2.1

Die Bilder 4 a) bis 4 c) zeigen die schrittweise Entwicklung eines Interferenzmusters. Dabei sind zunächst nur scheinbar willkürliche Treffer zu sehen. Diese Treffer lassen sich mithilfe einer Materiewelle beschreiben. Diese ist keine reale Welle, sondern ein mathematisches Konstrukt zur Beschreibung der Aufenthaltswahrscheinlichkeiten der Photonen.
Diese Eigenschaften lassen sich auf den Welle-Teilchen-Dualismus zurückführen, der auf alle Quantenobjekte, also auch Photonen, zutrifft. Dieser besagt, dass Quanten sowohl Welleneigenschaften als auch Teilcheneigenschaften besitzen.
Das Huygensche Prinzip erklärt nun, wie am Doppelspalt das Interferenzmuster zustande kommt.
Beim Doppelspaltversuch mit einzelnen Photonen tritt das Muster aber auch auf, obwohl ein einzelnes Photon eigentlich mit keinem anderen Teilchen interferieren kann. Solange aber die Superposition über die Welcher-Weg-Information besteht, interferiert das Photon sozusagen mit sich selbst. So entsteht Schritt für Schritt das Interferenzmuster.

2.2

Formel für die Berechnung von De-Broglie-Wellenlängen:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$$

gegeben sind die Werte für:

$$\begin{aligned} h &= 6,626 \cdot 10^{-34}\mathrm{Js} \qquad &&(\mathrm{Plank'sches\,Wirkungsquantum}) \\ m_e &= 9,11 \cdot 10^{-31}\mathrm{kg} \qquad &&(\mathrm{Ruhemasse\,eines\,Elektrons}) \\ v &= 115 \cdot 10^6 \frac{m}{s} \end{aligned}$$

so lässt sich mithilfe der Formel λ bestimmen:

$$\lambda = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 115 \cdot 10^6} = 6,325 \cdot 10^{-12}\mathrm{m}$$

Einheitenrechnung:

$$[\lambda] = \frac{Js^2}{kg \cdot m} = \frac{kg \cdot s^2 \cdot m^2}{kg \cdot m \cdot s^2} = m$$

Berechnung der notwendigen Elektronengeschwindigkeit für $\lambda = 390$nm Umstellen der Formel nach v:

$$v = \frac{h}{m \cdot \lambda}$$

für λ ist der Wert 390nm = $390 \cdot$ nm gegeben. (Die Werte für h und m_e sind Naturkonstanten und bleiben somit gleich.)

$$v = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 390 \cdot 10^{-9}} = 1865,1 \frac{m}{s}$$

Einheitenrechnung:

$$[\lambda] = \frac{Js}{kg \cdot m} = \frac{kg \cdot s \cdot m^2}{kg \cdot m \cdot s^2} = \frac{m}{s}$$

2.3

Bestimmung Wellenlänge der C_{60} Moleküle anhand der Abbildung

Formel für Interferenz am Gitter:

$$\frac{n \cdot \lambda}{b} = \sin\alpha \qquad \Leftrightarrow \qquad \lambda = \frac{b \cdot \sin\alpha}{n}$$

Wobei λ die gesuchte Wellenlänge und b die Gitterkonstante ist. n gibt das Maximum (0tes, 1tes, 2tes, ...) an.

Der Winkel α lässt sich elementargeometrisch bestimmen:

$$\tan\alpha = \frac{\Delta x}{d} \qquad \Leftrightarrow \qquad \alpha = \arctan\frac{\Delta x}{d}$$

Hier steht Δx für den Abstand vom 0. zum 1. Maximum und d für den Abstand vom Gitter zum Detektor.

Einsetzen von α in die Interferenzformel:

$$\lambda = \frac{b \cdot \sin(\arctan\frac{\Delta x}{d})}{n}$$

Jetzt lassen sie die in der Aufgabe gegebenen Werte in die Gleichung einsetzen.

$$\lambda = \frac{100 \cdot 10^{-9}\text{m} \cdot \sin(\arctan\dfrac{30,6 \cdot 10^{-6}\text{m}}{1,25\,\text{m}})}{1} \qquad \Leftrightarrow \qquad 10^{-7}\text{m} \cdot \sin(\arctan\frac{30,6 \cdot 10^{-6}\text{m}}{1,25\,\text{m}})$$

$\lambda = 2,448 \cdot 10^{-12}$m

theoretische Bestimmung der Wellenlänge der C_{60} Moleküle

Formel für die Berechnung von De-Broglie-Wellenlängen:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$$

Ein C_{60} Molekül hat die Geschwindigkeit $v = 220\frac{m}{s}$ und die Masse $m = 1,2 \cdot 10^{-24}$kg.

$$\lambda = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}\,\mathrm{Js}^2}{1,2 \cdot 10^{-24}\,\mathrm{kg} \cdot 220\,\mathrm{m}}$$

$$\lambda = 2,510 \cdot 10^{-12}\,\mathrm{m}$$

Für genauere Herleitung und Einheitenrechnung, siehe 2.2

alternativ wäre die Lösung auch durch:

$$\frac{n \cdot \lambda}{b} = \frac{\Delta x}{d}$$

zu erreichen, da für kleine Winkel α, $\sin\alpha = \tan\alpha$ gilt.
Jedoch ist diese Lösung ungenauer und kann bei zu großen Winkeln auch zu falschen Ergebnissen führen. Besonders bei Mikrowellen gilt, Vorsicht walten zu lassen.