等式可看出 r 再大，等式仍成立，故選 B.

4. 兩個完全相同的金屬球，帶電荷量之比為 1:7，兩球相距為 r ，兩者接觸後再放回原位置，則它們之間的庫倫力可能是原來的()

- A. $\frac{4}{7}$ B. $\frac{3}{7}$
C. $\frac{9}{7}$ D. $\frac{16}{7}$

解析：選 CD. 設原來所帶電荷量分別為 Q 和 $7Q$ ，則兩球間的庫倫力為 $F = \frac{7kQ^2}{r^2}$ ，若兩球帶同種電荷，則分開後帶電荷量分別為 $4Q$ ，則 $F' = \frac{16kQ^2}{r^2}$ ，D 正確；若兩球帶異種電荷，則分開後帶電荷量分別為 $3Q$ ，則 $F'' = \frac{9kQ^2}{r^2}$ ，C 正確。故選 CD.

5.

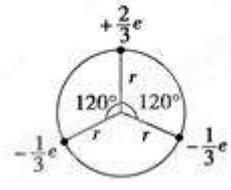
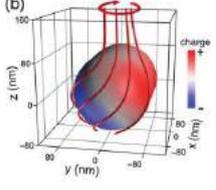


如圖所示，完全相同的兩個金屬小球 A 和 B 帶有等量電荷，系在一個輕質絕緣彈簧兩端，放在光滑絕緣水平面上，由於電荷間的相互作用，彈簧比原來縮短了 x_0 。現將與 A 、 B 完全相同的不帶電的金屬球 C 先與 A 球接觸一下，再與 B 球接觸一下，然後拿走，重新平衡後彈簧的壓縮量變為()

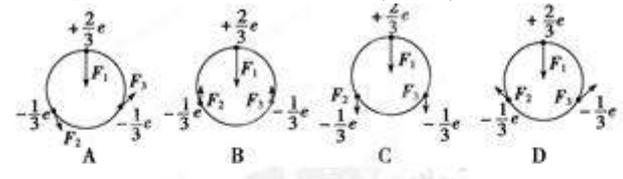
- A. $\frac{1}{4}x_0$ B. $\frac{1}{8}x_0$
C · 大於 $\frac{1}{8}x_0$ D · 小於 $\frac{1}{8}x_0$

解析：選 D. 因為原來彈簧處於壓縮狀態， A 、 B 兩球帶的肯定是等量的異種電荷。將與 A 、 B 完全相同的不帶電的金屬球 C 先與 A 接觸後， A 的電荷量將分一半給 C ，當 C 再與 B 接觸時， C 、 B 的異種電荷先中和，然後 B 、 C 平分，這樣 B 帶的電荷量將為原來的 $\frac{1}{4}$ 。此時如果僅根據庫倫定律 $F = k\frac{q_Aq_B}{r^2}$ 得出庫倫力變為原來的 $\frac{1}{8}$ ，彈簧彈力也要減小為原來的 $\frac{1}{8}$ 才能平衡，因而彈簧的壓縮量將變為原來的 $\frac{1}{8}$ ，將錯選 B。實際上，當彈簧壓縮量減小後，長度變長；由於靜電感應，庫倫力將變大，綜合考慮這些因素，彈簧彈力應小於原來的 $\frac{1}{8}$ 才能平衡，故選 D.

6.

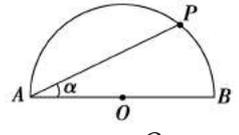


中子內有一個電荷量為 $+\frac{2}{3}e$ 的上誇克和兩個電荷量為 $-\frac{1}{3}e$ 的下誇克，一簡單模型是三個誇克都在半徑為 r 的同一圓周上，如圖所示。在圖給出的四幅圖中，能正確表示出各誇克所受靜電作用力的是()



選 B. 電荷量為 $+\frac{2}{3}e$ 的上誇克受另兩個下誇克的吸引力，合力的方向一定豎直向下。對其中一個下誇克，受力情況如圖所示，由於 F_1 的水平分力與 F_2 大小相等，方向相反，故 F_1 與 F_2 的合力豎直向上。故選 B。

7. 如圖所示，電荷量為 Q_1 、 Q_2 的兩個正點電荷分別置於 A 點和 B 點，兩點相距 L ，在以 L 為直徑的光滑絕緣半圓環上，穿著一個帶電小球 q (視為點電荷)，在 P 點平衡，若不計小球的重力，那麼 PA 與 AB 的夾角 α 與 Q_1 、 Q_2 的關係滿足()



- A. $\tan^2 \alpha = \frac{Q_1}{Q_2}$
- B. $\tan^2 \alpha = \frac{Q_2}{Q_1}$
- C. $\tan^3 \alpha = \frac{Q_1}{Q_2}$
- D. $\tan^3 \alpha = \frac{Q_2}{Q_1}$

解析：選 D. 帶電小球 q 在 P 點平衡時，沿切線方向受力平衡，即 $F_{AP} \sin \alpha = F_{BP} \cos \alpha$

根據庫倫定律： $F_{AP} = k \frac{Q_1 q}{L \cos \alpha^2}$ ， $F_{BP} = k \frac{Q_2 q}{L \sin \alpha^2}$

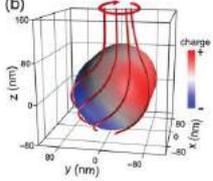
由以上兩式可得 D 項正確。故選 D。

☆8.



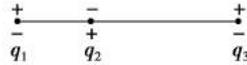
如圖所示，三個點電荷 q_1 、 q_2 、 q_3 固定在一直線上， q_2 與 q_3 的距離為 q_1 與 q_2 距離的 2 倍，每個電荷所受靜電力的合力均為零，由此可以判定，三個電荷的電荷量之比 $q_1 : q_2 : q_3$ 為()

- A. $-9 : 4 : -36$
- B. $9 : 4 : 36$



C · -3 : 2 : -6 D · 3 : 2 : 6

解析：選 A. 每個電荷都受到另外兩個電荷對它的靜電力的作用，其合力為零，這兩個力必須滿足的條件為：大小相等，方向相反。由分析可知：三者電性不可能相同，只能是如圖所示兩種情況。



考慮 q_2 的平衡：

由 $r_{12} : r_{23} = 1 : 2$

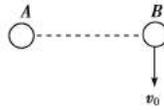
據庫倫定律得 $q_3 = 4q_1$

考慮 q_1 的平衡：由 $r_{12} : r_{13} = 1 : 3$

同理得： $q_1 : q_2 : q_3 = 1 : \frac{4}{9} : 4 = 9 : 4 : 36$

考慮電性後應為 $-9 : 4 : -36$ 或 $9 : -4 : 36$. 故選 A.

☆9.



如圖所示，把一個帶電小球 A 固定在光滑的水平絕緣桌面上，在桌面的另一處放置帶電小球 B，現給 B 一個垂直 AB 方向的速度 v_0 ，B 球將()

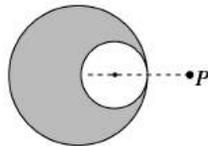
- A · 若 A、B 為異種電荷，B 球一定做圓周運動
- B · 若 A、B 為異種電荷，B 球可能做加速度、速度均變小的曲線運動
- C · 若 A、B 為同種電荷，B 球一定做遠離 A 的變加速曲線運動
- D · 若 A、B 為同種電荷，B 球的動能一定會減小

解析：選 BC. 帶電小球之間的相互作用力大小滿足庫倫定律，但到底是斥力還是引力，取決於兩電荷的電性，為此分下列兩種情況討論：(1) 若兩個小球的電荷為異種電荷，則 B 受到 A 的引力，方向指向 A. 又 $v_0 \perp AB$ ，此時的情況類似於萬有引力定律應用於人造衛星，當 B 受到 A 的庫倫力恰好等於向心力，

即 $k \frac{q_1 q_2}{r^2} = m \frac{v_0^2}{r}$ ， $v_0 = \sqrt{\frac{k q_1 q_2}{m r}}$ 時，B 球才能做勻速圓周運動。類比於人造衛星的情況可以得到，當 $v > v_0$ 時，B 球將做庫倫力、加速度、速度都變小的離心運動；當 $v < v_0$ 時，B 球將做庫倫力、加速度、速度逐漸增大的向心運動。(2) 若兩個小球的電荷為同種電荷，B 因受 A 的庫倫斥力而做遠離 A 的變加速曲線運動(因為 A、B 距離增大，故斥力變小，加速度變小，速度增加)，故選 BC.

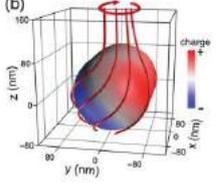
二、非選擇題

10.



一帶電荷量為 $+Q$ 、半徑為 R 的球，電荷在其內部能均勻分佈且保持不變，現在其內部挖去一半徑為 $R/2$ 的小球後，如圖所示，求剩餘部分對放在兩球心連線上一點 P 處電荷量為 $+q$ 的電荷的靜電力。已知 P 距大球球心距離為 $4R$ 。

解析：未挖去之前， $+Q$ 對 $+q$ 的斥力為： $F = \frac{kQq}{4R^2}$



挖去的小球帶電荷量為： $Q' = \frac{Q}{4\pi R^3} \times \frac{4\pi \left(\frac{R}{2}\right)^3}{3} = \frac{Q}{8}$

挖去的小球原來對 $+q$ 的斥力為：

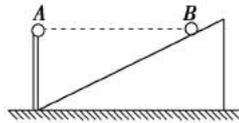
$$F_1 = \frac{k \frac{Q}{8} q}{\left(4R - \frac{R}{2}\right)^2} = \frac{kQq}{98R^2}$$

剩餘部分對 $+q$ 的斥力為：

$$F_2 = F - F_1 = \frac{41kQq}{784R^2}, \text{ 方向向右。}$$

答案 $\frac{41kQq}{784R^2}$ ，方向向右

11.



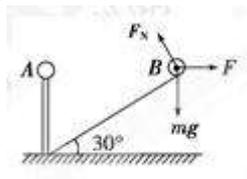
如圖所示， A 、 B 是兩個帶等量同種電荷的小球， A 固定在豎直放置的 10 cm 長的絕緣支杆上， B 靜止於光滑絕緣的傾角為 30° 的斜面上且恰與 A 等高，若 B 的品質為 $30\sqrt{3}$ g，則 B 帶電荷量是多少？(取 $g=10$ m/s²)

解析：因為 B 靜止於光滑絕緣的傾角為 30° 的斜面上且恰與 A 等高，設 A 、 B 之間的水平距離為 L 。

依據題意可得 $\tan 30^\circ = \frac{h}{L}$

$$L = \frac{h}{\tan 30^\circ} = \frac{10}{\frac{1}{\sqrt{3}}} \text{ cm} = 10\sqrt{3} \text{ cm}$$

對 B 進行受力分析，如圖所示



依據物體平衡條件解得庫倫力：

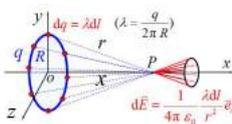
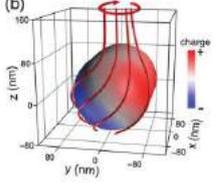
$$F = mg \tan 30^\circ = 30\sqrt{3} \times 10^{-3} \times 10 \times \frac{\sqrt{3}}{3} \text{ N} = 0.3 \text{ N.}$$

依據 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 得： $F = k \frac{Q^2}{L^2}$

$$\begin{aligned} \text{解得 } Q &= \sqrt{\frac{FL^2}{k}} = \sqrt{\frac{0.3}{9 \times 10^9}} \times 10\sqrt{3} \times 10^{-2} \text{ C} \\ &= 1.0 \times 10^{-6} \text{ C.} \end{aligned}$$

答案： 1.0×10^{-6} C

12. 如圖甲所示，一條長為 $3L$ 的絕緣細線穿過兩個品質都是 m 的小金屬環 A 和 B ，將絲線的兩端共同系於天花板上的 O 點，使金屬環帶電後，便因排斥而使絲線構成一個等邊三角形，此時兩環恰處於同一水平線上，若不計環與

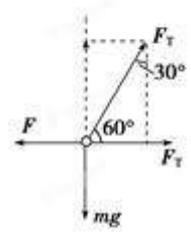
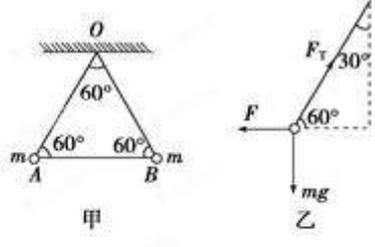


線間的摩擦，求金屬環所帶電荷量是多少？某同學解答這道題的過程如下：

設小環的電荷量為 q ，則小環受到三個力的作用，拉力 F_T 、重力 mg 和庫倫力 F ，受力分析如圖乙所示。由受力平衡得， $k \frac{q^2}{L^2} = mg \tan 30^\circ$ ， $q =$

$$\sqrt{\frac{\sqrt{3}mgL^2}{3k}}$$

你認為他的解答是否正確？如果不正確，請給出你的解答。



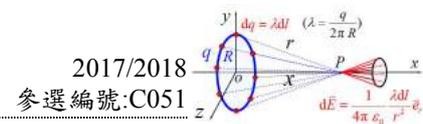
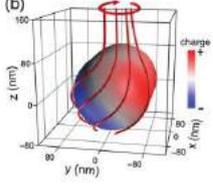
不正確；受力分析時漏掉了 AB 段細線上的拉力。

正確解答：小環 A 的受力分析如圖所示，受四個力作用，重力 mg 、庫倫力 F 、細線上兩個拉力 F_T ，則 $F_T \sin 60^\circ = mg$

$$F_T \cos 60^\circ + F_T = k \frac{q^2}{L^2}$$

$$\text{解得 } q = \sqrt{\frac{\sqrt{3}mgL^2}{k}} = L \sqrt{\frac{\sqrt{3}mg}{k}}$$

答案：不正確 正確解答見解析



教學主題三：電場--§1.3 電場強度 (3 課時)

一、課前自主預習學案

【學習目標】

1. 知道電荷間的相互作用是通過電場發生的，知道電場是客觀存在的一種特殊物質形態。
2. 理解電場強度的概念及其定義式，會根據電場強度的定義式進行有關的計算，知道電場強度是向量，知道電場強度的方向是怎樣規定的。
3. 能根據庫倫定律和電場強度的定義式推導點電荷場強的計算式，並能用此公式進行有關的計算。
4. 知道電場的疊加原理，並應用這個原理進行簡單的計算

【重點難點】

1. 電場強度公式的應用，電場線及各種電場的電場線特點，電場的疊加原理；
2. 電場強度公式的得出，電場線是實際不存在的，是科學的抽象。

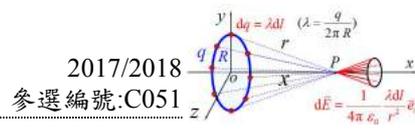
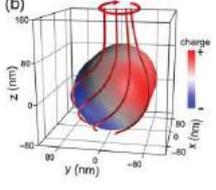
【學法指導】

認真閱讀教材，觀察教材插圖，體會電場強度的物理意義和定義方法；體會電場強度的向量性和合場強的計算方法。

【知識鏈接】

庫倫定律：在真空中兩點電荷的作用力跟它們的電量乘積成正比，跟它們的距離的平方成反比，作用力的方向在它們的連線上，這就是庫倫定律。

公式：



2017/2018
參選編號:C051

【新課預習】

一、電場

- 1、(1) 電場定義：_____。
- (2) 基本性質：
- (3) 電荷間的相互作用力通過電場發生圖示：
- 2、電磁場定義：_____。
- 3、靜電場定義：_____。

二、電場強度

1、思考與討論：有的電荷之間相互強，有的電荷之間作用弱，用什麼可以檢驗空間存在看不見又摸不著的電場？

- (1) 試探電荷：
- (2) 源電荷：

2、電場強度

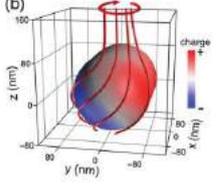
- (1) 定義：
- (2) 定義式：
- (3) 單位：
- (4) 方向：
- (5) 理解：

嘗試應用 1

在電場中 A 處放點電荷+q，其受電場力為 F，方向向左，則 A 處場強大小_____，方向為_____；若將 A 處放點電荷為-2q，則該處電場強度大小為_____，方向為_____，該電荷受電場力大小方向_____。

三、真空中點電荷的場強

- 1、由庫倫定律和場強的定義式推導



(1) 大小：

(2) 方向：

2、 $E = \frac{F}{Q}$ 和 $E = K \frac{Q}{R^2}$ 的區別：

	適用範圍	電荷的意義
$E = \frac{F}{Q}$		
$E = K \frac{Q}{R^2}$		

四、電場強度的疊加

1、電場強度是___量，合成應遵循_____法則

嘗試應用 2

在真空中有兩個點電荷 q_1 和 q_2 ，分別位於 A 和 B ，相距 20 cm， q_1 為 4×10^{-8} C， q_2 為 -8×10^{-8} C。則在 AB 連線上 A 點的外側離 A 點 20 cm 處的 D 點場強大小、方向如何？

2、如何理解一個半徑為 R 的均勻帶電球體（或球殼）在外部產生的電場與一個位於球心的、電荷量相等的點電荷產生的電場相同？

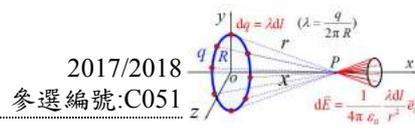
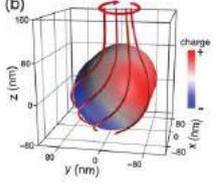
五、電場線

定義：

電場線的特點：

幾種常見電場中電場線的分佈及特點

(1) 正、負點電荷的電場中電場線的分佈



2017/2018
參選編號:C051

特點：

(2) 等量異種點電荷形成的電場中的電場線分佈

特點：

(3) 等量同種點電荷形成的電場中電場中電場線分佈情況

特點：

六、勻強電場電場線分佈情況

特點：

嘗試應用 3

課本 15 頁第 5 題

【活學活練】

1. 真空中距點電荷(電量為 Q)為 r 的 A 點處，放一個帶電量為 $q(q \ll Q)$ 的點電荷， q 受到的電場力大小為 F ，則 A 點的場強為

()

A. F/Q

B. F/q

C. $k \frac{q}{r^2}$

D. $k \frac{Q}{r^2}$

2. 關於電場線的說法，正確的是

()

A. 電場線的方向，就是電荷受力的方向

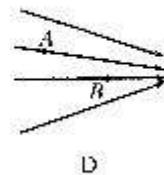
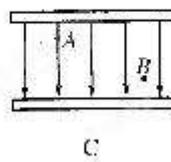
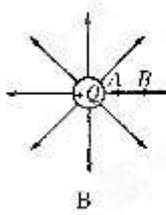
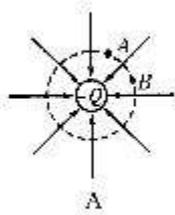
B. 正電荷只在電場力作用下一定沿電場線運動

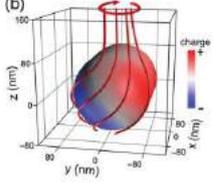
C. 電場線越密的地方，同一電荷所受電場力越大

D. 靜電場的電場線不可能是閉合的

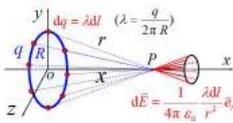
3. 在如圖所示的 4 種電場中， A 、 B 兩點電場強度相同的是

()





2017/2018
參選編號:C051



4. 把品質為 M 的正點電荷放在電場中無初速度釋放，不計重力，則以下說法正確的是

()

- A. 點電荷的軌跡一定和電場線重合
- B. 點電荷的速度方向總是與它所在處的電場線方向一致
- C. 點電荷的加速度方向總是與所在處的電場線的切線方向重合
- D. 點電荷將沿電場線切線方向拋出，做拋物線運動

5. 以下關於電場和電場線的說法中正確的是

()

A. 電場、電場線都是客觀存在的物質，因此電場線不僅在空間相交，也能相切

B. 在電場中，凡是電場線通過的點場強不為零，不畫電場線的區域內的點場強為零

C. 同一檢驗電荷在電場線密集的地方所受電場力大

D. 電場線是人們假想的，用以形象表示電場的強弱和方向，客觀上並不存在

6. 在電場中 P 點放一個電荷量為 $4 \times 10^{-9} \text{C}$ 的點電荷，它受到的電場力為 $2 \times 10^{-4} \text{N}$ ，則 P 點的場強為 _____ N/C . 把放在 P 點的點電荷的電荷量減為 $2 \times 10^{-9} \text{C}$ ，則 P 點的場強為 _____ N/C . 把該點的點電荷移走， P 點的場強又為 _____ N/C .

【參考答案】

1. 答案：BD

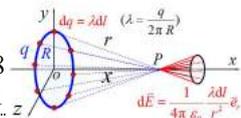
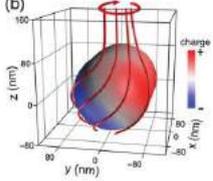
2. 答案：CD

3. 答案：C

解析：電場強度是向量，即有大小又有方向。

4. 答案：C

解析：本題考查了電場線、電場強度的方向及電場力的方向三者之間的關係及物體做曲線運動的條件。僅當電場線為直線、電荷的初速度為零或者初速度方向和場強方向在一直線上，且只受電場力時，電荷的運動軌跡才和電場線



重合，A 錯。點電荷的速度方向不一定與所在處的電場線方向一致，如電場線為曲線時，B 錯。由牛頓第二定律知，加速度方向與合外力方向一致，而該點電荷在電場中受電場力方向與電場線的切線方向重合，C 對。點電荷受電場力作用，由於電場不一定是勻強電場，其合力不一定為恒力，故不一定做拋物線運動，D 錯。

5. 答案：CD

解析：電場是客觀存在的，但電場線是假想的，用以形象描述電場，電場線的疏密表示了電場強度的相對大小。

6. 答案： 5.0×10^4 ； 5.0×10^4 ； 5.0×10^4

解析： $E = \frac{F}{q} = \frac{2 \times 10^{-4} \text{N}}{4 \times 10^{-9} \text{C}} = 5.0 \times 10^4 \text{N/C}$

二、新課教學：§1.3 電場強度（第一課時）

【教材分析】

本節的主要內容是理解電場、電場強度和電場線。這是靜電場乃至整個電磁場中最基本最重要的知識。

1. 統觀教學大綱和教材，不難發現本課的教學有如下的特點：

知識點多：電場，電場強度，電場線，檢驗電荷，點電荷的電場，場源電荷，向量運算等

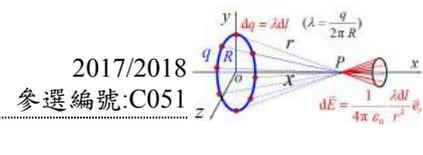
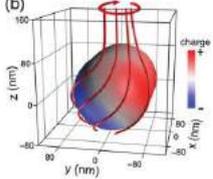
2. 教學內容抽象：電場看不見摸不著，電場線是一個理想的模型。

3. 學生的知識體系不完備：關於場沒有完整的知識網路，在教學中必須重新構建。

【教學三維目標】

（一）知識與技能

1、瞭解電荷周圍存在電場，電荷間的相互作用是通過電場來實現的。



2、理解電場強度的定義、公式、單位和方向，掌握電場強度向量的疊加，並進行簡單計算。

3、識別常見電場的電場線特徵，理解勻強電場的定義及電場線分佈特徵。

(二) 過程與方法

通過類比方法、比值法定義物理量，提高學生研究問題的能力

(三) 情感、態度與價值觀

通過電場的教學，培養學生對物質的認識觀；發展對物理學的好奇心與求知欲，樂於探究自然界的奧秘，樹立科學的價值觀。

【教學重點、難點】

1. 重點：電場強度的概念、場的疊加原理是本節的重點。
2. 難點：“場”是物理學中的重要概念，“場”的概念比較抽象，在中學物理中，本章又是初次較深入地研究“場”，所以“場”概念的引入，“場”觀念的建立，既是本節的重點也是本節的難點。
3. 關鍵點：對電場關鍵是理解它的物質性；對電場強度關鍵理解比值定義法並掌握電場的疊加原理；對電場線關鍵理解其引入的意義及特徵。

【教學方法】

根據本節課的知識邏輯順序與學生的心理發展順序，體現“教師為主導，學生為主體，思維為核心，能力為目標”的教學思想。

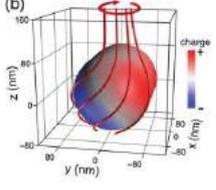
本節課在教法上採用“設疑探究啟發”的教學模式，運用多媒體演示法、實驗演示法、閱讀法、討論法等多種教學方法開展教學活動。

【教學工具】

演示實驗、多媒體課件

【教學過程】

一、電場



1、電荷的周圍存在著由它產生的電場。

電荷 A 對 B 的作用，實際上是 A 產生的電場對 B 的作用，電荷 B 對 A 的作用，實際上是 B 產生的電場對 A 的作用。



與電場相類似，在磁體周圍存在著磁場，它對處於其中的磁體有磁場力的作用；在物體周圍存在著引力場，它對處於其中的物體有引力的作用。

那麼，法拉第的觀點是否正確呢？電場是否真的存在呢？



近代物理學的理论和實驗證實併發展了法拉第的觀點。電場和磁場已被證明是一種客觀存在，並且相互聯繫的物質，統稱為電磁場。（聽收音機、看電視、通過手機通訊、衛星轉播等等，這些信號都是通過電磁場而傳播的，而電磁場傳播的是以有限速度在傳播——光速，在介質中速度還要小一些。）

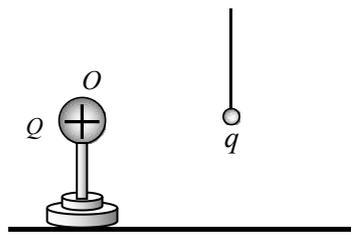
場與實物一樣具有能量、品質和動量，場與實物是物質存在的兩種不同形式。

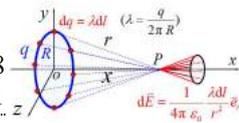
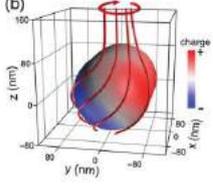
師：電場看不見也摸不著，但電場是客觀存在的，我們可以通過它表現出來的性質來研究。那麼，電場有什麼性質呢？

生：電場對放入電場中的電荷（帶電體）有力的作用。

師：本章中，我們只研究靜電場（靜止電荷產生的電場），我們把電場對電荷的作用力稱為靜電力（電場力）。

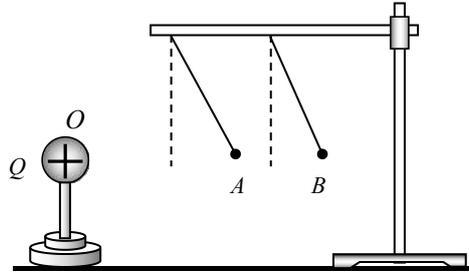
電荷周圍存在電場，我們把一電荷放在電場中的不同點，看一看電荷受電場力有什麼關係呢？





要說明的是：這裏的電荷 q 是用來檢驗電場是否存在其強弱分佈情況的，稱為試探電荷，或檢驗電荷。被檢驗的電場是電荷 Q 所激發的，電荷 Q 稱為場源電荷，或源電荷。試探電荷的電荷量和尺寸必須充分小，對金屬球上的電荷分佈不產生明顯的影響，從而原來的電場不因試探電荷的出現而有明顯的變化。

[實例分析]



把帶電小球（帶電量為 q ）放在金屬球 O （帶電量為 Q ）產生的電場中 A 、 B 兩點，它所受的電場力大小是否相等，哪處較大？這說明了什麼？

生：不相等，在 A 處時受到電場力大，說明電荷 Q 在 A 、 B 兩點產生的電場強弱不同，在 A 處產生的電場較強。

二、電場強度

師：如何來表示電場的強弱呢？請同學們提出方案。

學生可能這樣想：能不能用試探電荷在某點所受的電場力的大小可表示電場的強弱。

[師生討論]

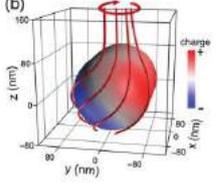
對於一給定的電場，各點的強弱是一定的，但是把不同的電荷 q ，即使在電場中的同一點，所受的靜電力 F 也不相同，表明電場的強弱不能用電荷在某點所受的電場力大小來表示。

師：電場中某點電場的強弱應該由產生電場的場源電荷決定，與放入電場中的電荷沒有關係。

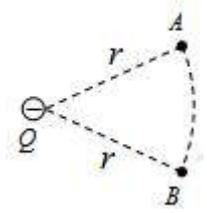
精確的實驗表明：在電荷 Q 產生的電場中的 A 點放置不同的電荷 q 、 $2q$... nq ，它們所受的電場力分別為 F 、 $2F$... nF 。：

師：即不同的電荷在電場中的同一點所受的電場力與所放電荷的電量 q 的比值 F/q 是恒定的，在電場中的不同點，比值 F/q 一般是不同的。這個比值由電荷在電場中的位置決定，與電荷 q 的電量大小無關，它才是反映電場性質的物理量。在物理學中，我們用電場強度來表示電場的強弱。

在物理學中，常常用比值定義物理量。例如：用品質 m 與體積 V 的比值定義密度、用位移 l 與時間 t 的比值定義速度、用電壓 U 與電流 I 的比值定義電阻、用靜電力 F 與電荷量 q 的比值定義電場強度等等。在今後的學習中，還會遇到用比值定義的物理量。



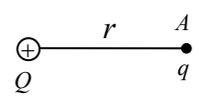
- (1) 定義：放入電場中某點的電荷所受的靜電力 F 跟它的電荷量 q 的比值，叫做該點的電場強度。用 E 表示。
- (2) 公式： $E = \frac{F}{q}$
- (3) 單位：牛[頓]每庫[倫]，符號為 N/C ，或者伏[特]每米，符號為 V/m 。
- (4) 電場強度是向量，電場中某點的電場強度的方向距正電荷在該點所受的靜電力方向相同。
- (5) 電場中某點的電場強度的大小由電場本身決定，與放入該處的電荷（電量、電性）無關。



分析負電荷電場中 A 、 B 兩點的電場強度大小是否相等，方向是否相同？（大小相等，方向不同）

三、點電荷的電場 電場強度的疊加

點電荷的電場

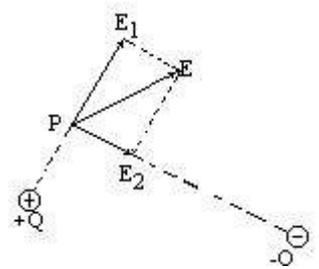


$$E = \frac{F}{q} = k \frac{Q}{r^2}$$

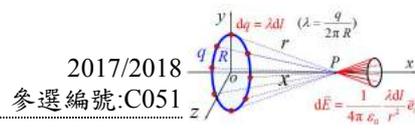
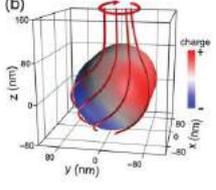
$E = k \frac{Q}{r^2}$ 式中的 Q 指的是源電荷的電量， r 指電場中某點到 Q 的距離。

師：該公式只適用於真空中點電荷產生的場強。

電場強度的疊加：電場中某點的電場強度為各個點電荷單獨在該點產生的電場強度的向量和。遵循平行四邊形定則。



半徑為 R 的均勻帶電球體（或球殼）在外部產生的電場，與一個位於球心的、電荷量相等的點電荷產生的電場相同。



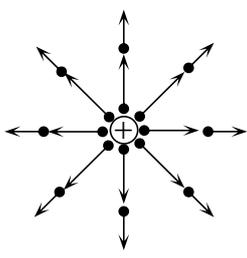
$E = \frac{kQ}{r^2}$ 式中的 Q 是整個球體所帶的電量， r 是該點到球心的距離。

離。

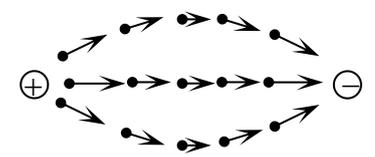
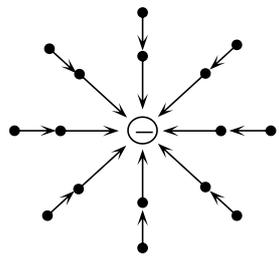
四、電場線

電場雖然看不見，摸不著，但我們可以通過電場強度這一物理量來描述電場的強弱和方向，但這種方法不夠形象和直觀，英國物理學家法拉第首先提出了用圖線來形象地描述電場，這就是電場線。

如果以 Q 為中心， r 為半徑作一球面，則球面上各點的場強大小相等。當 Q 為正電荷時， E 的方向沿半徑向外；當 Q 為負電荷時， E 的方向沿半徑向內。



真空中點電荷空間各點場強

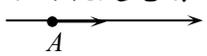


等量異種電荷空間各點場強

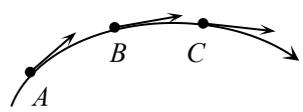
如果我們把空間各點的場強方向都用此方法畫出，就可以形象地表示電場了，但是顯得凌亂，不美觀。為了形象而美觀地表示電場，法拉第引入了電場線。

電場線：在電場中畫出的一些有方向的曲線，使曲線上每一點的切線方向跟該點的場強方向一致。這樣的曲線就叫電場線。

如果電場線為直線，場強的方向就是電場線的方向。

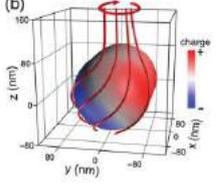


如果電場線為曲線，曲線上每點的切線方向就是該點的場強方向。



掌握課本上常見的幾種電場的電場線分佈情況。

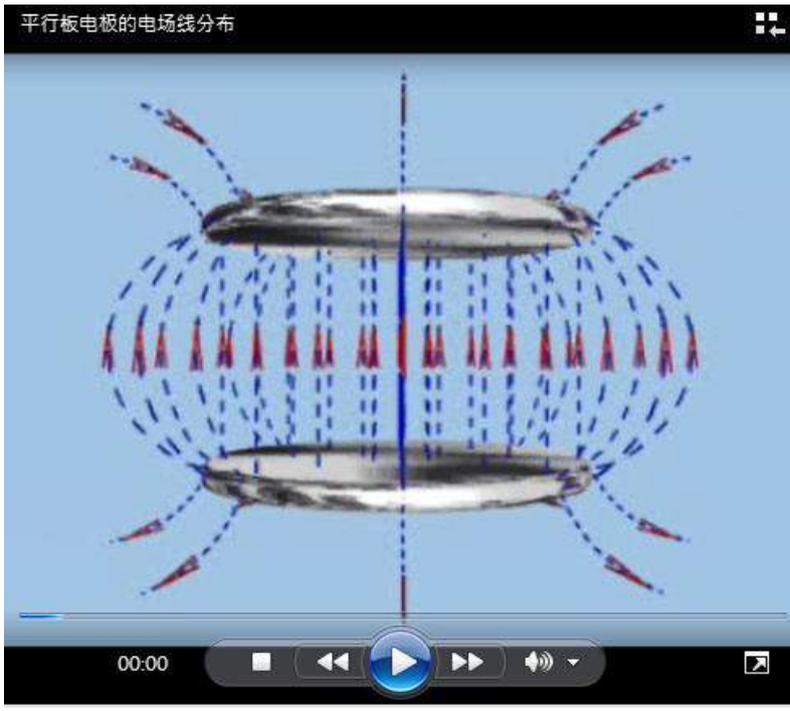
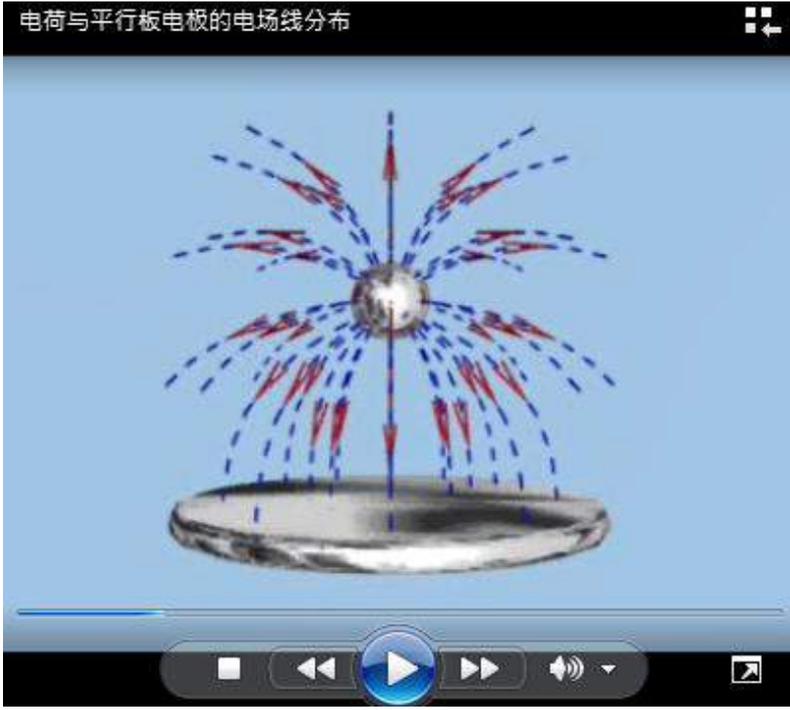
電場線的形狀可以用實驗來模擬。



2017/2018
參選編號:C051

$$dq = \lambda dl \quad (\lambda = \frac{q}{2\pi R})$$

$$dE = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{\lambda dl}{r^2} \cos\theta$$



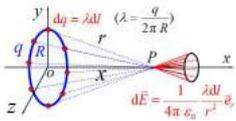
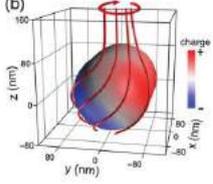
[學生活動]

根據電場線分佈討論電場線和電場之間的關係：

電場線客觀上存不存在？電場線從哪出發？終止於何處？是否是閉合曲線？電場線在電場中會不會相交？電場線是不是電荷在電場中的運動軌跡？

[師生共同總結]

- 電場線是為了形象地描述電場而假想的線，實際上並不存在；
- 電場線從正電荷或無限遠出發，終止於無限遠或負電荷；
- 電場線上每一點的切線方向跟這一點的場強方向一致；



電場線越密的地方，場強越大，電場線越稀的地方，場強越小；

電場線在電場中不會相交，也不會相切

電場線不是電荷在電場中的運動軌跡

五、勻強電場

如果電場中各點電場強度的大小相等、方向相同，這個電場就叫勻強電場。見課本圖。

例題講解：

例1·在真空中有一電場，在這個電場中的某點 P 處放一電荷 $q=1.0 \times 10^{-9}\text{C}$ ，它受到的電場力為 $3.0 \times 10^{-4}\text{N}$ ，求：

(1) P 點處的電場強度的大小。($3 \times 10^5\text{N/C}$)

(2) 若在 P 點處換 $q'=2.0 \times 10^{-9}\text{C}$ 的負點電荷，則 P 點的電場強度是多大？($3 \times 10^5\text{N/C}$)

(3) 若將 P 點的點電荷拿走，則 P 點的電場強度為多大？($3 \times 10^5\text{N/C}$)

(4) 負點電荷 $q'=2.0 \times 10^{-9}\text{C}$ ，它在 P 點受到的電場力是多大？($6.0 \times 10^{-4}\text{N}$)

例2·比較公式 $E = \frac{F}{q}$ 與 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 有何區別。

課堂小結：

1·電場的性質：電荷在其周圍空間產生電場，電場對處在場中的其他電荷有力的作用。

2·電場強度的定義

3·疊加原理

板書設計：

一、電場

二、電場強度

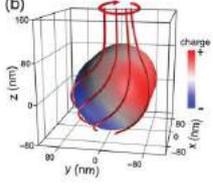
(1) 定義：放入電場中某點的電荷所受的靜電力 F 跟它的電荷量 q 的比值，叫做該點的電場強度。用 E 表示。

(2) 公式：
$$E = \frac{F}{q}$$

(3) 單位：牛[頓]每庫[倫]，符號為 N/C ，或者伏[特]每米，符號為 V/m 。

(4) 電場強度是向量，電場中某點的電場強度的方向距正電荷在該點所受的靜電力方向相同。

(5) 電場中某點的電場強度的大小由電場本身決定，與放入該處的電荷（電量、電性）無關。



- 三、點電荷的電場 電場強度的疊加
- 四、電場線
- 五、勻強電場

【課內探究學案】

一學習目標

1. 粗略瞭解物理學史上對電荷間相互作用力的認識過程。
2. 知道電荷間的相互作用是通過電場發生的，電場是客觀存在的一種特殊的形態。
3. 理解電場強度的概念及其定義，會根據電場強度的定義進行有關的計算。知道電場強度是向量，知道電場強度的方向是怎樣規定的。
4. 能根據庫倫定律和電場強度的定義推導點電荷場強的計算式，並能用此公式進行有關的計算。
5. 知道場強的疊加原理，並能應用這一原理進行簡單的計算。

二學習過程（合作探究）

【問題1】要研究電場，必須在電場中放入電荷。無論放置什麼樣的帶電體都可以嗎？

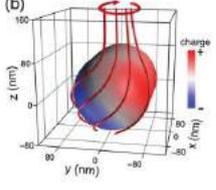
【問題2】小組討論：甲同學說：“由電場強度的定義 $E = \frac{F}{q}$ 可知， E 跟 F 成正比， E 跟 q 成反比。”乙同學說：“電場強度 E 跟 q 、 F 無關。”請說出你們小組的觀點。如果以檢驗電荷 q 的帶電量值為橫軸，它在電場中 A 點受到的靜電力 F 為縱軸畫出直角坐標系，你認為 F 與 q 的關係圖線應是什麼樣的曲線？

【問題3】電場強度是如何描述電場的強弱和方向的？

【問題4】電場線的定義是什麼？電場中真的存在蜘蛛網一樣的線嗎？

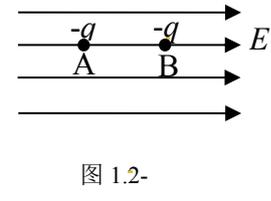
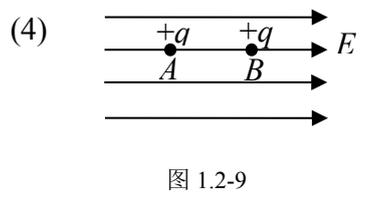
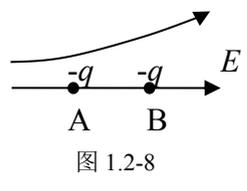
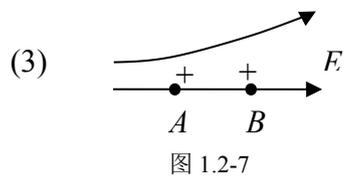
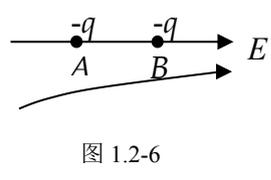
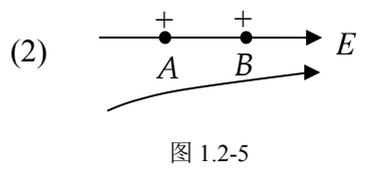
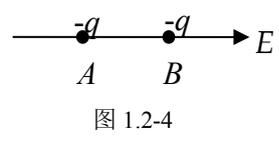
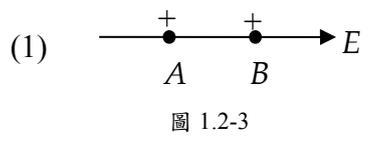
【問題5】觀察演示實驗：模擬電場線分佈情況（盛在容器中的蓖麻油、頭髮屑、電源電極）

【問題6】怎樣用電場線直觀形象地描述電場？你能概括一下電場線的特點嗎？



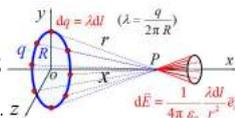
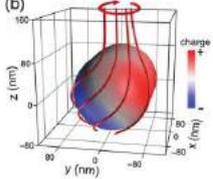
【問題 7】小組討論：兩條電場線在空間中能相交嗎？說出你們組的理由。

【問題 8】小組討論：如圖所示，點電荷 q 分別放在 A 、 B 兩點上，請比較同一圖中靜電力 F_A 、 F_B 的大小。你能畫出點電荷 q 在 A 點所受靜電力的方向嗎？



三 反思總結

電荷間的相互作用是通過電場發生的，電場是存在於電荷周圍的一種特殊的物質，它最基本的特徵是對放入其中的電荷具有力的作用。正是利用電場的這一



特性，我們通過研究試探電荷的所受靜電力特點，引入了描述電場強弱的物理量——電場強度。電場強度是用比值法定義的，它是向量，有方向。

電場、電場強度的概念是電學中最重要概念之一，它的研究方法和定義方法也是物理學中比較常見的方法。

【教學反思】

教學中注意下麵兩種方法：

類比思維方法：電場是學生新接觸的抽象概念，可結合初中已有的磁場概念對電場認識，並結合具體實例理解電場這種特殊物質。電場的疊加可類比力的合成。要明確電場線的特點並指出引入電場線的意義。

比值定義法：電場強度與以往學習過的物質的密度 $\rho=m/V$ 、比熱容 $C=Q/m\Delta t$ 、導體的電阻 $R=U/I$ 等類似，都是用兩物理量的比值來定義的，它們有共性，凡是用比值來定義的物理量只與比值有關，而與比值中的兩物理量無關。若比值為恒量，則反映了物質的某種性質。

三、重點探究：§1.3 電場強度（第二、三課時）

3.1 知識點一：電場和電場強度

	點電場和電場強度
---	----------

【基礎初探】

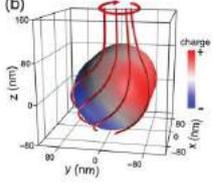
[先填空]

1. 電場

(1)概念：存在於電荷周圍的一種特殊物質，場與實物是物質存在的兩種不同形式。

(2)性質：對放入其中的電荷有力的作用，電荷間通過電場發生相互作用。

(3)靜電場：靜止的電荷產生的電場。



2. 電場強度

(1)兩種不同功能的電荷：

①試探電荷：用來檢驗電場是否存在及其強弱分佈情況的電荷，電荷量和尺寸必須較小。

②場源電荷：產生電場的電荷。

(2)定義：試探電荷在電場中某個位置所受的力與其電荷量成正比，即 $F = Eq$ ，在電場的不同位置，比例常數 E 一般不一樣，它反映了電場在這點的性質，叫做電場強度。

(3)公式： $E = \frac{F}{q}$

(4)單位：N/C 或 V/m。

(5)方向

電場強度是向量，規定電場中某點的電場強度的方向跟正電荷在該點所受的靜電力的方向相同。

[再判斷]

1. 電場看不見，摸不著，因此電場實際不存在。(×)

2. 根據 $E = \frac{F}{q}$ ，由於 q 有正負，故電場中某點的場強有兩個方向。(×)

3. 據公式 $E = \frac{F}{q}$ 可計算場強大小，但場強由場本身決定，與 F 、 q 大小無關。(√)

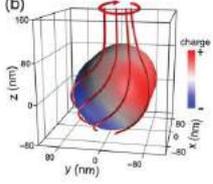
[后思考]

1. 有同學認為：電場就是電場強度，你怎樣認為？

【提示】 電場是一種特殊的物質，電場強度是描述電場強弱的物理量，二者不同。

2. 根據電場強度的定義式 $E = \frac{F}{q}$ ，是不是只有試探電荷 q 存在時，電場才存在？

【提示】 不是，電場是由場源電荷產生的，與試探電荷的存在與否沒有關係。



【核心突破】

[合作探讨]

在空間中有一電場，把一帶電荷量為 q 的試探電荷放在電場中的 A 點所受的電場力為 F 。

探討 1：電場中 A 點的電場強度 E_A 為多大？

【提示】 $E_A = \frac{F}{q}$

探討 2：將電荷量為 $2q$ 的試探電荷放在電場中的 A 點所受的電場力為多大？此時 A 點的電場強度 E_A' 為多大？

【提示】 $2F \quad \frac{F}{q}$

[核心点击]

1. 試探電荷與場源電荷的比較

	定義	大小要求
試探電荷	用來檢驗電場是否存在及其強弱分佈情況的電荷	尺寸和電荷量必須充分小，放入電場後，不影響原電場
場源電荷	產生電場的電荷	無要求，可大可小

2. 電場強度的兩個性質

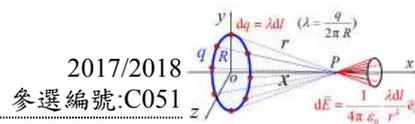
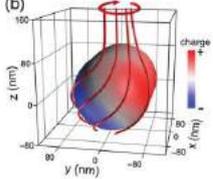
(1) 唯一性：電場中某點的電場強度 E 是唯一的，是由電場本身的特性(形成電場的電荷及空間位置)決定的，與是否放入試探電荷、放入電荷的電性、電荷量的多少均無關。電場中不同的地方，電場強度一般是不同的。

(2) 向量性：電場強度描述了電場的方向，是向量，其方向與在該點的正電荷所受電場力的方向相同，與在該點的負電荷所受電場力的方向相反。

【題組衝關】

1. 由電場強度的定義式 $E = \frac{F}{q}$ 可知，在電場中的同一點()

A. 電場強度 E 跟 F 成正比，跟 q 成反比



2017/2018
參選編號:C051

- B · 無論放入的試探電荷所帶的電荷量如何變化， $\frac{F}{q}$ 始終不變
- C · 電場中某點的場強為零，放入該點的電荷受到的靜電力不一定為零
- D · 試探電荷在該點受到的靜電力的方向就是該點的電場強度方向

【解析】 電場中某點電場強度，與形成電場的場源電荷和空間位置有關，與有無試探電荷無關，其方向是正電荷在該點的受力方向，故 B 正確。

【答案】 B

2 · 如圖 1-3-1 所示，在一帶負電的導體 A 附近有一點 B，如在 B 處放置一個 $q_1 = -2.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的點電荷，測出其受到的靜電力 F_1 大小為 $4.0 \times 10^{-6} \text{ N}$ ，方向如圖所示，則 B 處場強是多少？如果換用一個 $q_2 = 4.0 \times 10^{-7} \text{ C}$ 的點電荷放在 B 點，其受力多大？方向如何？

【導學號：34522005】

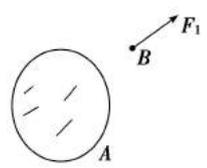


圖 1-3-1

【解析】 由場強公式可得

$$E_B = \frac{F_1}{q_1} = \frac{4.0 \times 10^{-6}}{2.0 \times 10^{-8}} \text{ N/C} = 200 \text{ N/C}$$

因為是負電荷，所以場強方向與 F_1 方向相反。

q_2 在 B 點所受靜電力

$$F_2 = q_2 E_B = 4.0 \times 10^{-7} \times 200 \text{ N} = 8.0 \times 10^{-5} \text{ N}$$

因為 q_2 是正電荷， F_2 方向與場強方向相同，也就是與 F_1 反向。

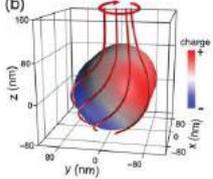
【答案】 200 N/C，方向與 F_1 相反 $8.0 \times 10^{-5} \text{ N}$ 方向與 F_1 相反

3.2 知識點二：點電荷的電場，電場的疊加

知識點 2	點電荷的電場，電場的疊加
--	--------------

【基礎初探】

[先填空]



1. 真空中點電荷的場強

(1)大小： $E = k \frac{Q}{r^2}$.

(2)方向： Q 為正電荷時，在電場中的某點 P ， E 的方向由 Q 指向 P ； Q 是負電荷時， E 的方向由 P 指向 Q .

2. 電場強度的疊加

如果場源電荷不只是一個點電荷，則電場中某點的電場強度為各個點電荷單獨在該點產生的電場強度的向量和。

[再判斷]

1. 用正、負兩種試探電荷，檢驗電場中某點場強方向時，由於受力方向相反，則得到同一點場強有兩個方向。(×)

2. 在 $E = \frac{F}{q}$ 中場強大小與 q 無關，同樣在 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 中場強大小與 Q 也無關。(×)

3. 公式 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 對於任何靜電場都成立。(×)

4. 場強的疊加滿足平行四邊形定則。(√)

[后思考]

在計算式 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 中，當 $r \rightarrow 0$ 時，電場強度 E 將趨近於無窮大，這種說法對嗎？為什麼？

【提示】 不對。因為當 $r \rightarrow 0$ 時，電荷量為 Q 的物體就不能看做點電荷了，計算式 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 也就不適用了。

【核心突破】

[合作探討]

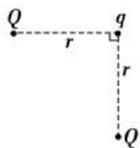
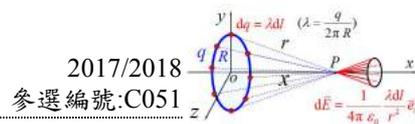
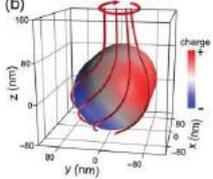


圖 1-3-2

如圖 1-3-2 所示， Q 和 Q' 均為正點電荷，且 $Q = Q'$ 。

探討 1：正點電荷 Q 在 q 處產生的場強為多大？沿什麼方向？



2017/2018
參選編號:C051

【提示】 強場大小為 $\frac{kQ}{r^2}$ ，方向沿 Q 、 q 的連線，水平向右。

探討 2：正點電荷 Q 和 Q' 在 q 處產生的合場強為多大？沿什麼方向？

【提示】 場強大小為 $\frac{\sqrt{2}kQ}{r^2}$ ，方向斜向右上方，與水平方向夾角為 45° 。

[核心点击]

1. 電場強度公式 $E = \frac{F}{q}$ 與 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 的比較

公式	物理含義	引入過程	適用範圍
$E = \frac{F}{q}$	是電場強度大小的定義式	$F \propto q$ ，但 E 與 F 、 q 無關， E 是反映某點處電場的性质	適用於一切電場
$E = k \frac{Q}{r^2}$	是真空中點電荷電場強度的決定式	由 $E = \frac{F}{q}$ 和庫倫定律導出， E 由 Q 、 r 決定	在真空中，場源電荷 Q 是點電荷

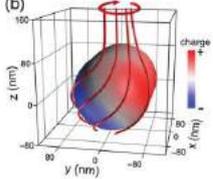
2. 求解電場強度常用的三種方法

- (1) 等效法：均勻帶電球等一些帶電體有時可等效為點電荷，因此可以應用點電荷電場強度公式。
- (2) 對稱法：點電荷、均勻帶電板等帶電體周圍的電場強度上下、左右可能出現對稱性，利用對稱性可確定某點場強的大小。
- (3) 疊加法：電場強度是向量，求解多個電荷產生的電場的電場強度，可以根據電荷的分佈情況，採用不同的合成方法求解。

【題組衝關】

3. (多選) 真空中距點電荷(電量為 Q) 為 r 的 A 點處，放一個帶電量為 q ($q \ll Q$) 的點電荷， q 受到的電場力大小為 F ，則 A 點的場強為()

- A. F/Q
- B. F/q
- C. $k \frac{q}{r^2}$
- D. $k \frac{Q}{r^2}$



【解析】 由電場強度的定義可知 A 點場強為 $E = F/q$ ，又由庫倫定律知 $F = \frac{kQq}{r^2}$ ，代入後得 $E = k\frac{Q}{r^2}$ ， B 、 D 對， A 、 C 錯。

【答案】 BD

4. 直角坐標系 xOy 中， M 、 N 兩點位於 x 軸上， G 、 H 兩點座標如圖 1-3-3。 M 、 N 兩點各固定一負點電荷，一電量為 Q 的正點電荷置於 O 點時， G 點處的電場強度恰好為零。靜電力常量用 k 表示。若將該正點電荷移到 G 點，則 H 點處場強的大小和方向分別為()

【導學號：34522006】

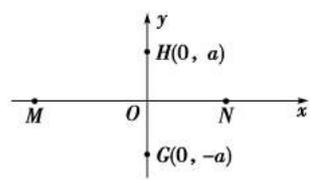
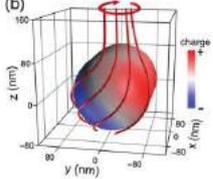


圖 1-3-3

- A. $\frac{3kQ}{4a^2}$ ，沿 y 軸正向
- B. $\frac{3kQ}{4a^2}$ ，沿 y 軸負向
- C. $\frac{5kQ}{4a^2}$ ，沿 y 軸正向
- D. $\frac{5kQ}{4a^2}$ ，沿 y 軸負向

【解析】 處於 O 點的正點電荷在 G 點處產生的場強 $E_1 = k\frac{Q}{a^2}$ ，方向沿 y 軸負向；又因為 G 點處場強為零，所以 M 、 N 處兩負點電荷在 G 點共同產生的場強 $E_2 = E_1 = k\frac{Q}{a^2}$ ，方向沿 y 軸正向；根據對稱性， M 、 N 處兩負點電荷在 H 點共同產生的場強 $E_3 = E_2 = k\frac{Q}{a^2}$ ，方向沿 y 軸負向；將該正點電荷移到 G 處，該正點電荷在 H 點產生的場強 $E_4 = k\frac{Q}{2a^2}$ ，方向沿 y 軸正向，所以 H 點的場強 $E = E_3 - E_4 = \frac{3kQ}{4a^2}$ ，方向沿 y 軸負向。

【答案】 B



【歸納總結】

合場強的求解技巧

(1) 電場強度是向量，合成時遵循向量運算法則，常用的方法有圖解法、解析法、正交分解法等；對於同一直線上電場強度的合成，可先規定正方向，進而把向量運算轉化成代數運算。

(2) 當兩向量滿足大小相等、方向相反、作用在同一直線上時，兩向量合成疊加，合向量為零，這樣的向量稱為“對稱向量”，在電場的疊加中，注意圖形的對稱性，發現對稱向量可簡化計算。

3.3 知識點三：電場線、勻強電場

	<h3>電場線、勻強電場</h3>
--	-------------------

【基礎初探】

[先填空]

1. 電場線：畫在電場中的有方向的曲線，曲線上每一點的切線方向與該點電場強度的方向一致。

2. 電場線特點：

(1) 起始於無限遠或正電荷，終止於負電荷或無限遠。

(2) 任意兩條電場線不相交。

(3) 電場線的疏密表示電場的強弱。

(4) 電場線不是實際存在的線，是為了形象地描述電場而假想的線。

3. 勻強電場

(1) 定義：各點電場強度的大小相等、方向相同的電場。

(2) 勻強電場的電場線：間隔相等的平行直線。

[再判斷]

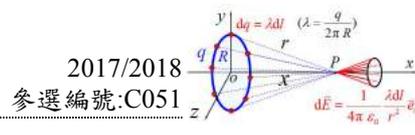
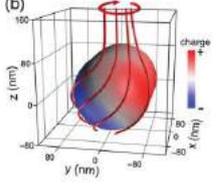
1. 電場線可以描述電場的強弱，也能描述電場的方向。(√)

2. 電場線在實際中並不存在。(√)

3. 只要電場線是平行的直線，該電場一定是勻強電場。(×)

[后思考]

1. 有同學認為，由於兩條電場線之間無電場線故無電場。你認為對嗎？



2017/2018
參選編號:C051

【提示】 不對，電場線是人們為形象研究電場，人為畫出的一些線，在電場中任何區域均可畫電場線。

2. 為什麼電場中電場線不會相交？

【提示】 如果電場中電場線相交，在交點處有兩個“切線方向”，就會得出電場中同一點電場方向不唯一的錯誤結論。

【核心突破】

[合作探討]

探討1：電場線怎樣描述電場的強弱和方向？電場線實際存在嗎？

【提示】 電場線的疏密描述電場的強弱，電場線上某一點的切線方向是該點的電場強度的方向。電場線不是實際存在的。

探討2：電場線和帶電粒子在電場中的運動軌跡相同嗎？二者在什麼條件下才重合？

【提示】 不相同。電場線是為了形象地描述電場而引入的假想曲線，帶電粒子在電場中的運動軌跡是帶電粒子在電場中實際通過的徑跡，只有當電場線是直線，且帶電粒子只受靜電力作用(或受其他力，但方向沿電場線所在直線)，同時帶電粒子的初速度為零或初速度方向沿電場線所在直線時，運動軌跡才和電場線重合。

[核心点击]

1. 點電荷的電場線

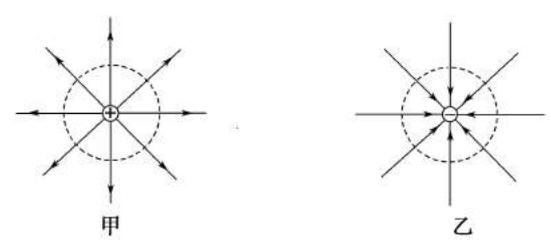
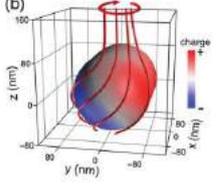


圖 1-3-4

(1)點電荷的電場線呈輻射狀，正電荷的電場線向外至無限遠，負電荷則相反。

(2)以點電荷為球心的球面上，電場線疏密相同，但方向不同，說明電場強度大小相等，但方向不同。

(3)同一條電場線上，電場強度方向相同，但大小不等。實際上，點電荷形



2017/2018
 參選編號:C051

成的電場中，任意兩點的電場強度都不同。

2. 等量異種點電荷與等量同種點電荷的電場線比較

	等量異種點電荷	等量同種(正)點電荷
電場線分佈圖		
連線上的場強大小	O 點最小，從 O 點沿連線向兩邊逐漸變大	O 點為零，從 O 點沿連線向兩邊逐漸變大
中垂線上的場強大小	O 點最大，從 O 點沿中垂線向兩邊逐漸變小	O 點為零，從 O 點沿中垂線向兩邊先變大後變小
關於 O 點對稱的點 A 與 A'、B 與 B' 的場強	等大同向	等大反向

3. 電場線與帶電粒子運動軌跡的關係

(1) 電場線不是帶電粒子的運動軌跡。

(2) 同時具備以下條件時運動軌跡與電場線重合：

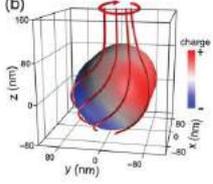
- ① 電場線為直線；
- ② 帶電粒子的初速度為零，或初速度沿電場線所在直線；
- ③ 帶電粒子只受電場力，或其他力的合力沿電場線所在直線。

(3) 只在電場力作用下，以下兩種情況帶電粒子都做曲線運動，且運動軌跡與電場線不重合：

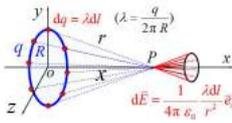
- ① 電場線為曲線；
- ② 電場線為直線時，帶電粒子有初速度且與電場線不共線。

【題組銜關】

5. 如圖 1-3-5 所示，M、N 為兩個等量同種電荷，在其連線的中垂線上的 P



2017/2018
參選編號:C051



點放一靜止的點電荷 q (負電荷)，不計重力，下列說法中正確的是()

【導學號：34522007】

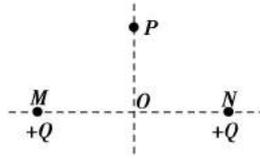


圖 1-3-5

- A · 點電荷在從 P 到 O 的過程中，加速度越來越大，速度也越來越大
- B · 點電荷在從 P 到 O 的過程中，加速度越來越小，速度越來越大
- C · 點電荷運動到 O 點時加速度為零，速度達最大值
- D · 點電荷越過 O 點後，速度越來越小，加速度越來越大，直到粒子速度為零

【解析】 由等量同種電荷周圍的電場線的分佈可知， O 點場強為零，從 O 點沿著中垂線向無窮遠處延伸，場強先增大後減小，所以點電荷在從 P 到 O 的過程中，加速度可能先增大後減小，選項 A、B 錯；但負電荷所受 M 、 N 點點電荷庫倫力的合力方向豎直向下，到 O 點一直加速，選項 C 對；同理點電荷越過 O 點後，速度越來越小，但加速度可能先增大後減小，選項 D 錯。

【答案】 C

6 · 如圖 1-3-6 所示，直線是一簇未標明方向的由點電荷產生的電場線，曲線是某一帶電粒子通過電場區域時的運動軌跡， a 、 b 是軌跡上兩點。若帶電粒子運動中只受電場力作用，根據此圖可以作出的判斷錯誤的是()

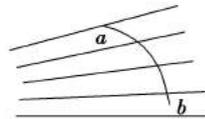
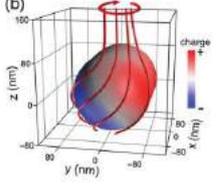


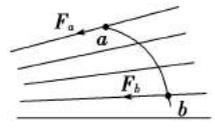
圖 1-3-6

- A · 帶電粒子所帶電荷的符號
- B · 帶電粒子在 a 、 b 兩點的受力方向
- C · 帶電粒子在 a 、 b 兩點的加速度何處大
- D · 帶電粒子在 a 、 b 兩點的加速度方向

【解析】 如圖所示，由於帶電粒子在電場力作用下做曲線運動，所以電場力應指向軌跡的凹側，且沿電場線，即沿電場線向左，B 正確；由於電場線方向未知，故不能確定帶電粒子的電性，A 錯誤；加速度由電場力產生，由於 a



處電場線較 b 處密，所以 a 處電場強度大，由 $F = Eq$ 知，帶電粒子在 a 處受電場力大，故加速度大，且方向與電場力方向相同，C、D 正確。



【歸納總結】

帶電粒子在電場中運動時的分析思路

- (1) 根據帶電粒子運動軌跡彎曲方向，判斷出電場力情況。
- (2) 把電場線方向、電場力方向與電性相聯系。
- (3) 把電場線疏密和受力大小、加速度大小相聯系。

四、課時對點練

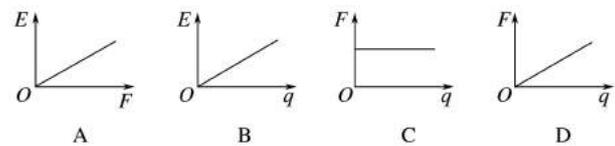
一、選擇題

考點一 電場和電場強度

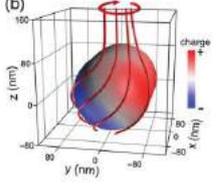
1. 下列說法中不正確的是()
- A. 只要有電荷存在，電荷周圍就一定存在著電場
 - B. 電場是一種物質，它與其他物質一樣，是不依賴我們的感覺而客觀存在的東西
 - C. 電荷間的相互作用是通過電場而產生的，電場最基本的性質是對處在它裡面的電荷有力的作用
 - D. 場強的定義式 $E = \frac{F}{q}$ 中， F 是放入電場中的電荷所受的力， q 是產生電場的電荷的電荷量

答案 D

2. 一個試探電荷在電場中某點受到的靜電力為 F ，這一點的電場強度為 E ，在下圖中能正確反映 q 、 E 、 F 三者關係的是()



答案 D



2017/2018
 參選編號: C051

解析 電場中某點的電場強度由電場本身的性質決定，與放入該點的試探電荷及其所受靜電力無關，A、B 錯誤；試探電荷在該點受到的靜電力 $F = Eq$ ， F 正比於 q ，C 錯誤，D 正確。

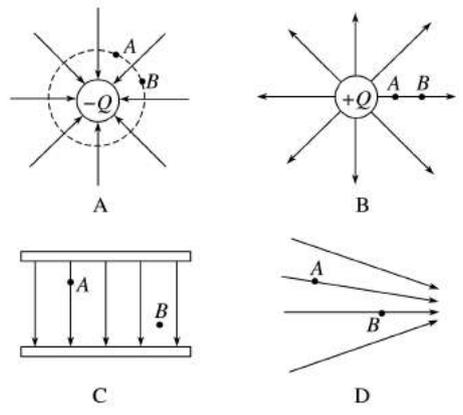
3. 在電場中的某點放入電荷量為 $-q$ 的試探電荷時，測得該點的電場強度為 E ；若在該點放入電荷量為 $+3q$ 的試探電荷，此時測得該點的場強()

- A. 大小為 $3E$ ，方向和 E 相反
- B. 大小為 E ，方向和 E 相同
- C. 大小為 $3E$ ，方向和 E 相同
- D. 大小為 E ，方向和 E 相反

答案 B

考點二 電場線

4. 在如圖所示的四種電場中， A 、 B 兩點電場強度相同的是()



答案 C

5. 如圖 1 所示是某靜電場的一部分電場線分佈情況，下列說法中正確的是()

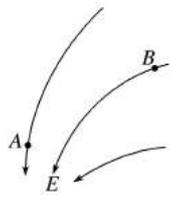
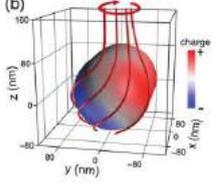


圖 1

- A. 這個電場可能是負點電荷的電場
- B. 點電荷 q 在 A 點處受到的靜電力比在 B 點處受到的靜電力大
- C. 負電荷在 B 點處受到的靜電力的方向沿電場線的切線方向
- D. 點電荷 q 在 A 點處的暫態加速度比在 B 點處的暫態加速度小(不計重力)



2017/2018
 參選編號:C051

$$dq = \lambda dl \quad (\lambda = \frac{q}{2\pi R})$$

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda dl}{r^2} e$$

答案 B

解析 負點電荷的電場線是從四周無限遠處不同方向指向負點電荷的直線，故 A 錯；電場線越密的地方場強越大，由題圖知 $E_A > E_B$ ，又因 $F = qE$ ，得 $F_A > F_B$ ，故 B 正確；由 $a = \frac{F}{m}$ 知， $a \propto F$ ，所以 $a_A > a_B$ ，故 D 錯；負電荷在 B 點受到的靜電力的方向與 B 點電場強度的方向相反，故 C 錯。

6. (多選) 某電場的電場線分佈如圖 2 所示，則()

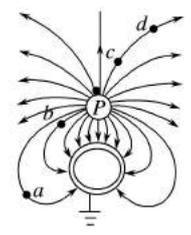


圖 2

- A. 電荷 P 帶正電
- B. 電荷 P 帶負電
- C. a 點的電場強度大於 b 點的電場強度
- D. 正試探電荷在 c 點受到的靜電力大於在 d 點受到的靜電力

答案 AD

解析 電場線從正電荷出發，故 A 正確，B 錯誤；從電場線的分佈情況可知，b 點的電場線比 a 點的密，所以 b 點的電場強度大於 a 點的電場強度，故 C 錯誤；c 點的電場強度大於 d 點的電場強度，所以正試探電荷在 c 點受到的靜電力大於在 d 點受到的靜電力，故 D 正確。

7. A、B 是一條電場線上的兩個點，一帶負電的微粒僅在靜電力作用下以一定的初速度從 A 點沿電場線運動到 B 點，其 $v-t$ 圖像如圖 3 所示。則此電場的電場線分佈可能是()

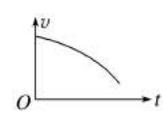
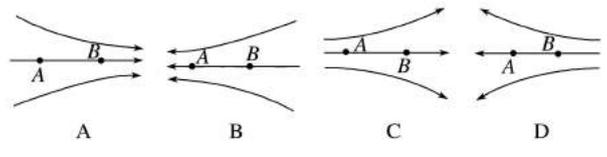
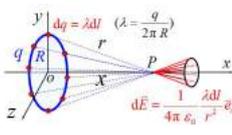
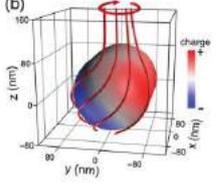


圖 3



答案 A

解析 負點電荷在靜電力的作用下由 A 運動到 B ，由 $v-t$ 圖像知：負點電荷做加速度逐漸增大的減速運動。由 $F=ma$ 得靜電力越來越大，即 $A \rightarrow B$ 電場強度越來越大，電場線分佈越來越密。又由於負電荷所受靜電力方向與速度方向相反，故場強方向為由 A 到 B ，故 A 選項正確。

考點三 點電荷的電場 電場強度的疊加

8. 在點電荷 Q 產生的電場中有 a 、 b 兩點，相距為 d ，已知 a 點的場強大小為 E ，方向與 ab 連線成 30° 角， b 點的場強方向與 ab 連線成 120° 角，如圖 4 所示，則點電荷 Q 的電性和 b 點的場強大小為()

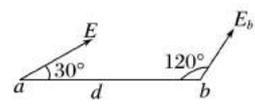


圖 4

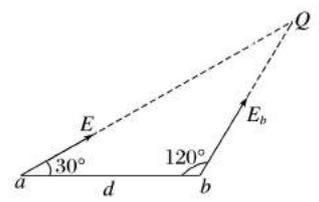
- A · 正電、 $\frac{E}{3}$
- B · 負電、 $\frac{E}{3}$
- C · 正電、 $3E$
- D · 負電、 $3E$

答案 D

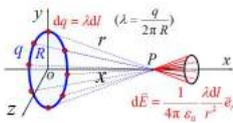
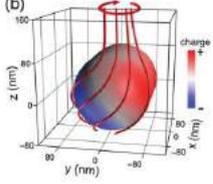
解析 將場強 E 、 E_b 延長，交點即為點電荷 Q 所在位置，如圖所示，由於電場強度方向指向點電荷 Q ，則知該點電荷帶負電。

根據幾何知識解得， a 點到 Q 點的距離 $r_a = 2d \cos 30^\circ = \sqrt{3}d$ ， b 點到 Q 點的距離 $r_b = d$ ， a 、 b 兩點到點電荷 Q 的距離之比 $r_a : r_b = \sqrt{3} : 1$ 。

由公式 $E = k \frac{Q}{r^2}$ ，得： A 、 B 兩點場強大小的比值 $E : E_b = 1 : 3$ ，即 $E_b = 3E$ ，故 A 、 B 、 C 錯誤， D 正確。



9. 如圖 5 所示， a 、 b 、 c 、 d 四個點在一條直線上， a 和 b 、 b 和 c 、 c 和 d 間的距離均為 R ，在 a 點處固定有一電荷量為 Q 的正點電荷，在 d 點處固定有另一



個電荷量未知的點電荷，除此之外無其他電荷，已知 b 點處的場強為零，則 c 點處場強的大小為(k 為靜電力常量)()

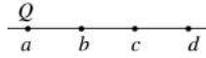


圖 5

A · 0

B · $k \frac{15Q}{4R^2}$

C · $k \frac{Q}{4R^2}$

D · $k \frac{Q}{R^2}$

答案 B

解析 據題可知， b 點處的場強為零，說明 a 處和 d 處的兩個點電荷在 b 處產生的場強大小相等、方向相反，則有：

$$k \frac{Q}{R^2} = k \frac{Q'}{(2R)^2}, \text{ 得 } Q' = 4Q, \text{ 電性與 } Q \text{ 相同.}$$

則 Q 在 c 點產生的場強大小 $E_1 = k \frac{Q}{(2R)^2} = k \frac{Q}{4R^2}$ ，方向向右； Q' 在 c 點產生的場

強大小 $E_2 = k \frac{Q'}{R^2} = k \frac{4Q}{R^2}$ ，方向向左；

故 c 點處場強的大小為 $E = E_2 - E_1 = k \frac{15Q}{4R^2}$.

10. 如圖 6 所示， M 、 N 和 P 是以 MN 為直徑的半圓弧上的三點， O 點為半圓弧的圓心， $\angle MOP = 60^\circ$. 電荷量相等、符號相反的兩個點電荷分別置於 M 、 N 兩點，這時 O 點電場強度的大小為 E_1 ；若將 N 點處的點電荷移至 P 點，則 O 點的電場強度大小變為 E_2 . 那麼， E_1 與 E_2 之比為()

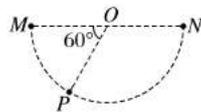


圖 6

A · 1 : 2

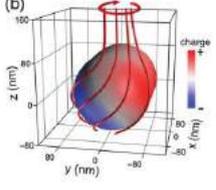
B · 2 : 1

C · 2 : $\sqrt{3}$

D · 4 : $\sqrt{3}$

答案 B

11. AB 和 CD 為圓上兩條相互垂直的直徑，圓心為 O . 將電荷量分別為 $+q$ 和 $-q$ 的兩點電荷放在圓周上，其位置關於 AB 對稱且距離等於圓的半徑，如圖 7 所示. 要使圓心處的電場強度為零，可在圓周上再放一個適當的點電荷 Q ，則該



2017/2018
 參選編號:C051

點電荷 Q ()

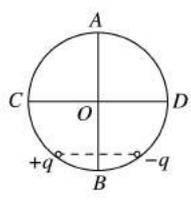


圖 7

- A · 應放在 A 點, $Q=2q$
- B · 應放在 B 點, $Q=-2q$
- C · 應放在 C 點, $Q=-q$
- D · 應放在 D 點, $Q=-q$

答案 C

解析 根據平行四邊形定則, 求出 $+q$ 和 $-q$ 在 O 點產生的合場強, 大小等於其中一個點電荷在 O 點產生的場強的大小, 方向水平向右, 要使圓心處的電場強度為零, 應在 C 點放一個電荷量 $Q=-q$ 的點電荷或在 D 點放一個電荷量 $Q=+q$ 的點電荷, C 選項正確。

二、非選擇題

12. (點電荷的電場) 在一個點電荷 Q 的電場中, Ox 坐標軸與它的一條電場線重合, 坐標軸上 A 、 B 兩點的座標分別為 2 m 和 5 m 。已知放在 A 、 B 兩點的試探電荷受到的電場力方向都跟 x 軸的正方向相同, 電場力的大小跟試探電荷所帶電荷量大小的關係圖像如圖 8 中直線 a 、 b 所示, 放在 A 點的試探電荷帶正電, 放在 B 點的試探電荷帶負電。求:

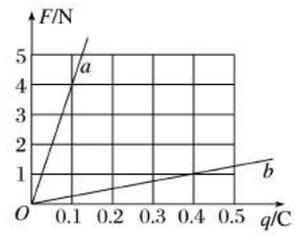
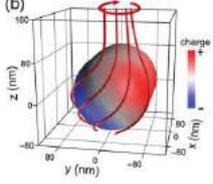


圖 8

- (1) B 點的電場強度的大小和方向。
- (2) 試判斷點電荷 Q 的電性, 並確定點電荷 Q 的位置座標。

答案 (1) 2.5 N/C , 方向沿 x 軸負方向

(2) 帶負電, 位置座標 $x=2.6\text{ m}$



解析 (1)由題圖可得 B 點電場強度的大小 $E_B = \frac{F}{q} = \frac{1}{0.4} \text{ N/C} = 2.5 \text{ N/C}$.

因放在 B 點的試探電荷帶負電，而所受電場力指向 x 軸的正方向，故 B 點場強的方向沿 x 軸負方向。

(2)因 A 點的正電荷受力和 B 點的負電荷受力均指向 x 軸的正方向，故點電荷 Q 位於 A 、 B 兩點之間，帶負電。

設點電荷 Q 的座標為 x ，

$$\text{則 } E_A = k \frac{Q}{(x-2 \text{ m})^2}, E_B = k \frac{Q}{(5 \text{ m}-x)^2}.$$

$$\text{由題圖可得 } E_A = 40 \text{ N/C}, \text{ 則 } \frac{E_A}{E_B} = \frac{(5-x)^2}{(x-2)^2} = \frac{40}{2.5}$$

解得 $x = 2.6 \text{ m}$ 或 $x = 1 \text{ m}$ (不符合題意舍去)。

13. (電場強度的疊加 靜電力)如圖 9 所示，在場強為 E 的勻強電場中，取 O 點為圓心， r 為半徑作一圓周，在 O 點固定一電荷量為 $+Q$ 的點電荷， a 、 b 、 c 、 d 為相互垂直且過圓心的兩條直線和圓周的交點。當把一試探電荷 $+q$ 放在 d 點恰好平衡時：

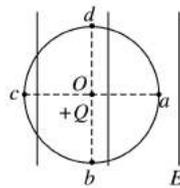


圖 9

- (1) 勻強電場場強 E 的大小、方向如何？
- (2) 試探電荷 $+q$ 放在點 c 時，受力 F_c 的大小、方向如何？
- (3) 試探電荷 $+q$ 放在點 b 時，受力 F_b 的大小、方向如何？

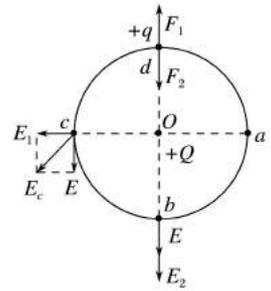
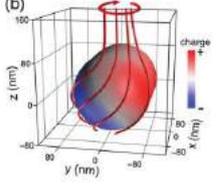
答案 (1) $k \frac{Q}{r^2}$ 方向沿 db 方向

(2) $\sqrt{2} k \frac{Qq}{r^2}$ 方向與 ac 方向成 45° 角斜向下

(3) $2k \frac{Qq}{r^2}$ 方向沿 db 方向

解析 (1)對試探電荷進行受力分析如圖所示，由題意可知：

$$F_1 = k \frac{Qq}{r^2}, F_2 = qE$$



由於 $F_1 = F_2$ ，所以 $qE = k \frac{Qq}{r^2}$ ， $E = k \frac{Q}{r^2}$ ，

正電荷所受靜電力方向與場強方向相同，故勻強電場方向沿 db 方向。

(2) 試探電荷放在 c 點：

$$E_c = \sqrt{E_1^2 + E^2} = \sqrt{2}E = \sqrt{2}k \frac{Q}{r^2}$$

所以 $F_c = qE_c = \sqrt{2}k \frac{Qq}{r^2}$ ，方向與 ac 方向成 45° 角斜向下。

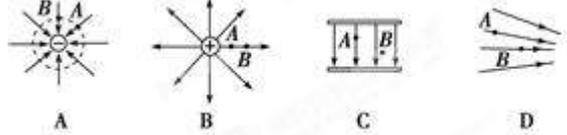
(3) 試探電荷放在 b 點： $E_b = E_2 + E = 2E = 2k \frac{Q}{r^2}$

所以 $F_b = qE_b = 2k \frac{Qq}{r^2}$ ，方向沿 db 方向。

五、達標檢測

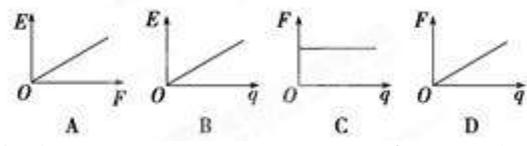
一、選擇題

1. 下列各電場中， A 、 B 兩點電場強度相同的是()

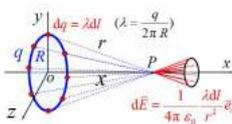
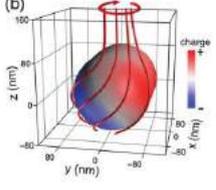


解析：選 C. A 圖中， A 、 B 兩點場強大小相等，方向不同，B 圖中， A 、 B 兩點場強的方向相同，但大小不等，C 圖中是勻強電場，則 A 、 B 兩點場強大小、方向相同；D 圖中 A 、 B 兩點場強大小、方向均不相同。故選 C。

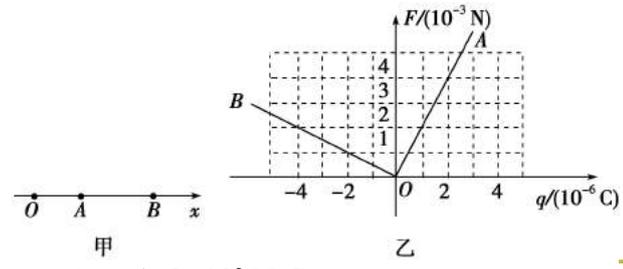
2. 一個檢驗電荷在電場中某點受到的電場力為 F ，這點的電場強度為 E ，在下圖中能正確反映 q 、 E 、 F 三者關係的是()



解析：選 D. 電場中某點的電場強度由電場本身的性質決定，與放入該點的檢驗電荷及其所受電場力無關，A、B 錯誤；檢驗電荷在該點受到的電場力 $F = Eq$ ， F 正比於 q ，C 錯誤，D 正確。故選 D。



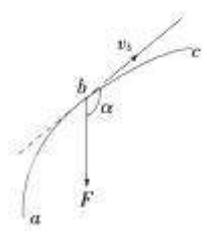
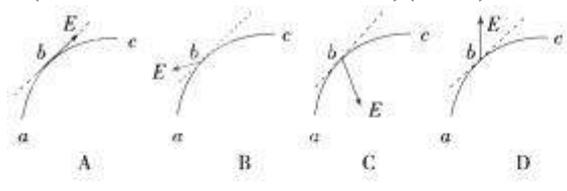
3. 如圖甲所示，在 x 軸上有一個點電荷 Q (圖中未畫出)， O 、 A 、 B 為軸上三點。放在 A 、 B 兩點的試探電荷受到的電場力跟檢驗電荷所帶電荷量的關係如圖乙所示，則()



- A. A 點的電場強度大小為 2×10^3 N/C
- B. B 點的電場強度大小為 2×10^3 N/C
- C. 點電荷 Q 在 AB 之間
- D. 點電荷 Q 在 AO 之間

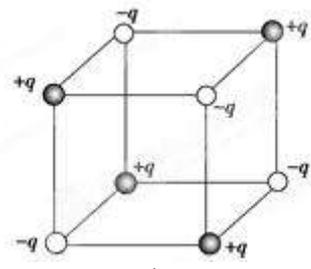
解析：選 AC. 設 A 、 B 兩點的場強分別為 E_A 、 E_B ，根據圖象資訊可知，圖線的斜率即為場強，則 $E_A = 2 \times 10^3$ N/C， $E_B = -500$ N/C， A 、 B 兩點場強方向相反。由點電荷場強特點知，該點電荷應放在 A 、 B 之間，故選 AC.

4. (2011· 高考新課標全國卷) 一帶負電荷的質點，在電場力作用下沿曲線 abc 從 a 運動到 c ，已知質點的速率是遞減的。關於 b 點電場強度 E 的方向，下列圖示中可能正確的是(虛線是曲線在 b 點的切線)()



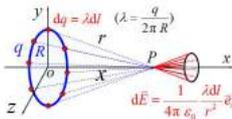
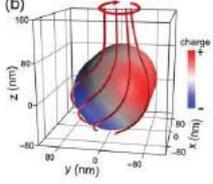
選 D. 由 a 至 c 的彎曲情況可知受力方向指向圖中虛線的右下方， b 點的速度方向 v_b 如圖，由 a 至 c 速率遞減可知受力方向如圖中 F ， α 角大於 90° ，因為電荷為負，故場強方向應與 F 反向，故選 D.

5.



如圖所示，電量為 $+q$ 和 $-q$ 的點電荷分別位於正方體的頂點，正方體範圍內電場強度為零的點有()

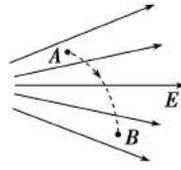
- A. 體中心、各面中心和各邊中點
- B. 體中心和各邊中點



- C · 各面中心和各邊中點
- D · 體中心和各面中心

解析：選 D. 根據點電荷場強公式 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 及正方體的對稱性可知正方體內中心點及各面的中心點處場強為零，故選 D.

6.

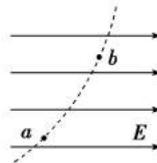


一帶電粒子從電場中的 A 點運動到 B 點，軌跡如圖中虛線所示。不計粒子所受重力，則()

- A · 粒子帶正電
- B · 粒子加速度逐漸減小
- C · A 點的速度大於 B 點的速度
- D · 粒子的初速度不為零

解析：選 BCD. 由運動軌跡可知電場力方向向左，粒子帶負電，A 錯誤； $A \rightarrow B$ 電場強度變小，電場力變小，加速度變小，B 正確；粒子運動過程中，電場力與運動方向的夾角大於 90° ，所以速率減小，C 正確；若粒子的初速度為 0，將沿電場線向左下側運動，D 正確。故選 BCD.

7.

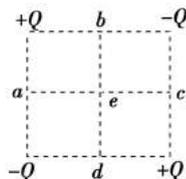


如圖所示，實線表示勻強電場中的電場線，一帶電粒子(不計重力)經過電場區域後的軌跡如圖中虛線所示，a、b 是軌跡上的兩點，關於粒子的運動情況，下列說法中可能的是()

- A · 該粒子帶正電荷，運動方向為由 a 到 b
- B · 該粒子帶負電荷，運動方向為由 a 至 b
- C · 該粒子帶正電荷，運動方向為由 b 至 a
- D · 該粒子帶負電荷，運動方向為由 b 至 a

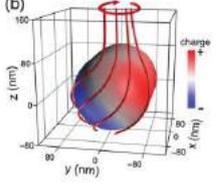
解析：選 BD. 由運動軌跡可判定電場力方向向左，則粒子應帶負電，運動方向 $a \rightarrow b$ 與 $b \rightarrow a$ 均有可能。故選 BD.

8.

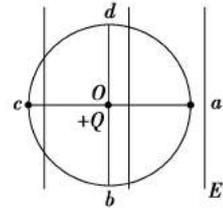


如圖所示，在正方形的四個頂點各放一電荷量均為 Q 的點電荷(電性如圖所示)，a、b、c、d 是正方形邊長的中點，則以下說法中錯誤的是()

- A · a、b、c、d 四點的場強相同
- B · a、c 兩點的場強一定等大且反向
- C · b、d 兩點的場強一定等大且反向



11.



在場強為 E 的勻強電場中，取 O 點為圓心， r 為半徑作一圓周，在 O 點固定一電荷量為 $+Q$ 的點電荷， a 、 b 、 c 、 d 為相互垂直的過圓心的兩條直線和圓周的交點。當把一檢驗電荷 $+q$ 放在 d 點恰好平衡時(如圖所示)。

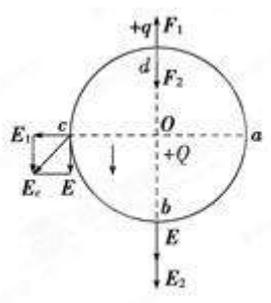
- (1) 勻強電場場強 E 的大小，方向如何？
- (2) 檢驗電荷 $+q$ 放在點 c 時，受力 F_c 的大小、方向如何？
- (3) 檢驗電荷 $+q$ 放在點 b 時，受力 F_b 的大小、方向如何？

解析：(1) 由題意可知： $F_1 = k \frac{Qq}{r^2}$ ， $F_2 = qE$

由於 $F_1 = F_2$ ，所以 $qE = k \frac{Qq}{r^2}$ ， $E = k \frac{Q}{r^2}$

勻強電場方向沿 db 方向。

(2) 檢驗電荷放在 c 點：



$$E_c = \sqrt{E_1^2 + E^2} = \sqrt{2}E = \sqrt{2}k \frac{Q}{r^2}$$

$$\text{所以 } F_c = qE_c = \sqrt{2}k \frac{Qq}{r^2}$$

方向與 ac 方向成 45° 角斜向下(如圖所示)。

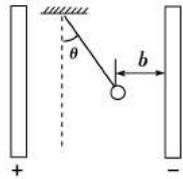
$$(3) \text{ 檢驗電荷放在 } b \text{ 點： } E_b = E_2 + E = 2E = 2k \frac{Q}{r^2}$$

$$\text{所以 } F_b = qE_b = 2k \frac{Qq}{r^2}, \text{ 方向沿 } db \text{ 方向。}$$

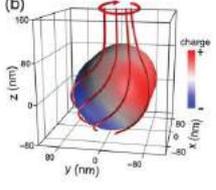
答案：(1) $k \frac{Q}{r^2}$ ，方向沿 db 方向 (2) $\sqrt{2}k \frac{Qq}{r^2}$ ，方向與 ac 方向成 45° 角斜向下

$$(3) 2k \frac{Qq}{r^2}, \text{ 方向沿 } db \text{ 方向}$$

☆12.

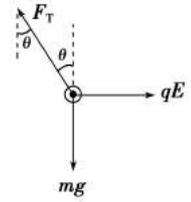


豎直放置的兩塊足夠長的平行金屬板間有勻強電場。其電場強度為 E ，在



該勻強電場中，用絲線懸掛品質為 m 的帶電小球，絲線跟豎直方向成 θ 角時小球恰好平衡，此時小球與右極板的水平距離為 b ，如圖所示。問：

- (1) 小球帶電荷量是多少？
 - (2) 若剪斷絲線，小球碰到金屬板需多長時間？
- 解析：



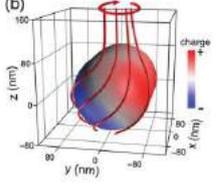
對小球進行正確的受力和剪斷絲線後小球運動過程的判定是分析該題的前提和關鍵。

(1) 由於小球處於平衡狀態，對小球進行受力分析，如圖所示。由圖可得 $qE = mg \tan \theta$ ，故 $q = \frac{mg \tan \theta}{E}$ 。

(2) $F_T = \frac{mg}{\cos \theta}$ ，剪斷絲線後小球所受電場力和重力的合力與未剪斷絲線時絲線的拉力大小相等，故剪斷絲線後小球所受重力和電場力的合力等於 $\frac{mg}{\cos \theta}$ ，小球的加速度 $a = \frac{F_{\text{合}}}{m} = \frac{g}{\cos \theta}$ 。小球由靜止開始沿著絲線拉力的反方向做勻加速直線運動，當碰到金屬板上時，它的位移為 $l = \frac{b}{\sin \theta}$ ，由 $l = \frac{1}{2} a t^2$ 得， $t = \sqrt{\frac{2l}{a}} =$

$$\sqrt{\frac{2b \cos \theta}{g \sin \theta}} = \sqrt{\frac{2b}{g} \cot \theta}.$$

答案：(1) $\frac{mg \tan \theta}{E}$ (2) $\sqrt{\frac{2b}{g} \cot \theta}$



2017/2018
參選編號:C051

教學主題四：綜合複習（1 課時）

一、新課教學：電場力的性質（第一課時）

1.1 要點一：兩等量電荷的電場線的特點

[要點歸納]

等量同種點電荷和等量異種點電荷的電場線的比較

比較專案	等量同種點電荷	等量異種點電荷
電場線分佈圖		
連線中點 O 處的場強	為零	連線上 O 點場強最小， 指向負電荷一方
連線上的場強大小(從左到右)	沿連線先變小，再變大	沿連線先變小，再變大
沿中垂線由 O 點向外場強大小	O 點最小，向外先變大後變小	O 點最大，向外逐漸減小
關於 O 點對稱的 A 與 A'、B 與 B' 的場強	等大反向	等大同向

[精典示例]

[例 1] 兩個帶等量正電荷的點電荷，O 點為兩電荷連線的中點，a 點在連線的中垂線上，若在 a 點由靜止釋放一個電子，如圖 1 所示，關於電子的運動，下列說法正確的是()

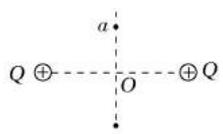
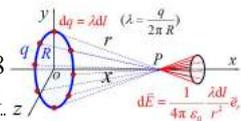
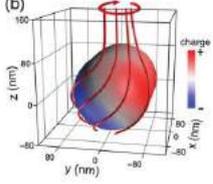


圖 1



- A. 電子在從 a 向 O 運動的過程中，加速度越來越大，速度越來越大
- B. 電子在從 a 向 O 運動的過程中，加速度越來越小，速度越來越大
- C. 電子運動到 O 時，加速度為零，速度最大
- D. 電子通過 O 後，速度越來越小，加速度越來越大，一直到速度為零

解析 帶等量正電荷的兩點電荷連線的中垂線上，中點 O 處的場強為零，向中垂線的兩邊先變大，達到一個最大值後，再逐漸減小到零。但 a 點與最大場強點的位置關係不能確定，當 a 點在最大場強點的上方時，電子在從 a 點向 O 點運動的過程中，加速度先增大後減小；當 a 點在最大場強點的下方時，電子的加速度則一直減小，故 A、B 錯誤；但不論 a 點的位置如何，電子在向 O 點運動的過程中，都在做加速運動，所以電子的速度一直增加，當達到 O 點時，加速度為零，速度達到最大值，C 正確；通過 O 點後，電子的運動方向與場強的方向相同，與所受電場力方向相反，故電子做減速運動，由能量守恆定律得，當電子運動到 a 點關於 O 點對稱的 b 點時，電子的速度為零。同樣因 b 點與最大場強的位置關係不能確定，故加速度大小的變化不能確定，D 錯誤。

答案 C

[針對訓練 1] 如圖 2 所示，一電子沿等量異種電荷的中垂線由 $A \rightarrow O \rightarrow B$ 勻速飛過，電子重力不計，則電子除受電場力外，所受的另一個力的大小和方向變化情況是()

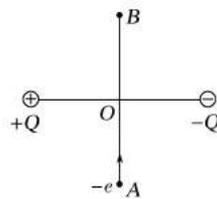
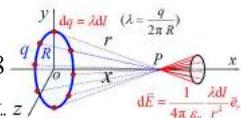
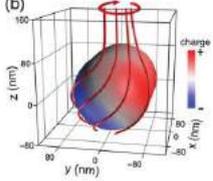


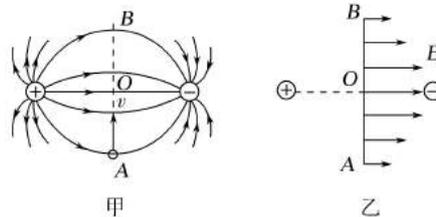
圖 2

- A. 先變大後變小，方向水平向左
- B. 先變大後變小，方向水平向右
- C. 先變小後變大，方向水平向左



D.先變小後變大，方向水平向右

解析 等量異種電荷電場線分佈如圖甲所示，由圖中電場線的分佈可以看出，從 A 點到 O 點，電場線由疏到密；從 O 點到 B 點，電場線由密到疏，所以沿 $A \rightarrow O \rightarrow B$ 電場強度應先由小變大，再由大變小，方向為水平向右，如圖乙所示。由於電子做勻速直線運動，所受合外力必為零，故另一個力應與電子所受電場力大小相等、方向相反，電子受到電場力方向水平向左，且沿 $A \rightarrow O \rightarrow B$ 運動的過程中，電場力先由小變大，再由大變小，故另一個力的方向應水平向右，其大小應先變大後變小。故選項 B 正確。



答案 B

1.2 要點二：電場線與運動軌跡

[要點歸納]

- 1.物體做曲線運動的條件：合力在軌跡曲線的內側，速度方向沿軌跡的切線方向。
- 2.分析方法：由軌跡的彎曲情況結合電場線確定電場力的方向；由電場力和電場線的方向可判斷電荷的正負；由電場線的疏密程度可確定電場力的大小，再根據牛頓第二定律 $F=ma$ 可判斷運動電荷加速度的大小。

[精典示例]

[例 2] 如圖 3 所示，實線為電場線(方向未畫出)，虛線是一帶電的粒子只在電場力的作用下，由 a 到 b 的運動軌跡，軌跡為一條拋物線。下列判斷正確的是 ()

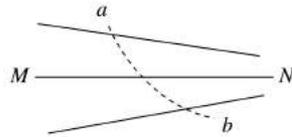
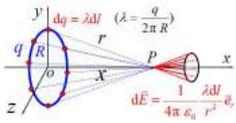
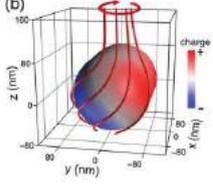


圖 3

- A. 電場線 MN 的方向一定是由 N 指向 M
- B. 帶電粒子由 a 運動到 b 的過程中速度一定逐漸減小
- C. 帶電粒子在 a 點的速度一定小於在 b 點的速度
- D. 帶電粒子在 a 點的加速度一定大於在 b 點的加速度

解析 由於該粒子只受電場力作用且做曲線運動，粒子所受電場力指向軌跡內側，所以一定是由 M 指向 N ，但是由於粒子的電荷性質不清楚，所以電場線的方向無法確定，故 A 錯誤；粒子從 a 運動到 b 的過程中，電場力與速度成銳角，粒子做加速運動，速度增大，故 B 錯誤，C 正確； b 點的電場線比 a 點的密，所以帶電粒子在 a 點的加速度小於在 b 點的加速度，故 D 錯誤。

答案 C

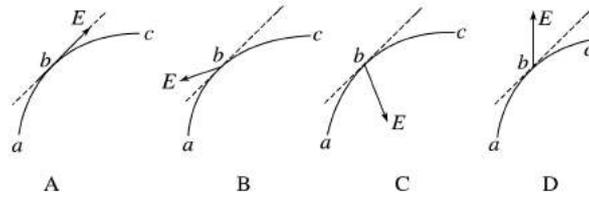
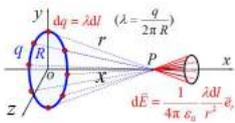
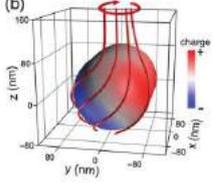
[方法總結]

(1) 電場線並不是粒子運動的軌跡。帶電粒子在電場中的運動軌跡由帶電粒子所受合外力與初速度共同決定。電場線上各點的切線方向是場強方向，決定著粒子所受電場力的方向。軌跡上每一點的切線方向為粒子在該點的速度方向。

(2) 電場線與帶電粒子運動軌跡重合必須同時滿足以下三個條件

- ① 電場線是直線。
- ② 帶電粒子只受電場力作用。
- ③ 帶電粒子初速度的大小為零或初速度的方向與電場線方向在一條直線上。

[針對訓練 2] 一帶負電荷的質點，在電場力作用下沿曲線 abc 從 a 運動到 c ，已知質點的速率是遞減的。關於 b 點電場強度 E 的方向，下列圖示中可能正確的是(虛線是曲線在 b 點的切線)()



解析 負電荷所受的電場力與電場強度方向相反，曲線運動中質點所受的合力(本題是電場力)方向指向軌跡的凹側。所以選項 D 正確。

答案 D

1.3 要點三：電場中的平衡與加速問題

[精典示例]

[例 3] 如圖 4 所示，光滑斜面傾角為 37° ，一帶有正電荷的小物塊品質為 m ，電荷量為 q ，置於斜面上，當沿水平方向加如圖所示的勻強電場時，帶電小物塊恰好靜止在斜面上，從某時刻開始，電場強度變化為原來的 $\frac{1}{2}$ ，($\sin 37^\circ = 0.6, \cos 37^\circ = 0.8$ ， $g = 10 \text{ m/s}^2$) 求：

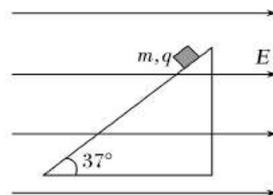


圖 4

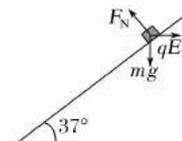
- (1) 原來的電場強度的大小；
- (2) 物塊運動的加速度大小；
- (3) 沿斜面下滑距離為 l 時物塊的速度。

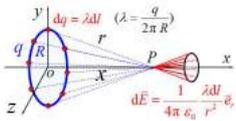
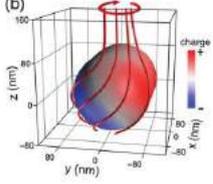
解析 (1) 對小物塊受力分析如圖所示，物塊靜止於斜面上，

$$\text{則 } mg \sin 37^\circ = qE \cos 37^\circ, \text{ 解得 } E = \frac{mg \tan 37^\circ}{q} = \frac{3mg}{4q}.$$

(2) 當場強變為原來的 $\frac{1}{2}$ 時，小物塊的合外力

$$F_{\text{合}} = mg \sin 37^\circ - \frac{1}{2} qE \cos 37^\circ = \frac{1}{2} mg \sin 37^\circ,$$





又 $F_{\text{合}} = ma$ ，解得 $a = 3 \text{ m/s}^2$ ，方向沿斜面向下。

(3) 由動能定理得 $F_{\text{合}} l = \frac{1}{2} mv^2 - 0$

即 $\frac{1}{2} mgsin 37^\circ \cdot l = \frac{1}{2} mv^2$ ，解得 $v = \sqrt{6l}$ 。

答案 (1) $\frac{3mg}{4q}$ (2) 3 m/s^2 ，方向沿斜面向下 (3) $\sqrt{6l}$

[技巧點撥]

(1) 共點力作用下的平衡問題

帶電體在多個力作用下處於平衡狀態，物體所受合外力為零，因此可用共點力平衡的知識分析，常用的方法有正交分解法、合成法等。

(2) 帶電粒子在電場中的加速問題

與力學問題分析方法完全相同，帶電體的受力仍然滿足牛頓第二定律，在進行受力分析時不要漏掉電場力(靜電力)。

[針對訓練 3] 如圖 5 所示，在場強為 E 的勻強電場中有一個品質為 m 的帶正電小球 A 懸掛在絕緣細線上，當小球靜止時，細線與豎直方向成 30° 角，已知此電場方向恰使小球受到的電場力最小，則小球所帶的電量應為()

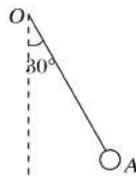
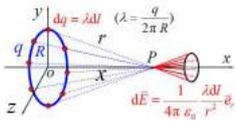
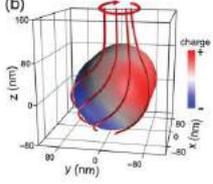
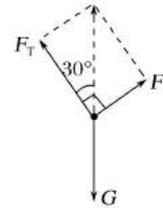


圖 5

- A. $\frac{mg}{E}$ B. $\frac{3mg}{E}$ C. $\frac{2mg}{E}$ D. $\frac{mg}{2E}$



解析 由題意電場方向恰使小球受到的電場力最小可知， E 的方向與細線垂直，受力如圖所示。由平衡條件可得 $qE = mg \sin 30^\circ$ ， $q = \frac{mg}{2E}$ ，故 D 正確。



二、課時達標訓練

1. (兩等量同種電荷的電場)(多選)如圖 6 所示，在等量負電荷連線的中垂線上取 A 、 B 、 C 、 D 四點， B 、 D 關於 O 點對稱，關於這幾點場強大小正確的是()

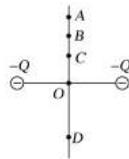


圖 6

- A. $E_A > E_B$ ， $E_B = E_D$
- B. $E_A < E_B$ ， $E_B < E_D$
- C. 可能有 $E_A < E_B < E_C$
- D. 可能有 $E_A = E_C < E_B$

解析 O 點的場強為零，沿中垂線的兩邊場強先變大，達到一個最大值後，再逐漸減小，到無窮遠處為零。 A 、 B 、 C 、 D 四點與場強最大值點的位置不能確定，故不能確定這四點場強的大小，所以選項 C、D 有可能。

2. (電場線與運動軌跡的理解)(多選)一帶電粒子從電場中的 A 點運動到 B 點，軌跡如圖 7 中虛線所示。不計粒子所受重力，則()

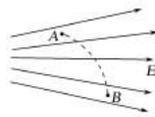
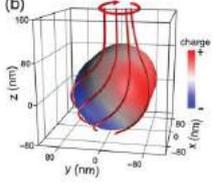


圖 7

- A. 粒子帶正電荷
- B. 粒子加速度逐漸減小



- C. 粒子在 A 點的速度大於在 B 點的速度
 D. 粒子的初速度不為零

解析 帶電粒子所受合外力(即靜電力)指向軌跡凹側，知靜電力方向向左，粒子帶負電荷，A 項錯誤；根據電場線疏密表示場強大小知 $E_A > E_B$ ，知 B 項正確；粒子從 A 到 B 受到的靜電力為阻力，C 項正確；由於電場線為直線，故粒子在 A 點速度不為零，D 項正確。

3. (勻強電場中的平衡與加速問題) 一根長為 l 的絲線懸掛著一品質為 m 、電荷量為 q 的帶電小球靜止在水平向右的勻強電場中，如圖 8 所示，絲線與豎直方向成 37° 角，現突然將該電場方向變為豎直向下且大小不變，不考慮因電場的改變而帶來的其他影響(重力加速度為 g)，求：

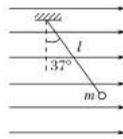


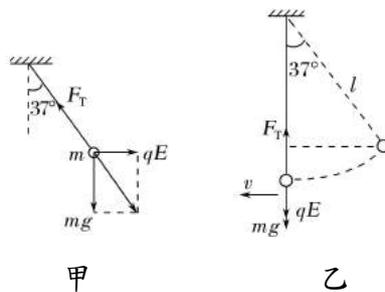
圖 8

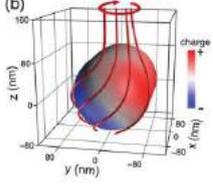
- (1) 勻強電場的電場強度的大小；
 (2) 小球經過最低點時受到的拉力的大小。

解析 (1) 小球靜止在電場中受力如圖甲所示，顯然小球帶正電，由平衡條件得 $mg \tan 37^\circ = qE$ ，故 $E = \frac{3mg}{4q}$ 。

(2) 電場方向變成豎直向下後，如圖乙所示，小球開始擺動做圓周運動，重力、電場力對小球做正功。由動能定理得： $(mg + qE)l(1 - \cos 37^\circ) = \frac{1}{2}mv^2$

由圓周運動知識，在最低點時， $F_T - (mg + qE) = m\frac{v^2}{l}$ ，解得 $F_T = \frac{49}{20}mg$ 。





叁、試教評估與反思建議

3.1 試教評估

今年教案內容在之前積累的經驗基礎上經過多次的科組討論、備課，認真修改，又有新的內容加入，而且嘗試用新的教學模式進行，每堂課程均有教學設計和多媒體課件等資料提供給學生，從這一次教案設計與實施到同學的參與和反饋，整體來說效果不錯，尤其是學生的知識和動手能力有所提高。而整個教學的難處是：

1. 在有限的課時中，除了要教導課本的內容外，還要結合不同方面的訊息，課時方面較為緊張。
2. 部分課程作業，正直學生的測驗週，所以個別學生的完成度略為不足。
3. 在互動學習、翻轉課堂中，由於是透過學生主動發現問題、思考問題、解決問題，但學生在平日上課都較多是以老師授課的方式學習，所以在學生的主動性、積極性還需加強。

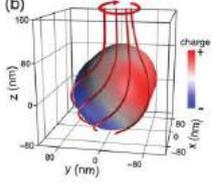
1. 教學設計

本單元依據：“課前自主預習學案、新課教學、重點探究、課時對點練、達標檢測”“五位一體”遞進式教學模式進行，五個環節循序漸進，環環相扣，將學生動手實驗和教師演示實驗結合起來，體現以“學生為中心，師生互動，共同參與”的設計理念，讓學生能夠在學習知識過程中參與到課堂實踐中，思考身邊存在的事物，探究其存在的科學原理。

2. 教學評量

在教學評量方面，從三個部分進行考慮：

- 教師教學效率方面，能夠根據教學知識目標，在規定的時間裡，切實完成教學任務，詮釋教學重點及難點。
- 學生的學習成就方面，學生積極參與課堂教學，能夠依據教師的引導積極回答提問，適當討論及做筆記記錄。
- 課程設計與實施方面，課程設計注重“學生為教學中心”，能認真落實教學設計，在教學中滲透教學理念。
- 教學目標的實施過程中，主要側重在知識目標、技能目標上，對情意目標和生命教育目標實施還比較少，以後需要加強。



3.2 反思建議

3.2.1 教學主題一：電荷--§1.1 電荷及其守恆定律

1 課本知識學習的思路梳理

電荷守恆定律是課時學習的中心，電荷產生的機理是學習的基礎。確定物體是否帶電，最簡單的方法是看其能否吸引輕小物體。實驗的方法是用驗電器或靜電計進行檢驗。

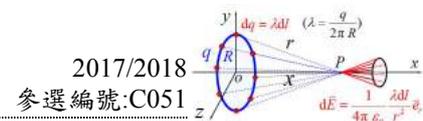
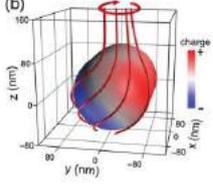
使物體帶電的方法有三種：摩擦起電、接觸起電和感應起電。無論哪一種起電方式都不是創造出電荷，而是使電子發生移動，由一個物體轉移到另一個物體，或由物體的一部分轉移到另一部分。失去電子的帶正電荷，得到電子的帶負電荷，由此水到渠成，得出電荷守恆定律。

電荷守恆定律的第二種表述，是基於第一種表述（建立在實驗事實基礎上）的思維推進：在電中性的物質裏不是沒有電荷，而是電荷的代數和為零；電荷的中和不是正、負電荷一起消失，而是不同種類的電荷數量達到等量、異號，正、負電荷的代數和為零；電荷的總量就是指電荷的代數和。

元電荷和比荷是學習靜電場的基本概念。電荷的多少稱為電荷量，正電荷的電荷量是正值，負電荷的電荷量是負值。電子所帶的電荷量是最小的電荷量（負值）。元電荷是最小的電荷量（沒有符號），其值等於電子所帶的電荷量， $e=1.6\times 10^{-19}\text{ C}$ （密立根測得）。帶電體所帶電荷量可能等於 e ，或者是 e 的整數倍，電荷量不是連續變化的物理量。比荷（ e/m ）是電荷量與其品質之比。

課堂教學實施的重點是結合摩擦起電和感應起電的具體情境，理解電荷守恆定律；而不是從物質的微觀結構角度認識物體帶電的本質。學習的難點是建立元電荷的概念，知道電荷量不能連續變化，而不是帶正電的原子為什麼不能移動。

學生是課堂教學的主體，現代教育更重視在教學過程中對學生的學法指導。本節課的教學過程中要注意引導學生以學過的初中電學概念為基礎，在實驗中總結出電荷在電中性導體和介質中運動的規律。巧用提問，評價啟動學生的積極性，調動起課堂氣氛，讓學生在輕鬆，自主，討論的學習環境下完成學習任務。最後讓一部分學生自由發言，舉出生活中一些靜電產生的例子，並引導另一部分同學來幫這部分同學想一想該如何消除靜電，從實踐到理論，再從理論到實踐，通過在實踐中來到實踐中去過程強化了學生對電荷的初識。



3 課堂教學存在的主要問題

(1) 使物體帶電的三種方法（摩擦、接觸和感應起電），不是孤立的，不需要通過三次實驗分別展示用絲綢摩擦玻璃，玻璃棒帶上正電荷是摩擦起電；用玻璃棒接觸驗電器，驗電器的金屬箔張開（移走玻璃棒，金屬箔仍然張開），驗電器帶上正電荷，是接觸起電；用玻璃棒靠近驗電器的金屬球，驗電器的金屬箔張開，移走玻璃棒，張開的金屬箔閉合，玻璃棒靠近驗電器，驗電器帶電是感應起電。

(2) 用毛皮摩擦硬橡膠棒，使硬橡膠棒帶電正確的摩擦方法，不是拿硬橡膠棒的手用力、單向的一次次摩擦，而是拿毛皮的手來回適當的用力，用毛皮摩擦。使硬橡膠棒上的電荷轉移到驗電器的金屬球上時，不是點接觸，而是移動硬橡膠棒不同部位接觸。實驗的不成功更多源於思想不重視、操作方法不正確，而不是空氣的潮濕。

(3) 知識學習的層次性認識不足，過早提出電荷的均分法則。在電荷量的概念、單位、符號學習前，便向學生講授兩個完全相同的金屬球 A、B，A 帶電 +Q 與不帶電的 B 接觸，A 的電荷量會分給 B 一半。學生雖能有所感悟，卻很難將所學的知識進行同化或順應，更不能意識到 +Q 的均分是由自由電荷移動引起的。

(4) 原子核與核外電子的模型是類似行星的核式模型，而不是蘋果肉與蘋果核模型。核力是核子（質子和中子）間的作用力，不是原子核不能移動的原因。原子核與核外電子間的作用力是靜電力，不是核力。電荷間的移動是電荷間相互作用的結果，不是搶來搶去的。物質分子間的擴散運動，與電荷在物體間的轉換，說的是不同性質的問題。

(5) 對絕緣體和金屬導體的微觀結構認識不足。播放的實驗視頻中，學生用大金屬球從感應起電機取電，大金屬球圍繞感應起電機的放電球轉多圈（電荷在金屬導體間的轉移是瞬間完成的），教師沒有制止。

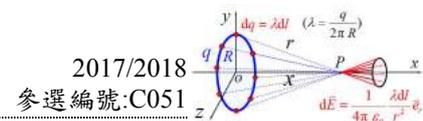
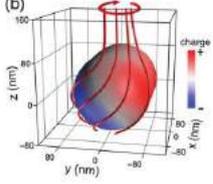
實驗失敗的原因，被理所當然地歸結為空氣的濕度較大。

(6) 實驗存在問題

- ① 注重教師的演示實驗，而不重視學生動手實驗。
- ② 注重教師自己的講解，而不重視學生的學習。
- ③ 注重知識的傳授，而不重視知識的層次和結構。
- ④ 注重知識淺層次識記，而不重視知識深層次的理解。
- ⑤ 簡單的知識被複雜化，清晰的思路被模糊化。

3.2.2 教學主題二：庫倫力--§1.2 庫倫定律

1、利用“怒髮衝冠”的靜電實驗，貼近學生的科學體驗，因此能夠激發學生求知的欲望。



2017/2018

參選編號:C051

2、在講解感應起電的本質及電荷守恆定律時，靈活運用多媒體製作，形象地展示抽象的微觀物理現象，使學生在認識微觀世界電荷的運動上比較容易接受。

3、在探究電荷作用力大小決定因素時，引導學生主動探究，自主發現問題，無形中培養了學生的動手能力，觀察物理現象的能力，以及由現象總結物理規律的能力。

4、向學生提出問題時，能夠很好的引導學生回答，問題比較具有啟發性。同時，這一堂課中，我認為也存在了許多的不足之處，主要是以下的幾點：

(1) 開課時，沒有讓所有的學生都安靜的坐好後再開始講課，這樣可能會導致一些學生沒有能及時的“捕捉”老師的語言資訊；

(2) 沒有在黑板上板書本節課的標題及主要提綱，這樣學生就不能很好的把握住本節課的主要思路及重點內容；

(3) 在學生進行實驗探究時，有學生提出電荷作用力的大小可能與物體的大小有關係時，我也沒有在課堂上很好的進行解釋，此外，對學生提出的“為什麼手與手的摩擦不能吸引紙屑”時，解釋存在錯誤，沒有及時的引導學生，摩擦起電主要是兩種材質不同的物體進行摩擦。

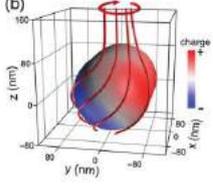
(4) 整堂課時間安排不夠合理，導致最後的一些隨堂練習沒能完成。整節課完成的還比較順利，優點以後在教學中會繼續保持並創新，對於課堂中存在的不足也正確面對，加以及時的改正，平時多補充業務知識量，多研究課堂教學這門學問。

3.2.3 教學主題三：電場--§1.3 電場強度

在課堂學生例題思考過程中，學生有時找不到思考的方向，在這個過程中，自己留給學生思考的時間不是很充足，這也與課堂各環節的時間分配不夠優化有關，有時看學生回答不出來，就有點著急，於是就急急忙忙地給出了答案，這樣缺乏學生思維的結論學生的理解一定不深，這以後得注意改正。

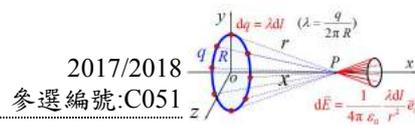
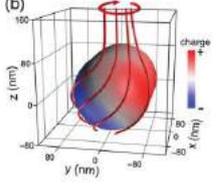
課堂教學，教師需要精心設計問題，啟發引導學生，少教多學，把學習的主動權交給學生，使學生學會學習。通過分組自主學習、討論交流、合作探究、多鼓勵學生，讓學生在互相幫助、互相溝通、互相質疑中共同成長、共同進步。

期望以後可以繼續修改和改進本教案，相信學生定能有更大的收穫。



肆、參考文獻

- 【1】 張大昌.普通高中課程標準試驗教科書物理選修 3-1[M]. 人民教育出版社：課程教材研究所，2010：2-28.
- 【2】 黃小玲，彭永聰. 新高中生活與物理第四冊[M]. 牛津大學出版社：香港，2016：2-48.
- 【3】 人民教育出版社[EB/OL]
<http://old.pep.com.cn/gzwl/jszx/tbjx/kb/dzkb/xx31/2018-01-16>.
- 【4】 牛津大學出版社（中國）| Oxford University Press(China)[EB/OL]
<https://www.oupchina.com.hk/zh/home2018-01-16>.
- 【5】 施凱凱."翻轉課堂在高中物理教學中的實踐——以《電荷守恆定理》教學為例." 湖南中學物理 11 (2017): 85-87.
- 【6】 林名鐘."庫倫定律演示儀." 教學儀器與實驗 11 (2008): 43-43.
- 【7】 陳園園."“電場強度”教學設計." 試題與研究: 教學論壇 15 (2013): 79-79.
- 【8】 建石."電場強度的教學設計及反思." 中學物理教與學 7 (2014): 31-33.



附錄：教學資源

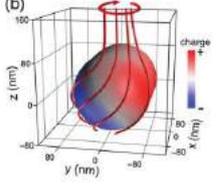
一、教學多媒體課件:詳見電子資料文檔

教學主題一：電荷--§1.1 電荷及其守恆定律

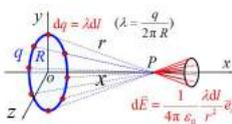
1.新課教學：§1.1 電荷及其守恆定律（第一課時）

<p>教學主題一 電荷--§1.1電荷及其守恆定律</p>	<p>第一組 實驗要求：使驗電器的箔片張開</p> <p>第二組 實驗要求：尋求幾個箔片張開</p>	<p>實驗要求：使驗電器的箔片張開</p> <p>起電方法：摩擦起電。</p> <p>根據初中的知識： 綢緞與皮帶摩擦時，綢緞帶正電；與毛皮摩擦時，毛皮帶負電。</p> <p>在摩擦起電實驗中，同學們創造了電荷嗎？</p>	<p>關於組成物質的原子結構</p> <p>組成物質的原子本身是由帶電粒子構成的。帶正電（正電、正電荷、正電荷）的質子，和帶負電（正電、負電、正電荷）的中子構成原子核，核外有帶負電（正電、負電、正電荷）的電子。原子核正電荷的數目等於（等於、少於、多於）核外電子負電荷的數目，所以整個原子對外界來說位置表現為中性（正中性、負中性、中性）。</p> <p>核外的電子等質子的吸引關係在原子核附近，通常離原子核較近的電子受到的吸引力較小（大、小），容易受到外界的作用而脫離原子。</p> <p>你知道嗎？</p>
<p>當兩個物體互相摩擦時，一些束縛得不緊的電子從一個物體轉移到另一個物體，於是原來電中性的物體由於失去電子而帶正電，另一物體由於失去電子而帶正電。這就是摩擦起電。</p> <p>在摩擦起電實驗中，同學們沒有（有、沒有）創造電荷，也沒有（有、沒有）使電荷消失，只是使電荷從一個物體轉移到另一個物體。在轉移過程中，電荷的總量不變（增加、減少、不變）。</p>	<p>實驗要求：尋求幾個操作步驟</p> <p>三個實驗說明： 同種電荷相互排斥。 根據初中的知識： 異種電荷相互吸引。</p> <p>能否設計一個實驗來驗證異種電荷相互吸引？</p> <p>小試身手</p>	<p>實驗要求：在不接觸的情況下使驗電器箔片張開，使箔片張開</p> <p>第二組</p> <p>這個實驗說明： 帶電物體有吸引輕小物體的特性。 你知道帶電物體為什麼能吸引輕小物體嗎？</p>	<p>實驗要求：不接觸的情況下使驗電器的箔片張開</p> <p>第四組</p>
<p>當一個帶電體靠近導體時，由於電荷間的相互作用，導體中的自由電荷會重新分佈，使導體靠近帶電體的一端聚集電荷，遠端聚集異種電荷。實驗發現叫感應起電。利用靜電感應使金屬導體帶電的過程叫感應起電。</p>	<p>怎樣使圖中的通電A、B分別帶上正電、負電？</p> <p>小試身手</p>		<p>在靜電感應實驗中，同學們沒有（有、沒有）創造電荷，也沒有（有、沒有）使電荷消失，只是使電荷從一個物體的一部分轉移到物體的另一部分；在轉移過程中，電荷的總量不變（增加、減少、不變）。</p>
<p>電荷不能創造，也不能消滅，只能從一個物體轉移到另一個物體，或者從物體的一部分轉移到物體的另一部分，在轉移過程中，電荷的總量保持不變。這個結論叫電荷守恆定律。</p> <p>電荷守恆定律也可以表述為：一個與外界沒有電荷交換的系統，電荷的代數和總量保持不變。</p>	<p>請舉出你所知的靜電現象。</p>	<p>本節課總結</p> <p>(一)兩種起電方式及電荷守恆定律 (1)摩擦起電 (2)感應起電</p> <p>(二)電荷之間的相互作用 同種電荷相互排斥，異種電荷相互吸引。</p> <p>(三)帶電體的特性 帶電體有吸引輕小物體的特性。 (四)常見的靜電現象</p>	

2.重點探究：§1.1 電荷及其守恆定律（第二課時）



2017/2018
參選編號: C051



【解析】 兩物接觸後使電子由物A向物B的轉移力大小，A物由於接觸起電的實質是電子的得失，所以兩物接觸電量一定不變，數量相等。B錯誤，C對；由圖中則不能看出某一物與不同個物接觸後，帶電量可能不同，D正確。

【答案】 CD

2. (多選)如圖 1-1-2 所示，將用絕緣線懸掛的等質量的兩個帶電小球，開始時兩球懸線互相垂直且與地垂直，下列說法正確的是 ()

【解析】 兩球懸掛絕緣線時，最重處上的電子轉移的數量，而使球帶等負電，A 錯誤；懸掛線與絕緣線時，發生感應起電，甲球帶正電，乙球帶負電；移走線後，兩球上的電荷中和，都不帶電，絕緣線兩球再移走後，兩球上的電荷不能中和，甲、乙兩球仍帶電，故 B、C 正確；懸掛線與絕緣線接觸，這些懸掛線，兩球都帶上等量電，分兩段線，甲球帶負電，D 錯誤。

【答案】 BC

A. 絕緣線與絕緣線接觸時，懸掛線上的正電荷將移動到乙球
B. 懸掛線與絕緣線、甲球帶正電、乙球帶負電、移走絕緣線、兩球都不帶電
C. 懸掛線與絕緣線、甲球帶正電、乙球帶負電、分兩段再將絕緣線懸掛，甲球帶正電、乙球帶負電
D. 懸掛線與絕緣線一下移開，再分兩段，甲球帶負電、乙球帶正電

【解析】 懸掛線與絕緣線接觸，最重處上的電子轉移的數量，而使球帶等負電，A 錯誤；懸掛線與絕緣線時，發生感應起電，甲球帶正電，乙球帶負電；移走線後，兩球上的電荷中和，都不帶電，絕緣線兩球再移走後，兩球上的電荷不能中和，甲、乙兩球仍帶電，故 B、C 正確；懸掛線與絕緣線接觸，這些懸掛線，兩球都帶上等量電，分兩段線，甲球帶負電，D 錯誤。

【答案】 BC

名師精評

感應起電的特點

(1) 絕緣體間：兩物接觸絕緣不帶電的物體時，會在靠近物體的一側或處出與帶電物體相反的電荷，遠離物體處出與帶電物體相同的電荷。
(2) 導體間：兩物接觸絕緣不帶電的物體(絕緣或不帶電的相互接觸的物體)時，會在絕緣不帶電的物體兩端或絕緣不帶電的相互接觸的物體上感應出等量異性的電荷。

知識點 電荷守恒定律及元電荷

基礎初探

【先導】

1. 電荷守恒定律
(1) 實質：電荷既不會產生，也不會消失，它只能從一個物體轉移到另一物體或從物體的一部分轉移到另一部分，在轉移過程中，電荷的總量保持不變。
(2) 電荷守恒定律的另一表述：一個與外界沒有電荷交換的系統，電荷的總量保持不變。

2. 元電荷

(1) 電荷量：
在表示正負的多少，其單位是“庫倫”，簡稱“庫”，用 C 表示。

(2) 元電荷：
① 最小的電荷量叫做“元電荷”，用 e 表示，則 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。
② 元電荷的兩極值：A. 電荷量不能連續變化，因為最小的電荷量為 $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ ；自然界中帶電體的電荷量都是元電荷 e 的整數倍；B. 質子及電子所帶電荷量的絕對值與元電荷相等，但不能說它們是元電荷。

3. 比例

比例與電荷量與質量的比，電子的比例為 $\frac{e}{m_e} = 1.76 \times 10^{18} \text{ C/kg}$

【解析】

1. 元電荷沒有正負之分。(√)
2. 元電荷實質上是指質子和電子本身。(×)
3. 一個帶正電的物體與一個不帶電的物體接觸，帶正電的物體將減少電荷與帶正電的物體的一部分電荷轉移到不帶電的物體中。(×)

【新題考】

感應起電與感應起電有什麼不同？本質相同嗎？

【提示】 感應起電發生於兩個絕緣體間，與電子的轉移有關，而電荷的實質是：感應起電是帶有帶電體靠近時，物體內的自由電子在靜電力的作用下發生轉移，使物體電荷在物體上重新分配，感應起電時電荷一定不能與物體接觸，而感應起電方式的實質相同，都是電荷發生轉移的結果，都符合電荷守恒定律。

核心突破

【典例】

如圖 1-1-4 所示，系有等量異種電荷的相同的金屬球 A 和 B。

探討 1：兩金屬球接觸後，電荷發生了怎樣的變化？

【提示】 金屬球 B 中的電子移向金屬球 A，中和了金屬球 A 上的正電荷，探討 2：兩球接觸後發生了電荷的中和，是電荷消失了嗎？

【提示】 不是，電荷中和時，電荷並沒有消失，只是正、負電荷數量相等，對外不顯電性。

【核心點】

1. 物體帶電的實質：物體帶電不是創造了電荷，物體不帶電也不是消滅了電荷，物體帶電的實質是電荷發生了轉移，也就是物體內部電荷的重新分配，舉例起電、感應起電和摩擦起電，均符合電荷守恒定律。
2. “中性”與“中和”的區別：
(1) 中性：物體內部電荷存在(但正、負電荷的總量相等)，對外不顯電性。
(2) 中和：兩個帶等量異種電荷的物體接觸發生電荷中性的過程。
3. 中性的廣泛性：電荷守恒定律可能發生於任何地方，即在自然界中最高準的規律，任何電荷系統都不違背電荷守恒定律。

4. 兩個完全相同的物體的電荷分配規律：

(1) 兩個完全相同的物體，一個帶電，另一個不帶電，當兩個物體接觸後再分開時，用物體所帶的電荷量相等，即平均分配電荷量的一半。
(2) 兩個完全相同的物體，都帶有一定量的電荷，若將帶電體的電荷量分別為 Q_1 、 Q_2 ，則它們接觸後再分開時將有 $\frac{Q_1+Q_2}{2}$ 的電荷量，其中電荷量 Q_1 、 Q_2 均在它們的正負號，如圖 1-1-5 所示。

題組沖關

3. 探測器對物體：知到這球是我們每個公民的責任與義務，這球探測器對我們的學習效率和給我們的學習帶來便利，小華有一次不小心購買了這球的地盤會帶電，他發現時，他發現有一個問題他不知道，家鄉電網，如果你是老師，你認為可能有下列幾個說法中的 ()

A. $6.2 \times 10^{-18} \text{ C}$ B. $6.4 \times 10^{-19} \text{ C}$
C. $6.6 \times 10^{-18} \text{ C}$ D. $6.8 \times 10^{-18} \text{ C}$

【解析】 電荷量必須是元電荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 的整數倍， $6.4 \times 10^{-19} \text{ C}$ 是 e 的 4 倍，故電荷量的整數倍可能是 B 項。

【答案】 B

4. 兩個相同的金屬小球 A、B 帶有相等的電荷量，且電性相同，相隔一定距離，現將第三個與 A、B 完全相同的帶電小球 C 先與 A、B 球接觸後移開，求接觸後 A、B 兩球的電荷量之比是 ()

A. 1:3 B. 3:1
C. 2:3 D. 3:2

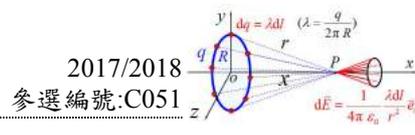
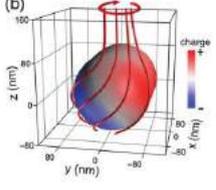
【解析】 設 A、B 球的電荷量均為 q，則 A、C 接觸後 A 球的電荷量為 $\frac{q}{2}$ ，C 球的電荷量為 $\frac{q}{2}$ ，C 球與 B 球接觸後，電荷量重新分配，則 B 上的電荷量為 $\frac{q+\frac{q}{2}}{2} = \frac{3q}{4}$ ，所以接觸後 A、B 兩球的電荷量之比為 $\frac{q}{2} : \frac{3q}{4}$ ，即 2:3，C 正確。

【答案】 C

名師精評

電荷的分配規律

(1) 兩個大小完全相同的帶同種電荷的金屬球接觸時，電荷平均分配。
(2) 兩個大小完全相同的帶異種電荷的金屬球接觸時，電荷先中和，剩餘電荷再平分。
(3) 兩個大小、形狀完全相同的非球形帶電金屬球接觸時，也符合上述規律。



2017/2018
參選編號: C051

教學主題二：庫倫力--§1.2 庫倫定律

1. 新課教學：§1.2 庫倫定律（第一課時）

§ 1.2 庫倫定律 (第一課時)

同種電荷相互排斥
異種電荷相互吸引

既然電荷之間存在相互作用，那麼電荷之間相互作用力的大小決定於那些因素呢？

猜想

探究影響電荷間相互作用力的因素

實驗表明：電荷之間的作用力 **遠示**

- (1) 隨電荷量的增大而增大
- (2) 隨距離的增大而減少

進一步猜想

進一步猜想：

如果以電荷量代替物體的品質，電荷之間相互作用力大小與電荷量的乘積成正比，與它們之間距離的平方成反比，即 $F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 。

實驗探究

扭秤實驗

庫倫的實驗

實驗裝置：**庫倫扭秤**

(1738-1806)

扭秤實驗原理

庫倫的實驗

研究方法：**控制變數法**

- 1、保持兩球上的電量不變，改變兩球之間的距離 r ，從實驗結果中得出靜電力與距離的平方成反比，即 $F \propto 1/r^2$
- 2、保持兩球間的距離不變，改變兩球的帶電量，從實驗中得出靜電力與電量的乘積成正比，即 $F \propto q_1 q_2$

庫倫定律

真空中兩個靜止點電荷之間的相互作用力，與它們的電荷量的乘積成正比，與它們的距離的二次方成反比，作用力的方向在它們的連線線上。

公式表示： $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$

- ① k 叫靜電力常量，實驗測得 $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$
- ② 適用範圍：1. 真空中； 2. 靜止的點電荷。
- ③ 電荷間相互作用力叫做靜電力或庫倫力

點電荷

- 1、在研究帶電體間的相互作用時，如果帶電體本身的線度遠小於它們之間的距離。帶電體本身的大小，對我們所討論的問題影響甚小，相對於說可把帶電體視為一幾何點，並稱它為點電荷。
- 2、點電荷是實際帶電體在一定條件下的抽象，是為了簡化某些問題的討論而引進的一個理想化的模型。
- 3、點電荷本身的線度不一定很小，它所帶的電量也可以很大。點電荷這個概念與力學中的“質點”類似。

課堂訓練

1、關於點電荷的下列說法中正確的是：

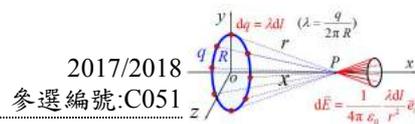
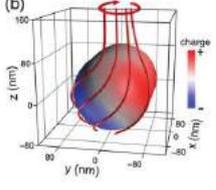
- A. 真正的點電荷是不存在的。
- B. 點電荷是一種理想模型。
- C. 足夠小的電荷就是點電荷。
- D. 一個帶電體能否看成點電荷，不是看它的尺寸大小，而是看它的形狀和大小對所研究的問題的影響是否可以忽略不計。

A B D

課堂訓練

2、下列說法中正確的是 (D)

- A. 點電荷就是體積很小的電荷。
- B. 點電荷就是體積和帶電量都很小的帶電體。
- C. 根據 $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ 可知，當 $r \rightarrow 0$ 時， $F \rightarrow \infty$
- D. 靜電力常量的數值是由實驗得到的。



2017/2018
參選編號: C051

例題1 已知氫核(質子)的質量是 1.67×10^{-27} kg, 電子的質量是 9.1×10^{-31} kg, 在氫原子內它們之間的最短距離為 5.3×10^{-11} m, 試比較氫核與核外電子之間的庫倫力和萬有引力。

解 氫核與電子所帶的電荷量都是 1.6×10^{-19} C,
 $F_{e1} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = (9.0 \times 10^9) \times \frac{(1.6 \times 10^{-19}) \times (1.6 \times 10^{-19})}{(5.3 \times 10^{-11})^2} \text{ N}$
 $= 8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$
 $F_{g1} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = (6.7 \times 10^{-11}) \times \frac{(1.67 \times 10^{-27}) \times (9.1 \times 10^{-31})}{(5.3 \times 10^{-11})^2} \text{ N}$
 $= 3.6 \times 10^{-47} \text{ N}$
 $\frac{F_{e1}}{F_{g1}} = 2.3 \times 10^{39}$

從例題可以看出: 電子和質子的靜電力是它們間萬有引力的 2.3×10^{39} 倍, 正因此, 以後在研究帶電微粒間相互作用時, 經常忽略萬有引力。

例題2 真空中有三個點電荷, 它們固定在邊長 50 cm 的等邊三角形的三個頂點上, 每個點電荷都是 $+2 \times 10^{-6}$ C, 求它們所受的庫倫力。

解 根據題意(圖 1.2-3), 每個點電荷受到其他兩個點電荷的斥力, 情況相同, 只要求出一個點電荷(例 q_3) 所受的力即可。
 q_3 所受 F_1 和 F_2 兩個力的距離, $q_1 = q_2 = q_3 = q$, 相互距離 r 均相同, 則
 $F_1 = F_2 = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{9.0 \times 10^9 \times (2 \times 10^{-6})^2}{(0.5)^2} \text{ N} = 0.144 \text{ N}$
 根據平行四邊形定則, 合力為
 $F = 2F_1 \cos 30^\circ = 0.25 \text{ N}$
 合力的方向沿 q_3 與 q_1 連線的垂直平分線向外。

實驗表明: 兩個點電荷之間的作用力不因第三個點電荷的存在而有所改變。因此兩個或兩個以上對某一個電荷的作用力, 等於各點電荷單獨對這個電荷的作用力的向量和; 庫倫定律給出的雖然是點電荷間的靜電力, 但是, 任一帶電體都可以看成是由許多點電荷組成的。所以, 如果知道帶電體上的電荷分佈, 根據庫倫定律和力的合成法則, 就可以求出帶電體間的靜電力的大小和方向。因而庫倫定律是電磁學的基本定律之一, 具有普遍意義。

小 結

1、內容: 真空中兩個點電荷之間相互作用力的電力, 跟它們的電荷量的乘積成正比, 跟它們的距離的二次方成反比, 作用力的方向沿它們的連線上。
 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$
 $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

3、適用條件: (1) 真空 (2) 點電荷

4、點電荷: 是一種理想模型, 當帶電體的線度比起相互作用的距離小很多時, 帶電體可視為點電荷。

課堂訓練

3、三個相同的金屬小球 a、b 和 c, 原來 c 不帶電, 而 a 和 b 帶等量異種電荷, 相隔一定距離放置, a、b 之間的靜電力為 F。現將 c 球分別與 a、b 接觸後拿開, 則 a、b 之間的靜電力將變為 (C)。

A. F/2 B. F/4
C. F/8 D. 3F/8

課堂訓練

4、兩個半徑為 0.3m 的金屬球, 球心相距 1.0m 放置, 當他們都帶 1.5×10^{-6} C 的正電時, 相互作用力為 F_1 , 當它們分別帶 $+1.5 \times 10^{-6}$ C 和 -1.5×10^{-6} C 的電量時, 相互作用力為 F_2 , 則 (B)

A. $F_1 = F_2$ B. $F_1 < F_2$
C. $F_1 > F_2$ D. 無法判斷

2. 重點探究: §1.2 庫倫定律 (第二課時)

重點探究: §1.2 庫倫定律 (第二課時)

學習目標

學習目標	知識歸納
1. 知道點電荷的概念, 明確實際帶電體可視為點電荷的條件。(重點)	點電荷: 一種理想模型, 當帶電體的線度比起相互作用的距離小很多時, 帶電體可視為點電荷。
2. 理解庫倫定律的內容及公式, 並能明確地描述它的宏觀規律和適用條件。(重點)	庫倫定律: 真空中兩個點電荷之間相互作用力的電力, 跟它們的電荷量的乘積成正比, 跟它們的距離的二次方成反比, 作用力的方向沿它們的連線上。
3. 瞭解庫倫定律實驗, 知道靜電力常量。	靜電力常量: $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

知識點 點電荷

例題 1

1、概念: 當帶電體的 **線度** 比它自身尺寸 **大** 得多, 以取帶電體的 **大小**、**形狀** 等因素分別研究它們之間的作用力的影響可以 **忽略** 時, 這樣的帶電體就可以看做點電荷。

2、點電荷是一種理想化的物理模型。

例題 2

1、點電荷是一個帶有電量的幾何點, 它是實際帶電體的特徵, 是一種理想化模型。(✓)

2、球形帶電體一定可以看做點電荷。(×)

3、很大的帶電體也有可能看做點電荷。(✓)

例題 3

點電荷就是體積很小的帶電體, 這個說法對嗎? 為什麼?
提示: 不對, 體積很小的帶電體也不一定能夠看做點電荷。

核心突破

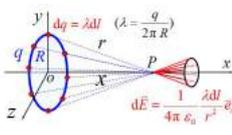
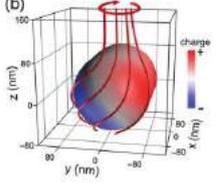
例題 1

如圖 1-2-1 所示, 兩金屬球均帶正電, 半徑為 r, 將金屬球放在絕緣支架上, 兩球表面最近距離為 r。

例題 2

探討 1: 當計算兩球之間的相互作用力大小, 可否將兩球看做點電荷?
提示: 可以。

探討 2: 當兩球帶等量異種電荷, 計算兩球之間的相互作用力時, 可否將兩球看做點電荷?
提示: 不能。



【核心点讲】

1. 带电体在物理模型

只有电荷量、没有大小、形状的几何化模型，类似于力学中的质点，实际中是不存在。

2. 带电体看成点电荷的条件

如果带电体的距离比它们自身的大小大得多，以至于带电体的形状和大小对相互作用力的影响很小，就可以忽略形状、大小等次要因素，只保留对相互作用力的电荷量，带电体就能看成点电荷。

3. 注意区分点电荷和元电荷

(1)元电荷是指最小的电荷量，其数值等于一个电子或一个质子所带电荷量的绝对值。

(2)点电荷只是不考虑带电体的大小和形状，是带电体的一种，其带电体量可以很大也可以很小，但它一定是电荷量的整数倍。

◇ 题组闯关 ◇

1. 下列關於點電荷的說法中，正確的是()

A. 只有電荷量很小的帶電體才能看成點電荷

B. 體積很大的帶電體一定不能看成點電荷

C. 當兩個帶電體的大小小到它們之間的距離時，可將這兩個帶電體看成點電荷

D. 一切帶電體都可以看成點電荷

【解析】 能否把一個帶電體看成點電荷，不能以它的體積大小或帶電量多少為準，應該根據具體情況而定。若它的體積和形狀可不予考慮時，就可以將其看成點電荷。故選 C。

【答案】 C

2. 下列哪些帶電體可視為點電荷()

A. 電子和質子在任何情況下都可視為點電荷

B. 在計算帶電力時均勻帶電的細絲球體可視為點電荷

C. 帶電的細杆在一定條件下可以視為點電荷

D. 帶電的金線球一定不能視為點電荷

【解析】 電子和質子在研究的範圍非常小，可以與它的大小量不計，不能看成點電荷。故 A 錯誤；在計算帶電力時均勻帶電的細絲球體在一定的條件下可視為點電荷。故 B 錯誤；帶電的細杆在立的大小相比與研究的範圍來說可以忽略不計時，可以視為點電荷。故 C 正確；帶電的金線球在立的大小相比與研究的範圍來說可以忽略不計時，可以視為點電荷。故 D 錯誤。

【答案】 C

名师指津

有關點電荷概念的兩點提醒

(1)將電體看成點電荷，不取決於帶電體的大小，而取決於它們的大小、形狀與距離相比各何種。

(2)同一帶電體，在不同問題中有時可以看成點電荷，有時不能看成點電荷。

知识点 2 庫侖定律及庫侖的實驗

◇ 基礎初探 ◇

【先導】

1. 探究影響電荷間相互作用力的因素

(1)實驗器材：如圖 1-2-2 所示，小球 A 受 Q 的斥力，絲綫偏轉， $F = \frac{mg \tan \theta}{\cos \theta}$ 。

θ 變大， F 變小， F 變大。

圖 1-2-2

(2)實驗現象：

①小球帶電荷量不變時，扭線帶電荷量變大，絲綫偏轉至垂直方向的角度變大。

②小球處於同一位置時，小球的帶電荷量變大，絲綫偏轉至垂直方向的角度變大。

(3)實驗結論：電荷之間的作用力隨帶電荷量的增大而變大，隨距離的增大而變小。

2. 庫侖定律

(1)內容：真空中兩個靜止點電荷之間的作用力，與它們的帶電量的乘積成正比，與它們的距離的二次方成反比，作用力的方向在它們的連線上。

(2)公式： $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ ， k 叫庫侖力常量。

(3)適用條件：真空中靜止點電荷。

(4)庫侖扭秤實驗測得庫侖力常量 $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 。

3. 庫侖的實驗

(1)實驗裝置：

庫侖實驗用的裝置叫做庫侖扭秤。如圖 1-2-3 所示，扭秤的頂端懸掛一根細絲，絲的一端是一個帶電的金線小球 A，另一端是一個不帶電的絲 B，B 與 A 所受的重力平衡。當把另一個帶電的金線球 C 移入並使它靠近 A 時，A 和 C 之間的作用力使絲線扭轉，通過熟練的觀察，可以比較力的大小。

(2)實驗步驟：

①改變 A 和 C 之間的距離，記錄每次扭秤偏轉的角度，便可找出力 F 與 r 的關係。

②改變 A 和 C 的帶電量，記錄每次扭秤偏轉的角度，便可找出力 F 與 $q_1 q_2$ 之間的關係。

圖 1-2-3

(3)實驗結論：

①力 F 與距離 r 的二次方成反比，即 $F \propto \frac{1}{r^2}$ 。

②力 F 與 q_1 和 q_2 的乘積成正比，即 $F \propto q_1 q_2$ 。

所以 $F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 或 $F = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$ 。

4. 靜電力量的原理

(1)兩個點電荷間的作用力是靜力。(選填“會”或“不會”)因為第三個點電荷的存在而有所改變。

(2)兩個或兩個以上點電荷對某一個點電荷的作用力等於各點電荷單獨對這個點電荷的作用力的矢量和。

【再討論】

1. 實驗中電荷之間作用力的大小是通過絲綫偏轉至垂直方向的角度顯示的。(√)

2. 根據庫侖定律，只有兩個點電荷相等時，它們間的靜電力才相等。(×)

3. 庫侖定律只適用於計算真空中兩個點電荷之間的作用力。(√)

【易混】

1. 兩個點電荷間的距離非常小時，靜電力是否會變大？

【提示】 當 $r \rightarrow 0$ 時，兩球不能看成點電荷，庫侖定律不再適用，即 $r \rightarrow 0$ 時 F 不為無窮大。

2. 當兩帶電體相距很近時， $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 不再適用，是否意味著兩球間不存在靜電力的作用？

【提示】 當 r 很小時，不能用庫侖定律計算靜電力的大小，但二者間仍存在靜電力。

◇ 核心突破 ◇

【合作探討】

如圖 1-2-4 所示，兩帶電量相等的小球相距為 r ，兩金屬球的半徑均為 R ，且 $r > R$ 。

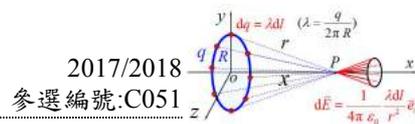
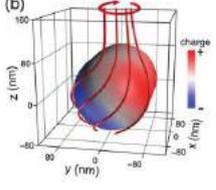
圖 1-2-4

探討 1: 若兩球帶有異種電荷，兩球間的靜電力 F 與 $k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 的大小關係如何？

【提示】 $F > k \frac{q_1 q_2}{r^2}$

探討 2: 若兩球帶有同種電荷，兩球間的靜電力 F 與 $k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 的大小關係如何？

【提示】 $F < k \frac{q_1 q_2}{r^2}$



2017/2018
參選編號: C051

【核心思考】

1. 庫侖定律的應用對象

(1) 庫侖定律只適用於計算真空中兩個點電荷間的相互作用力！真空中兩個電荷間的相互作用力也可以近似用庫侖定律計算。

(2) 兩個規則的均勻帶電球體，相距比較遠時，可以看成點電荷，此種用庫侖定律，二者間的距離就是球心間的距離。

2. 應用庫侖定律求解靜電力的問題

(1) 應用庫侖定律公式計算靜電力時不必將電荷性質的正、負號代入公式中，只將各電荷量的絕對值代入公式中算出力的大小，力的方向根據同種電荷相排斥，異種電荷相吸引的原則判斷即可。

(2) 給物體量要統一用國際單位，只有採用國際單位時，k的單位是 $9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ 。

3. 靜電力的疊加

(1) 對於三個或三個以上的點電荷，其中每一個點電荷所受的靜電力，等於其他所有點電荷單獨對它作用產生的靜電力的矢量和。

(2) 兩個間的單獨作用符合庫侖定律，求各靜電力的向量和時應利用平行四邊形定則。

◇ 題組沖關 ◇

3. 半徑相同的兩個金屬球 A、B 可以看成點電荷時有相等的電荷量，相隔一定距離，兩球之間的相互吸引力的大小是 F。今讓半徑相同的不帶電的金屬小球先接觸 A、B 兩球接觸後分開，這時 A、B 兩球之間的相互作用力的大小是 ()

A. $\frac{F}{4}$ B. $\frac{F}{2}$

C. $\frac{3F}{4}$ D. $\frac{3F}{2}$

【解析】 兩球相互接觸，則兩球帶同種電荷，設電荷量分別為 q，假設 A 球帶正電，當第三個不帶電的小球 C 與 A 球接觸後，A、C 兩球帶的電荷量平分，每球帶電荷量為 $\frac{q}{2}$ ，當再把 C 球與 B 球接觸後，兩球的電荷量平分，每球的電荷量為 $\frac{q}{4}$ ，由庫侖定律 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 可知，當替換 C 球後，由於 r 不變，所以 A、B 兩球之間的相互作用力的大小為 $F_1 = \frac{F}{16}$ ，故正確答案為 A。

【答案】 A

4. 如圖 12-5 所示，有三個點電荷 A、B、C 位於一個等邊三角形的三個頂點上，已知：三角形邊長為 1 cm，B、C 電荷量為 $q_B = q_C = 1 \times 10^{-6} \text{ C}$ ，A 電荷量為 $q_A = -2 \times 10^{-6} \text{ C}$ ，A 所受 B、C 兩電荷間的靜電力的合力 F 的大小和方向為 ()

圖 12-5

A. 180 N ，沿 AB 方向

B. $180\sqrt{3} \text{ N}$ ，沿 AC 方向

C. 180 N ，沿 $\angle BAC$ 的角平分線

D. $180\sqrt{3} \text{ N}$ ，沿 $\angle BAC$ 的角平分線

【解析】 $q_B、q_C$ 電荷對 q_A 帶電金屬球的靜電力大小相等，故：

$$F = F_1 = F_2 = \frac{k q_1 q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{0.01^2} \text{ N} = 180 \text{ N}$$

兩靜電力，夾角為 60° ，故合力為：

$$F = 2F \cos 30^\circ = 2 \times 180 \text{ N} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 180\sqrt{3} \text{ N}$$

方向沿 $\angle BAC$ 的角平分線

故選 D。

【答案】 D

名師精評

計算靜電力的基本步驟

- (1) 明確研究对象 $q_1、q_2$ ，特別是電性和電荷量的變換。
- (2) 明確 $q_1、q_2$ 之間的距離 r。
- (3) 根據庫侖定律 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 列之。
- (4) 根據各種電荷相互作用，具體電荷根據推力的方向。

教學主題三：電場--§1.3 電場強度

1. 新課教學：§1.3 電場強度（第一課時）

§ 1.3 電場強度

(第一課時)

復習提問:

1. 什麼是點電荷？
帶電體間距離遠大於物體本身線度
電荷均勻分佈的球體

2. 電荷之間的相互作用有什麼規律？
在真空中兩靜止點電荷的作用力跟它們的電量乘積成正比，跟它們的距離的平方成反比，作用力的方向在它們的連線線上。

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

庫侖力與平時遇到的彈力、摩擦力有沒有區別？與我們學過的哪些力有點類似？

重力、磁極間的相互作用力 \longleftrightarrow 非接觸力

問題 1: 像這樣的力是怎麼產生的呢？

1837 年英國物理學家 **法拉第** 提出電荷周圍存在 **電場**，電場的基本性質是，它對放入的電荷產生力的作用。

法拉第 (Michael Faraday, 1791—1867)，英國物理學家、化學家。

電磁場 磁場—兩個磁極之間的相互作用是通過磁場來傳遞的
電場—兩個電荷之間的相互作用是通過電場來傳遞的

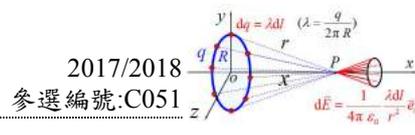
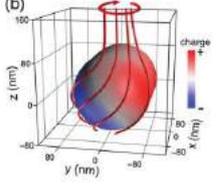
A 受到的力是 B 產生的電場對 A 的作用力 B 受到的力是 A 產生的電場對 B 的作用力

靜止電荷所產生的電場--- 靜電場

電場

1. 定義：電荷周圍存在的能對其他電荷產生力作用的一種物質
2. 基本性質：對放入其中的電荷有力的作用，這種力叫**電場力**。

電場看不見，又摸不著，我們怎樣去描述其是否存在及其強弱呢？



2017/2018
參選編號: C051

例題1: 怎樣才能知道磁場的存在呢?

初中是怎麼感受磁場的存在呢? 類比

在電場中放入一個帶電小球檢驗電場的存在與強弱, 我們把它稱為**試探電荷** (檢驗電荷) 而產生電場的那個電荷稱為**場源電荷** (源電荷)

檢驗電荷: 電量很小 (不影響源電荷的電場); 體積很小 (可以當作質點) 的電荷。

猜想: 能否用電場力的大小表示電場的強弱?

不同的電荷 q 在電場的一點所受的電場力 F 是否相同?

顯然, 不同的電荷在電場中同一點所受的電場力不同, 但電場中同一點的電場顯然又是一定的, 因此不能用電場力的大小來表示電場的強弱。

電荷 q 在距 Q 較遠的 B 點, 受到的電場力小。

電荷 q 在距 Q 較近的 A 點, 受到的電場力大。

同一試探電荷 q 在電場中的不同點受到的電場力的大小是否相同?

實驗發現:

1. 電場中的**同一點**, 不同電荷所受電力不同, 比值 F/q 是一定的。
2. 電場中**不同的點**, 同一電荷所受電力也不同, 比值 F/q 一般是不同的。

結論: F/q 能反映電場中某點電場力的性質——**電場的強弱**。

電場強度

1. 定義: 放入電場中某一點的電荷受到的電場力跟它的電量的比值叫該點的**電場強度**, 簡稱**場強**。
2. 公式: $E = \frac{F}{q}$
 - F — 電場力 國際單位: 牛 (N)
 - q — 電量 國際單位: 庫 (C)
 - E — 電場強度 國際單位: 牛/庫 (N/C)
3. 向理性: 規定場強方向為**正電荷**在該點所受電場力方向, 跟負電荷在該點所受電場力 F 的方向相反。
4. 物理意義: 反應電場本身的性質, 體現電場的強弱與方向

$F = Eq$ E 的大小與方向與檢驗電荷有沒有關係?

電場強度既有大小又有方向

物理學中規定: 電場中某點的場強方向跟正電荷在該點所受的電場力方向相同。

根據規定: 負電荷在電場中某點受到的電場力的方向跟該點的場強方向相反。

例題2: 如何計算點電荷的電場強度呢?

該點的場強為 $E = k \frac{Q}{r^2}$

Q 是場源電荷的電量, r 是場中某點到場源電荷的距離。

利用**庫侖定律**和**電場強度**定義, 推導點電荷周圍某點的電場強度

點電荷的電場

- (1) 決定式: $E = k \frac{Q}{r^2}$ Q : 場源電荷 r : 電場中點到 Q 的距離
- (2) 適用條件: 只適用於真空中點電荷
- (3) 方向:
 - 正電荷 —— 背離源電荷
 - 負電荷 —— 指向源電荷

(4) 區別

$E = F/q$	$E = k \frac{Q}{r^2}$
定義式	決定式
任何電場	真空中點電荷電場

例題3: 如果我們知道電場中某一點的場強, 如何求電場中某點的合場強?

將試探電荷放入兩個點電荷產生的場中

結論: 真空中多個點電荷在某點產生的**合場強**等於各個點電荷在該點各自產生的場強的**向量和**。這就是**場強疊加原理**。

例題4: 電場線是怎麼一回事, 我們能不能用什麼方法描述電場呢?

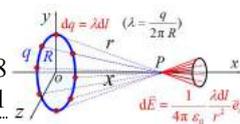
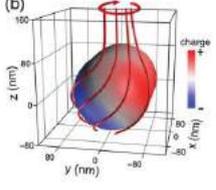
類比磁感線是如何表示磁場的呢?

例5: 電場線

電場線是畫在電場中的一條條有方向的曲線。曲線上每點的切線方向表示該點的電場強度方向。曲線的疏密程度表示場的強弱。

幾種特殊電場的電場線分佈

(一) 點電荷的電場線分佈



(二) 等量異種電荷電場線分佈

(三) 等量同種電荷電場線分佈

總結

1. 電場線起於正電荷止於負電荷, 電場線不閉合. 對於單個點電荷, 正電荷, 電場線指向無限遠, 負電荷, 電場線電場線從無限遠指向負電荷.
2. 電場線不能相交. (因為在電場中的任一點處只有一個電場強度, 方向唯一, 如相交則該處出現兩個場強方向, 所以不能相交)
3. 電場線不能相切. (原因: 電場線疏密表示強弱, 如相切則在切點電場線密度無窮大, 這種情況不可能, 所以不會相切)
4. 在同一幅圖中, 電場強度較大的地方電場線較密, 電場強度較小的地方電場線較疏, 因此可以用電場線的疏密來表示電場強度的相對大小.

說明

1. 電場線不是電場中實際存在的曲線, 是為了形象地描述電場性質而引入假想的線.
2. 我們畫的是幾種典型電場的電場線平面分佈圖, 實際上是空間立體分佈的.
3. 電場線上某點的切線方向是那點的電場強度方向, 是放在那點檢驗電荷 +q 的受力方向, 也是檢驗電荷 +q 在那裏所獲得的加速度方向, 但電場線不一定是檢驗電荷的運動軌跡!

討論: 電場線上某點的切線方向是那點的電場強度方向嗎? 是放在那點檢驗電荷 +q 的受力方向嗎? 是檢驗電荷 +q 在那裏所獲得的加速度方向嗎? 電場線一定是檢驗電荷的運動軌跡嗎?

勻強電場

1. 電場中各點電場強度的大小相等, 方向相同. 這個電場叫做勻強電場.
2. 勻強電場的電場線是間隔相等的平行線.
3. 相距很近帶有等量異種電荷的一對平行金屬板間的電場(忽略邊緣)可以看做勻強電場.

例題精選

例1. 電場中有一點P, 下列說法正確的是 (C)

- A. 若放在P點的電荷量減半, 則P點的場強減半.
- B. 若P點沒有放電荷, 則P點場強為0.
- C. P點場強越大, 則同一電荷在P點受到的電場力越大.
- D. P點的場強方向為放在該點的電荷的受力方向.

例題精選

例2. 如圖, 在真空中有兩個點電荷 $Q_1 = 3.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ 和 $Q_2 = -3.0 \times 10^{-6} \text{ C}$, 它們相距 0.1 m . 求電場中A點的場強. A點與兩個點電荷的距離相等, $r = 0.1 \text{ m}$.

解: 點電荷 Q_1 和 Q_2 的電場在A點的場強分別為 E_1 和 E_2 , 它們大小相等, 方向如圖中所示. 合場強 E 在 E_1 和 E_2 的夾角的平分線上, 此平分線與 Q_1 和 Q_2 的連線平行.

合場強 E 的大小為

$$E = E_1 \cos 60^\circ + E_2 \cos 60^\circ$$

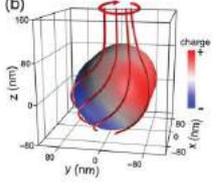
$$= 2E_1 \cos 60^\circ = \frac{2kQ_1}{r^2} \cos 60^\circ$$

代入數值得: $E = 2.7 \times 10^4 \text{ N/C}$

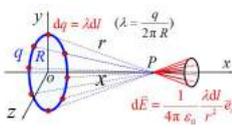
課堂小結

1. 電場
 - (1) 產生: 帶電體在其周圍空間產生電場
 - (2) 性質: 電場對處在場中的電荷有電場力的作用。
2. 電場強度: $E = \frac{F}{q}$
 - (1) 定義: 大小: $E = \frac{F}{q}$
方向: 與正電荷在該點受電場力方向相同
 - (2) 物理意義: 表示電場的強弱。
 - (3) 注意點: 電場中某一點的場強與檢驗電荷無關。
 - (4) 真空中點電荷的場強公式
3. 場強的疊加: 向理求和
4. 電場線: 假想的曲線
5. 勻強電場: 電場強度大小相等、方向相同

作業: P14問題與練習 1. 2.



2017/2018
參選編號: C051



2. 重點探究：§1.3 電場強度 (第二、三課時)

重點探究：§1.3 電場強度 (第二、三課時)

學習目標

1. 知道電場是電荷周圍存在的一種特殊物質。
2. 理解電場強度的定義及物理意義，知道它的向量性。(重點)
3. 會推導點電荷電場強度的計算式並能進行相關的計算。
4. 知道電場強度的疊加原理，會應用該原理進行簡單計算。(難點)
5. 理解電場強度的概念、特點，瞭解常見的電場強度的分佈，知道什麼是勻強電場。(難點)

相關知識

- 電場
- 電場線
- 電場強度
- 電場力的計算
- 電場能的計算
- 電場能的計算
- 電場能的計算
- 電場能的計算

知識點 電場和電場強度

基礎初探

1. 電場
- (1) 概念：存在於電荷周圍的一種特殊物質，場與物質是物質存在的兩種不同形式。
- (2) 性質：對放入其中的電荷有力的作用，電場力通過電場發生相互作用。
- (3) 靜電場：靜止的電荷產生的電場。

再思考

1. 電場是不見，摸不著，因此電場實際不存在。(X)
2. 根據 $E = \frac{F}{q}$ ，由於 q 有正負，故電場中某點的場強有兩個方向。(X)
3. 據公式 $E = \frac{F}{q}$ 可計算場強大小，但場強由場源決定，與 F 、 q 大小無關。(V)

核心突破

合作探討

在空間中有一電場，把一帶電量為 q 的試驗電荷放在電場中的 A 點所受的電場力為 F 。

探討 1：電場中 A 點的電場強度 E_A 為多大？

【提示】 $E_A = \frac{F}{q}$

探討 2：將電量為 $2q$ 的試驗電荷放在電場中的 A 點所受的電場力為多大？此時 A 點的場強 E_A' 為多大？

【提示】 $2F$ $\frac{F}{q}$

核心感悟

1. 試驗電荷與場源電荷的比較

	電荷	大小要求
試驗電荷	有源試驗電荷是否存在及其大小和電荷量必須充分小，放入後不影響原電荷的電場	尺寸和電荷量必須充分小，放入後，不影響原電荷
場源電荷	產生電場的電荷	無要求，可大可小

題組沖關

1. 由場強度的定義式 $E = \frac{F}{q}$ 可知，在電場中的同一點()
 - A. 電場強度 E 跟 F 成正比，跟 q 成反比
 - B. 試驗電荷的試驗電荷所受的電場力如何變化， $\frac{F}{q}$ 始終不變
 - C. 電場中某點的場強為零，放入試驗的電荷受到的靜電力不一定為零
 - D. 試驗電荷在該點受到的靜電力的方向就是該點的場強度的方向

【解析】 電場中某點場強 E 是場源電荷和位置有關，與有無試驗電荷無關，其方向是正電荷在該點的受力方向，故 B 正確。
【答案】 B

知識點 點電荷的電場，電場的疊加

基礎初探

再思考

1. 真空中點電荷的場強
 - (1) 大小： $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$
 - (2) 方向： Q 為正電荷時，在電場中的某點 P， E 的方向由 Q 指向 P； Q 為負電荷時， E 的方向由 P 指向 Q。

【解析】 由場強公式可得

$E_1 = \frac{F_1}{q_1} = \frac{4.0 \times 10^{-7}}{2.0 \times 10^{-8}} \text{ N/C} = 200 \text{ N/C}$

因為是負電荷，所以場強方向與 F_1 方向相反。

q_2 在 B 點所受的靜電力

$F_2 = q_2 E_1 = 4.0 \times 10^{-8} \times 200 \text{ N} = 8.0 \times 10^{-6} \text{ N}$

因為 q_2 是正電荷， F_2 方向與場強方向相同，也就是與 F_1 相反。

【答案】 200 N/C，方向與 F_1 相反 $8.0 \times 10^{-6} \text{ N}$ 方向與 F_1 相反

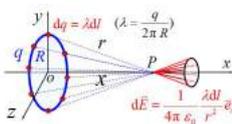
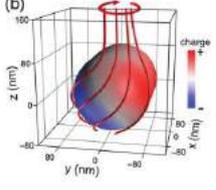
再思考

1. 用正、負荷試驗電荷，檢驗電場中某點場強方向時，由於受力方向相反，則得到同一點場強有兩個方向。(X)
2. 在 $E = \frac{F}{q}$ 中場強大小與 q 無關，同樣在 $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ 中場強大小與 Q 也無關。(X)
3. 公式 $E = \frac{F}{q}$ 對於任何靜電場都成立。(X)
4. 場強的疊加滿足平行四邊形定則。(X)

【解析】

在計算式 $E = \frac{F}{q}$ 中，當 $r=0$ 時，場強強度 E 將趨於無限大，這個時候對嗎？為什麼？

【提示】 不對，因為當 $r=0$ 時，電荷量為 Q 的物體就不能看做點電荷了！計算式 $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ 也就不適用了。



核心突破

例題 1: 正點電荷 Q 在 q 處產生的場強為多大? 是什麼方向?

【提示】 場強大小為 $\frac{kQq}{r^2}$, 方向沿 O, q 的連線, 沿連線向外。

例題 2: 正點電荷 Q 和 Q' 在 q 處產生的合場強為多大? 是什麼方向?

【提示】 場強大小為 $\frac{\sqrt{2}kQq}{r^2}$, 方向斜向上方, 與水平方向夾角為 45° 。

核心突破

例題 3: 在真空中兩點電荷 (電量為 Q) 為 A, B 相距 r , 設一個帶電量為 q ($q < Q$) 的點電荷, q 受到的場強力大小為 F , 則 A 點的場強為 ()

A. F/Q B. F/q
C. $\frac{F}{Qq}$ D. $\frac{F}{q}$

【解析】 由場強強度的定義可知 A 點場強為 $E = F/q$, 又由電量定義知 $F = k\frac{Qq}{r^2}$, 代入後得 $E = \frac{F}{q} = k\frac{Q}{r^2}$, B, D 對, A, C 錯。

【答案】 BD

核心突破

1. 電場強度公式 $E = \frac{F}{q}$ 與 $E = k\frac{Q}{r^2}$ 的比較

公式	物理含義	引入過程	適用範圍
$E = \frac{F}{q}$	是電場強度大小的定義式	$F = qE$, 但 E 與 F, q 無關, E 是反映某點電場強度的性質	適用於一切電場
$E = k\frac{Q}{r^2}$	是真空中點電荷電場強度的決定式	由 $E = \frac{F}{q}$ 和庫侖定律推出, E 由 Q, r 決定	在真空中, 場源電荷 Q 是點電荷

2. 求解電場強度常用的三種方法

(1) 等效法: 均勻帶電球等一些帶電體有時可等效為點電荷, 因此可以使用點電荷電場強度公式。

(2) 對稱法: 點電荷、均勻帶電球等帶電體周圍的電場強度上下、左右可能出現對稱性, 利用對稱性可確定其場強的大小。

(3) 疊加法: 電場強度是矢量, 求解多個電荷產生的電場的電場強度, 可以根據電荷的分布情況, 採用不同的合成方法求解。

3. (多選) 真空中兩點電荷 (電量為 Q) 為 A, B 相距 r , 設一個帶電量為 q ($q < Q$) 的點電荷, q 受到的場強力大小為 F , 則 A 點的場強為 ()

A. F/Q B. F/q
C. $\frac{F}{Qq}$ D. $\frac{F}{q}$

【解析】 由場強強度的定義可知 A 點場強為 $E = F/q$, 又由電量定義知 $F = k\frac{Qq}{r^2}$, 代入後得 $E = \frac{F}{q} = k\frac{Q}{r^2}$, B, D 對, A, C 錯。

【答案】 BD

4. 真空中兩點電荷 $Q_1 = +M, N$ 兩點位於 x 軸上, O, B 兩點距離均為 $1/3 M, N$ 兩點各置一負點電荷, 一電量為 Q 的正點電荷位於 O 點時, Q 點處的電場強度恰好為零, 靜電力常數用 k 表示, 當將該正點電荷移到 G 點, 則 B 點處場強的大小和方向分別為 ()

圖 1-3-3

A. $\frac{3kQ}{4r^2}$, 沿 y 軸正向
B. $\frac{3kQ}{4r^2}$, 沿 y 軸負向
C. $\frac{3kQ}{4r^2}$, 沿 x 軸正向
D. $\frac{3kQ}{4r^2}$, 沿 x 軸負向

【解析】 處於 O 點的正點電荷在 G 點處產生的場強 $E_1 = k\frac{Q}{r^2}$, 方向沿 O, G 的連線向外; 又因為 G 點處場強為零, 所以 M, N 兩點負點電荷在 G 點處產生的場強 $E_2 = E_1 = k\frac{Q}{r^2}$, 方向沿 O, G 的連線向外; 根據對稱性, M, N 兩點負點電荷在 B 點處產生的場強 $E_3 = E_2 = k\frac{Q}{r^2}$, 方向沿 O, B 的連線向外; 將該正點電荷移到 G 點, 該正點電荷在 B 點處產生的場強 $E_4 = k\frac{Q}{(2r)^2}$, 方向沿 O, B 的連線向外, 則 B 點的場強 $E = E_3 - E_4 = \frac{3kQ}{4r^2}$, 方向沿 y 軸負向。

【答案】 B

名師精講

合場強的求解技巧

(1) 電場強度是矢量, 合成時遵循矢量運算規則, 常用的方法有運算法、三角形法、正交分解法等; 對於同一直線上電場強度的合成, 可先規定正方向, 進而由電量運算轉化成代數運算。

(2) 當兩向量滿足大小相等、方向相反、作用在同一直線上時, 兩向量合成疊加, 合向量為零, 這樣的向量稱為“對稱向量”, 在這樣的疊加中, 在常圖形的對稱性, 會使對稱向量可簡化計算。

知識點 電場線、勻強電場

基礎初探

1. 電場線: 畫在電場中的有方向的曲線, 曲線上任一點的切線方向與該點 **電場強度** 的方向一致。

2. 電場線特點:

(1) 起始於正電荷或正電荷, 終止於 **負電荷** 或 **無限遠**。

(2) 任意兩條電場線不相交。

(3) 電場線的疏密與電場的 **強弱** 。

(4) 電場線不是 **畫在電場** 的, 是為了 **形象化** 描述電場而採用的。

3. 勻強電場

(1) 定義: 各點電場強度的大小 **相等**, 方向 **相同** 的電場。

(2) 勻強電場的電場線: **平行直線**。

易判斷

1. 電場線可以經過電場的源頭, 也能經過電場的方向。(✓)

2. 電場線在空間中並不存在。(✓)

3. 只要電場線是平行的直線, 該電場一定是勻強電場。(×)

新題考

1. 有同學認為, 由於兩條電場線之間無電場線故無電場, 此認為對嗎?

【提示】 不對, 電場線是人們為形象研究電場, 人為畫出的一條條, 在電場中任何區域均可畫電場線。

2. 為何電場中電場線不會相交?

【提示】 如果電場中電場線相交, 在交點處就有兩個“切線方向”, 就會得出電場中同一點電場方向不唯一的錯誤結論。

核心突破

例題 1: 電場線怎麼描述電場的強弱和方向? 電場線實際存在嗎?

【提示】 電場線的疏密描述電場的強弱, 電場線上某一點的切線方向是該點的電場強度的方向, 電場線不是實際存在的。

例題 2: 電場線和帶電粒子在電場中的運動軌跡相同嗎? 二者在什麼條件下才會合?

【提示】 不相同, 電場線是為了形象地描述電場而引入的假想曲線, 帶電粒子在電場中的運動軌跡是帶電粒子在電場中實際運動的實際, 只有當電場線是直線, 且帶電粒子不受靜電力作用(或受其他力, 但方向沿電場線所在直線), 同時帶電粒子的初速度為零或初速度方向沿電場線所在直線時, 運動軌跡才與電場線重合。

核心突破

1. 點電荷的電場線

圖 1-3-4

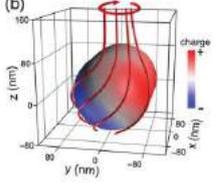
(1) 點電荷的電場線呈 **放射狀**, 正電荷的電場線向外呈 **單線** 狀, 負電荷則相反。

(2) 以點電荷為球心的球面上, 電場線疏密相同, 但方向不同, 說明電場強度大小相等, 但方向不同。

(3) 同一條電場線上, 電場強度方向相同, 但大小 **不等**, 實際上, 點電荷形成的電場中, 在常圖形的電場強度的不同。

2. 等量異種點電荷與等量同種點電荷的電場線比較

	等量異種點電荷	等量同種正點電荷
電場線分佈圖		
連線上的場強大小	0 點最小, 從 0 點沿連線向兩端逐漸增大	0 點最大, 從 0 點沿連線向兩端逐漸減小



2017/2018
參選編號: C051

中垂线上的场强大小	O 点最大, 从 O 点沿中垂线向两侧逐渐减小	O 点为零, 从 O 点沿中垂线向两侧先增大后减小
关于 O 点对称的 A、B 两点的场强	等大反向	等大反向

3. 电场线与带电粒子运动轨迹的关系

(1) 电场线不是带电粒子的运动轨迹;
(2) 带电粒子在以下条件下运动轨迹与电场线重合:
① 电场线为直线;
② 带电粒子的初速度为零, 初速度沿电场线切线方向;
③ 带电粒子只受电场力, 或合力方向始终沿电场线切线方向。

(3) 在电场力作用下, 以下两种情况带电粒子都做曲线运动, 且运动轨迹与电场线不重合:

- ① 电场线为曲线;
- ② 带电粒子的初速度不为零, 初速度不沿电场线切线方向。

题组闯关

5. 如图 1-3-5 所示, M、N 为两个等量同种电荷, 在其连线的中垂线上的 P 点放一静止的带电微粒(带负电), 不计重力, 下列叙述中正确的是()

A. 带电微粒在从 P 到 O 的过程中, 加速度越来越大, 速度也越来越大
B. 带电微粒在从 P 到 O 的过程中, 加速度越来越小, 速度越来越大
C. 带电微粒运动到 O 点时加速度为零, 速度达到最大值
D. 带电微粒过 O 点后, 速度越来越小, 加速度越来越大, 直到粒子速度为零

【解析】由等量同种电荷周围的电场线的分布可知, O 点场强为零, 从 O 点沿中垂线向两侧沿连线, 场强先增大后减小, 所以带电微粒在从 P 到 O 的过程中, 加速度可能先增大后减小, 选项 A、B 错; 但微粒所受 M、N 两电荷的合力方向始终指向 O, 到 O 点一刹那, 速度 C 对; 同量电荷间过 O 点后, 速度越来越小, 但加速度可能先增大后减小, 选项 D 错。

【答案】C

6. 如图 1-3-6 所示, 虚线是一簇未标明方向的由点电荷产生的电场线, 由实线表示一电荷粒子运动轨迹, a、b 是轨迹上的两点, 带电粒子在运动过程中只受电场力作用, 根据此图可以作出的判断正确的是()

A. 带电粒子所带电荷的正负
B. 带电粒子在 a、b 两点的受力方向
C. 带电粒子在 a、b 两点的加速度方向
D. 带电粒子在 a、b 两点的加速度方向

【解析】如图示, 由于带电粒子在电场力作用下做曲线运动, 所以电场力应指向曲线凹侧, 且沿电场线, 即沿电场线向左, B 正确; 由于电场线方向未知, 故不能确定带电粒子的电性, A 错误; 加速度由电场力产生, 由于 a 处电场线较 b 处密, 所以 a 处电场强度大, 由 $F = Eq$ 知, 带电粒子在 a 处所受电场力大, 故加速度大, 且方向均与电场力方向相同, C、D 正确。

【答案】A

名师推荐

带电粒子在电场中运动时的分析思路

- (1) 根据带电粒子运动轨迹弯曲方向, 判断出电场力情况;
- (2) 判断电场线方向, 电场力方向与电场线相联系;
- (3) 把电场线疏密和受力大小、加速度大小相联系。

教學主題四：綜合複習

教學主題四：綜合複習 (1 課時)

一、新授教學：電場力的計算 (第一課時)

重點：兩等量電荷的電場線的特點

【典例採納】
等量同種點電荷和等量異種點電荷的電場線的特點

比較項目	等量同種點電荷	等量異種點電荷
電場線分布		
電場中各點的場強	為零	電場上 O 點場強最大, 指向負電荷一方

運送上的電場大小(假不列)	沿連線先大後小, 兩側大	沿連線先大後小, 兩側大
沿中垂線由兩側向外漸強	由小到大, 向外漸強	由大到小, 向外漸強
關於 O 點對稱的兩點, 沿 O 的場強	等大反向	等大同向

【例 1】兩等量同種正電荷相距為 $2a$, O 點為兩電荷連線的中點, a 點在連線的中垂線上, 且在 O 點上方, 由 O 點到 a 點距離為 a , 關於 a 點電場強度的大小, 下列敘述正確的是()

A. 電子在從 a 到 O 運動的過程中, 加速度越來越小, 速度越來越小
B. 電子在從 a 到 O 運動的過程中, 加速度越來越小, 速度越來越小
C. 電子運動到 O 點, 用速度為零, 速度最大
D. 電子通過 O 後, 速度越來越小, 加速度越來越小, 一直到速度為零

【解析】等量正電荷的電場電荷連線的中垂線上, 中點 O 點的場強為零, 沿中垂線向兩側先大, 達到一個最大值, 再逐漸減小, 但 O 點與最大場強點的位置關係不能確定, 若 a 點在最大場強點上方, 電子在從 a 到 O 的運動過程中, 加速度先增大後減小, 若 a 點在最大場強點下方, 電子的加速度一直減小, 故 A、B 錯誤; 但不論 a 點在何處, 電子在 O 點運動的過程中, 速度均沿連線, 所以電子的速度一定增加, 當運動到 O 點時, 加速度為零, 速度達到最大, C 正確; 通過 O 點後, 電子所受電場力與運動方向相反, 所以電場力方向相反, 故電子做減速運動, 由電量守恒可知, 當電子運動到與 a 點對稱的 b 點時, 電子的速度為零, 因此可知在 a 到 b 的過程中速度關係不能確定, 故加速度的大小變化不能確定, D 錯誤。

【答案】C

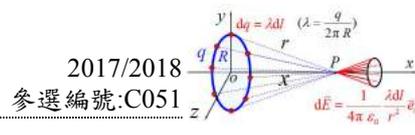
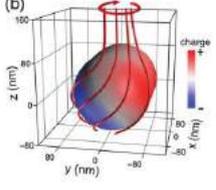
【例 2】(例 1) 如圖 1 所示, 一電子沿中垂線運動

沿中垂線由 a 到 O 沿連線, 電子重力不計, 則電子所受電場力, 則下列一力的方向大小和方向變化情況是()

A. 先變大後變小, 方向水平向左
B. 先變大後變小, 方向水平向右
C. 先變小後變大, 方向水平向左
D. 先變小後變大, 方向水平向右

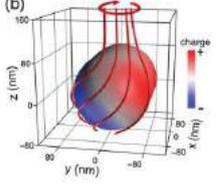
【解析】等量正電荷的電場線分布如圖 1 所示, 由圖中電場線分布可以看出, 從 a 到 O 點, 電場線由疏到密; 從 O 到 b 點, 電場線由密到疏, 所以沿 a—O—b 電場線疏密先由小變大, 再由大變小, 方向為水平向右, 如圖 2 所示, 由於電子做勻加速運動, 速度會先增大, 若另一力為電場力則速度會先增大後減小, 方向相反, 電子受到電場力方向水平向左, 且沿 a—O—b 運動的過程中, 電場力先由小變大, 再由大變小, 故另一力的方向會先水平向右, 再由小變大後變小, 故選 B 正確。

【答案】B



2017/2018
參選編號: C051

<p>【典例】 電場線與運動軌跡</p> <p>【典例】 如圖3所示，有幾條電場線(方向未畫出)，由幾條帶電的粒子只在電場力的作用下，由a到b的運動軌跡，取帶電一檢驗物體。下列判斷正確的是()</p> <p>A. 檢驗物MN的方向一定是由N指向M B. 帶電粒子由a運動到b的過程中速度一定逐漸減小 C. 帶電粒子在a點的速度一定小於在b點的速度 D. 帶電粒子在a點的加速度一定大於在b點的加速度</p>	<p>【典例】 如圖4所示，光滑斜面的傾角為37°，一帶正電的小物塊質量為m，電荷量為q，置于斜面上。當沿斜面向上施加如圖所示的勻強電場時，帶電小物塊恰好靜止在斜面上。</p> <p>從某時刻開始，電場強度變為原來的1/2。</p> <p>(sin 37°=0.6, cos 37°=0.8, g=10 m/s²)求：</p> <p>(1) 最初的電場強度的大小； (2) 物塊運動的加速度大小； (3) 將斜面上滑距離為何值時的速度。</p>	<p>【典例】 如圖5所示，在等量異種電荷的電場中有一質量為m的帶正電小球A懸掛在絕緣細線上，當小球靜止時，細線與豎方向成30°角，已知此電場方向與細線垂直，則小球所受的電場力大小為()</p> <p>A. $\frac{mg}{2}$ B. $\frac{2mg}{3}$ C. $\frac{2mg}{\sqrt{3}}$ D. $\frac{mg}{\sqrt{3}}$</p>	<p>【典例】 如圖6所示，在等量異種電荷的電場中有一質量為m、電荷量為q的帶電小球靜止在水平向右的勻強電場中，如圖6所示，細線與豎方向成37°角，試求該電場方向與電場豎向下且大小不變，不考慮因電場的改變而帶來的其他影響(重力加速度為g)，求：</p> <p>(1) 勻強電場的電場強度的大小； (2) 小球經過最底點後到最高點的力的大小。</p>
<p>【典例】 如圖7所示，一帶電粒子從電場中的A點運動到B點，軌跡如圖7中虛線所示。不計粒子所受重力，則()</p> <p>A. 粒子帶正電荷 B. 粒子的速度逐漸減小 C. 粒子在A點的速度大於在B點的速度 D. 粒子的加速度不為零</p>	<p>【典例】 如圖8所示，光滑斜面的傾角為37°，一帶正電的小物塊質量為m，電荷量為q，置于斜面上。當沿斜面向上施加如圖所示的勻強電場時，帶電小物塊恰好靜止在斜面上。</p> <p>從某時刻開始，電場強度變為原來的1/2。</p> <p>(sin 37°=0.6, cos 37°=0.8, g=10 m/s²)求：</p> <p>(1) 最初的電場強度的大小； (2) 物塊運動的加速度大小； (3) 將斜面上滑距離為何值時的速度。</p>	<p>【典例】 如圖9所示，在等量異種電荷的電場中有一質量為m、電荷量為q的帶電小球靜止在水平向右的勻強電場中，如圖9所示，細線與豎方向成37°角，試求該電場方向與電場豎向下且大小不變，不考慮因電場的改變而帶來的其他影響(重力加速度為g)，求：</p> <p>(1) 勻強電場的電場強度的大小； (2) 小球經過最底點後到最高點的力的大小。</p>	<p>【典例】 如圖10所示，光滑斜面的傾角為37°，一帶正電的小物塊質量為m，電荷量為q，置于斜面上。當沿斜面向上施加如圖所示的勻強電場時，帶電小物塊恰好靜止在斜面上。</p> <p>從某時刻開始，電場強度變為原來的1/2。</p> <p>(sin 37°=0.6, cos 37°=0.8, g=10 m/s²)求：</p> <p>(1) 最初的電場強度的大小； (2) 物塊運動的加速度大小； (3) 將斜面上滑距離為何值時的速度。</p>
<p>【典例】 如圖11所示，光滑斜面的傾角為37°，一帶正電的小物塊質量為m，電荷量為q，置于斜面上。當沿斜面向上施加如圖所示的勻強電場時，帶電小物塊恰好靜止在斜面上。</p> <p>從某時刻開始，電場強度變為原來的1/2。</p> <p>(sin 37°=0.6, cos 37°=0.8, g=10 m/s²)求：</p> <p>(1) 最初的電場強度的大小； (2) 物塊運動的加速度大小； (3) 將斜面上滑距離為何值時的速度。</p>	<p>【典例】 如圖12所示，光滑斜面的傾角為37°，一帶正電的小物塊質量為m，電荷量為q，置于斜面上。當沿斜面向上施加如圖所示的勻強電場時，帶電小物塊恰好靜止在斜面上。</p> <p>從某時刻開始，電場強度變為原來的1/2。</p> <p>(sin 37°=0.6, cos 37°=0.8, g=10 m/s²)求：</p> <p>(1) 最初的電場強度的大小； (2) 物塊運動的加速度大小； (3) 將斜面上滑距離為何值時的速度。</p>	<p>【典例】 如圖13所示，光滑斜面的傾角為37°，一帶正電的小物塊質量為m，電荷量為q，置于斜面上。當沿斜面向上施加如圖所示的勻強電場時，帶電小物塊恰好靜止在斜面上。</p> <p>從某時刻開始，電場強度變為原來的1/2。</p> <p>(sin 37°=0.6, cos 37°=0.8, g=10 m/s²)求：</p> <p>(1) 最初的電場強度的大小； (2) 物塊運動的加速度大小； (3) 將斜面上滑距離為何值時的速度。</p>	<p>【典例】 如圖14所示，光滑斜面的傾角為37°，一帶正電的小物塊質量為m，電荷量為q，置于斜面上。當沿斜面向上施加如圖所示的勻強電場時，帶電小物塊恰好靜止在斜面上。</p> <p>從某時刻開始，電場強度變為原來的1/2。</p> <p>(sin 37°=0.6, cos 37°=0.8, g=10 m/s²)求：</p> <p>(1) 最初的電場強度的大小； (2) 物塊運動的加速度大小； (3) 將斜面上滑距離為何值時的速度。</p>
<p>【典例】 如圖15所示，光滑斜面的傾角為37°，一帶正電的小物塊質量為m，電荷量為q，置于斜面上。當沿斜面向上施加如圖所示的勻強電場時，帶電小物塊恰好靜止在斜面上。</p> <p>從某時刻開始，電場強度變為原來的1/2。</p> <p>(sin 37°=0.6, cos 37°=0.8, g=10 m/s²)求：</p> <p>(1) 最初的電場強度的大小； (2) 物塊運動的加速度大小； (3) 將斜面上滑距離為何值時的速度。</p>	<p>【典例】 如圖16所示，光滑斜面的傾角為37°，一帶正電的小物塊質量為m，電荷量為q，置于斜面上。當沿斜面向上施加如圖所示的勻強電場時，帶電小物塊恰好靜止在斜面上。</p> <p>從某時刻開始，電場強度變為原來的1/2。</p> <p>(sin 37°=0.6, cos 37°=0.8, g=10 m/s²)求：</p> <p>(1) 最初的電場強度的大小； (2) 物塊運動的加速度大小； (3) 將斜面上滑距離為何值時的速度。</p>	<p>【典例】 如圖17所示，光滑斜面的傾角為37°，一帶正電的小物塊質量為m，電荷量為q，置于斜面上。當沿斜面向上施加如圖所示的勻強電場時，帶電小物塊恰好靜止在斜面上。</p> <p>從某時刻開始，電場強度變為原來的1/2。</p> <p>(sin 37°=0.6, cos 37°=0.8, g=10 m/s²)求：</p> <p>(1) 最初的電場強度的大小； (2) 物塊運動的加速度大小； (3) 將斜面上滑距離為何值時的速度。</p>	<p>【典例】 如圖18所示，光滑斜面的傾角為37°，一帶正電的小物塊質量為m，電荷量為q，置于斜面上。當沿斜面向上施加如圖所示的勻強電場時，帶電小物塊恰好靜止在斜面上。</p> <p>從某時刻開始，電場強度變為原來的1/2。</p> <p>(sin 37°=0.6, cos 37°=0.8, g=10 m/s²)求：</p> <p>(1) 最初的電場強度的大小； (2) 物塊運動的加速度大小； (3) 將斜面上滑距離為何值時的速度。</p>
<p>【典例】 如圖19所示，光滑斜面的傾角為37°，一帶正電的小物塊質量為m，電荷量為q，置于斜面上。當沿斜面向上施加如圖所示的勻強電場時，帶電小物塊恰好靜止在斜面上。</p> <p>從某時刻開始，電場強度變為原來的1/2。</p> <p>(sin 37°=0.6, cos 37°=0.8, g=10 m/s²)求：</p> <p>(1) 最初的電場強度的大小； (2) 物塊運動的加速度大小； (3) 將斜面上滑距離為何值時的速度。</p>	<p>【典例】 如圖20所示，光滑斜面的傾角為37°，一帶正電的小物塊質量為m，電荷量為q，置于斜面上。當沿斜面向上施加如圖所示的勻強電場時，帶電小物塊恰好靜止在斜面上。</p> <p>從某時刻開始，電場強度變為原來的1/2。</p> <p>(sin 37°=0.6, cos 37°=0.8, g=10 m/s²)求：</p> <p>(1) 最初的電場強度的大小； (2) 物塊運動的加速度大小； (3) 將斜面上滑距離為何值時的速度。</p>	<p>【典例】 如圖21所示，光滑斜面的傾角為37°，一帶正電的小物塊質量為m，電荷量為q，置于斜面上。當沿斜面向上施加如圖所示的勻強電場時，帶電小物塊恰好靜止在斜面上。</p> <p>從某時刻開始，電場強度變為原來的1/2。</p> <p>(sin 37°=0.6, cos 37°=0.8, g=10 m/s²)求：</p> <p>(1) 最初的電場強度的大小； (2) 物塊運動的加速度大小； (3) 將斜面上滑距離為何值時的速度。</p>	<p>【典例】 如圖22所示，光滑斜面的傾角為37°，一帶正電的小物塊質量為m，電荷量為q，置于斜面上。當沿斜面向上施加如圖所示的勻強電場時，帶電小物塊恰好靜止在斜面上。</p> <p>從某時刻開始，電場強度變為原來的1/2。</p> <p>(sin 37°=0.6, cos 37°=0.8, g=10 m/s²)求：</p> <p>(1) 最初的電場強度的大小； (2) 物塊運動的加速度大小； (3) 將斜面上滑距離為何值時的速度。</p>



2017/2018 參選編號: C051

二、工作紙:詳見電子資料文檔

1.1 電荷與電場

A 電荷

1. 兩個物體摩擦後，其中一個物體帶正電，另一個物體帶負電。

物體A: _____ 物體B: _____

物體A: _____ 物體B: _____

2. 原子中的各種粒子帶有什麼樣的電荷?

粒子	帶電性質	電量: 單位為庫倫 (C)
電子		
質子		
中子		

3. 帶正電的物體吸引帶負電的物體，但同種電荷的物體互相排斥。帶電的物體吸引不帶電的物體。

4. 帶電的物體吸引不帶電的物體，但同種電荷的物體互相排斥。

5. 帶電的物體吸引不帶電的物體。

6. 帶電的物體吸引不帶電的物體。

7. 帶電的物體吸引不帶電的物體。

B 電場與電場線

1. 電場是帶電體周圍存在的一種特殊物質。

2. 電場的基本性質: 電場中的任何一點，都可以由該點與帶電體之間的距離來描述。

3. 電場中的任何一點，都可以由該點與帶電體之間的距離來描述。

4. 帶電體周圍的電場線是:

5. 帶電體周圍的電場線是:

6. 帶電體周圍的電場線是:

7. 帶電體周圍的電場線是:

練習題 1

1. 帶電體周圍的電場線是:

2. 帶電體周圍的電場線是:

3. 帶電體周圍的電場線是:

4. 帶電體周圍的電場線是:

5. 帶電體周圍的電場線是:

6. 帶電體周圍的電場線是:

7. 帶電體周圍的電場線是:

2. 帶電體周圍的電場線是:

3. 帶電體周圍的電場線是:

4. 帶電體周圍的電場線是:

5. 帶電體周圍的電場線是:

6. 帶電體周圍的電場線是:

7. 帶電體周圍的電場線是:

D 電場的檢驗

1. 檢驗電場:

2. 檢驗電場:

3. 檢驗電場:

4. 檢驗電場:

5. 檢驗電場:

3. 帶電體周圍的電場線是:

4. 帶電體周圍的電場線是:

5. 帶電體周圍的電場線是:

6. 帶電體周圍的電場線是:

7. 帶電體周圍的電場線是:

練習題 4

1. 帶電體周圍的電場線是:

2. 帶電體周圍的電場線是:

3. 帶電體周圍的電場線是:

4. 帶電體周圍的電場線是:

5. 帶電體周圍的電場線是:

6. 帶電體周圍的電場線是:

7. 帶電體周圍的電場線是:

E 電場

1. 帶電體周圍的電場線是:

2. 帶電體周圍的電場線是:

3. 帶電體周圍的電場線是:

4. 帶電體周圍的電場線是:

5. 帶電體周圍的電場線是:

2. 帶電體周圍的電場線是:

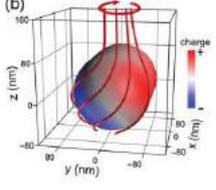
3. 帶電體周圍的電場線是:

4. 帶電體周圍的電場線是:

5. 帶電體周圍的電場線是:

6. 帶電體周圍的電場線是:

7. 帶電體周圍的電場線是:



2017/2018
 參選編號: C051

Diagram illustrating a ring of charge with radius R and total charge q . A differential element dL is shown at an angle θ from the x-axis. The distance from dL to a point P on the x-axis is r . The linear charge density is $\lambda = \frac{q}{2\pi R}$. The electric field contribution from dL is $d\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda dL}{r^2} \hat{e}$.

三、教學活動及學生參與課堂教學圖片

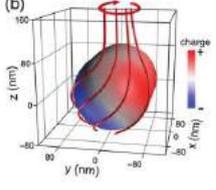
1. 教學活動圖片



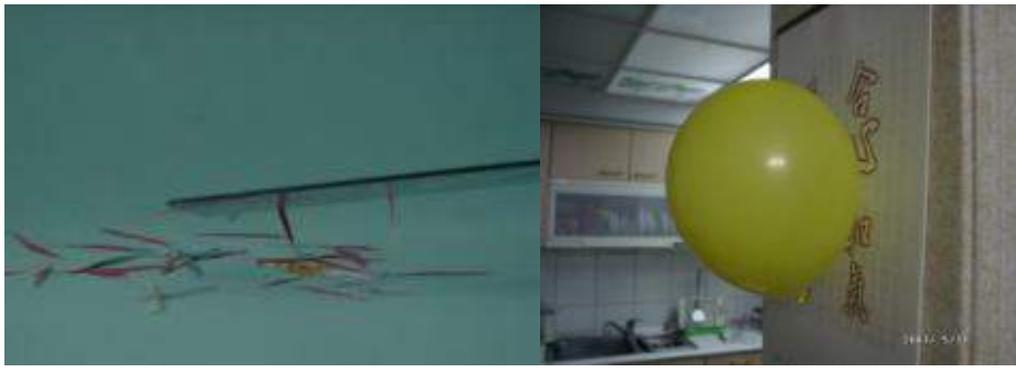
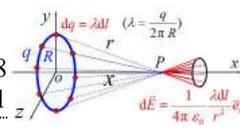
上課圖片



學生分享



2017/2018
 參選編號:C051



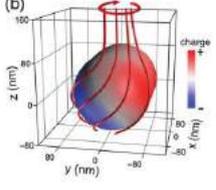
靜電現象演示實驗



摩擦起電演示實驗



感應起電演示實驗



2017/2018
 參選編號:C051

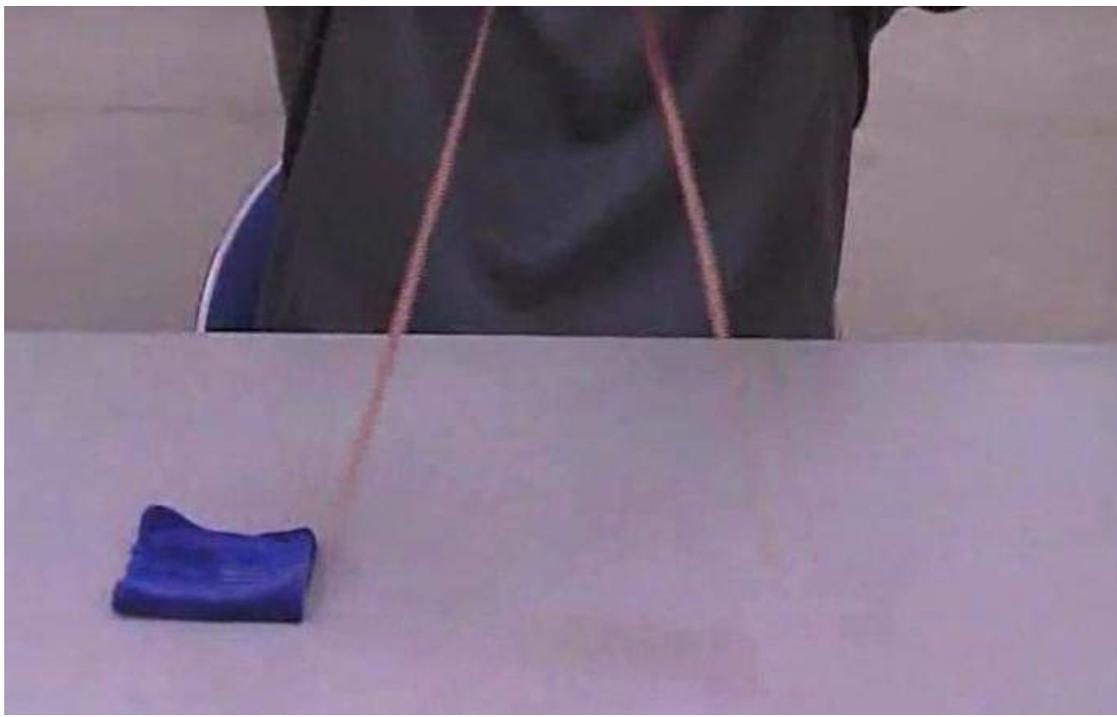
$$dq = \lambda dl \quad (\lambda = \frac{q}{2\pi R})$$

$$dE = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{\lambda dl}{r^2} \hat{e}_r$$

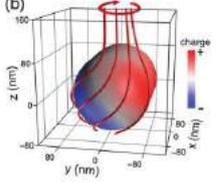
2. 學生參與課堂教學圖片



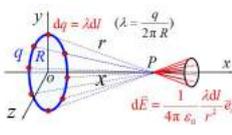
學生演示摩擦起電實驗



學生演示電荷之間的相互作用

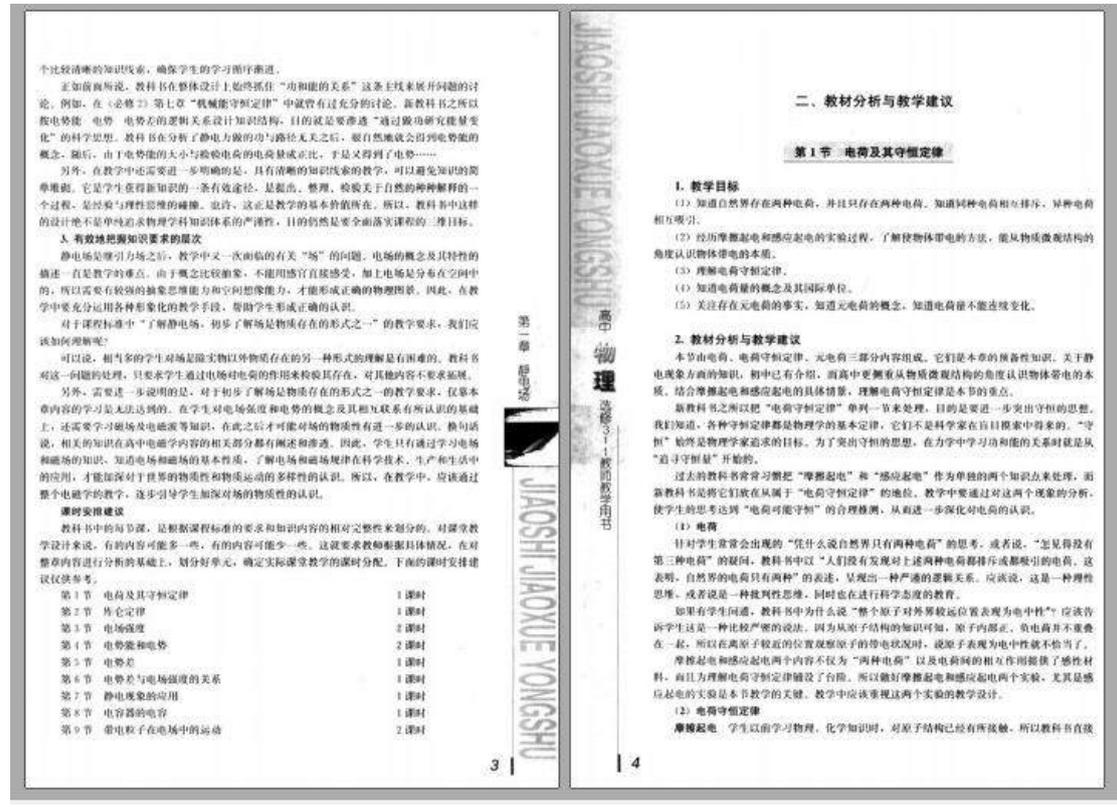
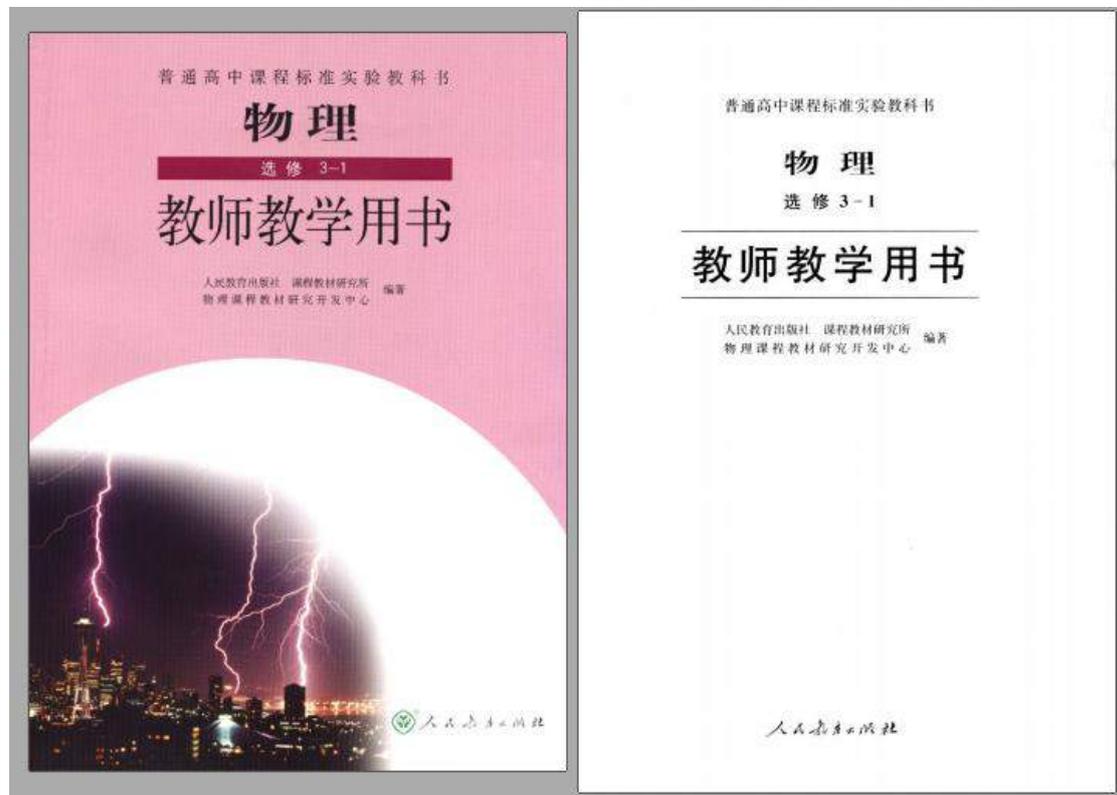


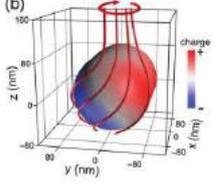
2017/2018
參選編號: C051



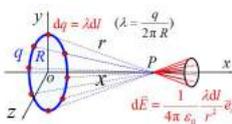
四、教材圖片

1. 人教版物理選修 3-1





2017/2018
參選編號: C051



从物质微观结构的角度阐述物体带电以及物体电中性的本质。学生也已知道，通过摩擦可以使原来不带电的物体带电，带电体与不带电的导体接触，可以使不带电的导体带电（注意：学生虽然知道这个现象，但认识并不深入，下节“库仑的实验”中所涉及）。本节教学是从物质微观结构的角度认识摩擦起电的本质。

对于摩擦起电的本质，教科书的表述是：“……摩擦时，一些束缚得不紧的电子往往从一个物体转移到另一个物体，于是原来电中性的物体由于得到电子而带负电，失去电子的物体则带正电。”这里需要明确：

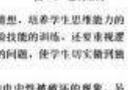
- 两个互相摩擦的物体一定是同时带上种类不同的电荷，且电量相等。
- 同一物体分别与不同种类的物体摩擦，该物体所带电荷的种类可能不同，所以，不可以为摩擦过的玻璃棒总是带正电。

对程度较好的学生可以进一步介绍图 1 所示的实验结果。根据分别与丙稀塑料棒和乙稀塑料棒摩擦，所得电荷的种类是不同的。补充这样的介绍，一方面有利于学生理解教科书中“……摩擦时，一些束缚得不紧的电子往往从一个物体转移到另一个物体”的内容；另一方面，有利于消除学生一提到玻璃棒就认为一定带正电的思维定势。

感应起电 感应起电实验是学习电荷守恒定律的又一准备。通过教科书中“实验”栏目的感应起电实验可将金属导体中的电荷转移在学生面前，丰富学生的感性认识。要让学生理解感应起电的微观过程，关键是要了解金属内部自由电子的运动状况。教学中可以借助简化的金属结构的物理模型（图 1.2）。

教科书中，“实验”栏目的呈现形式有了很大的改进。栏目中的实验表述还有这组可以观察到的具体现象，也就是说，没有给出结论性的内容。这主要是考虑到实验现象应该由学生自己去观察，而不宜事先写出。新教科书这样的呈现方式，体现了将科学探究思想渗透于各教学环节之中的设计宗旨。应该说，实验教学如果只要求学生在找出正确答案的方面是不够的。原因是在说出正确答案时，其思维程度可能还仅仅停留在对问题的一种猜测、猜想，培养学生思维能力的目标还没有达成。所以，在进行这部分教学时，既要重视知识和实验技能的训练，还要重视思维关系及理性思维的训练，应该设计一些有难度、能提升思维强度的问题，使学生切实做到独立思考、师生互动、同伴交流。

从这个实验的结果可以看出，带电是电子（离子）移动引起的电中性被破坏的现象。另外，实验中还应注意：做好这个实验的关键是保证两部分导体对地的绝缘性能良好，A、B 的底座可以用聚四氟乙烯（特氟龙），让物体 C 带尽可能多的电荷，为避免导体 A、B 与周围空间产生放电，导体表面需有光滑。



高中物理 选修 3-1 教师教学用书

对感应起电现象的分析

提出问题：把带正电荷的物体 C 移近导体 A、B，金属箔有什么变化？再将物体 C 移开，使它远离导体 A、B，金属箔又有什么变化？

实验观察：金属箔由闭合变为张开，表明导体 A、B 两端都带了电；再将物体 C 移开，金属箔又由张开变为闭合，表明导体 A、B 又恢复到原来的电中性状态。要求学生解释解释关于金属的微观结构的论述分析产生这一实验现象的原因。

分析猜测：这既不是接触带电，也不是摩擦起电。这是一种新的带电方式，表明静电感应使导体内部的电荷分布发生了变化。它的影响是金属导体中自由电子的移动吗？是否由于同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引的原因，使导体内部的电荷重新分布？这个影响的可能范围会是怎样的？学生对此会提出自己的猜测、猜想（图 1.3）。

怎样证实猜测的是否正确呢？可以引导学生设计新的实验来验证自己的猜测。

问题引导：先把 A 和 B 分开，然后移去 C，金属箔是否还有变化？再让 A 和 B 接触，又会看到什么现象？

实验观察：先把 A 和 B 分开，然后移去 C 时，A 和 B 两端的金属箔仍然张开，但张角却有些变小了。再让 A 和 B 接触，可以看到 A、B 两端的金属箔都闭合了。

分析说明：因为 C 棒的正电荷吸引金属导体中的自由电子，在 A 端有多余电子积累而带负电，B 端因失去电子带正电，A、B 分离时 A 带负电，B 带正电。并且 A、B 两导体所带电荷量相等。移去 C 棒后，积累在 A 端和 B 端的电荷会在两部分导体中重新分布，若重新分布在 A、B 两端的电荷有一部分会中和掉，所以金属箔张角变小。再让 A、B 接触，由于它们所带电荷量相等，所以电荷中和，金属箔闭合。

实验结果表明：由于导体中点、负电荷的分离，使原来电中性的导体分别带了电。带电体 A、B 再次恢复到电中性的状态，说明导体内部电荷的种类和数量总是相等、异号。如果不是这样，导体内一定有一种电荷多于另一种电荷，A、B 也就不可能成为电中性体。

小结：实验过程中导体没有与其他物体接触，并且导体与周围绝缘，所以总电荷不可能增减。也就是说，感应起电的实验过程中导体 A、B 并没有与其他物体接触，A、B 所带电荷总量没有增加，A、B 接触时总电荷也没有减少。

从教科书的整体设计来看，这套教科书更加强调“守恒”思想的渗透。这在《必修 2》“沿 x 轴守恒”“能量守恒定律”的引入，以及《选修 3-2》“研究物体碰撞的不变量”中都有体现。而电荷守恒定律是自然界主要的守恒定律之一，所以教科书也做了介绍。

在有效完成“电荷”教学的基础上，学生能够认识到，无论是摩擦起电还是感应起电，其本质都是使带电粒子（如电子）在物体之间或物体内部的转移，而不是创造出电荷。有了这样的认识，就可以顺利引出教科书中关于电荷守恒定律的第一种表述。针对这一表述，在教



图 1.3 感应起电时一端因电子过剩而带负电，另一端因电子缺少而带正电。

学中可以提出以下三个问题：

- ① 电中性物体中有无电荷存在？
- ② 所谓“电荷的中和”是不是正、负电荷一起消失了？
- ③ 对于“电荷的总量保持不变”中的“电荷的总量”你是怎么理解的？

引导学生认识到，电中性物体中是有电荷存在的，只是电荷的代数和为 0。“电荷的中和”是指电荷的种类和数量达到等量、异号，这时正、负电荷的代数和为 0。“电荷的总量”是指电荷的代数和。

如果学生能够正确理解上述三个问题，就可理解教科书中关于电荷守恒定律的第二种表述了。

注意：关于正、负电子没转化为光子等现象，在教学中不宜要求过高，可以告诉学生，这部分内容以后还会学习，现在只要知道随着人类研究领域的扩大和深入，电荷守恒定律有了新的表述即可。

对于“做一做”栏目的教学，可以从两方面考虑。一是动手制作体验实验，这样有利于学生了解实验的功能及使用办法；二是让学生通过观察和实验进一步理解接触起电、静电感应等方面的知识。

关于此栏目的教学提供以下参考：

- ① 制作验电器：所需材料为导体棒、玻璃棒、两片金属箔、金属球和绝缘套。制作过程中有两个关键点：一是绝缘套的绝缘性能要好，深外活动时比较容易找到的材料是石蜡，绝缘性能就不错。二是两片金属箔要既轻又硬，张开角度灵活。
- ② 检验是否带电：当带电体直接接触导体棒时，两片金属箔因同种电荷相互排斥而张开，当带电体靠近导体棒，并不与其接触时，两片金属箔因静电感应都带了与带电体不同种的电荷而张开。两种方式都可以判断物体是否带电。
- ③ 检验电荷的种类：先使金属箔带上某种已知电荷，再将待测物体靠近验电器的导体棒，根据金属箔张角的增减判断带电体的种类。

关于静电计，在学完本章“电容器的电容”内容后会清楚它的原理，此处只是让学生学习它的使用方法。我们知道，静电计是通过静电感应检测带电体带电的相对数量的静电仪器。它是通过测量导体与金属外壳间的电势差来定标的。指针偏转越大，电势差也越大。由于静电计这个“电容器”的两个极板面积大，外界影响太大，极板间的电势差并不正比于板上的电荷量，所以只能用它定性地估计电荷量。

(3) 元电荷 对于元电荷的概念，最重要的是把电荷量子化的思想，这是学生第一次接触“量子化”，要以为以后的学习打个伏笔。由于电荷的多少是以原子的，所以就有了“电荷量子化”这一物理量。教科书首先阐述了存在元电荷的事实：电子带有最小的负电荷，质子带有最小的正电荷。在此基础上，通过“实验”指出，所有带电体的电荷量或者等于 e ，或者是 e 的整数倍。这就是说，电荷量是不能连续变化的物理量”的表述，准确说出电荷是量子化的观点。教师讲解时不必过早提出“量子化”的名词，可先以入射的最小量是一个人为例，让学生知道不能连续变化的含义，然后引出电荷量是不能连续变化的物理量的事实，并介绍元电荷的定义、单位。最小的电荷量最早是由美国物理学家密立根通过实验测定出来的。一般情况其值可以取 $e=1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。

需要说明的一点是，教科书在给出元电荷概念的基础上，还要给出此角（角度的）概

高中物理 选修 3-1 教师教学用书

念，是为以后学习“带电粒子在电场中的运动”做铺垫。特别是带电微观粒子的基本参数之一。曾为人类认识微观世界做出了重大贡献。比如汤姆孙发现电子的存在就与比荷的测量有关。

3. 问题与练习

目标分析 本节问题与练习围绕电荷守恒定律这一中心展开，习题联系生活实际，关注学生对物理的微观结构的认识，重视培养学生对静电感应知识的应用能力。

第 1 题 联系生活实际，考查应用物理知识解释身边现象的能力。题目以说理题的形式出现。

第 2 题 要求学生运用静电感应知识解决实际应用题。要求学生根据金属导体内部的微观结构，说明自由电子受到 C 棒所带正电荷的吸引向 A 端移动，然后判断元电荷的概念并计算失去电子的数目。

第 3 题 同样要求学生运用静电感应知识解决实际应用题。

第 4 题 要求从能量转化的角度解释静电现象。学生要知道永动机是不可能制成的，本题的关键是找到使电动机转动的能量来源，对培养学生世界观有积极意义。题目侧重基本概念和说理分析，对计算的要求不高。

解答与说明

1. 答：在天气干燥的季节，脱掉外衣时，由于摩擦，外衣和身体各自带了等量、异号的电荷。接着用手去摸金属门把手时，身体放电，于是产生电击的感觉。

2. 答：由于 A、B 都是金属导体，可移动的电荷是自由电子，所以，A 带上的是负电荷，这些电子由 B 移动到 A 的结果。其中，A 得到的电子数为 $n = \frac{10^{-3}}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{16}$ ，与 B 失去的电子数相等。

3. 答：图 1-4 是此问题的示意图。导体 B 中的一部分自由电子受 A 的正电荷吸引会聚集在 B 的左端，右端因失去电子而带正电。A 对 B 左端的吸引力大于对右端的排斥力，A、B 之间产生吸引力。

4. 答：此现象并不是说明制造出了永动机，也没有违背能量守恒定律。因为，在把 A、B 分开的过程中要克服 A、B 之间的静电力做功。这是把机械能转化为电能的过程。

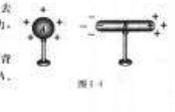
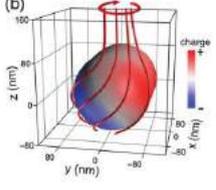


图 1.4

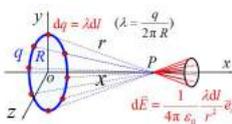
第 2 节 库仑定律

1. 教学目标

- (1) 通过演示实验，定性了解电荷之间的作用力大小与电荷量的多少以及电荷之间距离大小的关系。
- (2) 明确点电荷是个理想模型。知道带电体简化为点电荷的条件，感悟科学研究中建立理想模型的重要意义。



2017/2018
參選編號: C051



第一章 靜電場

課程標準的要求

1. 了解靜電現象及其在生活和生產中的應用。用原子結構和電荷守恆的知識分析靜電現象。
2. 知道點電荷，體會科學研究中的理想模型方法。知道兩個點電荷間相互作用規律，通過靜電力與萬有引力的對比，體會自然規律的多样性與統一性。
3. 了解靜電場，初步了解場是物質存在的形式之一，理解電場強度，會用電場線描述電場。
4. 知道電勢能、電勢，理解電勢差，了解電勢差與電場強度的關係。
5. 觀察常見電容器的構造，了解電容器的電容，舉例說明電容在技術中的應用。

一、本章教材概述

本章是必修3系列的第一章，是高中階段電學內容的開始。這一章的內容是高中階段基礎的內容之一，它既是電磁學知識的基礎，又是光學等其他物理學知識的重要基礎。

本章的核心內容是電場的概念及描述電場特性的物理量。教科書從電荷在電場中受力入手，引入電場強度的概念，明確它是表示電場強弱的物理量。然後，通過將電場力做功與路徑無關和重力做功與路徑無關類比，得出電荷在電場中具有由位置決定的能量——電勢能。在此基礎上，再引入電場強度的方法相同（比值定義法），引入電場的另類描述，即電勢的概念。這樣，通過幾個相關物理概念的討論，完成對靜電場性質的初步認識。

本章知識內容共有9節，大致可以分為三個單元。

第一單元包括第1、2節，即“電荷及其守恆定律”和“庫侖定律”，為本章的後續學習打下基礎。

第二單元包括第3、4、5、6節，分別是“電場強度”“電勢能和電勢”“電勢差”“電勢差與電場強度的關係”，是關於電場強度和電勢概念的具體討論，是本章的核心內容。

第三單元包括第7、8、9節，即“靜電現象的應用”“電容器的電容”“導電粒子在電場中的運動”。目前兩節內容之間以及與力學知識的綜合。

這三個單元是按照物理學自身發展的過程以及教學中循序漸進的原則來安排的。先認識電荷、電荷之間相互作用的規律，再認識描述場性質的相關物理量。在此基礎上，通過核心內容的拓展和應用，如靜電現象的應用、電容器的電容、帶電粒子在電場中的運動等，提高學生綜合運用物理知識的能力。

在編寫本章內容時有以下一些思考：

1. 注意滲透電磁學與力學的重密聯繫

本章承上（力學）啟下（電磁學）的重要位置。我們知道，人類對靜電現象的認識和研究是物理學產生和發展的源頭之一。儘管電磁學已經發展成為一門獨立而完整的學科，但它仍然保持著與力學的重密聯繫。力、功和能量等仍是電磁學的主要概念。本章研究靜電荷產生的靜電場的性質，就是從電荷在電場中受力和電荷在電場中具有能量兩個角度出發，有效地描述電場的基本特性。力學中的一些基本概念（如力、能量）和規律，對人類認識靜電現象起到了非常重要的作用。

在此之前，學生學習的都是力學有關內容，從這章開始，學生就要學習電學的有關知識。由於電學中的有關內容較力學更為抽象，而通過已有的知識可以幫助學生發現新的現象，認識和理解新的規律，所以教科書採用類比的方法將有關的電學知識與力學知識有機聯繫。例如，在介紹庫侖定律時，把它與萬有引力定律類比，分析二者的相同與不同；在介紹電勢及電勢能的有關內容時，同樣借助於重力勢能的一些思路，等等。這種緊密聯繫的方法既對學生學習、理解新的知識有幫助，也有利於學生用相互聯繫、相互影響的觀點去看待事物。這樣的處理對學生進入電學學習是十分有益的。

2. 內容結構的設計形成了較緊密的“知識鏈”系統

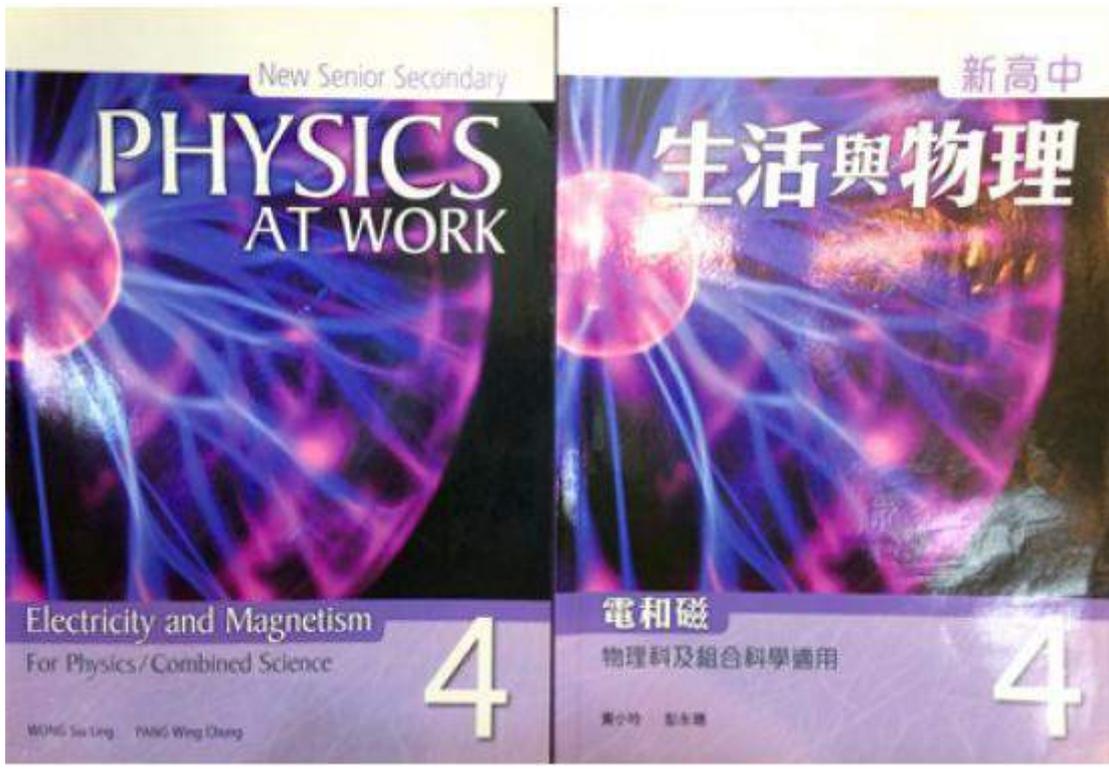
有人說，從本章內容的選擇和結構設計來看，好像有些過分強調知識的系統性，目的是要引起物理學科知識體系嚴謹性的思考。

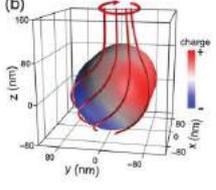
應該指出的是，電勢能、電勢、電勢差的概念得出的先後順序跟舊教科書有所不同。過去的教科書從學生實際接觸比較多的電壓、即電勢差的概念入手，從而進一步學習電勢、電勢能的內容，而新教科書則正相反。這樣變化的主要思考是新教科書自始至終貫穿了“通過做功研究能量變化”的思想。

由下面的圖示可以看出，這樣的處理，使整章內容形成了較穩固的“知識鏈”結構。

從教科書內容結構的設計來看，形成穩固的“知識鏈”設計，有利於突出知識間的遞進關係。學生學習新知識，需要原有的知識做基礎，知識間的聯繫越緊密，就越容易為教學提供一

2. 牛津大學出版社《新高中生活與物理》4





2017/2018
參選編號:C051

$$dq = \lambda dl \quad (\lambda = \frac{q}{2\pi R})$$

$$d\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda dl}{r^2} \hat{e}_r$$

1.1

Electric charges

Let's begin

Hair standing on end

Look at her hair! All her hair is standing on end! Is she getting shocked?

She is not getting shocked. This is a physical phenomenon.

After being rubbed with a piece of woollen cloth, a plastic rod can attract small bits of paper, aluminium foil and even a stream of water (Fig 1.1a). The rod is said to be carrying **electric charge** (電荷) and to be exerting an **electric force** (電力).

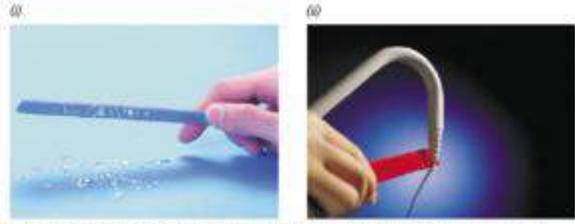
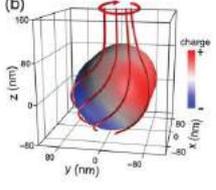


Fig 1.1a A rubbed plastic rod attracts (i) small bits of paper, (ii) a stream of running water.

Static means 'at rest' or 'with very little movement'.

The study of the interactions between static electric charges is called **electrostatics** (靜電學). A simple method to charge objects is by rubbing. This is called charging by friction. Plastic materials can be charged by this method.



2017/2018
參選編號: C051

$$dq = \lambda dl \quad (\lambda = \frac{q}{2\pi R})$$

$$dE = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{\lambda dl}{r^2} \cos\theta$$



Experiment

1a Charging by friction

- 1 Rub two thin flexible acetate strips with a duster. Bring them together (without touching each other) and observe what happens. Repeat with two rubbed polythene strips.
- 2 Rub an acetate strip and a polythene strip and bring them together (without touching each other). Observe what happens.

Discussion

In each case, do the two rubbed strips get the same type of charge?

1 Two kinds of charge

In Experiment 1a, the two rubbed acetate strips carry the same type of charges. They repel each other when brought together (without touching each other) (Fig 1.1b). It is the same for the rubbed polythene strips.

On the other hand, a rubbed acetate strip and a rubbed polythene strip attract each other (Fig 1.1c). This suggests that the two strips have different kinds of charges on them. These are known as positive (+) and negative (-) charges.

When rubbed with a piece of woolen cloth, acetate and Perspex get +ve charges, while polythene and PVC get -ve charges.

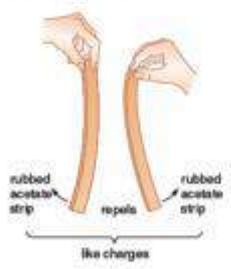


Fig 1.1b The strips repel each other.

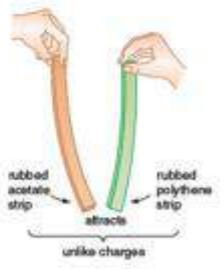
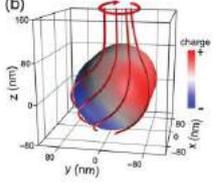


Fig 1.1c The strips attract each other.

We can conclude that:

Like charges repel; unlike charges attract.



2017/2018 參選編號: C051

$$dq = \lambda dl \quad (\lambda = \frac{q}{2\pi R})$$

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda dl}{r^2} e$$

1 Electrostatics

2 Where do charges come from?

Matter is made up of tiny particles called atoms. In the centre of each atom, there is a **nucleus** (原子核) (Fig 1.1d). The nucleus is made up of **protons** (質子) and **neutrons** (中子). Orbiting round the nucleus are even tinier particles called **electrons** (電子).

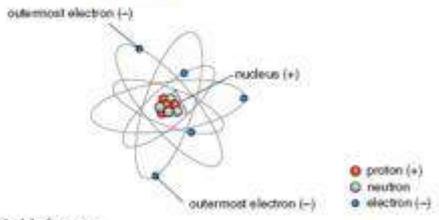


Fig 1.1d Model of an atom.

Protons have a positive charge. Electrons have a negative charge *exactly* equal in size to the charge on the proton. Neutrons have no charge and are said to be **neutral** (中性). Normally, an atom has equal numbers of protons and electrons. The positive and negative charges balance each other out and so the atom is neutral.

When two objects are rubbed against each other, *electrons* may be transferred from one object to the other. The object that gains electrons in the process will become negatively charged. The object that loses electrons becomes positively charged (Fig 1.1e).

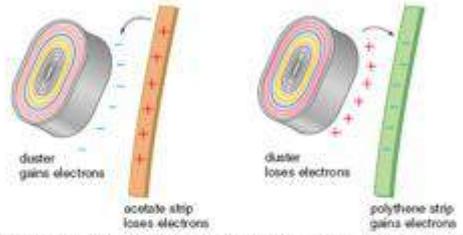
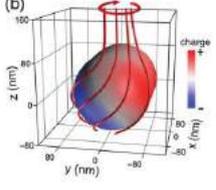


Fig 1.1e Charging by friction—rubbing transfers electrons from one object to another.

Note that rubbing materials together does not create electric charges. The rubbing only results in the transfer of electrons from one material to the other.

Charge cannot be created or destroyed.

4



2017/2018
參選編號: C051

Electric charges **1.1**

3 Unit of charge

The unit for measuring charge is the **coulomb** (庫倫), written as C. The charges of a proton and an electron are $+1.6 \times 10^{-19}$ C and -1.6×10^{-19} C respectively. This value can be represented by e .

e is the elementary quantity of charge. The quantity of charge is sometimes expressed in e .

An ordinary object contains a huge number of electrons. When, for example, an acetate strip is rubbed, about 10^{-8} C of charge (or 6×10^8 electrons) is transferred to the duster.

4 Insulators and conductors

The acetate and polythene strips in Experiment 1a can be readily charged by friction. This is because the electrons gained by the polythene strip cannot easily escape to the surroundings and the electrons lost by the acetate strip cannot be readily recovered from the surroundings (Fig 1.1f).

Materials which do not allow electrons to flow through them easily are called **insulators** (絕緣體). The electrons of the atoms are tightly bounded and cannot move freely among the atoms.

On the other hand, metals allow electrons to flow through them easily. They are good **conductors** (導體) (Fig 1.1g).

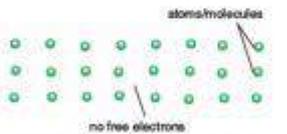


Fig 1.1f Insulators—electrons are tightly bounded to the atoms and cannot move freely.

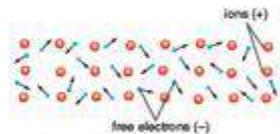


Fig 1.1g Conductors—outermost electrons are free to move among the atoms.

In metals, the outermost electrons of the atoms are loosely held and so can move freely among the atoms. These electrons are called **free electrons** (自由電子). Conductors cannot be readily charged by friction because the extra electrons gained can easily escape.

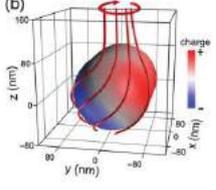
You can try charging a metal ruler by rubbing it and see if you can attract bits of paper as in Fig 1.1a(i) (p.2).

Historical note

Charles Coulomb (1736–1806)

Charles Coulomb (庫倫) made significant contributions to the study of mechanics, electricity and magnetism. He is most famous for his investigation into the electric force between electric charges.





2017/2018
參選編號: C051

$$dq = \lambda dl \quad (\lambda = \frac{q}{2\pi R})$$

$$dE = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{\lambda dl}{r^2} e_r$$

1 Electrostatics

Nevertheless, for most substances, it is not very appropriate to simply classify them as conductors and insulators because their ability to conduct electricity lies somewhere between good conductors and good insulators (Fig 1.1h).

You learnt 'conductors' and 'insulators' when studying Chapter 4 in Book 1. Do these terms have the same meaning here as in Book 1?

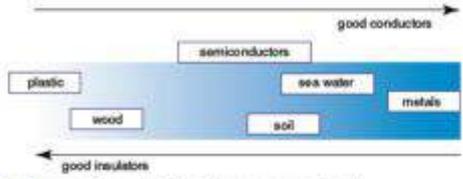


Fig 1.1h Comparing the conductivities of some common materials.

Simulation 1.1
Video 1.2

5 Attraction of uncharged object

a Conductors

In the absence of other charged objects, free electrons are uniformly distributed in a conductor (Fig 1.1i).

When a positively-charged rod is placed above a small piece of uncharged aluminium foil, free electrons in the foil are pulled towards the rod (Fig 1.1j). This makes the top end of the foil negative and leaves the bottom end short of electrons to become positive.

The charges that appear on the foil are called **induced charges** (感生電荷) (Fig 1.1k). Since the top end is closer to the rod, attraction is greater than repulsion. As a result, the net force is attractive.

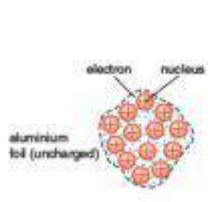


Fig 1.1i Normally free electrons in the aluminium foil are uniformly distributed.

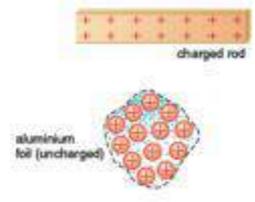


Fig 1.1j Free electrons are pulled towards the positively-charged rod.

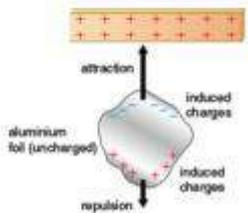
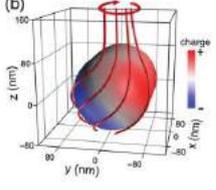


Fig 1.1k Induced charges result in a net upward force on the aluminium foil.

Note that the net charge on the foil always remains zero before the foil touches the rod. When the rod is removed, a uniform charge distribution will resume.



2017/2018
參選編號: C051

$$dq = \lambda dl \quad (\lambda = \frac{q}{2\pi R})$$

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda dl}{r^2} e$$

Electric charges **1.1**

b Insulators

Electrons in insulators cannot move freely. Then, can a charged rod attract an insulator such as a small piece of paper?

In the absence of other charged objects, electrons within each atom are uniformly distributed in an uncharged insulator (Fig 1.1i).

When a positively-charged rod is placed near a tiny piece of paper, electrons *within* each atom are pulled towards the rod (Fig 1.1m). This charge distribution makes the top end of the paper negatively charged (Fig 1.1n). Like the aluminium foil, the induced charges result in a net attractive force towards the rod.

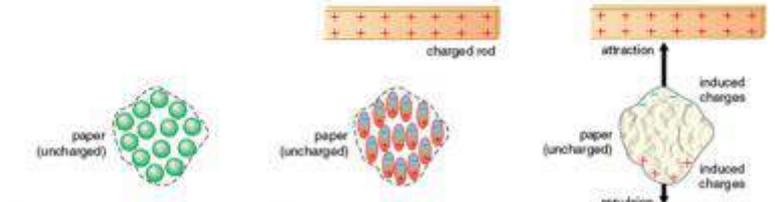


Fig 1.1i Normally electrons within each atom are uniformly distributed. Fig 1.1m Electrons within each atom are pulled towards the positively-charged rod. Fig 1.1n Induced charges result in a net upward force on the paper.

Example 1 Charges on balloons

Two identical neutral balloons, *A* and *B*, are hung from the ceiling with nylon threads.

- (a) When balloon *A* is rubbed and given a negative charge, the two balloons attract each other without touching (Fig a). Explain briefly why the two balloons attract each other. What is the net charge on balloon *B*?
- (b) Balloon *B* is now also rubbed in the same way. Describe and explain what happens.



Solution

- (a) A positive charge is induced on balloon *B* on the side facing balloon *A* and a negative charge is induced on the side away.

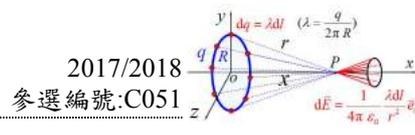
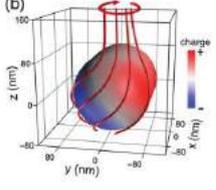
Balloon *A* attracts the positive induced charge and repels the negative induced charge on balloon *B*. Since the positive induced charge is closer, the attraction is greater than the repulsion and balloon *B* is attracted towards balloon *A* (Fig b). Similarly, *B* attracts *A*.

The net charge on balloon *B* is zero.

- (b) Both balloons have the same type of charge and so repel each other.



Check point 1 Q4 (p.8)



2017/2018
參選編號:C051

1 Electrostatics

Check-point 1

1 Use arrows to show the electric forces acting on the balls. ('N' denotes that the ball is neutral.) The first one is done for you as an example.



(For Q2-3.) When we charge an acetate rod by rubbing it with a piece of woollen cloth, the acetate rod becomes positively charged.

2 If the rod can attract some paper scraps, which of the following **cannot** be the net charge on the paper scraps?
 A Neutral
 B Positive
 C Negative

3 Which of the following have been transferred between the acetate rod and the woollen cloth in rubbing?

- A Electrons
- B Protons
- C Neutrons

4 How does a positively-charged rod attract a neutral object?

When a positively-charged rod is put near a neutral object, a _____ charge is induced on the side of the object near the rod, and a _____ charge is induced on the side away from the rod.
 The _____ (attraction/repulsion) between the rod and the negative induced charge is greater than the _____ between the rod and the positive induced charge. Therefore, the net force on the object is attractive.

6 Coulomb's law

The above sessions give a qualitative description of the origin and the nature of the electric force between charged objects. We shall move on to describe the electric force in a quantitative way.

Coulomb first investigated the magnitude of the force between charged objects in 1785. His finding is summarized by **Coulomb's law** (庫倫定律):

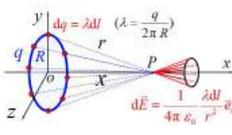
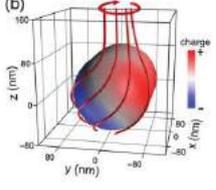
Often electrostatic force is simply referred as electric force.

The electrostatic force between two point charges is proportional to the quantity of each of the charges and inversely proportional to the square of the distance between the charges, i.e.

$$F = k \times \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$



where Q_1 and Q_2 represent the quantities of charges, r represents the distance between the two point charges and k is the proportionality constant called Coulomb's constant. The value of k can be found experimentally and is about $9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$.



Electric charges 1.1

Coulomb's law can also be expressed as

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

In this expression, the proportionality constant is written as a combination of π and ϵ_0 , i.e. $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, where ϵ_0 is known as the **permittivity** (電容率) of free space and is approximately $8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$.

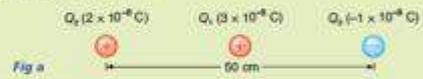
Note that electrostatic force exists in pairs and obeys Newton's third law of motion—the two objects experience equal but opposite forces.

Free space is a theoretically 'perfect' vacuum. ϵ_0 has this unit so that units of both sides of the equation balance.

For the sake of simplicity, all charges are assumed to be in free space in this book.

Example 2 Coulomb's law

There are three charges Q_1 ($3 \times 10^{-6} \text{ C}$), Q_2 ($2 \times 10^{-6} \text{ C}$) and Q_3 ($-1 \times 10^{-6} \text{ C}$) as shown in Figure a. Q_2 and Q_3 are 50 cm apart and Q_1 is placed at the mid-point between them. Find the resultant force acting on Q_1 . (Given the permittivity of free space ϵ_0 is $8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$)



Solution

Distance between Q_1 and Q_2

$$= \text{distance between } Q_2 \text{ and } Q_3 = \frac{50}{2} = 25 \text{ cm}$$

Consider the force due to Q_2 .

$$F_2 = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{(3 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{4\pi(8.85 \times 10^{-12})(0.25)^2} = 8.63 \times 10^{-5} \text{ N}$$

Since both Q_1 and Q_2 carry positive charge, the force on Q_1 is repulsive and points towards the right.

Consider the force due to Q_3 .

$$F_3 = \frac{Q_1 Q_3}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{(3 \times 10^{-6})(-1 \times 10^{-6})}{4\pi(8.85 \times 10^{-12})(0.25)^2} = -4.32 \times 10^{-5} \text{ N}$$

Since Q_1 and Q_3 carry opposite charges, the force on Q_1 is attractive and points towards the right.

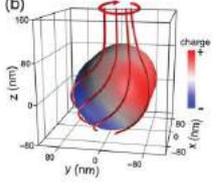
Since both forces point to the right, the resultant force = $(8.63 \times 10^{-5} + 4.32 \times 10^{-5}) \text{ N}$
= $1.30 \times 10^{-4} \text{ N}$ (towards the right)

The negative sign means the force is attractive.

Addition of force has been studied (see Chapter 3 in Book 2).



Check-point 2 Q2 (p. 10)

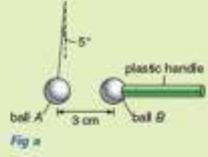


1 Electrostatics

Example 3 Forces between charged objects

A student places a ball B with charge 3×10^{-8} C next to a positively-charged ball A. Ball A is deflected by 5° as shown in Figure a. Balls A and B are in the same horizontal level and the distance between them is 3 cm. The mass of ball A is 15 g.

- (a) Find the tension in the string.
 - (b) Find the quantity of charge in ball A.
- (Given $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ C² N⁻¹ m⁻²)



Solution

- (a) Let the tension in the string be T .
 Since ball A is at rest, the net force in the vertical direction is 0.
 $T \cos 5^\circ = mg = 0.015 \times 10 = 0.15$ N
 $T = 0.151$ N
- (b) Since ball A is at rest, the net force in the horizontal direction is 0.

By $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

$$Q_A = \frac{F \times 4\pi\epsilon_0 r^2}{Q_B} = \frac{T \sin 5^\circ \times 4\pi\epsilon_0 r^2}{Q_B}$$

$$= \frac{0.151 \sin 5^\circ \times 4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.03^2}{3 \times 10^{-8}}$$

$$= 4.39 \times 10^{-8}$$

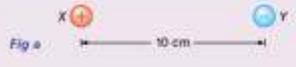
Ball A carries a charge of 4.39×10^{-8} C.

Practice 1.1 Q9 (p.18)

Resolution of force has been studied (see Chapter 3 in Book 2). Try to draw a free-body diagram of ball A.

Check-point 2

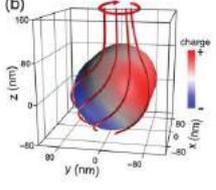
(For Q1–2.) The quantities of charges of X and Y are 5×10^{-4} C and -2×10^{-4} C respectively (Fig a).



- 1 (a) Draw the direction of the electrostatic force acting on each charge in Figure a.
- (b) Find the magnitude of the electrostatic force acting on each charge.

The electrostatic force = $\frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

- 2 Charge Z (-3×10^{-4} C) is put at the mid-point between X and Y.
- (a) Find the magnitude of the electrostatic force acting on Y due to Z.
- (b) Find the net electrostatic force acting on Y. Remember to indicate the direction of the force.



2017/2018
 參選編號:C051

$$dq = \lambda dl \quad (\lambda = \frac{q}{2\pi R})$$

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda dl}{r^2} \hat{e}_r$$

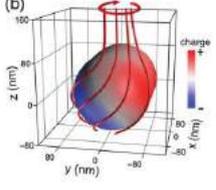
五、教具圖片



驗電器及摩擦起電



靜電起電機



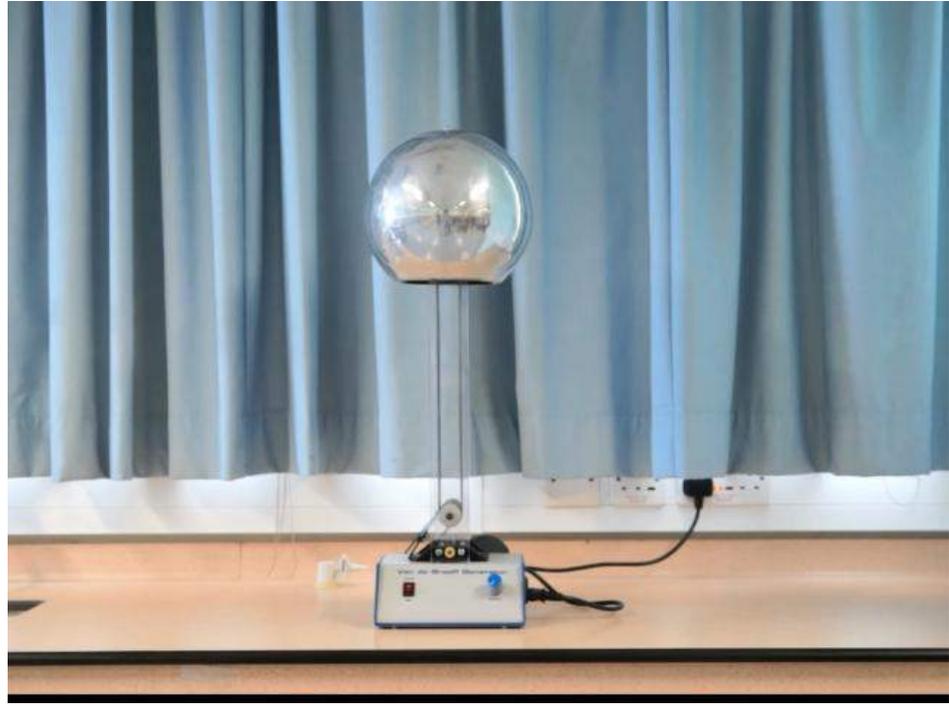
2017/2018
 參選編號:C051

$$dq = \lambda dl \quad (\lambda = \frac{q}{2\pi R})$$

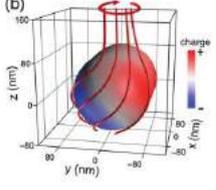
$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda dl}{r^2} \hat{e}_r$$



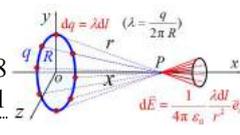
摩擦起電



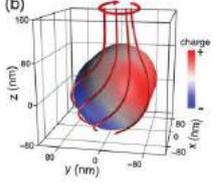
范德格夫起電機



2017/2018
 參選編號:C051



庫倫扭秤



六、學生作業

升師	一 感應起電	一 靜電平衡	一 電場分析	一 尖端起電	一 靜電屏蔽	小結
靜電現象的應用						
知識點	自由電子 電場力 方向與場 靜電感應	外電場 E 附加電場 E' 合場恒為 0	$\frac{qQ}{d^2}$ 場強垂直面 $W_E = 0$ $Q_{in} = 0$ $E_{in} = 0$	避雷球 (硬殼) 引雷針 (接地) 富蘭克林 尖端起電 淨化荷	$E_{in} = 0$ $Q_{in} = Q_{out} / \epsilon_0$ 屏蔽了地場? 汽車的安全 靜電存 高壓線 3+2	E 中 應用 physics