Schweizerische Physikolympiade 2021

Online, 20. März 2021

Experiment
Schwingungen eines physikalischen Pendels
Marking Scheme

Experimentiersets vor dem Versand

Physikolympiade 2021 Experiment Marking scheme

Maximale Punktzahl 48

4.1 Messungen

- **Anzahl Messungen** **[max. 5 P]**

Es sind 26 Messungen ohne Probleme möglich, maximal 27		
für 27 Messungen		**5 P**
26 Messungen (neu >= 25)	4 P	
25 Messungen (neu >= 23)	3 P	
24 Messungen (neu >= 21)	2 P	
23 Messungen (neu >= 19)	1 P	
< 19 Messungen	0 P	

- **Anzahl Messungen pro *d*** **[max. 2 P]**

Für >= 3 Messungen pro *d* und 10 Perioden		2 **P**
Falls nur 1 Periode statt 10 Perioden (steht in der Anleitung!) und oder		
< 3 Messungen	0 P	
Bei nicht-symmetrischer Messung um den SP trotzdem max. 2 P		

- **Darstellung in Tabelle (Musterwerte siehe Tabelle 1)** **[max. 4 P]**

Darstellung der num. Messwerte in sauberer Tabelle		1 P
Einheiten (im Kopf, *d* in mm/cm, *T* in s)		1 P
Mittelwerte korrekt (0.XXX Stellen sind sinnvoll)		2 P

- **Qualität der Messungen** **[max. 3 P]**

(siehe dazu die Tabelle der Mustermessung und individuelle Messung)		
Streuung der Einzelmessungen T_i typ. wenige 0.01 s, typ. unter 0.04		2 P
Bei vielen grösseren Abweichungen	0 P	
Bei ‚nicht glatter Kurve um die Minima: ungenaue Messung	0 P	

Wurden 9 oder 10 Periodendauern gemessen? Beurteilung der Werte im Minimum von *T* bei *d* = 50 mm bzw. = 180 mm

Vergleiche mit Mustermessung: Abweichung typ. +/- 10%

Bei 10 Perioden	*T* typ. 7.7 s		1 P
bei 9 Perioden	*T* typ. 6.9 s	0 P	
bei 11 Perioden	*T* typ. 8.5 s	0 P	

4.2 Systematische Fehler **[max. 2 P]**

Beispiele	Rückstellendes Drehmoment der Fäden (→ *T* kleiner)	1 P
	Drehpunkt liegt höher als Umschlingpunkt der Fäden (→ *T* grösser)	1 P
Weitere korrekte Gründe		bis max. Punktzahl

4.3 Grafische Darstellung der Messpunkte (siehe Fig. 1) **[max. 9 P]**

Sinnvolle Grösse der Grafik (→ Planung der Grafik: Papier ausnützen)	3 P
Beide Achsen **korrekt beschriftet** (saubere Bezifferung, Messgrösse, Einheit)	3 P
Korrekte Eintragung der Punkte	3 P

4.4 Ableitungen s_i' (siehe Tabelle 1 und Fig. 2 und 3) **[max. 11 P]**

Berechnung von	5 Werten/Minimum (richtige Wahl)		2 P
	< 5 Werten/Minimum	0 P	
Werte korrekt (es müssen keine Einheiten angegeben werden)			2 P
nicht korrekt		0 P	
Grafische Darstellung der 2 x 3 Punkte um Minimum			2 P
Beschriftung der Achsen			1 P
Korrekt eingetragene Werte			1 P
Korrekte beste Gerade			1 P
Korrekte Bestimmung der Schnittpunkte der Geraden			2 P
(auf 0.5 mm genau, Wert muss notiert sein, auf Grafik od. Lösungsblatt)			

4.5 Auswertung/Berechnungen **[max. 12 P]**

a) korrekte Berechnung des Schwerpunktes aus 4.4
S liegt symmetrisch zu den Minima von *T*

$d_S = (d_{min,\ rechts} + d_{min,\ links})/2 = (189\ mm + 53\ mm)/2 =$ **121 mm** 4 P

falls die Punkte nicht ‚symmetrisch' zum SP gemessen wurden, ist eine Beurteilung nicht möglich 0 P

b) Durch Probieren den Aufhängepunkt finden, bei dem das Stäbchen balanciert ist (‚Waage'): $\boldsymbol{d_S}$ **= ~121 mm (+/- 1 mm)** 4 P

Diese Aufgane kann auch gelöst werden, wenn nicht symmetrisch gemessen wurde!

c) Erkennen der notwendigen Daten

$a_{min} = (d_{min,\ rechts} - d_{min,\ links})/2 = (189\ mm - 53\ mm)/2 =$ **68 mm**

$T_{min} =$ **0.7675 s** (Mittelwert aus 0.768 s und 0.765 s)

g mit der Formel $g = \dfrac{8\pi^2 a_{min}}{T_{min}^2} =$ **9.11 m/s²** Angabe mit 3 SZ 4 P

falls die Punkte nicht ‚symmetrisch' zum SP gemessen wurden, ist eine Beurteilung nicht möglich. 0 P

Aber: Falls die SP-Position aus c) verwendet wurde 4 P

(der Grund für den zu kleinen Wert von g ist nicht bekannt)

Werte der Mustermessung

Die Messwerte der SuS müssen nicht 100% mit den Musterresultaten übereinstimmen. Allerdings ist zu erwarten, dass die Abweichungen nicht gross sind (die Massen der Stäbchen dürften– und besonders die Masseverteilung – nicht stark von einender abweichen).

Die Qualität der Messungen kann sicher durch die Streuung der drei Einzelmessungen beurteilt werden. Besonders um die beiden Minima liegen die Abweichungen der Periodendauer bei sorgfältiger Messung bei wenigen Tausendstelsekunden, meist unter 0.01 s. Dies bei Messung von zehn Perioden und drei Mittelungen. Dies kann aus den drei letzten Spalten ersehen werden.

Eine nicht glatte Kurve um die Minima deutet klar auf ungenaue Messungen hin (s. Qualität der Messungen oben).

	Messwerte						‚Steigung'	Abweichung vom Mittelwert		
Messpunkt-Nr.	d / mm	T_1/s	T_2/s	T_3/s	T_{mittel}/s	RMS/s	s_i'	ΔT_1/s	ΔT_2/s	ΔT_3/s
1	0	8.80	8.80	8.81	**0.880**	0.001		0.000	0.000	0.001
2	10	8.11	8.20	8.05	**0.812**	0.008	-0.080	-0.001	0.008	-0.007
3	20	7.99	8.00	8.02	**0.800**	0.002	-0.023	-0.001	0.000	0.002
4	30	7.91	7.90	7.87	**0.789**	0.002	-0.024	0.002	0.001	-0.002
5	40	7.75	7.75	7.80	**0.777**	0.003	-0.022	-0.002	-0.002	0.003
6	50	**7.70**	**7.69**	**7.64**	**0.768**	**0.003**	-0.005	0.002	0.001	-0.004
7	60	7.78	7.64	7.74	**0.772**	0.007	0.012	0.006	-0.008	0.002
8	70	7.82	7.77	7.79	**0.779**	0.003	0.031	0.003	-0.002	0.000
9	80	8.02	8.01	8.06	**0.803**	0.003	0.074	-0.001	-0.002	0.003
10	90	8.54	8.55	8.51	**0.853**	0.002	0.152	0.001	0.002	-0.002
11	100	9.48	9.61	9.55	**0.955**	0.007	0.296	-0.007	0.006	0.000
12	110	11.40	11.60	11.47	**1.149**	0.010	0.699	-0.009	0.011	-0.002
13	120	16.82	16.54	16.24	**1.653**	0.029	0.094	0.029	0.001	-0.029
14	130	12.56	12.31	12.42	**1.243**	0.013	-0.676	0.013	-0.012	-0.001
15	140	9.87	9.77	9.68	**0.977**	0.010	-0.378	0.010	0.000	-0.009
16	150	8.64	8.63	8.69	**0.865**	0.003	-0.165	-0.001	-0.002	0.004
17	160	8.13	8.06	8.19	**0.813**	0.007	-0.077	0.000	-0.007	0.006
18	170	7.91	7.93	7.82	**0.789**	0.006	-0.041	0.002	0.004	-0.007
19	180	7.78	7.68	7.69	**0.772**	0.006	-0.024	0.006	-0.004	-0.003
20	190	**7.60**	**7.65**	**7.70**	**0.765**	**0.005**	0.003	-0.005	0.000	0.005
21	200	7.75	7.72	7.76	**0.774**	0.002	0.027	0.001	-0.002	0.002
22	210	7.98	7.90	7.89	**0.792**	0.005	0.037	0.006	-0.002	-0.003
23	220	8.10	8.11	8.12	**0.811**	0.001	0.054	-0.001	0.000	0.001
24	230	8.50	8.44	8.45	**0.846**	0.003	0.053	0.004	-0.002	-0.001
25	240	8.64	8.62	8.67	**0.864**	0.003	0.041	0.000	-0.002	0.003
26	250	8.87	8.83	8.93	**0.888**	0.005	0.038	-0.001	-0.005	0.005
27	260	9.06	9.02	8.99	**0.902**	0.004		0.004	0.000	-0.003

Tabelle 1 Messwerte und numerische Auswertung

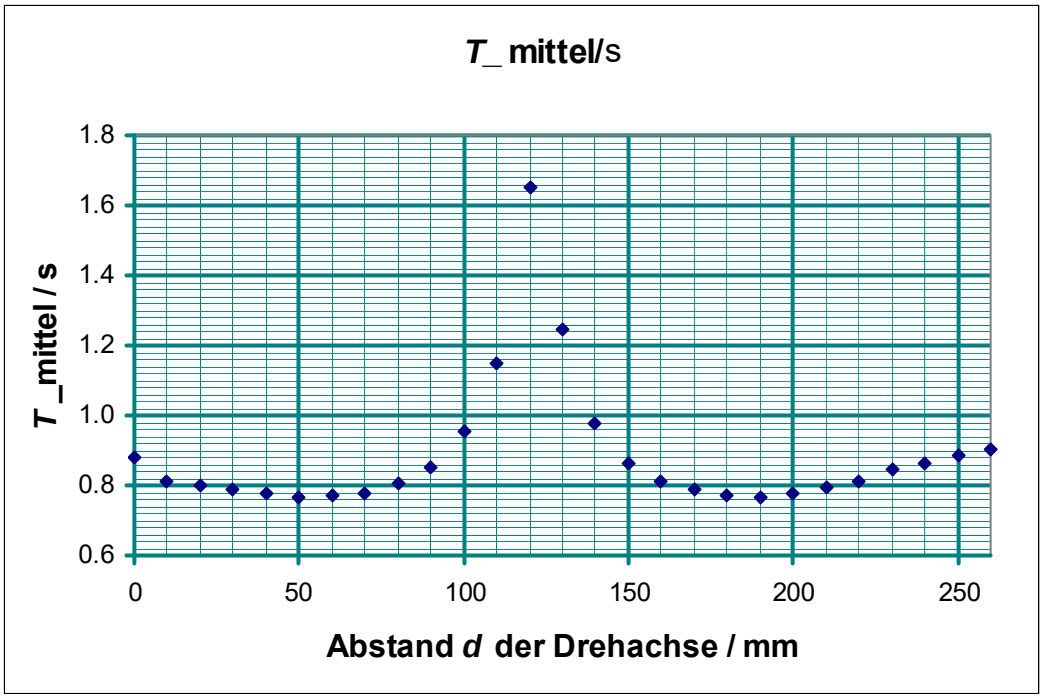

Fig. 1 Grafische Darstellung

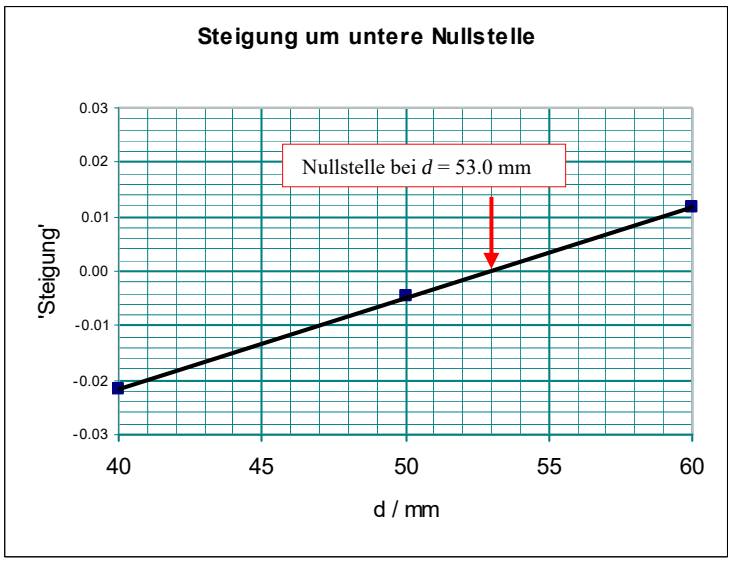

Fig. 2 Ableitung um unteres Minimum, Bestimmung der Minimumstelle

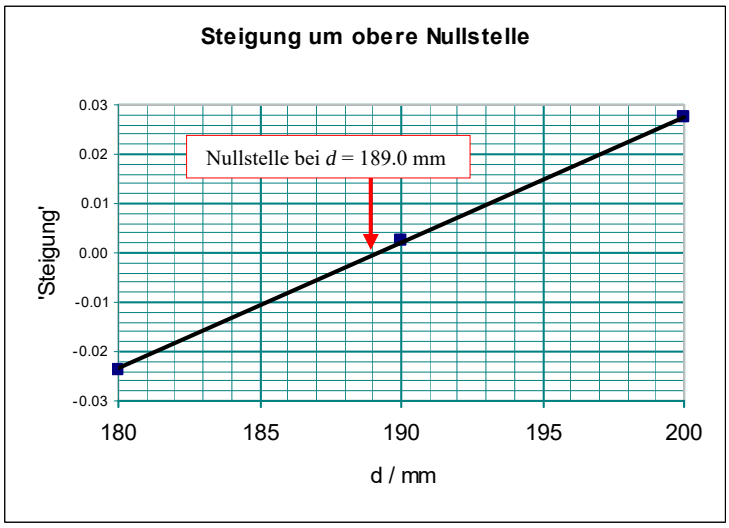

Fig. 3 Ableitung um oberes Minimum, Bestimmung der Minimumstelle